

MEMORIA DESCRIPTIVA



MEMORIA DESCRIPTIVA - ASISTENCIA TÉCNICA PARA PROYECTO DE EJECUCIÓN DE TANQUE DE TORMENTAS, en el entorno de la adecuación de riberas y espacios verdes del río Huerva

UNIDAD:

COORDINACION DEL AREA DE URBANISMO Y EQUIPAMIENTOS

DR. ARQUITECTO: JOSÉ JAVIER GALLARDO ORTEGA

ÍNDICE DE DOCUMENTACIÓN

I. MEMORIA

1. ENCARGO Y OBJETO DE LA MEMORIA
2. ANTECEDENTES
3. ALCANCE Y DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN

II. ANEXO FOTOGRÁFICO

III. PLANOS

IV. ANEXOS

I. MEMORIA

1. ENCARGO Y OBJETO DE LA MEMORIA

La Coordinación del área de urbanismo y equipamientos redacta la presente Memoria descriptiva con objeto de describir las actuaciones necesarias para los trabajos de **Asistencia Técnica para la Redacción del Proyecto de EJECUCION DE TANQUE DE TORMENTAS**, dentro del ámbito de actuación del tramo del río Huerva comprendido entre los puentes Blasco del Cacho y Emperador Augusto.

Se engloba dentro de la actuación municipal: PROYECTO DE EJECUCIÓN DE RESTITUCIÓN PAISAJÍSTICA (HIDROMORFOLÓGICA) Y ACCIONES DE PARTICIPACIÓN EN EL ENTORNO DEL RÍO HUERVA (RE-PAPAH); Mejora de la calidad de las aguas, en concreto en la acción siguientes:

Acción 10. Aumento de la capacidad hidráulica de la red de saneamiento en el entorno del río Huerva, para la disminución de los episodios de alivios de aguas unitarias. Construcción de nuevos colectores y tanques de laminación.

Por ello, tanto la redacción como la posterior ejecución del proyecto se realizarán bajo la dirección municipal del Dr. Arquitecto Jose Javier Gallardo Ortega y de ECOCIUDAD ZARAGOZA, recayendo al autoría del proyecto de ejecución en el técnico redactor del mismo.

Se iniciará un expediente de contratación mediante contrato menor de servicios, para licitar la redacción del proyecto de ejecución que recoja el diseño y la valoración de la acción B10 (tanque de tormentas junto al puente Blasco del Cacho).

El proyecto de ejecución deberá redactarse teniendo en cuenta las prescripciones y previsiones a obtener de los servicios municipales implicados.

La presente actuación puede requerir soluciones técnicas y tecnologías propias desarrolladas por las empresas del sector, fundamentalmente en lo referente al tratamiento y depuración de aguas y su gestión.

2. ANTECEDENTES

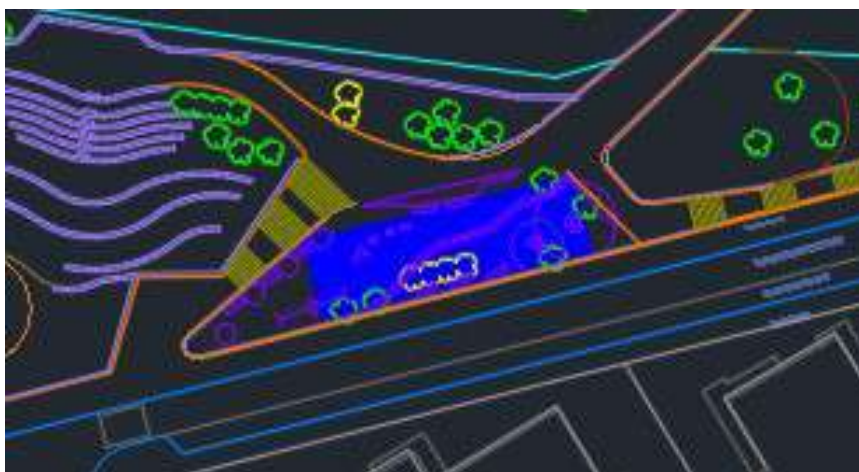
En este sector del río Huerva existen numerosos puntos de alivio asociados a la red de saneamiento y a drenajes puntuales, lo cual provoca la existencia de unos vertidos directos sobre el cauce que empeoran la calidad de las aguas.

Siguiendo la propuesta de ECOCIUDAD (anexo I adjunto), la solución propuesta para el alivio objeto de proyecto se describe a continuación:

Alivio 15877. Se trata del primer alivio de la margen derecha en las inmediaciones de las instalaciones abandonadas de Viveros Sopesens. Para este punto a la vista de la cuenca de aportación tan amplia, se define como mejor solución un tanque de retención con capacidad para retener una lluvia de 10 años de período de retorno y una duración de 15 minutos.

Esta instalación se propone en la parte más elevada junto a los antiguos viveros, de forma que se intercepte el actual conducto de alivio y se incorpore a un tanque de retención con desbaste de sólidos y flotantes, cámara de retención, aliviadero de seguridad y sistema de bombeo para, una vez finalizadas las lluvias, se eleven a la red las aguas almacenadas para su tratamiento en la EDAR Cartuja.

La instalación se propone soterrada con acceso en superficie, de forma que pueda ser integrada en la futura plaza verde.



Esta instalación contará con sistemas de medición de caudales, control de contaminantes, tratamiento de olores y by pass de seguridad.

3. ALCANCE Y DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN

La problemática de los alivios de las descargas de los sistemas unitarios de la red de alcantarillado pasa por proyectar una intervención consistente en la mejora de la capacidad hidráulica de la zona. La actuación se articulará en varias acciones, que deberán coordinarse con las del precitado proyecto REPAPAH.

El proyecto de ejecución objeto de esta licitación deberá contemplar la ejecución de las actuaciones siguientes:

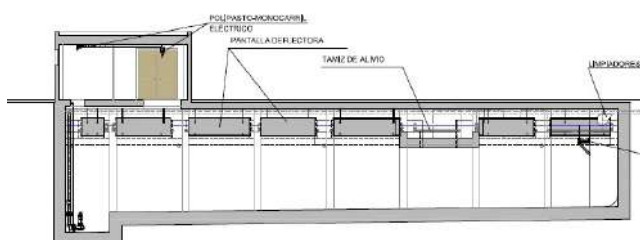
- Diseño y ejecución de un tanque de tormentas que aumente el volumen de aguas retenidas en momentos de precipitaciones a partir de una intensidad de precipitación referencia.

Se pretende que para lluvias con un período de retorno de 10 años se aumente la capacidad hidráulica, en un volumen a determinar según la intensidad de precipitación referencia y las previsiones de ECOCIUDAD en cuanto a vertidos.

El cálculo del volumen necesario para el tanque se diseñara en el proyecto de ejecución, que deberá incluir la realización del estudio previo de cuencas y las necesidades finales de laminación.

El proyecto recogerá el diseño y cálculo de los colectores de entrada y salida junto con su obra civil, así como del tanque de tormentas, pudiendo desarrollarse o ampliarse las tecnologías previstas y sus detalles por parte de las empresas constructoras.

EJEMPLO DE TANQUE DE TORMENTAS



La estructura se deberá diseñar de forma que sea posible integrarla en el diseño previsto para la urbanización de cada zona, según los planos adjuntos. La urbanización final de la zona de afectación no forma parte del ámbito de actuación del presente proyecto, pues se incluirá en el proyecto general REPAPAH.

El tanque incluirá sistemas de captación, almacenamiento y envío de datos en tiempo real (SCADA) que permitan la gestión de las instalaciones descritas en los episodios de lluvia y su integración en la red que desde la Entidad de Saneamiento municipal Ecociudad Zaragoza se está desarrollando.

Además, podrán integrarse a otras redes como el Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro. El sistema debiera ser capaz de reportar avisos electrónicos y datos de forma automática, para su gestión por parte de ECOCIUDAD y/o CHE.

Zaragoza a 21 de noviembre de 2022

El Dr. Arquitecto del Área de Urbanismo y equipamientos

José Javier Gallardo Ortega

II. ANEXO FOTOGRÁFICO



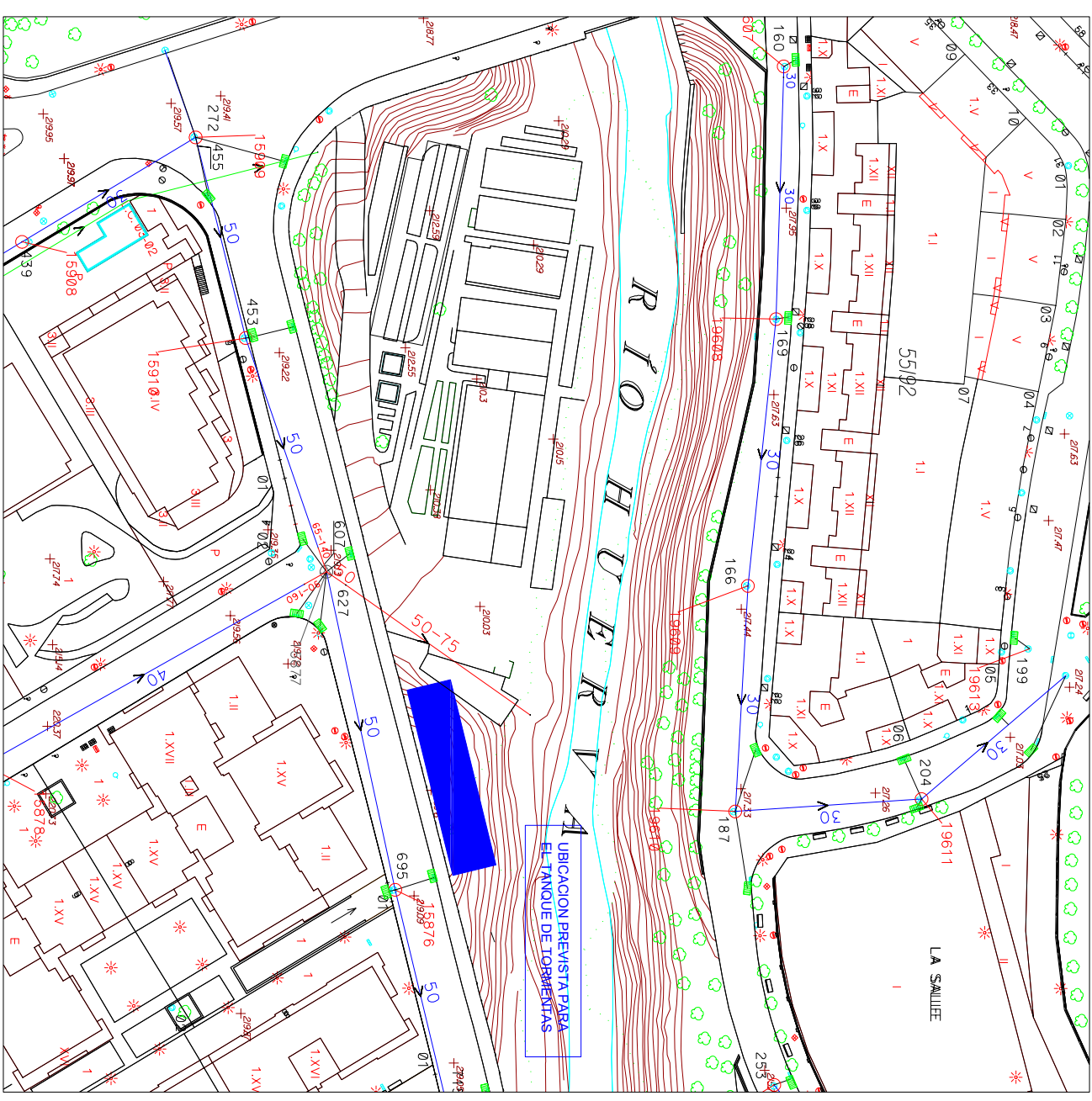
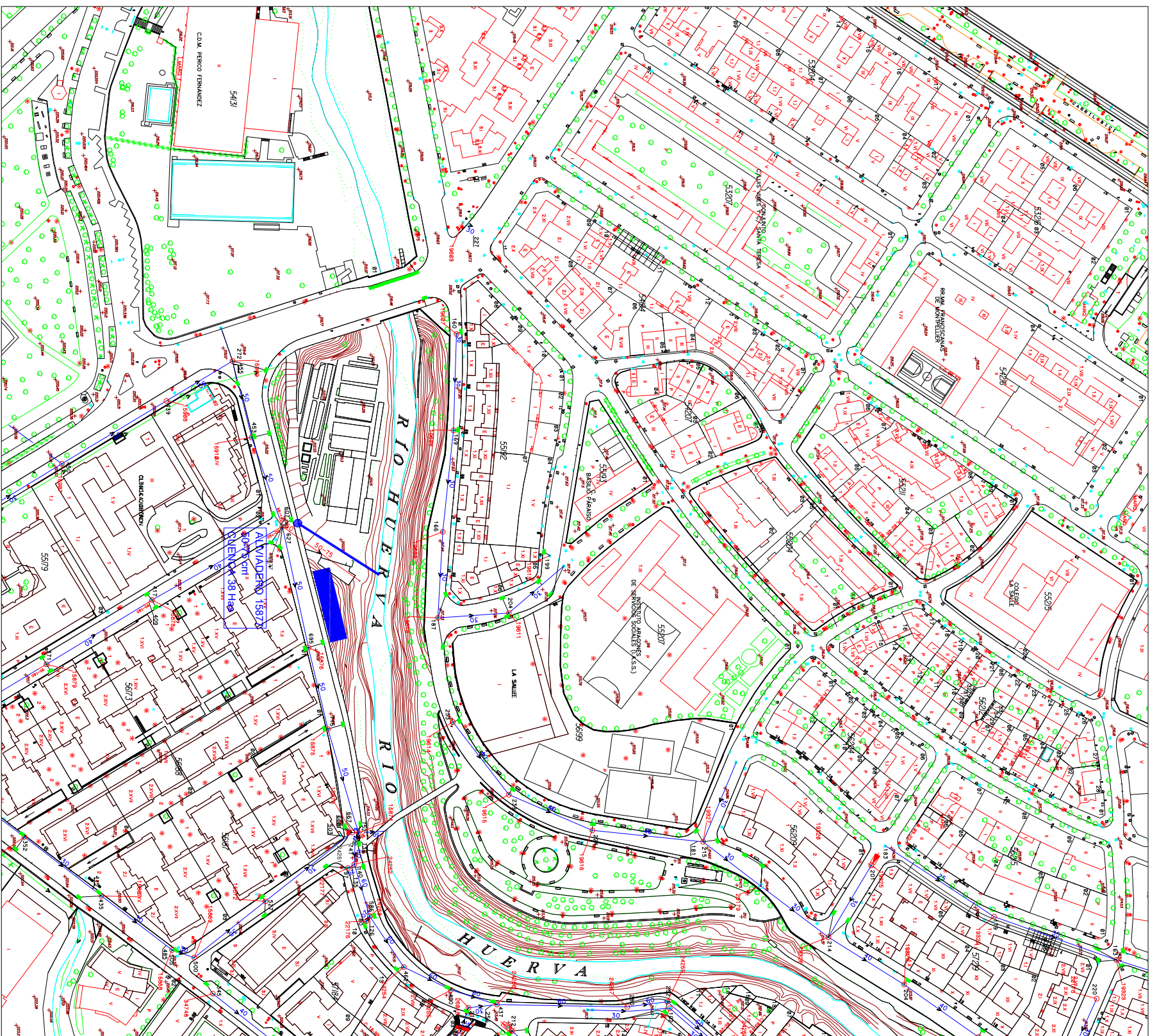
zona ubicación tanque de tormentas y rampa acceso existente

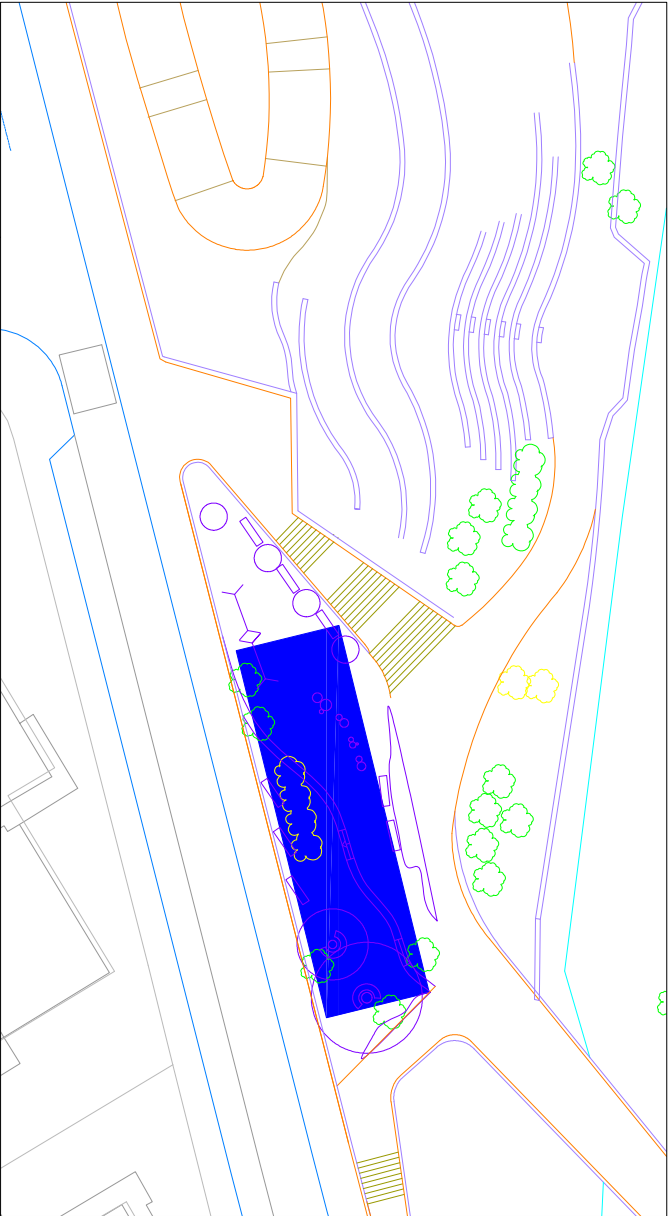
III. PLANOS

PLANO EMPLAZAMIENTO

PLANO DISEÑO PROYECTADO

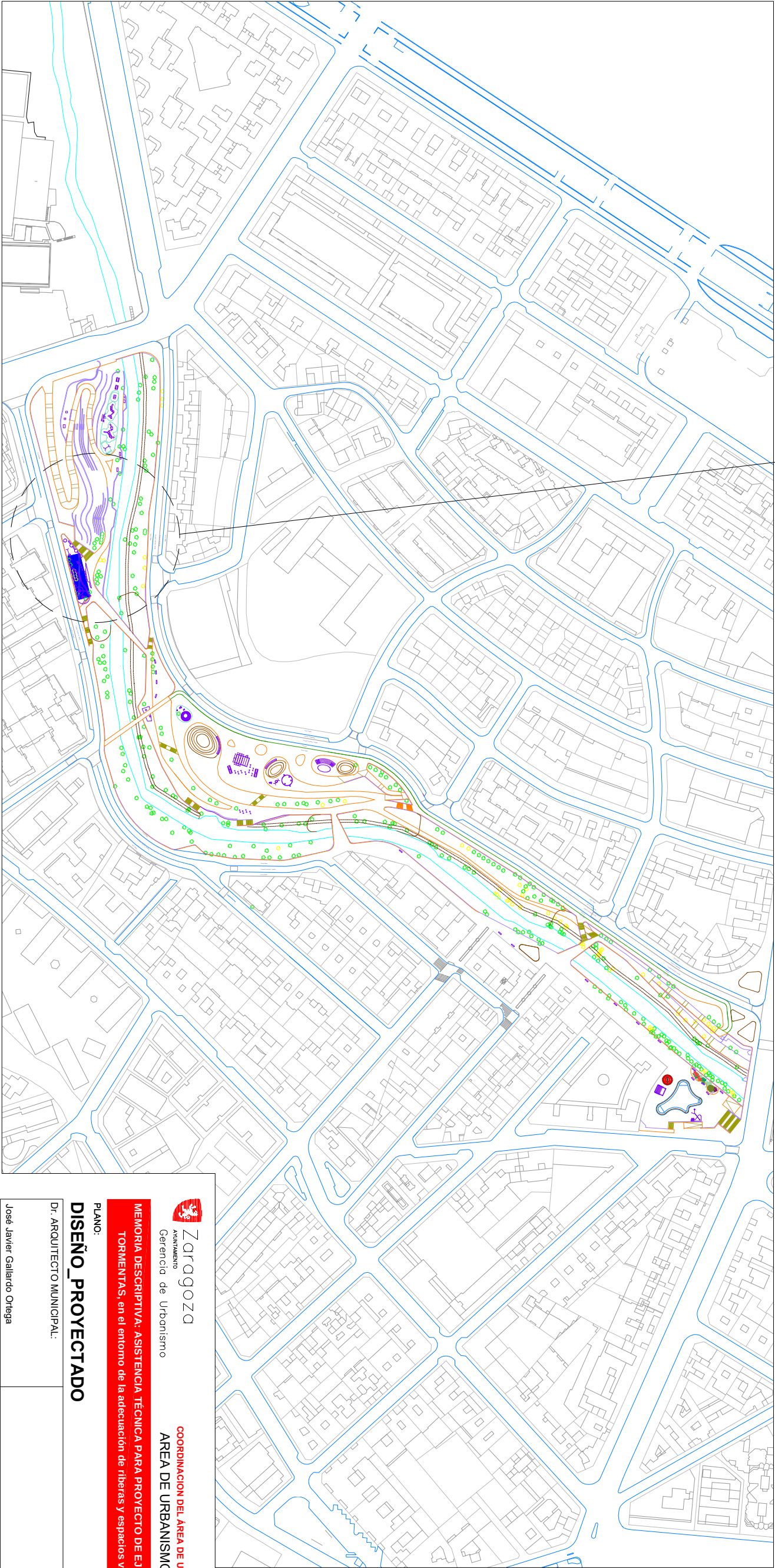
PLANOS REDES E INFRAESTRUCTURAS DE LA ZONA





E_1500
TANQUE_TORMENTAS

*Las dimensiones grafiadas son estimadas.
El calculo del volumen necesario para los tanques se
diseñara en el proyecto, que deberá incluir la
realización del estudio previo de las cuencas y las
necesidades finales de laminación.




Zaragoza
Ayuntamiento
Gerencia de Urbanismo

COORDINACION DEL AREA DE URBANISMO Y EQUIPAMIENTOS
AREA DE URBANISMO Y EQUIPAMIENTOS
MEMORIA DESCRIPTIVA: ASISTENCIA TÉCNICA PARA PROYECTO DE EJECUCIÓN DE TANQUE DE TORMENTAS, en el entorno de la adecuación de riberas y espacios verdes del río Huerva

PLANO:

DISEÑO_PROYECTADO

Dr. ARQUITECTO MUNICIPAL:

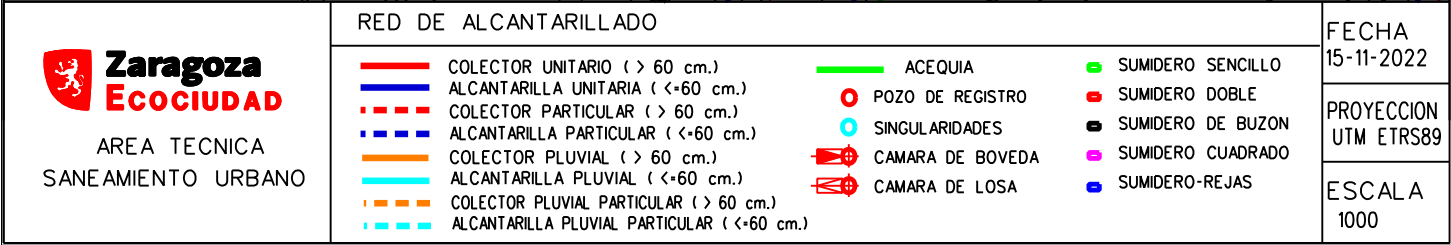
José Javier Gallardo Ortega

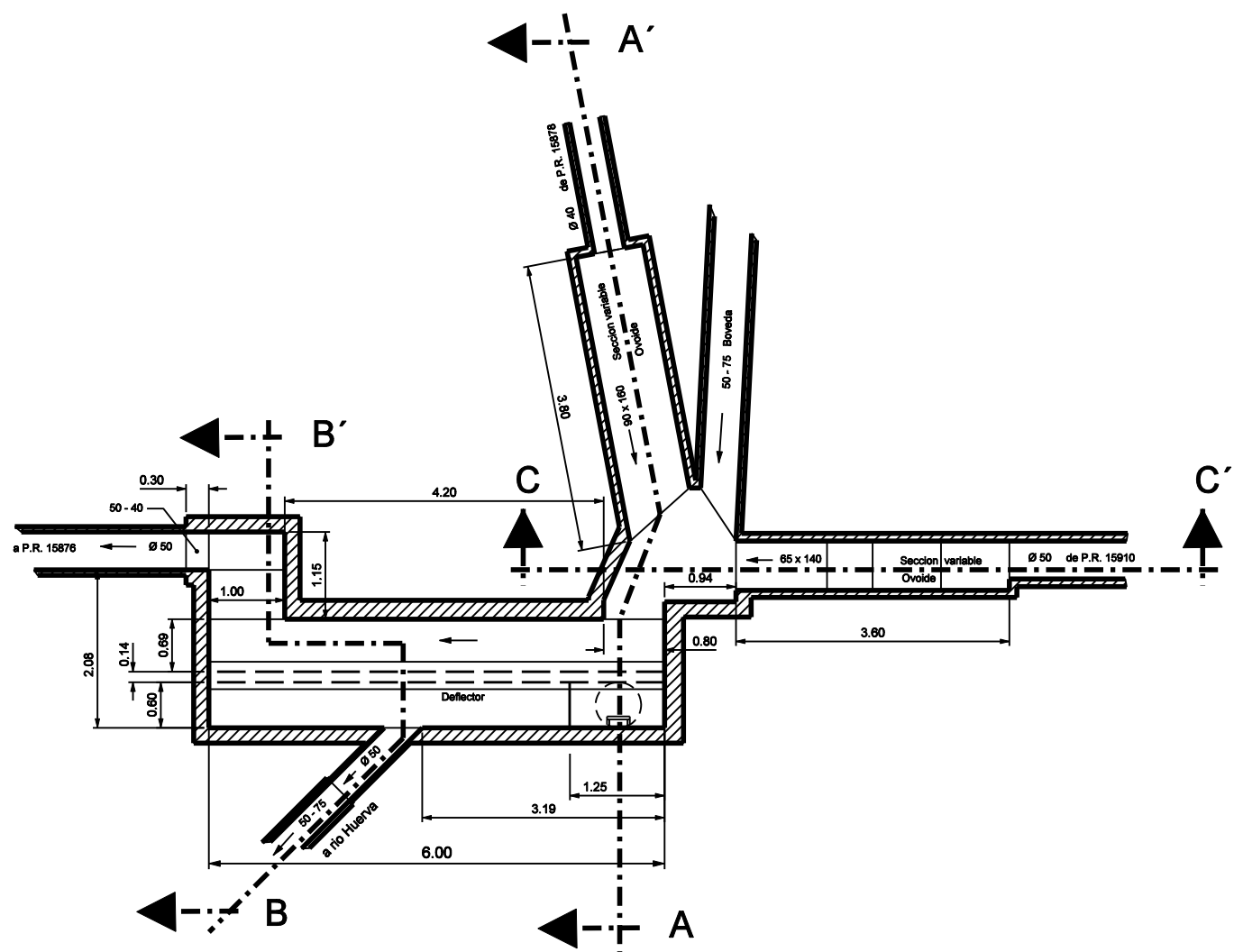
ESCALA:

1/2500

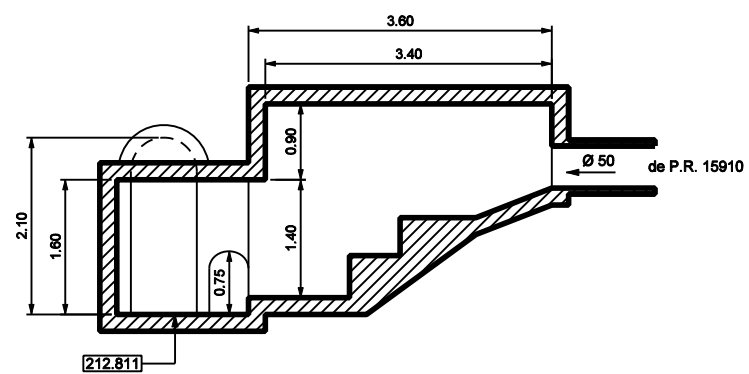
FECHA:

noviembre de 2.022

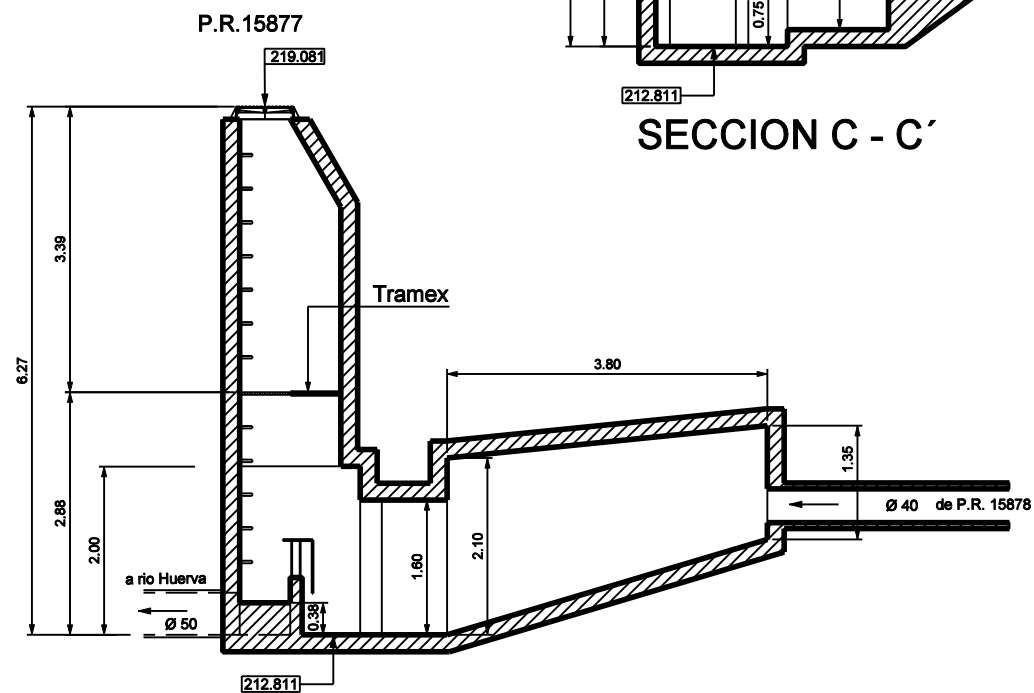




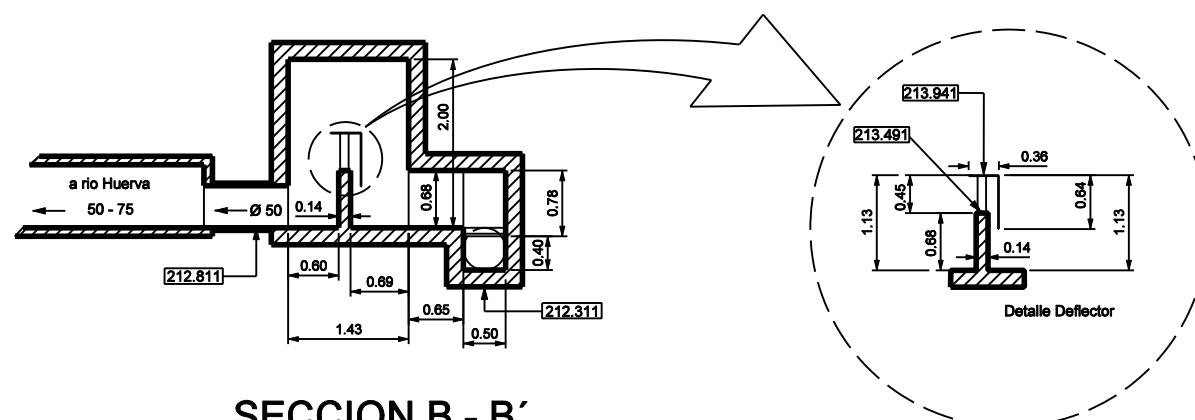
PLANTA



SECCION C - C'



SECCION A - A'



SECCION B - B'

MSLINK 15877

IV. ANEXOS

ANEXO I – ESTUDIO Y VALORACION PROBLEMÁTICA SDUS (ECOCIUDAD)

ANEXO II – ESTUDIO GEOTECNICO (año 2007)

ANEXO III – ESTUDIO DE HIDROLOGIA

ESTUDIO Y VALORACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO UNITARIOS EN LAS RIBERAS DEL RÍO HUERVA.

En el presente documento se analiza, dentro del contexto del proyecto de adecuación de Riberas y espacios verdes del río Huerva, la problemática de los vertidos de aguas residuales procedentes de los sistemas de descargas unitarios en adelante DSU's.

Históricamente la red de saneamiento en el espacio del río Huerva se ha ido desarrollando de forma que fuese capaz de recoger y canalizar las aguas residuales y las aguas pluviales en momentos de precipitación para su conducción al propio cauce del río. Así las metodologías de diseño habituales en los colectores era la de dimensionar la red para unos caudales de aguas residuales medios mayorados con unos coeficientes puntas y con capacidad adicional de recogida para unos volúmenes de escorrentías concretos.

La entrada en funcionamiento de las depuradoras de la ciudad a finales de los años 80 (EDAR ALMOZARA) y comienzos del 90 (EDAR CARTUJA), supuso un cambio en el funcionamiento y diseño de las redes de colectores. Ya no se trataba de recoger las aguas residuales y en su caso pluviales y entregarlas al cauce, si no de la recogida y transporte hacia las instalaciones de depuración, en el caso que nos ocupa hacia la EDAR Cartuja. Sin embargo, la capacidad hidráulica de la red es limitada y no es viable transportar el 100 % de las aguas pluviales generadas, por lo que la tónica habitual era el diseño de los colectores para caudales puntas de aguas residuales y para un volumen de escorrentías en momentos de lluvia asociados a lluvias de período de retorno en años concreto (probabilidad de que en ese período de años se supere la lluvia de diseño). Ese condicionante obligaba en los proyectos a disponer en ciertos puntos de la red de sistemas de alivios, hoy denominados descargas de los sistemas unitarios, que evacuasen al medio de forma rápida los caudales excedentarios, de forma que se evitase inundaciones en los viarios y por consiguiente daños a las instalaciones públicas o privadas.

En el diseño de estas instalaciones de alivio primaba siempre un concepto denominado coeficiente de dilución, el cual venía a fijar el caudal a partir del cual la red aliviaba al medio una mezcla de aguas residuales y pluviales que permitiese minimizar el impacto de ellos alivios en el medio natural, partiendo siempre de la consideración que existía hasta comienzos de siglo XXI, de que las aguas pluviales (también llamadas grises) no aportaban contaminación, y ayudaban a diluir la contaminación de las aguas residuales brutas. Lo habitual era el uso de coeficientes de dilución 1/5, en el que por cada parte de aguas residuales se añadían 4 partes de aguas pluviales.

En este contexto fue en el que se desarrolló la red de saneamiento del entorno del río Huerva, lo cual unido al urbanismo propio de la zona, muy concentrado y volcado hacia el cauce ha generado una red de saneamiento de tipo unitario, con escasa capacidad hidráulica en momentos de lluvias y nula resiliencia al escenario climático al que nos enfrentamos.

Con el arranque del siglo XXI la sensibilidad ante estas situaciones se ha ido incrementando. A comienzos de siglo diversos estudios internacionales y nacionales analizaron la contaminación de las aguas pluviales, en especial las aguas de primer lavado de calles, plazas, cubiertas, mobiliario, etc..., viéndose que la carga contaminante de las mismas no era tan reducida como se pensaba, y que podía llegar a suponer en ciertos momentos más contaminante que las propias aguas residuales, con contaminantes no propios de las aguas domésticas. Los principales contaminantes vertidos en momentos de descarga de los sistemas unitarios pueden enumerarse en:

- Sólidos y flotantes. Se trata de cuerpos que circulan por la red procedentes de los domicilios o que entran en la misma a través de los sumideros e imbornales en momentos de precipitaciones. Es el caso de hojas, ramas, plásticos, toallitas de higiene personal, etc...

Este tipo de residuos se quedan estancados a lo largo de la ribera generando una contaminación visual fuerte y problemas como olores, insectos, roedores, etc...

- Sólidos en suspensión. En momentos de lluvia moderada/fuerte los sedimentos depositados en los colectores son resuspendidos por la corriente, a la par el lavado de la escorrentía arrastra el polvo y arenas hacia los colectores. Las aguas aliviadas pueden contener concentraciones importantes de sólidos en suspensión. El vertido de estos sólidos al medio provoca turbidez y coloración en las aguas y en el caso de que estos sólidos decanten puede generar septicidad en el agua.
- Contaminación orgánica. Las aguas aliviadas presentan medias/altas concentraciones de materia orgánica, la cual va a consumir en su degradación oxígeno disuelto de las aguas del río, lo que provoca reducciones de las concentraciones de O₂.
- Metales pesados. Las escorrentías de las calles, plazas, tejados producen un lavado de sedimentos procedentes de los gases de escape de vehículos, calefacciones, etc..., o partículas procedentes de los neumáticos que pueden contener pequeñas concentraciones de metales pesados como plomo, zinc....

Esta situación histórica que afecta a muchos sistemas de drenaje ha de ser revisado y mejorado. Para ello los distintos Organismo de Cuenca han ido trabajando en regular los sistemas de descargas de redes de alcantarillado. Fruto de este trabajo se probó en el año 2012 el Real Decreto 1290/2012.

El citado real Decreto especifica en su artículo 259 ter, en su articulado que:

- *“ Los aliviaderos del sistema colector de saneamiento y los de entrada a la depuradora deberán dotarse de los elementos, pertinentes en función de su ubicación, antigüedad y el tamaño del área drenada para reducir la evacuación al medio receptor de, al menos, sólidos gruesos y flotantes. Estos elementos no deben reducir la capacidad hidráulica de desagüe de los aliviaderos, tanto en su funcionamiento habitual como en caso de fallo.”*
- *“ Con el fin de reducir convenientemente la contaminación generada en episodios de lluvia, los titulares de vertidos de aguas residuales urbanas tendrán la obligación de poner en servicio las obras e instalaciones que permitan retener y evacuar adecuadamente hacia la estación depuradora de aguas residuales urbanas las primeras aguas de escorrentía de*

la red de saneamiento con elevadas concentraciones de contaminantes producidas en dichos episodios.”

Si bien, a la fecha de este escrito no se han aprobado las Normas Técnicas que regulen las actuaciones para limitar esa contaminación procedente de los sistemas de alivio, si se hace necesario si se busca la mejora de la calidad de las aguas del río Huerva el implementar distintas actuaciones que permitan mejorar la capacidad de la red reduciendo los episodios y los volúmenes anuales aliviados, la medición en continuo de las características del agua aliviada y la eliminación de flotantes y sólidos gruesos en los episodios de alivio.

DESCRIPCIÓN DE LA RED ACTUAL.

Como ya se ha descrito anteriormente toda la red de alcantarillado existente en la zona de estudio es de tipo separativo y se ejecutó con diversos sistemas de alivios de aguas mixtas al cauce del río Huerva.

Revisando las riberas del río Huerva y consultando la base gráfica de la red (sistemas GIS) podemos encontrar varias tipologías de alivios al cauce.

- Alivios de la red actual en funcionamiento. Se trata de puntos de salida de la red, con cámara/pozo documentado y de los que existen detalles.
- Salidas no documentadas, que pueden corresponder a antiguos conductos fuera de uso, de drenaje de parcelas, huertas, etc... o a vertidos directos de fincas urbanas sin conexión con la red de colectores.

Analizamos cada uno por separado.

Alivios de la red actual.

Actualmente existen en el tramo en estudio siete alivios, todos ellos provenientes de la margen derecha del cauce. De todos estos puntos existe información técnica de diámetros, materiales, profundidades, cotas de alivio, etc...

Los enumeramos a continuación y se incluye un reportaje fotográfico de los mismos.

- 1- Alivio 15877 a la altura de la calle Fray Luis Amigo. Esta instalación cuenta con cámara de alivio con labio fijo y una cuenca de aportación de aproximadamente 38 has que se extiende hasta casi las instalaciones de Stadium Venecia en las proximidades de la calle Biescas. El punto no cuenta con sistemas de retención de sólidos y/o flotantes.
- 2- Alivio 24251 ubicado justo bajo la pasarela peatonal que da continuidad hacia la calle Catania. La cuenca de aportación sería la misma que la del anterior punto

incrementada en unas 4.7 has. El punto no cuenta con sistemas de retención de sólidos y/o flotantes.

- 3- Alivio 15780. Ubicado en el final de la calle La Luz se trata de una salida directa desde pozo sin que existan dispositivos de retención. La cuenca de aportación de este punto de alivio es de 6.78 Has.
- 4- Alivio 24266. Se trata de una cámara sin medios de retención dispuesta en la calle Viva España y que comparte prácticamente la cuenca de la anterior, presentando esa zona problemas de capacidad incluso en tiempo seco, por lo que se han detectado vertidos de aguas residuales en ciertos momentos del año sin mediar episodios de lluvia.
- 5- Alivio 15791. Emplazado en calle Porvenir, recoge a mayores las escorrentías de la calle Porvenir, y no dispone de medio alguno de retención.
- 6- Alivio particular, entre los alivios 24266 y 15791 se tiene constancia de la existencia de un conducto de 30 cm de diámetro con salida directa al río procedente de instalaciones particulares, que al aparecer recoge una batería de pozos interiores a las Comunidades de propietarios, sin que se sepa el tipo de aguas vertidas, a priori se estima que serán aguas pluviales no mezcladas con aguas residuales.
En fase de redacción del proyecto ejecutivo deberá recabarse la información necesaria.
- 7- Alivio 24271, es el último punto en el tramo estudiado y se ubica casi bajo el puente de Emperador Augusto. Se trata de un punto complejo que unifica los caudales de un conducto de DN-800 mm y el colector de 500 mm que recorre la zona próxima a la ribera a la altura de la plaza existente entre el cauce y la calle Carrera del Sábado.
No cuenta con sistemas de retención y drena una cuenca muy compleja que abarca zonas de la calle Sevilla, calle J. Pablo Bonet, calle Dr Lozano Monzón y calle Vasconia, cercana a las 5.88 Has.

Salidas no documentadas.

Como ya se ha descrito son un conjunto de conductos, generalmente de pequeño diámetro (150-250 mm), incrustados en los muros de margen derecha izquierda y del que no se tiene constancia clara de su origen. Pueden ser puntos de drenaje de antiguas huertas, de viarios preexistentes a la actual configuración viaria, o vertidos de fincas sin conexión a la red pública de alcantarillado.

Estos puntos deben ser estudiados en la fase de redacción de proyecto, pero se estima que la mayor parte de ellos están fuera de uso.

Se han podido documentar 16 salidas en la margen derecha y 1 salida por la margen izquierda.

Reportaje fotográfico



ALIVIO 15877



ALIVIO 15780



ALIVIO 15791



ALIVIO 24251



ALIVIO 24266



ALIVIO 24271

DEFINICIÓN DE ACTUACIONES PARA LA ELIMINACIÓN/REDUCCIÓN DE ALIVIOS.

Vista las características de los distintos puntos de alivio de la red y buscando la mejora de la configuración actual son necesarias distintas obras de mejora de la capacidad hidráulica de la red, la implantación de estructuras de retención, así como la adecuación de sistemas de retención de contaminantes sólidos y la disposición de sistemas de medida y cuantificación de la cantidad y calidad de las aguas aliviadas al río Huerva, buscando siempre uno de los objetivos del proyecto, la mejora de la calidad de las aguas en el tramo final del río.

Se describen, a modo de estudio inicial, las propuestas de mejora de la red actual, las cuales deberán ser definidas y valoradas en el proyecto constructivo final y que en todo caso van a estar condicionadas por aspectos que a día de hoy no están cerrados como:

- 1- La movilidad de la zona de actuación (posibilidad de implantación de nuevos colectores que refuercen la red.
- 2- La estructura de arbolado y arbustiva que finalmente se decida.
- 3- Las autorizaciones del Organismo de Cuenca, pues muchas de las actuaciones que se definen estarán ubicadas en zonas de DPH y zonas de flujo preferente.

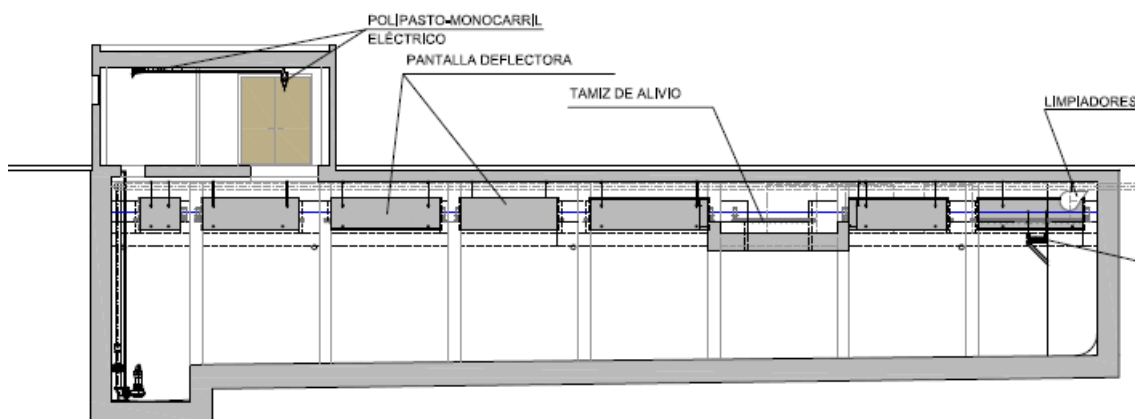
➤ **Alivio 15877.**

Se trata del primer alivio de la margen derecha en las inmediaciones de las instalaciones abandonadas de Viveros Sopesens. Para este punto a la vista de la cuenca de aportación tan amplia se define como mejor solución un tanque de retención con capacidad para retener una lluvia de 10 años de período de retorno y una duración de 15 minutos.

Esta instalación se propone en la parte más oriental de los antiguos viveros de forma que se intercepte el actual conducto de alivio y se incorpore a un tanque de retención con desbaste de sólidos y flotantes, cámara de retención, aliviadero de seguridad y sistema de bombeo para, una vez finalizadas las lluvias, se eleven a la red las aguas almacenadas para su tratamiento en la EDAR Cartuja.

La instalación se propone soterrada con acceso en superficie, de forma que pueda ser integrada en la futura plaza verde.

Esta instalación contará con sistemas de medición de caudales, control de contaminantes, tratamiento de olores, y by pass de seguridad.



Ejemplo tanque de laminación/retención.

➤ **Alivio 24251.**

A falta de un cálculo hidráulico pormenorizado, se estima que la actuación en el alivio anterior permitirá reducir los caudales circulantes en episodios de lluvia hacia el pozo 24251, por lo que en este caso solo será necesario actuar sobre las cotas de vertido actuales de la instalación y acondicionar el punto de salida en la Ribera.

➤ **Alivio 15780 – 24266 – 15791 – 24271.**

Para el resto de los alivios que se encuentran entre la calle La Luz y el puente de Emperador Augusto se plantean varias opciones, dependiendo de la urbanización que se defina finalmente en la ribera derecha del río y que deberán ser desarrolladas en el proyecto final.

La opción más recomendada desde el punto de vista técnico es la que se define a continuación.

Colector paralelo al existente con trazado por la ribera, que refuerce la capacidad hidráulica del sistema y que vaya recogiendo los alivios de forma sucesiva, y con conexión al sifón actual de 800 mm bajo el puente Emperador Augusto. Se complementa esta solución con un

pequeño depósito de retención que aumente la capacidad y que se ubicaría en la plaza existente a pie de puente.

IMPACTOS ESPERADOS CON LA ACTUACIÓN.

Estas actuaciones van a permitir las siguientes mejoras en el medio acuático.

- 1- Eliminación de la contaminación por flotantes y sólidos en suspensión, mejorando el aspecto visual de las riberas.



