



**ANEXO 3. ESTUDIO HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO
DEL ARROYO DE LOS CARBONEROS
DOCUMENTO AMBIENTAL ESTRATÉGICO
PLAN PARCIAL DEL SECTOR S-2 “ESCOBARES I”
DEL PLAN GENERAL DE ALCOBENDAS**

Autor del Encargo: COMISIÓN GESTORA DEL SECTOR S-2 “ESCOBARES I”

Alcobendas (Madrid)

JULIO de 2024

ÍNDICE

DOCUMENTO I.- MEMORIA.....	4
1. Introducción.....	4
1.1. Antecedentes y objeto del estudio	4
1.2. Autor del encargo	4
2. Situación y entorno	5
3. Contexto geológico	7
3.1. Climatología.....	7
3.2. Sustrato litológico	8
3.3. Configuración geomorfológica	9
3.4. Hidrología superficial	9
3.5. Vegetación actual	10
4. Estudio hidrológico.....	11
4.1. Metodología general	11
4.2. Datos de partida	12
4.3. Descripción de las cuencas de estudio.....	12
4.4. El método racional y sus modificaciones	14
4.4.1. Fuentes de datos.....	15
4.4.2. Resultados obtenidos para la cuenca estudiada.....	24
4.5. Red de saneamiento S-2 “Escobares I”. Cálculo de puntos de vertido.....	26
4.5.1. Aguas residuales.....	26
4.5.2. Aguas pluviales	30
5. Estudio hidráulico.....	33
5.1. Introducción	33
5.2. Descripción morfológica de la zona de estudio.....	33
5.3. Modelado hidráulico del arroyo.....	36
5.3.1. Modelo Digital del Terreno.....	36
5.3.2. Selección del Modelo Hidráulico.....	37
5.3.3. Ecuaciones del Modelo en Régimen Permanente	37
5.3.4. Pérdidas de Energía.....	41
5.3.5. Modelado de estructuras en Hec-Ras.....	44
5.3.6. Condiciones de contorno	45
5.4. Fuentes de datos	46
5.4.1. Geometría del modelo. Situación preoperacional	46
5.4.2. Geometría del modelo. Situación posoperacional	47
5.4.3. Obra de paso. Situación posoperacional	48
5.4.4. Coeficiente de rugosidad de manning y coeficientes de contracción-expansión	51
5.4.5. Régimen de caudales modelizados en situación actual o preoperacional:.....	51
5.4.6. Régimen de caudales modelizados en situación posoperacional:.....	53
5.5. Representación de resultados del modelo.....	53
5.5.1. Situación actual.....	53
5.5.2. Situación futura	58
Análisis de la situación actual.....	64
5.5.3. De la morfología del arroyo de los Carboneros.....	64
5.5.4. Del estudio de la situación futura. Conclusiones.....	64

6. Referencias.....	66
ANEXOS A LA MEMORIA.....	67
Anexo nº 1.- Imágenes, gráficos y tablas de la modelación hidráulica para la Máxima Crecida Ordinaria (T=5años).....	67
Anexo nº 2.- Imágenes, gráficos y tablas de la modelación hidráulica para la avenida de período de retorno de 100 años.....	70
Anexo nº 3.- Imágenes, gráficos y tablas de la modelación hidráulica para la avenida de período de retorno de 500 años.....	73
Anexo nº 4.- Croquis de las obras de paso modelizadas.....	76
DOCUMENTO II.- PLANOS.....	77

DOCUMENTO I.- MEMORIA

1. Introducción

1.1. Antecedentes y objeto del estudio

El presente estudio hidrológico-hidráulico se ha realizado para documentar técnicamente el Plan Parcial del sector S-2 "Escobares I" del PGOU de Alcobendas (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 sector S-2" Escobares I" se encuentra parcialmente incluido dentro de la cuenca vertiente del arroyo de "Los Carboneros".

Siempre que se afecte a un cauce público o se desarrollen obras en su zona de policía es necesario obtener previamente la autorización de la Confederación Hidrográfica del Tajo. Para poder otorgar la autorización se adjunta al Plan Parcial el presente estudio técnico cuyo objeto es el de la delimitación del dominio público hidráulico, zona de servidumbre y policía de cauces afectados y de las zonas inundables por las avenidas extraordinarias previsibles para períodos de retorno de 100 y 500 años, al objeto de determinar si la zona de actuación es o no inundable por las mismas".

Previas a la ejecución de las obras y el vertido a cauce de las aguas pluviales del sector, se precisarán las autorizaciones oportunas de la Confederación Hidrográfica del Tajo.

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

Para ello se han empleado los procedimientos que sigue la normativa vigente y herramientas 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.

1.2. Autor del encargo

El presente estudio se realiza por encargo de la Comisión Gestora del Sector S-2 "Escobares I" del término municipal de Alcobendas, constituida en fecha 8 de noviembre de 2019 ante el Notario de Alcobendas D^a Pilar M. Ortega Rincón al número 1.873 de su orden de protocolo. [REDACTED]
Domicilio en la calle Méndez Álvaro, nº 56, 28045 Madrid

2. Situación y entorno

Los terrenos objeto de ordenación pormenorizada a través del Plan Parcial al que acompaña el presente estudio, se encuentran ubicados en el Sector S-2 “Escobares I” de Suelo Urbanizable Sectorizado del Plan General de Alcobendas (Madrid).

El Sector se encuentra situado al Este del municipio de Alcobendas, en colindancia con la autovía A-1 con la que limita en su parte Oeste, y la autovía M-12, con la que limita al Sur. El Sector está atravesado por el arroyo Carboneros.



Figura. Ubicación del Sector S-2 “Escobares I” sobre Google Maps.

El Sector, tiene los siguientes límites físicos:

- Al Norte, el denominado Camino de Los Escobares, que forma parte de la vía pecuaria “Vereda de Barajas a San Sebastián de los Reyes”. El extremo noroeste de la vía pecuaria, en un tramo de unos 151 metros, queda dentro del ámbito y el resto de la linde transcurre por el eje del camino citado.
- Al Este, por el denominado Camino de Burgos que forma parte de la vía pecuaria “Colada de los Toros o Camino de Burgos”. El límite del sector transcurre por el eje de este camino.
- Al Sur, la autovía M-12 de Alcobendas al Aeropuerto Madrid-Barajas Adolfo Suárez.
- Al Oeste, la autovía A-1 Madrid-Burgos.

La superficie total del Sector S-2 “Escobares I”, según levantamiento topográfico del terreno, es de **585.953 m²s**. De esta superficie, **8.487 m²s** corresponden a la superficie que ocupa el Dominio Público Hidráulico del arroyo Carboneros, **11.686 m²s** corresponden al Dominio Público Pecuario de la Vereda de Barajas a San Sebastián de los Reyes y la Colada de los Toros o Camino de Burgos y **256 m²s** al dominio público de la Autovía A-1. Estas superficies de Dominios Públicos (Hidráulico, de vías pecuarias y de la autovía) no computarán a los efectos del cálculo de la edificabilidad ni generarán aprovechamiento, por lo que **la superficie generadora de aprovechamiento del Sector es de 565.524 m²s**.

Esta superficie es inferior en un 2,34% de la establecida en la ficha del Plan General (579.084,80 m²s), debido a la medición topográfica utilizada y al Estudio Hidrológico de delimitación del Dominio Público Hidráulico realizado para definir la superficie del arroyo Carboneros.

Esta variación se encuentra dentro del límite del 5% permitido por las Normas Urbanísticas del Plan General de Alcobendas, en su art. 11.2. *Desarrollo del Suelo Urbanizable Sectorizado*, y del límite del 5% de variación máxima permitida en el artículo 47.4 de la LSCM.



Límite del Sector 2 "ESCOBARES I" en el TM de Alcobendas, sobre ortofoto.

3. Contexto geológico

3.1. Climatología

Las características climáticas de la región de Madrid se corresponden con un clima mediterráneo continental, con inviernos rigurosos y veranos calurosos y una distribución irregular de las precipitaciones, con largos períodos de sequía y fuertes oscilaciones térmicas entre la estación fría y cálida.

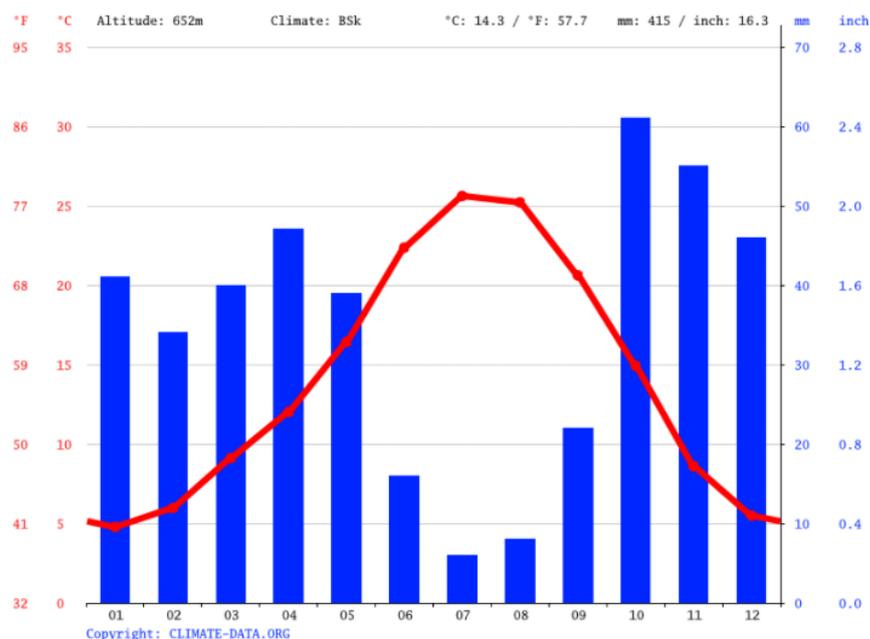
La temperatura media anual en Alcobendas es de 14,1 °C. La precipitación media anual es de 386 mm, registrándose los valores más elevados durante el invierno y la primavera.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	4.8	6	9.1	12	16.4	22.4	25.6	25.2	20.6	14.9	8.6	5.5
Temperatura mín. (°C)	0.8	1.2	3.5	6.1	10	15.2	18.2	18	14.4	9.9	4.6	1.7
Temperatura máx. (°C)	9.5	11.3	14.8	17.7	22.3	28.5	32.1	31.7	26.7	20.2	13.1	10.1
Precipitación (mm)	41	34	40	47	39	16	6	8	22	61	55	46
Humedad(%)	77%	68%	60%	58%	50%	38%	30%	32%	42%	60%	71%	76%
Días lluviosos (días)	5	4	4	6	5	3	1	2	3	5	5	5
Horas de sol (horas)	5.7	6.8	8.1	9.4	11.5	13.0	13.1	12.1	10.4	7.8	6.1	5.7

Tabla climática de Alcobendas. Fuente: Climate-Data.org

La diferencia de precipitación entre el mes más secos (julio) y el mes más lluvioso (octubre) es de 61 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en 18,6 °C.

Como se puede apreciar en estos datos el clima posee una marcada estacionalidad.



Climograma de Alcobendas. Fuente: Climate-Data.org

El mes más seco es julio, con 6 mm. El mes en el que se producen las mayores precipitaciones del año es octubre con 61 mm.

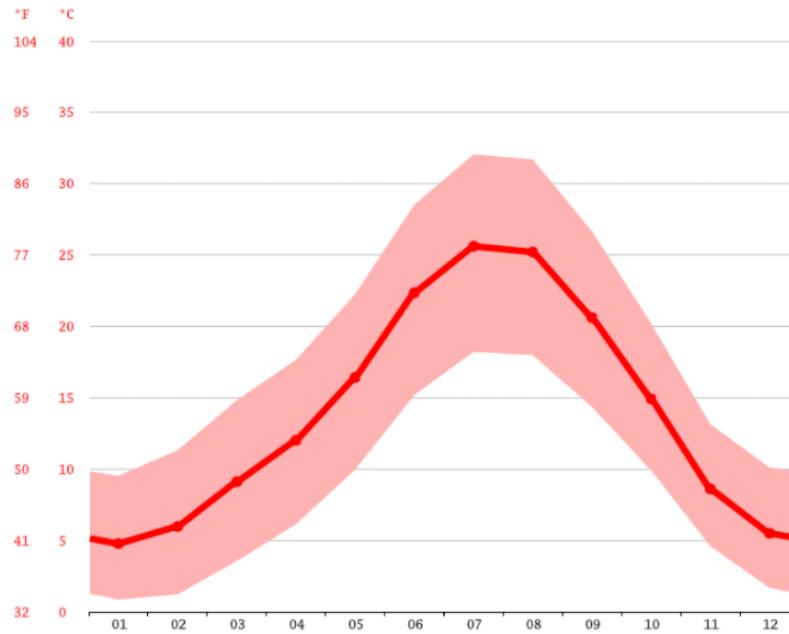


Diagrama de temperaturas de Alcobendas. Fuente: Climate-Data.org

El mes más caluroso del año, con un promedio de 25,6 °C es julio. El mes más frío del año, con un promedio de 4,8 °C es enero.

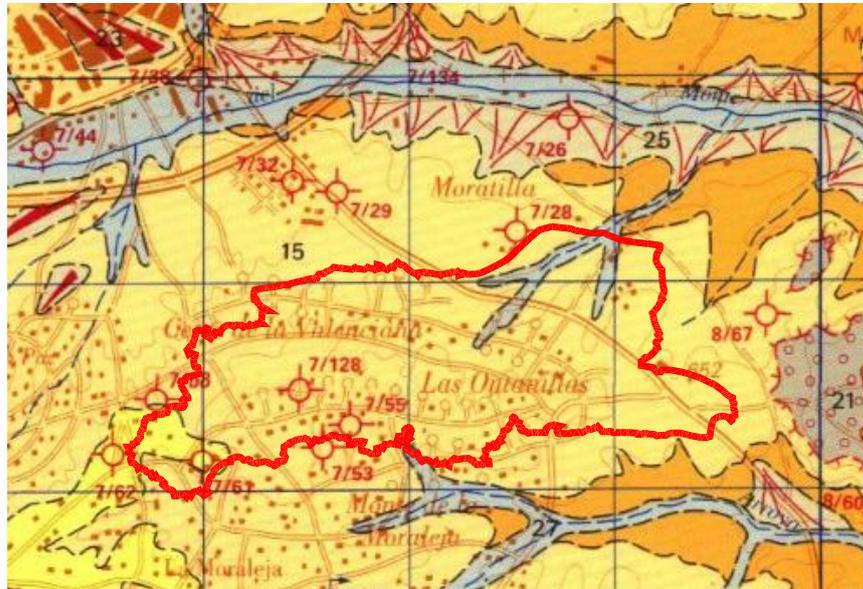
3.2. Sustrato litológico

La zona de estudio se encuentra en la Hoja Nº 534, División 19-21, Huso 30 de la Serie Magna 50 del Instituto Tecnológico Geominero de España (IGME), a escala 1:50.000 (ver figura siguiente).

El estudio de los rasgos geológicos de los terrenos del ámbito de actuación es necesario para conocer las características abióticas que se refieren a la escorrentía superficial, infiltración, y demás condicionantes que influyen en el caudal de agua que se generará a partir de las precipitaciones de la zona, y que corresponde con el caudal de aguas que llegará al área objeto de estudio.

Las litologías predominantes en la zona de estudio son las siguientes:

El área lo conforman formaciones de Arenas arcósicas con cantos, situados en la práctica totalidad de la cuenca (unidad geológica 15). En menor proporción se encuentran arenas con lutitas pardas y verdosas (unidad geológica 11) y arenas, arcillas y limos con gravas (unidad geológica 27). Estas dos unidades geológicas se sitúan al Norte de la cuenca. Son depósitos que se generaron debido a la proximidad con el Arroyo de La Vega.



Mapa geológico de la Hoja 534. En rojo, el límite de la cuenca hidrográfica. Fuente: IGME. 1997. Mapa Geológico de España, 1:50.000. Ministerio de Medio Ambiente.

3.3. Configuración geomorfológica

Geomorfológicamente, la cuenca del Arroyo de los Carboneros a la que pertenece el área de estudio se sitúa en la llanura del Tajo, que se caracteriza por la presencia de altas superficies (páramos y alcarrias, campiñas de sustitución del páramo, rañas), relieves intermedios (cerros, cuestas, relieves de transición de cuenca) y valles (llanuras aluviales y terrazas). El relieve del municipio está condicionado por el valle del Jarama y de los afluentes que hacia él confluyen como el Arroyo de la Vega, arroyo en el que tributa el Arroyo Carboneros.

El Sector “Escobares” está condicionado geomorfológicamente por el Arroyo de los Carboneros, que discurre por la franja Este del ámbito. El punto más alto del Sector se encuentra al Sur, con una altitud de 656,37 metros, y el más bajo con 622,62 metros, al Noreste del Sector.

3.4. Hidrología superficial

El Sector S-2 “Escobares I” se sitúa localizada dentro de la cuenca del Confederación Hidrográfica del Tajo, y por su interior transcurre el arroyo de los Carboneros, perteneciente a la cuenca del río Jarama.

