

DILIGENCIA: Aprobado Inicialmente
por la Junta de Gobierno de este Ayuntamiento
en la sesión del día: 29/05/2024
Fdo. Digitalmente:
EL SECRETARIO GENERAL
<https://carpeta.colmenarviejo.es>
CSV: 28770IDOC28ABE258B8A13394E88



ANEXO 3. ESTUDIO HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO DEL ARROYO DEL ESPINO DOCUMENTO AMBIENTAL ESTRATÉGICO PLAN PARCIAL SUP-5 “AMAPOLAS”

Autor del Encargo: Junta de Compensación SUP-5 “Amapolas”

Colmenar Viejo (Madrid)

JULIO de 2023



INDICE

ANEXO 3. ESTUDIO HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO DEL ARROYO DEL ESPINO	3
1. Introducción	3
2. Situación Geográfica	4
2.1. Arroyo del Espino	4
2.2. Sector SUP-5 "Las Amapolas"	4
3. Estudio hidrológico	5
3.1. Metodología	5
3.2. Cálculos y Resultados	7
4. Estudio hidráulico	10
4.1. Metodología	10
4.2. Fuentes de datos	12
4.3. Resultados	12
5. Consideraciones finales	14
6. Conclusiones	15
ANEJOS	17
Anejo I.- Gráficas y tablas de la modelación hidráulica de la máxima crecida ordinaria	17
Anejo II.- Gráficos y tablas de la modelación hidráulica de la crecida para T = 500 años	25
Anejo III.- Cartografía	33



ANEXO 3. ESTUDIO HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO DEL ARROYO DEL ESPINO

1. Introducción

El presente estudio hidrológico-hidráulico se ha realizado para documentar técnicamente el Plan Parcial del Sector SUP-5 “Las Amapolas” en Colmenar Viejo (Madrid), a los efectos previstos en el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas (BOE nº 176, de 24 de julio de 2001).

El objeto del proyecto es, por tanto, la determinación de la máxima crecida ordinaria en el cauce de las corrientes fluviales cercanas al SUP-5 “Las Amapolas” y sus zonas de influencia, con objeto de delimitar el Dominio Público Hidráulico, Zona de Servidumbre y Zona de Policía, de conformidad con lo que establece la Ley de Aguas vigente. Igualmente se delimitarán las zonas inundables, determinadas como la zona anegada por la crecida extraordinaria con periodo de retorno de 500 años, tal y como establece la Ley. El cauce fluvial objeto del estudio es el Arroyo del Espino a su paso por el sector SUP-5 “Las Amapolas”.

Siguiendo las recomendaciones técnicas de la Confederación Hidrográfica del Tajo, se incluyen igualmente planos de planta y perfiles transversales a los cauces, en el que se recogen las áreas inundadas citadas anteriormente, con topografía de la zona a escala suficiente.

Para ello se emplean los procedimientos que siguen la normativa vigente y las herramientas más avanzadas de apoyo a la modelación hidrológica e hidráulica, como el uso de sistemas de información geográfica (S.I.G.) conectados a las aplicaciones informáticas de modelación.



2. Situación Geográfica

2.1. Arroyo del Espino

El arroyo del Espino, afluente del Arroyo de Tejada (tributario directo del río Manzanares) tiene su nacimiento natural cerca del paraje Vallejo de la Hierba a 970 metros de altitud, en las proximidades de la Base de Helicópteros (FAMET).

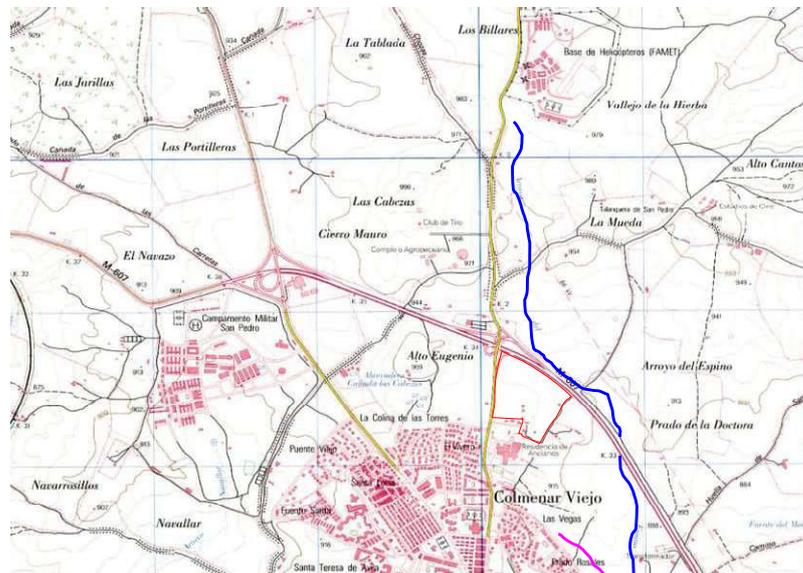
El arroyo del Espino no tiene arroyos tributarios en todo su recorrido. La superficie total de la cuenca hasta el tramo de estudio es de 2,8 Km². El recorrido de dicho arroyo en el término municipal tiene una orientación N-S. Este arroyo tiene como principal obra de infraestructura el paso por la carretera M-607 y otros pasos menores, situados aguas abajo del sector de estudio.

Desde un punto de vista geológico, esta cuenca de aportación, se localiza en un área cuyas litologías predominantes se corresponden con granitos de tipo “Colmenar Viejo”. Los usos de la zona se basan principalmente en usos urbanos y pastizales.

2.2. Sector SUP-5 “Las Amapolas”

La zona objeto de estudio se localiza al noreste del término municipal de Colmenar Viejo. El Sector se encuentra situado antes de la salida del arroyo por el paso de la carretera M-607, por lo tanto, dicha carretera se encuentra situada entre el arroyo y el sector SUP-5 “Las Amapolas” en el límite NE del mismo.

Para el sector se prevé una red de aguas de tipo separativo. El vertido de aguas pluviales, que se genere en el sector, se conectará al colector que da servicio a los desarrollos de la zona, éste se encuentra conectado al estanque de tormentas en el ámbito de SUP-2 “Pozanco”. Por lo tanto, no existirá punto de vertido de aguas pluviales en la zona.



Mapa topográfico de localización del arroyo del Espino (color azul oscuro) y del SUP-5 “Las Amapolas” (color rojo), extraído del Mapa Topográfico 1:25.000 de la Comunidad de Madrid. Hoja 509. Cerro San Pedro. Año 1997.



3. Estudio hidrológico

3.1. Metodología

Existen dos metodologías básicas para el estudio hidrológico de caudales de crecida o avenida de diseño:

- El análisis estadístico de caudales de crecida, a partir de datos registrados en estaciones de aforo o similares, instaladas en el cauce objeto de estudio;
- El cálculo hidrometeorológico de caudales, a partir de datos de precipitación registrados en la cuenca hidrográfica y sus inmediaciones.

La ausencia de estaciones de aforo o instrumentación de control de caudales cerca de la zona de estudio en el arroyo del Espino, impide el análisis estadístico de caudales. Por tanto, se ha optado por las técnicas de cálculo hidrometeorológico.

Técnicas de cálculo hidrometeorológico

Como su propio nombre indica, los cálculos hidrometeorológicos, se basan en funciones de conversión de variables meteorológicas (fundamentalmente precipitación) a escorrentía superficial (caudales) que se apoyan en modelos determinísticos más o menos complejos. Con el empleo de datos meteorológicos se pretende utilizar la mayor cantidad de puntos de muestreo (estaciones) y longitud de las series pluviométricas frente a las series foronómicas.

Dentro de las técnicas hidrometeorológicas, puede elegirse entre:

- Las fórmulas empíricas simples (como la de Zapata),
- El método racional (y sus modificaciones),
- El hidrograma unitario, y
- La máxima avenida probable (PMF).

Sólo se encuentra normalizado en España el uso del método racional, con las modificaciones respecto a la fórmula clásica que introdujo la Dirección General de Carreteras para el diseño de los elementos de drenaje superficial (Instrucción 5.2-IC “Drenaje Superficial”, Orden Ministerial de 14 de mayo de 1990, BOE de 23 de mayo; en adelante referida como Instrucción o DGC, 1990).

Por estos motivos, la modelación hidrológica en este estudio se realizará siguiendo la directriz de la “Instrucción de Drenaje Superficial”. Empleándose novedosas fuentes de información y herramientas avanzadas (sistemas de información geográfica); y contrastando y calibrando los resultados obtenidos a partir de las diferentes variantes y extensiones para mejorar el método (entre las que destaca la propuesta de Témez 1991).



El método racional y sus modificaciones

Este sencillo y difundido método se basa en la transformación de una precipitación con intensidad I (que empieza en forma instantánea y continúa de forma indefinida) a una escorrentía que continuará hasta que se alcance el tiempo de concentración (T_c), momento en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo. En ese momento de equilibrio entre entradas y salidas se alcanzará el caudal punta (Q_p) en el emisario de la cuenca; el volumen entrante al sistema será el producto de la intensidad de precipitación por el área de la misma ($I \cdot A$), y se ve reducido por un coeficiente de escorrentía (C , entre 0 y 1) que representa la proporción de agua retenida en las abstracciones iniciales. Las unidades de las variables se expresan en el sistema norteamericano, por lo que su conversión al SI (Q_p , m³/s; I , mm/h; A , km²) precisa dividir el producto entre una constante K , resultando como fórmula general (DGC, 1990):

$$Q = \frac{C \cdot A \cdot I_t}{3}$$

Siendo:

Q = Máximo caudal posible en el periodo de retorno considerado (m³/s)

C = Coeficiente medio de escorrentía (adimensional)

A = Área de la cuenca (km²)

I_t = Intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración (mm/h).

Este método ha sido muy criticado desde que comenzó a utilizarse a mediados del siglo XIX, debido a su simplicidad y a las hipótesis de partida (precipitación con intensidad constante a lo largo de la cuenca en un intervalo T_c y coeficiente de escorrentía constante en el tiempo), difíciles de cumplirse en un sistema natural. Muchos estudios proponen su utilización restringida a cuencas con unas determinadas dimensiones o bajo condiciones específicas de duración de la precipitación. De ahí que se hayan propuesto diferentes modificaciones de la fórmula tradicional que permitan su adaptación a otras cuencas o condiciones de tiempo de concentración. El denominado método racional modificado pretende adaptarlo a lluvias con duración mayor al tiempo de concentración, cuencas de mayores dimensiones (20 ó 30 acres) y reconstrucciones no sólo del pico de flujo, sino del hidrograma, supuesto de forma trapezoidal.

La modificación de Témez (1991), para su aplicación a cuencas de hasta 3000 km² y tiempos de concentración entre 0,25 y 24 horas, introduce en la fórmula un coeficiente de uniformidad de la precipitación (K), que puede calcularse en función del tiempo de concentración, y la aplicación del factor reductor por área (K_A ; Témez, 1987) en la estimación de la intensidad.

Fuentes de datos

Los factores necesarios para el empleo del método racional siguiendo la Instrucción de "Drenaje Superficial" son y se obtienen de las siguientes formas:

- El **coeficiente de escorrentía** (C): calculado mediante la formulación propuesta en la Instrucción (DGC, 1990), basada en los estudios del *Soil Conservation Service* de los EE.UU. (SCS, 1972). La estimación del umbral de escorrentía (P_0) se realiza igualmente mediante la combinación de factores tabulados del SCS (1972), empleando para su estimación la superposición y cruce en un SIG de las coberturas reclasificadas de pendientes del terreno, tipos de suelos, y vegetación y cultivos. Los mapas con los tipos de suelos y vegetación se obtienen por digitalización y reclasificación de los mapas geológico, de suelos y de la ortofoto.
- El **área** de la cuenca (A) se calcula a partir de la digitalización de la divisoria de aguas sobre la cartografía digital a escala 1:25.000 de la zona. Igualmente se vectorizó, para su planimetrado desde la cartografía digital a 1:25.000, el río de estudio.



- La **intensidad** de precipitación se calcula como la intensidad promedio para una duración equivalente al tiempo de concentración, considerada para diferentes periodos de retorno, mediante curvas intensidad/duración, de forma gráfica o con su formulación teórica.

La precipitación máxima diaria para un periodo de retorno dado se estima mediante análisis estadístico de las series de precipitaciones diarias máximas anuales registradas en estaciones meteorológicas, bien empleando datos locales (cálculo de frecuencias muestrales y ajuste de una función de distribución de frecuencias) o regionalización de parámetros (media y coeficientes de sesgo y/o variación).