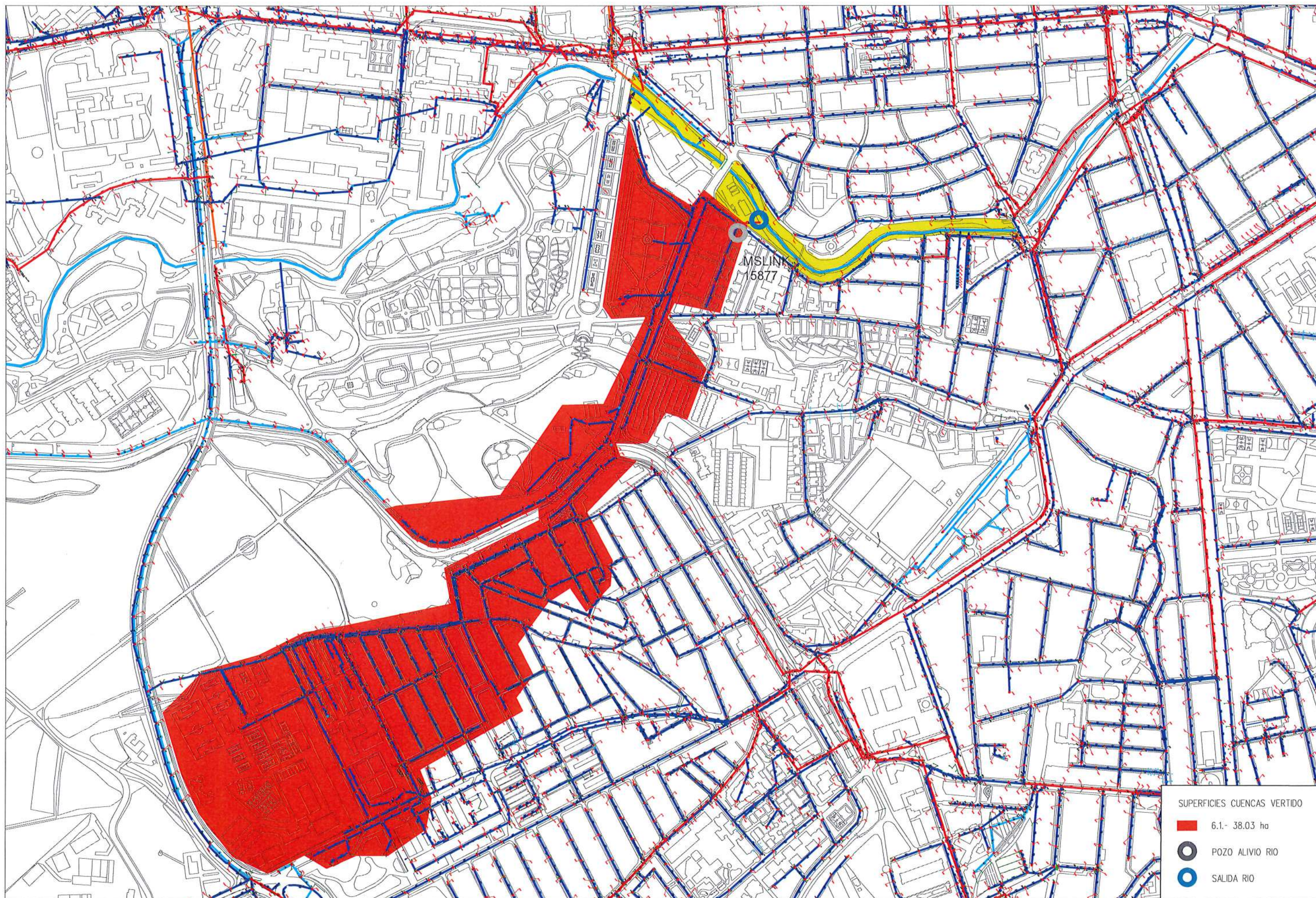
- 2- Reducción de los episodios de alivio y de los caudales aliviados por episodio, lo que redundará también en la merma de contaminación orgánica y sólidos en suspensión derivada al río anualmente.
- 3- Optimización de los caudales de aguas pluviales depurados en las EDAR's urbanas.

DIGITALIZACIÓN DEL SISTEMA.

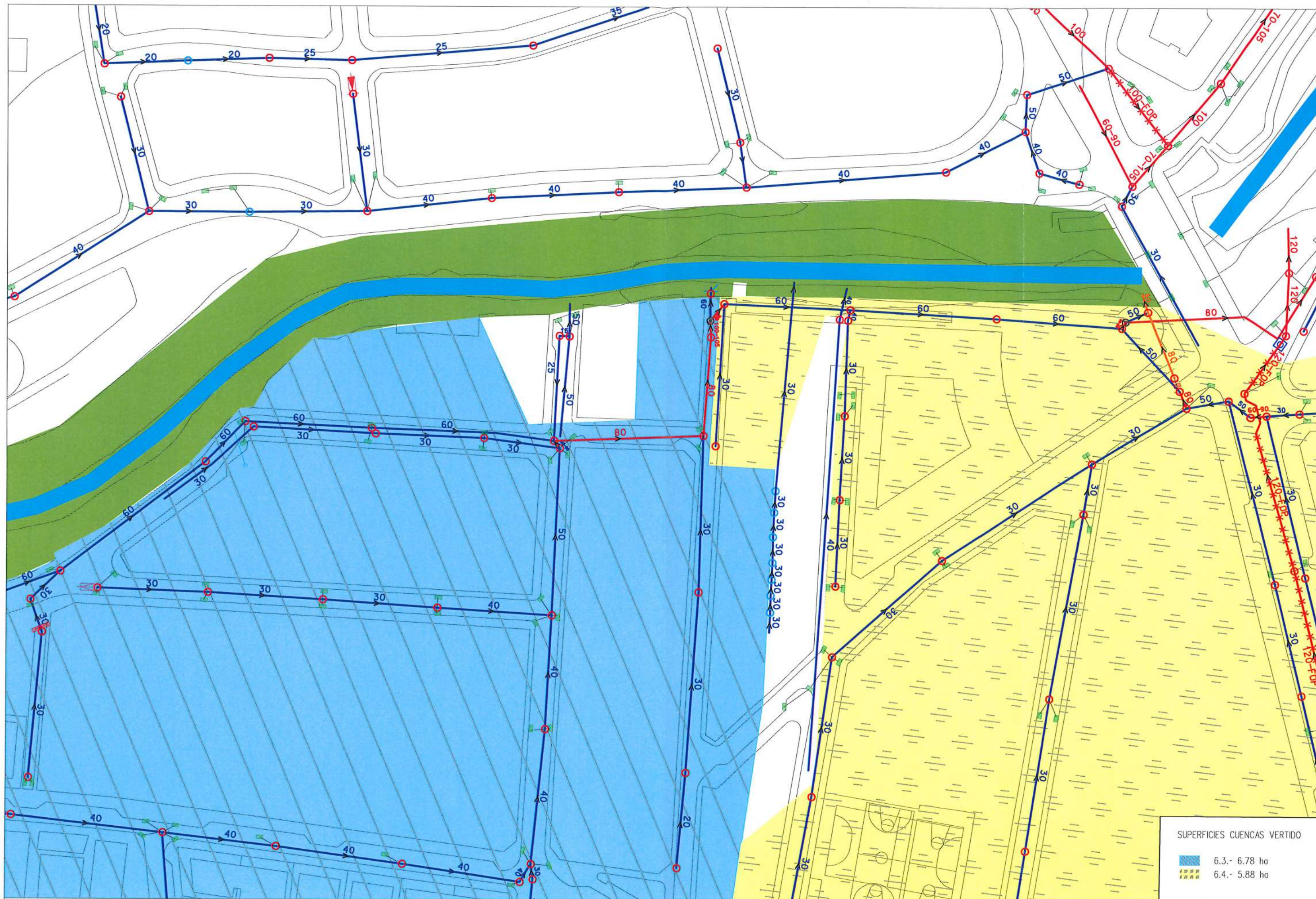
Se complementa la propuesta con la implantación de un sistema de captación, almacenamiento y envío de datos que permitan el conocimiento a tiempo real de los caudales y contaminación evacuada al medio. Se propone la colocación de 4 sistemas de sondas multiparamétricas que puedan medir en tiempo real parámetros como conductividad, pH, turbidez, COT y oxígeno disuelto, y que enviarán los datos en tiempo real a una plataforma informática de control de la red. Estas actuaciones supondrán una modernización en el control de las redes de saneamiento y de la calidad de las aguas del río que a día de hoy no existe.

ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LA ACTUACIÓN EN LA RED DE SANEAMIENTO.

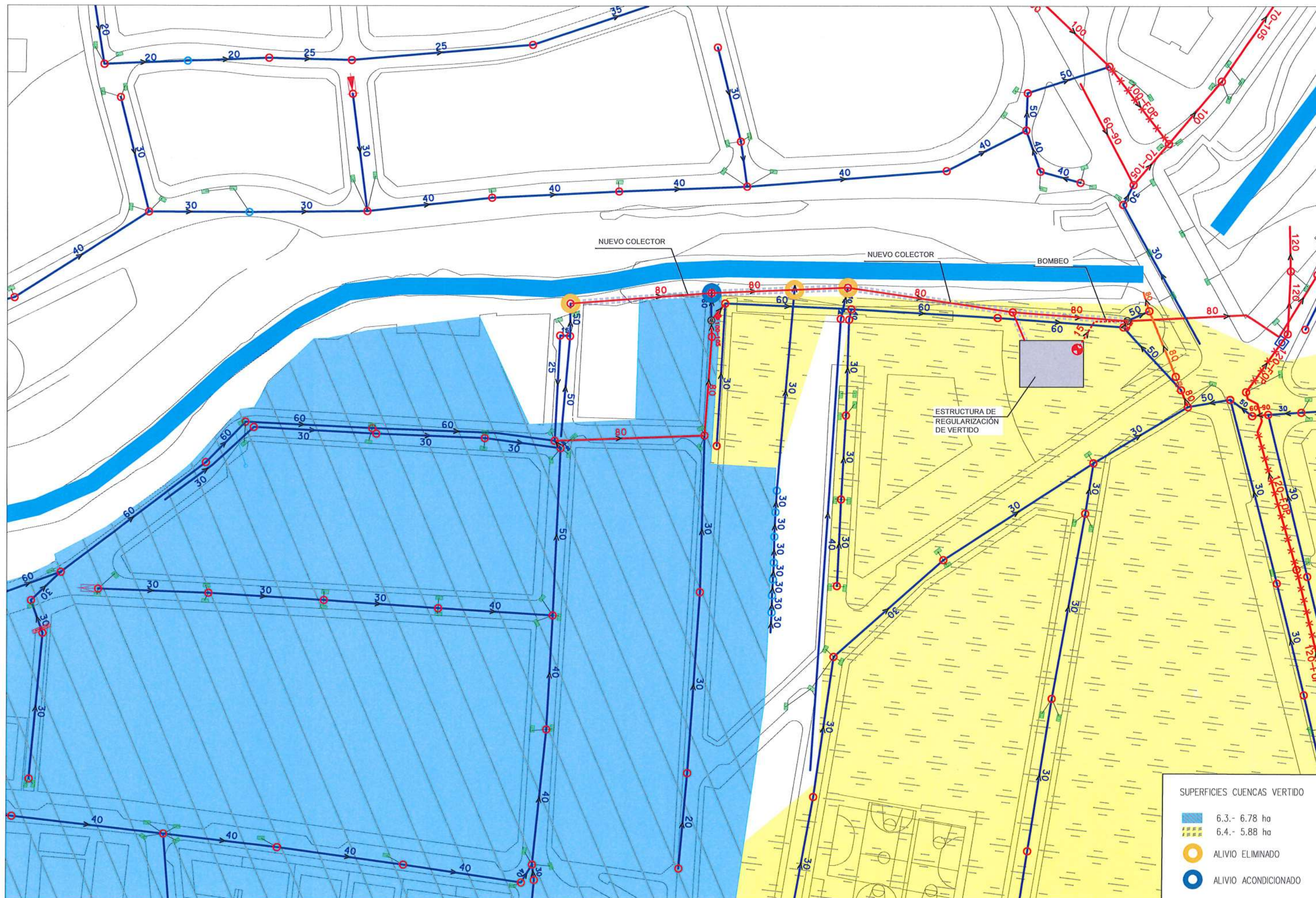
En un primer avance se estima que las actuaciones descritas, tanto de obra civil como de digitalización, podrían rondar un importe en ejecución material de 1.506.680 euros.











SUPERFICIES CUENCAS VERTIDO	
	6.3.- 6.78 ha
	6.4.- 5.88 ha
	ALIVIO ELIMINADO
	ALIVIO ACONDICIONADO

PROYECTOS DE ACONDICIONAMIENTO DEL RÍO HUERVA ENTRE EL PUENTE DE RUISEÑORES Y EL CRUCE CON PASEO GRAN VÍA

ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL RÍO HUERVA

TRAMO 1. PUENTE RUISEÑORES - PUENTE EMPERADOR AUGUSTO

TRAMO 2. PUENTE EMPERADOR AUGUSTO - CRUCE CON PASEO DE GRAN VÍA



ZARAGOZA, ABRIL 2007

ÍNDICE:

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- ÁMBITO DE ACTUACIÓN	2
3.- CLIMATOLOGÍA.....	3
3.1.- PRECIPITACIONES	3
3.2.- TEMPERATURA.....	3
3.3.- VIENTO	4
3.4.- ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS	4
3.4.1.- Índice de pluviosidad de Lang.....	4
3.4.2.- Índice de pluviosidad de Martone.....	4
3.4.3.- Índice de Datín – Revenga.....	5
3.4.4.- Índice de termicidad de Rivas Martínez	5
3.4.5.- Índice de Vernet (1966)	5
3.4.6.- Climodiagrama de Walter-Lieth.....	5
3.4.7.- Balance hídrico de Thornwaite.....	6
4.- HIDROLOGÍA	8
4.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA	8
4.1.1.- Estimación de caudales	8
4.2.- SIMULACIÓN HIDRÁULICA. METODOLOGÍA.....	12
4.2.1.- Bases teóricas del modelo	12
4.2.2.- Datos requeridos por el modelo	13
4.2.3.- Opciones de cálculo.....	14
4.2.4.- Puentes	14
4.2.5.- Limitaciones del programa	14
4.3.- APLICACIÓN DEL MODELO AL TRAMO DE ESTUDIO	15
4.3.1.- Introducción	15
4.3.2.- Datos geométricos.....	15

4.3.3.- Coeficientes	15
4.3.4.- Caudales de cálculo.....	15
4.3.5.- Croquis de situación de los perfiles transversales.....	16
4.4.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	17
4.4.1.- Salida de datos de la simulación.....	17
4.4.2.- Representación gráfica transversal de la simulación hidráulica.....	22
4.4.3.- Reflejo en la planta actual de actuaciones de la llanura de inundación	39
4.5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	40

1.- INTRODUCCIÓN

Como introducción y antes de realizar un análisis más detallado de las principales variables que permiten caracterizar el ámbito de la actuación, se presenta a modo de resumen y como elemento de referencia rápida en caso de consulta, los datos climatológicos más significativos obtenidos de la estación de consulta que se corresponde con 9434 - ZARAGOZA (AEROPUERTO):

- Altitud: 247 metros s/M.
- Coordenadas: Latitud: 41º 39' 44"
 Longitud: 2º 40' 45"
- Precipitación media anual: 319,6 mm.
- Temperatura media anual: 15 °C
- Duración media de la insolación: 2.636 horas/año
- Media de días de precipitación al año ≥ 1 mm.: 48,7
- Media anual de la humedad relativa: 63%
- Temperatura media de las máximas anuales: 38,7°C
- Temperatura media de las mínimas anuales: -5,5°C
- Temperatura máxima absoluta: 42,6°C (julio 1978)
- Temperatura mínima absoluta: -11,4°C (febrero 1963)
- Media de las rachas de viento máximas: 109,3 Km/hora
- Frecuencia de días de viento anuales: 86%
- Frecuencia de días de calma anuales: 14%
- Precipitación máxima en 24 horas: 67,3 mm (noviembre 1968)

Así mismo, se presentan los datos hidrológicos de la estación de aforos nº 216 del río Huerva en Zaragoza, proporcionados por el Área de Hidrología y Cauces de la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro:

- Período de retorno para la avenida de 500 años $T_{500} = 219,80 \text{ m}^3/\text{s}$
- Período de retorno para la avenida de 100 años $T_{500} = 182,20 \text{ m}^3/\text{s}$
- Período de retorno para la avenida de ordinaria $T_{2,3} = 30,00 \text{ m}^3/\text{s}$

2.- ÁMBITO DE ACTUACIÓN

El ámbito de estudio se sitúa en las márgenes y riberas del río Huerva comprendidos entre el Puente de Ruiseñores (Puente Blasco del Cacho) y el cruce con el Paseo de Gran Vía, donde el río se soterra hasta la Avda. Cesáreo Alierta.

Las coordenadas UTM para el comienzo y fin son:

- Puente de Ruiseñores: X = 675.455 m. Y = 4.611.897 m.
- Cruce con el Paseo de Gran Vía: X = 675.822 m. Y = 4.612.726 m.

Dicho ámbito se ha dividido en dos tramos:

- Tramo 1: comprendido entre el Puente de Ruiseñores (Puente Blasco del Cacho) y el Puente Emperador Augusto.

Los límites están marcados al sur por el Paseo Mariano Renovales, al este con la c/ Marina Española, al oeste con la c/ Manuel Lasala y al Norte con el Puente Emperador Augusto.

Dicho tramo se ha metrificado en tramos equidistantes de 20 metros a lo largo del eje del río, alcanzando una longitud total de 636,60 metros.

- Tramo 2: comprendido entre el Puente Emperador Augusto y el cruce con el Paseo de Gran Vía

Los límites están marcados al sur por el Puente Emperador Augusto, al este con las calles Genoveva Torres y Catalina Salazar, al oeste con la c/ Alférez Provisional y al Norte con el Paseo Gran Vía.

Dicho tramo se ha metrificado en tramos equidistantes de 20 metros a lo largo del eje del río, alcanzando una longitud total de 474 metros.

Cabe destacar que este tramo es atravesado por un puente en la avenida Goya en el p.k. 273, dicho puente posee en su parte inferior una estructura soporte de la línea ferroviaria soterrada debajo de Avda. Goya.



ÁMBITO DE ACTUACIÓN

SITUACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

TRAMO 1: PUENTE DE RUISEÑORES A PUENTE EMPERADOR AGUSTO

TRAMO 2: PUENTE EMPERADOR AGUSTO A CRUCE CON PASEO DE GRAN VÍA

3.- CLIMATOLOGÍA

En este apartado se obtienen y analizan en caso oportuno las principales variables climatológicas que afectan a la zona de actuación, tomando como partida los datos procedentes de la estación meteorológica ya referida.

La serie de datos empleada abarca desde 1971 hasta el año 2002, por lo que se considera suficientemente extensa para el objeto del presente estudio. Referir que la estación se sitúa a una cota de 247 m, por lo que no se estima necesario realizar una corrección altitudinal para adaptar estos valores a los del ámbito del proyecto, puesto que las diferencias no resultarán significativas.

Para el proceso de las variables meteorológicas, se ha empleado el programa *PROCLI V1.0*¹.

3.1.- PRECIPITACIONES

El ámbito de actuación se encuentra en una zona con escasas precipitaciones, con una media anual de 320 mm y unas precipitaciones medias mensuales de 26,6 mm.

La distribución media mensual de las precipitaciones es la siguiente:

	Meses												Total
Prep. (mm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
	22,9	19,2	20,6	33,5	44,4	30,6	18,2	18,4	29,6	30,1	29,3	22,8	319,6

Tabla 1: Precipitaciones registradas en la zona de estudio

La época más lluviosa se corresponde con la primavera, con un máximo anual en el mes de mayo de 44,4 mm. Durante el otoño y el invierno las precipitaciones se distribuyen de modo similar, si bien señalar que febrero presenta el tercer registro más bajo. Los mínimos anuales se presentan durante los meses de julio y agosto, con valores de 18,2 mm y 18,4 mm respectivamente.

Como información complementaria, se ha estimado la precipitación máxima en 24 horas, para distintos periodos de retorno a partir del mapa editado por la Dirección General de Carreteras del MOPU. Los datos obtenidos han sido los siguientes:

	Periodo de retorno (años)				
	10	25	50	100	500
Precipitación (mm)	63	78	90	102	133

Tabla 2: Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno

3.2.- TEMPERATURA

El régimen de temperaturas se caracteriza por un valor medio anual de 15,0 °C y la siguiente distribución de temperaturas medias mensuales:

	Meses											
Tª °C	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	6,5	8,5	11,1	13,1	17,2	21,4	24,5	24,4	20,7	15,6	10,1	7,0

Tabla 3: Régimen de temperaturas

Los meses más fríos son enero, con una media de seis grados centígrados y medio, y diciembre, con una temperatura media de siete grados centígrados. Los meses más cálidos resultan ser julio y agosto, con una temperatura del orden de veinticuatro grados centígrados y medio en ambos casos. Se comprueba una oscilación de dieciocho grados centígrados entre ambos extremos. La media de estas temperaturas es de 15,0 C.

A continuación se incluyen una serie de tablas en las que se recogen otra serie de datos que resultan de interés con valores de temperaturas máximas y mínimas (medias y absolutas).

	Meses											
Tª _{min} medias °C	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	2,5	3,6	5,4	7,5	11,2	14,9	17,6	17,9	14,7	10,3	5,8	3,4

Tabla 4: Régimen de temperaturas medias mínimas mensuales

¹ Programa elaborado por D. J. Lago Macías e I. Rapp Arrarás, del Departamento de Ciencias Agroforestales, Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Huelva.

	Meses											
T ^a _{min} °C	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	-10,4	-7,6	-5,8	-0,8	1,7	5,2	10,5	10,0	4,8	0,6	-5,6	-9,5

Tabla 5: Régimen de temperaturas mínimas mensuales

	Meses											
T ^a _{máx medias} °C	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	10,4	13,4	16,7	18,8	23,3	27,9	31,5	31,0	26,7	20,8	14,4	10,7

Tabla 6: Régimen de temperaturas medias máximas mensuales

	Meses											
T ^a °C	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	19,8	22,5	28,0	30,6	36,5	40,5	42,6	41,2	38,0	30,7	28,4	21,8

Tabla 7: Régimen de temperaturas máximas mensuales

3.3.- **VIENTO**

Existe un viento local predominante en la zona, el cierzo proveniente del noroeste que supone un condicionante importante para la estabilidad del arbolado y las condiciones de humedad en el emplazamiento, al actuar como fuerte agente desecante.

3.4.- **ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS**

Se incluyen a continuación una serie de factores bioclimáticos que ayudan a caracterizar la climatología del ámbito del proyecto.

3.4.1.- **Índice de pluviosidad de Lang**

Caracteriza una serie de regiones bioclimáticas en función de la pluviometría de la zona y la temperatura media del lugar, atendiendo a la expresión y clasificación siguientes.

I = Índice de pluviosidad de Lang

P = precipitación anual (mm)

T = temperatura media anual (°C)

$I = P/T$; $I = 319,6/15,0 = 21,3$

Índice de Lang	Tipo de Zona
0-20	Desértica
20-40	Árida
40-60	Húmeda de estepa y sabana
60-100	Húmeda de bosques claros
100-160	Húmeda de bosques densos
>160	Súper húmeda

Se trata entonces de una zona definida como árida.

3.4.2.- **Índice de pluviosidad de Martone**

Como en el caso anterior, la expresión que define este índice combina los factores temperatura y pluviometría, del modo que se señala a continuación.

$Im = P/(T+10)$

I = Índice de Martone

P = Precipitación anual (mm)

T = Temperatura media anual (°C)

$Im = (319,6)/(15,0+10) = 12,8$

Índice de Martone	Tipo de zona
$0 \leq Im < 5$	Desierto. Árido extremo
$5 \leq Im < 15$	Semidesierto. Árido
$15 \leq Im < 20$	Países secos mediterráneos. Semiárido
$20 \leq Im < 30$	Subhúmedos
$30 \leq Im < 60$	Húmedos
$Im \geq 60$	Perhúmedo

Atendiendo a esta clasificación, el clima del entorno del ámbito del Proyecto se incluye en la categoría de semidesértico – árido.

3.4.3.- Índice de Datín – Revenga

La expresión para este índice y su clasificación es la que sigue:

$I_{dr} = 100T/P$

I_{dr} = Índice de Datín –Revenga

P = Precipitación anual

T = Temperatura media anual

$I_{dr} = (100 \times 15,0) / 319,6 = 4,7$

Idr	Tipo de zona
0-2	Húmeda
2-3	Semiárida
3-6	Árida
>6	Subdesértica

El valor obtenido clasifica el ámbito del estudio como zona árida.

3.4.4.- Índice de termicidad de Rivas Martínez

Se utiliza para caracterizar una zona en una serie de pisos bioclimáticos, según:

$I_t = (T+m+M) \times 10$

m = temperatura media de las mínimas del mes mas frío (°C)

M = temperatura media de las máximas del mes mas frío (°C)

$I_t = (15,0 + 2,5 + 10,4) \times 10 = 279$

I_t	Tipo de piso
<-30	Criomediterráneo
-30/60	Oromediterráneo
60/210	Supramediterráneo
210/350	Mesomediterráneo
350/470	Termomediterráneo
>470	Inframediterráneo

El área de actuación queda ubicada, según este índice, en el piso Mesomediterráneo.

3.4.5.- Índice de Vernet (1966)

Este índice pretende diferenciar el régimen hídrico a que se ven sometidas las comunidades vegetales en las distintas comarcas europeas. La expresión es la siguiente:

$I = \pm 100 \times \frac{H-h}{PA} \times \frac{M_v}{P_v}$; donde

H : precipitación de la estación más lluviosa (mm)

h : precipitación de la estación más seca (mm)

PA : precipitación anual (mm)

P_v : precipitación estival - junio, julio y agosto – (mm)

M_v : media de las máximas estivales (mm)

El valor del índice se afecta del signo – cuando el verano es el primero o el segundo de los mínimos pluviométricos, y con el signo + en el caso contrario.

El valor del índice de Vernet para esta estación resulta ser igual a –4,71, con lo que el clima se clasifica de Mediterráneo.

3.4.6.- Climodiagrama de Walter-Lieth

En el año 1952, *H. Gaussen* propuso que un mes podía considerarse seco cuando la precipitación, expresada en mm, es inferior al doble de la temperatura expresada en °C. Basado en este criterio propugnó, para la definición del clima de una estación, la elaboración de un diagrama ombrotérmico en el que se representan en el eje de abscisas los tiempos medios medidos en meses y, en el de ordenadas, tanto las precipitaciones mensuales como las temperaturas medias, empleando para éstas una escala doble que para las primeras.

Posteriormente, *H. Walker* y *H. Lieth* se acogieron a este mismo criterio para estudiar el clima de una zona y propugnaron la construcción de un diagrama en el que además, se adjuntan una serie de datos complementarios (*GANDULLO, J.M., 1994*²).

La parte del área húmeda, en que las precipitaciones son superiores a 100 mm, se representa azulada. A partir de esta cifra, la escala de precipitaciones se reduce en la proporción 1/10.

² GANDULLO, GUTIERREZ, J.M., *Climatología y ciencia del suelo*, Ed. Fundación Conde Valle del Salazar, Madrid, 1994.

El climodiagrama que resulta para esta estación es el siguiente:

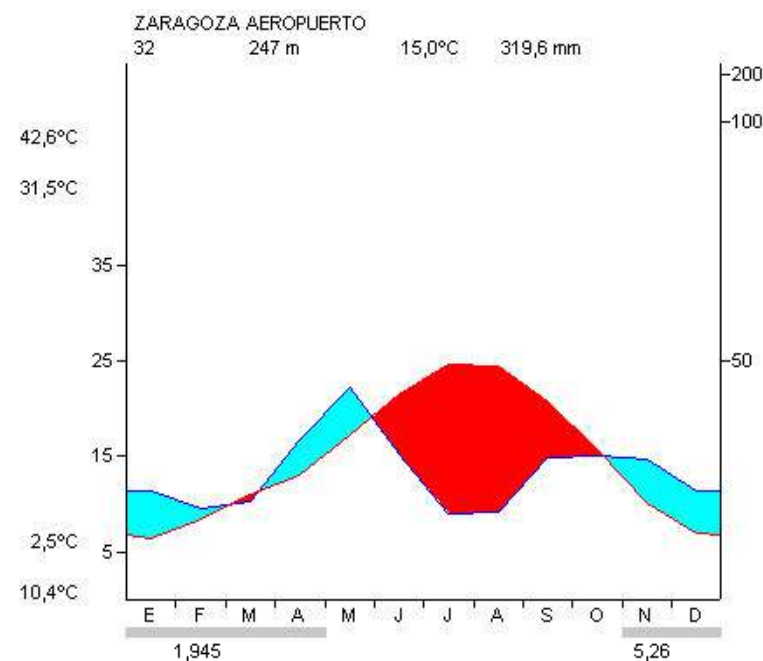


Figura 1: Climodiagrama Walter - Lieth

De este climodiagrama se pueden deducir los siguientes indicadores:

- Intervalo de sequía (parte inferior derecha de la figura): longitud expresada en meses, del intervalo del eje de abscisas en el que la línea de precipitaciones se sitúa por debajo de la de temperaturas. Para el caso que nos ocupa, el intervalo de sequía es de principios de junio hasta principios de noviembre, con un período de menor duración a mediados de marzo (5,26 meses).
- Intensidad de la sequedad (parte inferior izquierda de la figura): cociente que resulta de dividir el área seca entre el área húmeda. La intensidad de la sequedad es de 1,945.
- Intervalo de helada segura: número de meses en los que la media de las mínimas es inferior a 0°C. Resulta ser cero.
- Intervalo de helada probable (en gris): número de meses en los que la media de las mínimas es superior a 0°C, pero la mínima absoluta se mantiene inferior a 0°C. Como puede verse en la figura, la zona estudiada presenta 6 meses en los que es probable la aparición de heladas, durante el período comprendido de noviembre hasta abril, ambos incluidos.

3.4.7.- Balance hídrico de Thornthwaite

Conocidas las evapotranspiraciones potenciales mensuales, es posible comparar éstas con las precipitaciones mensuales a través de una ficha hídrica. Se trata de un método de clasificación del clima que tiene en cuenta, además de la precipitación y la temperatura, la evapotranspiración potencial (ETP) anual y estival.

A continuación se recogen dos figuras gráficas en la que se representa la ficha hídrica correspondiente a la estación meteorológica de ZARAGOZA AEROPUERTO. Se han considerado dos capacidades de campo de 100 y 200 mm respectivamente, sin que se aprecien diferencias significativas dado que existe un fuerte déficit de humedad de manera que nunca llegan a producirse superávit de agua en el terreno.

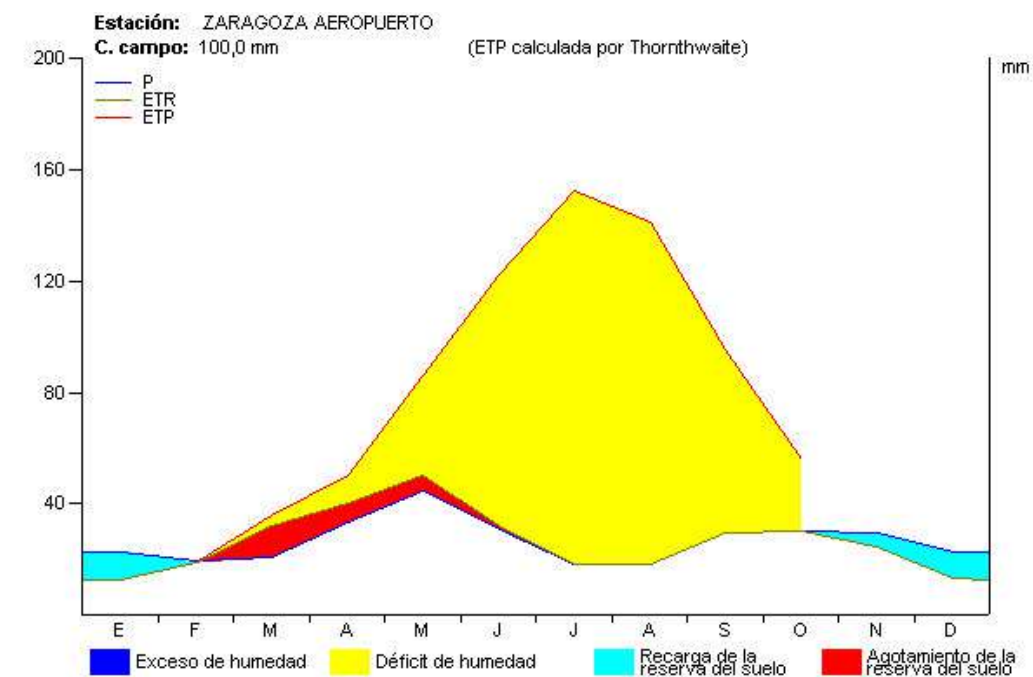


Figura 2: Ficha hídrica considerando una capacidad de campo de 100 mm

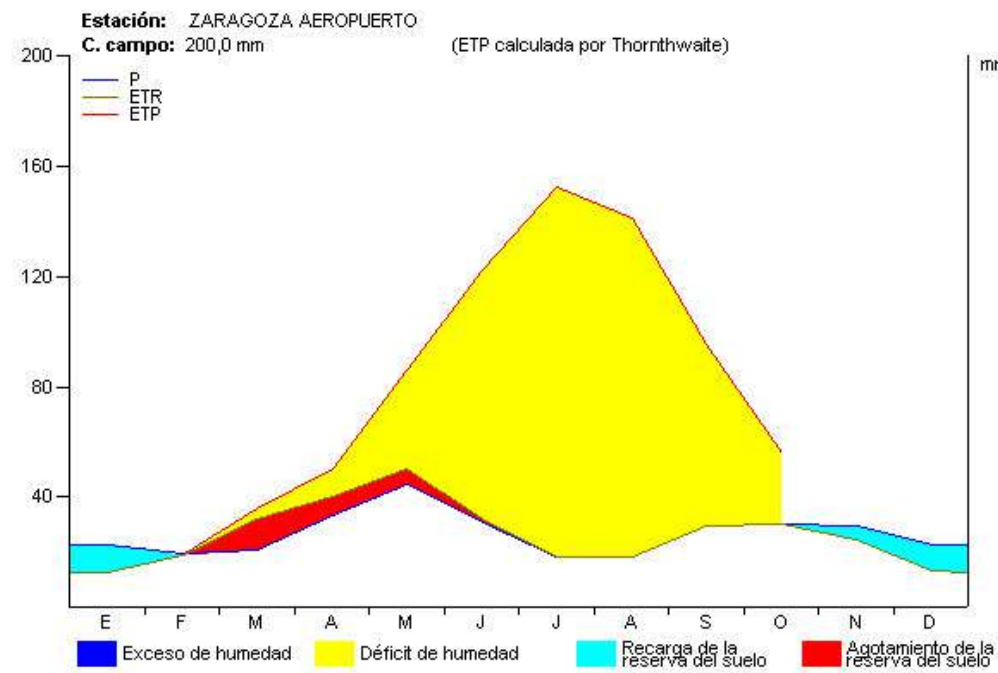


Figura 3: Ficha hídrica considerando una capacidad de campo de 200 mm

Como comparación de los resultados anteriores se presenta el siguiente balance hídrico que se recoge en las *Directrices Parciales de Ordenación Territorial del Río Huerva y Programa de Recuperación y Defensa de Riberas, en los Términos Municipales de Zaragoza, Cuarte de Huerva, Cadrete y María de Huerva.*

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
TEMPERATURA MEDIA (°C)	6,5	8,5	11,1	13,1	17,2	21,4	24,5	24,4	20,7	15,6	10,1	7,0	15,0
PRECIPITAC. MEDIA (mm)	22,9	19,2	20,6	33,5	44,4	30,6	18,2	18,4	29,6	30,1	29,3	22,8	319,6
EVAPOTR. POTENCIAL (mm)	11,0	17,0	36,0	54,0	87,0	121,0	146,0	132,0	93,0	53,0	25,0	13,0	788,0
VARIACION RESERVA SUELO (mm)	11,9	2,2	-15,4	-20,5	0	0	0	0	0	0	4,3	9,8	
RESERVA (mm)	26,0	28,2	12,8	0	0	0	0	0	0	0	4,3	14,1	
EVAPOTR. REAL (mm)	11,0	17,0	36,0	54,0	38,6	31,4	15,3	16,6	26,3	29,8	25,0	13,0	314,0
DEFICIT DE AGUA (mm)	0	0	0	20,5	42,6	90,4	127,8	113,6	63,4	22,9	0	0	481,2
EXCESO DE AGUA (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DESAGÜE (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 8: Balance hídrico según Directrices río Huerva

4.- HIDROLOGÍA

Este análisis se realiza tomando como punto de partida la información disponible en las *Directrices Parciales de Ordenación Territorial del Río Huerva y Programa de Recuperación y Defensa de Riberas, en los Términos Municipales de Zaragoza, Cuarte de Huerva, Cadrete y María de Huerva*. Señalar que éstas directrices no alcanzan hasta el ámbito del presente proyecto, abarcando aproximadamente hasta el entorno de la urbanización de la Fuente de la Junquera, aguas arriba de la zona de actuación. No obstante, puesto que la distancia es relativamente pequeña, se opta por incluir en este anejo parte la información que se incluye en esas directrices.

4.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA

El río Huerva se caracteriza por presentar una cuenca estrecha y alargada de 1.062 km² de extensión. Circula de sur a norte desde los montes de la Sierra de Cucalón, atravesando los municipios de Lagueruela, Ferreruela de Huerva, Villa Hermosa del Campo, Badules, Villareal de Huerva, Cerveruela, Vistabella, Tosos, Villanueva de Huerva, Mezalocha, Mozota, Botorrita, María de Huerva, Cadrete, Cuarte de Huerva y Zaragoza. Atraviesa por tanto el límite provincial de Zaragoza con Teruel.

La red hidrológica consiste en un curso principal que sigue un recorrido sur-norte como se ha indicado, de unos 104 Km, y que desemboca en el río Ebro por su margen derecha ya en la ciudad de Zaragoza, sin presentar afluentes de importancia.

En general se trata de una red con fuertes pendientes en su parte alta y suaves en la baja, lo que hace que en conjunto, el curso principal presente una pendiente media entre el 1 y el 2%. Los afluentes principales tienen pendientes del 6,5%.

El recurso hídrico generado en la cuenca en régimen no afectado según el PHE es 1,5 m³/s (46,8 Hm³/año). La demanda a servir en toda la cuenca es 24,8 Hm³/año que se destina a abastecimiento de 5.621 habitantes (0,5 Hm³/año), riego de 2.832 ha (23,72 Hm³/año) y 0,53 Hm³/año para demanda industrial.

Como se desprende de los datos anteriores, los principales usos de agua son de origen agrícola. Las principales infraestructuras de transporte son las acequias de Miralbueno, Cadrete, Alta de Botorrita ,etc. Existe además algún campo de pozos en el tramo medio y bajo del Huerva.

La cuenca está regulada por los embalses de Las Torcas y Mezalocha. El primero, construido en 1946 tiene un volumen total de 9 Hm³ y un volumen útil de 7 Hm³, una superficie de embalse de 77 ha y una capacidad de aliviadero de 240 m³/s. El segundo, construido en

1906, presenta un volumen total de 4 Hm³, superficie de embalse de 180 ha y capacidad de aliviadero de 400 m³/s.

Entre otros usos de agua destaca el caudal mínimo del embalse de Las Torcas, establecido en 50 l/s. No existen aprovechamientos hidroeléctricos. En las proximidades de Zaragoza el río sufre un importante aporte de agua por parte del Canal Imperial de Aragón.

4.1.1.- Estimación de caudales

Para la estimación de los caudales, se recoge a continuación la metodología seguida en las referidas *Directrices*, así como los datos manejados y los resultados obtenidos.

La estimación a partir de datos foronómicos toma como datos de partida los valores aportados por las estaciones de aforo del río Huerva en Cerveruela (E.A. nº 215), río Huerva en Las Torcas (E.A. nº 124), río Huerva en Mezalocha (E.A. nº 105) y río Huerva en Zaragoza (E.A. nº 216).

Aplicando un ajuste GUMBEL a los datos obtenidos de las estaciones de aforos, se obtienen valores de caudal asociados a diferentes períodos de retorno en la situación actual, es decir, con el efecto de laminación que suponen los embalses de la cuenca.

Los resultados obtenidos para la avenida de 100 años de período de retorno son los siguientes:

- Río Huerva en Cerveruela: 36,54 m³/s.
- Río Huerva en Las Torcas: 128,98 m³/s.
- Río Huerva en Mezalocha: 105,78 m³/s.
- Río Huerva en Zaragoza: 172,18 m³/s.

Para la avenida de 500 años de período de retorno, los resultados son los siguientes:

- Río Huerva en Cerveruela: 46,03 m³/s.
- Río Huerva en Las Torcas: 164,37 m³/s.
- Río Huerva en Mezalocha: 134,61 m³/s.
- Río Huerva en Zaragoza: 219,80 m³/s.

Asimismo se han estudiado las aportaciones considerando el cauce en régimen natural, es decir, sin el efecto que sobre las puntas de caudal tiene los embalses de la cuenca. Los resultados, según las citadas *Directrices*, son los siguientes:

Avenida de 100 años de período de retorno en régimen natural:

- Río Huerva en Cerveruela: 46,50 m³/s.
- Río Huerva en Las Torcas: 134,81 m³/s.
- Río Huerva en Mezalocha: 108,35 m³/s.
- Río Huerva en Zaragoza: 182,20 m³/s.

Avenida de 500 años de período de retorno:

- Río Huerva en Cerveruela: 56,00 m³/s.
- Río Huerva en Las Torcas: 166,54 m³/s.
- Río Huerva en Mezalocha: 135,14 m³/s.
- Río Huerva en Zaragoza: 219,80 m³/s.

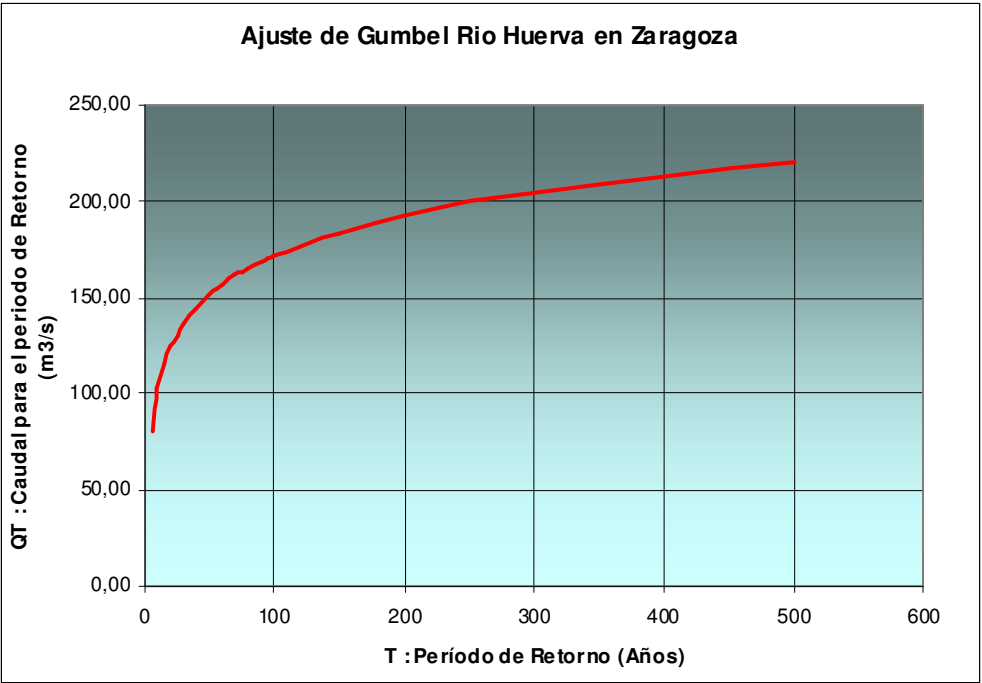


Figura 5: Ajuste estadístico de la estación de aforos del río Huerva

El río Huerva presenta su periodo de aguas altas entre enero y junio con dos máximos, uno invernal en enero y otro primaveral en abril o mayo. Este hidrograma se presenta desde la cabecera del río Huerva hasta aguas abajo del embalse de Mezalocha. El aporte de aguas del Canal Imperial en el tramo final del río supone una alteración del hidrograma mensual así como un caudal medio notablemente mayor que el que se esperaría en condiciones naturales.

La figura siguiente, obtenida del estudio titulado “*Los aprovechamientos en la cuenca del Ebro: afección en el Régimen hidrológico fluvial*” promovido por la oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Ebro, muestra los hidrogramas de las estaciones de aforo del río Huerva en Cerveruela y en Zaragoza.

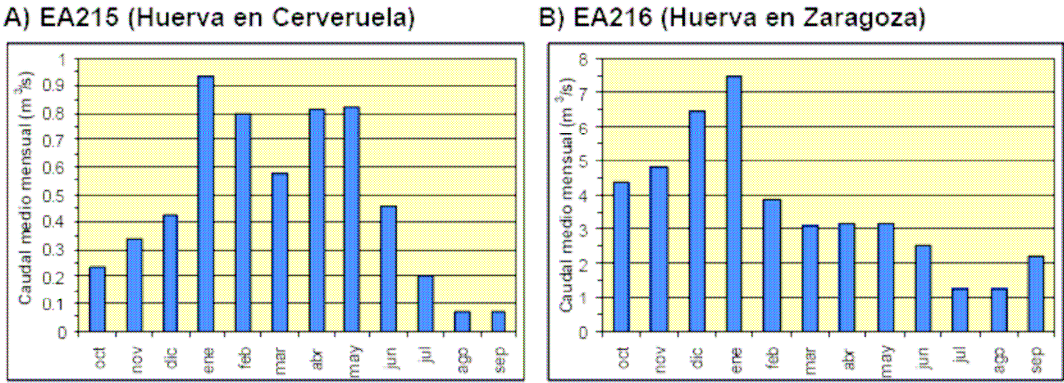


Figura 6: Variaciones mensuales del caudal medio del río Huerva

Como caudales de cálculo de proyecto se adoptarán los valores en régimen natural que se desprenden del tratamiento estadístico de la estación de aforos del río Huerva en Zaragoza, es decir, 182,20 m³/s para la avenida de 100 años de período de retorno y 219,80 m³/s para la avenida de 500 años de período de retorno.

Señalar que en los 9.485 registros totalizados por la estación de aforos nº 216 del río Huerva entre el 1 de octubre de 1976 y el 30 de septiembre de 2002, el caudal medio circulante por el río Huerva en este tramo ha sido de 3,3 m³/s y de 105 Hm³/año.

Estos caudales se considera que se encuentran del lado de la seguridad, puesto que esta estación de aforos recibe importantes aportes de caudal procedentes de las transferencias del Canal Imperial de Aragón.

Esta circunstancia, así como la fiabilidad y bondad de los datos procedentes de las estaciones de aforos del río Huerva ha sido objeto de análisis en el estudio ya citado “*Los aprovechamientos en la cuenca del Ebro: afección en el Régimen hidrológico fluvial*”.

Además desde la Confederación Hidrográfica del Ebro se recogen las alteraciones que sufren las diferentes estaciones de aforos distribuidas a lo largo de la cuenca. En concreto, para la estación nº 216 del río Huerva en Zaragoza, las alteraciones se califican de muy altas como consecuencia de los vertidos del Canal Imperial de Aragón y de retornos hidroeléctricos. Esta alteración se presenta tanto en valores diarios como en mensuales y se cuantifica por aplicación de la expresión siguiente:

$$R = \frac{Q_{medio}^{natural} - Q_{medio}^{real}}{Q_{medio}} > 0,4$$

Así se cita en el estudio que el régimen hidrológico diario del río Huerva se encuentra afectado desde el embalse de las Torcas hasta Zaragoza. La regulación de los embalses y las detracciones hacia acequias laterales modifican el hidrograma manteniendo caudales muy reducidos y constantes durante el año exceptuando los periodos de desembalse.

En la entrada del río en Zaragoza, el Canal Imperial de Aragón vierte aguas al río con el doble objetivo de eliminar sobrantes del Canal y sanear el cauce. El régimen hidrológico queda de nuevo alterado. El caudal medio en este tramo es mucho mayor que aguas arriba y la modulación mensual es función de la propia explotación del Canal.

Como resumen a los comentarios anteriores se muestra el hidrograma diario del año hidrológico 1995/1996 en las estaciones de aforos del cauce del río Huerva: a) estación 215 (Huerva en Cerveruela); b) estación 124 (Huerva en Las Torcas) afectada por el embalse de las Torcas; c) estación 105 (Huerva en Mezalocha) afectada por el embalse de Mezalocha; y estación 216 (Huerva en Zaragoza) afectada por el vertido del Canal Imperial de Aragón. Estos hidrogramas provienen también del estudio de afección en el régimen.