El arroyo de los Carboneros atraviesa de Sur a Noreste el Sector. El Dominio Público Hidráulico del arroyo se ha delimitado en base al presente Estudio Hidrológico Hidráulico realizado, anexo al Documento Ambiental Estratégico del presente Plan Parcial, y cuenta con una superficie de 8.487 m²s.

De acuerdo con el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, las márgenes del arroyo están sujetas, en toda su extensión longitudinal, a una Zona de Servidumbre de 5 metros de anchura y a una Zona de Policía de 100 metros de anchura.

La hidrología del Sector se detalla pormenorizadamente en los Puntos 2 y 3 del presente estudio, correspondientes al Estudio Hidrológico e Hidráulico del Sector.

3.5. Vegetación actual

La vegetación potencial de esta zona, según las características climáticas y edafológicas estaría integrada por la serie de vegetación “meos-supramediterráneaguadarrámica-ibérica silícola de la encina (*Quercusrotundifolia*), *Juniperooxycedri-Quercetorotudifoliae*.

Faciaciónguadarrámicasomediterránea sobre sustratos compactos. Son encinares silícolas de ombroclima seco.

Actualmente no se localiza ninguna vegetación de este tipo debido a la actividad del hombre, localizándose vegetación únicamente en la ribera del Arroyo y de forma dispersa en algunas zonas del sector.

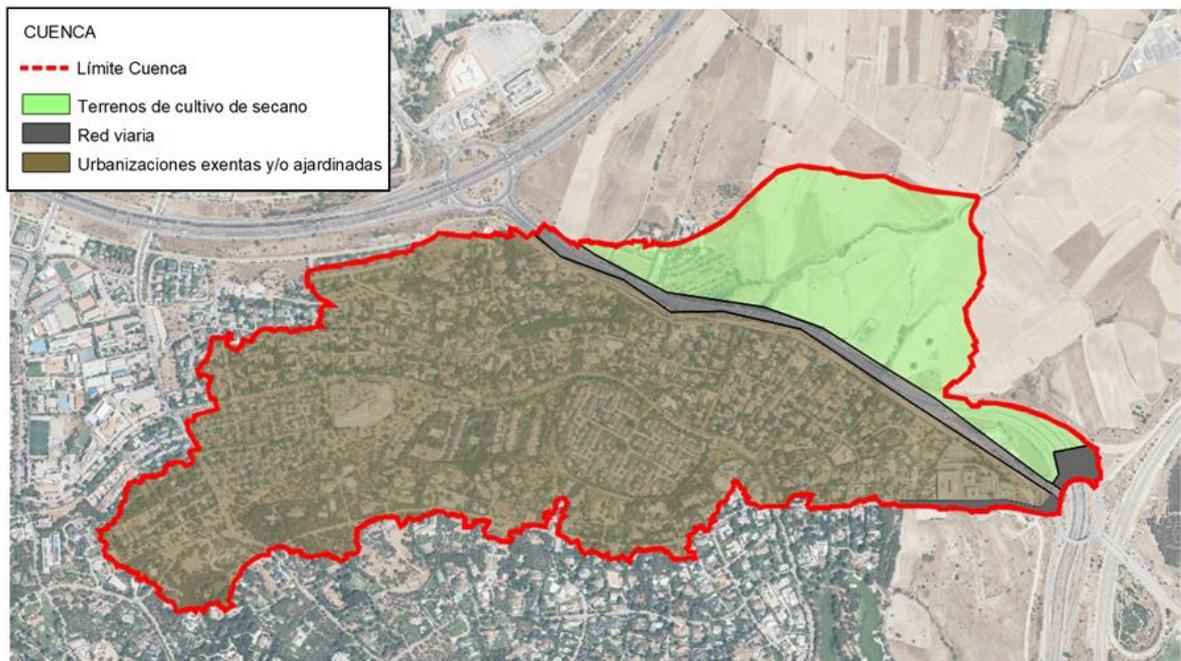
De acuerdo con el SIOSE (Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España), el Mapa de Ocupación del suelo en España (Corine Land Cover) y el trabajo de campo, se han distinguido las siguientes unidades de vegetación:

Vegetación de Ribera

Compuesta por la vegetación situada en el cauce, su extensión se restringe a una estrecha franja, consecuencia de la presencia de cultivos hasta los márgenes. Las comunidades vegetales que la ocupan son muy comunes en las riberas de ríos y arroyos. En esta unidad se compone en su estrato boscoso con chopos, álamos y sauces. Acompañando a las comunidades riparias se observan prados densos y verdes todo el año gracias a la continua presencia de agua, en la que destacan juncos de media altura. Las familias dominantes son las ciperáceas y juncáceas.

Cultivos de Secano

La subcuenca vertiente presenta una importante superficie (25,63%) correspondiente a cultivos de secano:



Subcuenca Vertiente-Vegetación existente. Fuente: Mapa Forestal Español

4. Estudio hidrológico

4.1. Metodología general

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 de los Carboneros 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.
- 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 15 de febrero de 2016, BOE de 10 de marzo; en adelante referida como Instrucción o DGC, 2016).

Por estos motivos, la modelación hidrológica en este estudio se realizará siguiendo la directriz de la Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial, empleándose el Método Hidrometeorológico (método racional) y, concretamente, la modificación de Témez (1991) para su aplicación a cuencas de hasta 3.000 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. Está recogido en la vigente instrucción de carreteras 5.2-IC "Drenaje Superficial" (Orden FOM 298/2016 de 15 de febrero).

Los pasos seguidos para el desarrollo del presente estudio son los siguientes:

- Análisis de los datos de partida.
- Identificación de las cuencas vertientes asociadas al tramo de estudio.
- Cálculo de las escorrentías generadas por los diferentes tipos de suelo presentes en las cuencas consideradas.
- Cálculo de los caudales de aguas pluviales, obtenidos a partir de la estimación de un tiempo de concentración asociado a cada una de las cuencas consideradas para los respectivos períodos de retorno de 5, 100 y 500 años.

* Para la estimación de los caudales se ha empleado el Método Racional, desarrollado en la Instrucción de Carreteras 5.2-IC “Drenaje superficial” (Orden de 15 de febrero de 2016 del Ministerio de Fomento).

4.2. Datos de partida

Para la construcción del Modelo Digital del Terreno utilizado, tanto para los presentes cálculos hidrológicos como para la correspondiente simulación hidráulica, se han integrado datos de cartografía de diferentes escalas con datos de topografía de detalle del cauce (trabajos taquimétricos).

- Topografía de detalle del arroyo.
- LIDAR 2x2m: Modelo Digital del Terreno con una malla de 2x2 m del ámbito de estudio, obtenida a través del Instituto Geográfico Nacional.

4.3. Descripción de las cuencas de estudio

La zona de estudio está conformada por un tramo de aproximadamente 705 m de longitud del Arroyo de Los Carboneros, que desemboca en el Arroyo de la Vega por su margen Sur. La cuenca que corresponde al tramo de estudio del arroyo se describe a continuación:

Arroyo de Los Carboneros:

El arroyo de Carboneros se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica del río Jarama y a su vez del Tajo. Presenta una longitud aproximada de 2.512m. Su nacimiento natural se encuentra situado dentro de la urbanización de La Moraleja, a una altitud de 650 msnm aproximadamente dentro del término municipal de Alcobendas (coordenadas $X_{UTM}=447773,060$, $Y_{UTM}=44866729,710$).

A continuación, se describen los cursos fluviales presentes en la cuenca de estudio para el tramo de arroyo considerado:

- Un tramo de 705 de longitud correspondiente al Arroyo de Los Carboneros,

Nombre cauce	Longitud [m]	Pendiente	Tramo
Arroyo de Carboneros (tramo único)	705	0,018	Tramo 1

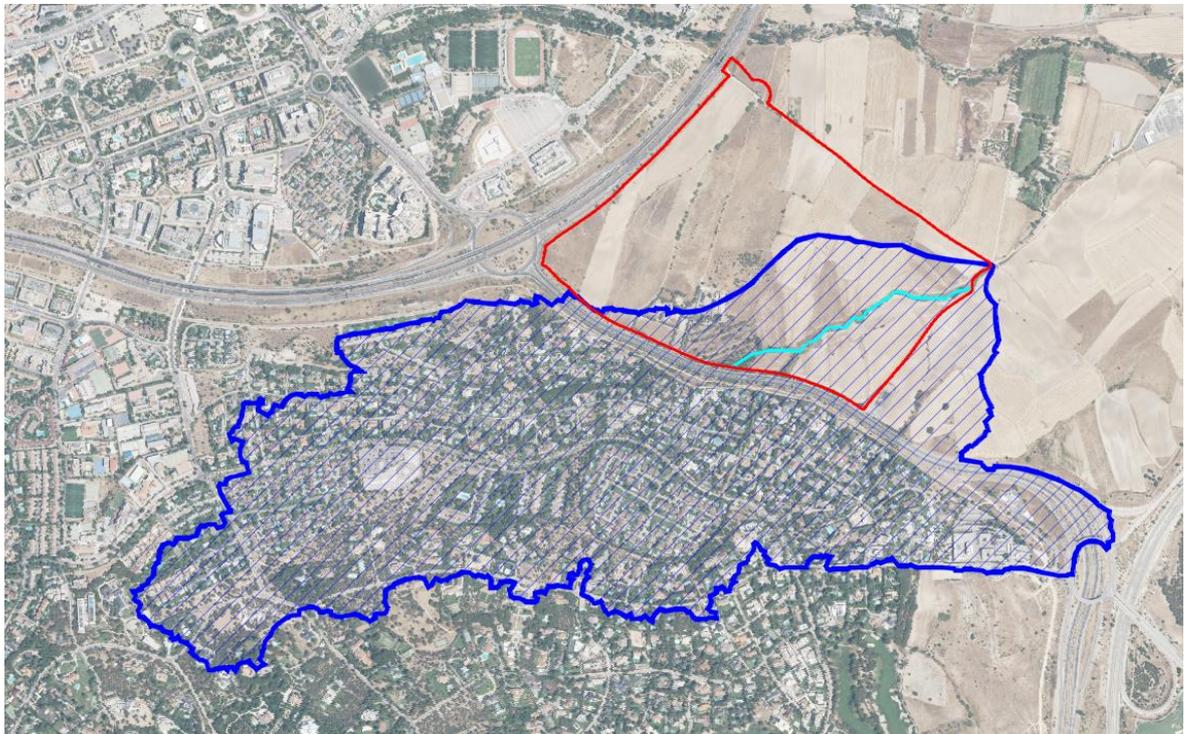
La cuenca total estudiada correspondiente al mencionado arroyo de Carboneros se sitúa a una altitud media de 650 m con un desnivel aproximado de unos 71 metros, siendo la superficie total de la subcuenca de 173,83 hectáreas.

Su trazado discurre en dirección SW-NE, y en su transcurso no recibe aportes de ningún otro arroyo.

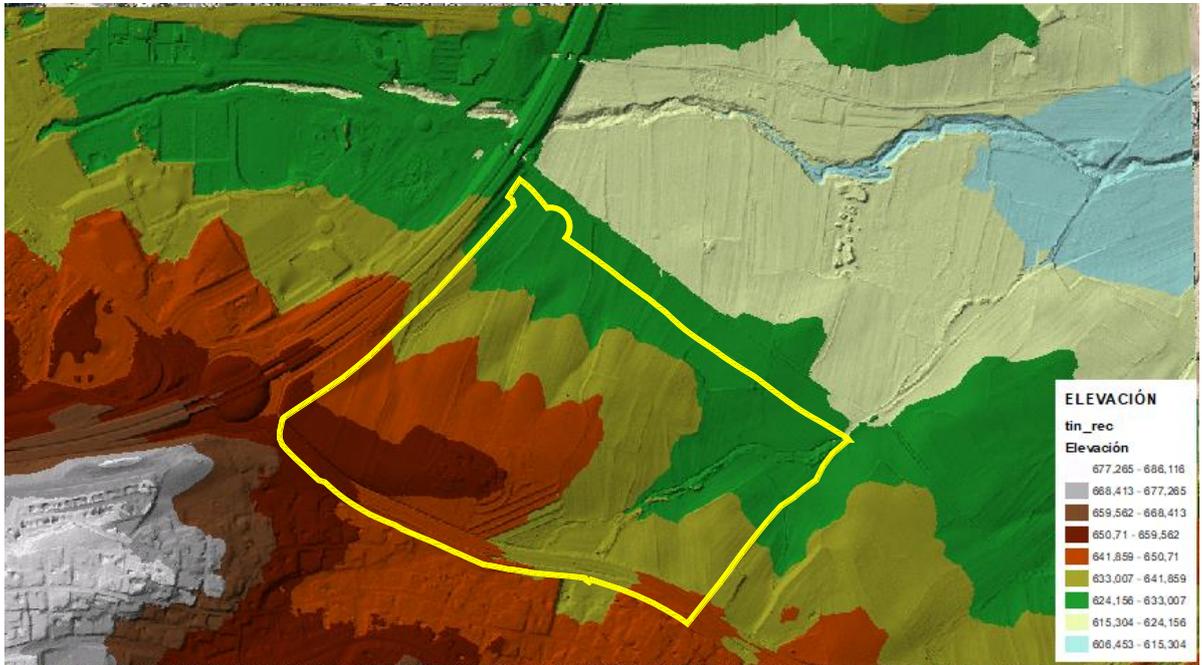
El tramo considerado en el presente estudio presenta una longitud aproximada de 705m, suficiente para modelizar las posibles afecciones que tanto el Dominio Público Hidráulico como las situaciones extraordinarias de máximas avenidas puedan tener sobre la parcela objeto de análisis.



Delimitación sobre ortofoto del límite del sector y los Arroyos de los Carboneros, al Sur y de la Vega, al Norte. Fuente: Elaboración Propia



Delimitación sobre ortofoto de subcuenca vertiente y tramo de estudio. Fuente: Elaboración Propia



Delimitación sobre mapa de elevaciones del sector. Fuente: Elaboración Propia.

4.4. El método racional y sus modificaciones

Se relaciona el caudal de aguas pluviales producido con la intensidad media de precipitación, la superficie de la cuenca de estudio y la esorrentía de esa superficie según el uso al que esté destinada.

Como se mencionaba anteriormente, los caudales de avenidas se calculan empleando el método racional, que viene dado por la expresión:

$$(1) \quad Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

Siendo:

Q_T [m³/s] = máximo caudal posible en el período de retorno considerado.

C [adimensional] = coeficiente medio de esorrentía.

A [km²] = área de la cuenca.

I(T, t_c) [mm/h] = intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.

K_t [adimensional] = coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación:

$$(2) \quad K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

Donde:

Kt [adimensional] = coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

tc [horas] = tiempo de concentración de la cuenca.

4.4.1. Fuentes de datos

Intensidad de lluvia:

La intensidad media se obtiene de acuerdo con la fórmula:

$$(3) \quad I(T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

Donde:

I_d [mm/h]: Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T.

I(T,t) [mm/h]: Intensidad media diaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno.

Fint [adimensional]: factor de intensidad.

$$(4) \quad F_{int} = \text{máx} (F_a, F_b)$$

Donde:

F_a [adimensional] = Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I₁/I_d)

F_b [adimensional] = Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

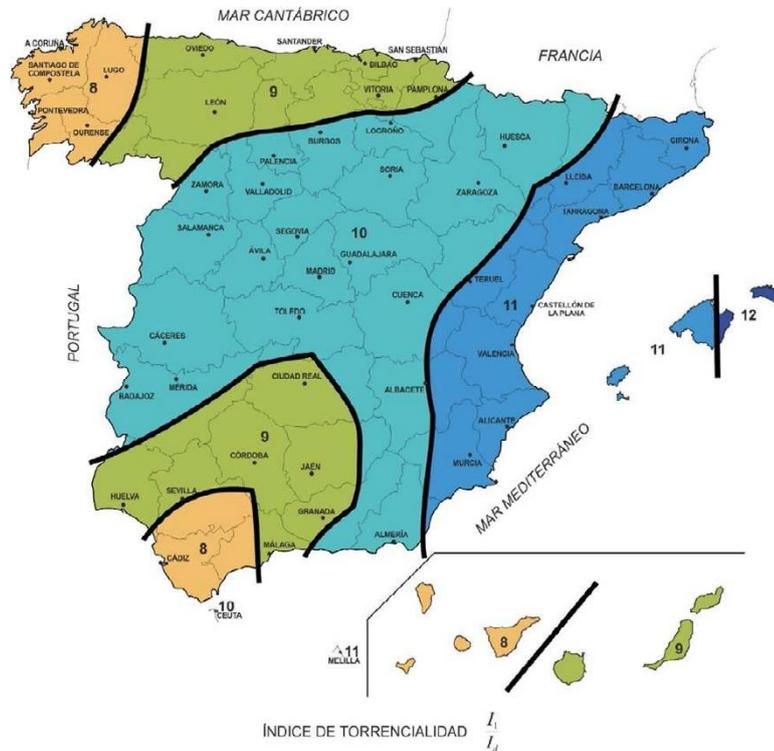
Obtención de Fa:

$$(5) \quad F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 t^{0,1}}$$

I₁/I_d [h]: índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida.

t [h]: duración del intervalo al que se refiere la intensidad de lluvia, que se tomará igual al tiempo de concentración y, de acuerdo con el punto 2.4 de la Instrucción 5.2-IC "...en el caso de la plataforma de la carretera y de los márgenes que a ella vierten... si el recorrido del agua sobre la superficie fuera menor de 30m, se podrá considerar que el tiempo de concentración es de 5 minutos".