Utilizando la primera alternativa, el Instituto Nacional de Meteorología ha realizado un ajuste de la función de distribución de Gumbel (INM, 1998) a las series de las estaciones principales de la red (INM, 2001); mediante regionalización se han realizado mapas para la estimación de la P_d (DGC, 1996) y aplicaciones informáticas específicas para su cálculo, como MAXPLUWIN (DGC, 1999).

3.2. Cálculos y Resultados

- Parámetros morfométricos

Los principales parámetros morfométricos de interés hidrológico, obtenidos para la subcuenca estudiada del Arroyo del Espino, son los siguientes:

ARROYO DEL ESPINO	
Parámetros morfométricos	
A (km)	2.83
L (km)	2.53
Desnivel (m)	88.0
J (m/m)	0.035
Tc (horas)	1.15

- Clasificación de la superficie de la cuenca

En función de los usos del terreno en la cuenca, así como de la tipología de los suelos y de la pendiente, se ha reclasificado el territorio afectado en función de las categorías establecidas en la Instrucción (DGC, 1990), para estimar el umbral de escorrentía (P_o).

Debido al cambio en las superficies dedicadas a cada uso, a consecuencia del desarrollo urbanístico se ha establecido una situación preoperacional y postoperacional, para poner de manifiesto la afección del mencionado desarrollo.

Situación preoperacional

ARROYO DEL ESPINO					
CARACTERÍSTICAS FISIográficas			SUPERFICIE (m ²)	Po (mm)	Ocupación (%)
USO/ TIPO DE SUELO	GRUPO	PTE			
Urbano		>3%	295544	5	10.45%
Pastizal (Pradera media)	C	>3%	2531704	14	89.55%
VALOR MEDIO PONDERADO Po				13.1	
FACTOR CORRECTOR (Instrucción 5.2-IC, 1990)				2.25	
Po REAL MEDIO				29.38	



Situación postoperacional

ARROYO DEL ESPINO					
CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS			SUPERFICIE (m ²)	Po (mm)	Ocupación (%)
USO/ TIPO DE SUELO	GRUPO	PTE			
Urbano		<3%	433532	5	15.33%
Pastizal (Pradera media)	C	<3%	2393785	14	84.67%
VALOR MEDIO PONDERADO Po				12.6	
FACTOR CORRECTOR (Instrucción 5.2-IC, 1990)				2.25	
Po REAL MEDIO				28.39	

■ Precipitaciones e Intensidades

La precipitación correspondiente a la media decenal representativa de precipitaciones máximas diarias (Pd) se obtuvo a partir de la serie de precipitaciones de la estación meteorológica de Manzanares El Real (INM, 2000), tomando la mediana como el valor más representativo. Igualmente se muestra la precipitación máxima diaria para el periodo de retorno de 500 años.

Periodo decenal		Pd (mm)
1954	1963	53.36
1955	1964	54.83
1956	1965	55.68
1957	1966	56.28
1958	1967	56.73
1959	1968	57.9
1960	1969	62.92
1961	1970	62.77
1962	1971	61.71
1963	1972	64.81
1964	1973	62.01
1965	1974	61.3
1966	1975	59.84
1967	1976	58.86
1968	1977	61
1969	1978	59.58
1970	1979	55.42
1971	1980	55.42
1972	1981	57.24
1973	1982	57.3
1974	1983	57.17
1975	1984	61.23
1976	1985	60.54
1977	1986	60.77
1978	1987	60.67
1979	1988	61.25
1980	1989	61.9
1981	1990	63.78

ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE MANZANARES EL REAL

	MCO	T500
Pd (mm)	60.19	126.80
Id (mm/h)	2.51	5.28
I1/I d	10	10
I1 (mm/h)	25.08	52.83
It (mm/h)	23.11	48.68



- Caudal para la Máxima Crecida Ordinaria

De la aplicación de la fórmula del método racional contemplada en la Instrucción (DGC, 1990) se obtienen los siguientes caudales punta (Qp) para la máxima crecida ordinaria (MCO):

Situación Preoperacional

ARROYO DEL ESPINO	
Crecida Maxima Ordinaria	
C(adimensional)	0.15
It (mm/h)	23.11
A (km ²)	2.83
Qp (m³/s)	3.36

Situación Postoperacional

ARROYO DEL ESPINO	
Crecida Maxima Ordinaria	
C(adimensional)	0.16
It (mm/h)	23.11
A (km ²)	2.83
Qp (m³/s)	3.56

- Caudal para la crecida de periodo de retorno de 500 años

De la aplicación de la fórmula del método racional contemplada en la Instrucción (DGC, 1990) se obtienen los siguientes caudales punta (Qp) para la máxima crecida extraordinaria (Periodo de retorno de 500 años):

Situación Preoperacional

ARROYO DEL ESPINO	
Crecida extraordinaria	
C(adimensional)	0.39
It (mm/h)	48.68
A (km ²)	2.83
Qp (m³/s)	17.71

Situación Postoperacional

ARROYO DEL ESPINO	
Crecida extraordinaria	
C(adimensional)	0.40
It (mm/h)	48.68
A (km ²)	2.83
Qp (m³/s)	18.26



4. Estudio hidráulico

4.1. Metodología

Se puede simplificar el flujo del agua en una corriente fluvial como unidimensional, o sea, la profundidad y velocidad sólo varían en la dirección longitudinal del canal, cuyo eje se supone aproximadamente una línea recta, y la velocidad es constante en cualquier punto de una sección transversal.

En este supuesto, el movimiento del agua en la denominada “fase fluvial”, esto es, concentrado en colectores prismáticos irregulares, está gobernado por las ecuaciones de Saint-Venant: continuidad y conservación de la cantidad de movimiento. Éstas formulan, respectivamente, la relación de caudal entrante y saliente en una superficie cerrada al ritmo que varía su densidad, y la igualdad entre variación de la cantidad de movimiento y resultante de las fuerzas exteriores que actúan sobre el fluido:

- Ecuación de la continuidad,

$$A \cdot \delta v / \delta x + B \cdot v \cdot \delta y / \delta x + B \cdot \delta y / \delta t = 0$$

- Ecuación para la conservación de la cantidad de movimiento,

$$\delta v / \delta t + v \cdot \delta v / \delta x + g \cdot \delta y / \delta x + g \cdot \delta z / \delta x + g \cdot Sf = 0$$

Siendo: A, área para la sección transversal al flujo; v, velocidad media; x, abscisa de posición (situación en el conducto de la sección considerada); B, anchura de la lámina de agua para un calado y; y, calado (espesor de la lámina); t, tiempo; g, aceleración debida a la fuerza gravitatoria; z, cota para la base del conducto; Sf, pendiente de fricción, que es función de la velocidad, rugosidad y radio hidráulico.

Los tipos de flujo en el conducto pueden clasificarse en base a consideraciones cinemáticas o estructurales. La clasificación cinemática tiene en cuenta la estabilidad-variación del vector velocidad en el tiempo y espacio según la ecuación de la continuidad:

a) Respecto al espacio (fijando el tiempo)

- Flujo uniforme, la velocidad no varía en el espacio, $\delta v / \delta x = 0$
- Flujo variado, la velocidad cambia en el espacio, $\delta v / \delta x \neq 0$

b) Respecto al tiempo (fijando el espacio)

- Flujo estacionario o permanente, la velocidad no varía en el tiempo, $\delta v / \delta t = 0$
- Flujo variable, la velocidad cambia en el tiempo, $\delta v / \delta t \neq 0$

La velocidad del agua en un conducto varía con el tiempo (t) y a lo largo del mismo (x), haciéndolo también en distintos puntos para su sección transversal; las diferencias principales son debidas a pérdidas de carga por rozamiento con las paredes o base del conducto y, en menor medida, de la lámina superficial con el aire. Las distintas combinaciones posibles de tipologías de flujo se modelan mediante diferentes herramientas, desde modelos físicos en canales artificiales (flujo permanente y uniforme) a modelos matemáticos (flujo permanente y variado).

- Modelación hidráulica de flujo unidireccional en régimen gradualmente variado

Si mantenemos la hipótesis metodológica de un flujo permanente pero con una variación paulatina de la velocidad en el espacio, y por tanto del calado al no modificarse el caudal, el régimen recibe el nombre de gradualmente variado, y en él se produce una distribución hidrostática de las presiones. Los perfiles pueden analizarse considerando régimen supercrítico y subcrítico.



Para la estimación de velocidades y calados se suele aplicar el denominado método estándar por etapas (Standard Step Method), que resuelve la ecuación dinámica del flujo gradualmente variado igualando la energía en dos secciones consecutivas mediante un procedimiento cíclico de aproximaciones sucesivas.

En esta resolución se cuenta con herramientas informáticas como el programa de aplicación HEC-2 (Water Surface Profiles), desarrollado por B.S. Eichert en el Hydrologic Engineering Center (USACE), que además ofrece una serie de posibilidades opcionales como el cálculo simultáneo de varios perfiles, afluentes, bifurcaciones, etc. Una versión actualizada y ampliada de este programa, disponible para entorno Windows, es la aplicación HEC-RAS (River Analysis System; USACE), que puede manejar una red completa de canales, un sistema dendrítico, o una localización singular en un río; es capaz de modelizar perfiles en régimen subcrítico, supercrítico o mixto.

Las bases teóricas de la aplicación son las siguientes:

Flujo estacionario (no varía el calado o la velocidad con el tiempo).

- Flujo gradualmente variado (distribución hidrostática de presiones).
- Flujo unidimensional (velocidad en la dirección del flujo).
- Contornos rígidos (no se tienen en cuenta erosión o sedimentaciones en el cauce).

Con estas hipótesis la ecuación básica de conservación de la energía entre dos secciones 1 y 2 de un flujo unidimensional es:

$$z_1 + y_1 + a_1 \cdot \left(\frac{v_1^2}{2g}\right) = z_2 + y_2 + a_2 \cdot \left(\frac{v_2^2}{2g}\right) + h_c$$

Siendo h_c la pérdida entre las secciones 1 y 2:

$$h_c = L \cdot S_f + C \left(a_1 \cdot \frac{v_1^2}{2g} - a_2 \cdot \frac{v_2^2}{2g} \right)$$

Siendo:

L = Longitud del tramo

Sf = Pendiente de fricción del tramo

C = Coeficiente de pérdida por expansión o contracción

La hipótesis fundamental realizada por el HEC-RAS es que la pérdida de altura por fricción en una sección es la misma que tendría un flujo uniforme que tuviese la misma velocidad y radio hidráulico que los correspondientes a esa sección. Esta hipótesis permite aplicar la fórmula de Manning de flujo uniforme para evaluar la pendiente de fricción en una sección transversal del cauce, con lo que resulta:

$$Q = K \cdot S_f$$

Siendo:

Q= Caudal

Sf= Pendiente de fricción del tramo

K= Capacidad

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3}$$



n = Coeficiente de rugosidad de Manning

A = Sección transversal

R_h = Radio hidráulico

Para la obtención de los parámetros geométricos necesarios en la aplicación HEC-RAS ver. 3.0 (perfil longitudinal, secciones transversales, posición de los bancos de orilla...) se ha utilizado una extensión del sistema de información geográfica ArcView GIS (ESRI), que permite extraer la geometría desde un modelo digital de elevaciones en formato TIN (HEC-GeoRAS), generado en ArcView GIS a partir de la topografía de detalle.

4.2. Fuentes de datos

Las fuentes de datos fundamentales para la modelación hidráulica son dos: geometría del cauce y sus inmediaciones; y los caudales de crecida obtenidos del estudio hidrológico.

La geometría básica del cauce se extrae con el levantamiento topográfico de la zona adyacente al sector con equidistancias entre curvas de nivel a 5 metros y el levantamiento topográfico del sector con equidistancias entre curvas de nivel a 1 metro, en combinación con la cartografía digital oficial existente. Además esta topográfica se completa mediante un estudio de campo en el que se toman perfiles transversales del cauce.

Las posiciones de los bancos de orilla y las tipologías del recubrimiento de los lechos para la obtención de los coeficientes n de Manning se recopilaron mediante la visita de campo y cartografía geomorfológica de detalle, delimitándose el canal a sección llena (*bankfull channel*).

4.3. Resultados

Para la modelación hidráulica se han definido 9 secciones transversales en el arroyo del Espino, equiespaciadas entre sí unos 100 m aproximadamente en un tramo de unos 1000 metros.