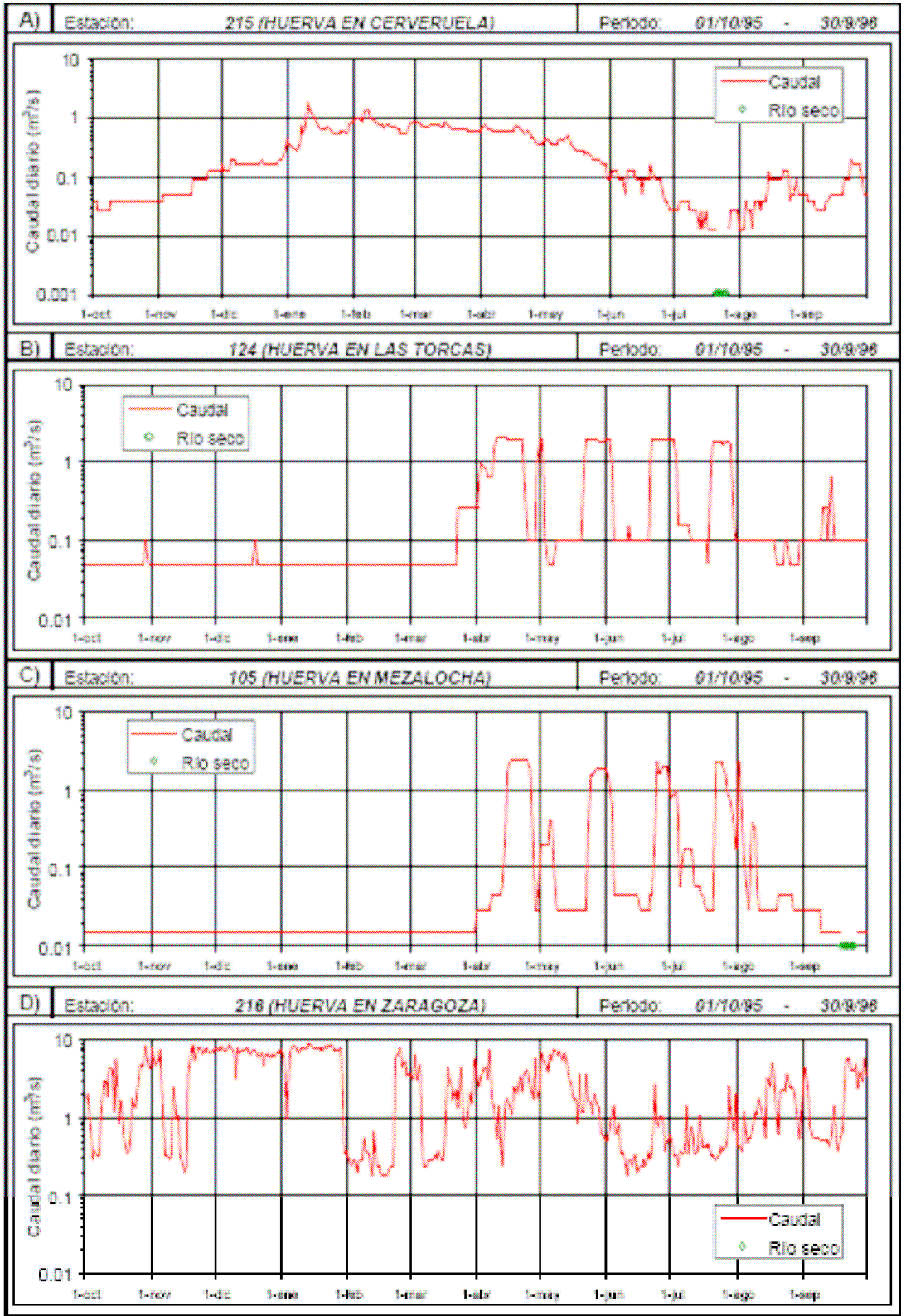


Figura 7: Hidrogramas unitarios en el río Huerva

ESTACION DE AFOROS Nº 216 RÍO HUERVA EN ZARAGOZA													
CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN M³/Seg													
SUPERFICIE DE LA CUENCA : 1.017 Km²													
AÑO	OCTBRE	NOVRE	DICBRE	ENERO	FEBRO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTBRE	* medio anual Qci
1985-86	2.476	4.917	7.823	10.649	7.413	5.196	3.565	2.420	2.572	0.660	0.770	1.243	+
1986-87	4.161	4.031	1.167	3.146	6.363	2.531	1.895	0.984	0.770	0.825	0.656	1.329	+
1987-88	2.731	4.496	3.182	6.048	3.720	2.470	15.587	9.293	7.738	3.352	1.042	2.353	+
1988-89	5.981	4.047	7.991	9.913	2.340	1.617	3.730	2.074	2.123	1.012	1.409	3.647	+
1989-90	2.952	4.371	11.336	10.111	1.006	1.417	1.861	2.349	2.260	1.042	0.798	2.150	+
1990-91	3.483	1.994	5.097	5.010	4.303	5.741	7.496	3.123	2.072	1.946	1.270	4.870	+
1991-92	4.176	2.064	5.192	5.427	3.169	5.397	2.032	2.389	4.517	2.224	2.350	3.428	+
1992-93	6.407	1.308	9.464	6.436	0.589	3.284	2.550	5.059	1.180	1.086	1.807	3.527	+
1993-94	4.190	6.289	6.382	2.476	0.326	1.690	1.616	2.257	0.995	0.604	1.022	2.419	+
1994-95	4.891	8.652	8.319	7.418	3.456	3.373	3.291	3.268	0.542	0.622	0.924	1.103	+
1995-96	2.327	4.267	6.797	6.690	1.537	1.887	2.584	3.508	0.594	0.620	1.609	2.137	+
1996-97	3.534	0.566	5.302	9.453	3.684	3.946	3.427	3.742	4.270	2.499	2.703	2.257	+
1997-98	2.866	1.875	7.352	6.119	1.098	3.331	3.986	3.673	1.254	1.122	1.541	3.288	+
1998-99	4.994	1.889	5.435	5.756	1.815	4.787	2.635	3.957	1.809	1.613	1.614	3.981	+
1999-00	5.347	3.922	5.937	3.355	0.984	1.429	1.930	1.54	0.986	0.642	0.709	0.848	+
2000-01	2.236	0.975	3.094	3.466	1.869	1.687	1.096	1.678	0.612	0.816	0.778	2.010	+
2001-02	3.755	4.205	3.448	3.038	1.383	2.349	1.533	1.507	1.022	0.289	0.459	2.099	+
2002-03	2.456	0.514	2.675	2.896	1.773	2.391	3.611	8.645	1.295	0.578	0.884	3.564	+
2003-04	3.842	1.367	2.877	3.280	1.561	4.120	6.715	10.246	1.902	0.822	1.282	0.867	+
2004-05													+

Figura 8: Caudales medios anuales y caudal máximo instantáneo Qci de la estación de aforos nº 216

En relación con el caudal que marca el dominio público hidráulico en el tramo del río Huerva que nos ocupa, en primer lugar se remite a la definición que del mismo se recoge en la vigente legislación de Aguas.

Atendiendo al *Texto Refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 2 de julio*, en su artículo 2, constituyen el dominio público hidráulico:

- a) Las aguas continentales, tanto las superficiales como las subterráneas renovables con independencia del tiempo de renovación.
- b) Los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas.
- c) Los lechos de los lagos y lagunas y los de los embalses superficiales en cauces públicos.
- d) Los acuíferos subterráneos, a los efectos de los actos de disposición o de afección de los recursos hidráulicos.
- e) Las aguas procedentes de la desalación de agua de mar que, fuera de la planta de producción, se incorporen a cualquiera de los elementos señalados en los apartados anteriores.

Considerando que nos encontramos en el segundo de los casos, ...cauces de corrientes naturales..., el artículo 4 del citado Texto Refundido, define éste en los términos siguientes:

Álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias.

El artículo anterior se complementa con el artículo 4.2. del *Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril*, en el sentido siguiente:

Se considerará como caudal de la máxima crecida ordinaria la medida de los máximos caudales anuales, en su régimen natural, producidos durante diez años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente.

Para la obtención de este caudal, teniendo en cuenta las afecciones comentadas que presenta la estación de aforos nº 216 del río Huerva en Zaragoza, así como la necesidad de restituir los caudales a su régimen natural, es decir, sin el efecto de laminación que suponen los embalses de la cuenca, se ha optado por contactar directamente con el Área de Hidrología y Cauces de la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro, quien determina el valor de 30 m³/s, como caudal asociado al dominio público hidráulico del río Huerva a su paso por Zaragoza.

4.2.- SIMULACIÓN HIDRÁULICA. METODOLOGÍA

Se realiza la simulación hidráulica del río Huerva en el ámbito de la actuación, comparando la situación actual con la prevista tras las actuaciones con el doble objetivo de analizar posibles nuevas afecciones a terceros consecuencia de las obras en cauce y márgenes que se proponen, así como determinar las cotas de avenida y su relación con las cotas de los viarios planteados.

Para la simulación del funcionamiento hidráulico del río Huerva con el empleo del modelo matemático HEC-RAS³.

El modelo HEC-RAS permite el cálculo de perfiles de lámina de agua con movimiento estacionario unidimensional, es decir, con régimen hidráulico permanente (estacionario) gradualmente variado.

Este modelo matemático fue desarrollado en 1995 por el Hydrologic Engineering Center (HEC), organismo dependiente del US Army Corps of Engineering de los Estados Unidos de Norteamérica y en la actualidad está sustituyendo al HEC-2, hasta ahora el modelo más ampliamente utilizado para calcular perfiles de lámina de agua en régimen estacionario, tanto en cauces naturales como artificiales.

Las principales características del modelo son:

- Calcula perfiles en lámina libre en flujo gradualmente variado: no hay cambios bruscos ni fuertes curvaturas de manera que puede suponerse una distribución hidrostática de la presión en la sección transversal.
- Realiza un análisis unidimensional del flujo.
- Considera la variabilidad de la velocidad a lo largo de una sección transversal, obteniendo la distribución de velocidades.
- Analiza el flujo para todo tipo de regímenes: régimen lento, régimen rápido y régimen mixto.
- Trata flujo dividido y uniones.
- Analiza estructuras inmersas en el cauce de un río como obstrucciones y puentes.

4.2.1.- Bases teóricas del modelo

Los cálculos realizados por el programa están basados en la solución de la ecuación de conservación de la energía, expresada en términos unidimensionales, con la pérdida de carga

valorada según la ecuación de Manning. Cuando esta ecuación no se puede aplicar, por encontrarnos ante un movimiento rápidamente variado, el programa utiliza la ecuación de variación de la cantidad de movimiento.

A continuación se detalla la ecuación unidimensional de conservación de la energía entre dos secciones (1 y 2), incluyendo de forma explícita las pérdidas de carga:

$$y_2 + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2g} = y_1 + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2g} + \Delta H_{1,2}$$

Donde (y) representa el calado, (v) la velocidad media, (α) es el coeficiente de velocidad de Coriolis, y en el término de pérdida de carga (ΔH) se incluye tanto la pendiente motriz (pérdidas continuas) como las pérdidas locales.

La pendiente motriz se evalúa a partir de la expresión de Manning:

$$\Delta H = I \cdot L = \frac{n^2 \cdot Q^2}{A^2 \cdot R_h^{4/3}} \cdot L = \frac{Q^2}{K^2} \cdot L$$

Donde (n) es el coeficiente de Manning, representativo de la fricción, y (R_h) es el radio hidráulico de la sección, relación entre el área de flujo y el perímetro mojado. Los parámetros que caracterizan la sección se agrupan en el parámetro (K). La longitud del tramo 1-2 es (L), que en canales de recorrido sinuoso, se calcula como un promedio de las longitudes, según la margen izquierda, derecha y el eje, ponderando según el caudal que circula por cada una de las zonas:

$$L = \frac{Q_1 \cdot L_1 + Q_R \cdot L_R + Q_D \cdot L_D}{Q}$$

El programa hace un tratamiento de la sección en que se considera por separado el flujo en las llanuras de inundación izquierda y derecha del flujo en el cauce principal. Esto hace que todos los parámetros se calculen como un promedio entre las tres subsecciones.

Se consideran las pérdidas de carga por fricción (ecuación de Manning) y por contracción-expansión (coeficiente de pérdidas multiplicado por la variación de la carga de la energía cinética).

³ HEC-RAS River Analysis System, versión 3.1.3, desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers del Hydrologic Engineering Center.

La pérdida de energía entre las secciones consideradas tiene dos componentes: las pérdidas por fricción con el cauce (pérdidas de carga continuas) y las pérdidas de variación de la geometría de la sección (variación que implica contracción o expansión del flujo).

La ecuación de conservación de la energía parte de las siguientes hipótesis:

- Movimiento estacionario unidimensional:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0; v = v_x \text{ siendo } v_y = v_z = 0$$

- Líquido incompresible.
- No hay aportaciones ni pérdidas laterales.
- Movimiento lentamente variado:

$$\frac{\partial v}{\partial x} \neq 0$$

- Pendiente del lecho pequeña ($\leq 10\%$).

No obstante, aún contando con que la velocidad es unidimensional, la distribución de v_x en la sección, es compleja y presenta variaciones significativas, cambiando con la profundidad y la distancia al contorno que define el cauce. Esto conduce a que a la hora de estimar la energía cinética transferida a través de una sección, se hace necesario englobar el efecto que tiene la variación de velocidad, en un coeficiente; el coeficiente de Coriolis (α).

El programa permite observar los efectos de puentes, alcantarillas, azudes y diversas estructuras en la llanura de inundación. También permite estudiar los cambios en el perfil de la lámina de agua inducidos por motas y mejoras en el canal.

En nuestro caso, se utiliza la ecuación de conservación de la energía para calcular el nivel del agua en una sección a partir de un nivel conocido de otra.

La exactitud de los resultados obtenidos por el modelo está condicionada por la proximidad de las hipótesis establecidas con la realidad del fenómeno físico y por la caracterización geométrica del cauce entre otras.

Para realizar estimaciones fiables del número de Manning es necesario analizar fotografías aéreas y reconocimientos de campo junto con las tablas estimativas existentes, incluidas en "Hydraulic Referenc Manual" de HEC-RAS.

4.2.2.- Datos requeridos por el modelo

Los datos requeridos por el modelo se refieren a las características geométricas e hidráulicas del tramo del río sometido a estudio. Estos datos incluyen:

Tipo de régimen: El efecto de la gravedad sobre el movimiento se recoge mediante un número adimensional, el número de Froude (F), definido como la relación entre las fuerzas inerciales y las gravitatorias:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gD}}; \text{ siendo } D \text{ el calado hidráulico}$$

De partida, se debe indicar el tipo de régimen. Esto impondrá el sentido del cálculo (hacia aguas arriba en el caso de que el flujo sea lento o hacia aguas abajo en caso contrario). Hay que tener en cuenta que el programa necesita un cierto número de secciones transversales para ajustar la simulación. Si el régimen es lento, la simulación empezará aguas abajo, por lo que los resultados de las primeras secciones estarán distorsionados.

Calado inicial: La condición de contorno debe ser indicada al modelo. Se puede optar entre el calado crítico, un calado conocido o indicar que se obtenga una curva de gasto para la sección, que deberá suministrarse. Hay condiciones que el programa asume de modo interno, como por ejemplo las que se desprenden de confluencias.

Caudal: El programa admite la variación de caudal en cada sección de cálculo, bien indicando un caudal para cada sección, bien indicando factores por los que se debe multiplicar el caudal inicial. Es posible también indicar una relación de caudales y ejecutar el modelo para cada uno de ellos.

Coeficiente de fricción: El método habitual de evaluar el coeficiente de fricción es el de Manning. En general, se impondrá un coeficiente para cada una de las llanuras de inundación y uno para el cauce principal, aunque se puede cambiar punto a punto en cada sección, dentro de unos límites.

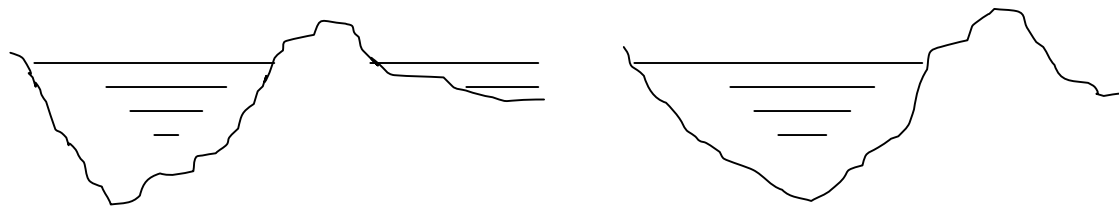
Coeficientes de contracción – expansión. La pérdida de energía en una contracción es inferior a la que se presenta en una expansión del mismo valor. Como orden de magnitud, una contracción tiene coeficientes de 0,1 a 0,6, y una expansión de 0,3 a 1. El programa propone parámetros por defecto que pueden ser variados.

Geometría de las secciones. Se define por puntos desde la margen izquierda hacia la margen derecha (vistas desde aguas arriba, de izquierda a derecha). La distancia entre las secciones dependerá de la irregularidad del cauce. Las secciones se tomarán perpendicularmente al flujo de la corriente del cauce y de la llanura de inundación.

4.2.3.- Opciones de cálculo

El modelo calcula por defecto sobre una sección, con un caudal y una condición de contorno, pero existe la opción de cálculo multiperfil, en que, dada una geometría, se calculan hasta quince (valor por defecto) perfiles distintos variando las caudales, rugosidades o condiciones de contorno. Esta opción tiene gran utilidad para detectar la sensibilidad de los parámetros (sobretudo la condición de contorno y la fricción).

Las secciones no tienen necesariamente que tener una forma determinada, se admiten secciones con varios puntos bajos. En general se considera como área útil la que está por debajo de una cierta cota, independientemente de que pertenezca al cauce natural o a la llanura de inundación. Se puede imponer, no obstante, que no se ocupen las llanuras de inundación hasta que no rebose el cauce natural, mediante la definición de motas (levees).



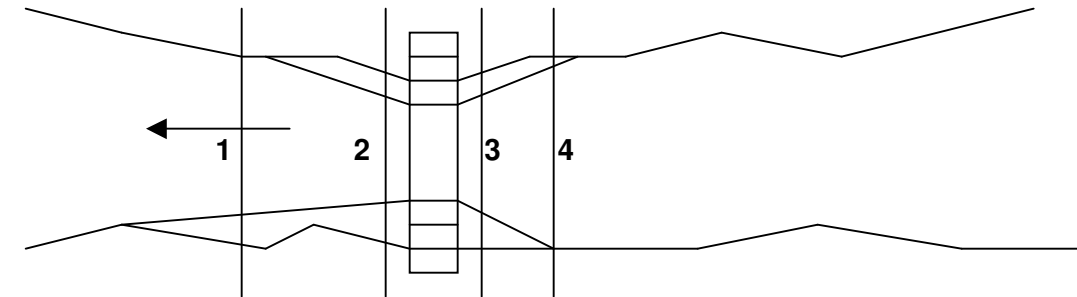
El programa HEC-RAS está pensado para la hidráulica fluvial y contempla tres bloques de acciones singulares sobre ríos: encauzamientos, puentes y obras de drenaje transversal (culverts).

4.2.4.- Puentes

El programa resuelve para cada sección y caudal, el área neta de flujo. El manual propone disponer cuatro secciones en las cercanías de cada puente, con la siguiente disposición:

- La primera se toma aguas abajo del puente en una zona no afectada por éste.
- La segunda inmediatamente después del puente.

- La tercera inmediatamente antes del puente.
- La cuarta en una zona aguas arriba no afectada por el puente.



La forma del puente y las alturas superior e inferior del tablero se definen aparte.

4.2.5.- Limitaciones del programa

El modelo HEC-RAS presenta las siguientes limitaciones:

- Flujo unidimensional: sólo calcula el flujo en una dirección. En un río se pueden dar dos o más direcciones de flujo con mucha facilidad, sobretudo cuando se produce un desbordamiento.
- Cálculo únicamente en régimen estacionario variado.
- Supone que el río tiene contornos fijos, cuando lógicamente, en cualquier cauce, se produce transporte de sedimentos.

4.3.- APLICACIÓN DEL MODELO AL TRAMO DE ESTUDIO

4.3.1.- Introducción

Para aplicar el modelo matemático al tramo de estudio es necesario partir de los siguientes datos:

1.- Datos geométricos

- Topografía del terreno.
- Definición de puntos singulares en perfiles transversales.
- Geometría de estructuras existentes.
- Coeficientes estimados: de rugosidad o de Manning, de contracción, de expansión, etc.

2.- Datos de flujo

- Caudales.
- Condición inicial de contorno.
- Tipo de régimen.

4.3.2.- Datos geométricos

La base cartográfica utilizada para la redacción de presente proyecto y del anejo que nos ocupa ha sido facilitada por el Servicio de Proyectos del Área de Grandes Proyectos e Infraestructuras del Ayuntamiento de Zaragoza.

Además la citada unidad facilitó en formato digital los servicios municipales existentes. Esta cartografía, junto con una serie de fotografías aéreas se han utilizado tanto en los trabajos de campo como en el desarrollo del proyecto.

La citada Dirección Técnica ha suministrado en papel y en formato digital un levantamiento topográfico llevado a cabo en diciembre de 2003. Dicha topografía se ha realizado a escala 1:500 con curvas de nivel de equidistancia 1 m. Los perfiles transversales han sido elaborados a escala 1:250.

Estos perfiles han servido de base para la introducción de los datos geométricos en el programa HEC-RAS, previo tratamiento de los mismos sobre AUTOCAD, de manera que se generan listados en formato texto que pueden ser importados por el software hidráulico. Para el estado futuro, se ha trasladado sobre la plataforma AUTOCAD la nueva configuración

geométrica del cauce y márgenes del río Huerva, resultados que son importados por HEC-RAS previo tratamiento informático de los mismos.

En los planos que se incluyen en el presente anejo se muestra la ubicación de los perfiles transversales así como las características geométricas de los mismos. También pueden localizarse en los **Planos: 07 Perfiles longitudinales** y en los **Planos 08: Perfiles transversales**.

4.3.3.- Coeficientes

Es necesario, además, estimar el coeficiente de rugosidad o número de Manning. Los valores en función de el terreno por donde circula el agua,

- En la margen con vegetación: 0,05.
- En la margen con muro: 0,017.
- En el cauce o *Channel*: 0,045.

En lo que se refiere a los coeficientes de contracción y expansión, son asignados por defecto por el programa HEC-RAS, aplicando los valores de 0,1 y 0,3 respectivamente.

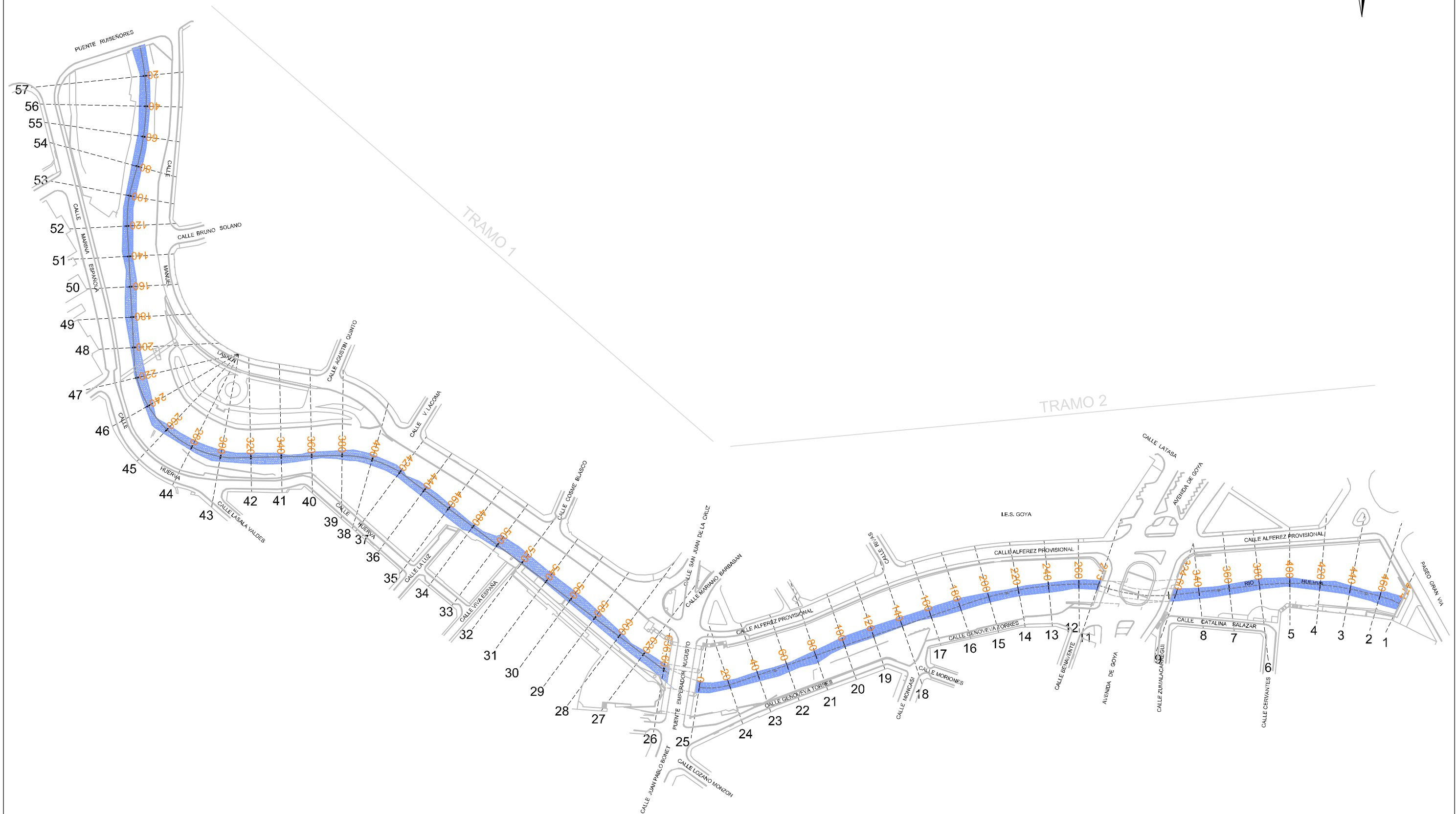
4.3.4.- Caudales de cálculo

Como se ha comentado en los puntos anteriores, los caudales de proyecto se han obtenido de las *Directrices Parciales de Ordenación Territorial del Río Huerva y Programa de Recuperación y Defensa de Riberas, en los Términos Municipales de Zaragoza, Cuarte de Huerva, Cadrete y María de Huerva*. Así resulta un caudal para la avenida de 100 años de período de retorno de **182,20 m³/s** y de **219,80 m³/s** para la avenida de 500 años de período de retorno.

Para la obtención de la avenida ordinaria T = 2,3 años se ha tenido en cuenta los datos de caudal de la estación de aforos nº 216 del río Huerva en Zaragoza, proporcionados por el Área de Hidrología y Cauces de la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

Mediante ajuste GUMBEL y sin contar con el efecto de laminación que suponen los embalses de la cuenca, se determina por parte de dicha Área de Confederación el valor de **30 m³/s**, como caudal asociado al dominio público hidráulico del río Huerva a su paso por Zaragoza.

4.3.5.- Croquis de situación de los perfiles transversales



4.4.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Se incluyen a continuación los resultados de la simulación, teniendo en cuenta las hipótesis de partida que se recogen en los puntos anteriores.

4.4.1.- Salida de datos de la simulación

Perfil	Período retorno T (años)	Caudal total Q (m³/s)	Cota cauce (m)	Cota lámina (m)	Anchura lámina (m)	Área de calado (m²)	Velocidad (m/s)				Pendiente (m/m)
							Izda	Central	Dcha	Media	
57	T 500	219.80	206.77	212.36	21.07	71.11	2.74	3.32	1.41	3.09	0.003835
57	T 100	182.20	206.77	211.92	19.51	62.25	2.26	3.11	1.24	2.93	0.003815
57	T 2,3	30.00	206.77	208.90	11.31	18.10		1.66		1.66	0.003632
56	T 500	219.80	206.22	212.23	30.65	73.67	3.80	3.52	1.54	2.98	0.004669
56	T 100	182.20	206.22	211.67	25.85	57.76	3.68	3.61	1.41	3.15	0.005774
56	T 2,3	30.00	206.22	208.75	9.05	15.24	1.75	1.97		1.97	0.005611
55	T 500	219.80	206.45	212.25	34.06	84.61	2.72	3.06	1.17	2.60	0.003225
55	T 100	182.20	206.45	211.70	28.79	67.12	2.54	3.05	1.04	2.71	0.003820
55	T 2,3	30.00	206.45	208.65	10.47	15.91		1.89		1.89	0.005204
54	T 500	219.80	206.68	212.28	44.51	103.01	1.89	2.73	1.15	2.13	0.002433
54	T 100	182.20	206.68	211.70	37.22	79.23	1.79	2.80	1.09	2.30	0.003050
54	T 2,3	30.00	206.68	208.52	9.97	15.21		1.97		1.97	0.005729
53	T 500	219.80	206.54	212.31	43.00	122.06	0.72	2.29	1.27	1.80	0.001705
53	T 100	182.20	206.54	211.72	42.13	97.04	0.68	2.39	1.16	1.88	0.002204
53	T 2,3	30.00	206.54	208.41	9.85	15.23		1.97		1.97	0.005620

Perfil	Período retorno T (años)	Caudal total Q (m³/s)	Cota cauce (m)	Cota lámina (m)	Anchura lámina (m)	Área de calado (m²)	Velocidad (m/s)				Pendiente (m/m)
							Izda	Central	Dcha	Media	
52	T 500	219.80	206.20	211.90	19.50	71.61	1.12	3.31	1.16	3.07	0.003411
52	T 100	182.20	206.20	211.40	18.21	62.15	0.98	3.10	1.01	2.93	0.003472
52	T 2,3	30.00	206.20	208.37	10.90	18.29		1.64		1.64	0.003314
51	T 500	219.80	206.12	211.87	20.53	76.56	1.38	3.22	1.03	2.87	0.002790
51	T 100	182.20	206.12	211.37	19.15	66.53	1.26	3.01	0.92	2.74	0.002813
51	T 2,3	30.00	206.12	208.31	11.89	19.12	0.16	1.57		1.57	0.002995
50	T 500	219.80	206.17	211.87	22.97	82.44	1.24	3.01	1.18	2.67	0.002458
50	T 100	182.20	206.17	211.35	21.37	71.02	1.12	2.84	1.09	2.57	0.002530
50	T 2,3	30.00	206.17	208.24	12.48	18.38		1.63		1.63	0.003643
49	T 500	219.80	206.07	211.82	23.18	82.14	1.10	2.96	1.17	2.68	0.002557
49	T 100	182.20	206.07	211.30	21.49	70.54	0.98	2.80	1.06	2.58	0.002656
49	T 2,3	30.00	206.07	208.17	11.94	18.61		1.61		1.61	0.003368
48	T 500	219.80	205.96	210.72	13.50	43.20	0.72	5.10	0.38	5.09	0.015564
48	T 100	182.20	205.96	210.35	12.68	38.30		4.76	0.12	4.76	0.015745
48	T 2,3	30.00	205.96	207.92	8.36	12.98		2.31		2.31	0.008005
47	T 500	219.80	206.05	211.00	19.62	63.34	1.51	3.80	0.97	3.47	0.004969
47	T 100	182.20	206.05	210.54	18.32	54.76	1.33	3.58	0.88	3.33	0.005090
47	T 2,3	30.00	206.05	207.83	11.51	15.38		1.95		1.95	0.006051

Proyectos de acondicionamiento del río Huerva, entre el Puente Ruiseñores y cruce con Paseo de Gran Vía

Perfil	Período retorno T (años)	Caudal total Q (m³/s)	Cota cauce (m)	Cota lámina (m)	Anchura lámina (m)	Área de calado (m²)	Velocidad (m/s)				Pendiente (m/m)
							Izda	Central	Dcha	Media	
46	T 500	219.80	205.73	211.00	25.65	72.42	1.41	3.52	1.58	3.03	0.004212
46	T 100	182.20	205.73	210.50	23.34	60.39	1.28	3.40	1.44	3.02	0.004627
46	T 2,3	30.00	205.73	207.67	10.05	14.24		2.11		2.11	0.006658
45	T 500	219.80	205.42	211.07	25.83	86.79	1.18	2.82	1.07	2.53	0.002427
45	T 100	182.20	205.42	210.58	23.96	74.67	1.08	2.67	0.96	2.44	0.002513
45	T 2,3	30.00	205.42	207.65	13.36	19.30		1.55		1.55	0.003454
44	T 500	219.80	205.49	210.84	19.42	70.99	1.37	3.31	0.27	3.10	0.003459
44	T 100	182.20	205.49	210.38	18.52	62.39	1.24	3.08	0.24	2.92	0.003468
44	T 2,3	30.00	205.49	207.54	11.75	17.20		1.74		1.74	0.004260
43	T 500	219.80	205.64	210.68	19.68	66.40	1.31	3.51	0.43	3.31	0.004311
43	T 100	182.20	205.64	210.23	18.02	57.95	1.14	3.28	0.36	3.14	0.004361
43	T 2,3	30.00	205.64	207.43	11.25	16.28		1.84		1.84	0.004929
42	T 500	219.80	205.57	210.66	20.54	72.20	1.23	3.25	0.82	3.04	0.003476
42	T 100	182.20	205.57	210.20	19.44	63.07	1.09	3.05	0.78	2.89	0.003537
42	T 2,3	30.00	205.57	207.31	12.14	15.98		1.88		1.88	0.005544
41	T 500	219.80	205.37	210.61	22.35	73.33	1.00	3.20	1.19	3.00	0.003559
41	T 100	182.20	205.37	210.14	20.80	63.23	0.83	3.02	1.07	2.88	0.003713
41	T 2,3	30.00	205.37	207.20	11.78	15.97		1.88		1.88	0.005434

Perfil	Período retorno T (años)	Caudal total Q (m³/s)	Cota cauce (m)	Cota lámina (m)	Anchura lámina (m)	Área de calado (m²)	Velocidad (m/s)				Pendiente (m/m)
							Izda	Central	Dcha	Media	
40	T 500	219.80	204.81	210.41	26.17	68.30	0.80	3.51	1.12	3.22	0.004372
40	T 100	182.20	204.81	209.96	19.25	58.27	0.96	3.29	1.10	3.13	0.004447
40	T 2,3	30.00	204.81	207.11	10.35	16.34		1.84		1.84	0.004470
39	T 500	219.80	204.92	210.63	58.88	127.69	0.81	2.39	1.02	1.72	0.001646
39	T 100	182.20	204.92	210.15	40.16	103.96	0.89	2.21	1.17	1.75	0.001618
39	T 2,3	30.00	204.92	207.05	11.31	17.57		1.71		1.71	0.003834
38	T 500	219.80	204.84	210.55	59.83	120.22	1.05	2.50	0.79	1.83	0.001658
38	T 100	182.20	204.84	210.03	45.06	92.18	0.96	2.49	0.77	1.98	0.001911
38	T 2,3	30.00	204.84	207.01	13.89	20.63		1.45		1.45	0.002795
37	T 500	219.80	204.65	210.55	58.19	130.45	1.10	2.46	1.04	1.68	0.001644
37	T 100	182.20	204.65	210.02	45.12	102.30	1.03	2.43	1.10	1.78	0.001860
37	T 2,3	30.00	204.65	206.85	10.96	15.90		1.89		1.89	0.005083
36	T 500	219.80	204.56	210.56	61.44	150.51	0.94	2.14	0.91	1.46	0.001096
36	T 100	182.20	204.56	210.03	51.60	119.15	0.89	2.11	0.94	1.53	0.001223
36	T 2,3	30.00	204.56	206.84	13.24	20.86	0.25	1.44	0.18	1.44	0.002358
35	T 500	219.80	204.42	210.48	65.02	137.17	1.29	2.45	0.84	1.60	0.001427
35	T 100	182.20	204.42	209.92	51.67	102.86	1.31	2.52	0.81	1.77	0.001732
35	T 2,3	30.00	204.42	206.79	15.36	21.67	0.43	1.47	0.36	1.38	0.002124

Proyectos de acondicionamiento del río Huerva, entre el Puente Ruiseñores y cruce con Paseo de Gran Vía

Perfil	Período retorno T (años)	Caudal total Q (m³/s)	Cota cauce (m)	Cota lámina (m)	Anchura lámina (m)	Área de calado (m²)	Velocidad (m/s)				Pendiente (m/m)
							Izda	Central	Dcha	Media	
34	T 500	219.80	204.61	210.41	62.24	124.92	1.29	2.55	0.78	1.76	0.001575
34	T 100	182.20	204.61	209.85	44.33	94.12	1.27	2.57	0.78	1.94	0.001845
34	T 2,3	30.00	204.61	206.73	13.04	19.53	0.19	1.54	0.26	1.54	0.002804
33	T 500	219.80	204.57	210.36	62.48	133.21	3.30	1.93	0.70	1.65	0.001007
33	T 100	182.20	204.57	209.81	46.77	103.19	3.28	1.91	0.70	1.77	0.001137
33	T 2,3	30.00	204.57	206.66	13.36	18.78	0.79	1.61	0.13	1.60	0.003196
32	T 500	219.80	204.74	210.00	53.99	81.99	1.67	3.59	0.85	2.68	0.004349
32	T 100	182.20	204.74	209.29	24.38	51.06	1.78	3.85	0.30	3.57	0.006175
32	T 2,3	30.00	204.74	206.45	10.18	14.04		2.14		2.14	0.007589
31	T 500	219.80	204.50	209.96	44.43	80.50	1.17	3.29	0.78	2.73	0.003738
31	T 100	182.20	204.50	209.29	18.31	56.66	0.97	3.37	1.02	3.22	0.004876
31	T 2,3	30.00	204.50	206.34	10.37	15.18		1.98		1.98	0.005883
30	T 500	219.80	204.70	209.78	40.87	71.81	1.27	3.52	0.67	3.06	0.004521
30	T 100	182.20	204.70	209.11	17.99	53.24	1.02	3.56	0.95	3.42	0.005767
30	T 2,3	30.00	204.70	206.08	10.52	12.46		2.41		2.41	0.010831
29	T 500	219.80	204.37	209.86	39.07	91.70	1.63	3.01	0.72	2.40	0.002492
29	T 100	182.20	204.37	209.19	21.65	70.68	1.57	2.99	1.18	2.58	0.002959
29	T 2,3	30.00	204.37	205.93	10.63	13.73		2.19		2.19	0.007944

Perfil	Período retorno T (años)	Caudal total Q (m³/s)	Cota cauce (m)	Cota lámina (m)	Anchura lámina (m)	Área de calado (m²)	Velocidad (m/s)				Pendiente (m/m)
							Izda	Central	Dcha	Media	
28	T 500	219.80	203.92	209.77	22.83	83.17	1.55	3.08	1.14	2.64	0.002722
28	T 100	182.20	203.92	209.10	21.52	68.24	1.48	3.05	1.05	2.67	0.003212
28	T 2,3	30.00	203.92	205.82	10.10	14.80		2.03		2.03	0.005980
27	T 500	219.80	203.86	209.82	26.68	101.88	1.40	2.61	0.97	2.16	0.001856
27	T 100	182.20	203.86	209.15	25.77	84.09	1.44	2.54	0.93	2.17	0.002106
27	T 2,3	30.00	203.86	205.73	10.63	15.85		1.89		1.89	0.005160
26	T 500	219.80	203.40	209.86	29.81	124.59	1.19	2.21	0.69	1.76	0.001007
26	T 100	182.20	203.40	209.18	29.32	104.50	1.10	2.17	0.64	1.74	0.001132
26	T 2,3	30.00	203.40	205.76	14.64	24.91	0.41	1.25	0.40	1.20	0.001471
25.5		Bridge									
25.5		Bridge									
25.5		Bridge									
25	T 500	219.80	203.76	209.67	41.66	155.11	1.05	1.75	0.70	1.42	0.000743
25	T 100	182.20	203.76	209.01	40.46	128.14	1.00	1.75	0.67	1.42	0.000888
25	T 2,3	30.00	203.76	205.65	14.34	20.56		1.46		1.46	0.002917
24	T 500	219.80	203.08	209.64	40.26	147.09	1.16	1.92	0.95	1.49	0.000887
24	T 100	182.20	203.08	208.97	39.15	120.69	1.10	1.94	0.94	1.51	0.001077
24	T 2,3	30.00	203.08	205.55	11.84	18.33		1.64		1.64	0.003530

Proyectos de acondicionamiento del río Huerva, entre el Puente Ruiseñores y cruce con Paseo de Gran Vía

Perfil	Período retorno T (años)	Caudal total Q (m³/s)	Cota cauce (m)	Cota lámina (m)	Anchura lámina (m)	Área de calado (m²)	Velocidad (m/s)				Pendiente (m/m)
							Izda	Central	Dcha	Media	
23	T 500	219.80	203.34	209.56	34.97	125.43	1.26	2.13	0.66	1.75	0.001217
23	T 100	182.20	203.34	208.89	33.71	102.38	1.17	2.15	0.56	1.78	0.001476
23	T 2,3	30.00	203.34	205.50	11.73	19.75		1.52		1.52	0.002772
22	T 500	219.80	203.16	209.48	33.70	115.00	1.37	2.45	1.00	1.91	0.001581
22	T 100	182.20	203.16	208.78	32.63	91.87	1.27	2.53	0.97	1.98	0.002006
22	T 2,3	30.00	203.16	205.41	9.89	17.87		1.68		1.68	0.003381
21	T 500	219.80	203.22	209.40	32.09	105.06	1.41	2.59	1.04	2.09	0.002005
21	T 100	182.20	203.22	208.67	30.98	82.19	1.28	2.71	1.01	2.22	0.002664
21	T 2,3	30.00	203.22	205.32	9.69	16.90		1.78		1.78	0.004216
20	T 500	219.80	203.01	209.33	32.46	101.05	1.31	2.66	1.17	2.18	0.002207
20	T 100	182.20	203.01	208.57	31.24	76.75	1.12	2.83	1.21	2.37	0.003114
20	T 2,3	30.00	203.01	205.02	9.58	12.08		2.48		2.48	0.012599
19	T 500	219.80	202.98	209.28	33.32	104.39	1.10	2.70	1.05	2.11	0.001772
19	T 100	182.20	202.98	208.54	27.04	81.49	1.02	2.71	1.25	2.24	0.002146
19	T 2,3	30.00	202.98	205.00	10.64	17.19		1.74		1.74	0.003941
18	T 500	219.80	202.54	209.21	34.46	100.36	1.24	2.92	1.57	2.19	0.002247
18	T 100	182.20	202.54	208.45	27.12	77.79	1.32	2.96	1.54	2.34	0.002766
18	T 2,3	30.00	202.54	204.86	8.31	15.21		1.97		1.97	0.005098

Perfil	Período retorno T (años)	Caudal total Q (m³/s)	Cota cauce (m)	Cota lámina (m)	Anchura lámina (m)	Área de calado (m²)	Velocidad (m/s)				Pendiente (m/m)
							Izda	Central	Dcha	Media	
17	T 500	219.80	202.69	209.17	26.73	96.33	1.21	2.75	1.02	2.28	0.001780
17	T 100	182.20	202.69	208.41	24.10	76.90	1.08	2.77	0.94	2.37	0.002153
17	T 2,3	30.00	202.69	204.83	10.86	18.61		1.61		1.61	0.003131
16	T 500	219.80	202.66	209.16	22.37	97.29	1.13	2.59	1.05	2.26	0.001517
16	T 100	182.20	202.66	208.41	20.71	81.16	1.10	2.52	0.99	2.24	0.001724
16	T 2,3	30.00	202.66	204.76	12.17	18.61		1.61		1.61	0.003489
15	T 500	219.80	202.47	208.91	20.39	77.80	1.34	3.28	1.40	2.83	0.002840
15	T 100	182.20	202.47	208.14	18.12	62.82	1.23	3.26	1.33	2.90	0.003395
15	T 2,3	30.00	202.47	204.64	9.19	16.20		1.85		1.85	0.004320
14	T 500	219.80	202.43	208.90	22.04	83.56	1.43	3.12	1.43	2.63	0.002524
14	T 100	182.20	202.43	208.11	19.75	66.93	1.38	3.13	1.35	2.72	0.003092
14	T 2,3	30.00	202.43	204.53	9.19	15.57		1.93		1.93	0.004798
13	T 500	219.80	202.46	208.64	18.48	66.48	1.10	3.54	1.15	3.31	0.004380
13	T 100	182.20	202.46	207.81	15.70	52.37	0.77	3.58	0.91	3.48	0.005698
13	T 2,3	30.00	202.46	204.35	8.49	13.59		2.21		2.21	0.007061
12	T 500	219.80	202.40	208.83	20.62	95.82	2.38	2.18	2.89	2.29	0.001087
12	T 100	182.20	202.40	208.02	19.89	79.31	2.33	2.20	2.93	2.30	0.001360
12	T 2,3	30.00	202.40	204.23	11.31	14.50		2.07		2.07	0.007076

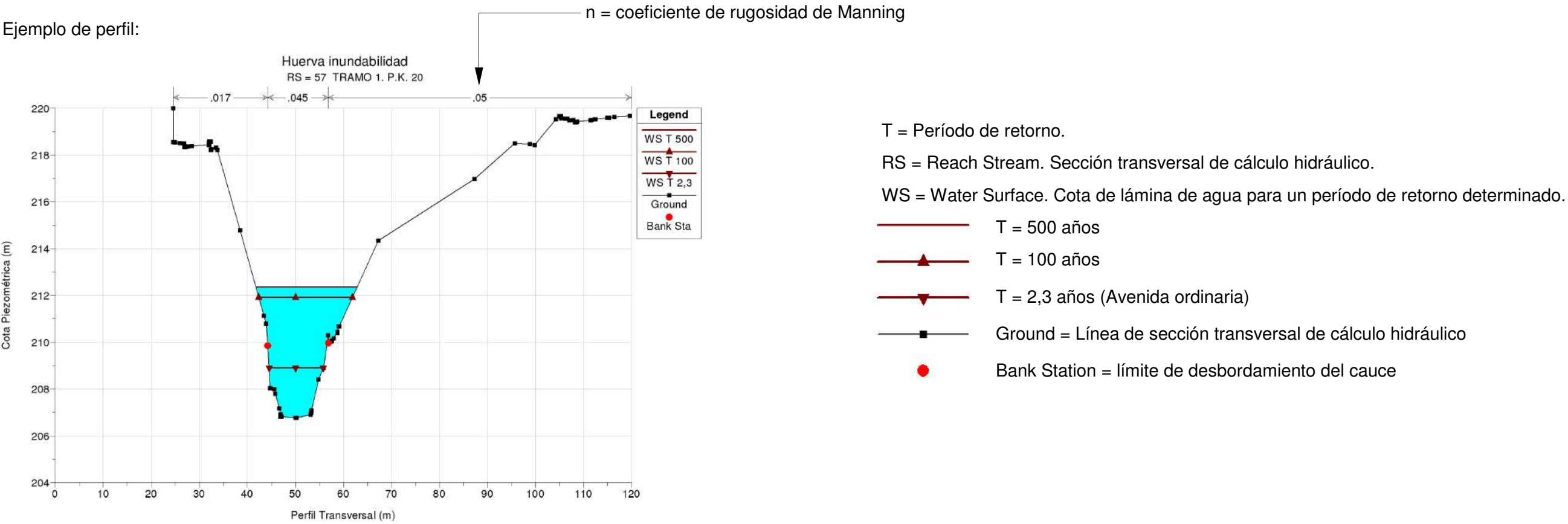
Proyectos de acondicionamiento del río Huerva, entre el Puente Ruiseñores y cruce con Paseo de Gran Vía

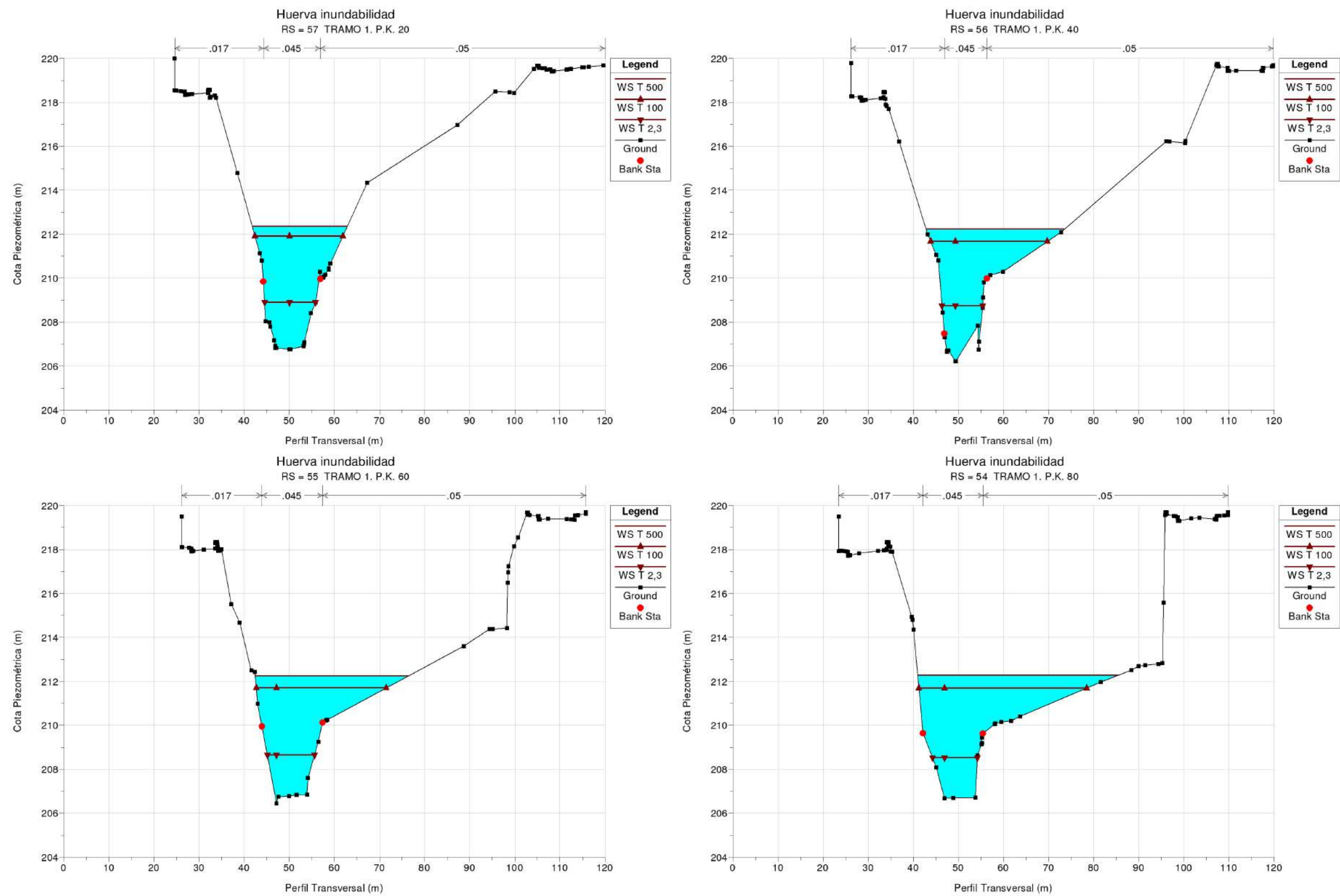
Perfil	Período retorno T (años)	Caudal total Q (m³/s)	Cota cauce (m)	Cota lámina (m)	Anchura lámina (m)	Área de calado (m²)	Velocidad (m/s)				Pendiente (m/m)
							Izda	Central	Dcha	Media	
11	T 500	219.80	202.40	208.90	22.24	122.57	1.65	1.81	0.49	1.79	0.000719
11	T 100	182.20	202.40	208.09	22.06	104.62	1.67	1.75	0.44	1.74	0.000826
11	T 2,3	30.00	202.40	204.26	19.25	22.59		1.33		1.33	0.003048
10.5		Bridge									
10.15		Bridge									
9.5		Bridge									
9	T 500	219.80	202.08	207.70	24.25	87.02	1.49	2.89	0.65	2.53	0.002374
9	T 100	182.20	202.08	207.25	22.64	76.46	1.38	2.68	0.51	2.38	0.002302
9	T 2,3	30.00	202.08	204.19	12.56	21.33		1.41	0.02	1.41	0.002486
8	T 500	219.80	201.72	207.66	27.99	90.66	1.60	3.12	1.28	2.42	0.002470
8	T 100	182.20	201.72	207.18	25.98	77.89	1.47	2.96	1.18	2.34	0.002494
8	T 2,3	30.00	201.72	204.14	11.45	20.16	0.36	1.53	0.31	1.49	0.002142
7	T 500	219.80	201.74	207.50	28.08	84.08	1.61	3.46	1.36	2.61	0.002983
7	T 100	182.20	201.74	207.03	25.52	71.33	1.47	3.30	1.29	2.55	0.003063
7	T 2,3	30.00	201.74	204.07	10.49	18.78	0.49	1.65	0.39	1.60	0.002481
6	T 500	219.80	201.64	207.39	26.17	78.89	1.71	3.57	1.53	2.79	0.003621
6	T 100	182.20	201.64	206.91	24.21	66.69	1.54	3.43	1.41	2.73	0.003778
6	T 2,3	30.00	201.64	204.02	10.40	18.54	0.32	1.65	0.35	1.62	0.002716