No se considerará el valor de F_b al no disponerse de un pluviógrafo próximo.



Índice de torrencialidad. Fuente: Instrucción 5.2-IC - DGC 2016- Figura 2.4

El siguiente parámetro a tener en cuenta es el **tiempo de concentración**, que se corresponde con el tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del caudal de equilibrio, o lo que es lo mismo, el tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado de la cuenca hasta la salida de la misma.

Según la instrucción 5.2-IC “Drenaje Superficial”, se calcula según la siguiente expresión:

$$(6) \quad t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

Siendo:

t_c [h] = tiempo de concentración.

L_c [km] = longitud del cauce principal.

J_c [mm] = pendiente media.

Obtención de Id - Intensidad media diaria de precipitación corregida:

Id [mm/h]: Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T. Siendo:

$$(7) \quad I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

Donde:

***K_A [adimensional]** = factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

Pd [mm] = precipitación diaria correspondiente al período de retorno T.

*** Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca:**

$$(8) \quad \begin{array}{ll} \text{Si } A < 1 \text{ km}^2 & K_A = 1 \\ \text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 & K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15} \end{array}$$

Donde:

***K_A [adimensional]** = factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

A[km²] = área de la cuenca.

I₁ [mm/h]: Intensidad horaria de precipitación para el periodo de retorno. La razón I₁/I_d se toma de la figura 2.4 de la Instrucción 5.2-IC, y para la zona de actuación toma un valor igual a 10.

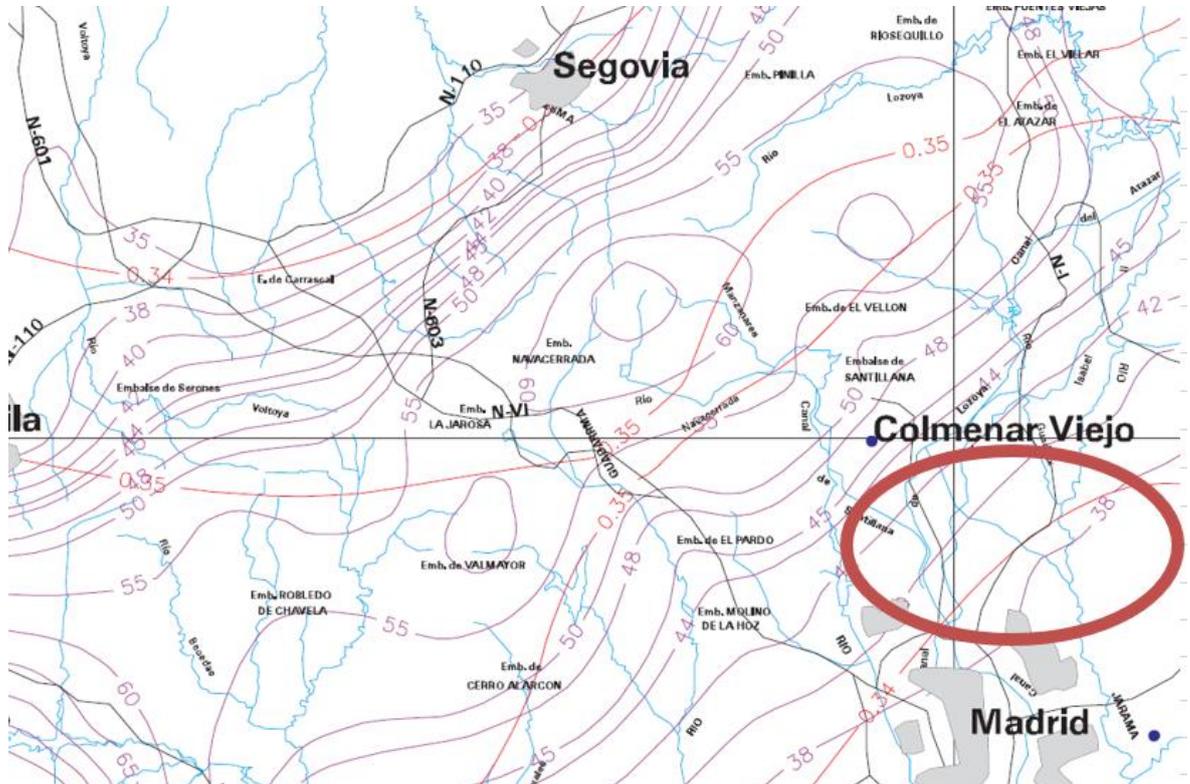
Las lluvias diarias previstas para se obtienen de la publicación *Máximas lluvias diarias de la España Peninsular* del Ministerio de Fomento. Según esta publicación la zona de actuación se sitúa en (de acuerdo con la imagen adjunta de la Fig. 2.4 de la Instrucción de la DGC) en la zona de:

Valor medio de la precipitación máxima anual:

$$P_d = 38 \text{ mm}$$

Coefficiente de variación:

$$C_v = 0,34$$



Mapa de Isolinias. Fuente: Máximas lluvias diarias en la España Peninsular

El coeficiente C_v permite obtener el cuantil " Y_T ", que multiplicado por el valor de P_d proporciona la precipitación máxima diaria para el periodo de retorno considerado.

Por tanto, las lluvias diarias consideradas y su intensidad media serán:

5 años:	$Y_5 = 1,213$	$P_d = 38 \cdot 1,213 = 46,094 \text{ mm}$
100 años:	$Y_{100} = 2,174$	$P_d = 38 \cdot 2,174 = 82,612 \text{ mm}$
500 años:	$Y_{500} = 2,785$	$P_d = 38 \cdot 2,785 = 105,830 \text{ mm}$

Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular 13

C _v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Tabla 7.1 - Cuantiles Y_t de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación K_T , en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" (1997).

Tabla de Cuantiles según períodos de retorno. Fuente: Máximas lluvias diarias en la España Peninsular. Además, mediante la expresión (8) se obtiene un factor de reducción de la precipitación $K_A = 0,984$, para la subcuenca de Arroyo de Los Carboneros ($A = 1,74 \text{ km}^2 > 1 \text{ km}^2$).

Mediante los datos obtenidos anteriormente y conociendo P_d obtenida anteriormente para los períodos de retorno considerados, se ha podido calcular I_d mediante la expresión (7). Además, según el mapa de índice de torrencialidad de la Península Ibérica, $I_1/I_d = 10$, con lo que se puede obtener el valor de I_1 .

Una vez conocidos todos estos datos, se puede obtener la Intensidad Media de Precipitación para las subcuencas consideradas mediante la expresión (3).

	PERÍODO DE RETORNO	Pd [mm]	K _A [adim.]	Id [mm/h]	I (T, t) [mm/h]
A.CARBONEROS	5 años	46,094	0,984	1,874	15,087
A.CARBONEROS	100 años	82,612	0,984	3,358	17,699
A.CARBONEROS	500 años	105,830	0,984	4,302	34,640

Coeficiente de escorrentía (C):

Representa la fracción de lluvia que no se infiltra en el terreno y que, por lo tanto, discurre por la superficie de la cuenca de estudio. Depende del porcentaje de permeabilidad del suelo que se establece en función del uso al que esté destinado, de tal modo que la proporción de lluvia que alcanzará los drenajes dependerá de este valor, del período de retorno considerado, así como de la precipitación total diaria.

Según lo establecido en la instrucción 5.2-I.C. "Drenaje superficial", de febrero de 2016 el coeficiente de escorrentía para cuencas naturales se obtiene a partir de la expresión:

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

$$\text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 \quad C = 0$$

Siendo:

C [adimensional] = Coeficiente de escorrentía.

P₀ [mm] = umbral de escorrentía.

Pd [mm] = precipitación máxima diaria correspondiente al período de retorno considerado.

K_A [adimensional] = factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

Umbral de escorrentía (Po):

El umbral de escorrentía P₀, representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

Donde:

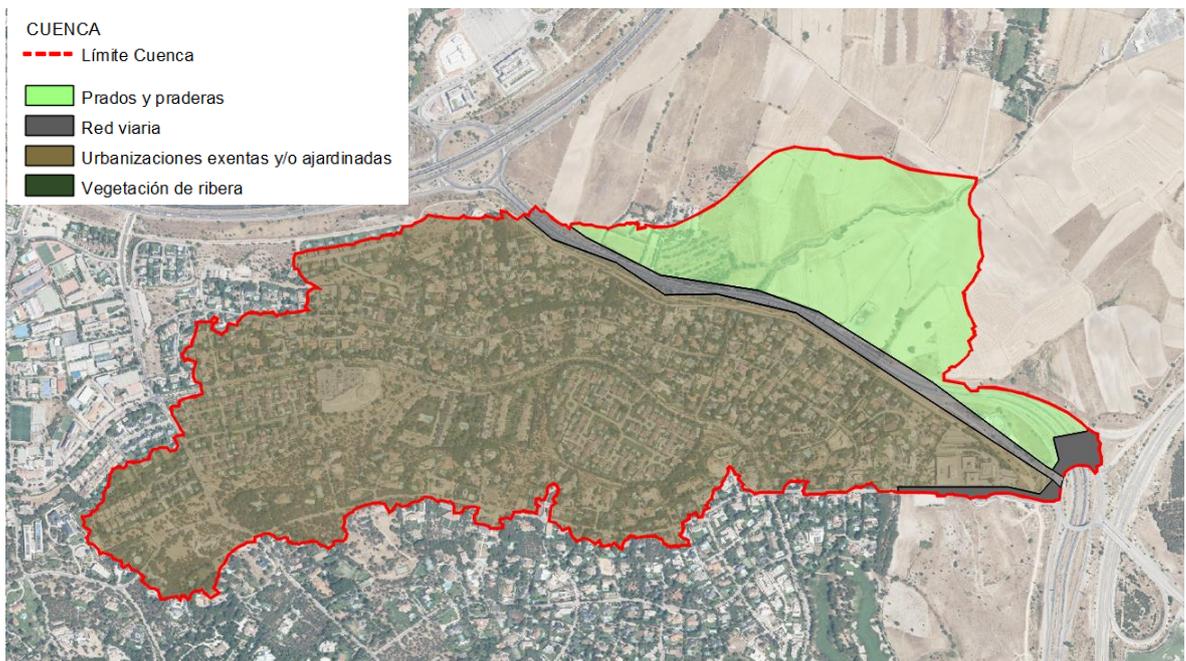
Po [mm] = umbral de escorrentía

Poⁱ [mm] = valor inicial del umbral de escorrentía

β [adimensional] = coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

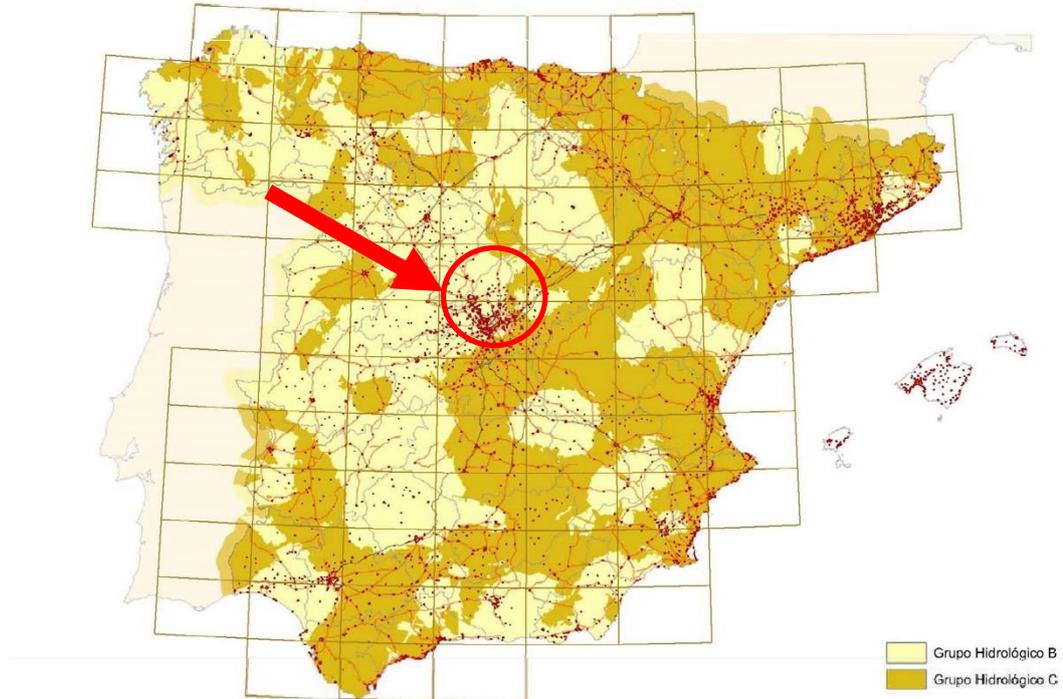
Situación actual o preoperacional:

SUBCUENCA ARROYO CARBONEROS			
SUPERFICIES	Poi	SUPERFICIE [m ²]	% Suelo
Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados (12200-B)	1	74.765	4,30%
Prados y praderas (23100-B)	55	358.553	20,63%
Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas (11220-B)	14	1.305.026	75,07%
Umbral de escorrentía medio ponderado	21,90	1.738.344	100,00%



Mapa de tipos de suelo. Situación actual Fuente: Elaboración propia

*Nota: para la obtención del umbral de escorrentía inicial, se han tomado los valores indicados en la *"TABLA 2.3 - Valor Inicial del Umbral de escorrentía"* de la instrucción 5.2-IC de febrero de 2016, correspondientes a *"12200-Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados, 23100-Prados y praderas, 11220-Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas"* considerando un **grupo hidrológico de suelo tipo B**.



Mapa de grupos hidrológicos de suelo. Fuente: Instrucción 5.2-IC - DGC 2016- Figura 2.7

Para el cálculo del **coeficiente corrector del umbral de escorrentía (β)**, se toman los diferentes valores correctores según la "TABLA 2.5" de la instrucción 5.2-IC de la DCG de febrero de 2016, correspondientes a la zona 32 según el mapa de regiones consideradas para dicho coeficiente en la instrucción.



Mapa de regiones consideradas para coeficientes correctores. Fuente: Instrucción DGT 2016- Figura 2.9

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,36	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
33	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,18	1,46	1,78

$$\beta = \beta_m \cdot F_T$$

Donde:

β [adimensional] = coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

β_m [adimensional] = valor medio en la región.

F_T [adimensional] = factor en función del período de retorno T .

Como resultado de los parámetros calculados anteriormente, obtenidos se obtienen los siguientes resultados para el coeficiente de escorrentía aplicado a la cuenca del presente estudio, aplicado a su correspondiente período de retorno.

Situación actual:

T [años]	Y_T	P_d [mm]	P_o^I [mm]	β	P_o [mm]	P_d/P_o	C
5	1,213	46,094	21,90	0,91	19,93	2,313	0,183
100	2,174	82,612	21,90	1,31	28,69	2,880	0,248
500	2,785	105,830	21,90	1,54	33,72	3,138	0,274

4.4.2. Resultados obtenidos para la cuenca estudiada.

Para el cálculo del tiempo de concentración se han tenido en cuenta los datos relativos a la subcuenca vertiente descrita en el apartado 4.3 del presente estudio, mostrándose los datos obtenidos en el siguiente cuadro:

CUENCA VERTIENTE	LONGITUD [km]	DESNIVEL [m]	PENDIENTE MEDIA [m/m]	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN [h]
Los Carboneros	2,45	70,37	0,029	1,16

Resultado de la aplicación a estos datos de la fórmula del SCS (1975), recogida en la Instrucción 5.2-IC (DGC, 2016), para el tiempo de concentración (T_c), se obtiene un valor de 1,16 horas para el Arroyo de Los Carboneros; estos valores se encuentran en el intervalo de aplicación del método racional.

Asimismo, aplicando el tiempo de concentración obtenido, se puede obtener **coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación K_t [adimensional]** mediante la aplicación de la expresión (2), obteniéndose un valor de **1,079** para el arroyo de Carboneros.