Los coeficientes de rugosidad de Manning adoptados para el lecho de los canales, de textura gravas, arenas y arenas limo-arcillosas, cubierto por vegetación de gramíneas y nitrófilas de porte herbáceo-matorral oscila entre 0,03 y 0,04; para las riberas y márgenes, ocupadas normalmente por pastizales y cultivos herbáceos se han utilizado unos coeficientes entre 0,04 y 0,045.

Los coeficientes de expansión (C_e) y contracción (C_c) adoptados son 0,3 y 0,1 respectivamente. Como condiciones de contorno se eligieron situaciones de caudal crítico aguas arriba y abajo.

- Situación Preoperacional

Área inundable por la máxima crecida ordinaria

La zona inundable por la máxima crecida ordinaria, correspondiente al cauce o Dominio Público Hidráulico del arroyo del Espino, queda representada en los gráficos (bloques tridimensionales, tablas, secciones transversales y planos) en los anexos.

Como puede apreciarse, la topografía del cauce no es muy marcada y la crecida ordinaria se restringe a la zona más baja del cauce sin producirse desbordamiento en los márgenes. A partir de esta área inundada se han delimitado las dos franjas correspondientes a las Zonas de Servidumbre (5 m) y Policía (100 m).

Área inundable por la crecida extraordinaria

La zona inundable por la circulación del caudal correspondiente a la crecida extraordinaria de periodo de retorno de 500 años para el arroyo en estudio, se muestra en los gráficos (bloques tridimensionales, tablas, secciones transversales y planos) de los anexos.

Como puede apreciarse, la crecida extraordinaria queda contenida dentro del cauce. Las zonas anegadas por las aguas son más amplias que en la crecida ordinaria. En estas zonas la profundidad de la lámina de agua no llega a los 5 cm. Toda la crecida queda situada en el lado



este de la carretera M-607, sin embargo el sector propuesto se encuentra situado en el lado oeste de la misma, por lo tanto la crecida extraordinaria no se acerca a los límites del sector.

- **Situación Postoperacional**

Los caudales punta de crecida debido al desarrollo del sector, presentan variaciones poco significativas respecto a los caudales sin este desarrollo, tanto para la crecida ordinaria como la extraordinaria. Aunque existe una impermeabilización del sector de estudio, produce una variación pequeña en el umbral de escorrentía entre la situación actual (situación preoperacional) y situación futura (situación postoperacional), por la pequeña superficie que representa en la totalidad de la cuenca vertiente.

Área inundable por la máxima crecida ordinaria

La zona inundable por la máxima crecida ordinaria, en la situación postoperacional queda representada en los gráficos (bloques tridimensionales, tablas, secciones transversales y planos) de los anexos.

La pequeña variación de caudales que entre la situación actual y futura, hace que no se aprecie variación significativa entre la zona inundada y la altura de la lámina de agua alcanzada en ambas situaciones (preoperacional y postoperacional).

Área inundable por la crecida extraordinaria

La zona inundable del arroyo, por la circulación del caudal correspondiente a la crecida extraordinaria de periodo de retorno de 500 años en régimen postoperacional se muestra en los gráficos (bloques tridimensionales, tablas, secciones transversales y planos) de los anexos.

La profundidad de la lámina alcanza una altura máxima de 7 cm. Como sucede en la situación preoperacional, las zonas inundables por la máxima crecida extraordinaria quedan situadas en el lado este de la carretera M-607, y el sector propuesto se encuentra situado en el lado oeste de la misma, por lo tanto la crecida extraordinaria no se acerca los límites del sector.



5. Consideraciones finales

El presente estudio, como cualquier investigación hidrológico-hidráulica, contiene una serie de incertidumbres y posibles fuentes de error en los resultados, derivados en su mayor parte de deficiencias en las fuentes de datos y las limitaciones de las metodologías habitualmente empleadas. A grandes rasgos, convendría considerar los siguientes aspectos:

- La metodología de modelación hidrológica (método racional modificado), aun siendo la técnica aceptada oficialmente mediante la Instrucción de Drenaje y estar enormemente popularizado su empleo, adolece de notables deficiencias, que ya han sido señaladas por diversos estudios científicos. Las principales dudas del método parten del carácter agregado del modelo, la estimación del coeficiente de escorrentía, el cálculo del tiempo de concentración, y en que se asume una intensidad de precipitación constante y uniforme durante elevados periodos de tiempo.



6. Conclusiones

La delimitación de las zonas inundables en las márgenes del Arroyo del Espino a su paso por el sector SUR-5 “Las Amapolas” en el municipio de Colmenar Viejo (Madrid), según los criterios establecidos en la vigente Ley de Aguas, pone de manifiesto que no se produce ninguna afección al Dominio Público Hidráulico y Zona de servidumbre. El sector tiene una franja dentro de la Zona de Policía, por lo que se tendrá en cuenta para los usos y construcciones futuros a los efectos de la legislación mencionada.

Las zonas inundables por la crecida extraordinaria se producen en las inmediaciones del cauce sin afectar al sector.

En cuanto a las aguas pluviales que se generen en el sector se prevé que sean recogidas por la red del vecino sector SUP-4 “Las Adelfillas”, siendo dirigidas hasta el tanque de tormentas situado en el ámbito SUP-2 “Pozanco”.

En Colmenar Viejo, julio de 2023.

D. Jorge [Redacted]
Ingeniero [Redacted] nales y Puertos
Nº Colegiado 19.927



Referencias

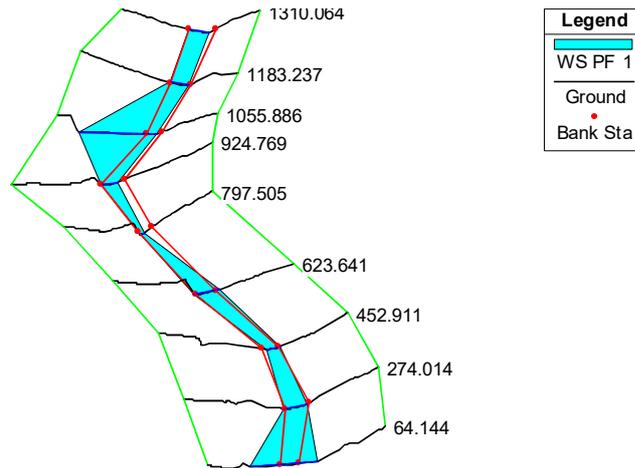
- Chow, V.T.; Maidment, D.R. y Mays, L.W. (1994): *Hidrología aplicada*. McGraw Hill, Colombia, 584 págs.
- DGC (1990). *Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial"*. Orden 14 de mayo de 1990. Dirección General de Carreteras, Colección Textos de la DGC, 37, 84 págs, Madrid.
- DGC (1996). *Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España peninsular*, escala 1:1.000.000. Dirección General de Carreteras, S.E. de Infraestructuras y Transportes, Ministerio de Fomento.
- INM (2001). Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus períodos de retorno en España. Un estudio por regiones. Castilla-La Mancha y Madrid. Serie monografías. Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- MOPU (1965). Instrucción de Carreteras. Drenaje. Norma 5.1.-I.C., Dirección General de Carreteras.
- MOPU (1986). Real Decreto 849/1986, de 11 de abril del Reglamento del Dominio Público Hidráulico. *B.O.E.*, 103 (30 de abril).
- MOPU (1990). *Instrucción 5.2-I.C., Drenaje superficial*. Dirección General de Carreteras. Colección Textos de la DGC, 37, 84 págs, Madrid.
- MOPU (1985). Ley 29/1985, de 2 de agosto, Ley de Aguas. *B.O.E.*, 189 (8 agosto), 25123-25135.
- S.C.S. (1972). Soil Conservation Service. *Nat. Engin. Handbook*, Section 4, U.S. Department of Agriculture, Washington D.C.
- S.C.S. (1975): Urban hydrology for small watersheds, *Technical release*, 55, USDA, Washington D.C.
- Témez, J.R. (1978). *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Dirección General de Carreteras, MOPU, Madrid, 113 págs.
- Témez, J.R. (1987). *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas y medianas cuencas naturales*. Textos de la Dirección General de Carreteras, Tecnología carreteras, MOPT, Madrid, pag. var.
- Témez, J.R. (1991). Extended and Improved Rational Method. Version of the Highways Administration of Spain. *Proc. XXIV I.A.H.R. Congress*, Madrid (España), vol. A, 33-40.
- Témez, J.R. (1992). Generalización y mejora del método racional. Versión de la Dirección General de Carreteras de España. *Ingeniería Civil*, 82.



ANEJOS

Anejo I.- Gráficas y tablas de la modelación hidráulica de la máxima crecida ordinaria

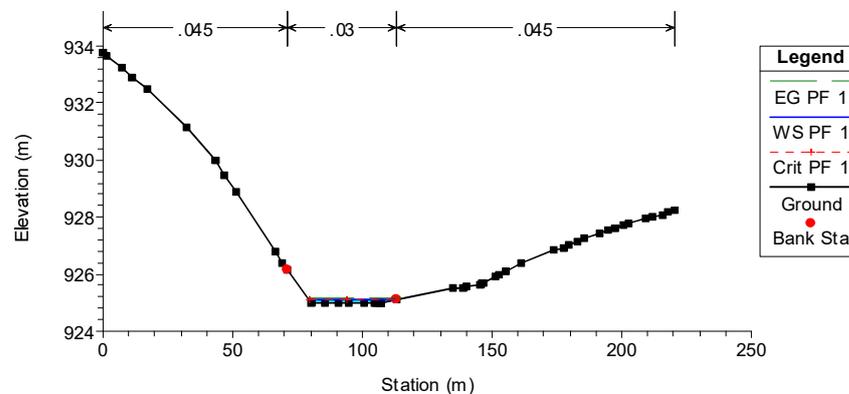
Situación preoperacional



River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1310.064	PF 1	3.36	925.00	925.12	925.12	925.17	0.020024	1.10	3.53	33.99	1.05
1183.237	PF 1	3.36	920.00	920.07	920.12	920.23	0.107388	1.83	1.97	30.14	2.23
1055.886	PF 1	3.36	915.00	915.04	915.04	915.07	0.047957	0.90	5.24	119.64	1.38
924.769	PF 1	3.36	910.00	910.12	910.13	910.19	0.022715	1.16	2.89	25.94	1.11
797.505	PF 1	3.36	905.00	905.19	905.29	905.51	0.068263	2.54	1.33	8.39	2.04
623.641	PF 1	3.36	900.00	900.09	900.09	900.14	0.019554	0.97	3.74	42.20	1.00
452.911	PF 1	3.36	895.00	895.12	895.16	895.25	0.046421	1.68	2.23	21.71	1.59
274.014	PF 1	3.36	890.00	890.35	890.12	890.36	0.000430	0.31	10.97	38.15	0.18
64.144	PF 1	3.36	890.00	890.05	890.05	890.07	0.038673	0.88	5.07	103.60	1.27