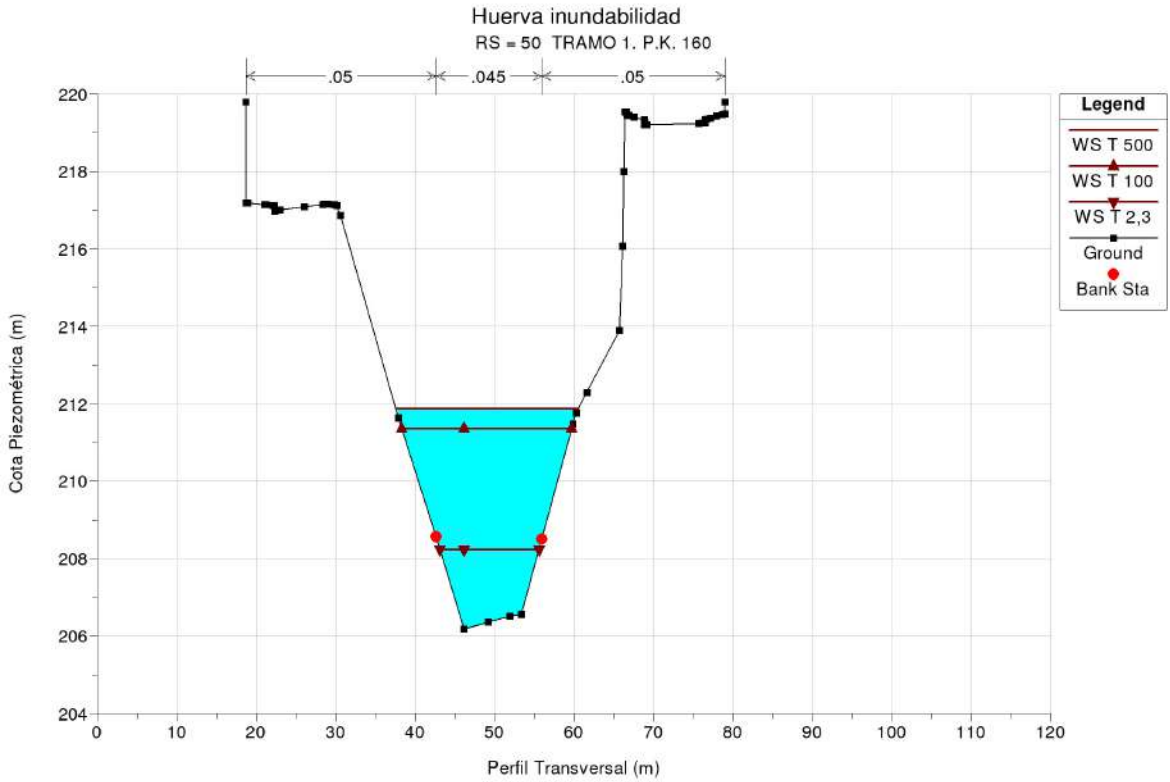
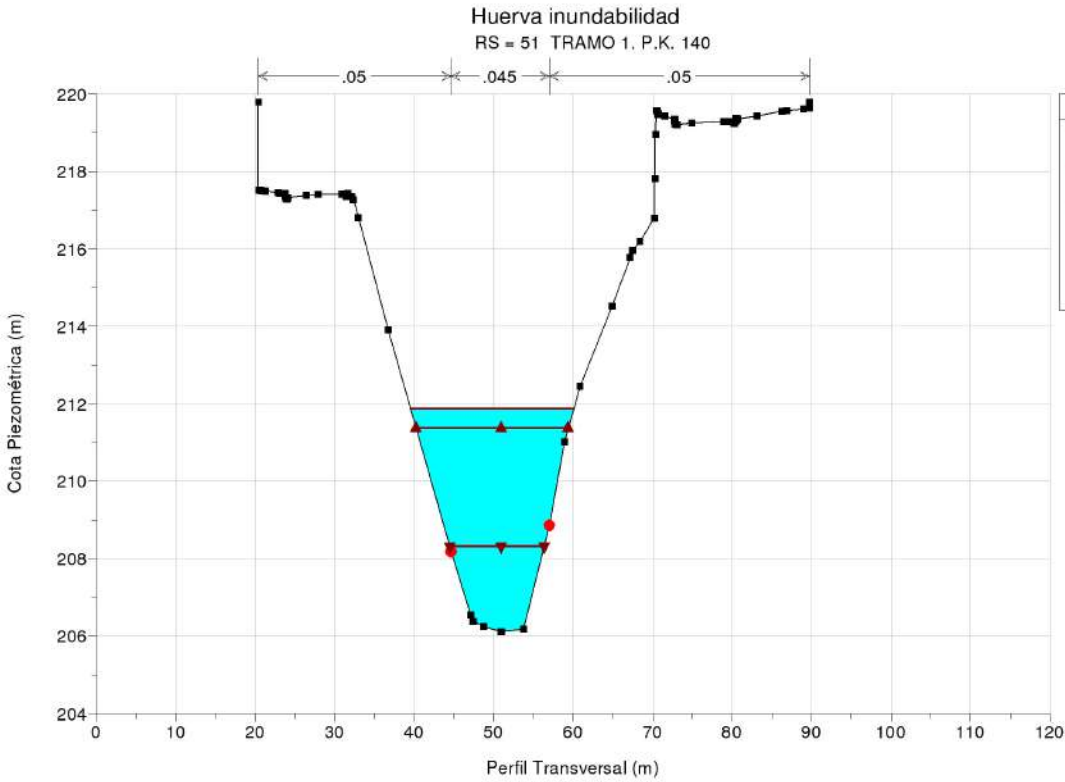
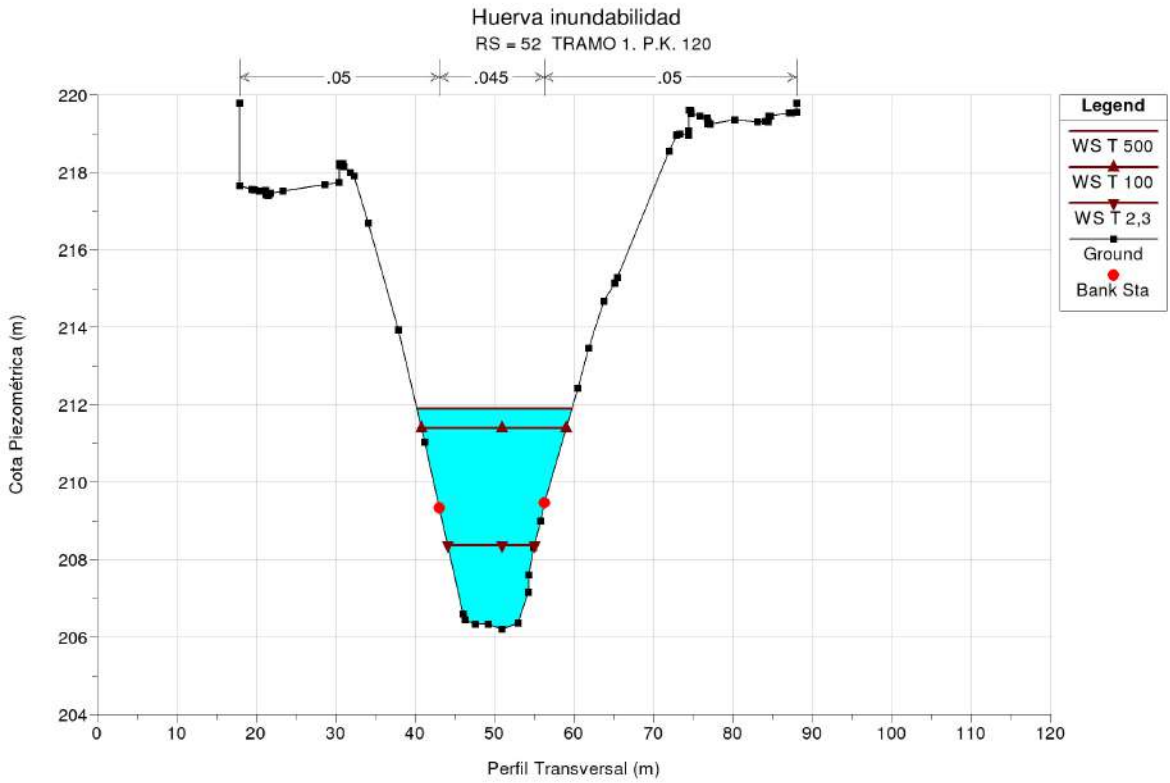
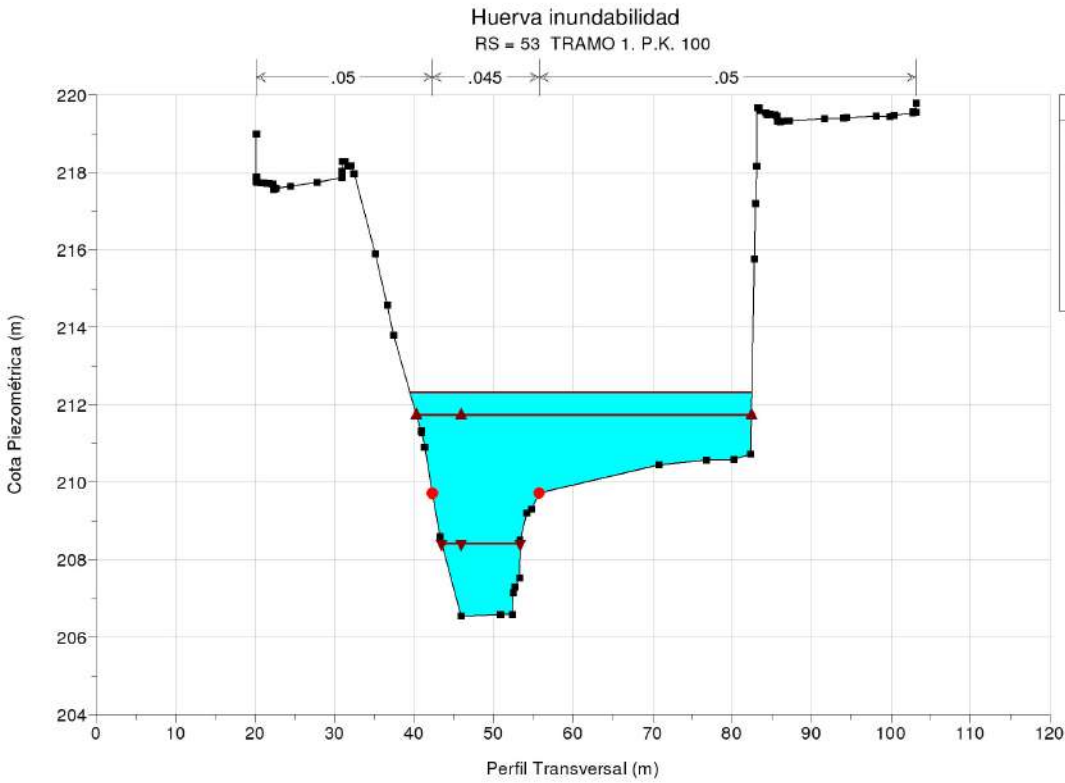
Perfil	Período retorno T (años)	Caudal total Q (m³/s)	Cota cauce (m)	Cota lámina (m)	Anchura lámina (m)	Área de calado (m²)	Velocidad (m/s)				Pendiente (m/m)
							Izda	Central	Dcha	Media	
5	T 500	219.80	201.59	207.03	24.13	66.82	1.83	4.30	1.69	3.29	0.005110
5	T 100	182.20	201.59	206.53	21.85	55.18	1.58	4.19	1.72	3.30	0.005557
5	T 2,3	30.00	201.59	203.93	9.64	17.05	0.54	1.83	0.57	1.76	0.003127
4	T 500	219.80	201.50	207.10	30.80	79.69	1.56	3.66	1.36	2.76	0.003573
4	T 100	182.20	201.50	206.56	27.79	63.59	1.39	3.66	1.24	2.87	0.004141
4	T 2,3	30.00	201.50	203.89	10.60	18.67	0.38	1.65	0.46	1.61	0.002565
3	T 500	219.80	201.48	207.07	29.35	77.54	1.44	3.03	3.87	2.83	0.002659
3	T 100	182.20	201.48	206.52	26.32	62.36	1.40	3.19	3.81	2.92	0.003413
3	T 2,3	30.00	201.48	203.79	9.67	16.15	0.48	1.88	1.78	1.86	0.003777
2	T 500	219.80	201.54	206.67	16.40	57.52	0.61	3.65	4.89	3.82	0.003880
2	T 100	182.20	201.54	206.22	14.71	50.57	0.43	3.35	4.90	3.60	0.003733
2	T 2,3	30.00	201.54	203.74	11.44	18.07	0.05	1.62	2.18	1.66	0.002802
1	T 500	219.80	201.77	206.74	17.04	66.08	1.57	3.01	4.77	3.33	0.003103
1	T 100	182.20	201.77	206.29	16.43	58.62	1.09	2.82	4.46	3.11	0.003105
1	T 2,3	30.00	201.77	203.72	13.75	19.37		1.56	1.31	1.55	0.003103

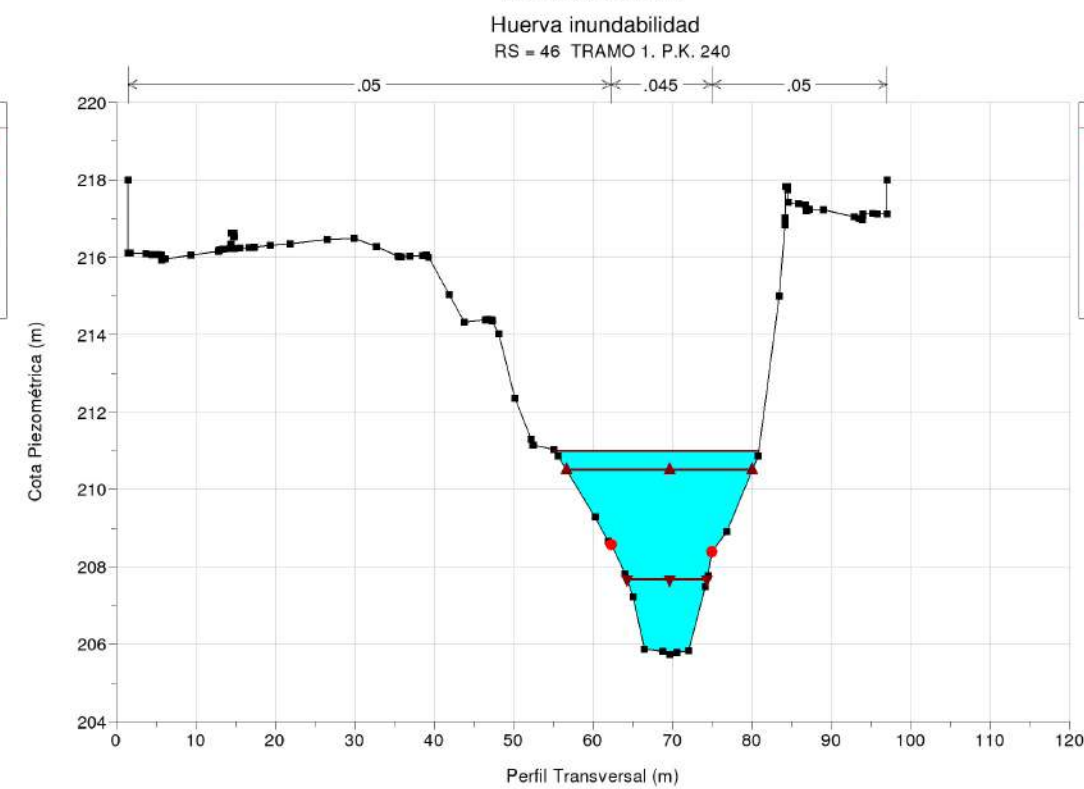
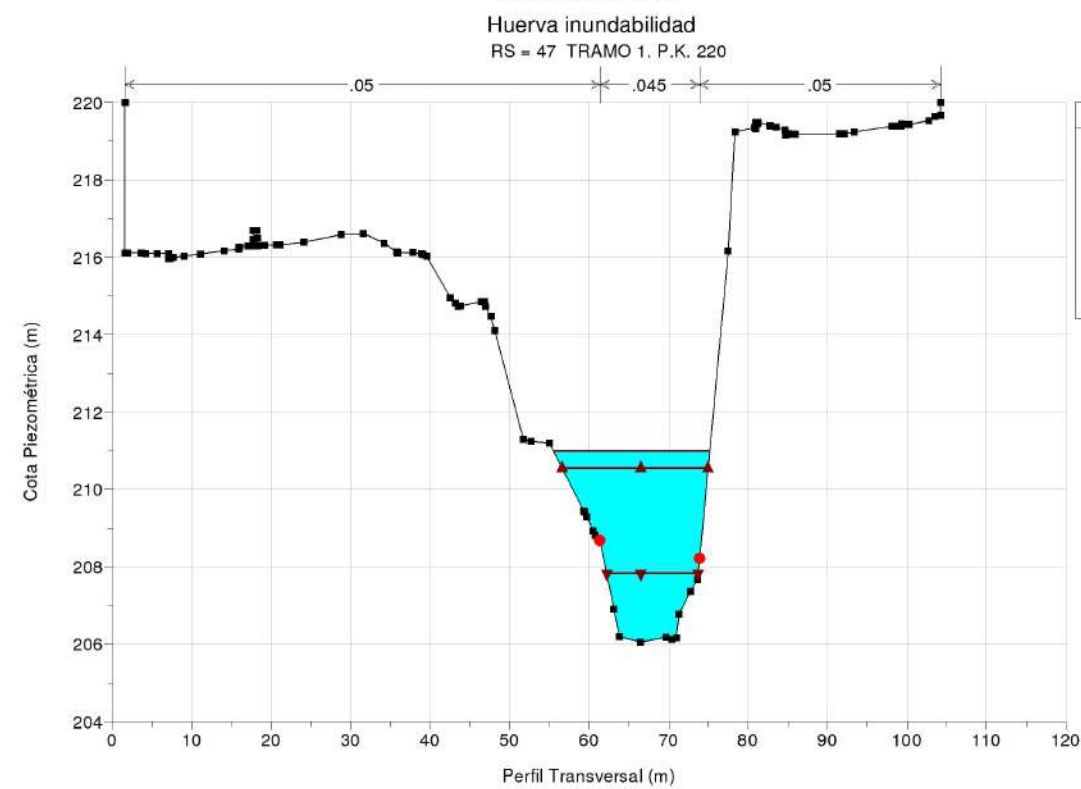
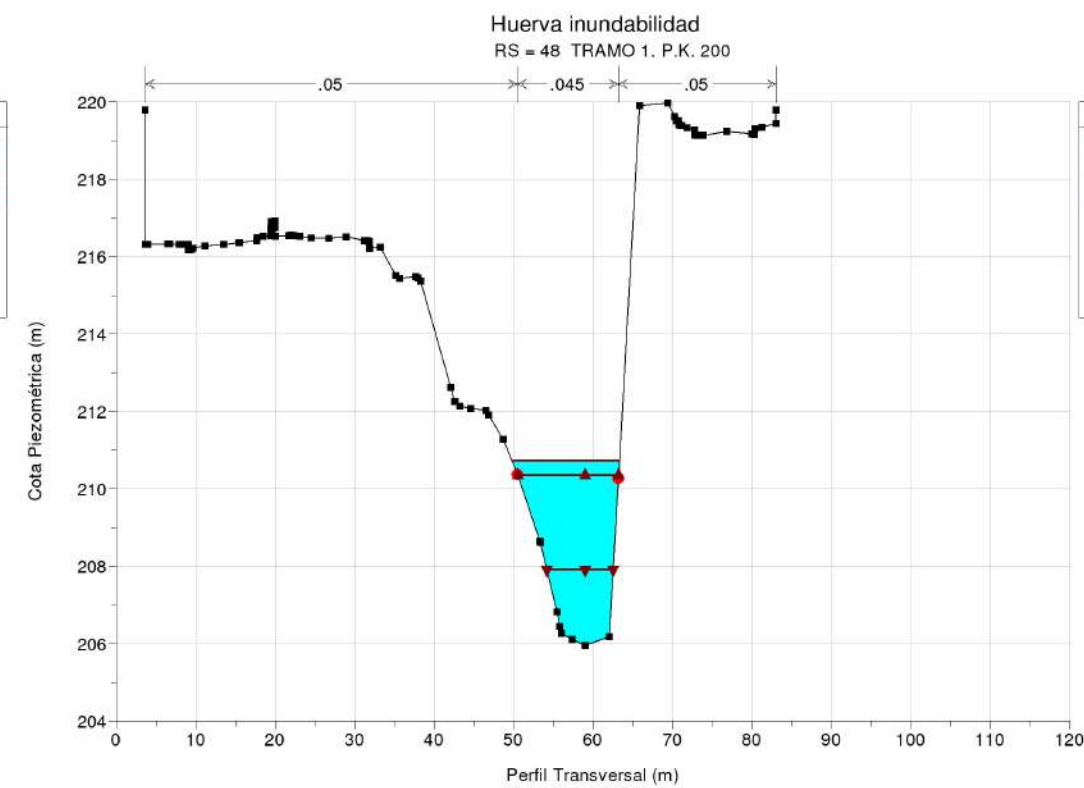
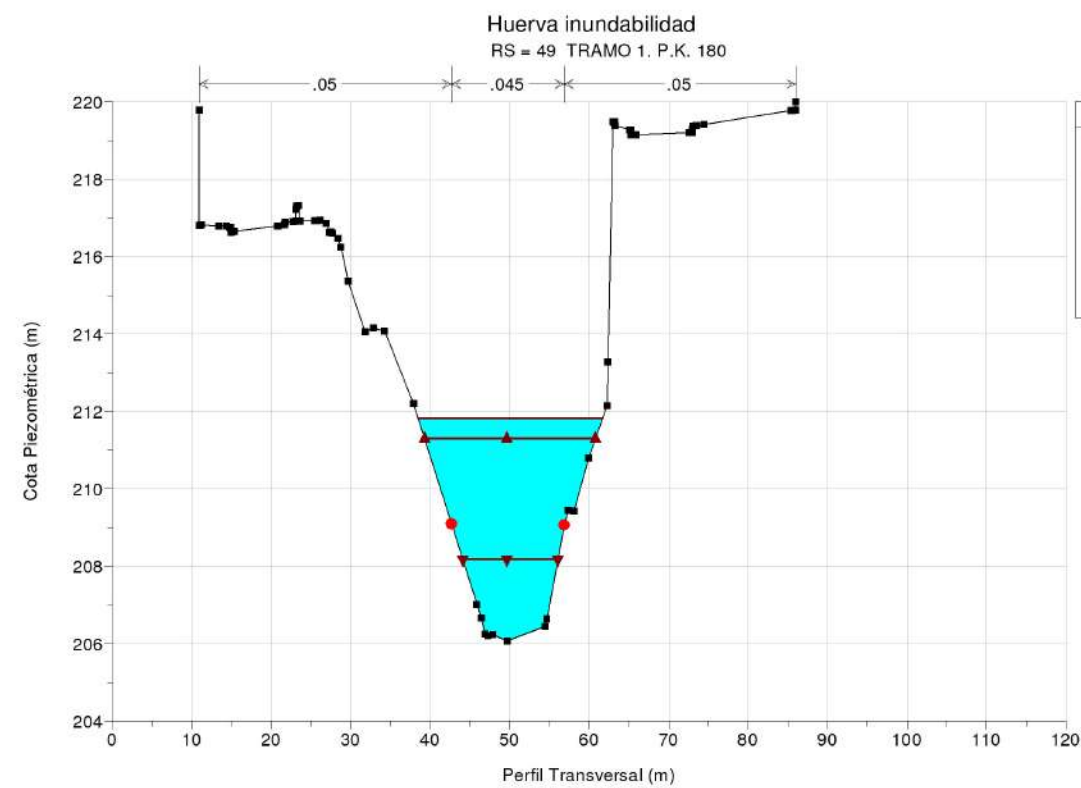
4.4.2.- Representación gráfica transversal de la simulación hidráulica

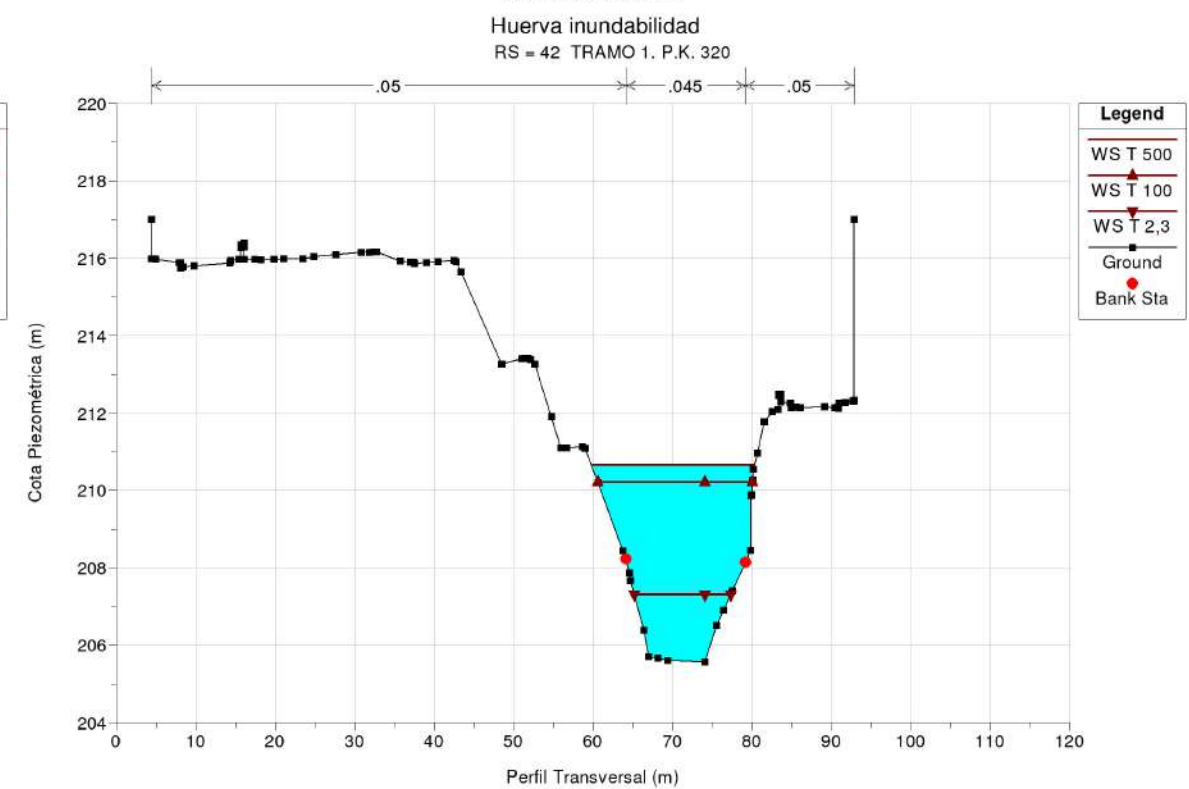
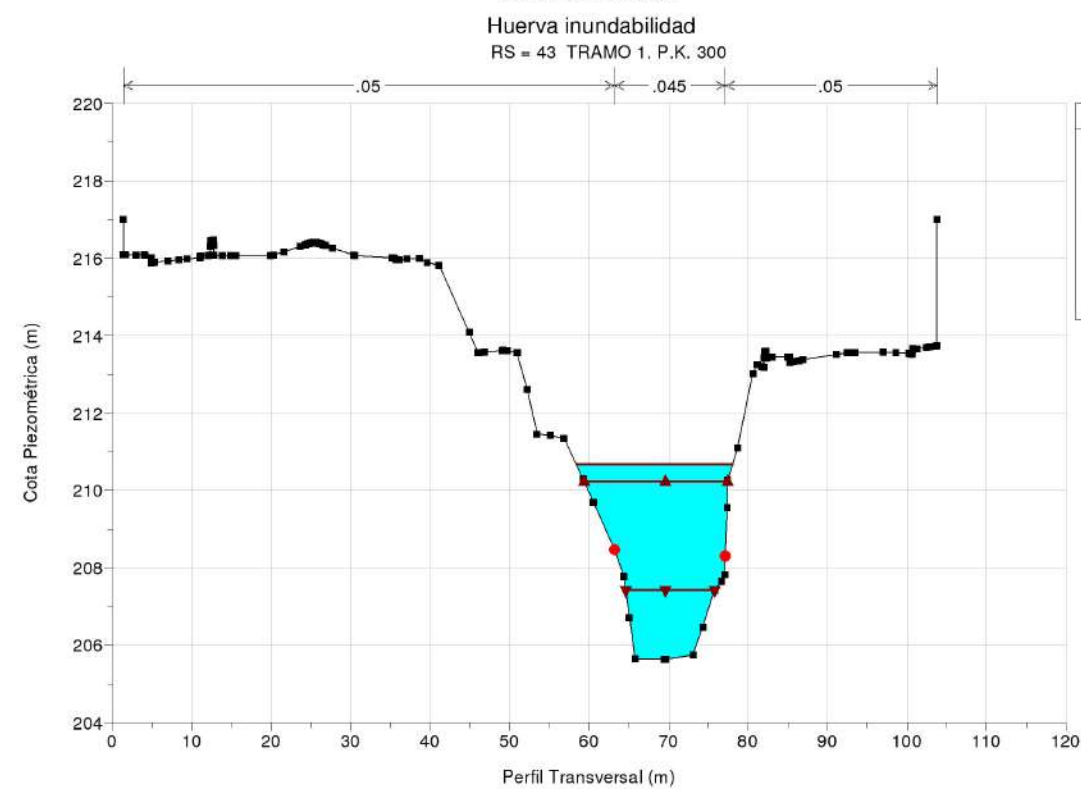
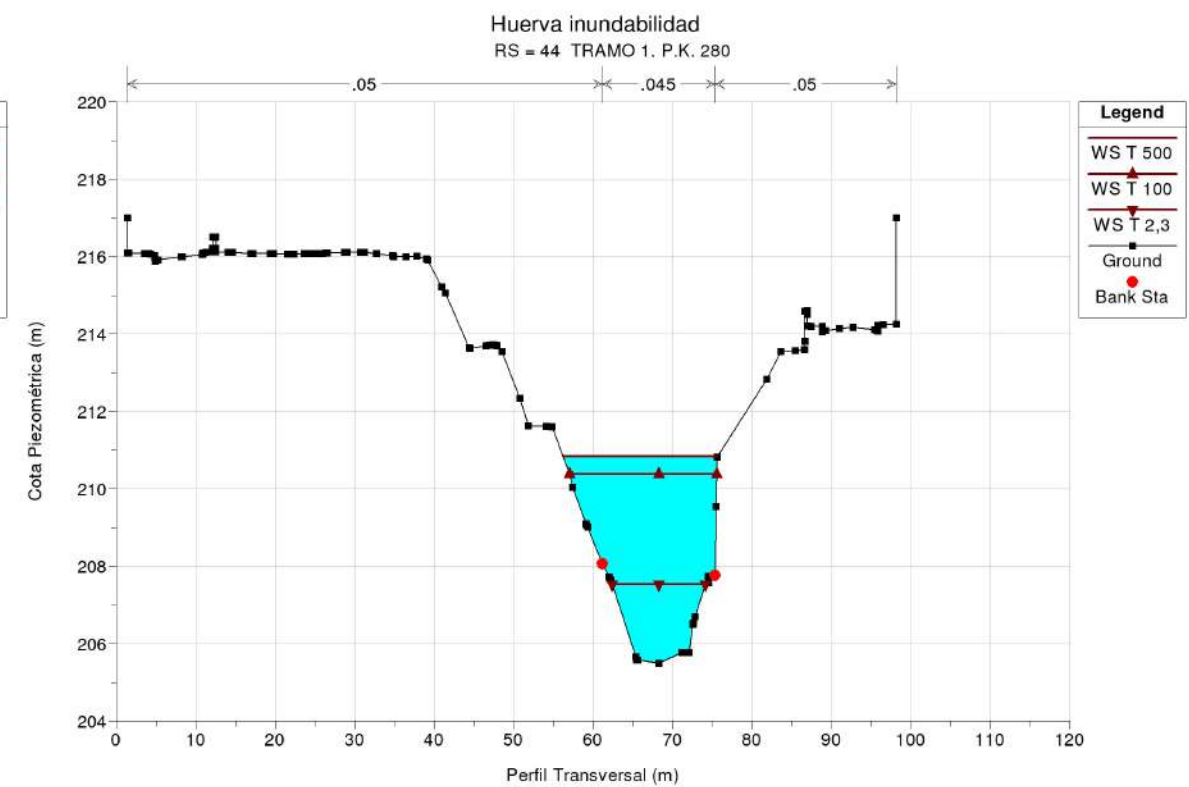
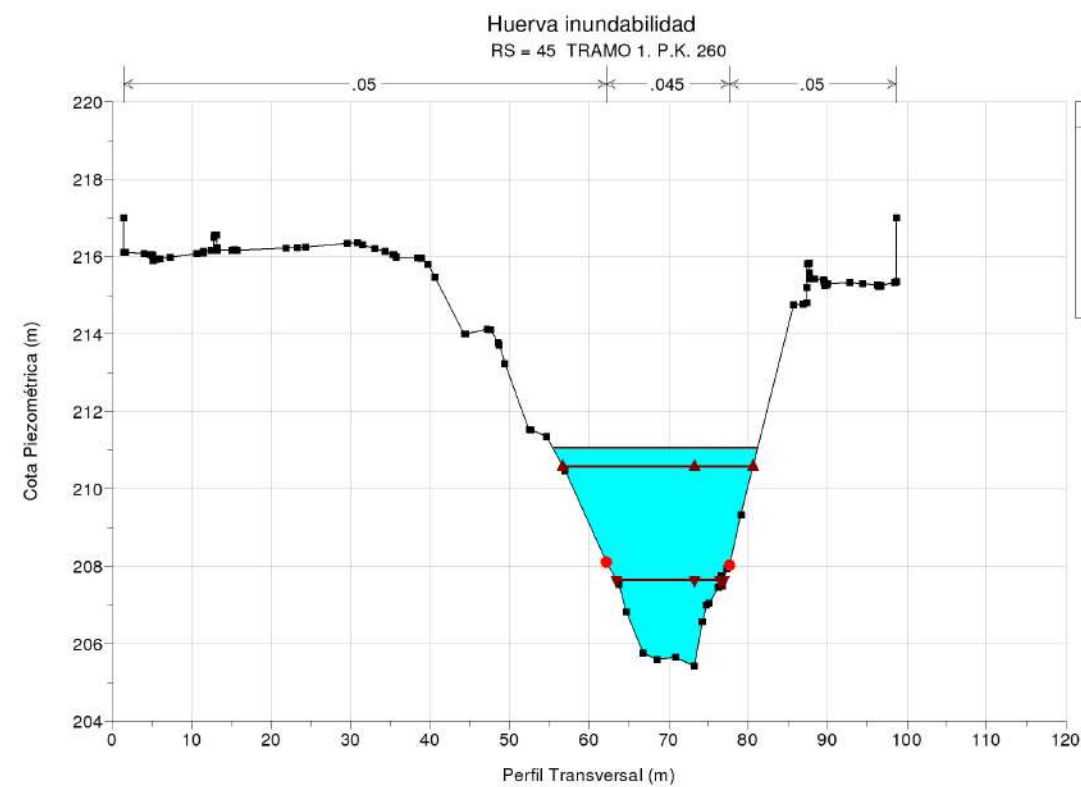
T = 2,3 años (Ordinaria) Q = 30 m³/s
T = 100 años Q = 182,20 m³/s
T = 500 años Q = 182,20 m³/s

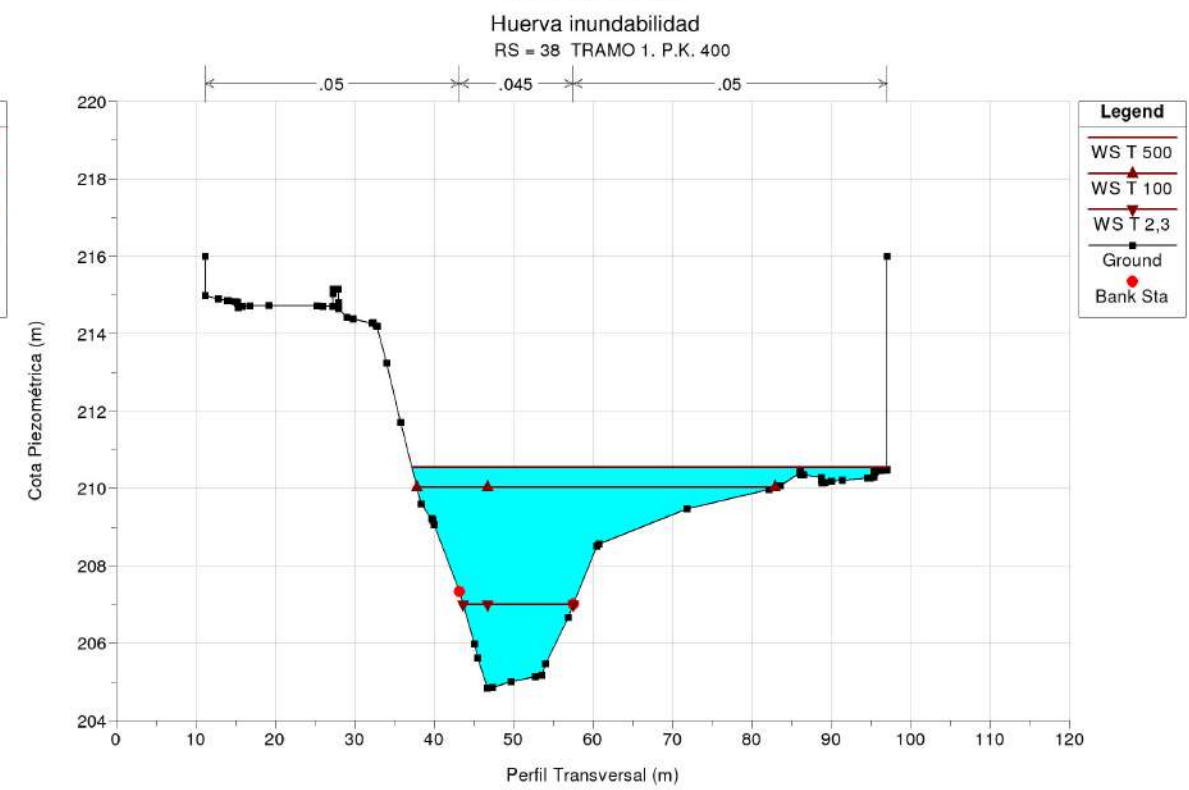
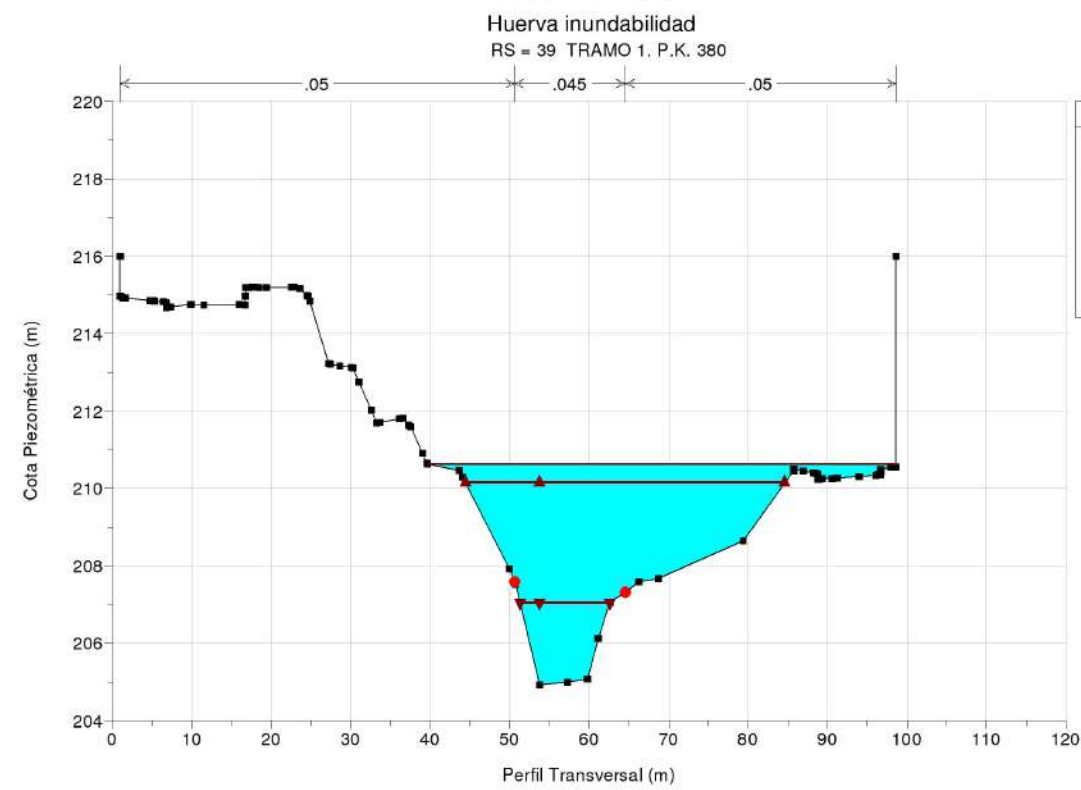
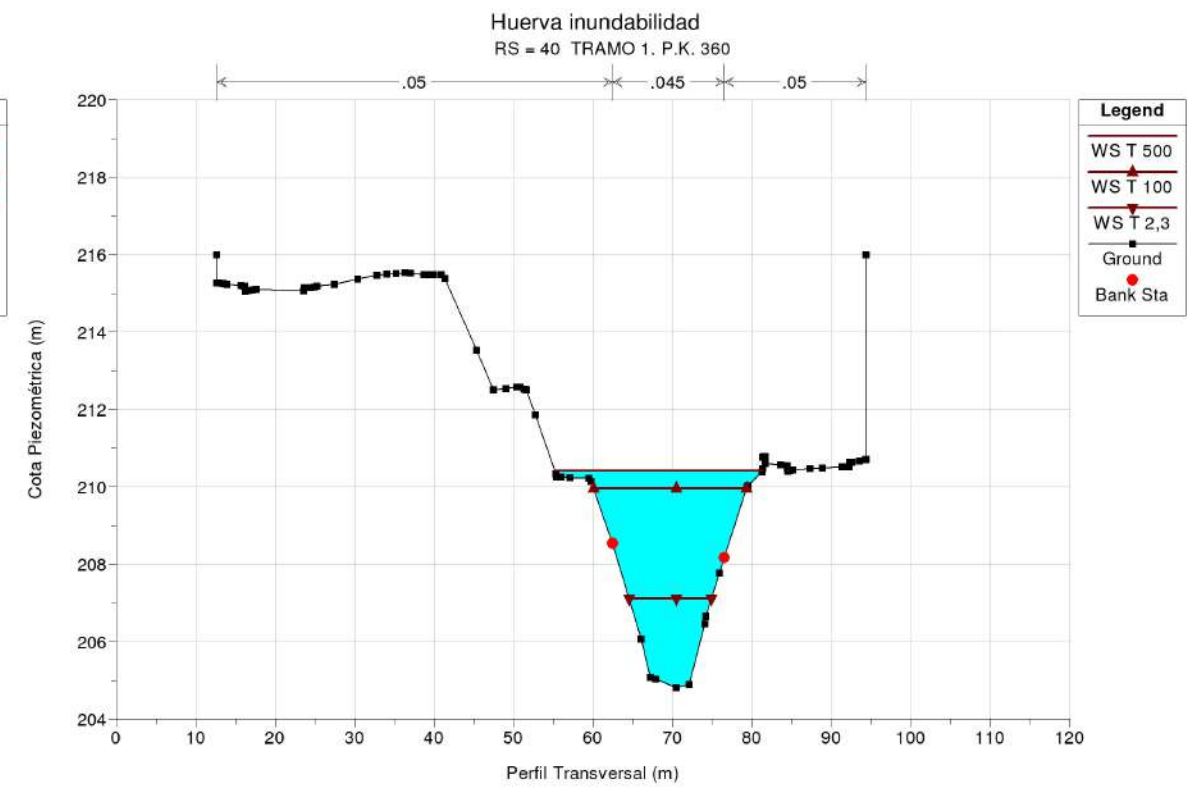
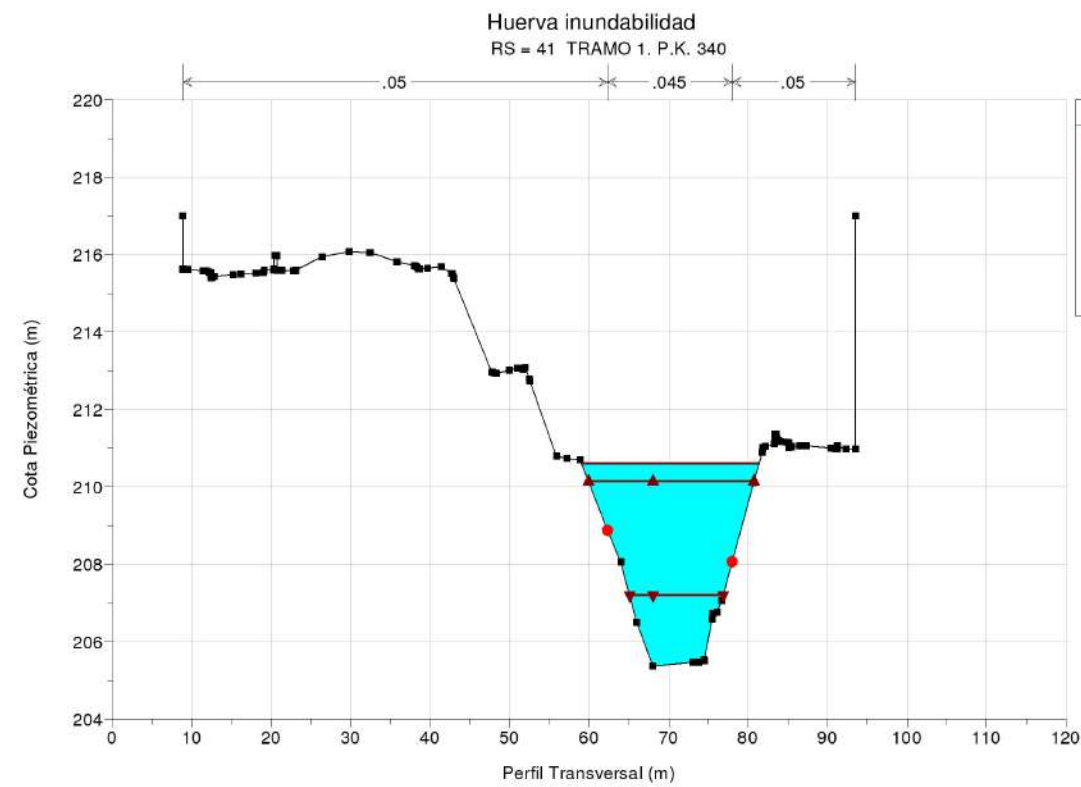