Resultado de la aplicación de la **expresión (1)** a todos los resultados obtenidos anteriormente, a continuación, se muestran los caudales de estudio obtenidos para las subcuencas consideradas en situación preoperacional y posoperacional para los diferentes períodos de retorno:

Situación preoperacional:

Se obtienen los siguientes caudales para la modelación hidráulica en situación preoperacional:

	T [años]	Pd [mm]	I_r/I_d	$I(T, t)$ [mm/h]	C	A [km ²]	K	Q [m ³ /s]
ARROYO DE CARBONEROS	5	46,094	10	15,087	0,183	1,738	3,600	1,439
	100	82,612	10	27,040	0,248	1,738	3,600	3,488
	500	105,83	10	34,640	0,274	1,738	3,600	4,954

Situación futura o posoperacional:

Máxima crecida ordinaria: para el período de retorno correspondiente a la Máxima Crecida Ordinaria ($T=5$ años), las aguas pluviales generadas por el desarrollo urbanístico del sector, serán conducidas por la red de saneamiento dimensionada a tal efecto ($T=25$ años) aguas abajo del sector hasta el punto de vertido indicado.

SUBCUENCA ARROYO CARBONEROS				
SUPERFICIES	Poi	SUPERFICIE [m ²]	PO x Sup	% Suelo
Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados (12200-B)	1	74.765	74.765	4,94%
Prados y praderas (23100-B)	55	132.252	7.273.852	8,75%
Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas (11220-B)	14	1.304.968	18.269.553	86,31%
Umbral de escorrentía medio ponderado	16,94	1.511.985	25.618.170	100,00%

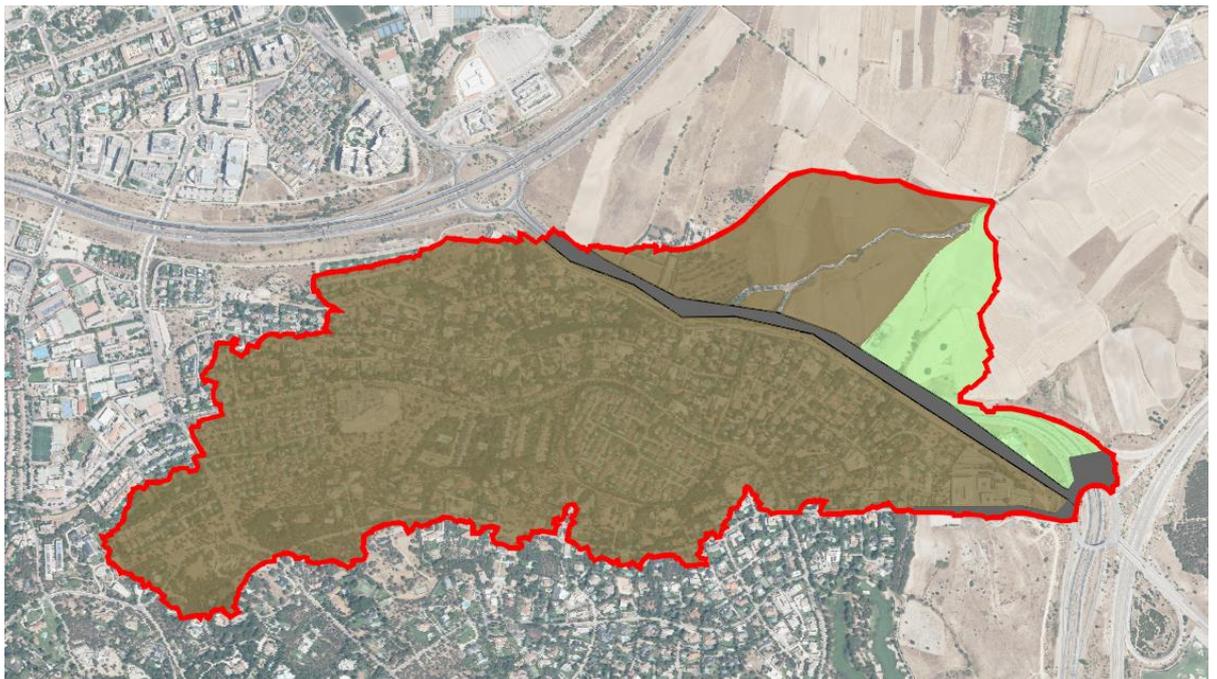
T [años]	Pd [mm]	T_c [h]	I_r/I_d	$I(T, t)$ [mm/h]	C	A [km ²]	K	Q [m ³ /s]
5	46,094	1,16	10	15,149	0,260	1,512	3,600	1,788

A los 1,788 m³/s se les sumará 143,9 l/s, producto del vertido del Sector, equivalente al 10% del caudal del Arroyo en Situación Preoperacional para un período de retorno de 5 años (1.438,94 l/s). Por tanto, el caudal en situación posoperacional para T=5 años será de 1.931,96 l/s.

Máxima avenida: para los períodos de retorno correspondientes a las Máxima Avenidas Extraordinarias (T=100años y T=500años), se ha tenido en cuenta la modificación de la escorrentía superficial correspondiente a la subcuenca de estudio como consecuencia del desarrollo urbanístico del sector.

SUBCUENCA ARROYO CARBONEROS				
SUPERFICIES	Poi	SUPERFICIE [m2]	PD x Sup	% Ocupación
Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados (12200-B)	1	74.765	74.765	4,30%
Prados y praderas (23100-B)	55	132.252	7.273.852	7,61%
Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas (11220-B)	14	1.531.327	21.438.576	88,09%
Umbral de escorrentía medio ponderado	16,56	1.738.344	28.787.193	100,00%

T [años]	Pd [mm]	Tc [h]	l _r /ld	I (T, t) [mm/h]	C	A [km ²]	K	Q [m ³ /s]
100	82,612	1,16	10	27,040	0,338	1,738	3,600	4,760
500	105,83	1,16	10	34,640	0,367	1,738	3,600	6,625



Subcuenca vertiente del tramo de estudio del arroyo de Los Carboneros. Situación posoperacional

Se obtienen por tanto los siguientes caudales para la modelación hidráulica en situación posoperacional.

T [años]	Pd [mm]	Tc [h]	l _r /ld	I (T, t) [mm/h]	C	A [km ²]	K	Q [m ³ /s]
5	46,094	1,16	10	15,149	0,260	1,512	3,600	1,932
100	82,612	1,16	10	27,040	0,338	1,738	3,600	4,760
500	105,83	1,16	10	34,640	0,367	1,738	3,600	6,625

4.5. Red de saneamiento S-2 “Escobares I”. Cálculo de puntos de vertido

4.5.1. Aguas residuales

La red que se proyecta es de tipo separativo, recogiendo de forma independiente las aguas negras (residuales) y las aguas de lluvia (pluviales).

Tanto el Plan General de Alcobendas como el Convenio de Infraestructuras Hidráulicas definen la ejecución de un nuevo Emisario que discurrirá por el viario norte del Sector. Para este nuevo Emisario se ha estimado que deberá contar con una sección de diámetro DN 1000 mm. El Emisario continuará aguas abajo de Escobares I por el Sector S-3 “Escobares II” hasta llegar, por último, a la EDAR Arroyo de la Vega.

Dada la topografía con la que cuenta el ámbito, se dificulta la ejecución del emisario con sección tubular. Debido a las profundidades que se alcanzan en algunos tramos, será necesaria la ejecución en Galería Tipo II (1,20 x 1,80 m) a lo largo de la Calle “A”. También será necesaria la ejecución de galerías en otros tramos de la red, condicionados por la necesidad de realizar cruces bajo el arroyo Carboneros que implican la necesidad de incrementar la profundidad de la red

De acuerdo con la Cartografía de Redes de Saneamiento proporcionada por Canal de Isabel II, se deberá dar continuidad a las redes existentes o previstas mediante dos conexiones:

- Al Noroeste, en el nuevo Emisario de diámetro DN 1000 mm que discurrirá por la Glorieta de la Avda. Rafael Nadal y que recogerá parte de las aguas residuales del caso urbano de Alcobendas. Este emisario aumentará su sección a Galería Tipo II, en la Calle “A” del sector y posteriormente atravesará también el Sector S-3 “Escobares II”, hasta llegar, por último, a la EDAR Arroyo de la Vega.
- Al Sur del Sector, en la urbanización “La Moraleja”, se conecta con emisario HA DN 1500 mm procedente de la EDAR Hoyarrasa. Según indicaciones municipales, esta estación depuradora será desmantelada por lo que es necesaria la ejecución de un nuevo colector para la conexión con la futura red de alcantarillado de Escobares I. Ese colector contará con un Tanque Antidescarga de Sistemas Unitarios de 5.000 m³ de volumen. Su ubicación se ha fijado junto a las Calles B y D, en Zona Verde.

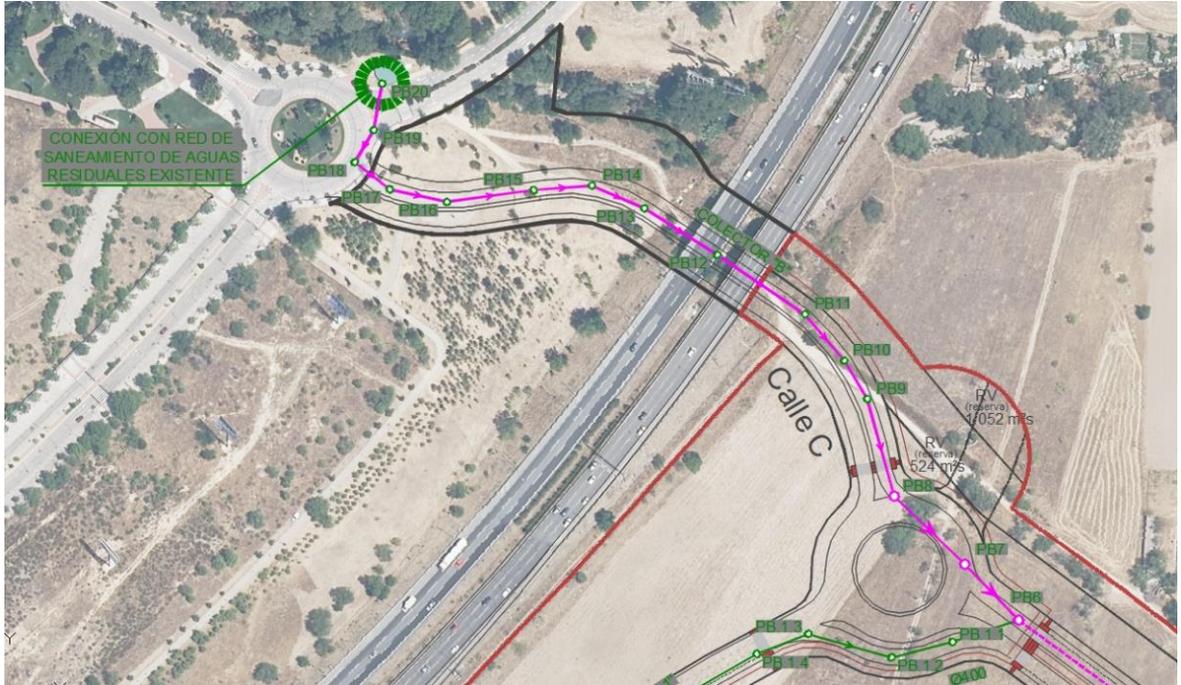


Figura: Conexión Noroeste con red existente de saneamiento

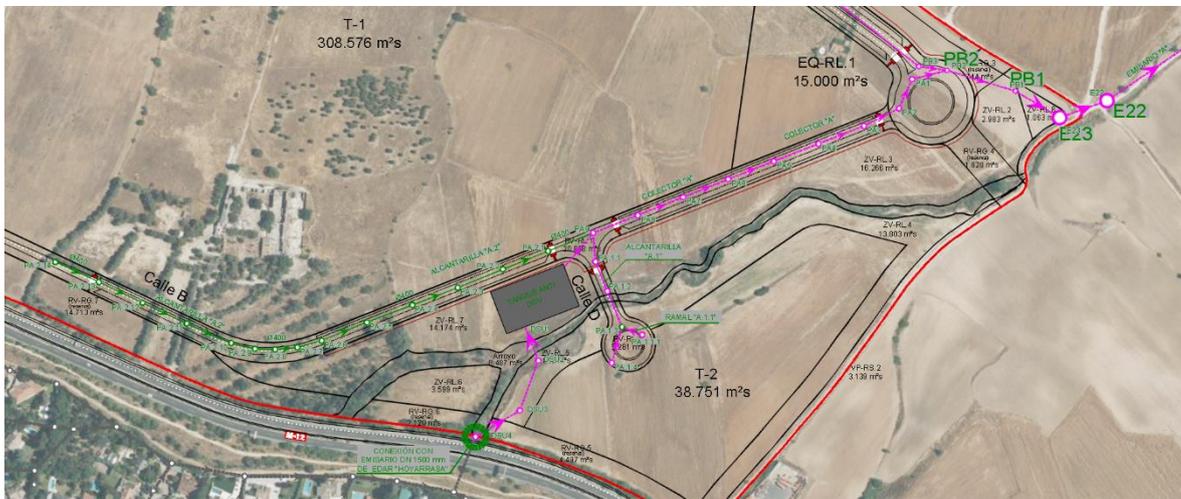


Figura: Conexión Sur con red existente de saneamiento.



Figura: Emisario Galería Tipo II que conecta en EDAR Arroyo de la Vega.

La sección de los colectores será tubular de 400 mm, 1.000 mm y Galería Tipo II, todos fabricados

4.5.1.1. Estimación de Demandas del Sector

El caudal total de aguas residuales a evacuar por la red de saneamiento del Sector se dividirá en:

- Caudal generado por el propio ámbito de desarrollo
- Caudales aportados por ámbitos aguas arriba del Sector e incorporados en la red de saneamiento del Sector y en el nuevo Emisario

4.5.1.1.1. Caudal generado por Escobares I

Para el cálculo del caudal generado por Escobares I se han empleado las dotaciones indicadas en la normativa de Canal de Isabel II Normas para redes de saneamiento. Versión 3 – 2020, recogidas en la siguiente imagen.

Tabla 47. Dotaciones de cálculo

	Residencial		Terciario, dotacional e industrial (l/m ² edificable y día)	Zonas verdes (l/m ² y día)
	Viviendas unifamiliares (l/m ² edificable y día)	Viviendas multifamiliares (l/m ² edificable y día)		
Suelo Urbano No Consolidado (SUNC) sin desarrollar				
Suelo Urbanizable Sectorizado (SUS) sin desarrollar	9,5	8,0	8,0	1,5
Suelo Urbanizable No sectorizado (SUNS) sin desarrollar				

Tabla resumen de dotaciones de cálculo. Fuente: Normativa de redes de saneamiento CYII 2020 v.3

Los coeficientes de retorno a aplicar a dichas dotaciones, para los distintos usos considerados, serán los siguientes:

Tabla 5. Coeficientes de retorno para usos de planeamiento futuro

USO DEL SUELO	Viviendas unifamiliares	Viviendas multifamiliares	Terciario, dotacional e industrial
Suelo urbano no consolidado (SUNC) sin desarrollar	0,800	0,950	0,855
Suelo urbanizable sectorizado (SUS) sin desarrollar			
Suelo urbanizable no sectorizado (SUNS) sin desarrollar			

Tabla de coeficientes de retorno. Fuente: Normativa de redes de saneamiento CYII 2020

Aplicando las dotaciones y coeficientes de retorno anteriores a las superficies del ámbito se obtienen los siguientes caudales

CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES - SECTOR S-2 "ESCOBARES I" (ALCOBENDAS)										
Uso	ORDENANZA	Superficie Bruta (m ² s)	Coefficiente Edificabilidad	Superficie Edificable (m ² e)	Dotación (l/m ² /día)	Coefficiente de Retorno	Dotación (L/día)	Caudal Residuales (m ³ /día)	Caudal Residuales (L/s)	Caudal Punta Residuales
EQUIPAMIENTO LOCAL	EQ	15.000	1,50	22.500	8,00	0,855	180.000	153,90	1,78	3,44
	T1	308.576	0,77	238.654	8,00	0,855	1.909.231	1.632,39	18,89	36,53
TERCIARIO	T2	38.751	0,77	29.970	8,00	0,855	239.761	205,00	2,37	4,59

CAUDAL S-2 - ESCOBARES I	DEMANDA ESCOBARES I	1.991,29 m ³ /día
	CAUDAL MEDIO ESCOBARES I	23,05 l/s
	CAUDAL PUNTA ESCOBARES I	44,56 l/s

Tabla: Estimación de caudal de aguas residuales generado en Escobares I

4.5.1.1.2. Caudales aportados por ámbitos aguas arriba

Para la estimación de los futuros caudales circulantes por el duplicado del Emisario se han considerado tanto los aportes actuales al Emisario existente como las nuevas conexiones de zonas ya desarrolladas que actualmente no vierten en ese Emisario como las futuras conexiones de zonas pendientes de desarrollo. Con estas consideraciones se obtienen los siguientes caudales:

- Zona del casco urbano consolidado, estimando que un tercio del caudal generado vaya a discurrir por el nuevo Emisario. Conformaría un caudal punta de 366,32 l/s.
- Zona de Fuente Hito y carretera de Barajas: corresponde al tramo existente entre la Glorieta del Arroyo de la Vega y la glorieta de la Autovía A-1. A esta área le corresponde un Caudal de 31,73 l/s.
- Nuevos desarrollos de Alcobendas, estimando que un tercio del caudal generado vaya a incorporarse al futuro Emisario. Caudal punta de 115,16 l/s.
- Estimación del caudal generado por Escobares II (pendiente de desarrollo urbanístico). Caudal punta de 44,56 l/s.
- Av. Fernando Alonso, que se estima generaría un caudal punta de aguas residuales de 20 l/s.
- Vertido de EDAR de Hoyarrasa, (EDAR a dismantelar y cuyo vertido se incorporará en la red de alcantarillado de Escobares I), con un caudal punta de 550 l/s.
- Vertido de EDAR de Hoyarrasa, con un caudal punta de 550 l/s.