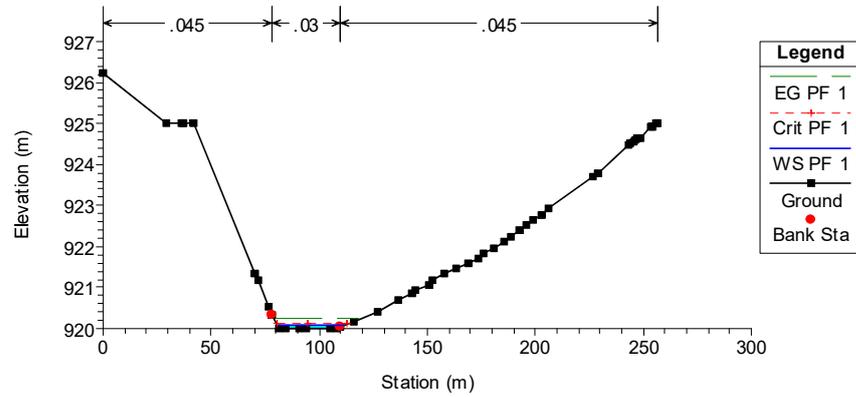
Perfiles

Perfil 1310,064

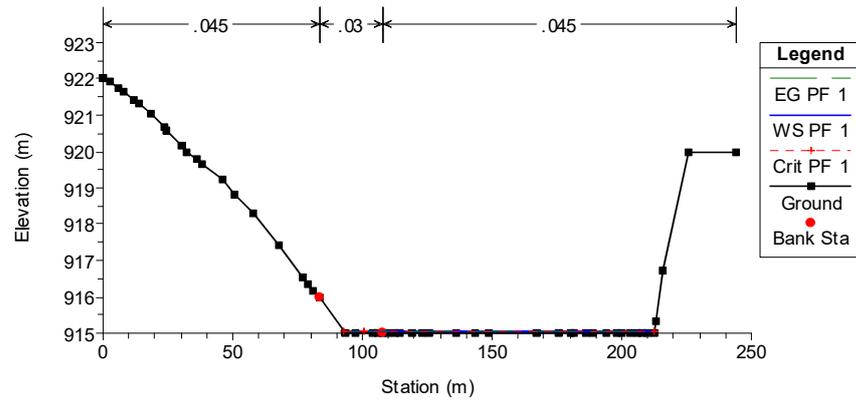




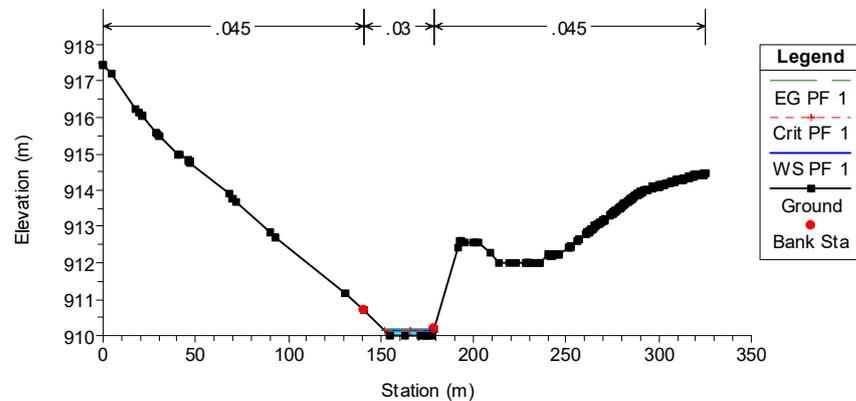
Perfil 1183,237



Perfil 1155,886

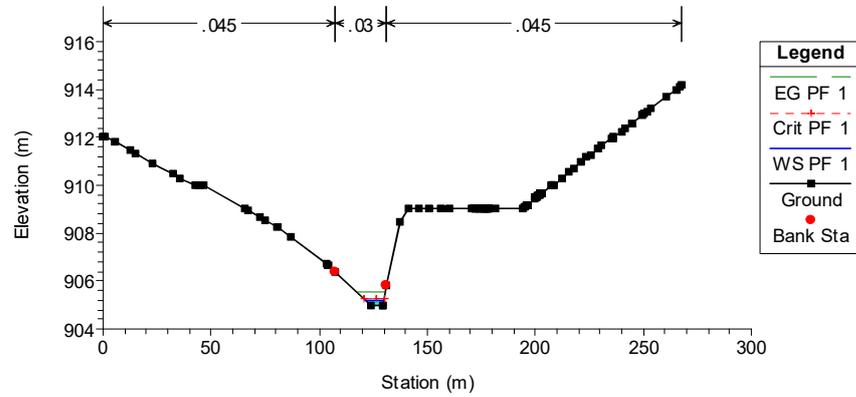


Perfil 924,769

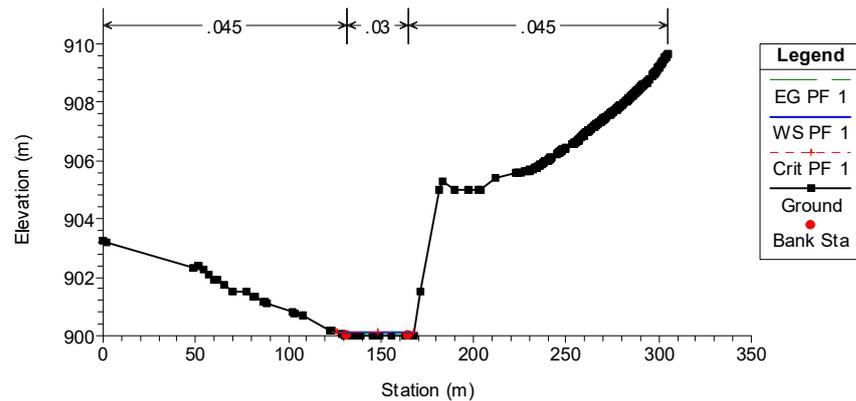




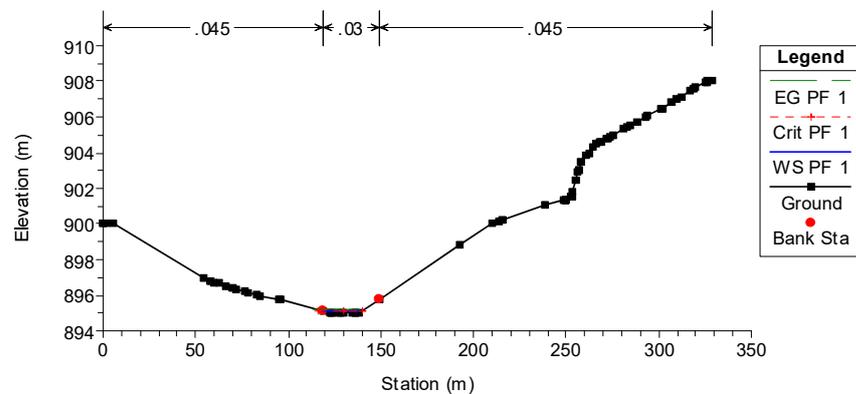
Perfil 797,505



Perfil 623,641

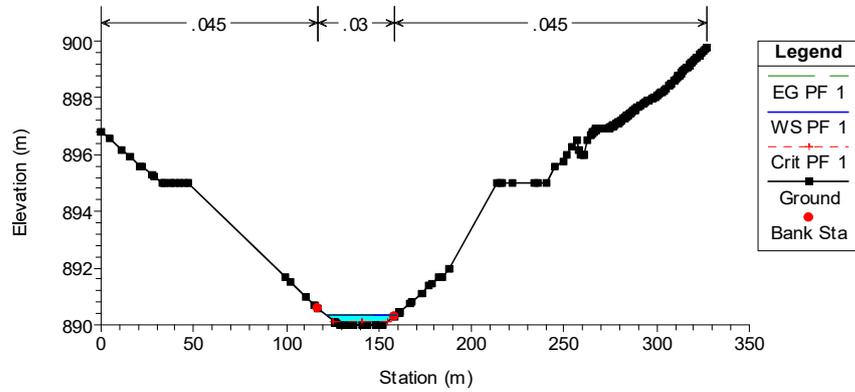


Perfil 452,911

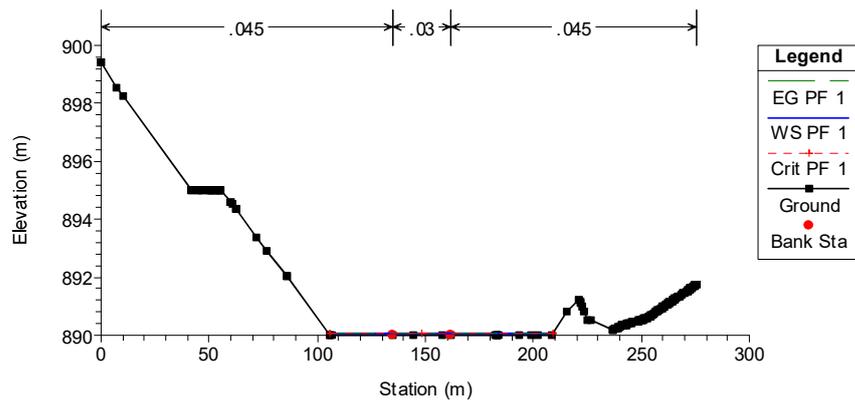




Perfil 274,014

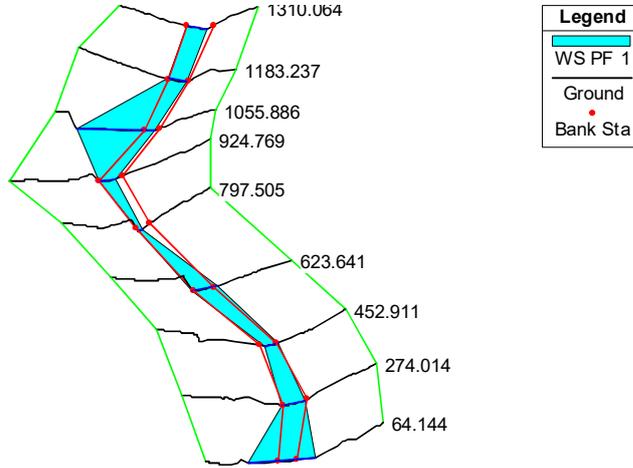


Perfil 64,144





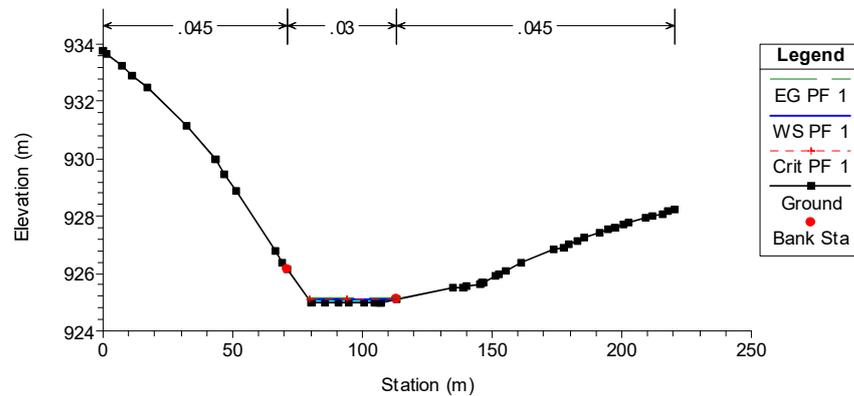
Situación postoperacional



River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1310.064	PF 1	3.56	925.00	925.12	925.12	925.17	0.018743	1.01	3.52	33.74	1.00
1183.237	PF 1	3.56	920.00	920.07	920.12	920.25	0.122090	1.89	1.90	30.01	2.36
1055.886	PF 1	3.56	915.00	915.04	915.04	915.07	0.052050	0.94	5.29	118.64	1.44
924.769	PF 1	3.56	910.00	910.13	910.13	910.19	0.021524	1.17	3.05	26.11	1.09
797.505	PF 1	3.56	905.00	905.19	905.30	905.55	0.073795	2.65	1.34	8.42	2.12
623.641	PF 1	3.56	900.00	900.10	900.10	900.14	0.019550	0.99	3.87	42.37	1.01
452.911	PF 1	3.56	895.00	895.12	895.16	895.25	0.045967	1.61	2.23	21.90	1.57
274.014	PF 1	3.56	890.00	890.36	890.13	890.37	0.000442	0.32	11.30	36.49	0.18
64.144	PF 1	3.56	890.00	890.05	890.05	890.08	0.037439	0.89	5.31	103.64	1.26