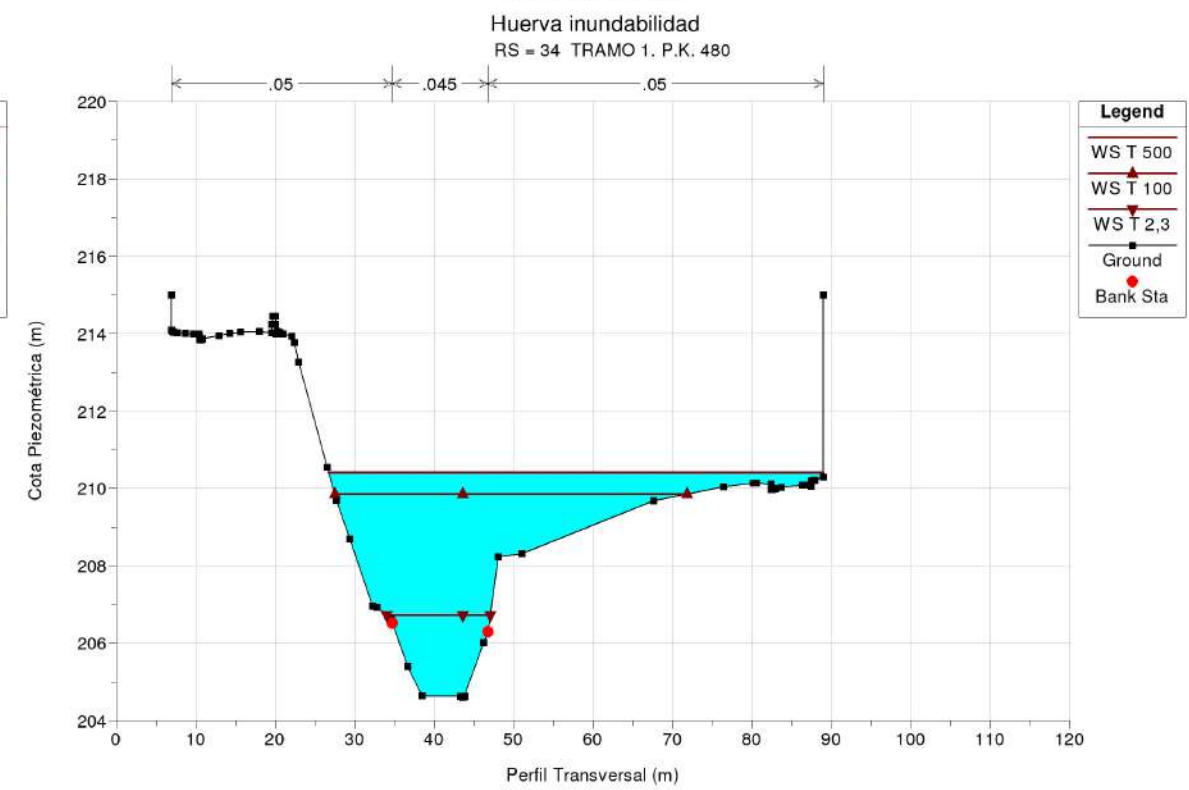
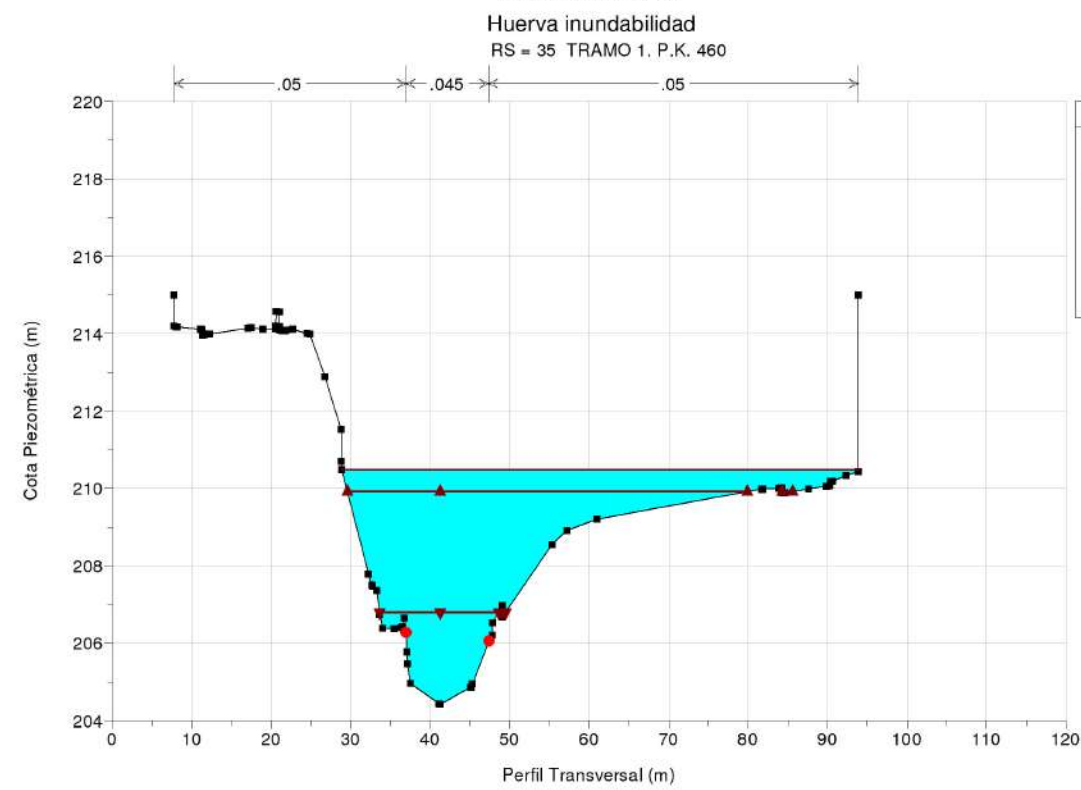
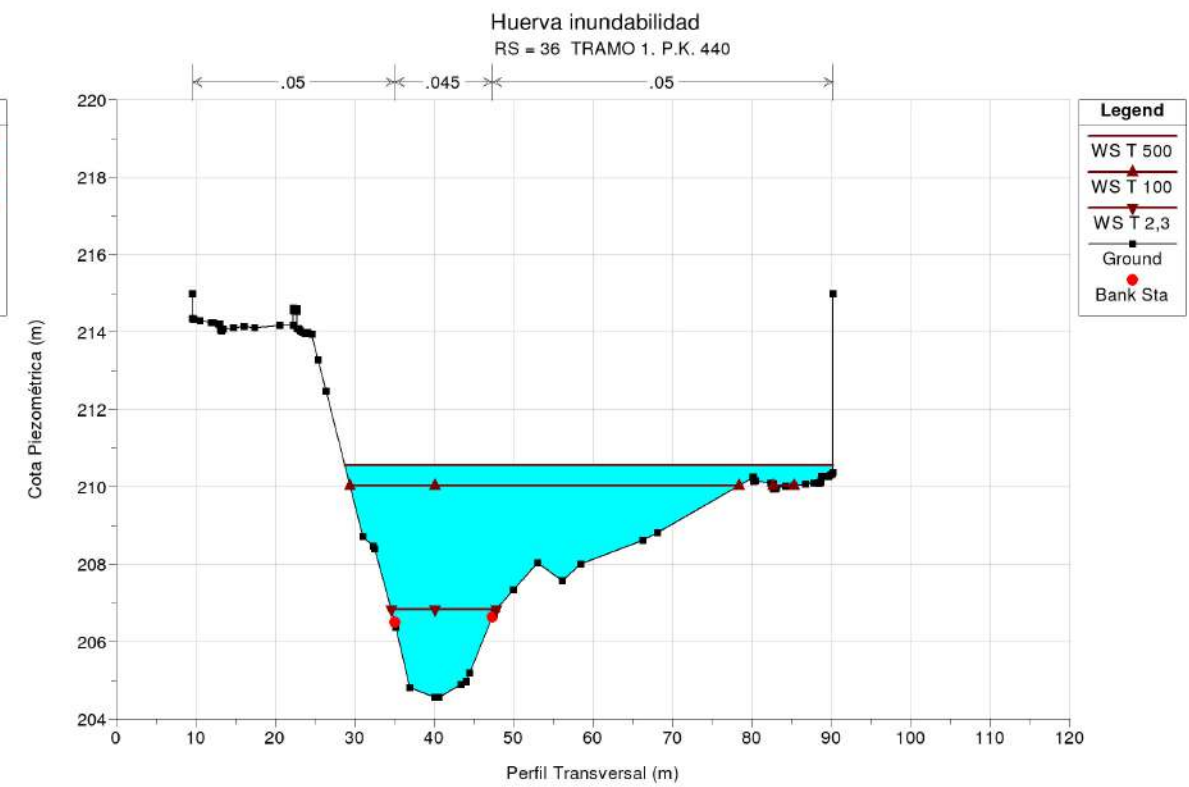
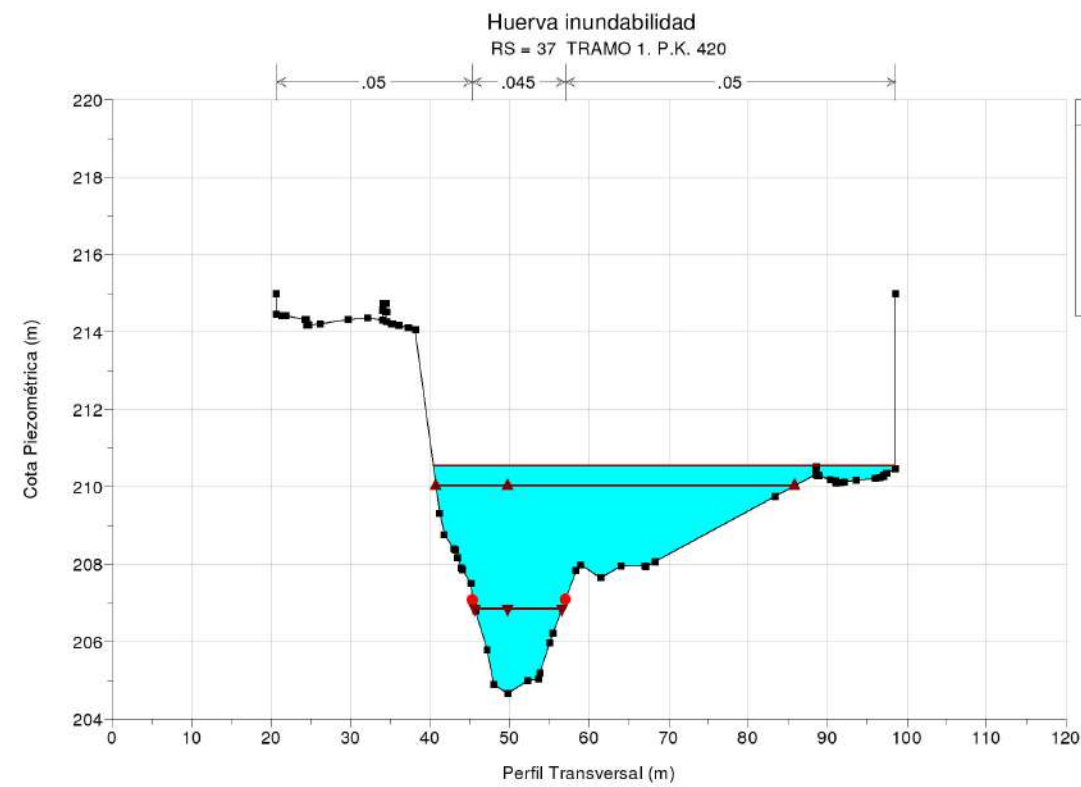


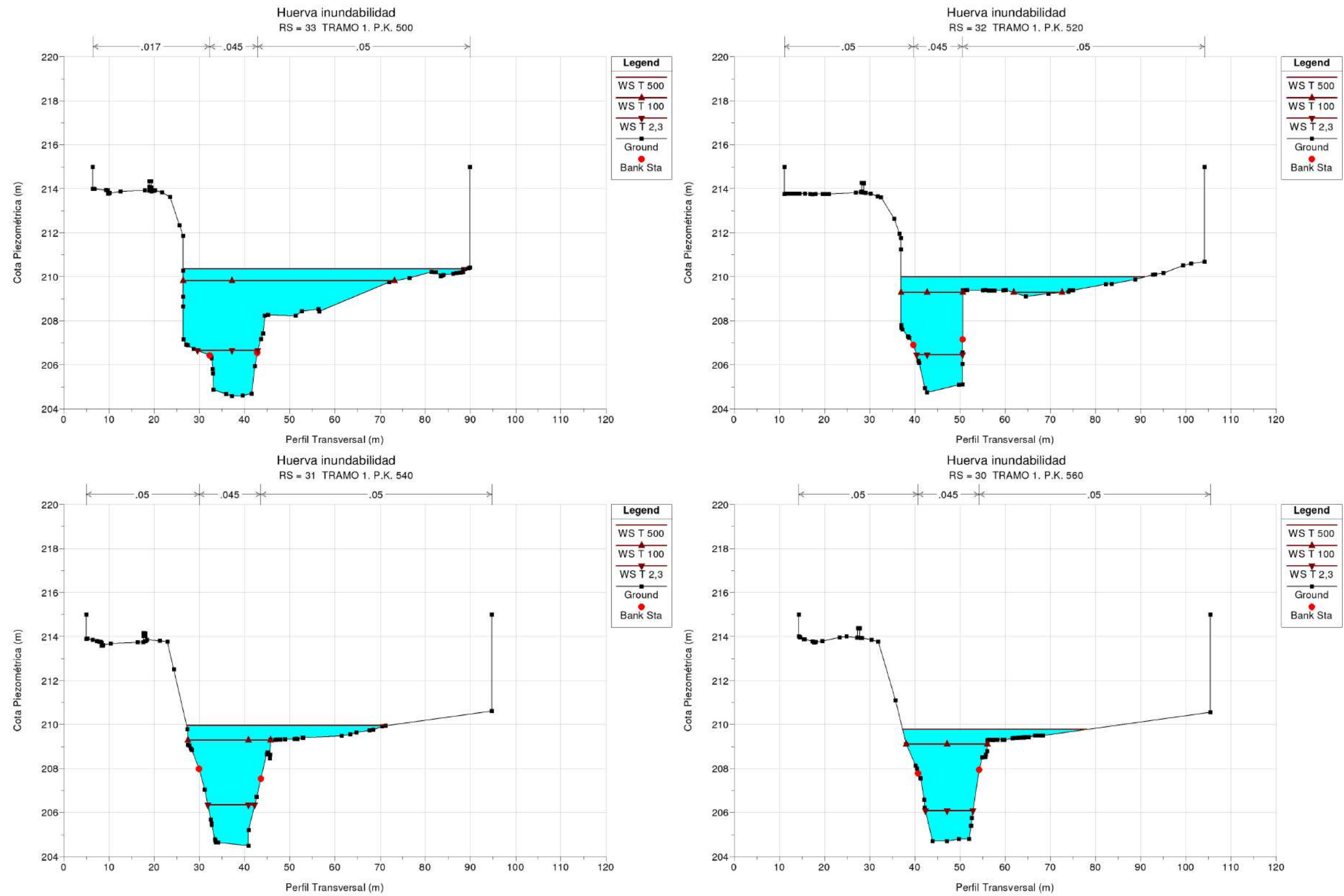


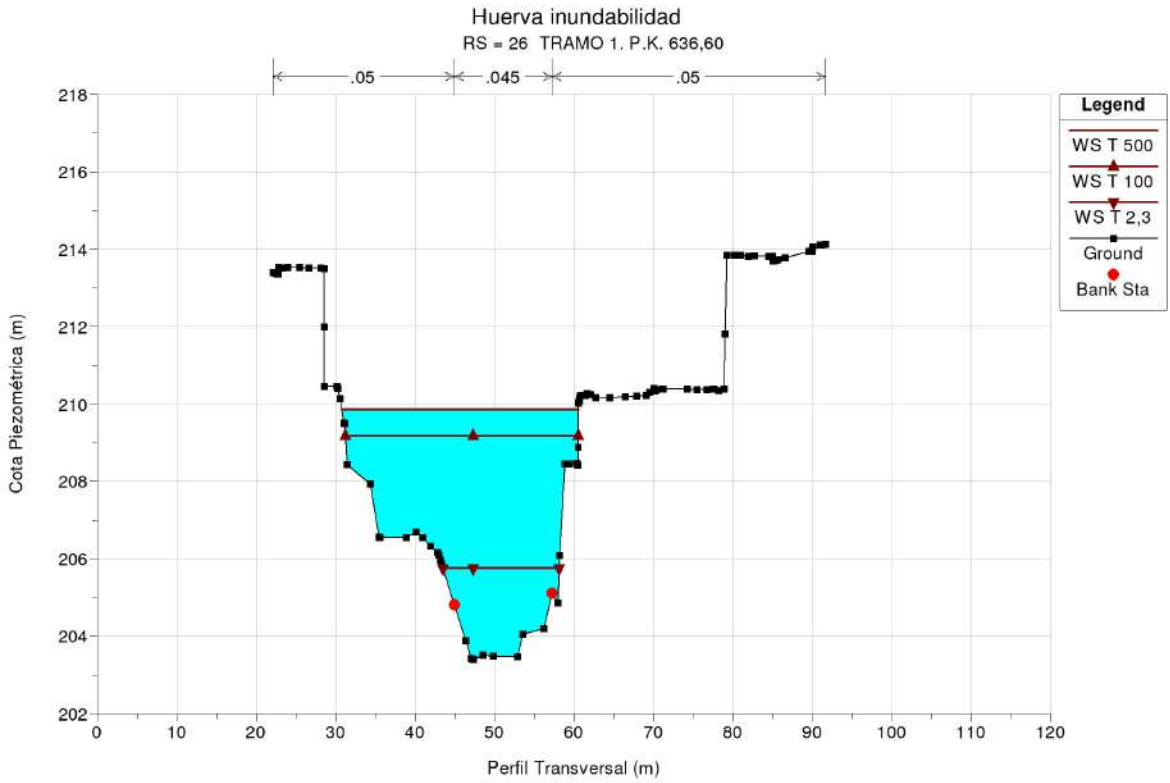
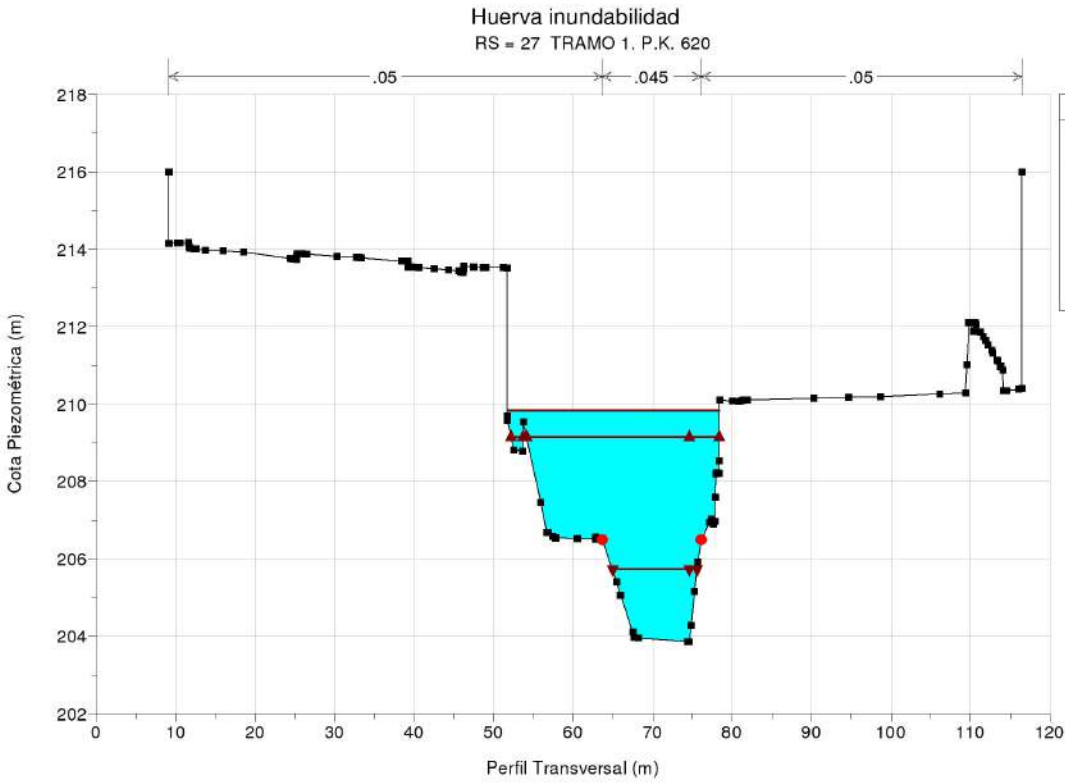
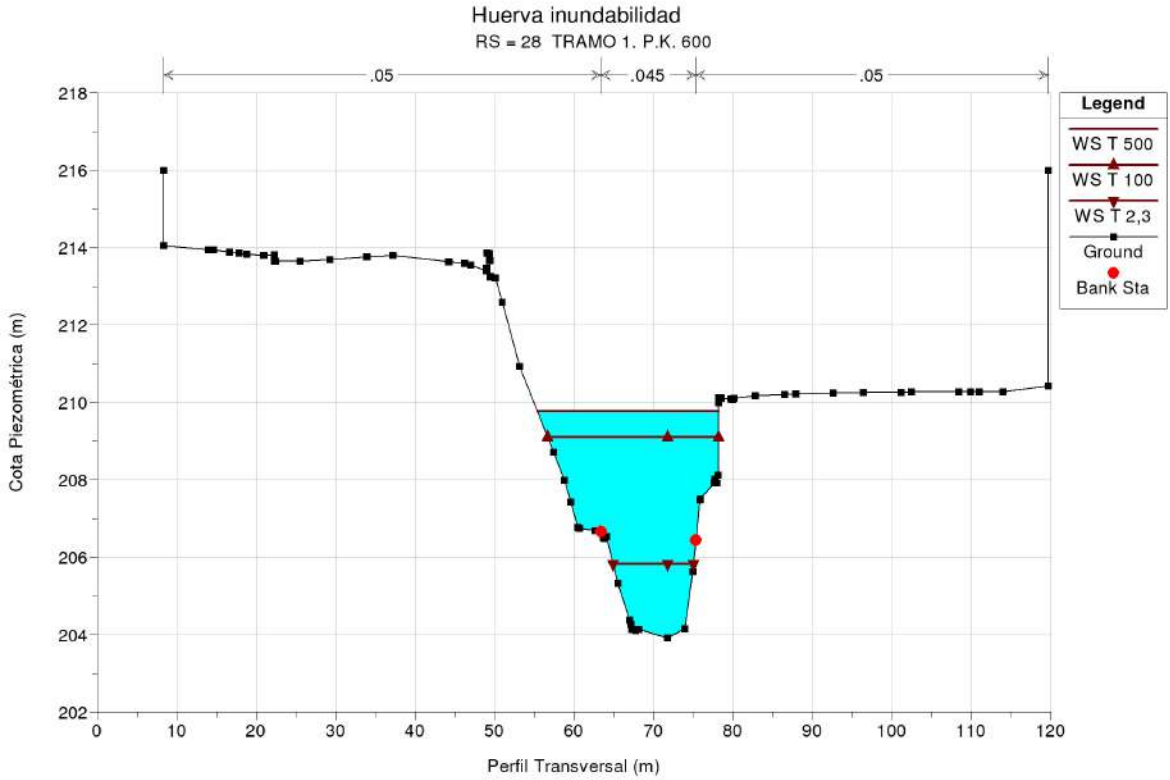
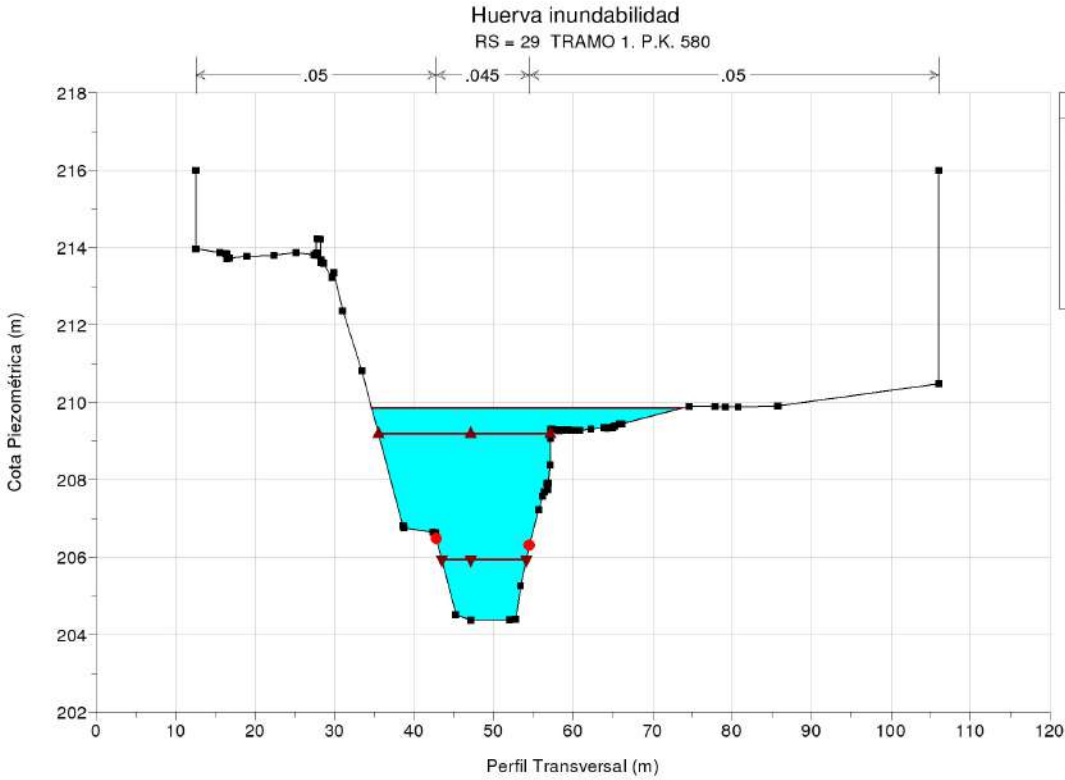


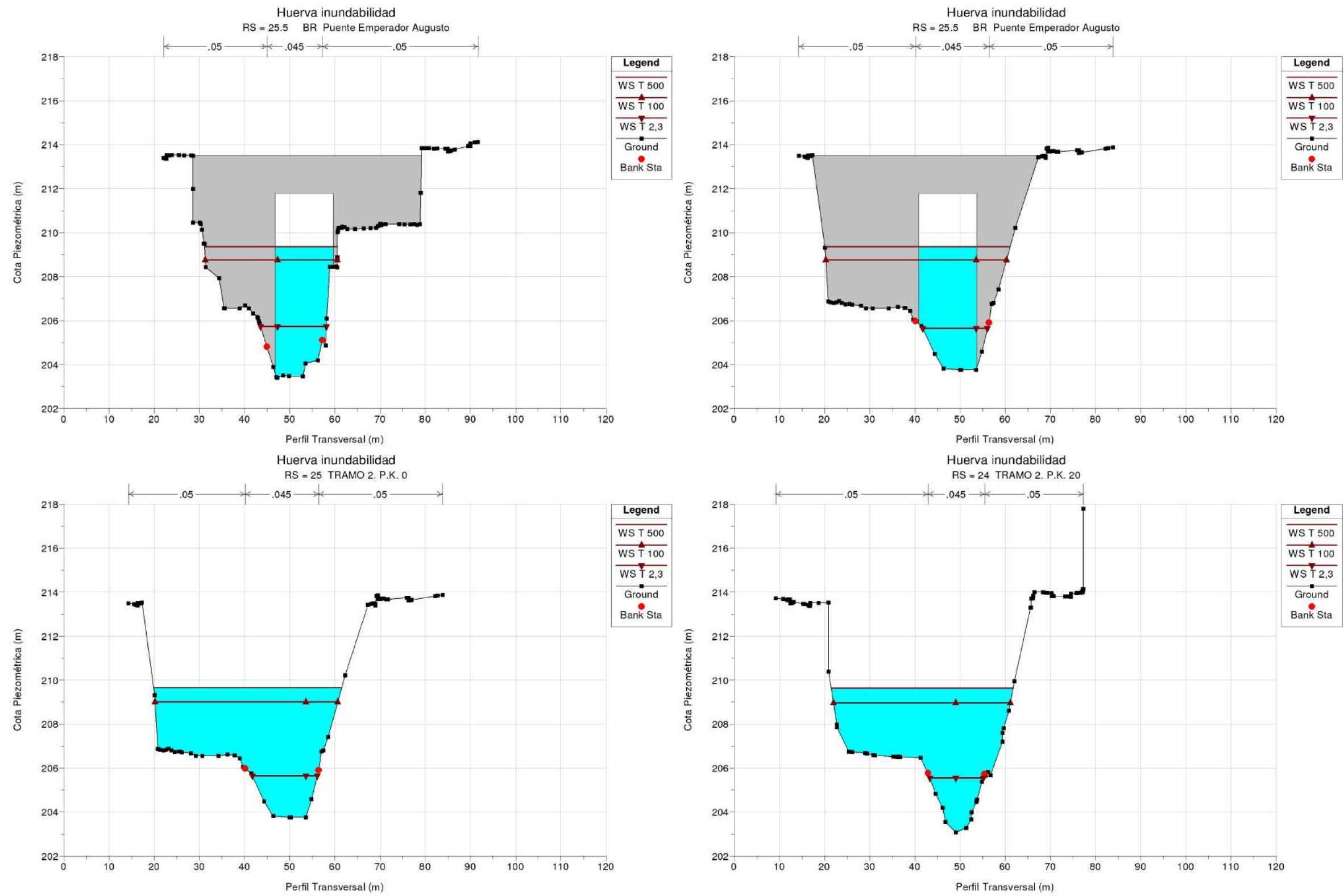


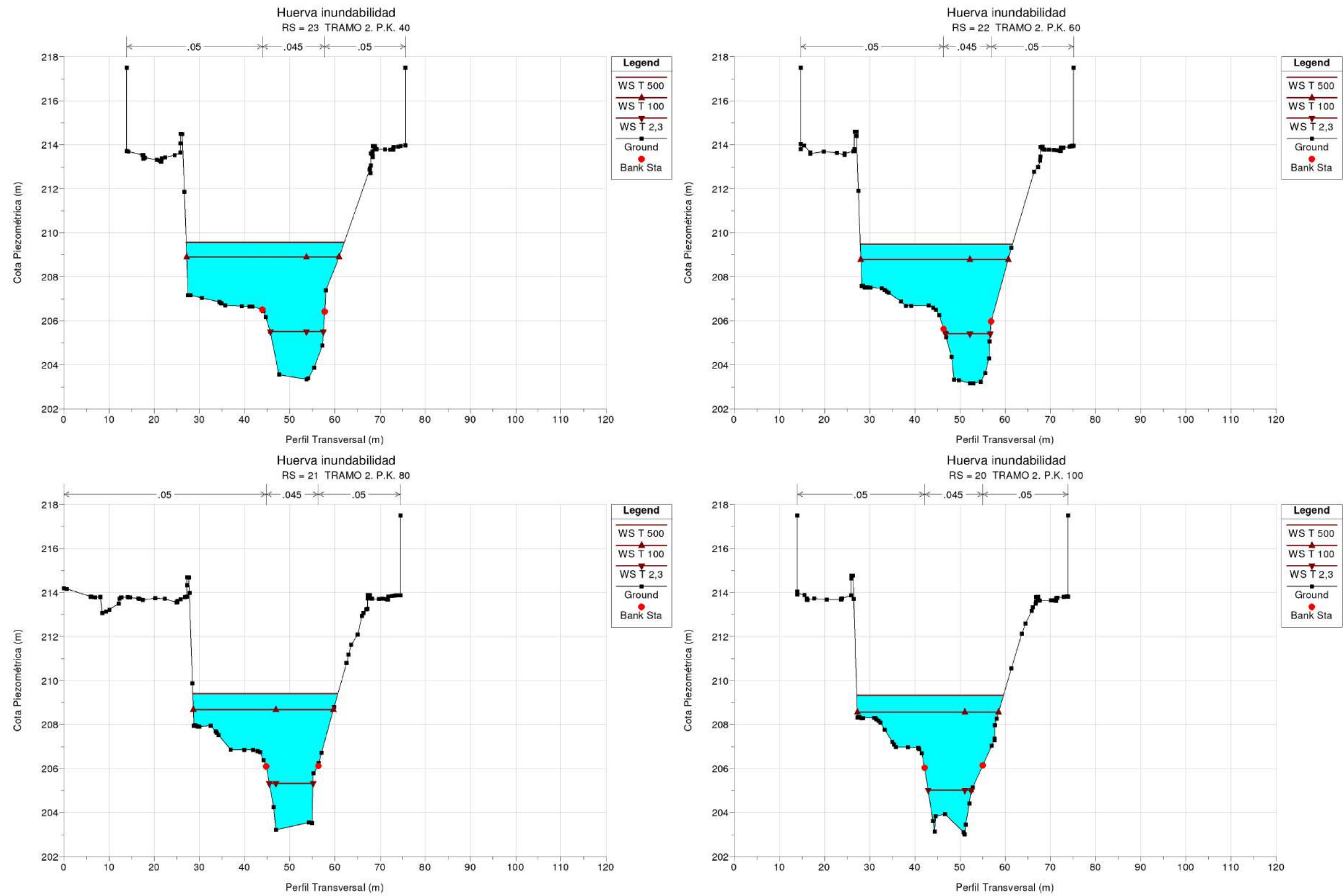


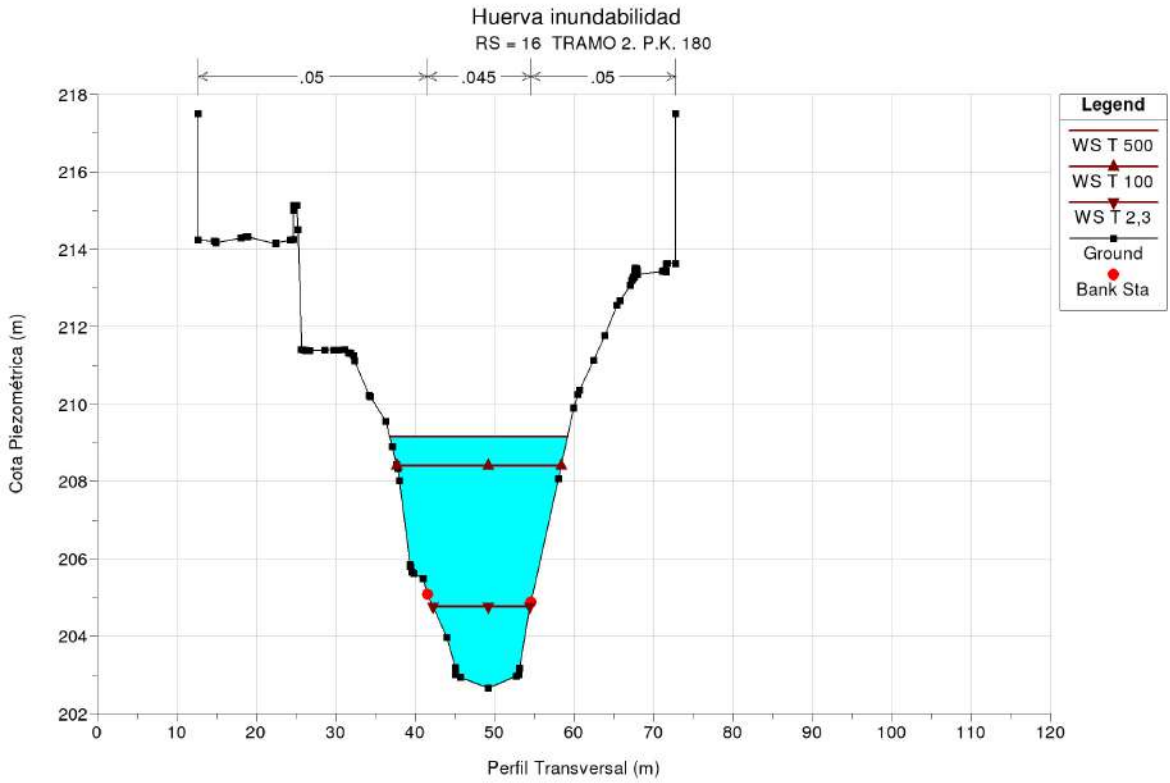
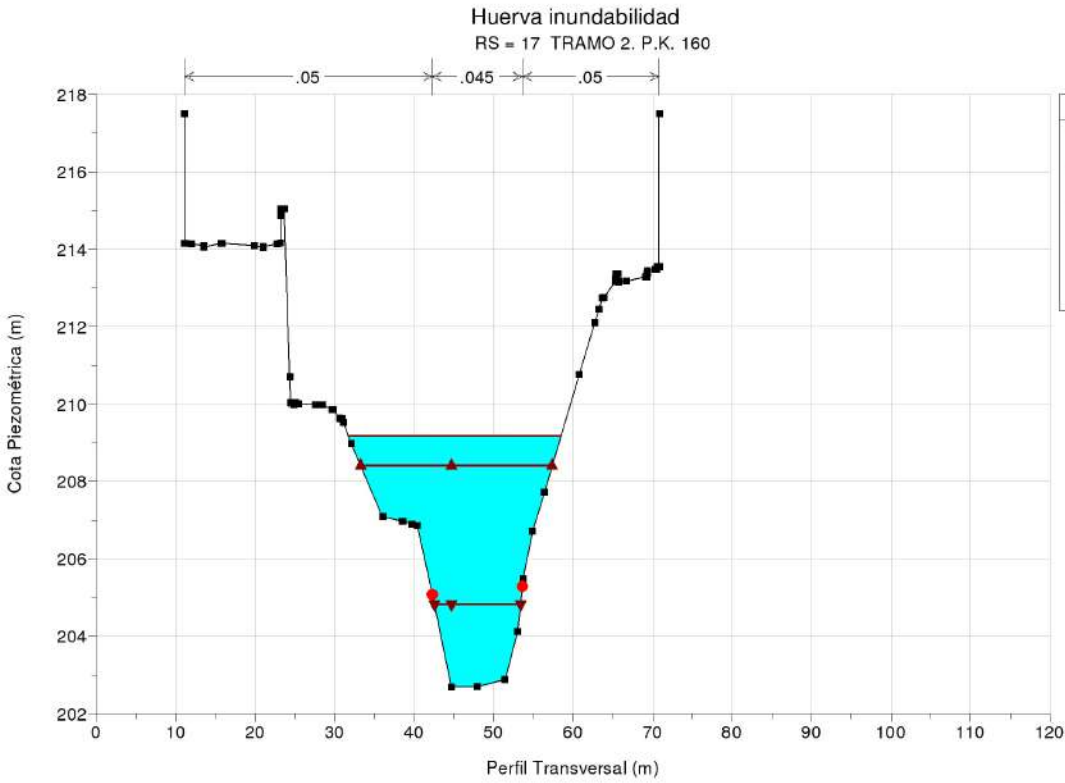
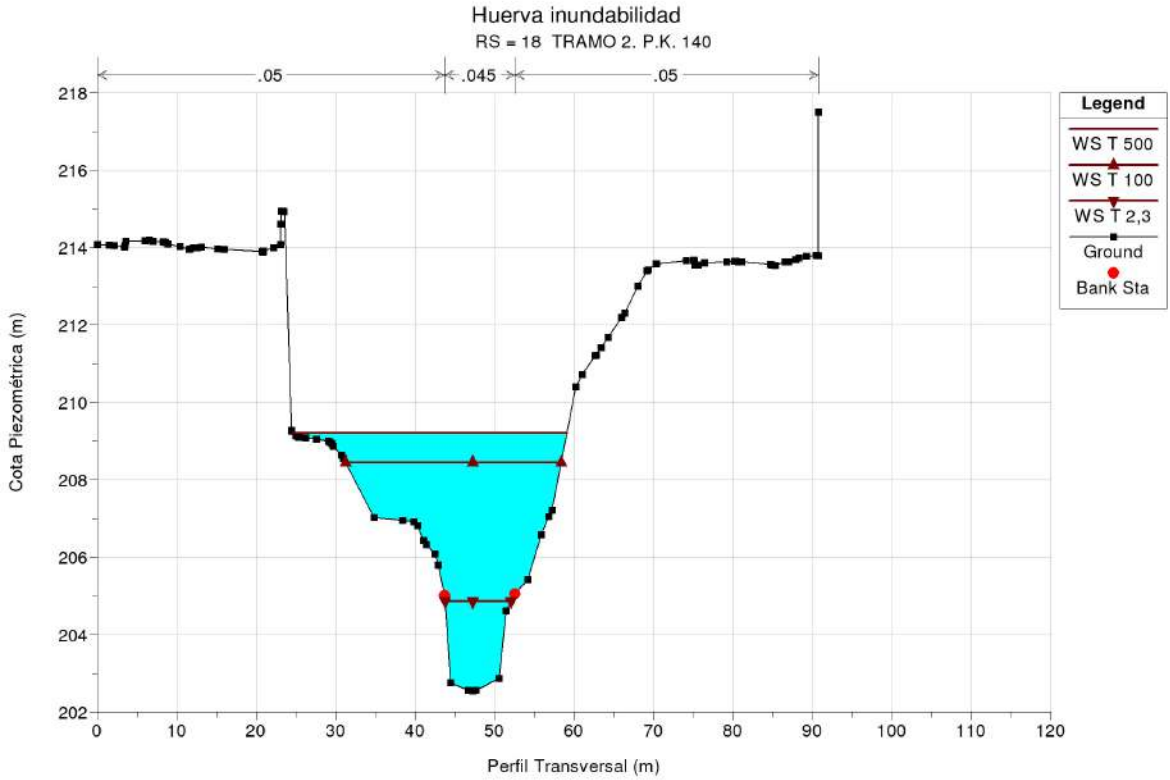
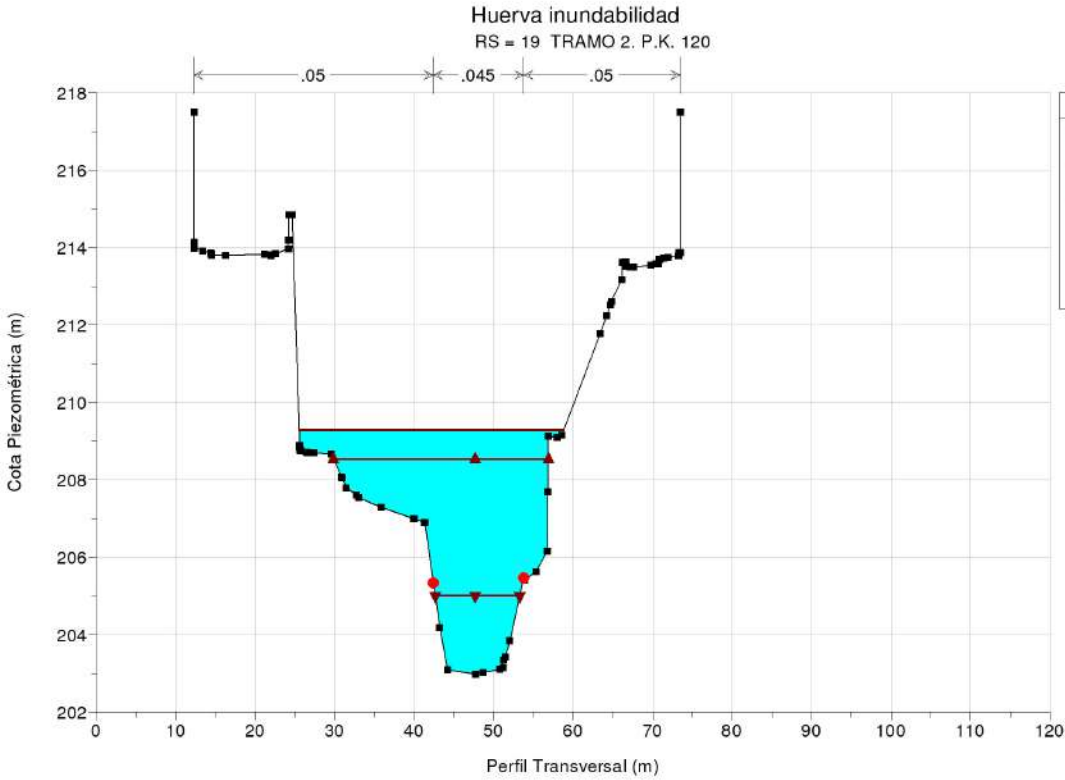