Por tanto, teniendo en cuenta los caudales provenientes de aguas arriba del Sector, se obtiene un caudal total de 1.127,89 l/s.

4.5.1.1.3. Caudal total de aguas residuales a gestionar por la red

Considerando tanto los caudales generados por el propio Sector como los incorporados en la futura red de alcantarillado procedentes de ámbitos aguas arriba, se obtiene el siguiente caudal total:

- Caudal propio del Sector:	44,56 l/s
- Caudal generado aguas arriba:	1.127,77 l/s
- CAUDAL TOTAL AGUAS RESIDUALES:	1.172,33 l/s

4.5.2. Aguas pluviales

La red de aguas pluviales del Sector se dimensionará para un período de retorno $T=25$ años, de acuerdo con la Normativa Municipal de Alcobendas.

La red estará formada por tubos de HA de diámetros 400 mm, 600 mm, 1000 mm, 1500 mm y Galería Tipo II.

El dimensionamiento y diseño de la red de aguas pluviales se ha realizado de acuerdo con las Ordenanzas Municipales de Urbanización y Edificación del Ayuntamiento de Alcobendas.

El ámbito está constituido por dos vertientes, una Norte y otra Sur:

- La vertiente Sur, canalizada a través de los Colectores “B”, “C” y “D”, conduce las aguas pluviales hasta el arroyo de los Carboneros, previo paso por el correspondiente laminador principal y por los laminadores en parcela, con un caudal de salida limitado a 143,87 l/s. El caudal de vertido corresponde con 10% del caudal previsto en el arroyo de los Carboneros en la máxima crecida ordinaria en situación preoperacional de acuerdo con los resultados obtenidos en el presente Estudio Hidrológico-Hidráulico. De este modo se garantiza que el vertido no supondrá una afección negativa al dominio público hidráulico.
- La vertiente Norte es canalizada a través del Colector “A”, que transporta las aguas pluviales hasta un aliviadero de primeras aguas de lluvia conectado a la red de aguas residuales, situado junto a la Glorieta 1, y que podrá verter un caudal de hasta 1.390 l/s al arroyo de la Vega. Ese caudal corresponde con el 10% circulante por el arroyo de la Vega de acuerdo con la información disponible en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. En este caso, no será necesario ejecutar un laminador principal al ser el caudal vertido menor a los 1.390 l/s gracias al efecto de los laminadores en el interior de parcela.



Id. Zona	1010049
Nombre zona	Arroyo de la Vega (tramo C), 150 m aguas abajo del puente de la carretera N-I Madrid-Burgos
Tipo zona	DPH Destilado
Cauce	Arroyo de la Vega
Longitud (Km)	0,288
Hipótesis	Máxima Crecida Ordinaria
Método hidrológico	HEC-1
Precisión cartográfica	1:2000
Método hidráulico	HEC-RAS 1D
Estudio	Apeo y deslinde del Dominio Público Hidráulico de tres tramos del Arroyo de la Vega en T.T.M.M. De Alcobendas y San Sebastián
Tipo estudio	Dominio Público Hidráulico
Escala representación	1:2000
Documento	Asistencia técnica para la delimitación y deslinde del dominio público hidráulico de tramos seleccionados de cauces de la Cuenca
Fecha documento	01/03/2009
Organismo	Confederación Hidrográfica del Tago
Clave expediente	97CO0052/NA
Demarcación	Tago
Caudal (m³/s)	13.9
Fecha de resolución	15/12/1999
Fecha de publicación	14/01/2000
Boletín Oficial	B.O. Comunidad de Madrid

Figura: Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables

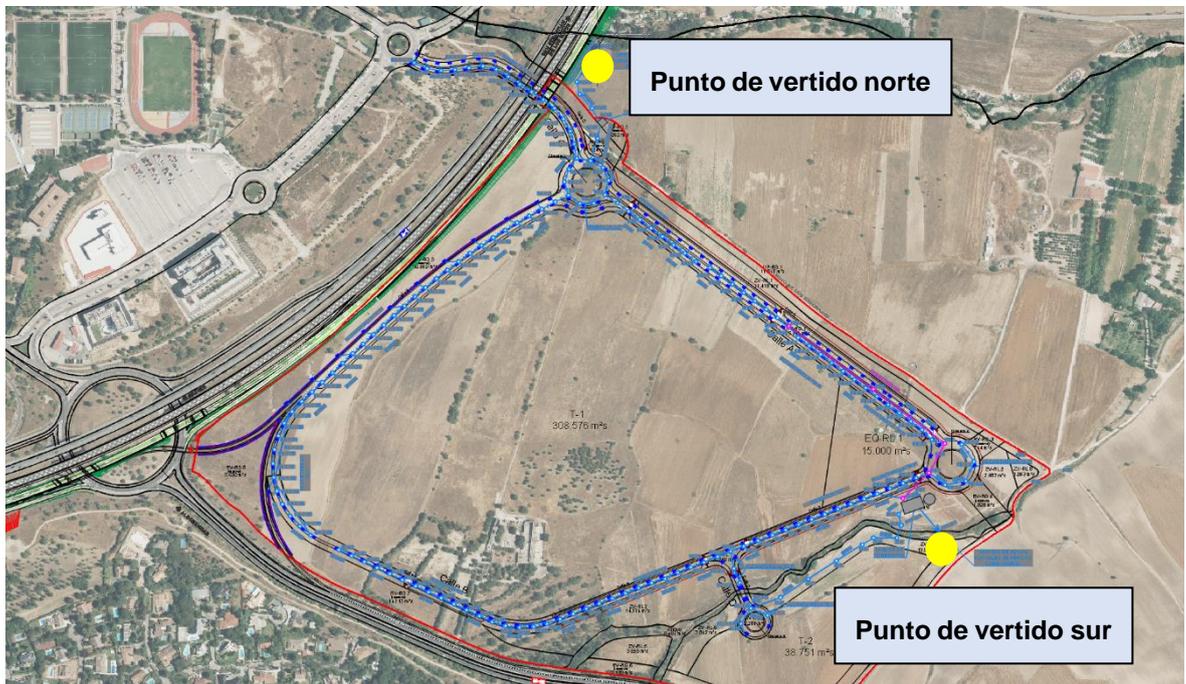


Figura: Red de aguas pluviales proyectada y punto de vertido.

Como se ha indicado anteriormente, tanto en las parcelas de uso terciario como en las dotacionales se dispondrá de Sistemas de Laminación previa y/o Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), encargados de laminar el caudal de forma previa al vertido en la red de pluviales.

En la Red Viaria se dispondrán también SUDS, mediante soluciones de pavimentos porosos y medianas dotadas de zanjas de infiltración o drenes filtrantes.

5. Estudio hidráulico

5.1. Introducción

El presente estudio tiene por objeto determinar la capacidad del cauce del Arroyo de Los Carboneros, que atraviesa el Sector 2 “Escobares I”, con la finalidad de analizar el Dominio Público Hidráulico y las zonas susceptibles de inundación.

Por tanto, se determinarán las bandas de inundación y zonas con potencial riesgo de inundación asociadas a los diferentes períodos de retorno, con el objeto de definir la ordenación del Sector en función del alcance del Dominio Público Hidráulico del Arroyo de los Carboneros.

Asimismo, se determinarán las bandas de inundación asociadas a los diferentes períodos de retorno, con el objeto de establecer el Dominio Público Hidráulico (D.P.H.), y a partir de éste, las correspondientes zonas de servidumbre (5m) y policía (100m), así como las zonas con potencial riesgo de inundación por las avenidas extraordinarias, y la delimitación de la zona de flujo preferente para las situaciones preoperacional y postoperacional.

5.2. Descripción morfológica de la zona de estudio

La zona de estudio estaría compuesta por un único tramo de 705 m de longitud, correspondiente a la fase intermedia del Arroyo de Carboneros, al Sur de la cuenca de estudio, como puede observarse en la siguiente figura. El recorrido parte en el margen Norte de la Carretera M-12, hasta el vértice Noreste del límite del Sector de Escobares.



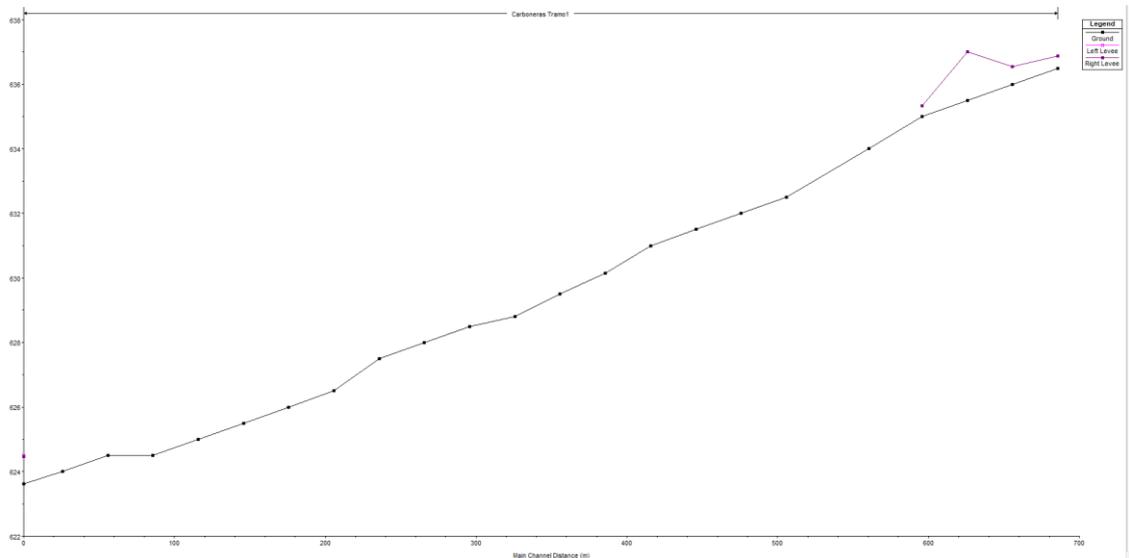
Tramo de estudio definido para el modelado hidráulico. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestran las coordenadas UTM (ETRS89-30N) de inicio y fin del tramo de estudio:

	X	Y
Arroyo de Los Carboneros - Inicio tramo	448315,961	4486758,173
Arroyo de Los Carboneros - Final tramo	448931,198	4486971,93

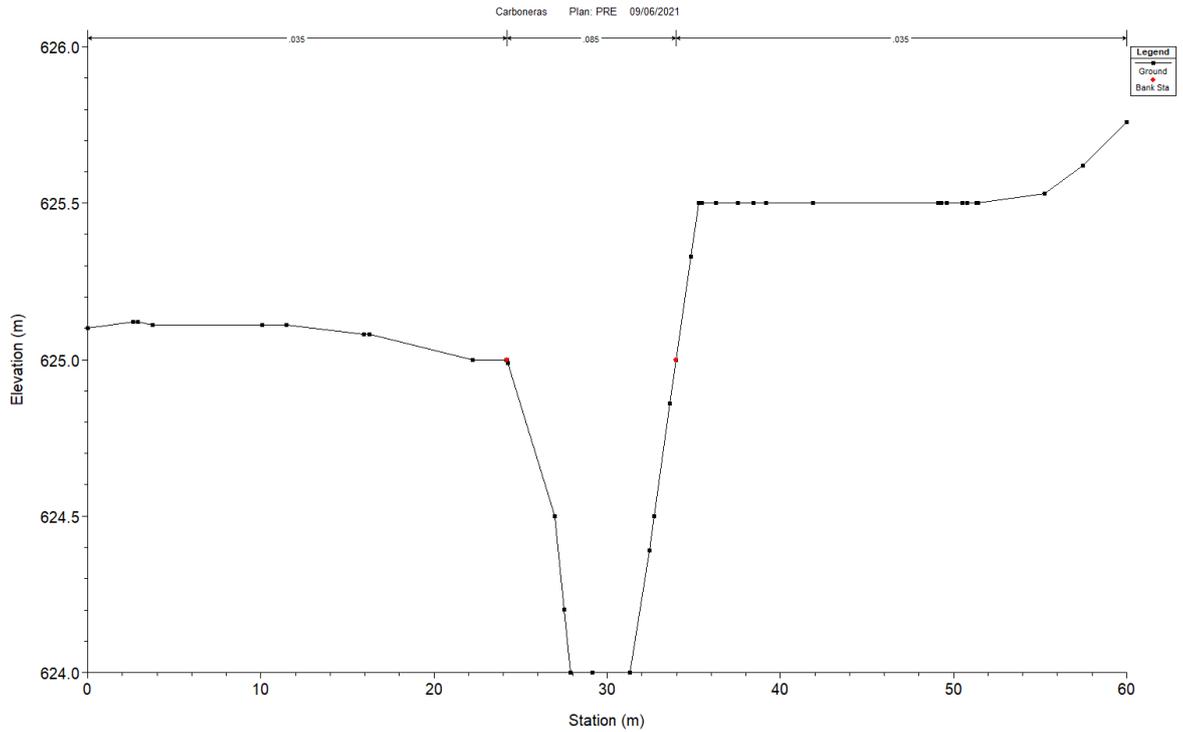
Arroyo Carboneros (tramo de estudio):

Desde el punto de vista morfodinámico, el tramo a analizar del arroyo de Los Carboneros objeto del presente estudio se puede considerar caracterizado por una topografía de pendientes suaves alcanzando su cota más elevada en la cota 636,50 m, discurriendo en sentido Suroeste-Noreste, y alcanzando la cota más baja a 624,00 msnm, con una pendiente de 0,0177 en el tramo de estudio (longitud 705m), tratándose actualmente de un arroyo con un curso fluvial de carácter permanente, debido al constante flujo proveniente del vertido de la EDAR Hoyarrasa de la urbanización de la Moraleja.

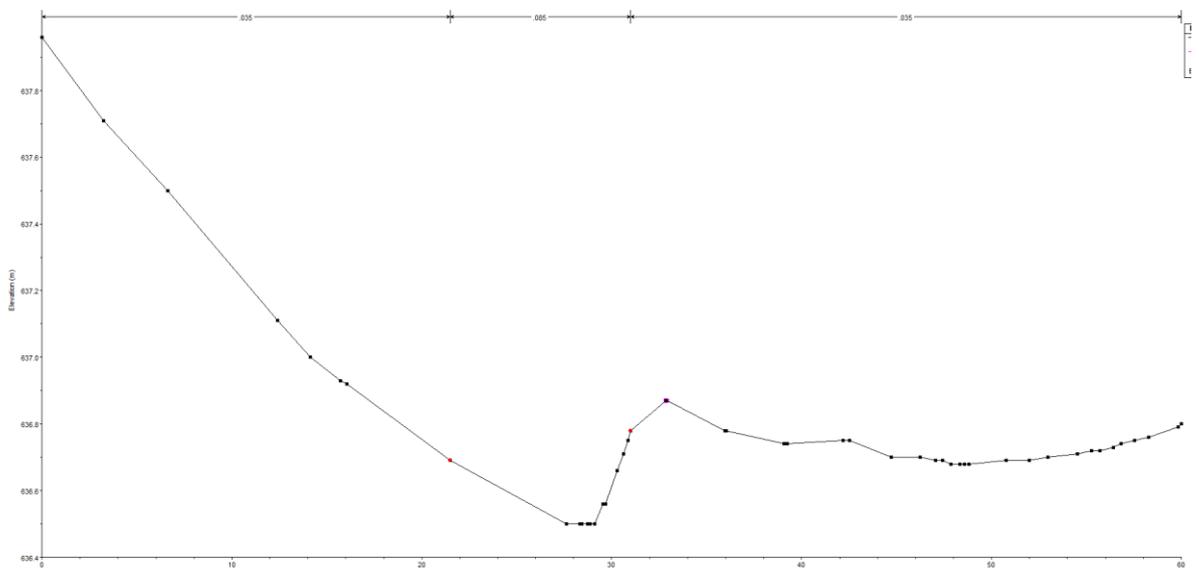


Perfil longitudinal del tramo de estudio del arroyo Carboneros según modelo HecRas.

Tal y como se observa en las siguientes figuras, el arroyo de Los Carboneros se encuentra bien encauzado y cuenta con una llanura de inundación bien definida con una anchura de entre 5 y 10m. Se trata de un arroyo permanente que transporta agua durante la mayor parte del año, aunque sin peligro de inundabilidad para los períodos tormentosos correspondientes a las máximas avenidas.