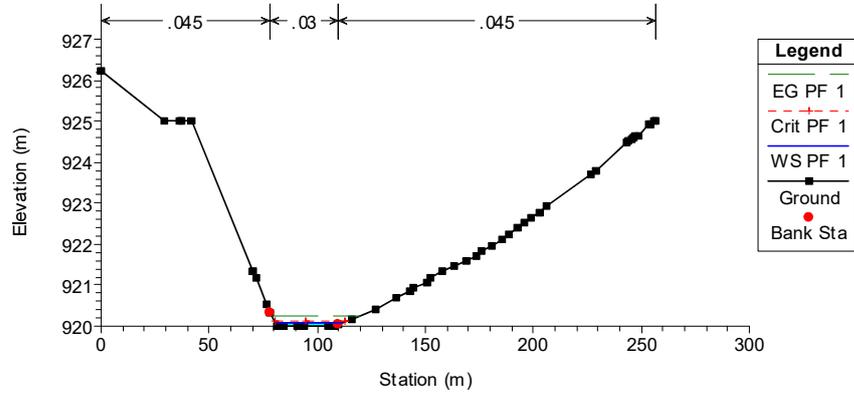
Perfiles

Perfil 1310,064

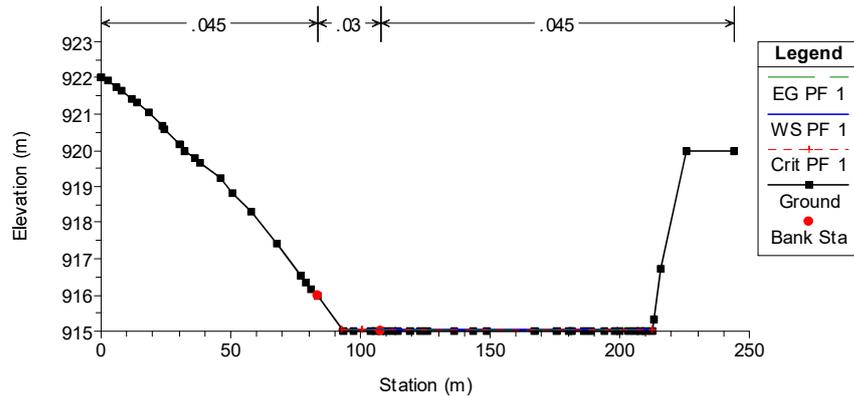




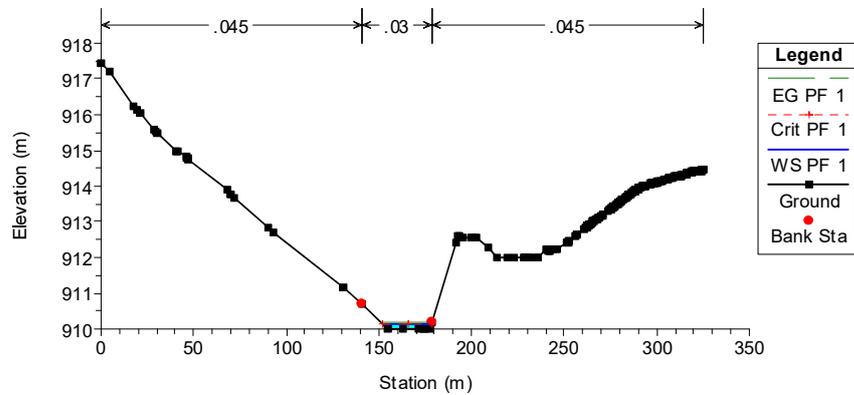
Perfil 1183,237



Perfil 1155,886

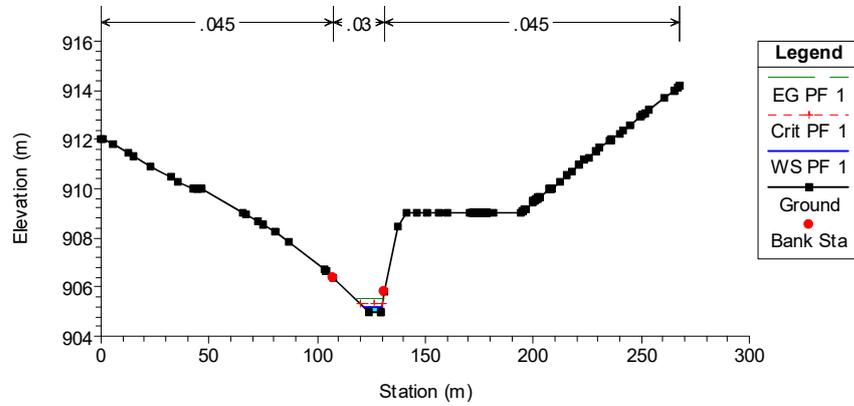


Perfil 924,769

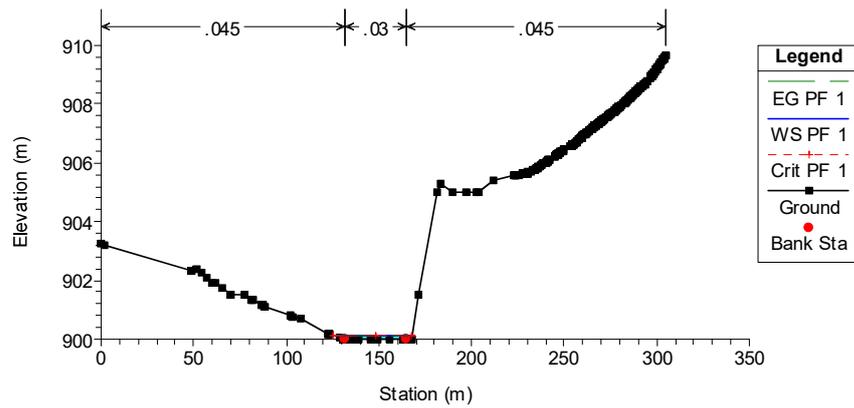




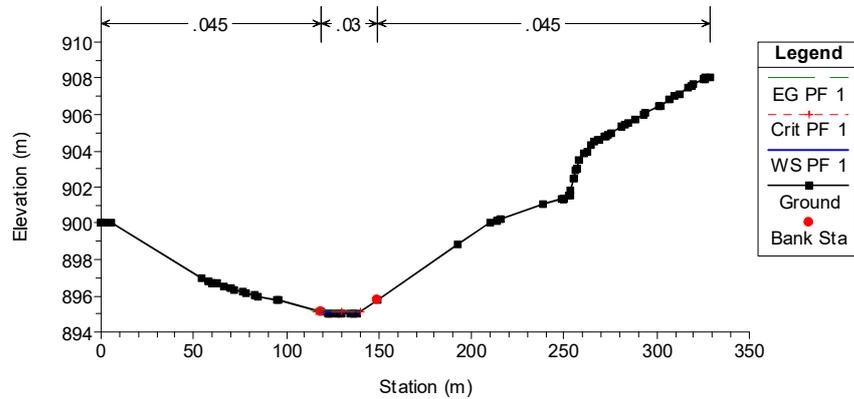
Perfil 797,505



Perfil 623,641

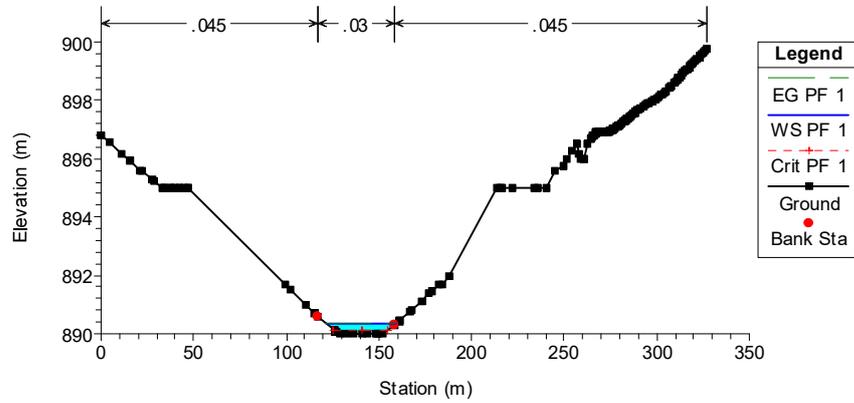


Perfil 452,911

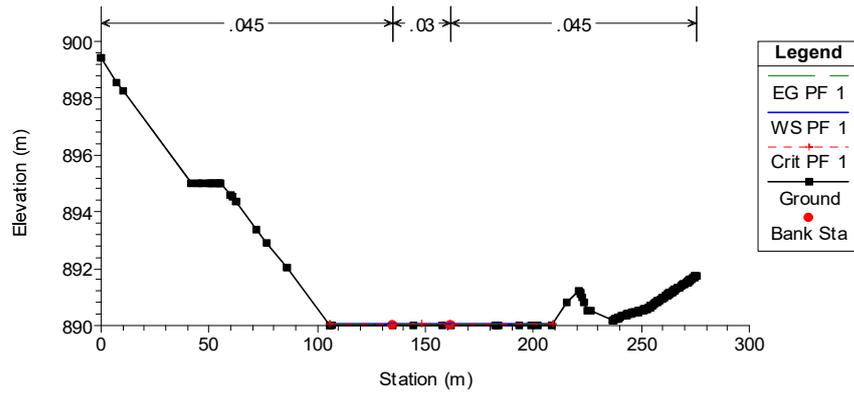




Perfil 274,014



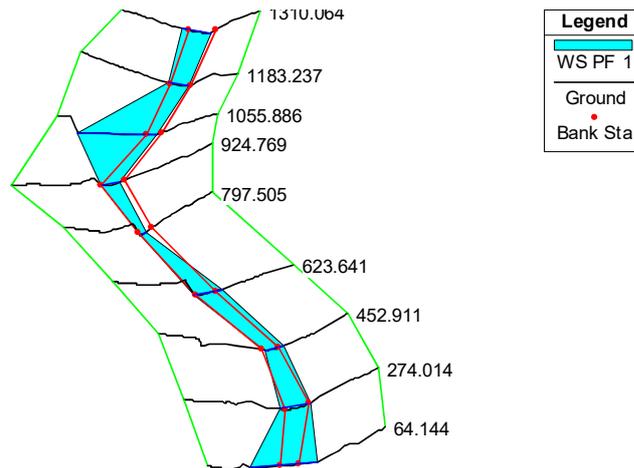
Perfil 64,144





Anejo II.- Gráficos y tablas de la modelación hidráulica de la crecida para T = 500 años

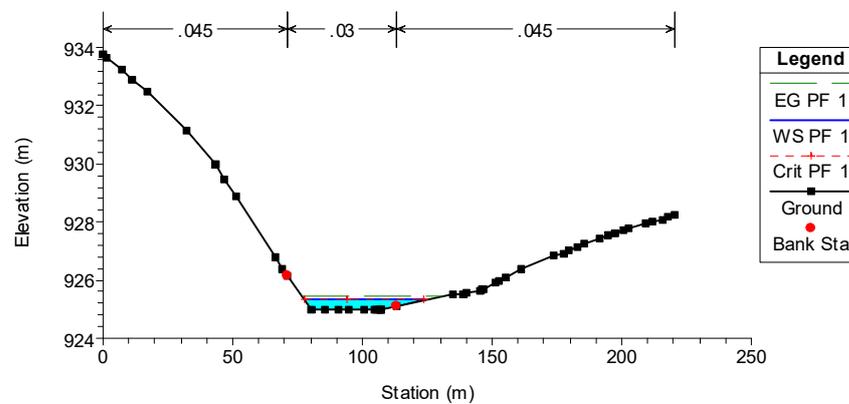
Situación preoperacional



River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1310.064	PF 1	17.71	925.00	925.31	925.31	925.45	0.012615	1.65	11.41	45.84	0.97
1183.237	PF 1	17.71	920.00	920.14	920.33	921.10	0.260946	4.38	4.18	33.88	3.81
1055.886	PF 1	17.71	915.00	915.13	915.13	915.20	0.032638	1.53	16.00	120.74	1.36
924.769	PF 1	17.71	910.00	910.29	910.37	910.56	0.028147	2.27	7.82	30.69	1.42
797.505	PF 1	17.71	905.00	905.53	905.73	906.17	0.042261	3.57	4.97	13.10	1.85
623.641	PF 1	17.71	900.00	900.23	900.27	900.42	0.025477	2.00	9.88	47.55	1.33
452.911	PF 1	17.71	895.00	895.32	895.41	895.63	0.031159	2.53	7.64	32.00	1.52
274.014	PF 1	17.71	890.00	890.70	890.34	890.72	0.000869	0.70	26.54	51.15	0.29
64.144	PF 1	17.71	890.00	890.15	890.15	890.22	0.026063	1.52	15.60	105.41	1.25