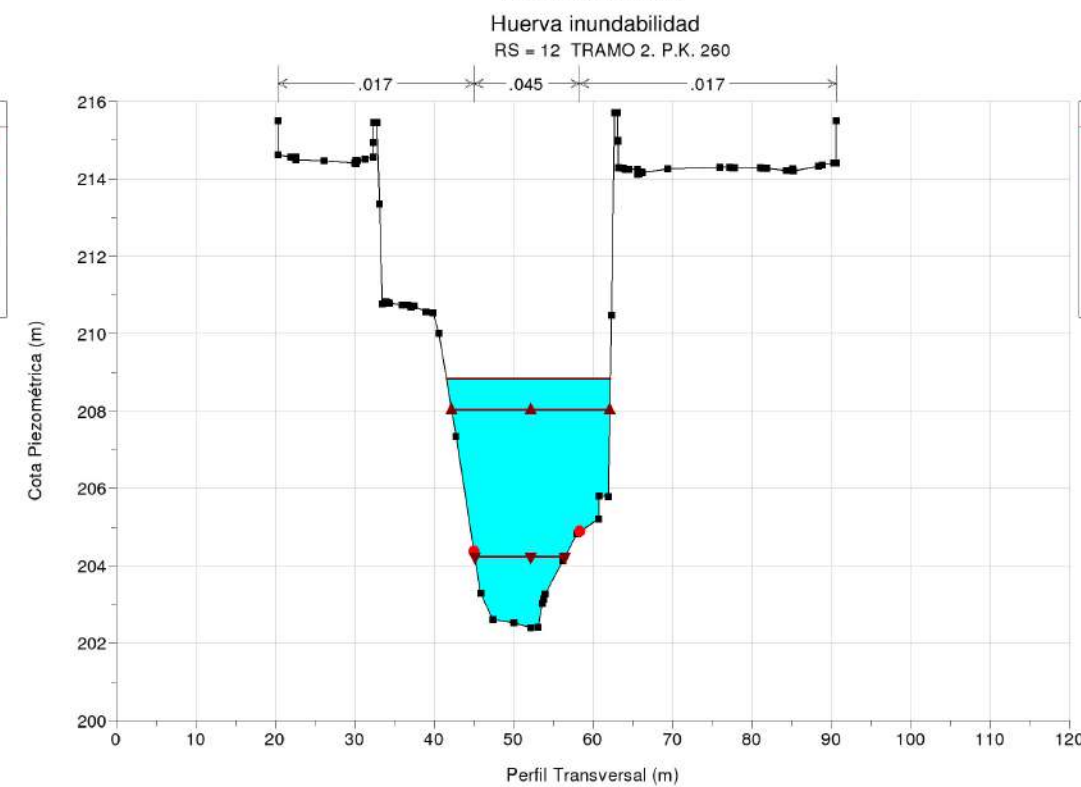
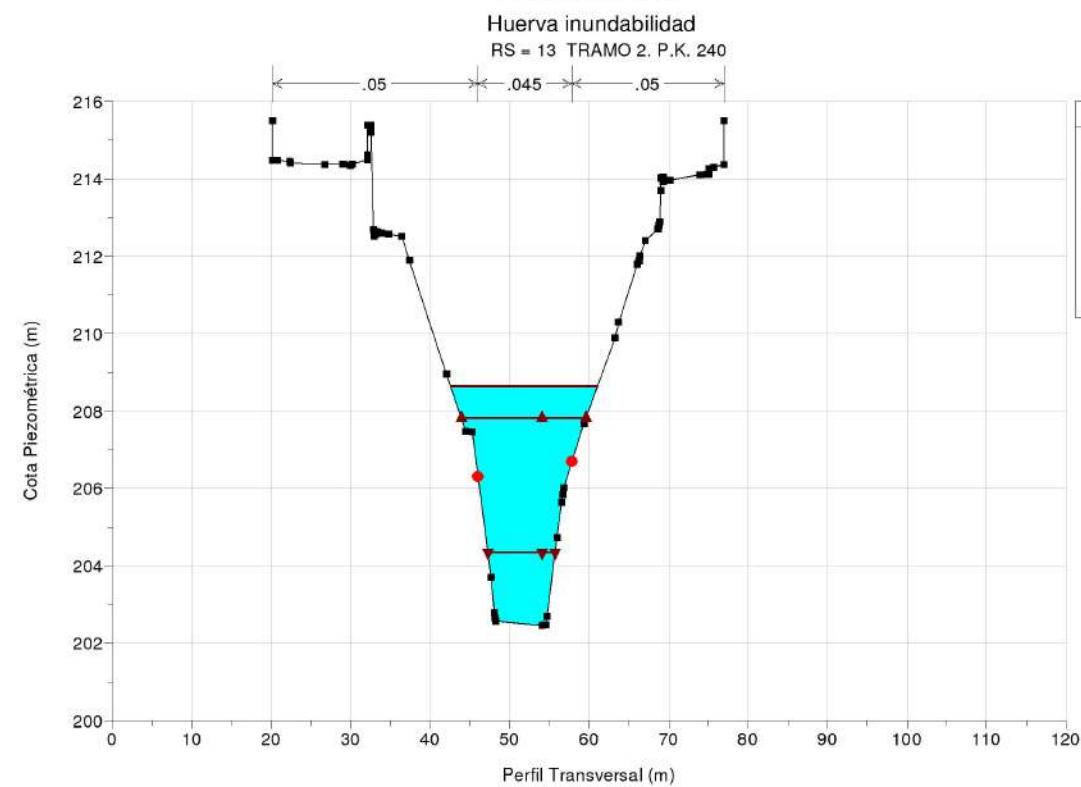
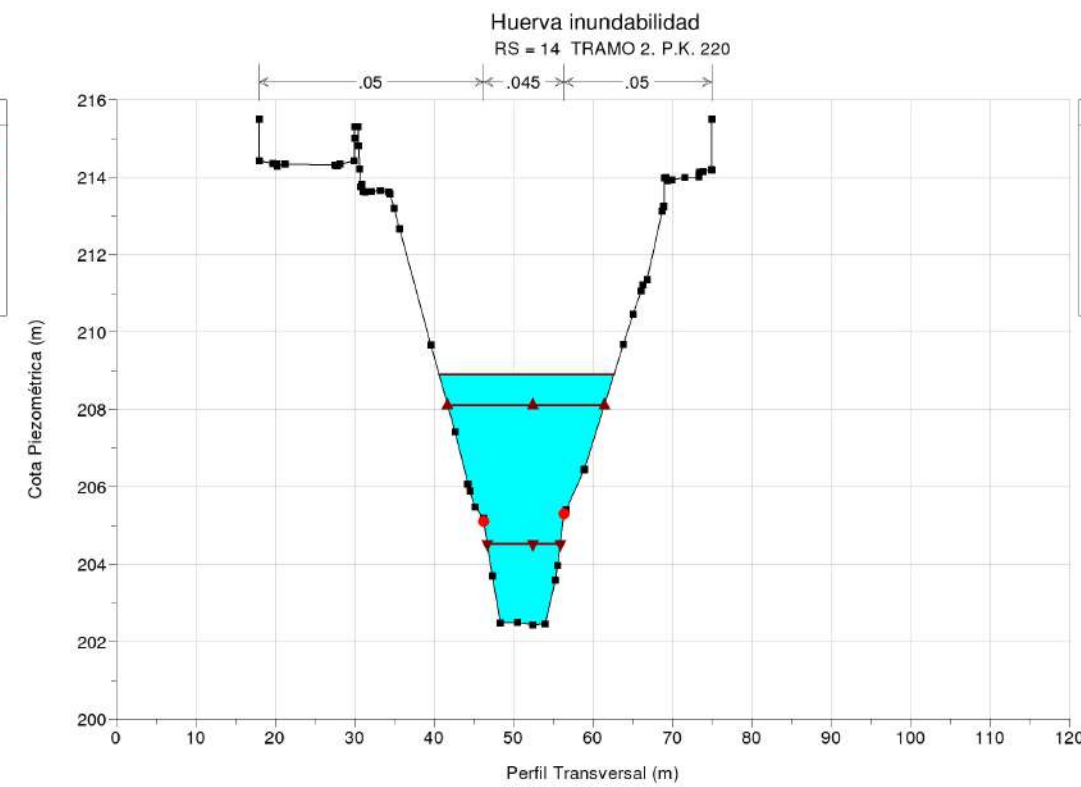
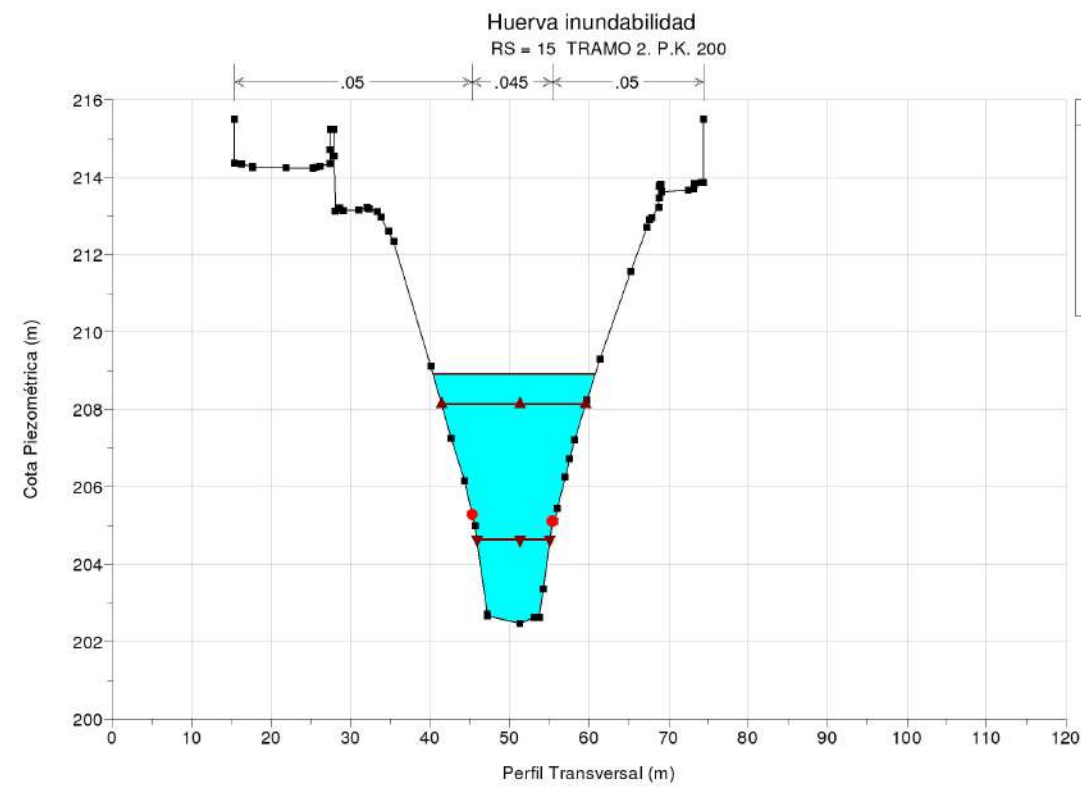


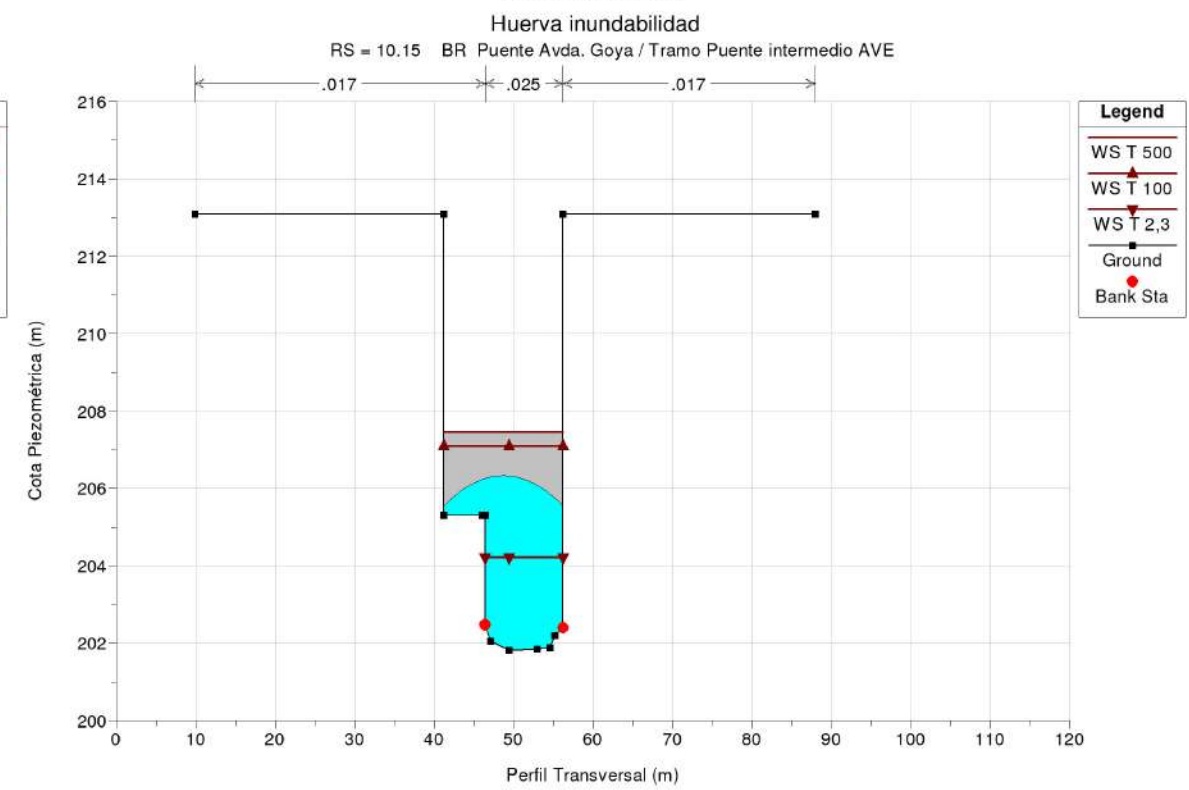
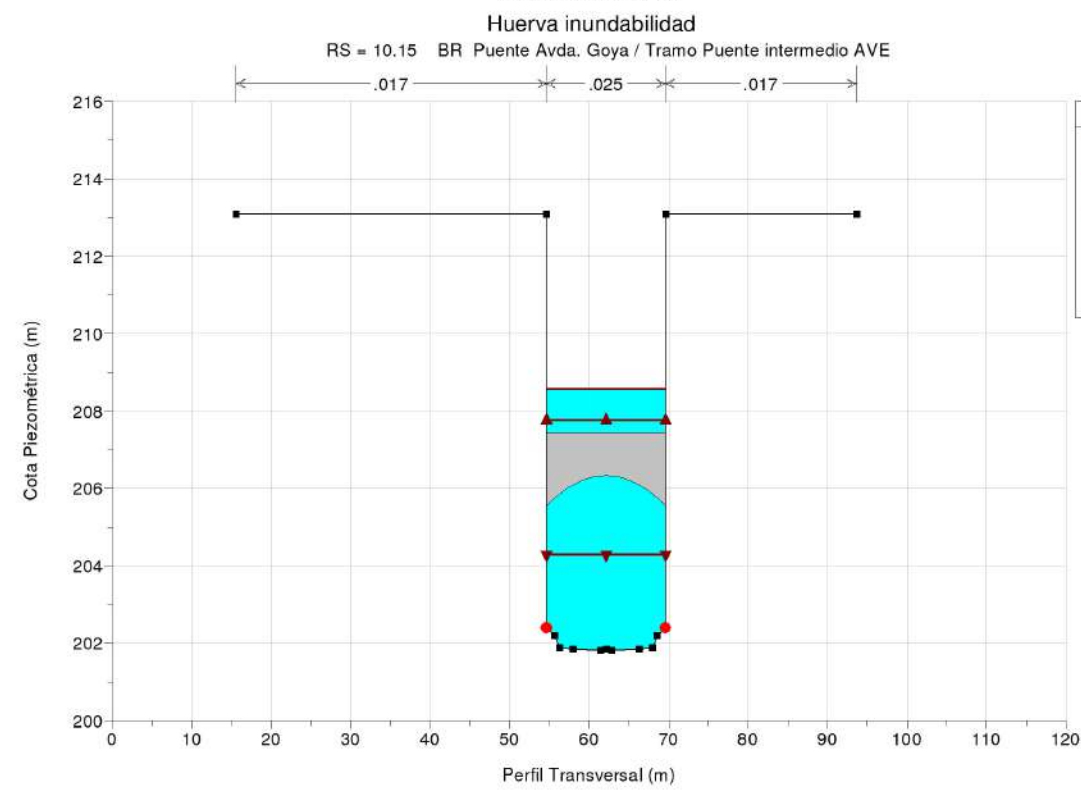
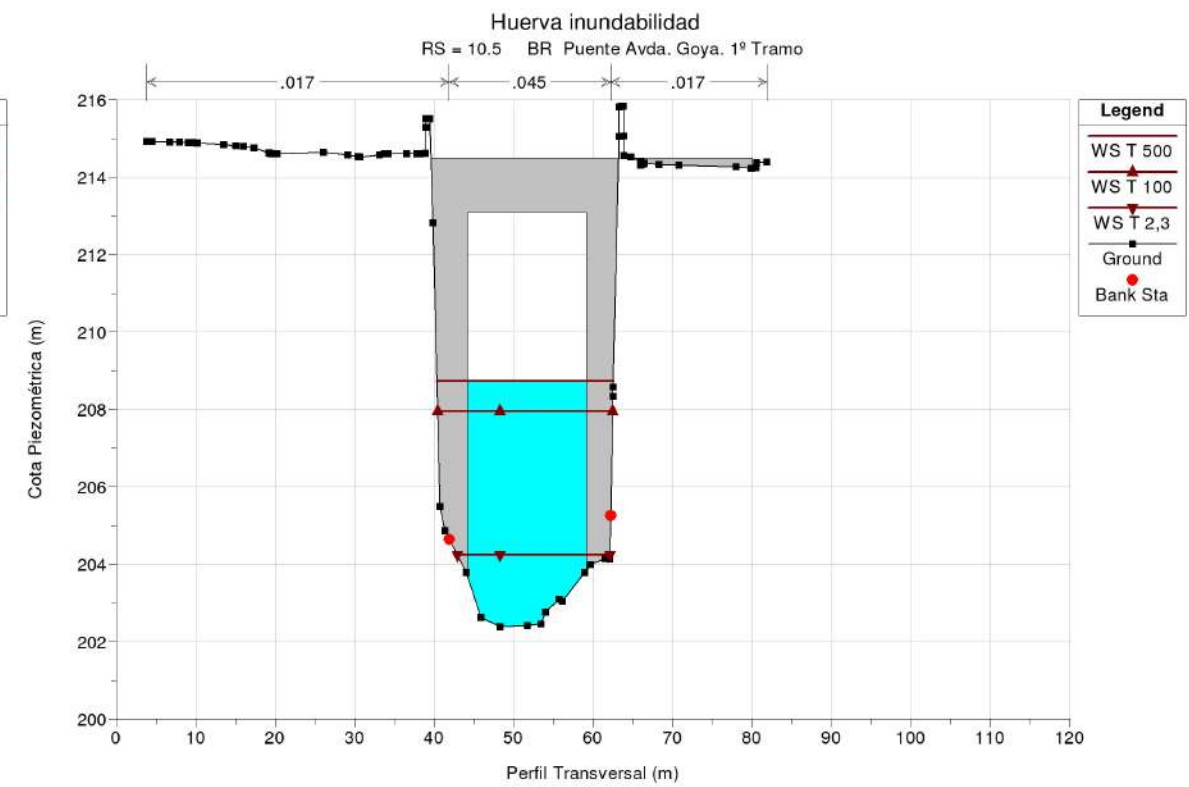
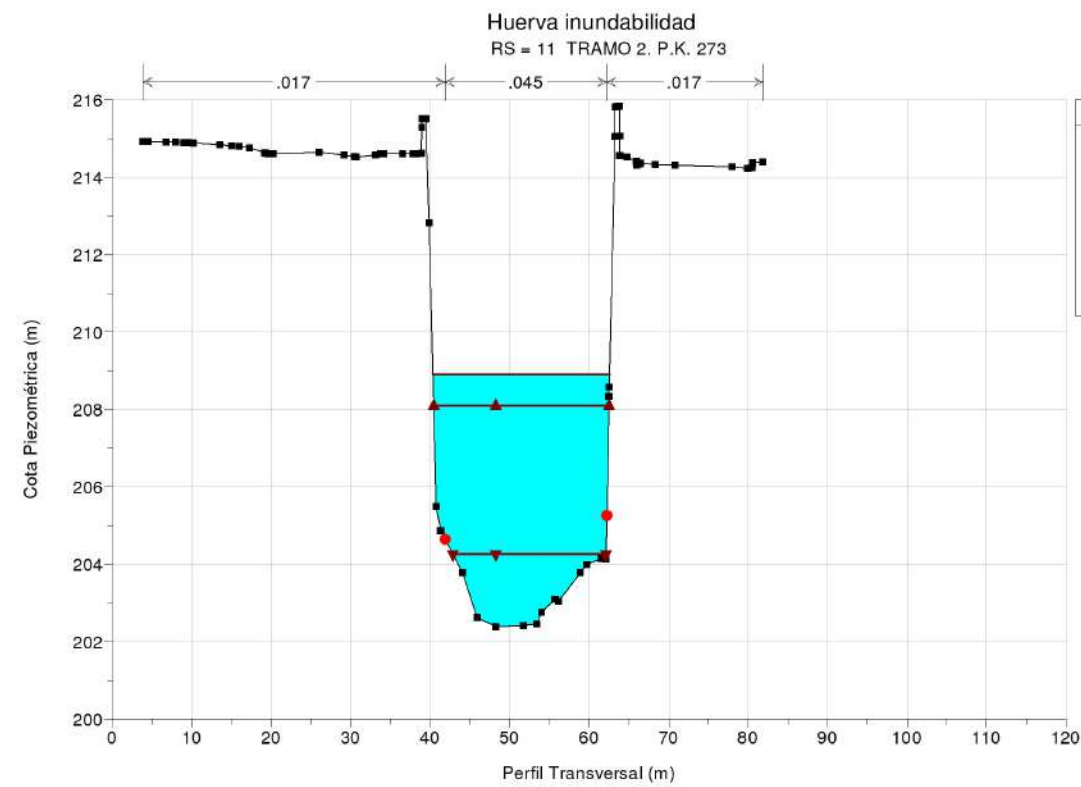


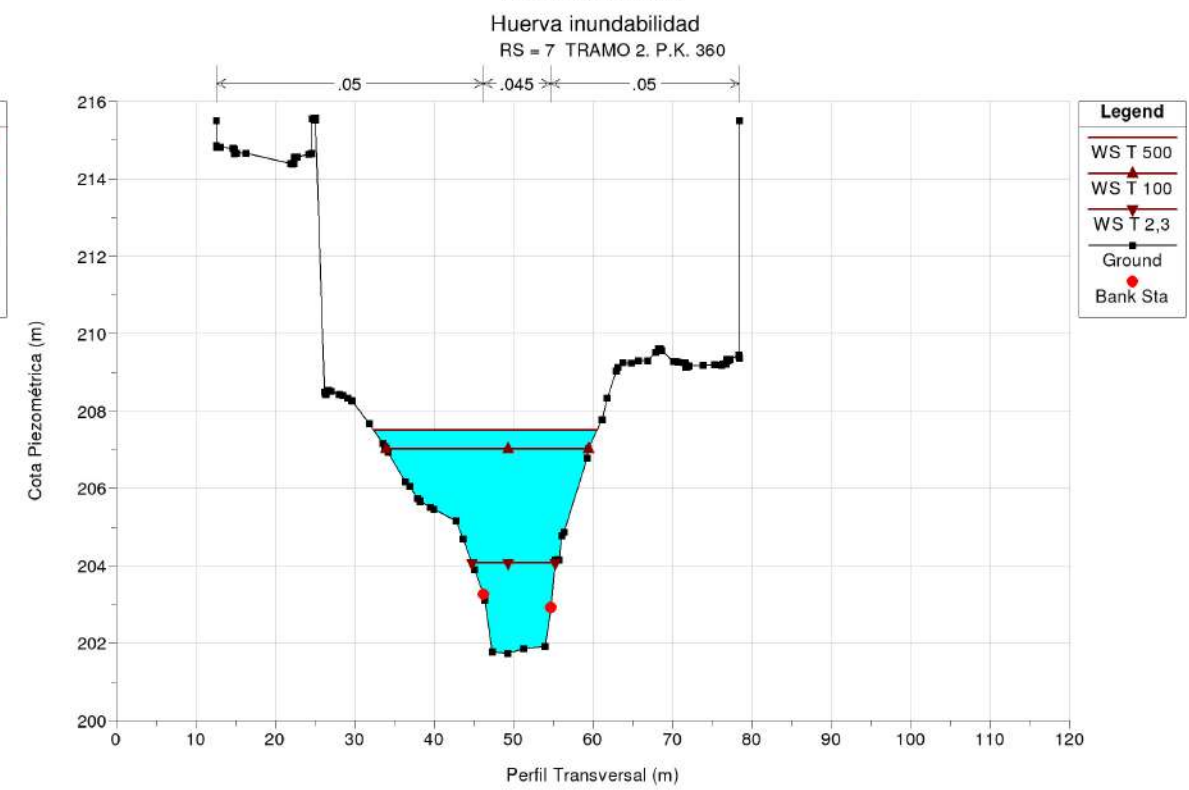
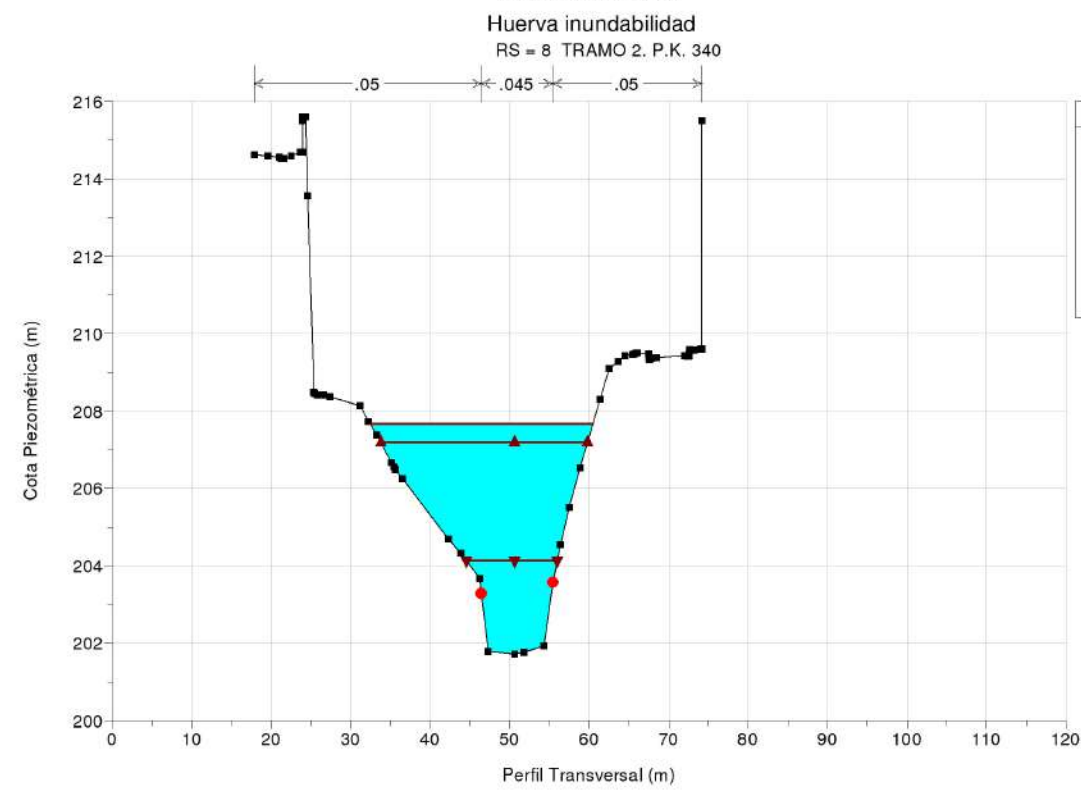
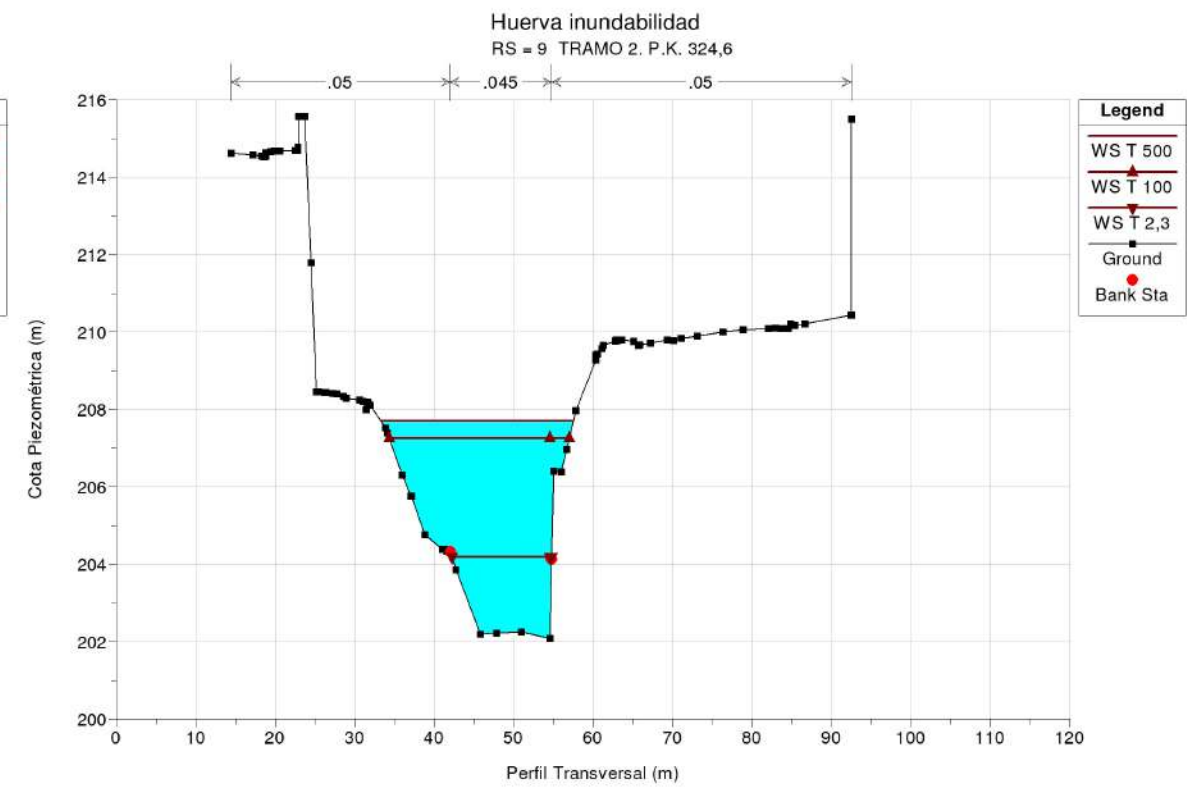
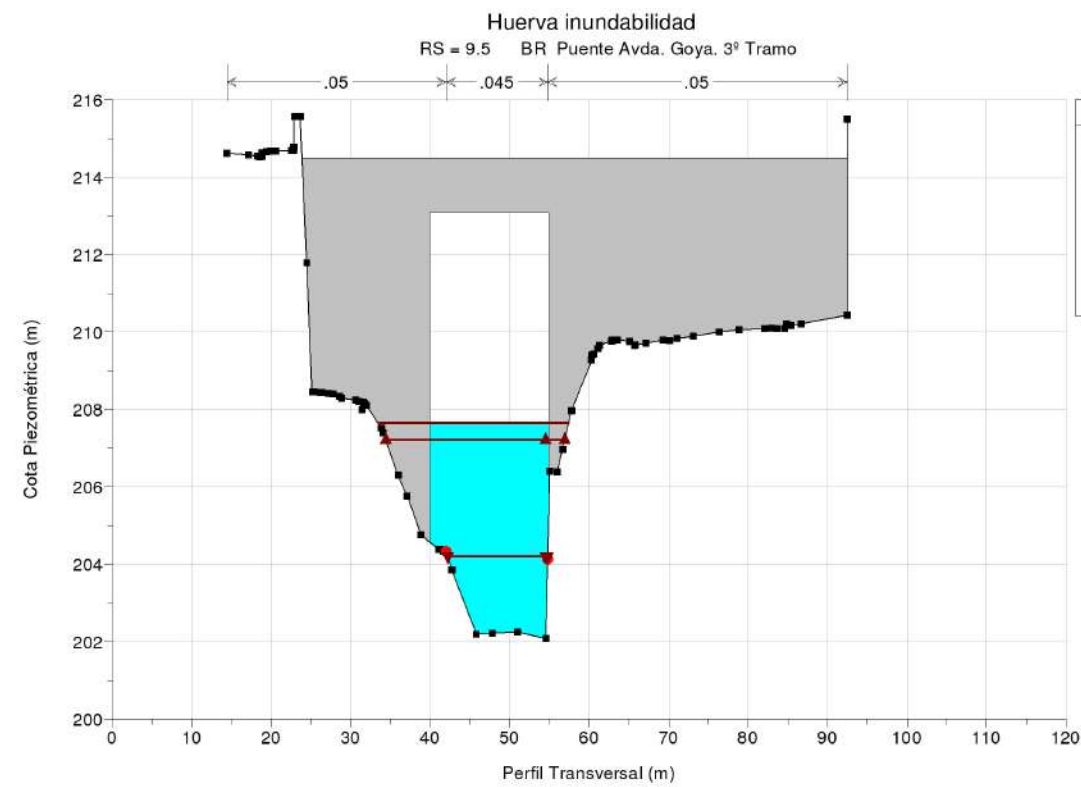


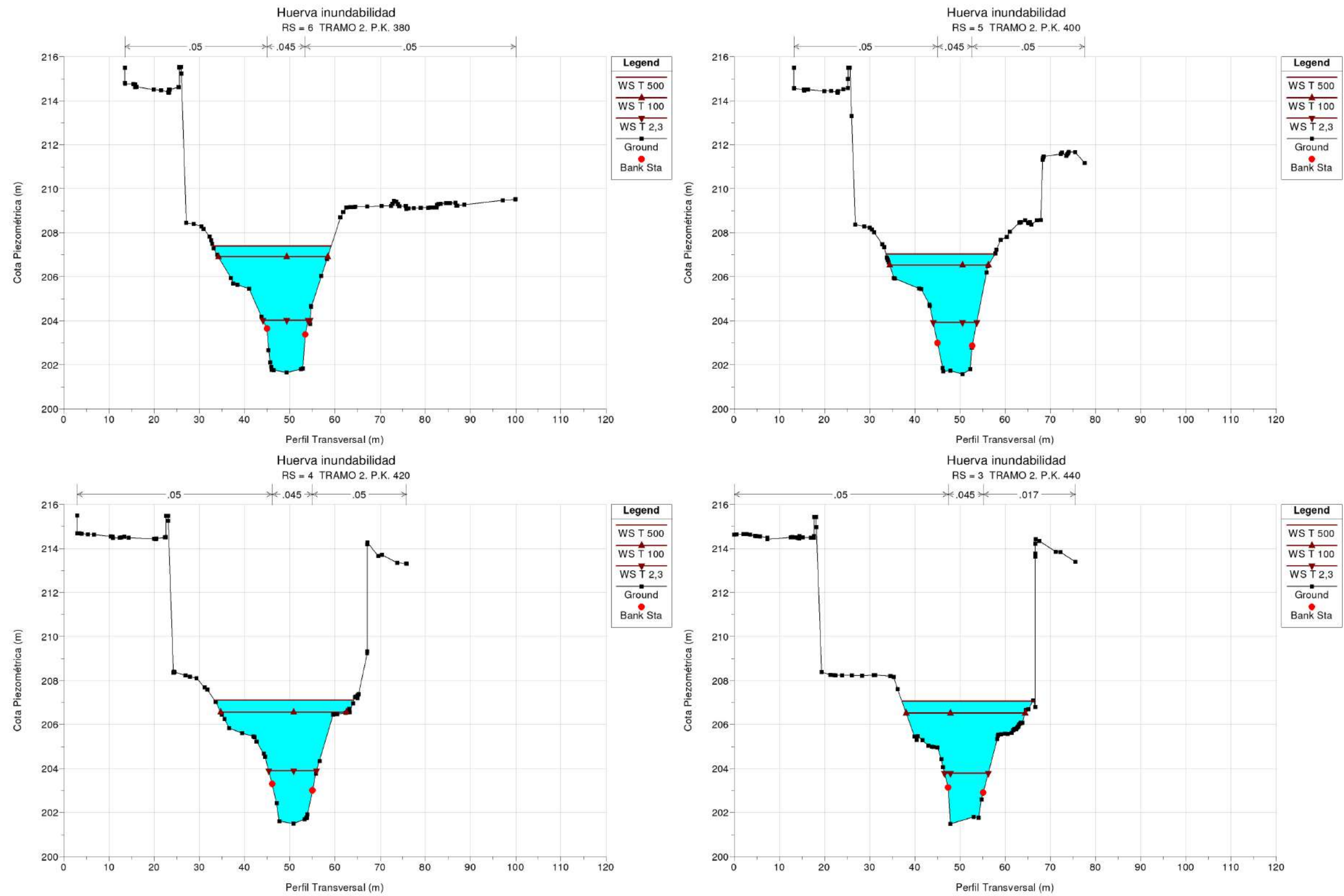


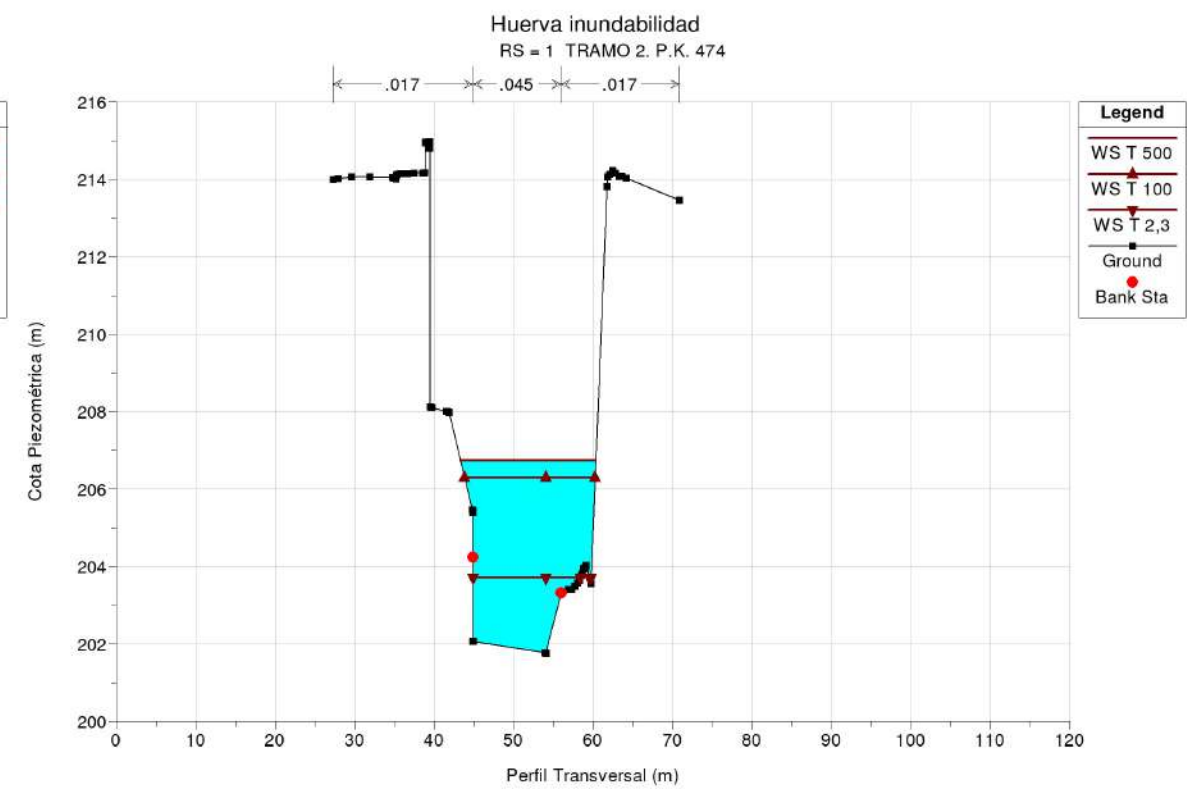
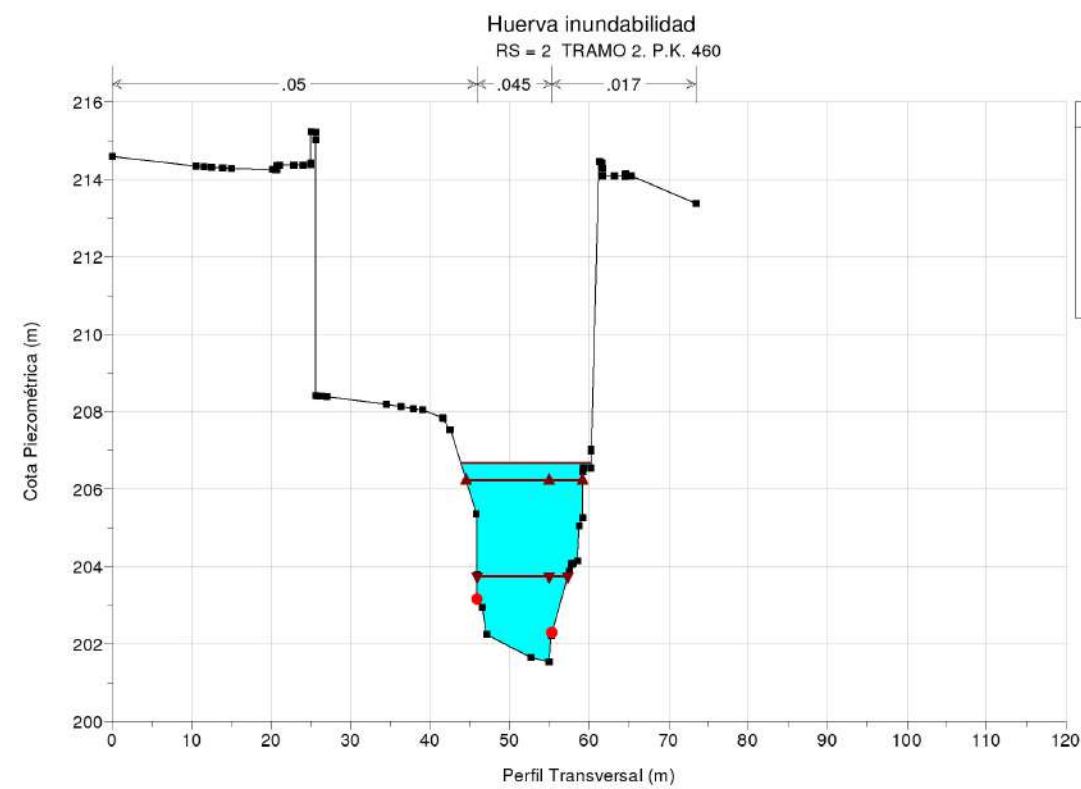




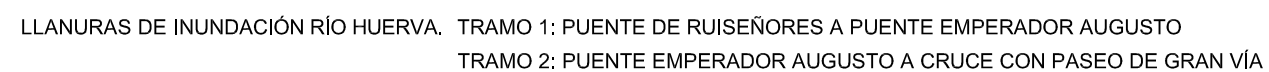
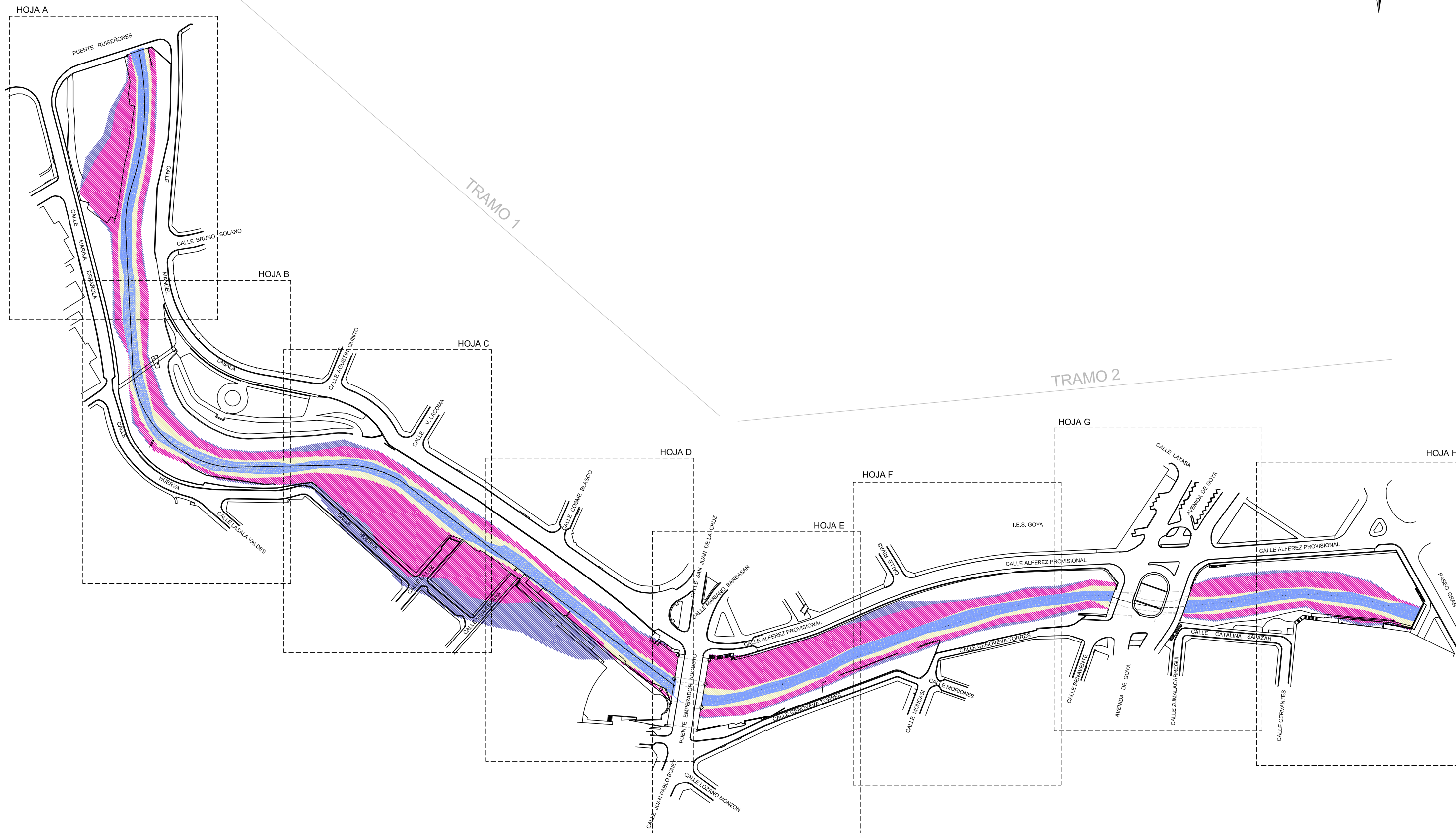




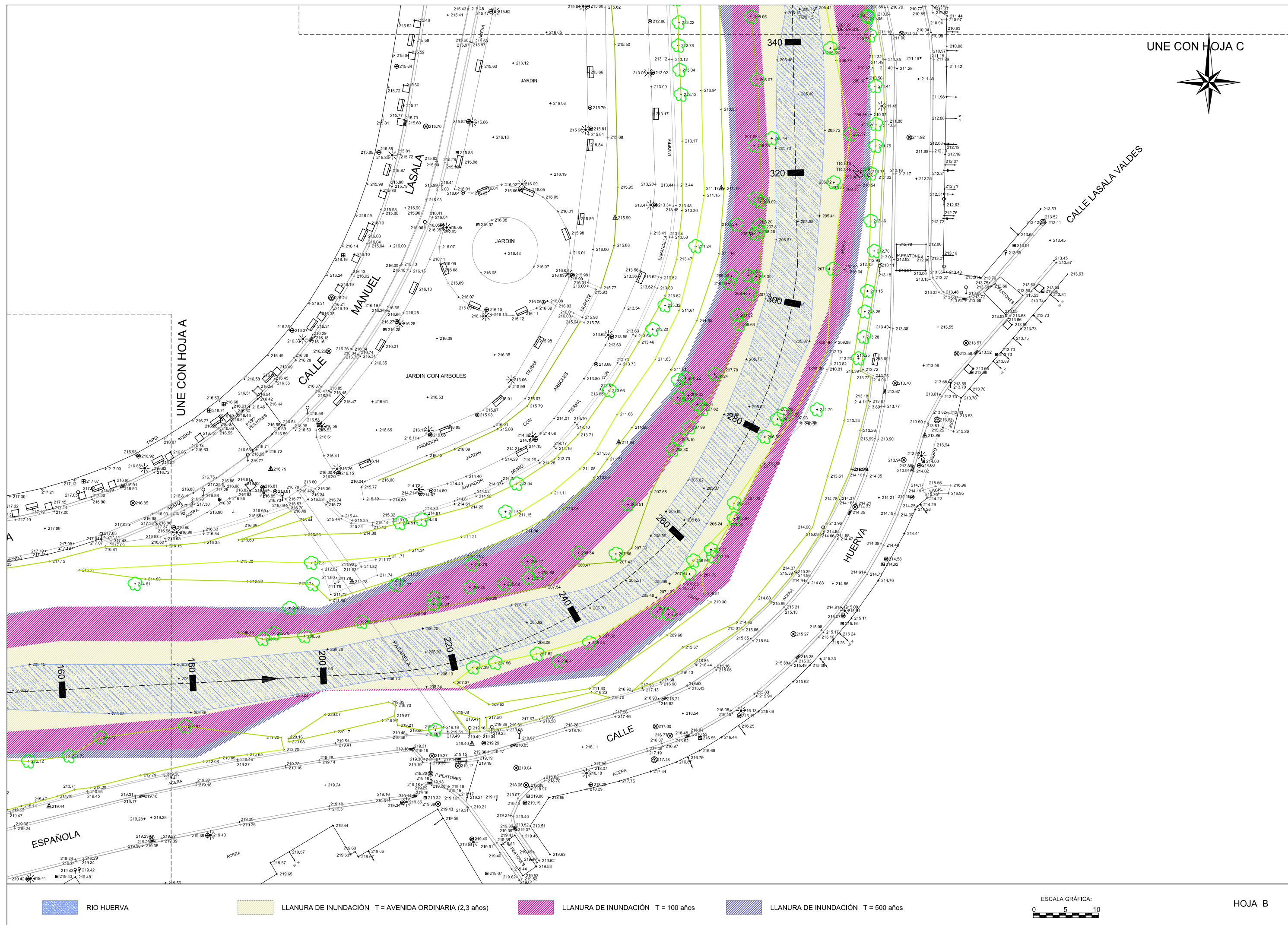


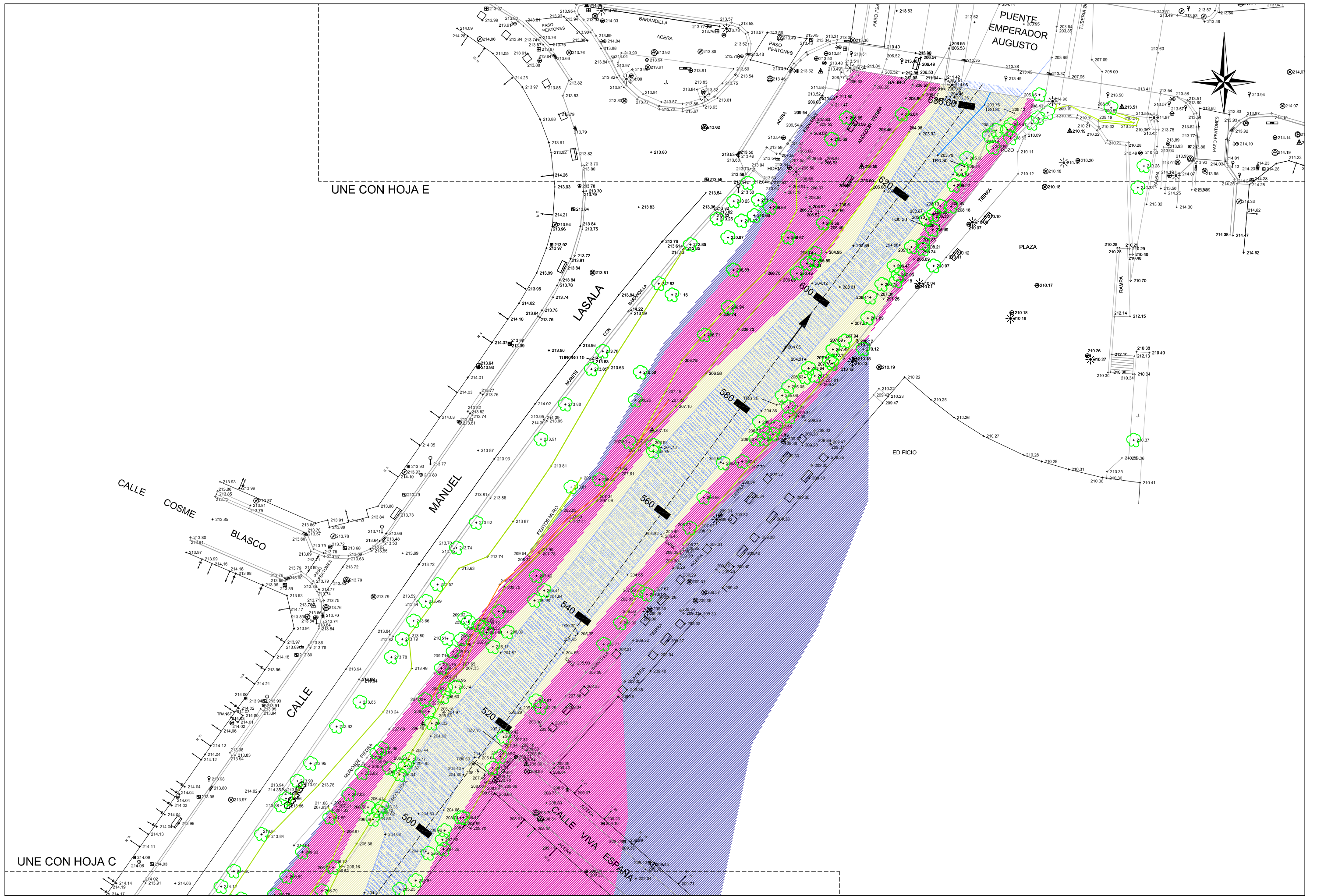


4.4.3.- Reflejo en la planta actual de actuaciones de la llanura de inundación



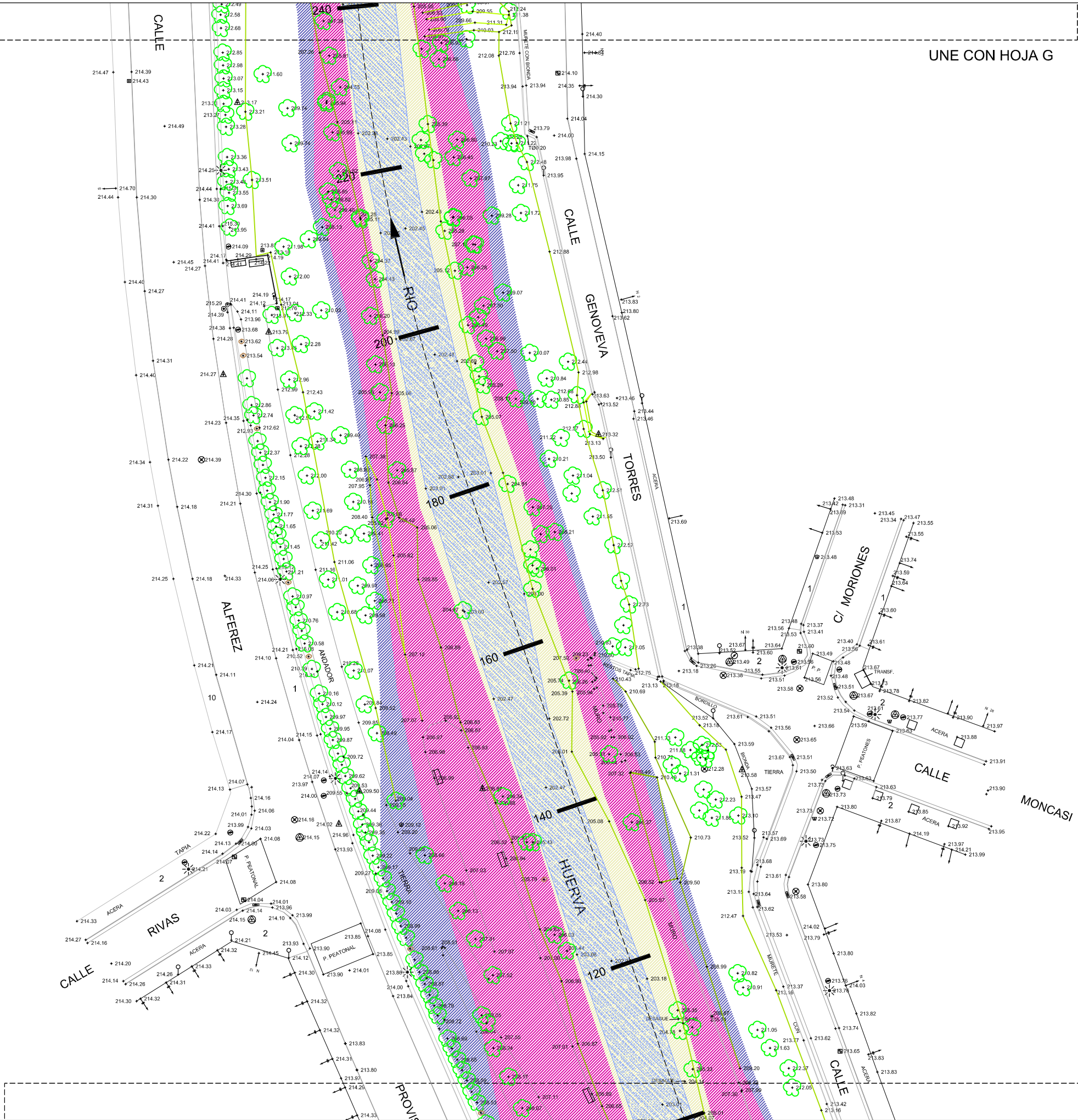






I.E.S. GOYA

UNE CON HOJA G



RIO HUERVA

LLANURA DE INUNDACIÓN T = AVENIDA ORDINARIA (2,3 años)