Perfil transversal del “Arroyo Carboneros” en la parte baja del tramo de estudio para el PK 0+30 según el modelo HecRas.



Perfil transversal del “Arroyo Carboneros” en la parte alta de su cauce para el PK 0+690 según el modelo HecRas

En el área de estudio no existe actualmente ninguna obra de drenaje transversal para dar continuidad al flujo del Arroyo de los Carboneros.

5.3. Modelado hidráulico del arroyo

El modelo en *HEC RAS* requiere disponer del sistema que forma el arroyo, mediante un esquema en planta que permita obtener las longitudes entre tramos que definen cada par de secciones transversales sobre el eje que forma el cauce.

5.3.1. Modelo Digital del Terreno

El trabajo topográfico que sirve como punto de partida, fue volcado en programas de CAD mostrando datos significativos del punto obtenido en campo como, número o indicativo, cota y código atribuido. Con esta información se procedió a dibujar los principales elementos que configuran la geometría del río, es decir, los pies y cabezas, tanto de talud como de muro. De este modo, se configuran las principales líneas de rotura que configurarán el modelo del terreno.

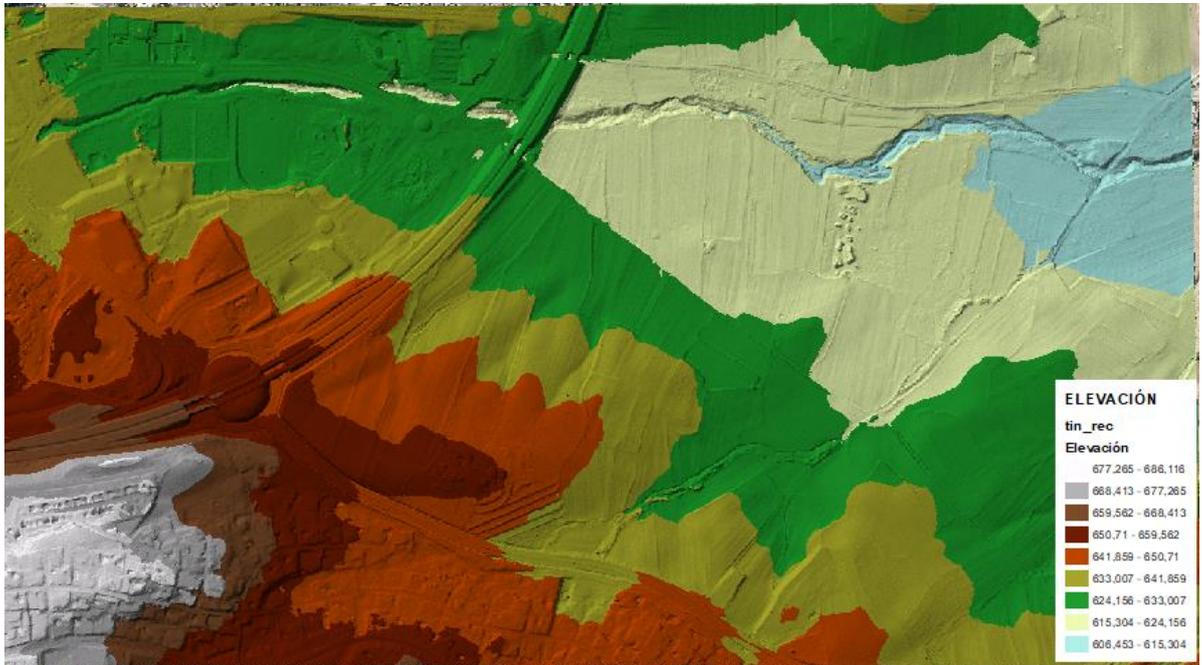


Topografía del sector empleada para el modelo hidráulico.

El levantamiento se ha realizado con curvas de nivel cada 0,5m, definiendo líneas de rotura, intersecciones con servicios e infraestructuras existentes, parcelario visto, etc.

Los resultados del trabajo de topografía de campo se han integrado en el LIDAR 2x2m del Instituto Geográfico Nacional, con el objetivo de general un Modelo Digital del Terreno que sirva de base para la formulación del Estudio Hidráulico georreferenciado en ETRS89 UTM30 Norte.

Con el Modelo Digital de Elevaciones Obtenido se genera un TIN mediante aplicación GIS, que será el utilizado para modelizar los cauces de estudio y sus correspondientes obras y estructuras de paso.



Modelo Digital del Terreno (MDT) Empleado para el Estudio. Fuente: elaboración propia mediante aplicación GIS a partir de levantamiento topográfico.

5.3.2. Selección del Modelo Hidráulico

El cálculo de los niveles de avenida en un cauce real de geometría compleja obliga a la utilización de modelos numéricos capaces de representar adecuadamente la hidráulica fluvial.

Entre las herramientas disponibles actualmente en el mercado, el modelo *HEC-RAS* (*Hydrologic Engineering Center-River Analysis System*) del USACE, es uno de los más habitualmente utilizados por organismos y empresas encargadas de la gestión de los ríos, por lo que sus resultados han sido ampliamente contrastados y además es de gratuita distribución y uso. Actualmente se trabaja con la versión 5.0.7.

5.3.3. Ecuaciones del Modelo en Régimen Permanente

Introducción

El flujo de agua se puede clasificar, desde el punto de vista temporal, en “**permanente**” o “**no permanente**”. Si el calado y la profundidad no varían con el tiempo, se considera que el régimen es permanente.

La situación real más frecuente es la de “régimen no permanente” pero, ante una situación de inundación, los parámetros de calado y profundidad varían lentamente. Ello permite que la asunción de este tipo de flujo sea prudente, sobre todo cuando se producen efectos de inundación y almacenamiento.

Desde el punto de vista espacial, es decir, en función de cómo varíe el régimen a lo largo del cauce, éste se clasifica en “**gradualmente variado**” o “**rápidamente variado**”. La mayoría de las situaciones se modelan partiendo de una situación en “régimen gradualmente variado”. La situación en cauces de pequeñas presas, cambios de pendiente bruscos, estrechamientos bruscos del cauce, etc., pueden provocar situaciones de cambio de régimen repentinos con resaltos. Estas situaciones, corresponderían a un modelo de régimen rápidamente variado, sin embargo, aguas abajo de estos puntos se recupera un régimen gradualmente variado.

Régimen permanente

El “régimen permanente y gradualmente variado” es utilizado por la mayoría de los programas de cálculo de ríos. En todo caso, para poder utilizar este modelo se deben cumplir una serie de condiciones:

- El caudal punta no debe estar afectado por almacenamiento en el sistema fluvial, o bien el almacenamiento debe haber sido estudiado previamente en base a un Modelo Hidrológico aparte.
- El caudal y el calado punta se presentan de forma simultánea a lo largo de todo río, a pesar de que en la realidad el caudal punta se alcance durante un período limitado de tiempo en un tramo del río. En general, ello da lugar a resultados conservadores.

Las hipótesis básicas del modelo son:

- Régimen permanente: Los valores de las variables hidráulicas en cada sección no dependen del tiempo.
- Régimen gradualmente variado: Los valores de las variables hidráulicas varían de una sección a otra, si bien, al no existir cambios bruscos de las características hidráulicas, se supone que la distribución de presiones es hidrostática.
- Flujo unidimensional en sentido longitudinal: No se consideran componentes de la velocidad en dirección transversal ni vertical. La altura de la línea de energía es igual en todos los puntos de la sección.
- Pendiente moderada del cauce: Menor al 10% aproximadamente, debido a que la altura de presión se supone equivalente a la cota del agua medida verticalmente.
- Régimen único y fijo en cada tramo estudiado: Se supone que el régimen es lento (número de Froude menor que uno) o rápido (número de Froude mayor que 1), pero no se admite el cambio de régimen en el mismo tramo.

El procedimiento de cálculo que utiliza el modelo matemático creado por *HEC-RAS* se basa en la resolución de la **ecuación de la conservación de la energía o de la ecuación de la variación de la cantidad de movimiento** mediante un proceso iterativo que exponemos a continuación:

La ecuación de la conservación de la energía expresada en términos de energía por unidad de peso para el flujo que atraviesa dos secciones genéricas A1 y A2 supone la siguiente expresión:

$$\int_{A_1} \left[\left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \right] = \int_{A_2} \left[\left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \right) + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \right] + h_e$$

siendo h_e las pérdidas de energía por unidad de peso entre las dos secciones consideradas, que presenta dos componentes: por un lado, la componente de fricción por pérdidas de carga continuas en el cauce; y por otro, las pérdidas de variación de la geometría de la sección (pérdidas de carga locales).

Al estar considerando un movimiento lentamente variado y la pendiente de lecho pequeña entonces:

$$\frac{p}{\gamma} = y \rightarrow z + y = cte$$

con lo que queda la ecuación de *Bernouilli*:

$$z_1 + y_1 + \alpha_1 \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + y_2 + \alpha_2 \cdot \frac{v_2^2}{2 \cdot g}$$

siendo:

z = cota del lecho en la sección considerada

y = calado en la sección considerada

v = velocidad media del flujo en la sección considerada

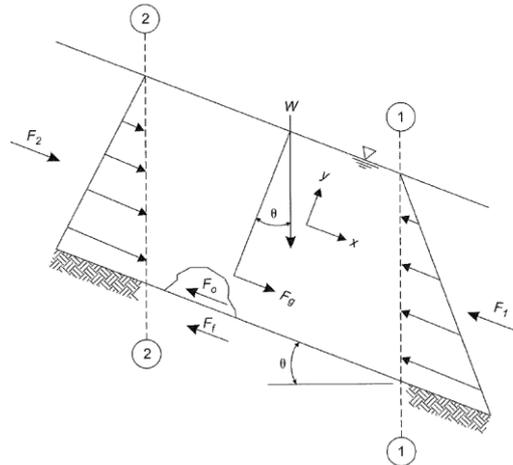
α = coeficiente de Coriolis en la sección considerada

h_e = pérdida de energía

Por otra parte, la segunda ley de *Newton* establece que la variación de la cantidad de movimiento por unidad de tiempo es igual a la resultante de las fuerzas exteriores que actúan sobre el elemento considerado:

$$\sum F_{ext} = F_{res} = m \cdot \frac{dv}{dt}$$

Se considera un elemento de flujo (volumen de control) limitado por secciones en las que el movimiento es lentamente variado y, por tanto, en ellas la ley de presiones es hidrostática. Debe destacarse que esta consideración (movimiento lentamente variado) se hace exclusivamente respecto a las secciones que limitan al volumen de control, lo que no implica que en su interior el movimiento sea lentamente variado:



Para aplicar la ecuación al volumen de control considerado:

Cantidad de movimiento transferida a través de la sección 1 en la unidad de tiempo,

$$\beta_1 \cdot (\rho \cdot v_1 \cdot A_1) \cdot v_1 = \beta_1 \cdot \rho \cdot Q \cdot v_1$$

Cantidad de movimiento transferida a través de la sección 2 en la unidad de tiempo,

$$\beta_2 \cdot (\rho \cdot v_2 \cdot A_2) \cdot v_2 = \beta_2 \cdot \rho \cdot Q \cdot v_2$$

Siendo, β el coeficiente de *Boussinesq*, ρ la densidad, A la superficie mojada y la v la velocidad media en la sección considerada.

La variación de la cantidad de movimiento por unidad de tiempo entre las secciones 1 y 2 será,

$$\rho \cdot Q \cdot (\beta_2 \cdot v_2 - \beta_1 \cdot v_1) \quad [1]$$

Como fuerzas exteriores actúan,

$$F_r = \gamma \cdot (z_2 \cdot A_2 - z_1 \cdot A_1) + W \cdot \text{sen} \theta - F_f - F_0 \quad [2]$$

$$F_r = F_2 - F_1 + W \cdot \text{sen} \theta - F_f - F_0$$

Siendo:

F_1 , F_2 = fuerzas hidrostáticas en las secciones de control

$W \cdot \text{sen} \theta$ = componente en la dirección del flujo del peso del agua

F_f = fuerza de rozamiento entre agua y cauce

F_o = fuerza debido a obstáculos en el cauce

Igualando los términos [1] y [2] se obtiene la ecuación que evalúa la variación de la cantidad de movimiento.

La aplicación de la ecuación de la conservación de la energía a diferencia de la anterior exige conocer la energía interna disipada por el volumen de control considerado, incluyendo tanto las pérdidas de carga continuas, consecuencia de la fricción con el cauce, como las locales. Por ello resulta especialmente útil la ecuación de la variación de la c.d.m. para cuando el movimiento del flujo es rápidamente variado.

HEC-RAS procede a calcular el perfil de la lámina de agua a lo largo del cauce, en régimen permanente a través del método del “paso estándar” o “paso a paso” mediante la ecuación de la conservación de la energía cuando el flujo es gradualmente variado y mediante la ecuación de la variación de la c.d.m cuando el régimen es rápidamente variado.

Cabe citar que para régimen permanente se puede realizar tres tipos de análisis según sea régimen lento, rápido o mixto. En función del elegido se introducen las condiciones de contorno necesarias. Posteriormente *HEC-RAS* resolverá mediante el método del “paso estándar” o “paso a paso” el cálculo del perfil a lo largo del cauce.

5.3.4. Pérdidas de Energía

Existen distintos tipos de coeficientes para evaluar las pérdidas de energía en el programa *HEC-RAS*: el coeficiente de *Manning*, que sirve para evaluar la pérdida de energía por fricción con el fondo, coeficientes de contracción/expansión para evaluar las pérdidas de energía por efecto de la transición o cambios en las secciones y los coeficientes de pérdidas de los puentes y obras de drenaje transversal (*culverts*), debidos a la forma del tablero del puente y las pilas, la presión del flujo y las condiciones de entrada y salida.

Coeficiente de rugosidad de Manning

El número de *Manning* representa la resistencia al flujo en ríos y llanuras de inundación. Valores de este coeficiente han sido tabulados por diversos autores desde los comienzos de la hidráulica de ríos y canales, *Chow* (1959), *Henderson* (1966), y *Streeter* (1971), entre otros. *Barnes* en 1967 presenta las fotografías y secciones transversales de ríos tipo para caracterizar los coeficientes de rugosidad.

Para la determinación del número de *Manning* o coeficiente de rugosidad, se va a utilizar el artículo titulado “Guía para la selección de los coeficientes de rugosidad de *Manning* para ríos y llanuras de inundación” (*Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains*), publicado por el *United States Geological Survey Water-G.J. Arcement, Jr. and V.R. Schneider, USGS*.

El USGS plantea la determinación de un valor de rugosidad a partir de un número base añadiendo valores de rugosidad en función del origen de dicho incremento de rugosidad. Los parámetros que pueden ser origen de aumento en la rugosidad son las variaciones en la sección transversal, las irregularidades en el cauce, las obstrucciones, la vegetación y la existencia de meandros.

Los valores de rugosidad definidos según esta metodología están limitados a estudios unidimensionales de ríos o canales de flujo en lámina libre. Los valores están determinados para su uso en la ecuación de energía como la aplicada en el cálculo 1D.

La metodología propuesta por el USGS se basa en la formulación definida por Cowan (1956):

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m$$

Donde:

n_b = valor base de Manning para una canal uniforme, rectilíneo, suave y de materiales naturales.

n₁ = factor de corrección por efecto de las irregularidades en la superficie.

n₂ = factor de corrección por efecto de las variaciones en la forma y tamaño de las secciones transversales.

n₃ = factor de corrección por efecto de las obstrucciones.

n₄ = factor de corrección por efecto de la vegetación y las condiciones de flujo.

m = factor de corrección por efecto de la sinuosidad del río.

La definición de cada una de las condiciones que intervienen en la determinación de la rugosidad se describe de forma detallada en la publicación "Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains". United States Geological Survey Water-G.J. Arcement, Jr. and V.R.

		CAUCE PRINCIPAL		LLANURA INUNDACION		
	Condiciones	Valor		Valor		
n b	Basico	Arenas	0.017	0.026	0.017	0.026
		Hormigon	0.012	0.018	0.012	0.018
		Firme tierra	0.025	0.032	0.025	0.032
		Grava	0.028	0.035	0.028	0.035
		Cantos	0.030	0.050	0.030	0.050
n 1	Irregularidades	Suave	0.000		0.000	
		Menor	0.001	0.005	0.001	0.005
		Moderadas	0.006	0.010	0.006	0.010
		Severas	0.011	0.020	0.011	0.020
n 2	Variaciones en la seccion transversal	Gradual	0.000		-	-
		Alternacia ocasional	0.001	0.005	-	-
		Alternacia frecuente	0.010	0.015	-	-
n 3	Efecto de obstruccion	Despreciable (< 5%)	0.000	0.004	0.000	0.004
		Menor (5%-15%)	0.040	0.050	0.040	0.050
		Apreciable (15%-50%)	0.020	0.030	0.020	0.030
		Severas (> 50%)	0.005	0.015	-	-
n 4	Cantidad de vegetacion	Pequeña	0.002	0.010	0.002	0.010
		Media	0.010	0.025	0.010	0.025
		Grande	0.025	0.050	0.025	0.050
		Muy grande	0.050	0.100	0.050	0.100
n m	Factor de correcion por meandros	Menor	1.000		1.000	
		Apreciable	1.150		1.000	
		Severo	1.300		1.000	

Tabla. Coeficientes base de manning según USGS

Se han comparado los valores obtenidos, con la tabla que aparece en el manual del *HEC-RAS* que proviene de la publicación "*Open-Channel Hydraulics*" de *Chow*, 1959, donde se realiza una extensa recopilación de valores del coeficiente de *Manning*, obteniendo valores parecidos.