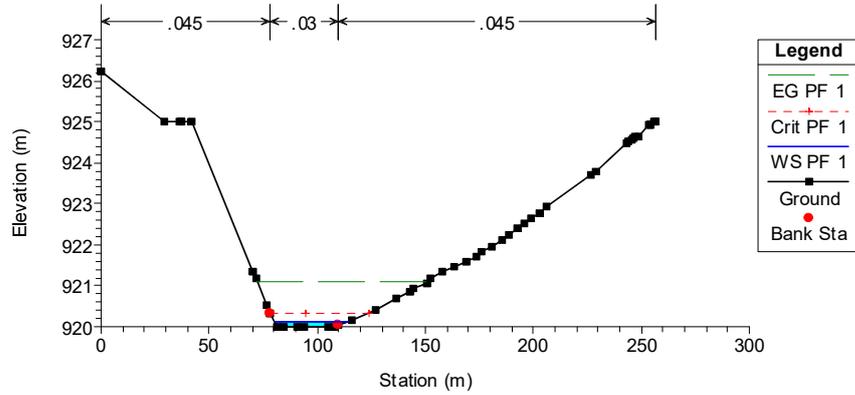
Perfiles

Perfil 1310,064

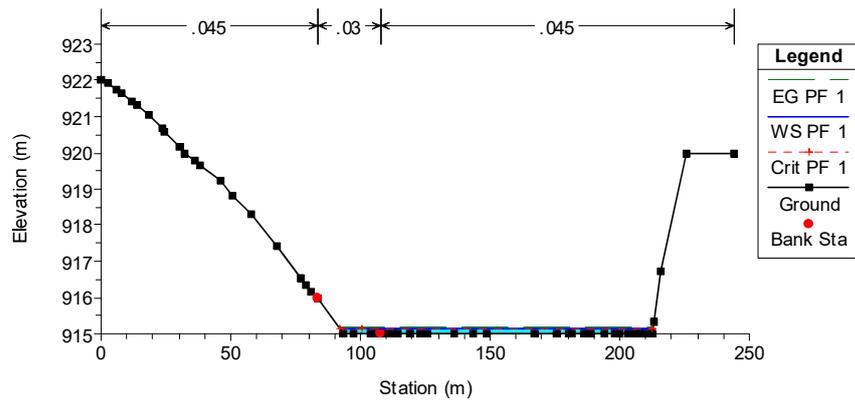




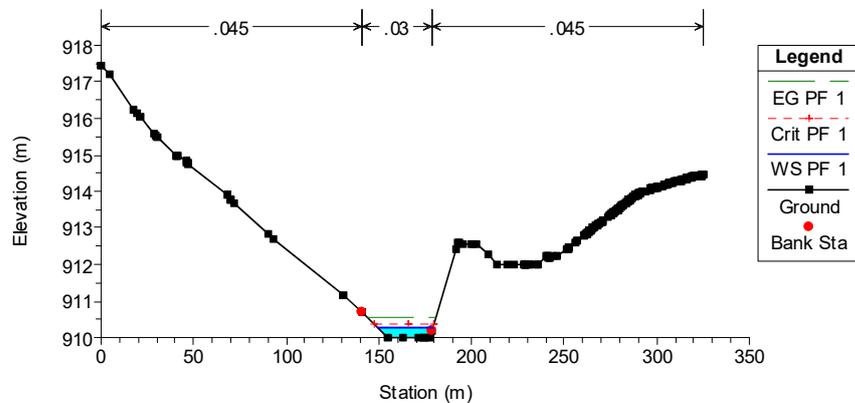
Perfil 1183,237



Perfil 1155,886

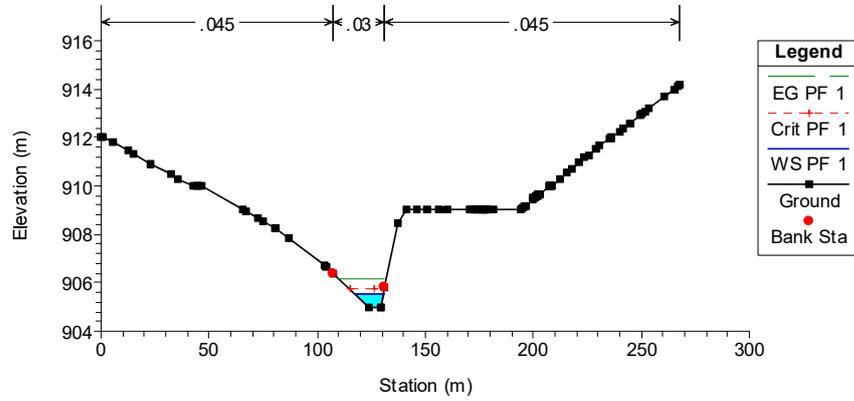


Perfil 924,769

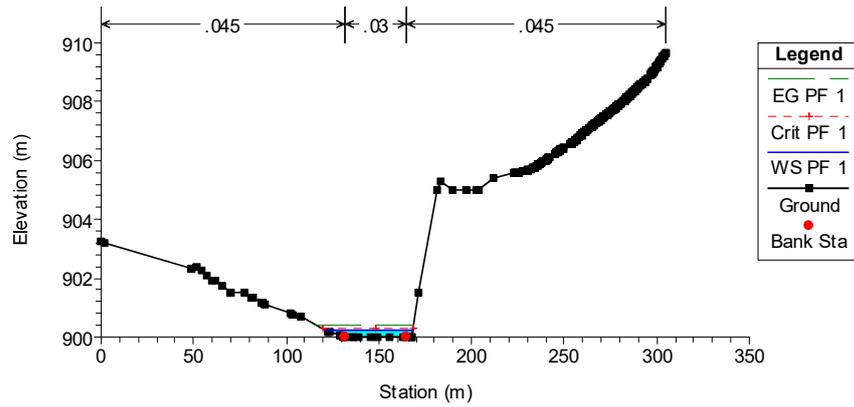




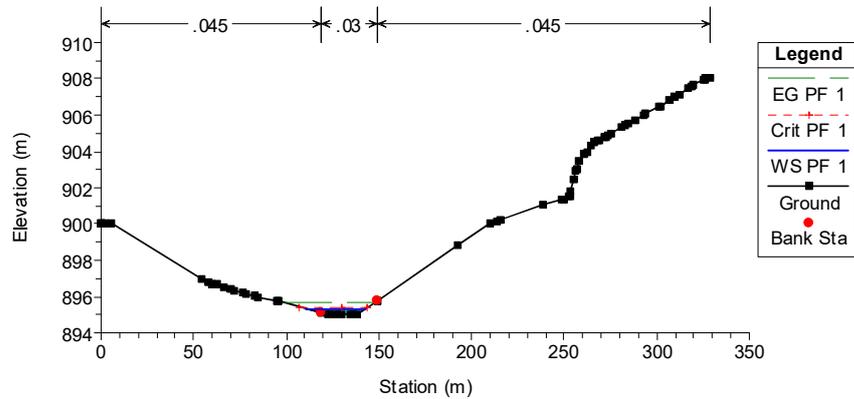
Perfil 797,505



Perfil 623,641

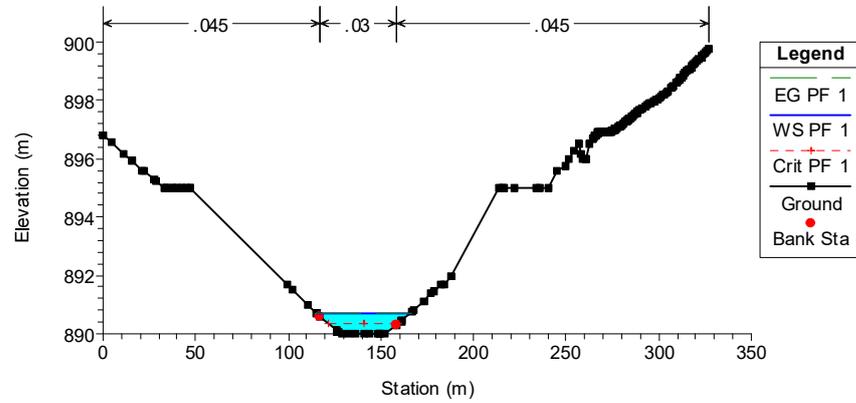


Perfil 452,911

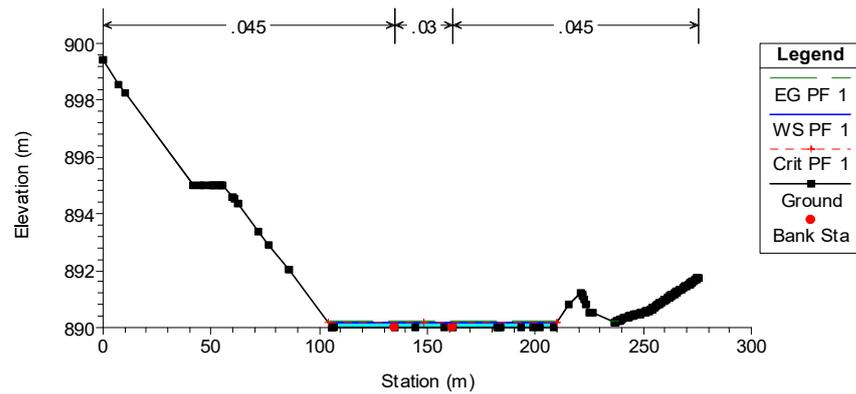




Perfil 274,014

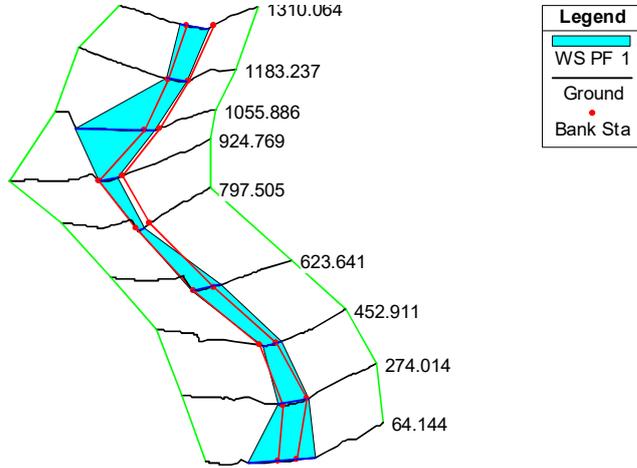


Perfil 64,144





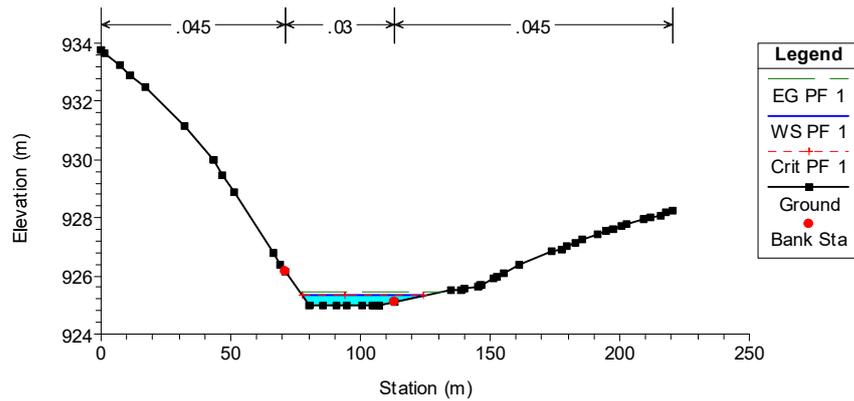
Situación postoperacional



River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
1310.064	PF 1	18.26	925.00	925.32	925.32	925.46	0.012317	1.66	11.76	46.30	0.97
1183.237	PF 1	18.26	920.00	920.11	920.33	921.15	0.262377	4.19	4.21	33.91	3.90
1055.886	PF 1	18.26	915.00	915.14	915.14	915.20	0.032350	1.54	16.34	120.77	1.36
924.769	PF 1	18.26	910.00	910.30	910.37	910.57	0.028301	2.30	7.97	30.81	1.43
797.505	PF 1	18.26	905.00	905.54	905.74	906.19	0.041883	3.59	5.09	13.23	1.84
623.641	PF 1	18.26	900.00	900.23	900.28	900.42	0.025712	2.03	10.05	47.66	1.34
452.911	PF 1	18.26	895.00	895.33	895.42	895.64	0.030826	2.55	7.84	32.31	1.52
274.014	PF 1	18.26	890.00	890.71	890.35	890.73	0.000678	0.71	26.99	51.47	0.29
64.144	PF 1	18.26	890.00	890.15	890.15	890.23	0.026072	1.54	15.89	105.46	1.26