LLANURA DE INUNDACIÓN T = 100 años

LLANURA DE INUNDACIÓN T = 500 años

ESCALA GRÁFICA:
0 5 10

HOJA F



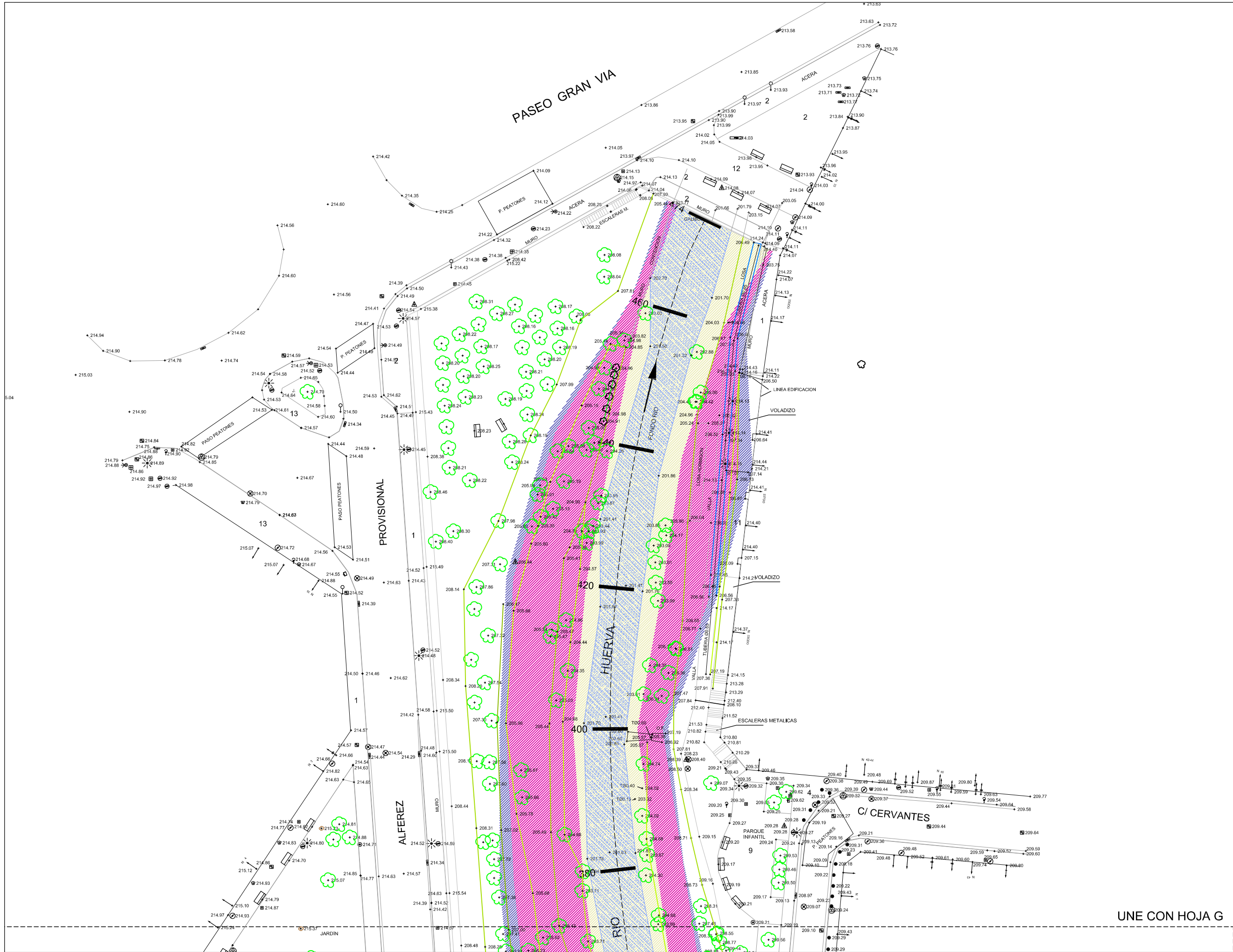
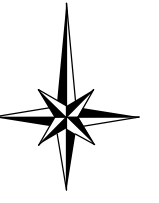
RIO HUERVA

LLANURA DE INUNDACIÓN T = AVENIDA ORDINARIA (2,3 años)

LLANURA DE INUNDACIÓN T = 100 años

LLANURA DE INUNDACIÓN T = 500 años

ESCALA GRÁFICA:
0 5 10



RIO HUERVA

LLANURA DE INUNDACIÓN T = AVENIDA ORDINARIA (2,3 años)

LLANURA DE INUNDACIÓN T = 100 años

LLANURA DE INUNDACIÓN T = 500 años

ESCALA GRÁFICA:
0 5 10

HOJA H

4.5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

De un análisis pormenorizado de los resultados se derivan las siguientes conclusiones:

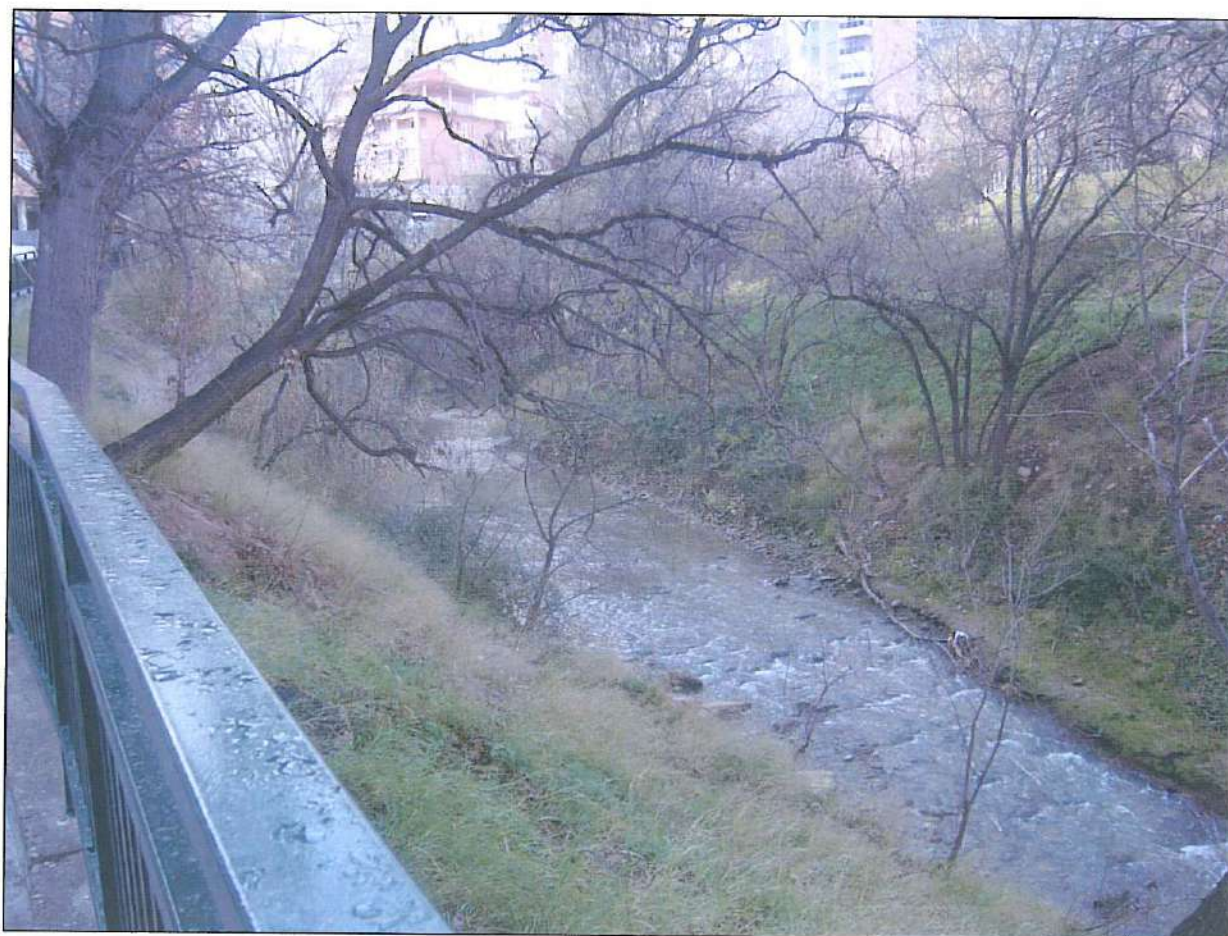
- En el Tramo nº1, en el tramo comprendido entre el p.k. 360 y p.k. 600, se observa un posible desbordamiento en la margen derecha para las avenidas de período de retorno de 100 y de 500 años, que afectaría a la calle Huerva con régimen laminar y una cota teórica de 0,50 metros.
Se recomienda que las actuaciones en esa zona se encaminen al aumento de la sección hidráulica de desagüe.
- En el Tramo nº2, desde el puente Emperador Augusto al cruce con el paseo de Gran Vía, el curso del Huerva atraviesa otro puente, el la Avda. Goya, con un paso inferior para ferrocarril en el p.k. 300, se puede observar que las avenidas de período de retorno de 100 y de 500 años alcanzan la cota de dicha estructura del ferrocarril.

Como conclusión general a este estudio se determina que el modelo de simulación teórica es coherente con la realidad, es decir, el resultado teórico de aumento de calado en los perfiles transversales y por consiguiente, los resultados de la mancha de inundación, se corresponden con apreciaciones visuales de avenidas conocidas.

Se sabe por medio del Área de Hidrología y Cauces de la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro, que el caudal máximo instantáneo en este tramo del río Huerva en el año 2003 fue de 140 m³/s, conociéndose además las cotas máximas de calado para dicho caudal. También se sabe que un caudal de 140 m³/s estuvo a punto de tocar la estructura del paso inferior para ferrocarril en el p.k. 300 (siendo este caudal inferior a T = 100 años).

Después de desarrollar un modelo teórico en las mismas condiciones que la avenida máxima del año 2003, se obtienen unos resultados prácticamente idénticos. De todas maneras, se trata de un modelo teórico que hay que tenerlo en cuenta con lógica prudencia.

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LOS
TERRENOS INCLUIDOS EN EL ENTORNO DEL RÍO
HUERVA, TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL PUENTE DE
RUISEÑORES (PUENTE BLASCO DEL CACHO) Y EL
CRUCE DEL RÍO HUERVA CON EL PASEO GRAN VÍA**



PETICIONARIO: TRAGSATEC

INFORME: 00357

FECHA INFORME: MARZO DE 2007

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES
2. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA
3. RECOPIACIÓN DE DATOS EXISTENTES
4. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES
5. CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS AL DESARROLLO DEL PROYECTO
6. ZONIFICACIÓN DEL TRAMO Y PROPUESTA DE PROSPECCIONES

ANEXOS

I.- PLANOS DE PROYECTO Y LOCALIZACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

II.- DATOS RECOPIADOS

III.- REPORTAJE FOTOGRÁFICO

1. ANTECEDENTES

La empresa TRAGSATEC, ingeniería redactora del proyecto de ***"Adecuación de las márgenes y riberas del río Huerva, entre el puente de Ruiseñores (Puente Blasco del Cacho) y el cruce del río Huerva con el Paseo Gran Vía, en Zaragoza"***, encarga a INCOSUMA, S.L. la redacción de un informe previo acerca de las características geológicas y geotécnicas de las zonas afectadas por dicho proyecto. El ámbito de actuación del mismo corresponde a las dos márgenes del río Huerva, en un tramo claramente urbano.

Como documentos de partida se tienen una serie de ideas plasmadas en un estudio previo denominado "Planificación de actuaciones en el río Huerva" del Ayuntamiento de Zaragoza, correspondiente al año 2005.

Este estudio indica que los proyectos que se desarrollen en este tramo deben perseguir una serie de objetivos como son:

- Dar continuidad a los caminos peatonales de ribera aumentando las actuales anchuras e incluso conformar plataformas en voladizo en zonas singulares.
- Acercar las riberas a los viarios existentes salvando las actuales barreras que en forma de muro casi siempre limitan ambos espacios. Se incluye aquí la eliminación de obstáculos visuales como paramentos, vallas opacas, etc.
- Plantación con especies típicas de ribera y eliminación de parte del arbolado de hoja perenne que oculta permanentemente el cauce.
- Potenciar la conexión entre las dos márgenes.
- Aumentar la permeabilidad del eje con su entorno, especialmente en la zona de la Plaza San Francisco.

Para ello y como una aproximación de ideas indica que las posibles actuaciones se centrarían en los siguientes puntos:

- Conexión peatonal bajo el puente de Ruiseñores
- Plataformas voladas en la zona de Manuel Lasala y margen derecha entre el Puente del Emperador Augusto y el cubrimiento del Huerva
- Remodelación de la calle Manuel Lasala y peatonalización de las calles Bruno Solano y Ventura Lacota para potenciar la conexión con la Plaza San Francisco.
- Conectar las dos márgenes mediante pasarela y plaza en la zona de la calle La Luz
- Creación de rampas para acceso a la margen izquierda del cauce entre la calle San Juan de la Cruz y el cubrimiento (Gran Vía).

A partir de estos datos y actuaciones se desarrollarán dos anteproyectos para el acondicionamiento de las riberas dividiendo el tramo en dos:

- Zona entre el puente de Ruiseñores y el del Emperador Augusto
- Zona entre el puente del Emperador Augusto y el cruce del río Huerva con el Paseo Gran Vía

Para llevar a cabo la redacción del presente informe se ha consultado la bibliografía y cartografías geológicas y temáticas existentes sobre la zona de estudio, se han recuperado los reconocimientos geotécnicos realizados por diversas empresas junto al río Huerva en este

tramo y se ha realizado una visita a la zona de proyecto para observar los posibles afloramientos de terreno natural, y problemáticas geotécnicas asociadas, complementado con una serie de fotografías ilustrativas.

En el momento actual la accesibilidad a la zona más próxima al cauce del proyecto es discontinua. En la margen derecha es casi imposible el acceso al cauce pero en la margen izquierda hay una accesibilidad casi total lo que permite en muchos casos una buena observación de las características de los terrenos que aparecen en la otra margen.

Cabe reseñar finalmente que este documento se trata de un informe previo para un entorno en el que las actuaciones definitivas no están desarrolladas ni situadas en su posición final por lo que habrá que realizar estudios concretos (calicatas, sondeos, etc.) conforme se desarrollen los anteproyectos comentados.

2. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA

2.1. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS DEL ÁREA

El área estudiada se localiza en el sector central de la Cuenca del Ebro, formada ésta por los aportes sedimentarios procedentes de las tres cordilleras que la enmarcan (Pirineo, Cordillera Ibérica y Cadenas Costero-Catalanas). Se encuentra rellena por materiales de edad terciaria, sedimentados en ambientes marinos al comienzo del Terciario y continentales a partir de finales del Eoceno. Estos últimos depósitos abarcan desde facies de abanicos aluviales en los márgenes de la cuenca (sedimentos detríticos gruesos) hasta facies de playa-lake en el centro de la misma (con depósitos carbonatados, yesíferos y halíticos).

La Formación Zaragoza es la formación yesífera más importante de todo este sector de la Depresión. Fue definida por QUIRANTES (1978), quien diferencia varios grupos según la zona considerada. En el sector de Zaragoza nos encontramos con yesos masivos, concrecionales y nodulosos de tonos blanquecinos y blanco-grisáceos, con pequeñas intercalaciones de lutitas, margas y calizas margosas blancas (MANDADO, 1987). Es frecuente también encontrar en ellos pequeños niveles de anhidrita, epsomita y halita.

Desde el comienzo del Cuaternario se produjo la instalación y jerarquización de la red fluvial. Este hecho produjo la erosión de los materiales terciarios y una sedimentación aluvial muy importante, por un lado ligada directamente al Ebro y sus afluentes (terrazas fluviales), y por otro lado controlada por los relieves terciarios circundantes y enlazando estos con los cursos fluviales (glacis).

Son varios los niveles de glacis y terrazas escalonados que se desarrollan como consecuencia de etapas alternantes de erosión y aluvionamiento. En el tramo comprendido entre los valles del río Jalón y del río Huerva se encuentran hasta ocho distintos niveles de terraza (SORIANO, 1990). Las terrazas se encuentran desarrolladas perfectamente en la margen derecha del río Ebro, mientras en la izquierda afloran sedimentos terciarios, lo cual confiere al valle una clara asimetría. Los tres niveles de terraza más recientes del río (T_1 , T_2 y T_3) tienen una gran continuidad desde la desembocadura del río Jalón hasta la ciudad de Zaragoza. Su altura relativa sobre el cauce actual del río Ebro es de 3 a 6, 10 a 14 y 29 a 34 m, respectivamente (SORIANO, 1990).

En toda la zona estudiada los depósitos de terraza recubren completamente el Terciario, de forma que éste no aflora en ningún punto, situándose los afloramientos más próximos en el barrio de Juslibol, al norte de la autopista A-2. A grandes rasgos los sedimentos fluviales cuaternarios están constituidos por alternancias de niveles de arenas, limos y gravas, predominando claramente éstos últimos materiales.

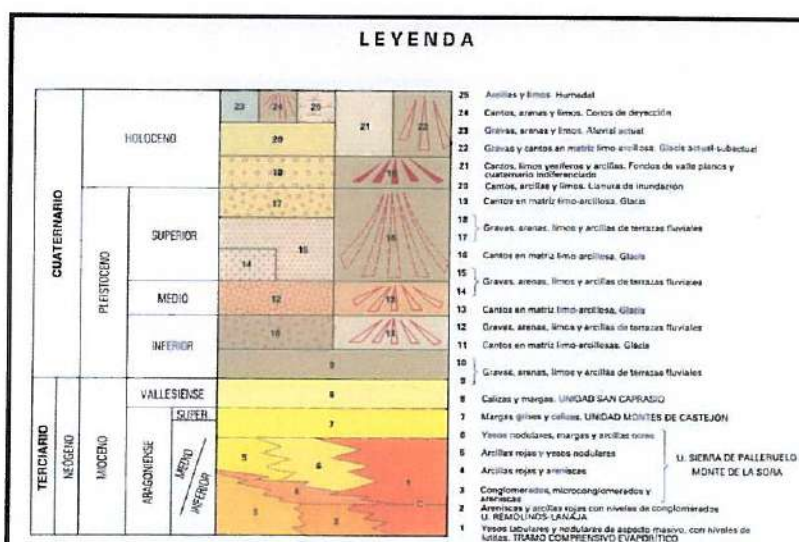
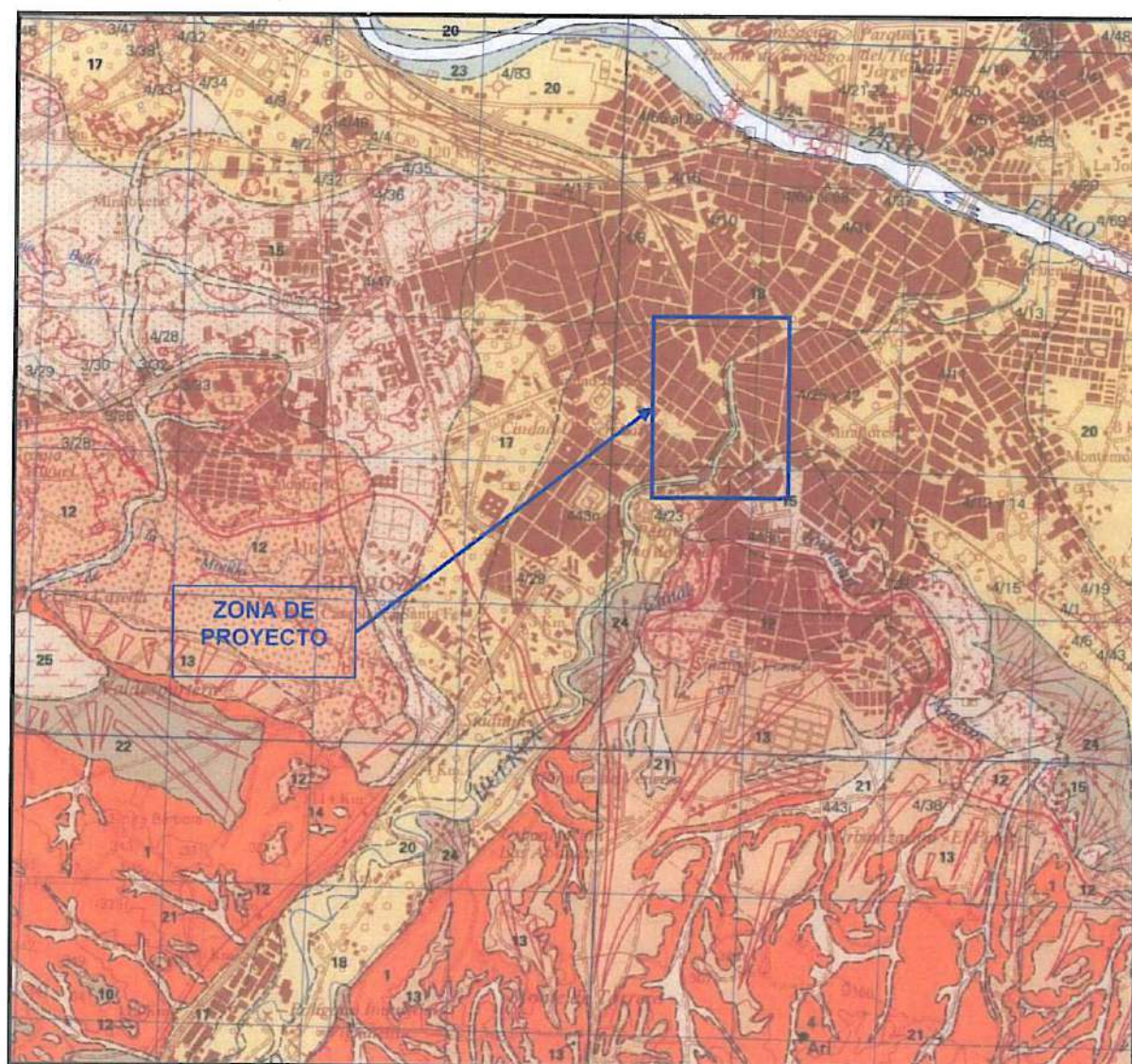
En la terraza más moderna (T_1) hay un aumento importante del contenido en lutitas (limos y arcillas). La composición de los cantos es heterogénea: cuarcitas, calizas mesozoicas, calizas neógenas, areniscas, etc., y su tamaño variable desde 2 hasta 25 cm. Presentan estructuras sedimentarias tales como estratificación cruzada planar y en surco, imbricación de cantos y, en ocasiones, mineralizaciones de Fe y Mn. La potencia total de estas terrazas es muy variable, oscilando entre los 3-4 m de la T_1 en Casetas y los 55 m en alguna zona del nivel T_3 .

En el centro de la cuenca del Ebro, y concretamente en el entorno de Zaragoza, el sustrato terciario muestra una estructura geológica con capas subhorizontales o con buzamientos muy

suaves. En alguna zona concreta se aprecian débiles basculamientos y plegamientos de los materiales del techo de la serie carbonatada miocena, y también fracturas y fallas normales (sobre todo en el sector de La Muela) causadas por la tectónica distensiva regional (GUTIÉRREZ *et al*, 1986).

A mayor escala, la observación de imágenes de satélite permite distinguir claramente dos familias de lineamientos que atraviesan sobre todo los materiales neógenos, pero que también afectan al Cuaternario (ARLEGUI y SORIANO, 1996; 1998). En esta región hay un dominio importante de la familia NW-SE. Los valles que arrancan de la Muela y desembocan en el río Huerva son el claro ejemplo del control que ejerce esta directriz estructural. Así mismo aparece otra directriz NE-SW, que condiciona muchos de los valles que arrancan de la Muela y se dirigen al norte.

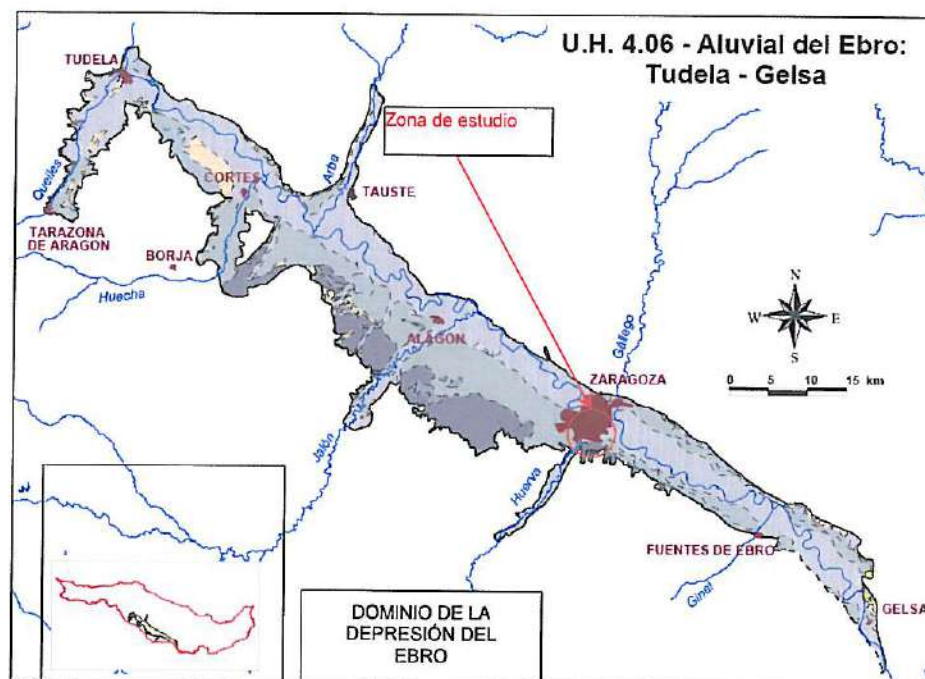
En las páginas siguientes se recogen los mapas geológicos y geomorfológicos de la zona estudiada, con las diferentes alternativas de estudio y con los rasgos más sobresalientes. Se han completado estos mapas en lo que hace referencia a los meandros abandonados, aprovechando para ello diversas cartografías consultadas .



CARACTERIZACIÓN GEOCOMPENDIDO ENTRE EL PUENTE DE RUISEÑORES (PUENTE BLASCO DEL CACHO) Y EL CRUCE DEL RÍO HUERVA CON EL PASEO GRAN VÍA.

2.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

Todos los materiales cuaternarios del relleno de la zona central de la Cuenca del Ebro (glacis y terrazas) constituyen en su conjunto un solo acuífero regional libre que hidrogeológicamente se sitúa en el dominio hidrológico del Ebro, y más concretamente en la "Unidad Hidrológica 4.06: Tudela-Gelsa". En esta unidad los niveles acuíferos están asociados a los materiales aluviales del río Ebro-Huerva (gravas y arenas). En la figura siguiente se muestra un esquema del dominio hidrológico del entorno de la zona de estudio y la posición orientativa del ámbito del proyecto.



Su espesor es muy variable y también lo es su permeabilidad, que estará condicionada por el grado de cementación y por la granulometría de los depósitos en cada punto, y que pueden oscilar entre 100 y 1500 m/día. La porosidad eficaz estimada a partir de ensayos de bombeo ronda el 10%. Los caudales específicos medidos en algunos puntos superan los 40 l/s/m en el área de Casetas-Utebo (Terrazas T₁ y T₂), mientras que en el sector de Garrapinillos (T₃) son inferiores a 20 l/s/m.

De manera general, la superficie freática se sitúa entre una cota mínima de 190 m.s.n.m. en las proximidades del Ebro-Huerva en Zaragoza y los 220-225 m.s.n.m. de la zona al oeste de Garrapinillos. El flujo general en todo el acuífero cuaternario se dirige hacia el río Ebro y Huerva, que constituyen su nivel de base regional.

La superficie freática sufre oscilaciones periódicas en relación con los periodos de recarga y descarga. En condiciones naturales, éstos deberían estar controlados únicamente por los periodos estacionales de lluvias y los episodios de crecidas de los ríos. En esta zona tendrán una escasa incidencia los excedentes de riego.

La calidad del agua subterránea que se extrae en el entorno de Zaragoza presenta unas variaciones locales muy importantes; las cuales pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Profundidad del pozo: Cuando el pozo alcanza los niveles acuíferos miocenos la salinidad del agua presenta concentraciones superiores a los 3 g/l de sólidos totales disueltos.
- Estructura geológica: En las zonas de las terrazas en las que el acuífero tiene una transmisividad muy baja el agua subterránea puede verse obligada a circular, circunstancialmente, a través de los niveles salinos infrayacentes, aumentando así, espectacularmente su salinidad.
- Proximidad al borde miocénico: Cuando la captación afecta a una zona aluvial próxima al borde de afloramientos yesíferos del Mioceno la dilución que sobre los aportes de aguas subterráneas salinas procedentes de esas formaciones efectúan los excedentes de riego es muy pequeña, y en consecuencia, el agua del aluvial mantiene un alto contenido salino.

2.3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

A diferencia de otras ciudades asentadas al borde de grandes ríos, los depósitos de aluviones que constituyen las terrazas en Zaragoza tienen una apreciable compacidad, incluso cementación, lo cual permite, en la mayor parte del área urbana estudiada, una cimentación superficial.

Así, la mayor parte de Zaragoza se sitúa en el área ocupada por las terrazas medias y altas, constituidas por gravas, redondeadas, con matriz areno-limosa no plástica, y muy compactas. Estas terrazas se encuentran además localmente cementadas por carbonatos, constituyendo la formación conocida localmente como "mallacán". En estas terrazas se puede cimentar superficialmente, considerando una tensión de 3,0 kg/cm² o superior.

En el nivel de terrazas bajas constituido también por gravas y arenas, pero sin la existencia de capas cementadas, así como en áreas cubiertas por glacia, también es factible cimentar superficialmente con tensiones de 2,5 a 3,0 kg/cm².

No es frecuente que para las tensiones admisibles comentadas sea necesario recurrir a cimentación profunda, pero si ésta fuese precisa, debido a la existencia de cargas elevadas o bien limitar asentos, se pueden considerar las siguientes resistencias unitarias para pilotes perforados con una longitud superior a 8-10 m y penetración de 4 a 5 diámetros en el nivel de gravas y arenas:

- Resistencia unitaria por punta: $r_p > 125-150 \text{ kp/cm}^2$
- Resistencia unitaria por fuste (en las gravas y arenas): $r_f = 0'5-0'8 \text{ kp/cm}^2$

No es de prever que en estas zonas una cimentación profunda alcance el sustrato de yesos y margas el cual se encuentra a una profundidad generalmente superior a 20 metros.

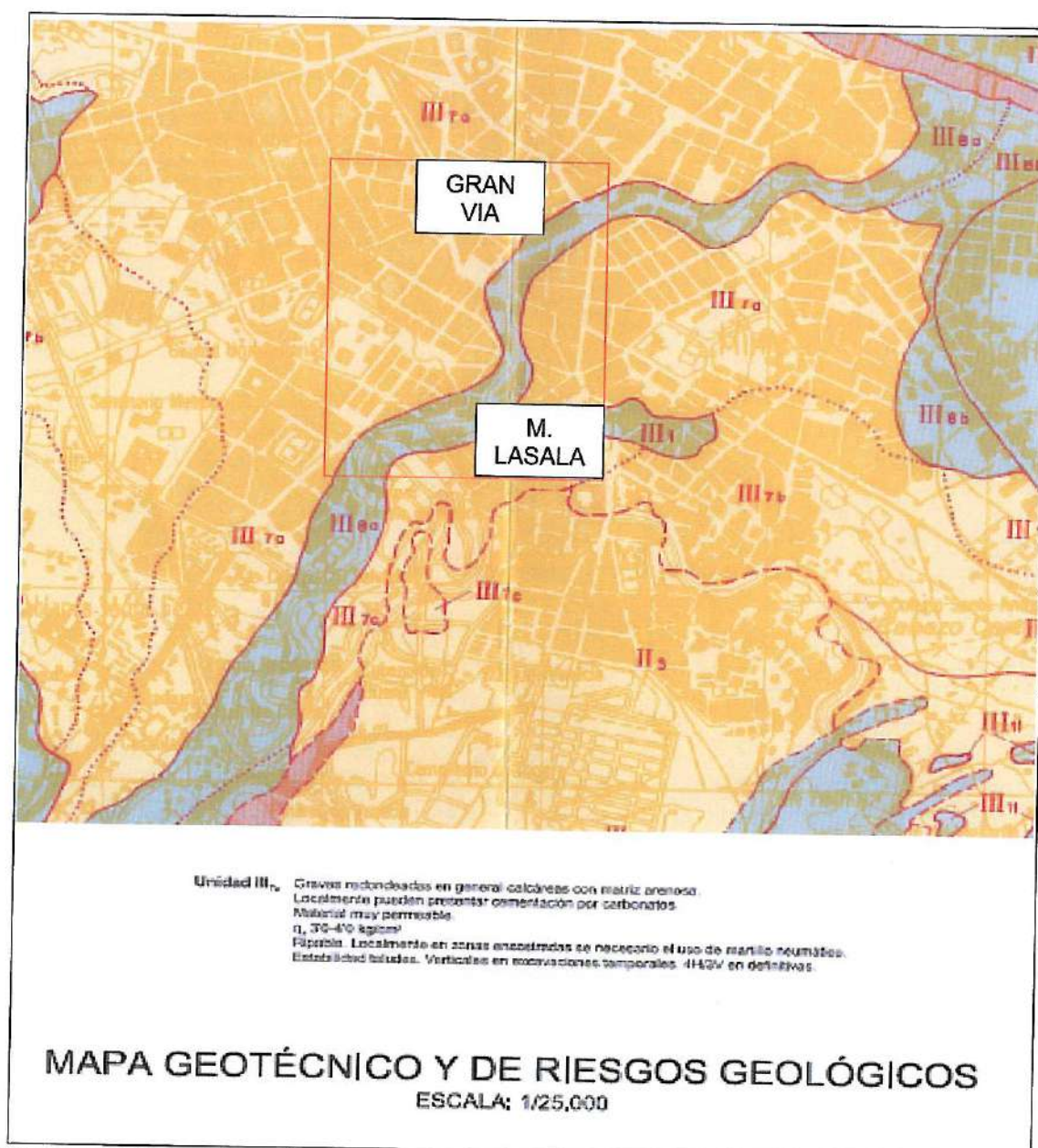
En las terrazas bajas, suele aparecer un primer nivel cohesivo de arcillas y limos de consistencia variable, debido fundamentalmente a la situación del nivel de agua. En dicho nivel se puede cimentar superficialmente con tensiones entre 1,0 y 1,75 kp/cm², si bien es aconsejable un estudio puntual en cada caso.

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LOS TERRENOS INCLUIDOS EN EL ENTORNO DEL RÍO HUERVA, TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL PUENTE DE RUISEÑORES (PUENTE BLASCO DEL CACHO) Y EL CRUCE DEL RÍO HUERVA CON EL PASEO GRAN VÍA.

Los meandros abandonados del río Ebro se localizan por lo general en su margen izquierda por lo que la zona de estudio quedaría fuera de esta problemática.

En cuanto a los taludes abiertos en las gravas, por encima del nivel freático, pueden mantenerse verticales o subverticales hasta una altura máxima de 3-4 m durante un corto plazo de tiempo, debiendo entibarse zanjas y excavaciones que permanezcan abiertas varios días, sobre todo en épocas de lluvias o cuando el personal trabaje en las mismas. Los taludes definitivos deben cortarse con un ángulo del orden de 35-40° rebajándose a 30° en el caso de suelos cohesivos (arcillas-limos).

Los empujes sobre posibles contenciones serán medios-altos, pudiéndose adoptar un ángulo de rozamiento $\phi' = 25^\circ$ (arcillas)-35° (gravas), una cohesión nula y un peso específico de 1,9 (arcillas) a 2,1 t/m³ (gravas).



CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LOS TERRENOS INCLUIDOS EN EL ENTORNO DEL RÍO HUERVA, TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL PUENTE DE RUISEÑORES (PUENTE BLASCO DEL CACHO) Y EL CRUCE DEL RÍO HUERVA CON EL PASEO GRAN VÍA.

En el recorrido realizado por la zona se han podido identificar en los taludes existentes los diversos materiales:

- niveles de gravas aluviales redondeadas y en parte cementadas por carbonatos, con taludes muy verticalizados por la cohesión que les confiere la cementación. De forma ocasional están recubiertas por los limos que en otras partes culminan los depósitos de terraza.
- Limos y arenas con gravas de origen coluvial que tienen una baja representatividad y extensión.
- Rellenos no controlados que descienden hasta el mismo cauce del río Huerva y que alcanzan desarrollos notables.

En las fotografías siguientes se pueden apreciar estos tres tipos de materiales. En ningún caso se ha observado la presencia del sustrato rocoso de yesos y margas, y los datos de sondeos realizados indican que su posición se localiza a varios metros por debajo de la cota del actual cauce.

Niveles de gravas cementadas desde el cauce a la altura de la pasarela en calle Marina Española.



Niveles de gravas aluviales recubiertas por limos arcillosos en la margen izquierda del río en la calle Manuel Lasala a la altura de calle Lacota.

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LOS TERRENOS INCLUIDOS EN EL ENTORNO DEL RÍO HUERVA, TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL PUENTE DE RUISEÑORES (PUENTE BLASCO DEL CACHO) Y EL CRUCE DEL RÍO HUERVA CON EL PASEO GRAN VÍA.

Nivel de limos con cantos de grava de origen coluvial adosado a las gravas de la terraza.



Uno de los numerosos tramos en los que los rellenos y restos de antiguos muros llegan hasta el mismo cauce del río Huerva.

Además existen numerosas estructuras de contención de tipología muy variada (mampostería, calicanto, hormigón), en ocasiones superpuestas, y que se escalonan por las laderas del cauce desde su misma orilla hasta el nivel de las calles que lo delimitan.

Otras observaciones realizadas durante la visita hacen referencia a la presencia o no de patologías en edificaciones y estructuras situadas junto al cauce y que son más abundantes en la margen derecha. En unos casos existen viviendas junto al cauce, con estructura poco rígida que no manifiestan patologías lo que nos lleva a considerar que apoyan sobre terrenos firmes y estables. Es el caso de muchas de las viviendas en la zona de la calle de la Luz. En otros casos existen muros con patologías claras de asentamientos que indican la presencia de rellenos o terrenos de bajo grado de consolidación.

El arbolado en los taludes hacia el cauce es también otro síntoma que nos ayuda a valorar la calidad geotécnica de los terrenos. La presencia de árboles con una inclinación sistemática hacia las calles, como se puede ver en la fotografía de la página siguiente, suele indicar un movimiento de tierras (reptación) lento pero continuo que se produce en aquellas zonas donde

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LOS TERRENOS INCLUIDOS EN EL ENTORNO DEL RÍO HUERVA, TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL PUENTE DE RUISEÑORES (PUENTE BLASCO DEL CACHO) Y EL CRUCE DEL RÍO HUERVA CON EL PASEO GRAN VÍA.

los rellenos llegan hasta el mismo cauce. Árboles rectos indican una estabilidad alta de las laderas y por tanto presencia de materiales bien consolidados como las gravas y arenas o los limos de coronación de la terraza.



3. RECOPIACIÓN DE DATOS EXISTENTES

En general la zona de estudio constituye un área urbana muy consolidada por lo que actuaciones recientes de las que pueda existir información geológica o geotécnica fiable son bastante escasas.

Como documentos más importantes relativos a ensayos geotécnicos se tienen los siguientes:

- Estudio geotécnico para las patologías en el muro de la calle Manuel Lasala (tramo entre el Puente 11 de Septiembre y el Puente de Ruiseñores), realizado mediante sondeos y penetraciones dinámicas para el Ayuntamiento de Zaragoza.
- Estudio geotécnico para valoración de la solución de hincas de un colector entre la calle Marina Española y río Huerva, mediante la perforación de dos sondeos, también para el Ayuntamiento de Zaragoza.
- Estudio geotécnico para remodelación de la Avenida San Juan de la Peña, en el que aparecen varios ensayos de penetración dinámica, realizado para el Ayuntamiento de Zaragoza.
- Estudio geotécnico para la ampliación de instalaciones en el Paraninfo (Gran Vía), para la Universidad de Zaragoza.

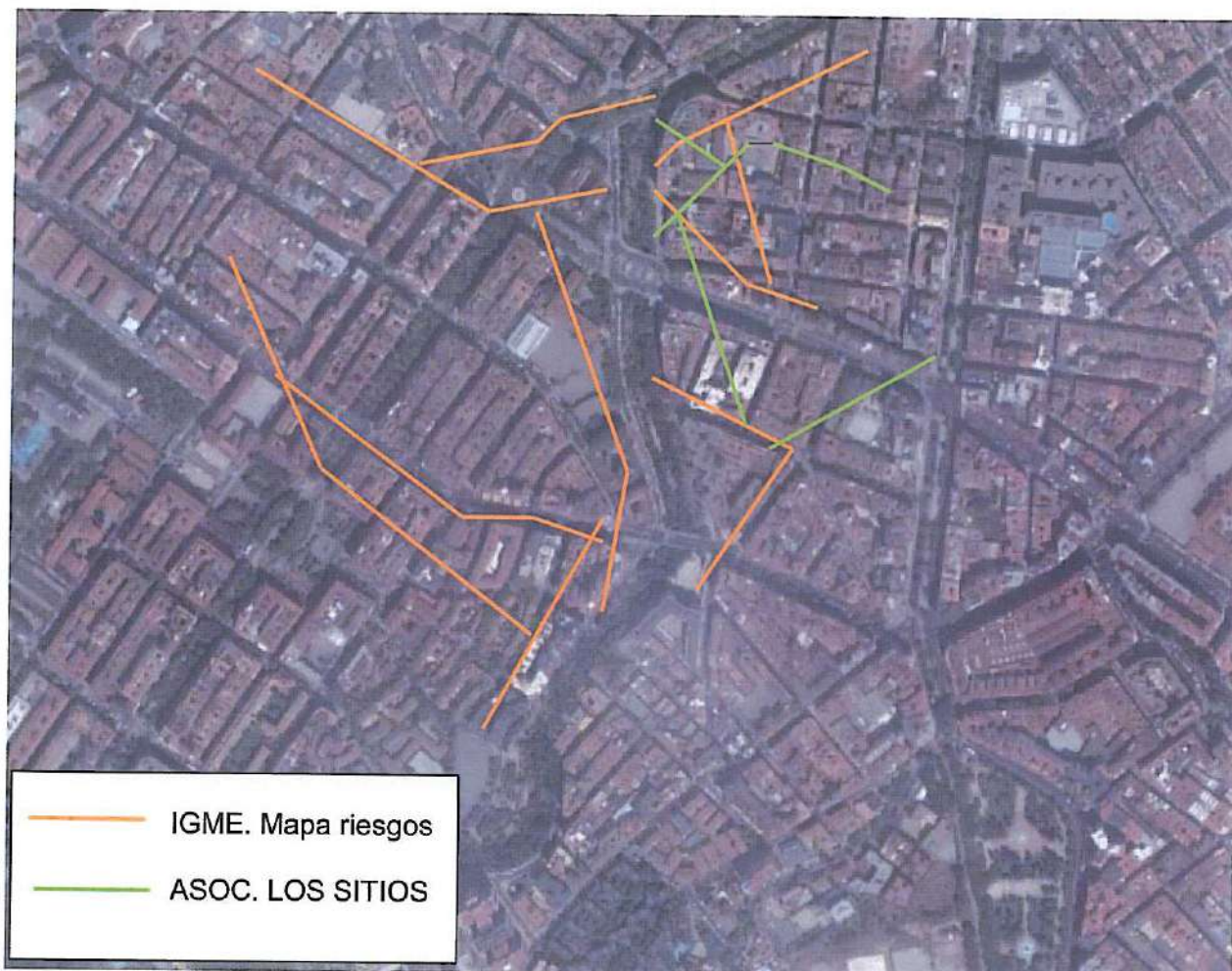
Además de estos estudios existen informaciones verbales acerca de obras relativamente próximas como los aparcamientos subterráneos de la Plaza San Francisco, los estudios relativos al paso del AVE por Zaragoza (túnel de Goya-Tenor Fleita) e infraestructuras asociadas, etc.

Esta información geológica y geotécnica que se recoge en los anexos nos indica en todos los casos un modelo de terreno muy constante y homogéneo conformado por gravas y arenas aluviales (terrazas) densas o muy densas con niveles de mallacán, con espesores que en general superan los 15 metros, y coronadas por una capa de limos arcillosos de 1,5-3 metros de espesor. Conforme nos acercamos al cauce del río Huerva y en las mismas calles que están delimitadas por el actual encauzamiento, existen sobre estos niveles aluviales de la terraza espesores de rellenos de tierras importantes (5-7 metros), variablemente compactados, que conforman los trasdós de los muros y la urbanización de las calles adyacentes al cauce. Estos rellenos en ocasiones pueden formar parte de muros de tierra armada, como ocurre en la calle Manuel Lasala aguas arriba del puente de Ruiseñores.

Los rellenos no consolidados rebasan en muchos casos los límites de las calles actuales y forman los actuales taludes hacia el río, observándose numerosos restos de edificaciones y muros, especialmente en la margen derecha, que llegan hasta el mismo cauce.