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
A. Natural Streams			
1. Main Channels			
a. Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
2. Flood Plains			
a. Pasture no brush			
1. Short grass	0.025	0.030	0.035
2. High grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. No crop	0.020	0.030	0.040
2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			
1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d. Trees			
1. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
2. Same as above, but heavy sprouts	0.050	0.060	0.080
3. Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.080	0.100	0.120
4. Same as above, but with flow into branches	0.100	0.120	0.160
5. Dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200
3. Mountain Streams, no vegetation in channel, banks usually steep, with trees and brush on banks submerged			
a. Bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b. Bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070

Valores de Manning del manual de HEC-RAS basados en la publicación de Chow

Coeficientes de contracción y expansión

El flujo a través de un río o canal tiene pérdidas de carga debido a efectos de rozamiento y contracción/expansión. Las últimas son pérdidas menores que se pueden modelar como un coeficiente que se multiplica por la diferencia entre el término cinético de la ecuación de la energía. Los cambios de sección provocan que la lámina de agua ascienda o descienda, provocando ello que se produzca cambios locales de velocidad que repercuten en la media de la velocidad en la sección.

Estas pérdidas no suelen representar más del 5% del total, siendo en su mayoría debidas al rozamiento.

Se suele tomar un valor más bien estándar para un tramo homogéneo de cauce, salvando las inmediaciones de puentes y alcantarillas, donde la reducción de sección puede ser significativa y las pérdidas, que son mayores, se contabilizan con un coeficiente mayor.

Existen una serie de valores estándar proporcionados por el USACE (1995) para puentes, que actualmente se consideran conservadores y se proponen como alternativa una serie de fórmulas empíricas en el libro *"Floodplain Modelling Using Hec-Ras"*, *Haestad Methods* (2003) para el cálculo de dichos coeficientes.

Los coeficientes de contracción y expansión a emplear en estos casos son los que aparecen en el manual del *HEC-RAS* y se pueden resumir en la siguiente tabla.

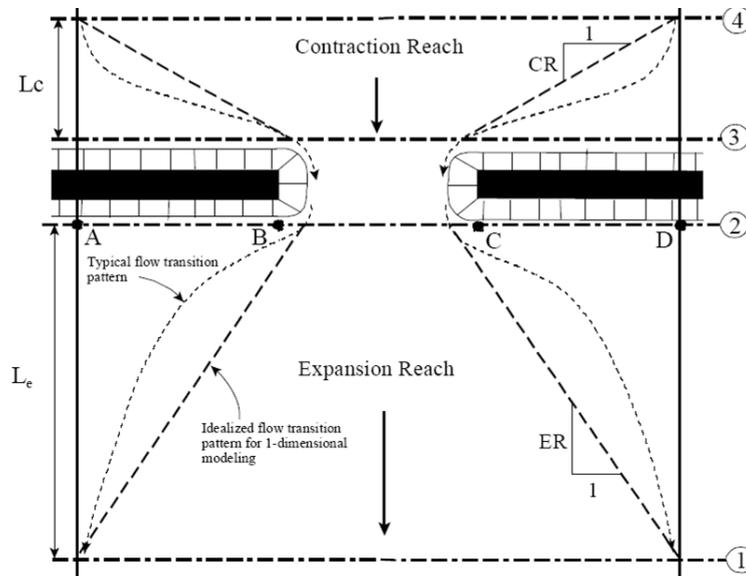
Régimen	Tipo de Transición	Contracción	Expansión
Subcrítico	Transición gradual	0.1	0.3
	Sección típica de puentes	0.3	0.5
	Transición brusca	0.6	0.8
Supercrítico	Transición gradual	0.05	0.1
	Transición brusca	0.1	0.2

Tabla. Coeficientes de contracción-expansión según manual HEC-RAS

5.3.5. Modelado de estructuras en Hec-Ras

Los pasos inferiores son elementos de drenaje transversal con mayor incidencia sobre el funcionamiento hidrodinámico de los ríos, condicionando localmente su comportamiento. De hecho, en su interacción con un río pueden dar lugar a una sobre elevación del flujo aguas arriba de la estructura, al tiempo que se produce una aceleración bajo la estructura y aguas abajo, que puede acarrear problemas serios de erosión.

El modelo *HEC-RAS* es capaz de simular estructuras como puentes y obras de drenaje transversales. Los puentes se modelan mediante 4 perfiles transversales, según la 0, de los cuales, los dos extremos (sección 1 y 4) sirven para delimitar la zona de influencia del flujo hidráulico en su contracción de la vena líquida de aguas arriba, la expansión de aguas abajo. Los perfiles centrales (sección 2 y 3) definen la geometría del terreno junto al puente y el modelo coloca el puente correctamente definido perpendicular a la corriente sobre dichos perfiles. Por lo tanto, el número de perfiles de cálculo son seis, cuatro exteriores al puente y dos interiores, que el modelo realiza superponiendo los dos perfiles exteriores más próximos con los datos del tablero.



Secciones que definen el modelo de un puente y una obra de drenaje en HEC-RAS, Fuente: Manual del HEC-RAS.

Para el cálculo del puente se distinguen dos casos: si el puente entra en carga o el puente se comporta como un canal.

5.3.6. Condiciones de contorno

Fijar las condiciones de contorno en la determinación de la lámina libre en un canal o río es una de las cuestiones transcendentales a la hora de obtener una buena estimación. Conocer la condición de contorno implica conocer el nivel de la lámina de agua en una cierta sección del río o canal a estudiar.

La localización de dicha sección depende del flujo que se establezca. Así se comprende que para establecer la condición de contorno será necesario, como mínimo, intuir el tipo de régimen que se formará:

- Si el régimen es rápido o supercrítico, será necesario conocer el calado en el extremo aguas arriba.
- Si el régimen es rápido o subcrítico, el calado deberá darse en el extremo aguas abajo.
- Si el canal o río a estudiar tiene tramos en régimen lento y otros en rápido, será necesario fijar el calado en los extremos aguas arriba y aguas abajo.

En el caso de flujo permanente, existen cuatro tipos de condiciones de contorno:

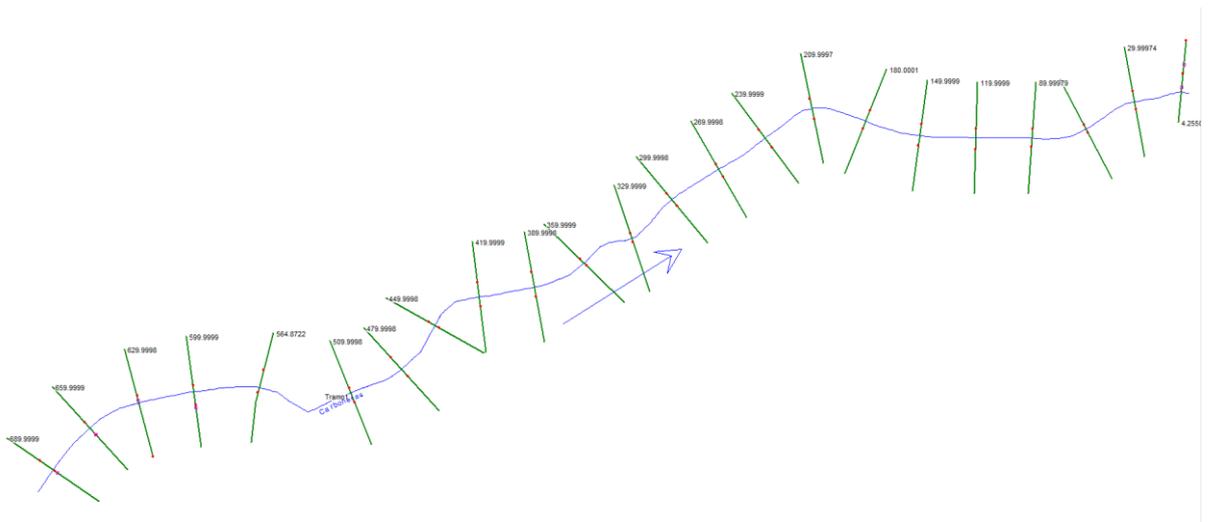
1. Nivel de la lámina de agua.
2. Calado crítico.
3. Calado normal.
4. Curva de gasto.

En este caso la condición de contorno empleada es la de **calado normal** aguas abajo. Para ello se ha definido una pendiente media, que se ha extraído de la topografía de detalle realizada. En cada una de las ejecuciones se ha comprobado el tipo de régimen, dado que éste influye directamente en las condiciones de contorno a emplear.

5.4. Fuentes de datos

5.4.1. Geometría del modelo. Situación preoperacional

Para la modelación hidráulica se han definido 23 secciones transversales correspondientes al tramo de estudio en el arroyo de la Gargantilla, equiespaciadas aproximadamente cada 30 m, a lo largo del tramo de estudio.



Geometría del modelo hidráulico en HecRas. Preoperacional

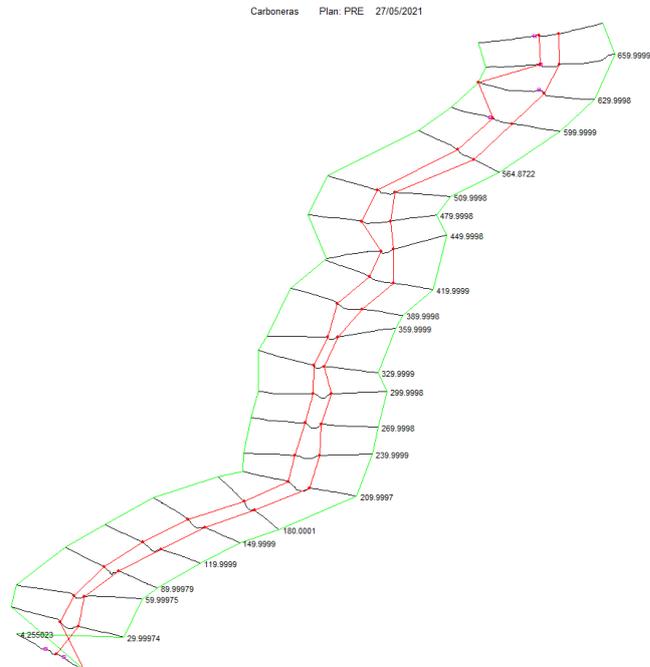
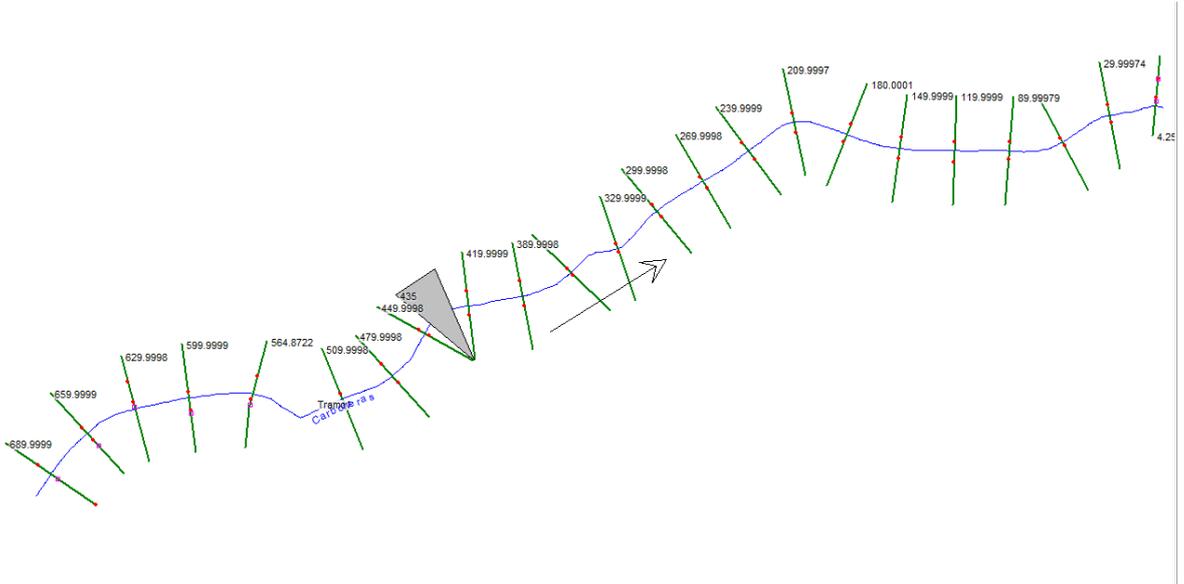


Imagen oblicua del modelo hidráulico en HecRas. Preoperacional

5.4.2. Geometría del modelo. Situación posoperacional



Geometría del modelo hidráulico en HecRas. Posoperacional

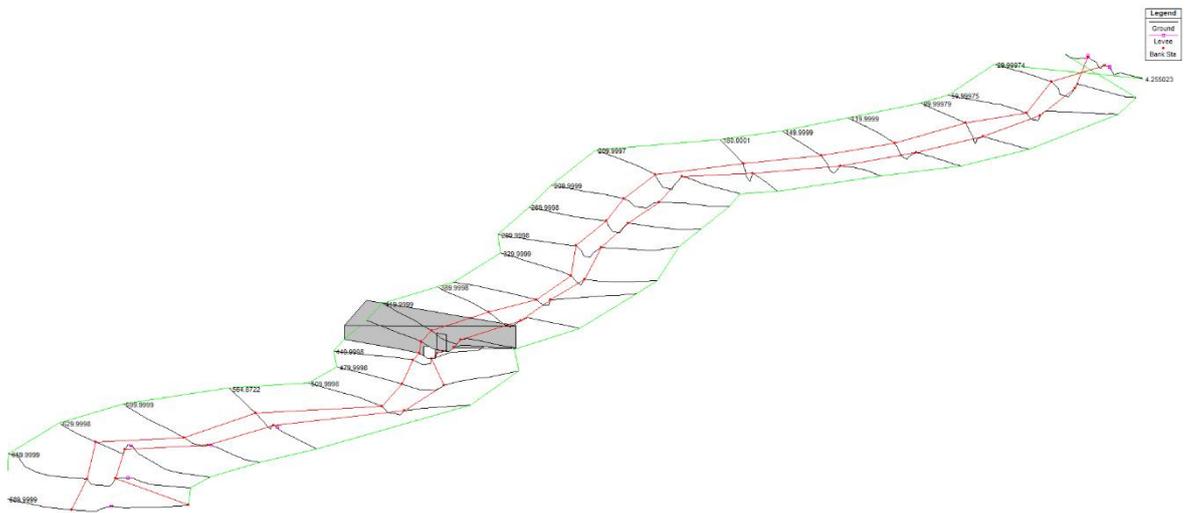
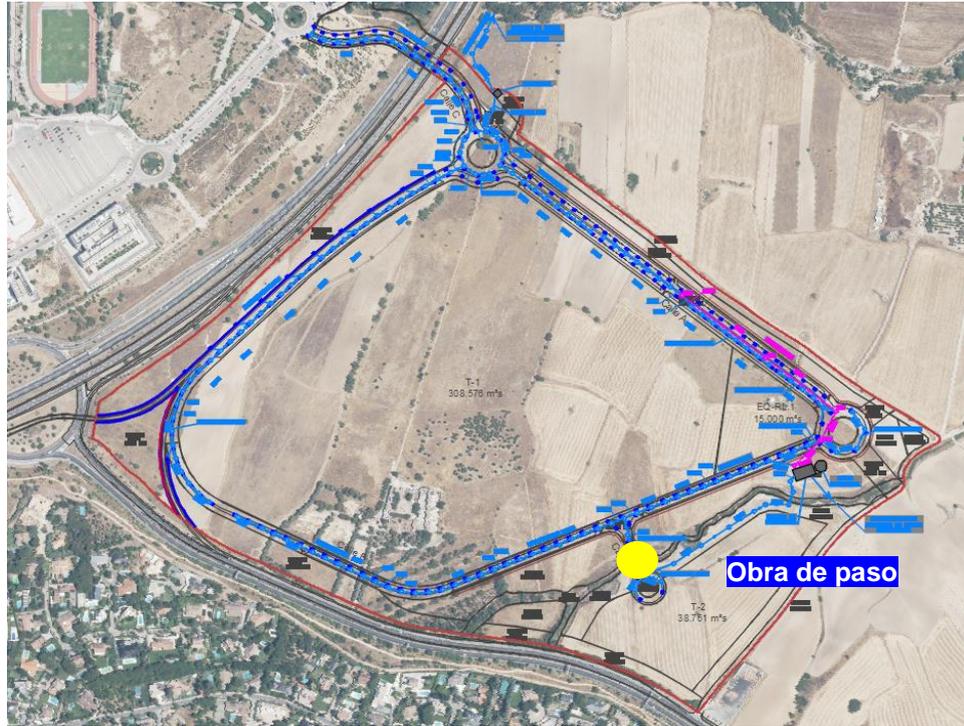