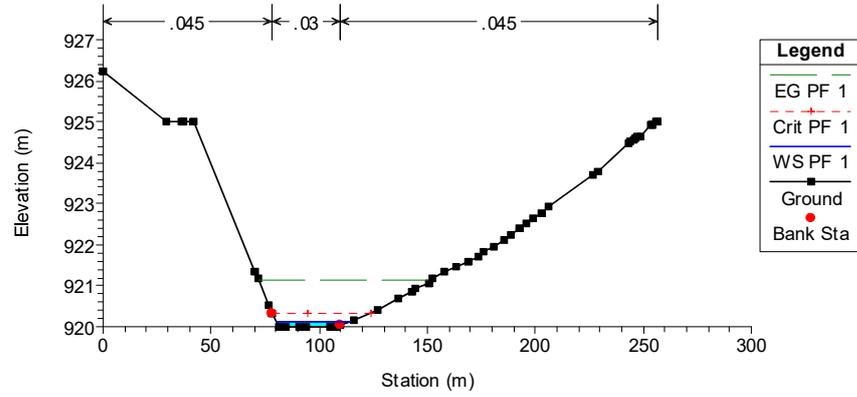
Perfiles

Perfil 1310,064

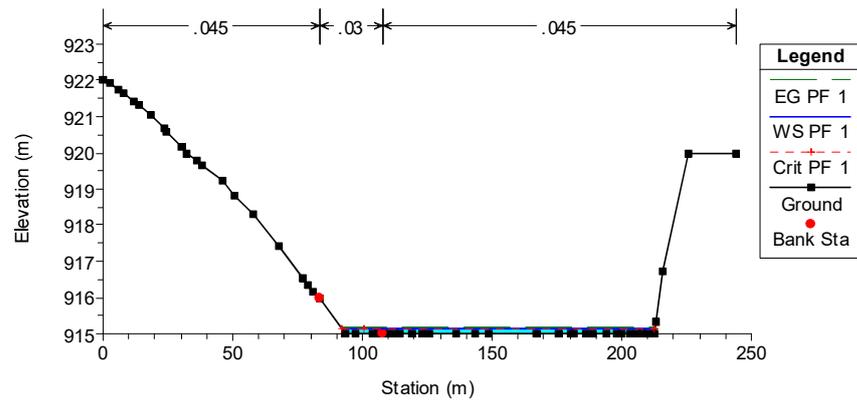




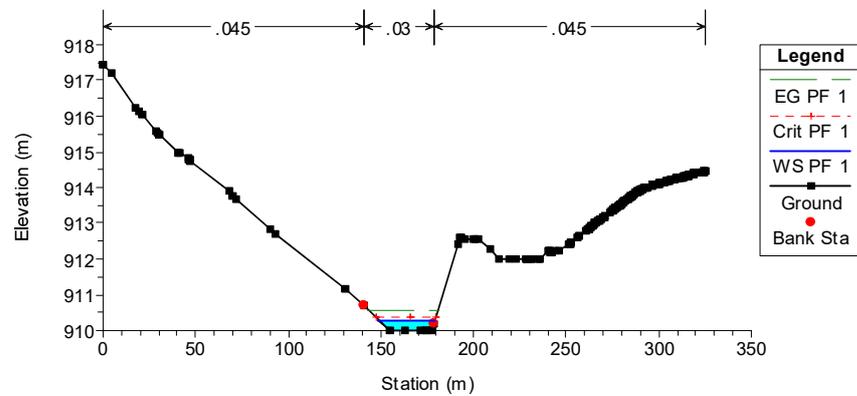
Perfil 1183,237



Perfil 1155,886

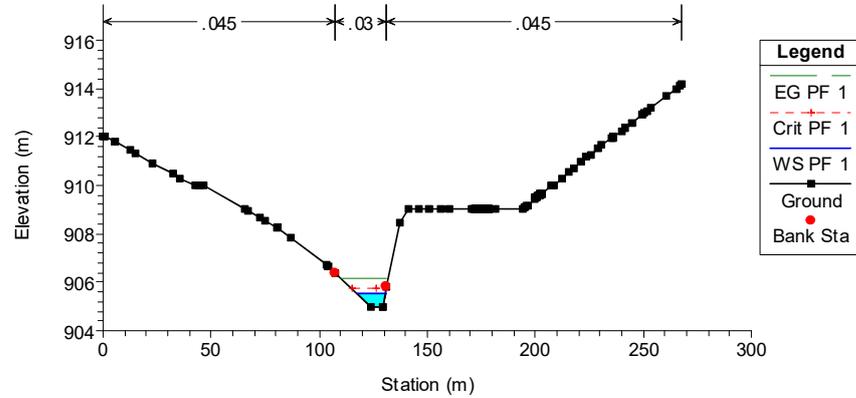


Perfil 924,769

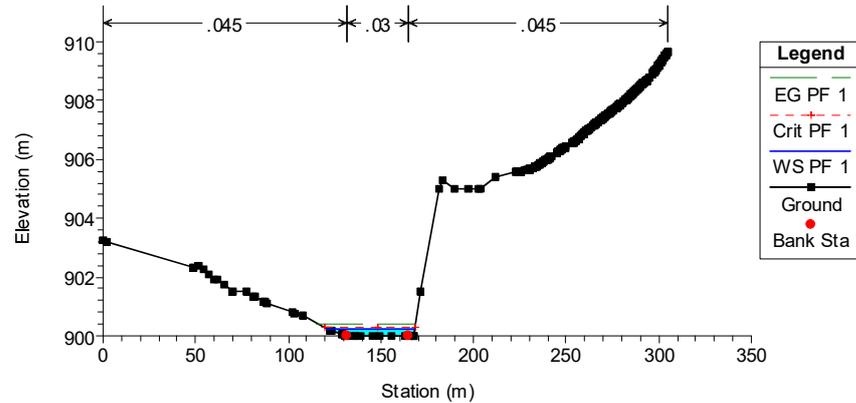




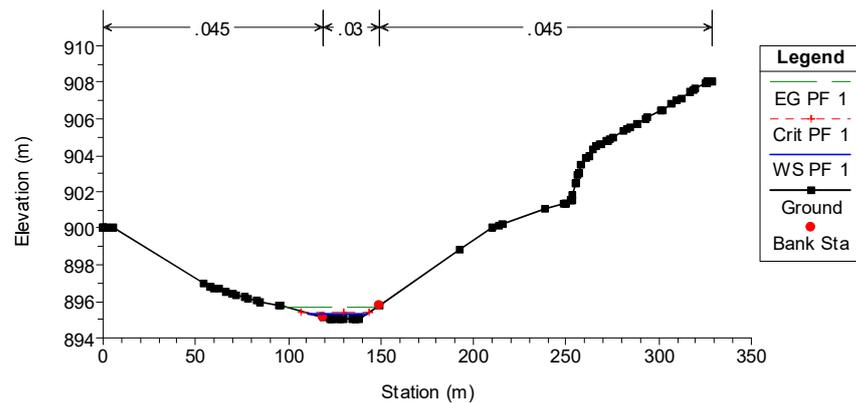
Perfil 797,505



Perfil 623,641

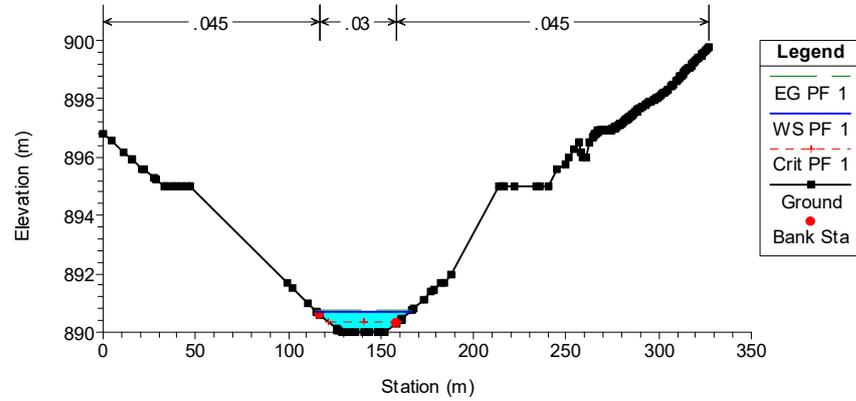


Perfil 452,911

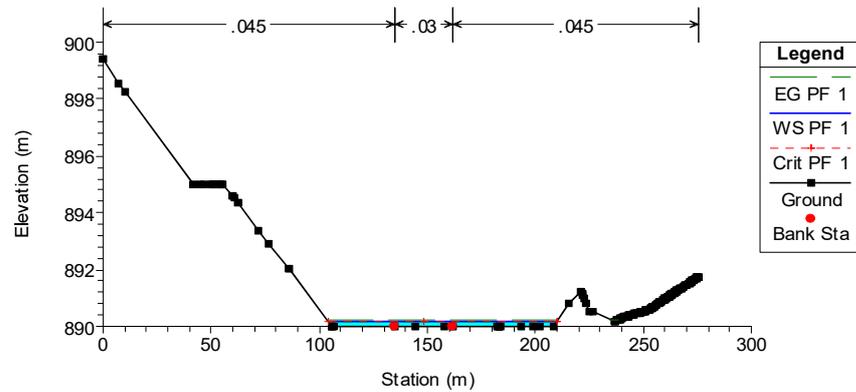




Perfil 274,014



Perfil 64,144





Anejo III.- Cartografía

- Plano 1. Situación y emplazamiento
- Plano 2. Ordenación del ámbito de estudio
- Plano 3. Ámbito de estudio y cuenca vertiente
- Plano 4. Usos del suelo. Situación preoperacional y postoperacional
- Plano 5. Delimitación del Dominio Público Hidráulico y Perfiles Transversales. Situación preoperacional y postoperacional
- Plano 6. Crecida extraordinaria (periodo de retorno de 500 años) y perfiles transversales. Situación preoperacional y postoperacional

DILIGENCIA: Aprobado Inicialmente
 por la Junta de Gobierno de este Ayuntamiento
 en la sesión del día: 29/05/2024
 Fdo. Digitalmente:
 EL SECRETARIO GENERAL
<https://carpeta.colmenarviejo.es>
 CSV: 28770IDOC28ABE258B8A13394E88



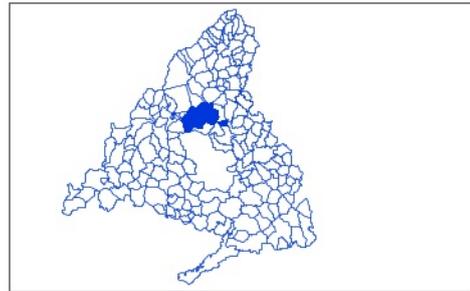
DELIMITACION DEL SECTOR SUP-5



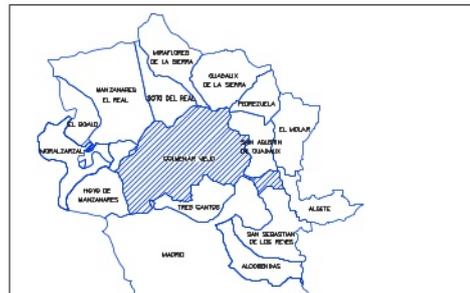
SITUACION



PLANEAMIENTO VIGENTE (Plan General 2002)



Situación en la Comunidad de Madrid



Municipios colindantes

PLANO	Plano	NOTA	
P 01	Localización	ESCALA	1:5000
PROYECTO	PP SUP-6 AMAPOLAS Anexo 3, Hidrológico	FECHA	16/06/2023
DOCUMENTO AMBIENTAL ESTRATEGICO			
Colmenar Viejo (Madrid)			
El Proponente: Junta de Compensación Sector 5 "Las Amapolas"			

DILIGENCIA: Aprobado Inicialmente
 por la Junta de Gobierno de este Ayuntamiento
 en la sesión del día: 29/05/2024
 Fdo. Digitalmente:
 EL SECRETARIO GENERAL
<https://carpeta.colmenarviejo.es>
 CSV: 28770IDOC28ABE258B8A13394E88



- LEYENDA**
- Límite del Sector
 - - - Límite de Edificación (M-607)
 - Residencial Unifamiliar (UNI)
 - Residencial Colectiva (COL grados 1 y 2)
 - Servicios Terciarios (SER)
 - Servicios Básicos e Infraestructuras (SB)
- REDES PÚBLICAS**
- Supramunicipales
 - Dotacional Infraestructuras (RV)
 - Viviendas Públicas o de Integración Social (COL grado 3)
 - Red Supramunicipal Vía Pecuaria Espacio Libre Protegido (Vía Pecuaria Propuesta) (VPP)
- Generales**
- Zonas Verdes (LUP)
 - Equipamientos (DC)
 - Infraestructuras (RV)
- Locales**
- Zonas Verdes (LUP)
 - Equipamientos y servicios (DC)
 - Infraestructuras (RV)

PLANO **02** Plano
Zonificación propuesta para el Sector S-5 "Amapolas"