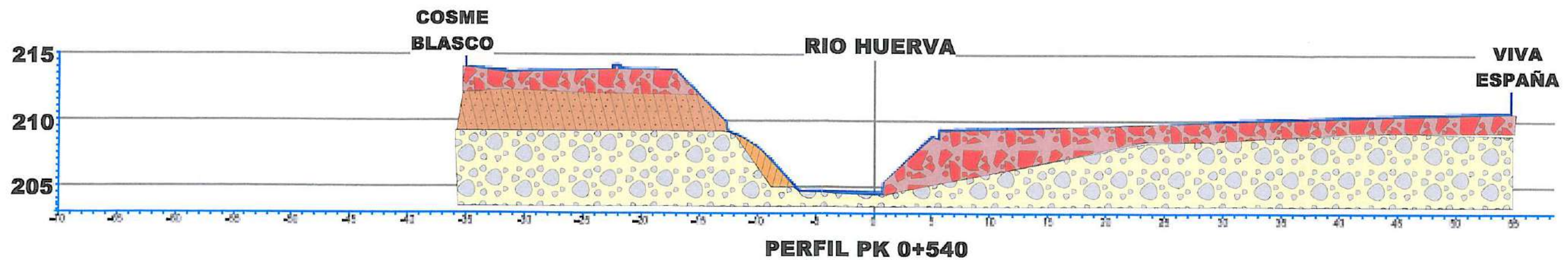
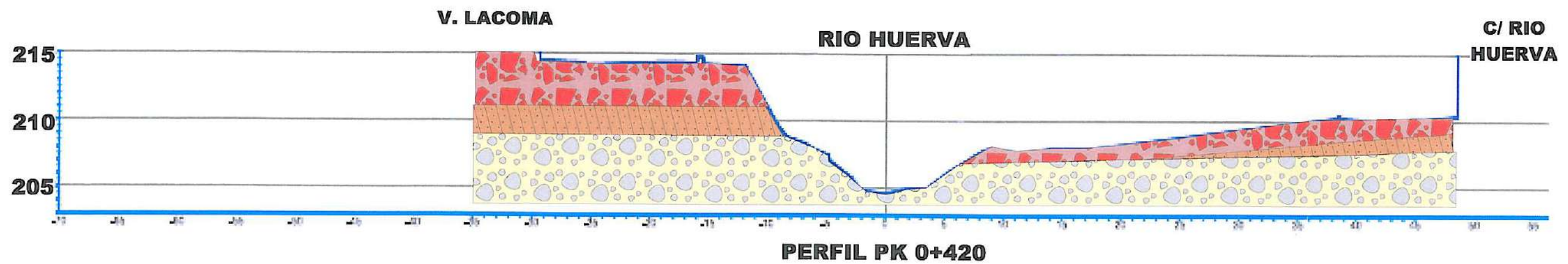
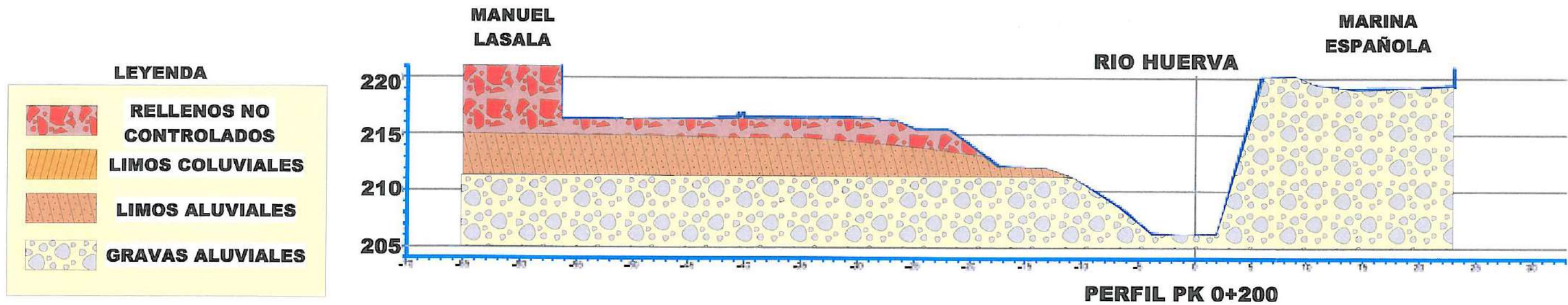
Otra documentación de interés es la que hace referencia a las líneas de trincheras excavadas durante los Sitios de Zaragoza en la Guerra de la Independencia, documentación que aparece dispersa tanto en el Mapa de Riesgos Geológicos y Geotécnicos de la ciudad de Zaragoza (margen izquierda) como en publicaciones de la Asociación de Amigos de los Sitios (margen derecha). En la figura siguiente se recoge una síntesis de las principales líneas de trincheras en las proximidades de la obra a estudio. En dicho mapa podemos ver como la zona de la

margen derecha entre el puente del Emperador Augusto y el cubrimiento presentaba una gran densidad de líneas defensivas, coincidiendo además con una zona en la que la actual cota de calle es de las más bajas del recorrido por lo que podrían existir restos de estas estructuras de defensa a profundidades relativamente superficiales.

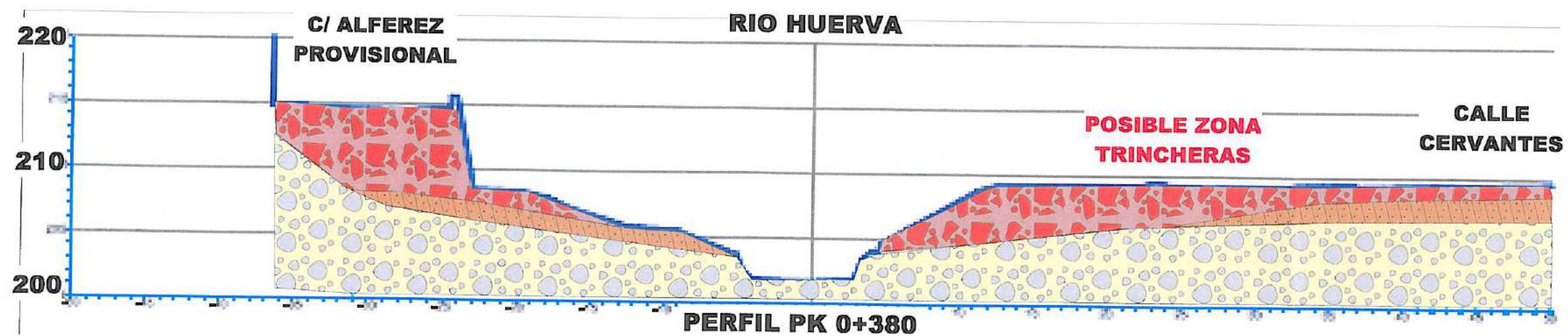
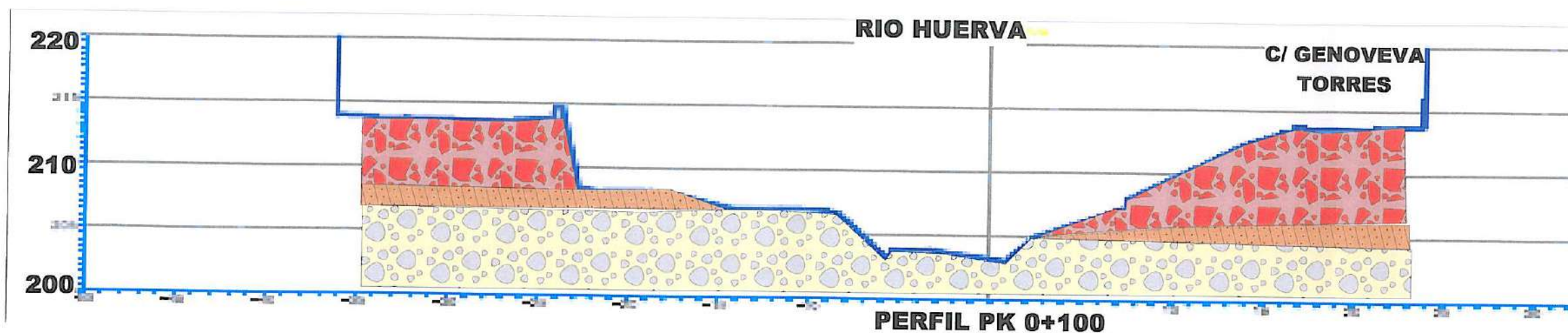


A partir de los datos recopilados y de los que se han obtenido en la visita realizada a la zona se pueden elaborar unos perfiles tipo basados en la topografía facilitada por TRAGSATEC, perfiles que de forma gráfica se recogen en la página siguiente.

**PERFILES GEOLÓGICOS INTERPRETATIVOS DE DATOS DE SONDEOS Y RECONOCIMIENTOS IN SITU
TRAMO I. PUENTE DE RUISEÑORES-PUENTE EMPERADOR AUGUSTO**



**PERFILES GEOLÓGICOS INTERPRETATIVOS DE DATOS DE SONDEOS Y RECONOCIMIENTOS IN SITU
TRAMO II. PUENTE EMPERADOR AUGUSTO-CUBRIMIENTO GRAN VÍA**



LEYENDA

- | | |
|---|--------------------------------|
|  | RELLENOS NO CONTROLADOS |
|  | LIMOS COLUVIALES |
|  | LIMOS ALUVIALES |
|  | GRAVAS ALUVIALES |

4. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES

Ya hemos visto en anteriores capítulos como existen cuatro tipos de materiales que pueden aparecer durante el desarrollo del proyecto:

- Gravas y arenas densas de las terrazas aluviales, parcialmente cementadas por carbonatos.
- Limos arcillosos aluviales que recubren las gravas y que aparecen de forma muy parcial.
- Limos y arenas con alguna grava de origen coluvial que alcanzan desarrollos muy reducidos en la zona
- Rellenos no controlados asociados a la urbanización de las calles que delimitan el cauce y que llegan a sobrepasar sus límites alcanzando hasta el mismo cauce del río Huerva.

Las arcillas grises y verdosas con yesos pertenecientes al sustrato rocoso (formación Zaragoza) no se detectan en ninguna zona y se supone que aparecerán a profundidades elevadas, del orden de 20 metros desde las calles. La profundidad de aparición será mayor cuanto más nos acercamos a la zona del cubrimiento.

Estos cuatro tipos de materiales presentan unas propiedades geotécnicas bien diferenciadas:

- Las gravas y arenas aluviales son materiales bien consolidados, densos, y carentes de problemas de expansividad o colapso, con unos parámetros resistentes medios-altos.
- Los limos y arenas aluviales se presentan, en general, bastante firmes pero tienen una ligera tendencia a colapsar.
- Este mismo problema aunque algo más acentuado se hace extensible a los limos coluviales, que además pueden sufrir tubificaciones.
- Por último, dentro de los rellenos podríamos diferenciar entre los no controlados, vertidos en los taludes, que presentan una resistencia al corte muy baja, una alta deformabilidad, tendencia a colapsar al saturarse, y una agresividad elevada a los hormigones, y los rellenos de tipo estructural que han sido utilizados en las urbanizaciones y rellenos de los trasdós de los muros que presentan unas mejores características resistentes.

Los parámetros de corte (a corto y a largo plazo) que pueden asignarse a estos cuatro tipos de materiales, basados tanto en los datos de los sondeos y reconocimientos geotécnicos consultados como en la experiencia de obras similares, se recogen en la tabla de la página siguiente.

	CORTO PLAZO			LARGO PLAZO		
	Densidad (T/m ³)	Cohesión (T/m ²)	Ang. rozamiento interno	Densidad (T/m ³)	Cohesión (T/m ²)	Ang. rozamiento interno
Gravas	2,2	1	40	2,2	0	40
Limos aluviales	1,9	2	25	1,9	1	30
Limos coluviales	1,8	1,5	28	1,8	0,5	30
Rellenos no controlados	1,75	0,5	25	1,75	0	25
Rellenos estructurales	1,90	0,5	30	1,90	0	30

5. CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS AL DESARROLLO DEL PROYECTO

A partir de todos los datos anteriores se pueden extraer una serie de consideraciones de tipo general aplicables a las fases iniciales de proyecto, considerando que éste desarrollará actuaciones afectando a los taludes (estabilidad) como la apertura de rampas desde las calles hacia las partes más bajas del cauce, apertura de caminos a media ladera, con nuevas cimentaciones (pasarelas, ampliación de aceras en voladizo, etc.). Estas actuaciones principales recordamos que son, de una forma todavía no definitiva:

- Conexión peatonal bajo el puente de Ruiseñores
- Plataformas voladas en la zona de Manuel Lasala y margen derecha entre el Puente del Emperador Augusto y el cubrimiento del Huerva
- Remodelación de la calle Manuel Lasala y peatonalización de las calles Bruno Solano y Ventura Lacota para potenciar la conexión con la Plaza San Francisco.
- Conectar las dos márgenes mediante pasarela y plaza en la zona de la calle La Luz
- Creación de rampas para acceso a la margen izquierda del cauce entre la calle San Juan de la Cruz y el cubrimiento (Gran Vía).

Los aspectos clave desde el punto de vista geotécnico para el desarrollo de estas infraestructuras, aspectos que deberán corroborarse con posteriores reconocimientos in situ una vez el proyecto vaya desarrollándose, son los siguientes:

- El dimensionado de las cimentaciones de los elementos que se proyecten debe tener en cuenta que si los apoyos se plantean sobre los actuales viales habrá que recurrir con total seguridad a cimentaciones de tipo profundo (pilotes o micropilotes) para salvar los rellenos existentes y llegar a terrenos estables y competentes (gravas), además de evitar sobrecargas en coronación a los muros existentes, algunos de ellos de aspecto endeble. Estas cimentaciones profundas deben tener en cuenta que si los muros actuales son de tierra armada (como ocurre en el tramo de Manuel Lasala entre el parque y el puente de Ruiseñores, fuera del ámbito de proyecto) su ejecución puede afectar a las láminas metálicas y debilitar los macizos de tierra. En este sentido una investigación de las características de los muros existentes (tipología, cota de cimentación, etc.) se revela como bastante necesaria.
- Si por el contrario los nuevos apoyos de las estructuras proyectadas se replantean en la franja desde los muros existentes hacia el cauce nos podemos encontrar con todas las alternativas de cimentación posibles (superficial, semiprofunda, profunda) según la cota en que se posicionen, teniendo en cuenta que existe siempre el riesgo de socavación por el cauce por lo que una protección con escollera en las zonas de estructuras sería recomendable
- Los taludes que se proyecten para las nuevas rampas y las conexiones calles-cauce tendrán un comportamiento bien distinto según afecten a terrenos naturales o a los rellenos no controlados. En el primer caso los taludes definitivos se podrán diseñar con geometrías 1H:1V, mientras que sobre los rellenos no controlados los taludes deberían tenderse a geometrías 2H:1V. Dadas las limitaciones de espacio que existen en muchos tramos del proyecto, estos taludes pueden resultar poco viables en algunas zonas por lo que deberán plantearse medidas de contención de las tierras que sean

eficaces y compatibles con un área arbolada y de recreo (muros verdes, gaviones, escollera).

- Los materiales que se obtengan en las excavaciones van a corresponder en muchos casos a recubrimientos peliculares de rellenos no controlados, y a limos aluviales y coluviales. Las gravas rara vez se verán involucradas en los principales movimientos de tierras. Por tanto el aprovechamiento de estos materiales de excavación será muy limitado y sólo en el caso de los terrenos naturales podrá plantearse su aprovechamiento como suelos tolerables.
- Los terrenos naturales atravesados tendrán en general una agresividad baja o nula por lo que no será necesario el uso de cementos sulforresistentes. Sólo en el caso de los rellenos no controlados o si nos encontramos bajo el nivel freático la agresividad puede llegar a ser media o alta en cuyo caso sí deberían utilizarse cementos SR.
- En la zona más próxima al cubrimiento, en la margen derecha del río Huerva, es donde se concentran mayor número de líneas defensivas de la Guerra de la Independencia. Ello hace que el desarrollo del proyecto en esta zona se pueda compatibilizar con hipotéticos hallazgos arqueológicos o desarrollos culturales de estas infraestructuras (desconociendo su estado de conservación).

6. ZONIFICACIÓN DEL TRAMO Y PROPUESTA DE PROSPECCIONES

Con vistas al desarrollo del proyecto constructivo se ha creído oportuno establecer una zonación, según los p.k. de proyecto y la margen del río, en la que se establezcan modelos de terreno más o menos homogéneos y se enumeren las principales problemáticas geotécnicas, así como una propuesta realista de reconocimientos geotécnicos a realizar con vistas a conocer el tramo en su conjunto sin centrarnos en puntos singulares en tanto el proyecto no se concrete en actuaciones definitivas.

- **Zona A:** Esta zona abarca ambas márgenes del río entre el origen y el p.k. 0+200. En la margen derecha existen terrenos naturales casi sin presencia de rellenos no controlados. Estos terrenos corresponden a gravas densas en la segunda parte mientras que la que está actualmente ocupada por los viveros tendrá un suelo limoso aluvial recubriendo a las gravas. La margen izquierda está contenida por los muros de la calle Manuel Lasala, con unos taludes empinados hasta el río presumiblemente de tierras y rellenos poco compactos. Las actuaciones en esta zona podrían ser de tipo ampliaciones en voladizo de las aceras (ahora inexistentes) por lo que se propone realizar dos sondeos de unos 15 metros en los p.k. 0+040 y 0+140 orientativamente, sondeos que atraviesen los rellenos de la urbanización de la calle (en el tramo situado aguas arriba del puente de Ruiseñores estos rellenos llegan a tener espesores de 7-8 metros), alcancen el terreno natural y penetren en él lo suficiente como para definir una cimentación profunda.
- **Zona B:** esta zona se extiende entre los p.k. 0+200 y 0+380. La margen izquierda corresponde a una zona de parque amplia en la que se observa un terreno de gravas con recubrimientos aluviales y coluviales, y algo de rellenos. En ella cabría realizar alguna calicata (2-3) y penetraciones dinámicas (2-3) por obtener datos para eventuales cimentaciones de estructuras menores. La margen derecha corresponde a una zona en la que la calle descende gradualmente acercándose a la cota del cauce, pudiéndose observar muros antiguos que descienden hasta la misma orilla en la cual llegan a aflorar las gravas. El sondeo realizado en esta zona marca rellenos de 3 metros de espesor y por debajo las gravas aluviales por lo que no parece necesario realizar ninguna nueva prospección.
- **Zona C:** se extiende desde el p.k. 0+380 hasta el 0+630 (puente de San Juan de la Cruz). La margen izquierda corresponde a un talud que desciende desde la calle Manuel Lasala llegando a observarse en varios puntos el terreno natural de gravas y limos aluviales por encima. Se supone que los 4-5 metros superiores desde la calle serán de rellenos. Se propone realizar un par de sondeos en el p.k. 0+470 y 0+560. En el primer caso el sondeo tiene por objeto valorar la hipotética cimentación de una pasarela desde la calle La Luz y su longitud sería de 15 metros. En el segundo punto el sondeo sería puramente de caracterización del modelo de terreno y su longitud sería menor (8-10 metros). En la margen derecha la accesibilidad a la orilla es reducida pero la presencia de edificaciones a cota muy baja sin patologías nos indica la existencia de un terreno competente. No parece precisa ninguna actuación concreta salvo que al final de la calle La Luz se realizara un sondeo de 10-12 metros para valorar la posible cimentación de una pasarela.

- Zona D: Es la situada entre el puente del Emperador Augusto y el puente de la Avenida Goya. En la margen derecha, bajo la calle Genoveva Torres, existe un talud todo de rellenos, con muros antiguos que llegan hasta el mismo cauce, y que apoyan sobre gravas densas. El sondeo realizado en esta calle indica espesores de relleno de 6 metros. No se aprecia en el tramo ningún muro de contención de la calle por lo que hay que esperar una gran presencia de suelos flojos en los 5-7 metros superiores que hará bastante compleja una ampliación de las aceras sin adoptar medidas importantes de cimentación-contención del talud ya que además se observan árboles inclinados y muretes con patologías típicas de suelos inestables. En esta zona es donde mayor complejidad tendría la actuación y se necesitarían prospecciones complementarias importantes (2-3 sondeos de 12-15 metros). En la margen izquierda existe un muro de contención delimitando un espacio bastante amplio entre él y el cauce, con presencia de suelos limosos y de las gravas en las partes bajas, por lo que no parece necesaria una campaña complementaria salvo actuaciones puntuales que desarrolle el proyecto.
- Zona E: es la situada entre el puente de la avenida Goya y el cubrimiento de Gran Vía. La margen derecha se sitúa en su parte inicial (hasta la calle Cervantes) a una cota bastante inferior a la del resto lo que facilita el acceso hasta los niveles de gravas con profundidades reducidas, si bien es la zona con mayor densidad histórica de trincheras lo que puntualmente puede distorsionar este dispositivo. En este sentido una campaña de calicatas manuales podría servir de prospección arqueológica y a su vez de confirmación del dispositivo geológico. En la margen izquierda existe un muro de contención delimitando un espacio bastante amplio entre él y el cauce, con presencia de suelos limosos y de las gravas en las partes bajas, por lo que no parece necesaria una campaña complementaria salvo actuaciones puntuales que desarrolle el proyecto.

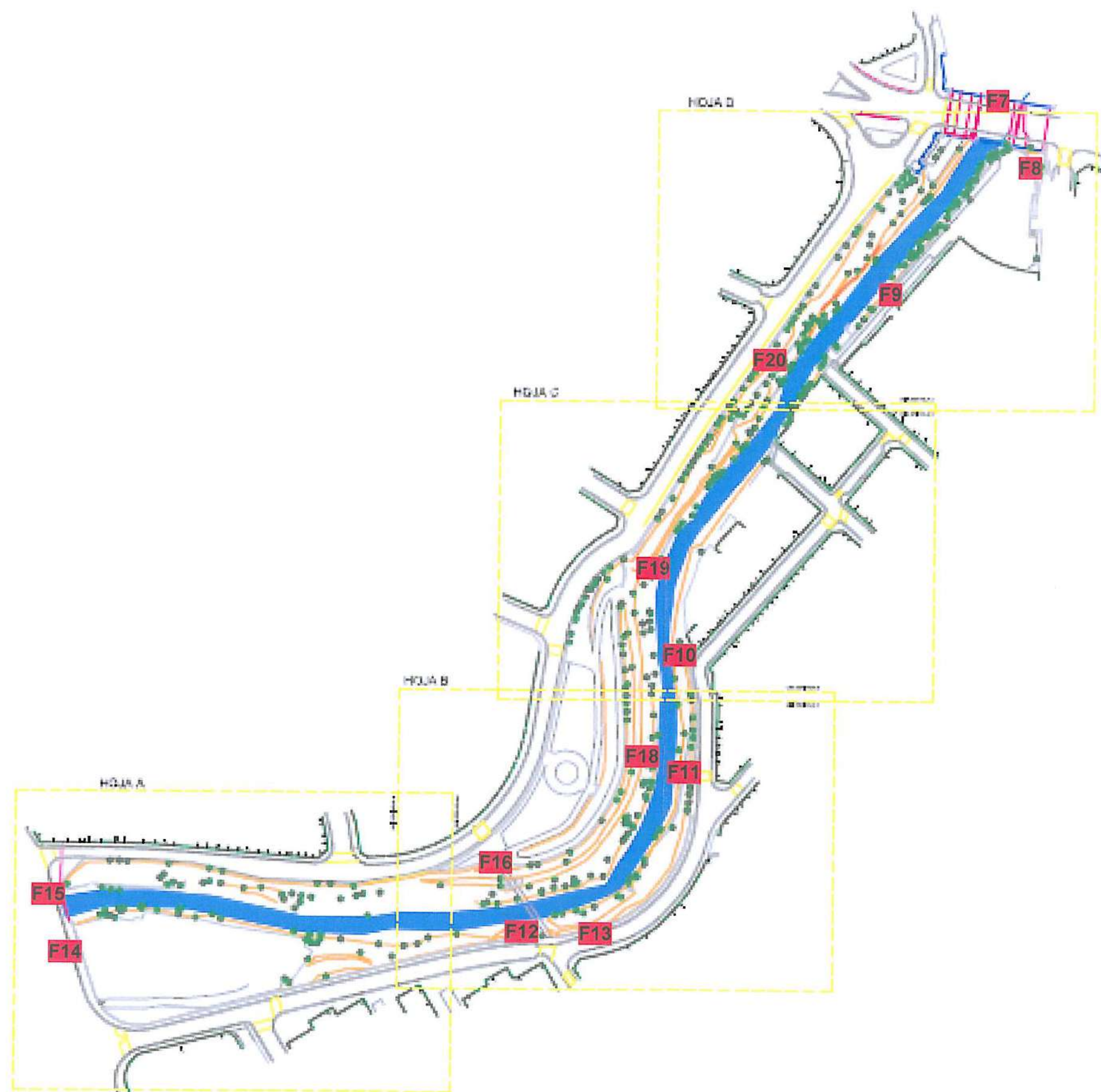
Zaragoza, Marzo de 2007

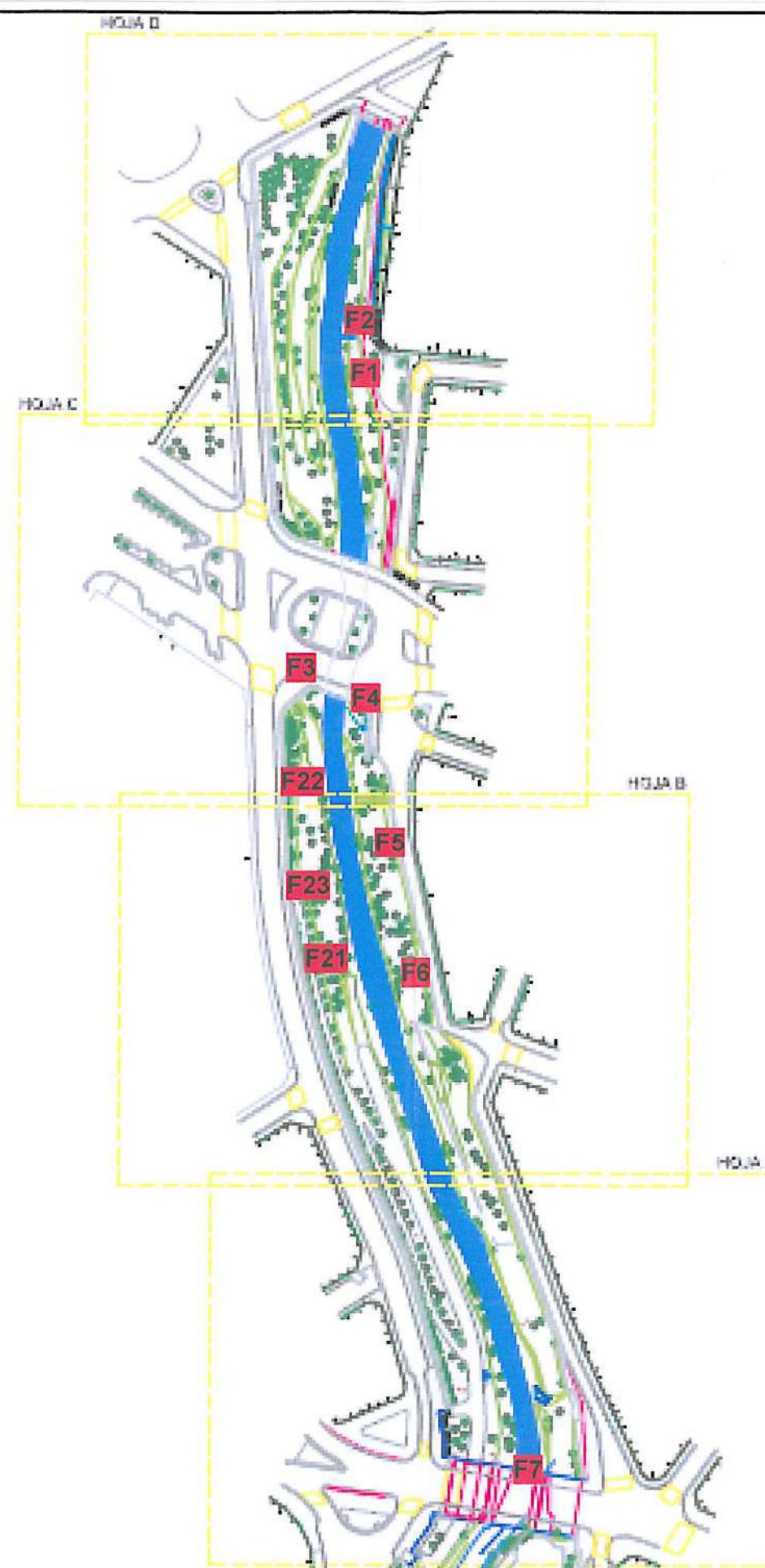
JOSÉ MANUEL BESCÓS ROY
Licenciado en Ciencias Geológicas
Nº de Colegiado: 5895

ALFREDO ZAMORA RADA
Licenciado en Ciencias Geológicas
Nº de Colegiado: 2702

ANEXO I.- PLANOS DE PROYECTO Y LOCALIZACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LOS TERRENOS INCLUIDOS EN EL ENTORNO DEL RÍO HUERVA, TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL PUENTE DE RUISEÑORES (PUENTE BLASCO DEL CACHO) Y EL CRUCE DEL RÍO HUERVA CON EL PASEO GRAN VÍA.





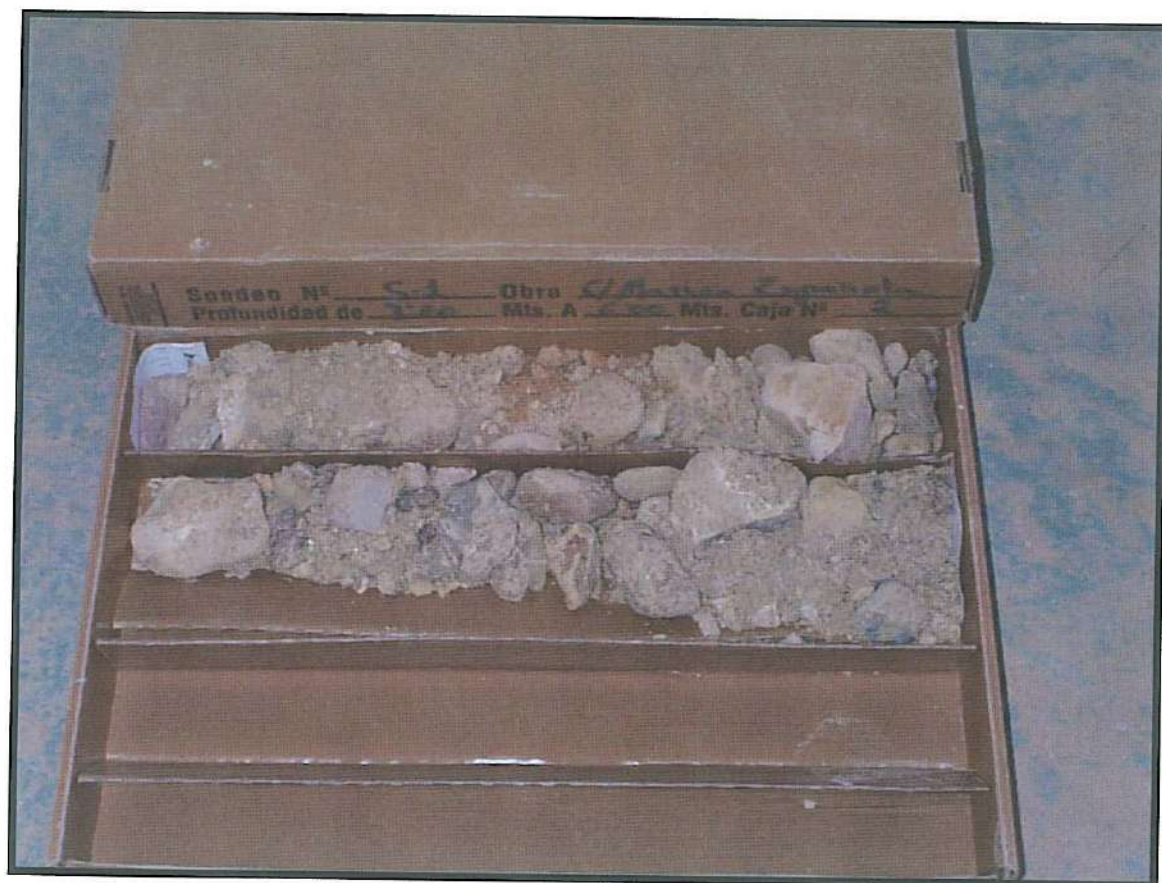
ANEXO II.- DATOS GEOTÉCNICOS RECOPIRADOS

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LOS TERRENOS INCLUIDOS EN EL ENTORNO DEL RÍO HUERVA, TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL PUENTE DE RUISEÑORES (PUENTE BLASCO DEL CACHO) Y EL CRUCE DEL RÍO HUERVA CON EL PASEO GRAN VÍA.

SONDEO Nº 1		Localización : Calle Marina Española. ZARAGOZA	Ref. : ZS-3991	
		Peticionario: Excmo. Ayto. de Zaragoza	Fecha: 13/7/98	
Prof. (m)	Sección	Naturaleza del terreno	Nivel Freático	Muestras
0.10		Capa de aglomerado asfáltico.		S.P.T. N30 = N15 + N15
1.60		Relleno de limos arcillosos, de color marrón oscuro, con cantos de grava, bolos, fragmentos de cascotes, etc.		
2.60		Relleno de gravas, bolos, arenas, con hierros, cascotes, etc.		
4.20		Gravas y bolos de naturaleza silicea, bien redondeados, con escasa matriz de arenas.		
7.0		Gravas, gravillas y bolos con abundante matriz arenosa y sin indicios de cementación por carbonatos. Los cantos son de naturaleza silicea y están bien redondeados.		

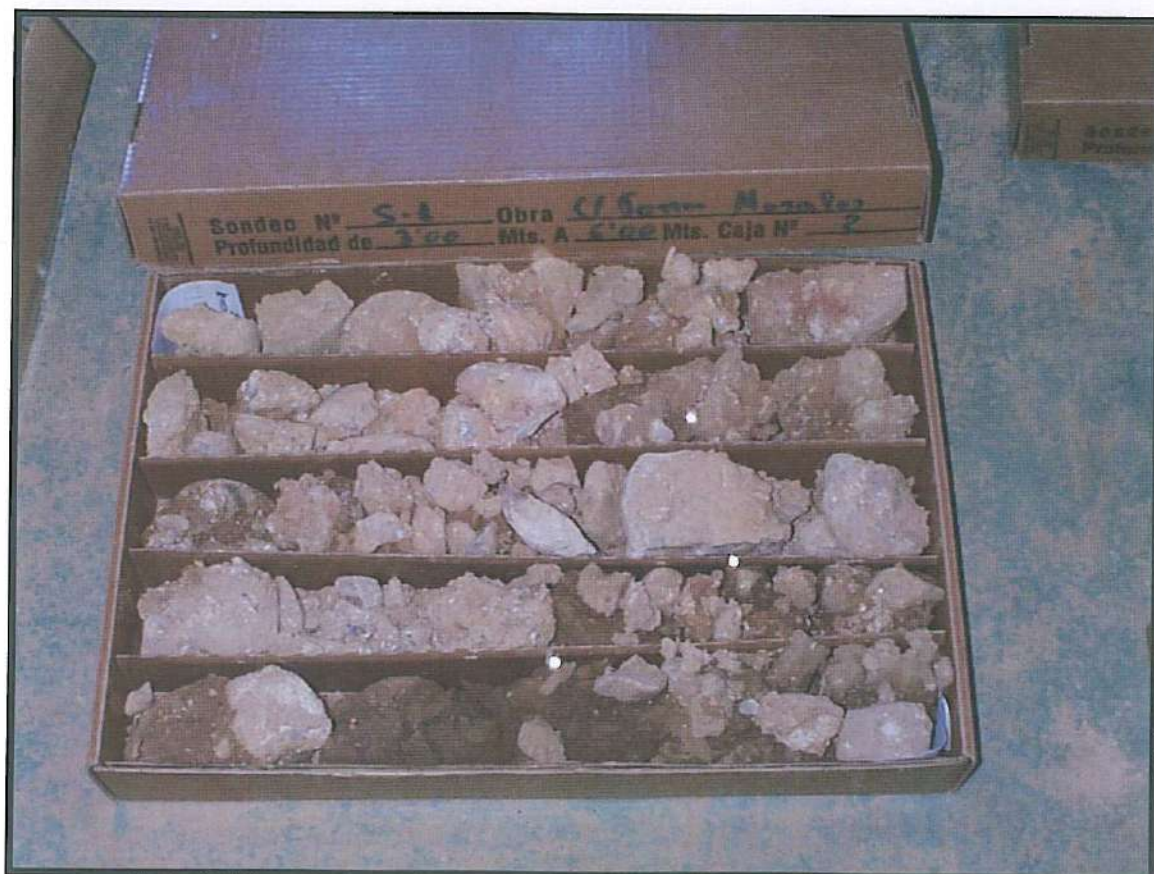
Zaragoza, a 15 de Julio de 1998





SONDEO Nº 2		Localización : Calle Torres Morales. ZARAGOZA	Ref. : ZS-3991			
		Peticionario: Excmo. Ayto. de Zaragoza	Fecha: 14/7/98			
Prof. (m)	Sección	Naturaleza del terreno	Nivel Freático	Muestras	S.P.T. Prof (m) N30 = N15 + N15	
0.40		Relleno de limos negros con cascotes.				
1.30		Relleno de limos arcillosos, de color marrón oscuro, con cantos de grava, bolos, fragmentos de cascotes, etc.				
		Limos arcillosos y arenosos con abundantes cantos, bolos y algún cascote. El color es marrón claro.				
5.20		Limos arcillosos y arenosos con algunos cantos de grava y pequeños fragmentos de cascotes. El color es marrón oscuro.				
6.0		Gravas, gravillas y bolos con abundante matriz arenosa y sin indicios de cementación por carbonatos. Los cantos son de naturaleza silicea y están bien redondeados.				
7.0						

Zaragoza, a 15 de Julio de 1998

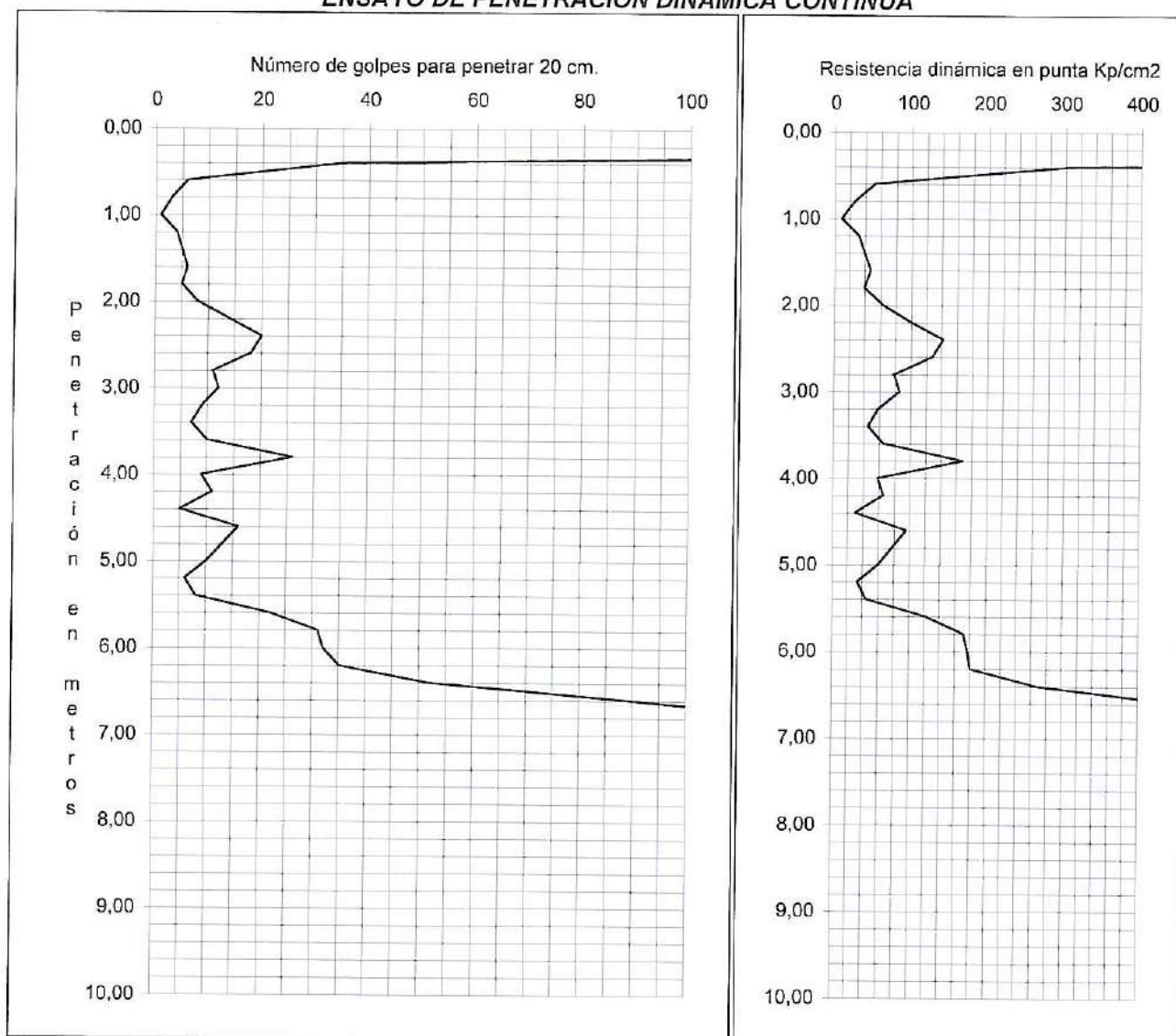




CLIENTE: EXCMO. AYTO. ZARAGOZA
OBRA: Renovación C/Mariano Barbasán
EXPEDIENTE: ZS-5076 ENSAYO N°: PD-4
FECHA: 02.03.99 COTA : 0

EQUIPO: BORRO'S AUTOMATICO
Peso maza kg: 65 **Altura de caída cm:** 50
Peso varillaje kg/m: 8,84 **Superf. Puntaza cm2:** 16
Peso cabeza kg: 1,5

ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA CONTINUA



DATOS DEL ENSAYO

Profundidad (m)	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20
Número de Golpes	256	35	6	3	1	4	5	6	5	8	14
Profundidad (m)	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40
Número de Golpes	20	18	11	12	9	7	10	26	9	11	5
Profundidad (m)	4,60	4,80	5,00	5,20	5,40	5,60	5,80	6,00	6,20	6,40	6,60
Número de Golpes	16	13	10	6	8	22	31	32	35	52	90
Profundidad (m)	6,80	7,00	7,20	7,40	7,60	7,80	8,00	8,20	8,40	8,60	8,80
Número de Golpes	125	170	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Profundidad (m)	9,00	9,20	9,40	9,60	9,80	10,00					
Número de Golpes	.....	.....	.....	.....	.....	.....					

Zaragoza, a 2 de Marzo de 1999
 El Director del Departamento

SONDEO Nº 1		Localización : C/ Manuel Lasala (Zaragoza)	Ref. :ZS-11636			
		Peticionario: Excmo. Ayto de Zaragoza	Fecha:02/06/2003			
Prof. (m)	Sección	Naturaleza del terreno	Nivel Freático	Muestras	S.P.T. N30 = N15 + N15	
0.00		Relleno de bolos, gravas y gravillas con arenas de color marrón. Presencia de cascotes de ladrillo, etc...				
					2.00 15=7+8	
						4.00 14=5+9
						6.00 16=6+10
7.80		Arenas de grano fino de color marrón con alguna concreción blanquecina. Antiguo suelo.			8.10 11=4+7	
8.70		Gravas y gravillas con matriz arenosa de color marrón.				
9.60		Limos y arenas de grano fino de color ocre con algún canto de gravilla muy disperso.			10.00 39=18+21	
10.60		Arenas de grano fino de color beige claro con abundantes cantos de gravilla y algo de grava.				
12.60					12.40 REHAZO	

Zaragoza, a 6 de Junio de 2003
El Director del Departamento

SONDEO 1



SONDEO Nº 2		Localización : C/ Manuel Lasala (Zaragoza)	Ref. :ZS-11636		
		Peticionario: Excmo. Ayto de Zaragoza	Fecha:02/06/2003		
Prof. (m)	Sección	Naturaleza del terreno	Nivel Freático	Muestras	S.P.T. Prof. (m) N30 = N15 + N15
0.00		Relleno de bolos, gravas y gravillas con arenas de color marrón. Presencia de cascotes de ladrillo, etc...			1.50 8=3+5
6.60		Limos arenosos de color ocre con restos vegetales. Antiguo suelo.			4.00 11=4+7
8.00		Bolos, gravas y gravillas con abundante matriz arenosa de color blanquecino.			6.00 12=6+6
10.30		Arenas de grano medio y fino de color marrón con algún canto de gravilla disperso.			8.00 RECHAZO
11.20		Bolos, gravas y gravillas con abundante matriz arenosa de color blanquecino.			10.00 RECHAZO
12.75					12.40 RECHAZO

Zaragoza, a 6 de Junio de 2003
El Director del Departamento

SONDEO 2



Zaragoza, a 16 de Junio de 2003
El Director del Departamento

SONDEO 3



SONDEO Nº 1		Localización : EDIFICIO PARANINFO (ZARAGOZA)	Ref. :ZS-14161		
		Peticionario: UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA	Fecha:28/01/2005		
Prof. (m)	Sección	Naturaleza del terreno	Nivel Freático	Muestras	S.P.T. N30 = N15 + N15
0.20		Hormigón			
0.80		Relleno de limos arcillosos negros con cristales, restos carbonosos, gravillas, etc.			
		Relleno de arenas marrón anaranjadas, arcillosas, con gravas, bolos, raíces. A partir de 3.0 metros, bastante húmedos.			2.00 7 = 4 + 3
3.40		Limos arcillosos pardo-grisáceos con gravillas dispersas, restos carbonosos, gasterópodos, etc.		M.I. 4,0-4,6 6/7/8/12	
4.70		Arenas de grano fino a medio de color marrón			6.00 25=10+15
6.30		Gravas limo-arenosas marrones, de tamaño medio			
7.40		Gravas limo-arcillosas marrones, de tamaño fino a medio			
7.80		Gravas limo-arenosas marrones, de tamaño medio			8.00 RECHAZO
8.40					

ANEXO III.- REPORTAJE FOTOGRÁFICO

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA DE LOS TERRENOS INCLUIDOS EN EL ENTORNO DEL RÍO HUERVA, TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL PUENTE DE RUISEÑORES (PUENTE BLASCO DEL CACHO) Y EL CRUCE DEL RÍO HUERVA CON EL PASEO GRAN VÍA.



Fotografía 1.- Desde el final de la Calle Cervantes. En la base del talud de la margen izquierda pueden verse las gravas



Fotografía 2.- Final del tramo en el cruce con Gran Vía. Ver la diferencia entre ambas márgenes.



Fotografía 3.- Puente Avenida Goya. Se observan gravas con lentejones limo-arenosos sobre la margen izquierda.



Fotografía 4.- Puente Avenida Goya. Margen derecha. La posición de las tuberías podría indicar el nivel de rellenos en el trasdós del muro.



Fotografía 5.- Calle Genoveva Torres. Niveles coluviales limosos adosados y superpuestos a las gravas aluviales.



Fotografía 6.- Calle Genoveva Torres. Margen derecha con rellenos. Ver patologías de giro (movimiento) en árboles y en el muro.



Fotografía 7.- Puente de los Gitanos. Las gravas aluviales afloran bajo 2/3 de talud en rellenos.



Fotografía 8.- Margen derecha del río en una zona urbanizada a una cota cada vez más cercana al cauce.



Fotografía 9.- Calle Manuel Lasala, Margen izquierda. Existen muros y rellenos llegando casi hasta el cauce.



Fotografía 10.- Calle Río Huerva. El talud está contenido por muros antiguos y rellenos poco consolidados.



Fotografía 11.- Calle Río Huerva. La margen derecha se verticaliza gracias a la presencia de gravas cementadas.



Fotografía 12.- Junto a la pasarela peatonal en calle Marina Española con gravas densas y cementadas.



Fotografía 13.- Pasarela peatonal en C/ Marina española con gravas cementadas y rellenos al pie.



Fotografía 14.- Zona de viveros desde puente de Ruiseñores. Zona aluvial con limos sobre las gravas.



Fotografía 15.- Defensas de gaviones en la margen izquierda justo bajo el puente de Ruiseñores



Fotografía 16.- Gravas cementadas en zona de pasarela desde calle Manuel Lasala.



Fotografía 17.- Rellenos que enlazan la calle Manuel Lasala con los jardines y zona baja.



Fotografía 18.- Antiguos muros de calicanto que llegan hasta el mismo cauce en la calle río Huerva.



Fotografía 19.- Limos de coronación de la terraza y debajo las gravas aluviales.



Fotografía 20.- Muro de contención en la margen izquierda bajo calle Manuel Lasala.



Fotografía 21.- Antiguos muros que llegan hasta el mismo cauce en la calle Genoveva Torres.



Fotografía 23.- Zona de rellenos hasta el mismo cauce bajo la calle Genoveva Torres.



Fotografía 22.- Rellenos y muros muy pobres que bajan hasta el paseo junto al cauce casi bajo la avenida Goya.