PROYECTO: PP SUP-5 AMAPOLAS Anexo 3. Hidrológico

DOCUMENTO AMBIENTAL ESTRATEGICO

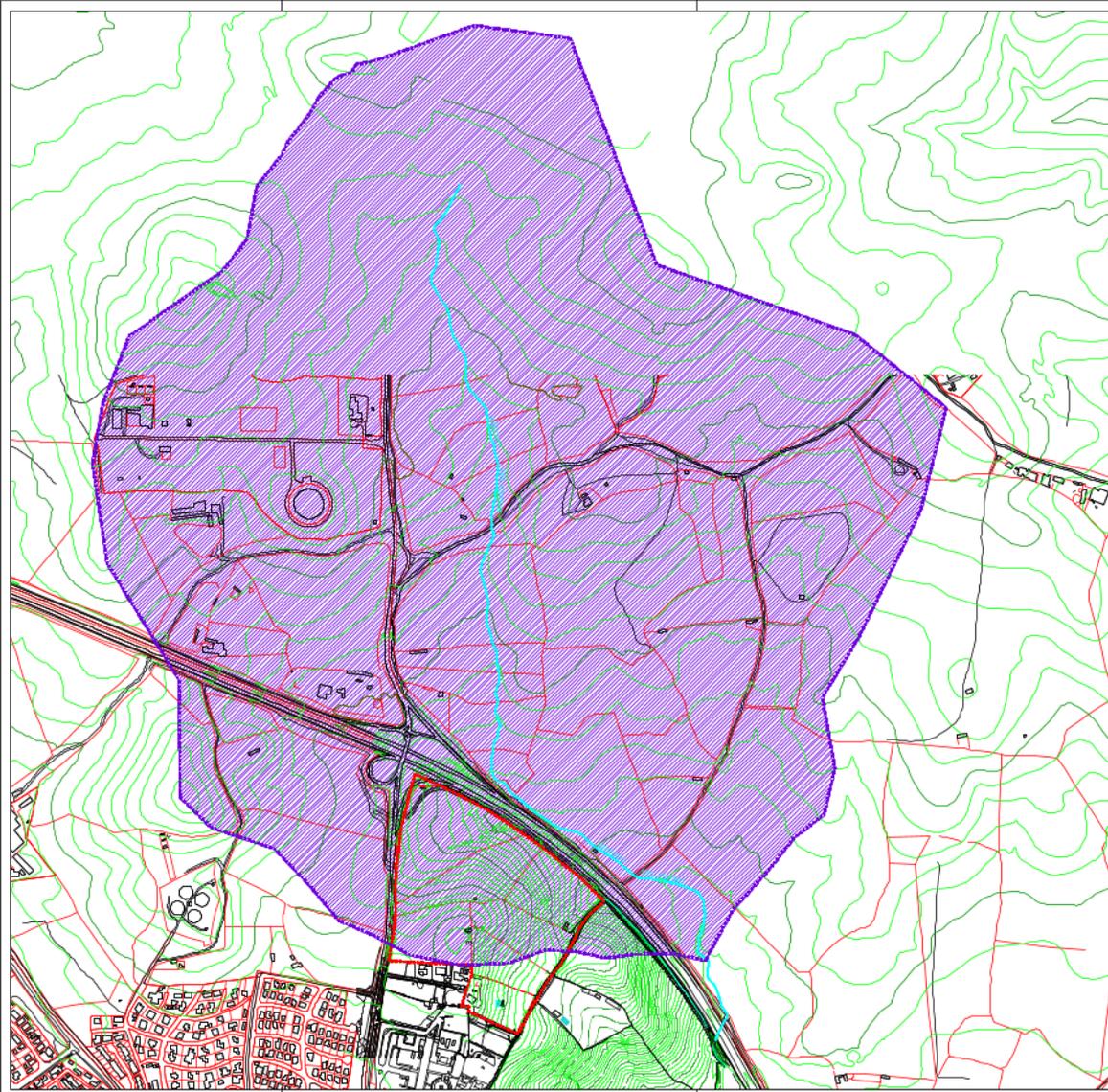
Colmenar Viejo MADRID

EL PROMOTOR: Junta de Compensación Sector 5 "Las Amapolas"

NORTE

ESCALA: 1:2.000
 TÍTULO: 0000
 REF: 00000 S

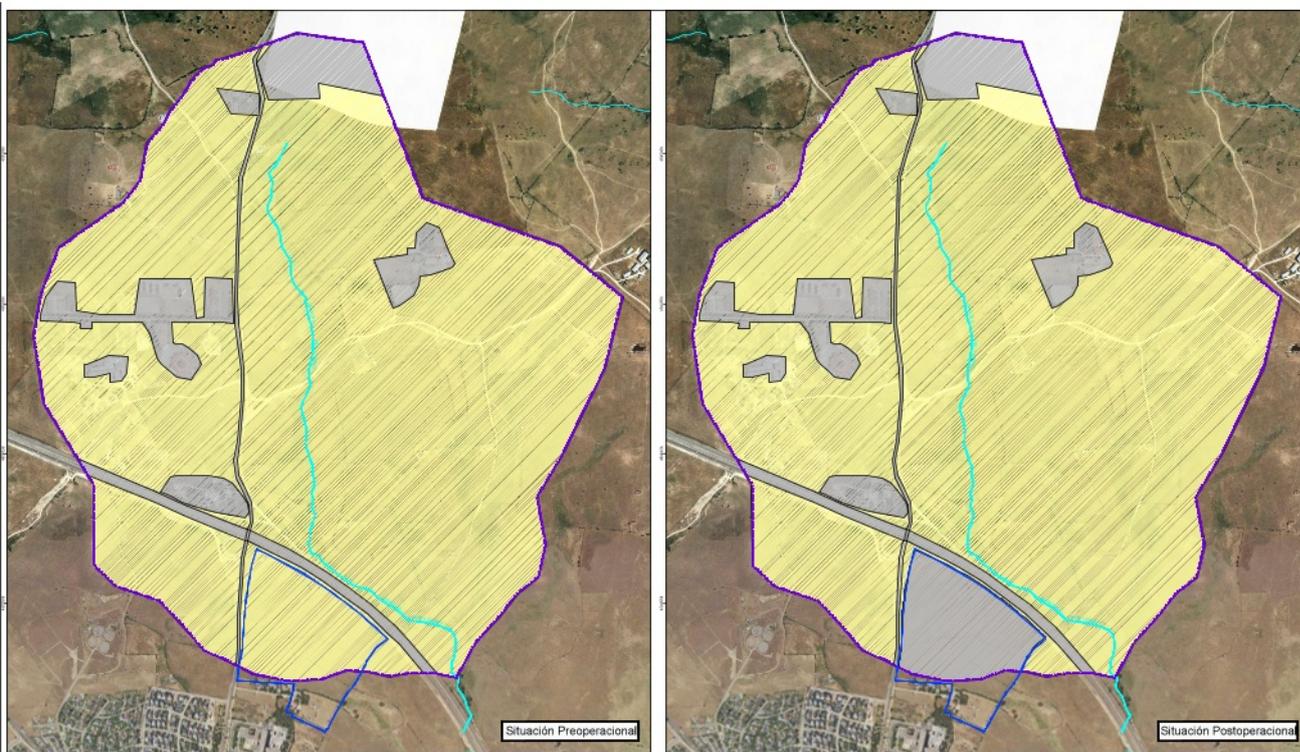
DILIGENCIA: Aprobado Inicialmente
por la Junta de Gobierno de este Ayuntamiento
en la sesion del día: 29/05/2024
Fdo. Digitalmente:
EL SECRETARIO GENERAL
<https://carpeta.colmenarviejo.es>
CSV: 28770IDOC28ABE258B8A13394E88



LEYENDA
- - - Límite del Sector
Cuenca vertiente

TÍTULO	Plano	NOTA	U
P 03	Ambito de estudio y cuenca vertiente	ESCALA	1:500
PROYECTO	PP SUP-5 AMAPOLAS Anexo 3. Hidrológico	FECHA	Mayo 2024
	DOCUMENTO AMBIENTAL ESTRATEGICO	IMP	10/05/24
	Colmenar Viejo		
	El Ayuntamiento de Colmenar Viejo		

DILIGENCIA: Aprobado Inicialmente
por la Junta de Gobierno de este Ayuntamiento
en la sesion del día: 29/05/2024
Fdo. Digitalmente:
EL SECRETARIO GENERAL
<https://carpeta.colmenarviejo.es>
CSV: 28770IDOC28ABE258B8A13394E88



LEYENDA

- Límite del sector
- Límite urbano
- Edificios
- Parcela grande parcelada
- Cauce

P 04 Plan de Usos del Suelo, Situación Preoperacional y Postoperacional

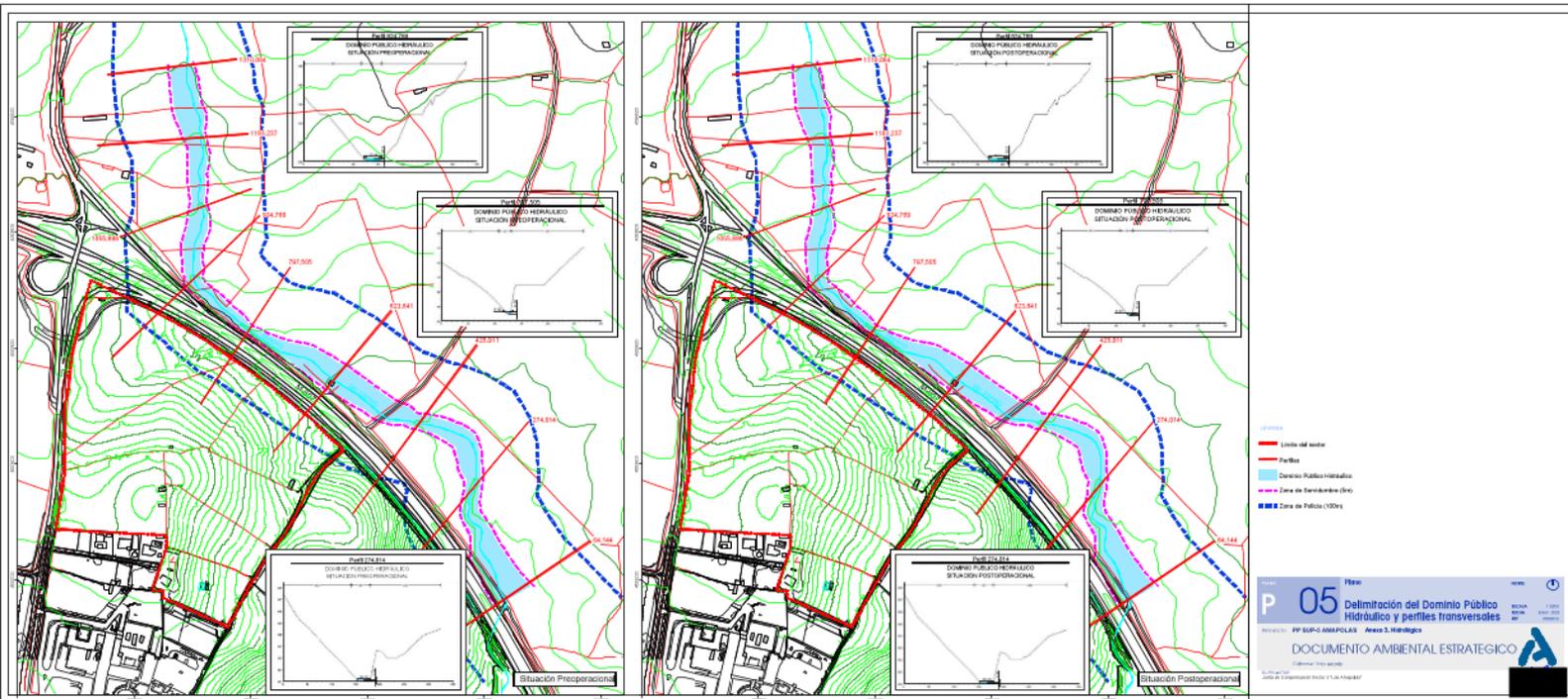
PROYECTO: PP-SUPA-AMPELLOS - Anexo 5, Sitios/Plots

DOCUMENTO AMBIENTAL ESTRATEGICO

Edición: 01/2024

Escuela de Urbanismo y Territorio

DILIGENCIA: Aprobado Inicialmente
por la Junta de Gobierno de este Ayuntamiento
en la sesion del día: 29/05/2024
Fdo. Digitalmente:
EL SECRETARIO GENERAL
<https://carpeta.colmenarviejo.es>
CSV: 28770IDOC28ABE258B8A13394E88



DILIGENCIA: Aprobado Inicialmente
por la Junta de Gobierno de este Ayuntamiento
en la sesion del día: 29/05/2024
Fdo. Digitalmente:
EL SECRETARIO GENERAL
<https://carpeta.colmenarviejo.es>
CSV: 28770IDOC28ABE258B8A13394E88