Imagen oblicua del modelo hidráulico en HecRas. Posoperacional

5.4.3. Obra de paso. Situación posoperacional

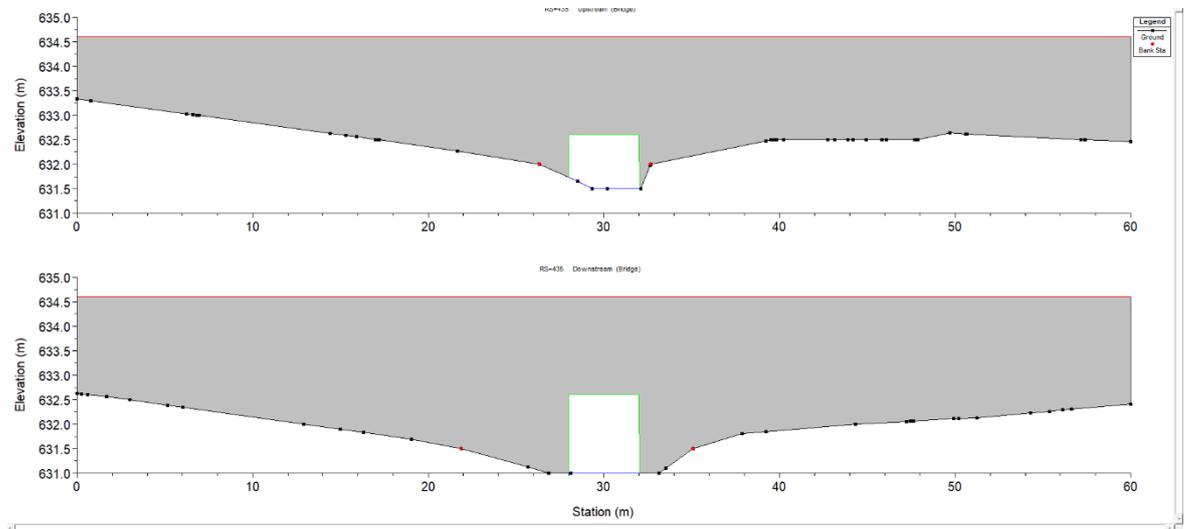
Para la situación posoperacional se ha proyectado una obra de paso consistente en un marco prefabricado de 2x2 m rectangular de hormigón, ubicado según se indica en imagen a continuación:



Ubicación de obra de paso proyectada.

OP-1

Marco prefabricado de hormigón 2x2m. Longitud 14m



Secciones Transversales US y DS de obra de paso sobre arroyo de los Carboneros

Características de las obras de paso transversal

Una vez determinado el caudal de referencia de agua de lluvia que discurrirá por la obra de paso transversal, se analiza al dimensionamiento de la misma.

La mínima dimensión que define una obra de drenaje en función de su longitud viene establecida por la Instrucción de Carreteras 5.2-IC, tomando en función de este criterio un valor de 2 m por ser la longitud de paso de 14 metros.

La obra dispone de un único paso inferior del tipo marco prefabricado de hormigón armado. Teniendo en cuenta las características de las zonas colindantes a las obras de paso propuestas, junto a las cuales se va a llevar un desarrollo urbanístico, no es previsible el arrastre de objetos de tamaño y en cantidad suficiente como para obstruir el desagüe de la obra. Es por ello, que el riesgo de obstrucción se considera bajo en ambos casos, y por lo tanto la Instrucción de Drenaje no establece limitaciones a las dimensiones mínimas de los mencionados pasos en función de este aspecto.

Para analizar la altura del paso, se parte del supuesto de que aguas abajo de la obra, el nivel de la lámina de agua a la salida no influye en el nivel de agua a la entrada, con lo que utilizamos la curva característica de control en la entrada para secciones rectangulares que se representa en la figura 5.10 de la Instrucción de Carreteras 5.2-IC.

Entrando en abscisas con el caudal específico, cuya fórmula se muestra a continuación, se obtiene el nivel específico H_E de la lámina de agua a la entrada para cada obra de paso.

$$q_e = \frac{Q}{\sqrt{g} \cdot B \cdot H^{3/2}}$$

Las variables que recoge dicha fórmula son:

q_e = Caudal específico en m^3/seg .

Q = Caudal desaguado en m^3/seg .

B = Anchura del conducto en metros.

g = Aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m}/\text{seg}^2$).

H = Altura del conducto en metros a la entrada de la obra (medida desde la cota de la solera).

H_E = Altura alcanzada por la lámina de agua a la entrada de la obra medida en metros sobre la solera de la misma.

Partiendo del caudal correspondiente para la avenida de periodo de retorno de 500 años del arroyo de Carboneros, partimos de un ancho mínimo de sección rectangular de 2 metros. A partir de este punto efectuamos sucesivos tanteos de la altura de la obra H , para obtener el valor H_E/H eligiendo la curva nº 2 de la figura 5.10. "Control a la entrada en conductos rectangulares", por ser la correspondiente a la de un conducto con muro de acompañamiento o con aletas a más de 30° con el eje del conducto. En función de los resultados se modificará el ancho inicial.

Los cálculos se resumen en la tabla siguiente:

	B (metros)	H (metros)	H_E/H	H_E (metros)	Resguardo (m)
Arroyo Carboneros	2	2	0,35	0,88	1,63

Del desarrollo de estos datos llegamos a la conclusión de que las dimensiones de 2 x 2 metros, suponen sobradamente el resguardo mínimo que establece la Instrucción de Carreteras en la tabla 1.1 y cuyo valor es de 0 metros de distancia entre el máximo nivel de la lámina de agua respecto de la superficie de la plataforma para vías de media-baja capacidad.

A continuación, se realizan las comprobaciones de que el resultado obtenido se ajustan a la realidad y de que el nivel del agua a la salida de los pasos transversales realmente no influye en el control de entrada.

Se observa que se cumplen siguientes condiciones:

- El conducto es recto y su sección y pendiente constante.
- La diferencia del nivel del agua en el cauce a la salida del conducto con la cota en la solera de ésta es inferior, tanto a la altura del conducto como al calado crítico en él. Para determinar este último se emplea la curva nº 2 para conductos rectangulares de figura 5.11 de la Instrucción:
- La relación entre la longitud del paso inferior L y la pendiente J del mismo ha de ser inferior a la indicada en la figura 5.14 de la Instrucción de Carreteras para control de entrada en conductos rectangulares con muro de acompañamiento o con aletas a más de 30º en el eje del conducto. Puesto que la pendiente es superior al 0,2% tanto para el paso del arroyo de los Carboneros, el nivel del agua obtenido a la entrada no deberá incrementarse.
- Relación Longitud/Pendiente
- Para una longitud de la obra de paso inferior del orden de 37 metros y una pendiente en la zona de paso del 2,7%, tenemos un valor de $L/J = 14/2,7 = 5,18$.
- Entrando en la figura 5.14 con la anchura del conducto de 2 m y con la altura del mismo de 2 m se obtiene un valor de L/J límite de 950, muy superior al valor L/J del paso inferior propuesto en el presente estudio.
- El nivel del agua a la entrada del conducto resultante de los cálculos, para cada obra de paso no rebasará el señalado en la Instrucción de Carreteras 5.2-IC
- Entrando en la mencionada figura obtenemos como resultado:
- $(L/J) / (L/J) \text{ límite} = 5,18 / 950 = 0,005$
- Se obtiene un valor de $HE/H = 0,3$, que es mucho mayor que el valor $HE/H = 0,6$.

Por lo tanto un paso con las dimensiones estudiadas será válido para desaguar las crecidas ocasionadas en el arroyo de los Carboneros.

5.4.4. Coeficiente de rugosidad de manning y coeficientes de contracción-expansión

El Arroyo Carboneros objeto del presente estudio se trata de un cauce permanente, en los que se observa tras la visita de campo que discurre agua la mayor parte del año. Los coeficientes de rugosidad de Manning adoptados han sido, para el lecho del canal de **0,085** y **0,035** para las riberas y márgenes.

Se ha considerado los siguientes valores de acuerdo con los manejados en el apartado 3.4.2 del presente documento:

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m$$

donde:

- $n_b = 0,017$ (arenas)
- $n_1 = 0,006$ (moderados)
- $n_2 = 0,001$ (alternancia ocasional)
- $n_3 = 0,04$ (despreciable)
- $n_4 = 0,010$ (medio)

Como factor de corrección "m", se ha considerado el correspondiente a "apreciable", con valor 1,150.

Por lo que los valores considerados serán:

$$n = 0,17 + 0,006 + 0,001 + 0,04 + 0,010 = 0,074 \times 1,15 = \mathbf{0,085}$$

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

5.4.5. Régimen de caudales modelizados en situación actual o preoperacional:

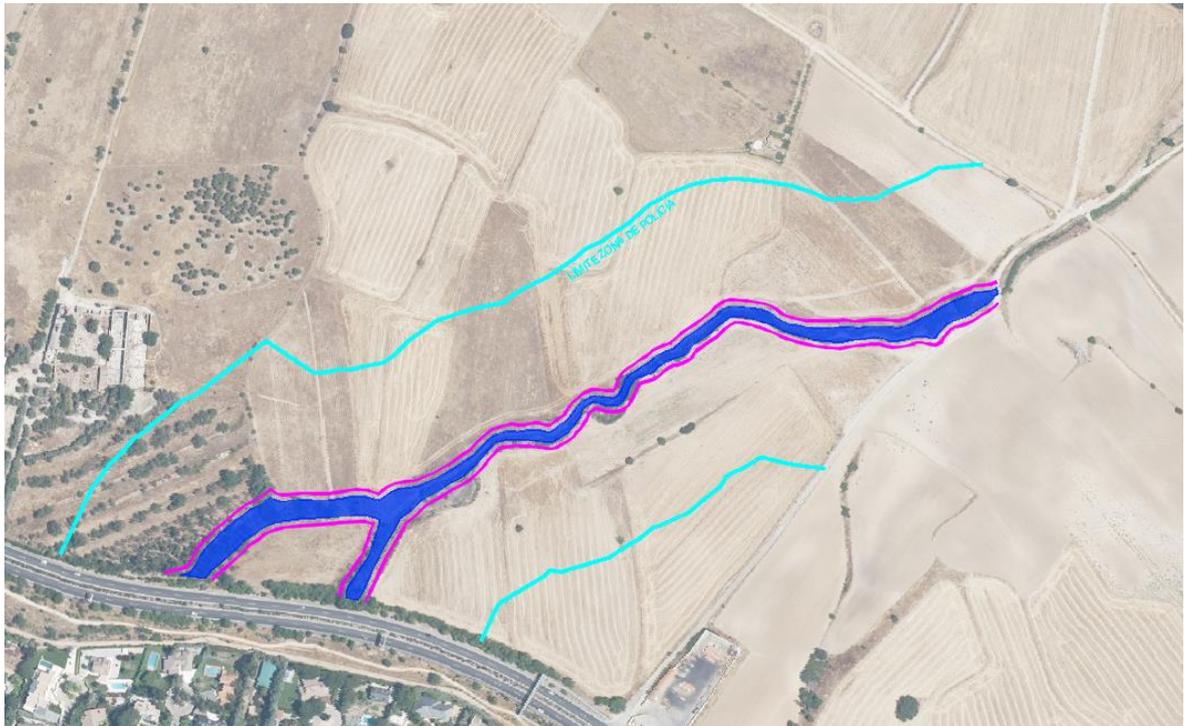
Los caudales empleados para la modelización serán los obtenidos para la subcuenca correspondiente en el punto 3.4.2 del presente estudio, y cuyos resultados se muestran en el siguiente cuadro.

	T [años]	Pd [mm]	l _v /l _d	I (T, t) [mm/h]	C	A [km ²]	K	Q [m ³ /s]
ARROYO DE CARBONEROS	5	46,094	10	15,087	0,183	1,738	3,600	1,439
	100	82,612	10	27,040	0,248	1,738	3,600	3,488
	500	105,83	10	34,640	0,274	1,738	3,600	4,954

Áreas inundables por la máxima crecida ordinaria.

Se considera el período de retorno **T=5 años** para la simulación de las zonas inundables por la máxima crecida ordinaria, correspondiente al cauce o dominio público hidráulico, queda representada en los gráficos (bloques tridimensionales, tablas, secciones transversales y planos) en el Anexo I.

El caudal utilizado para modelizar el tramo de estudio será de **1,439 m³/s** (T 5 años). A partir de esta zona se han delimitado las dos franjas correspondientes a la zona de servidumbre (5 m) y de policía (100 m), como se muestra en la siguiente imagen:



Límites de las zonas de servidumbre (color rojo), zona de policía (color azul) y Dominio Público Hidráulico (azul cian).

En paralelo con la simulación, se ha realizado, mediante estudio de levantamiento topográfico, una delimitación del Dominio Público Hidráulico. Se ha comprobado que la simulación para T=5 años se encuentra en todo momento incluido dentro de la delimitación de DPH.

Tal y como se observa en la imagen anterior, se ha incluido la delimitación de Dominio Público Hidráulico del cauce generado derivado del vertido de la Depuradora de Hoyarrasa, si bien el caudal en esta zona será 0 una vez que se desarrolle Escobares.

Áreas inundables por las avenidas extraordinarias

Se consideran los períodos de retorno **T=100 y T=500 años** para la simulación de las zonas inundables por las avenidas extraordinarias.

Las zonas inundables por la circulación del caudal correspondiente a las crecidas extraordinarias de períodos de retorno de **100 y 500 años**, para los arroyos estudiados, se muestran en los gráficos (mapas y bloques tridimensionales) de los **ANEXOS 2 y 3** y en los **planos 5 y 6**.

En la modelización de las avenidas extraordinarias no se incluyen las manchas de inundación del tributario proveniente de la depuradora, considerándose nulo el caudal que se genera en dicho tributario, puesto que la totalidad del caudal de la cuenca vendrá conducido por el Arroyo Carboneros.

5.4.6. Régimen de caudales modelizados en situación posoperacional:

Los caudales punta de crecida resultantes tras desarrollo urbanístico del S-2 “Escobares I”, conllevan una mínima variación respecto a los calculados en la situación preoperacional. La variación de los caudales entre la situación actual (preoperacional) y la futura (postoperacional) se ha producido por el cambio en los umbrales de escorrentía a consecuencia de la impermeabilización de los terrenos desarrollados dentro de las cuencas vertientes estudiadas.

Los caudales empleados para la modelización serán los obtenidos para las subcuencas correspondientes en el punto 4.4.2 del presente estudio, al que se han añadido los 143,87 l/s considerados en el punto de vertido propuesto para ir de la mano de la seguridad.

T [años]	Pd [mm]	Tc [h]	l _v /ld	I (T, t) [mm/h]	C	A [km ²]	K	Q [m ³ /s]
5	46,094	1,16	10	15,149	0,260	1,512	3,600	1,932
100	82,612	1,16	10	27,040	0,338	1,738	3,600	4,760
500	105,83	1,16	10	34,640	0,367	1,738	3,600	6,625

5.5. Representación de resultados del modelo

5.5.1. Situación actual

Los resultados que se muestran a continuación se corresponden a los períodos de retorno de 5 y 500 años, así como los correspondientes a la Máxima Crecida Ordinaria, que determina el Dominio Público Hidráulico y a la situación de avenidas más desfavorable.

No obstante, también se analizan los resultados para el período T=100 años en anexos y planos.

Mapas de inundación:



Mapa de inundación. Situación preoperacional para MCO (T 5 años). Fuente: elaboración propia



Mapa de inundación. Situación preoperacional para T 500 años. Fuente: elaboración propia.

En las figuras anteriores se observa la extensión de la inundación para un caudal asociado a 5 años de período de retorno, correspondiente a la máxima crecida ordinaria. En la misma, se observa cómo el flujo sigue el cauce de aguas bajas del arroyo sin llegar a desbordarse.

Como puede apreciarse, la crecida ocupa una pequeña franja de terreno dentro de los propios canales, a consecuencia de una geometría suficientemente marcada en relación al caudal punta que se genera en la cuenca. La lámina de agua en el Arroyo de los Carboneros durante la crecida ordinaria alcanza una altura entre 0,17 y 0,82 metros.

Se puede observar que el caudal asociado a los 500 años de período de retorno, incrementa las manchas de inundación con respecto a la correspondiente a la MCO de 5 años, debido a la topografía suave que existe en algunos tramos, donde hay considerables zonas de inundación.

La lámina de agua, durante la crecida extraordinaria, en la situación preoperacional alcanza una altura entre 0,35 y 1,17 metros en el arroyo de los Carboneros.



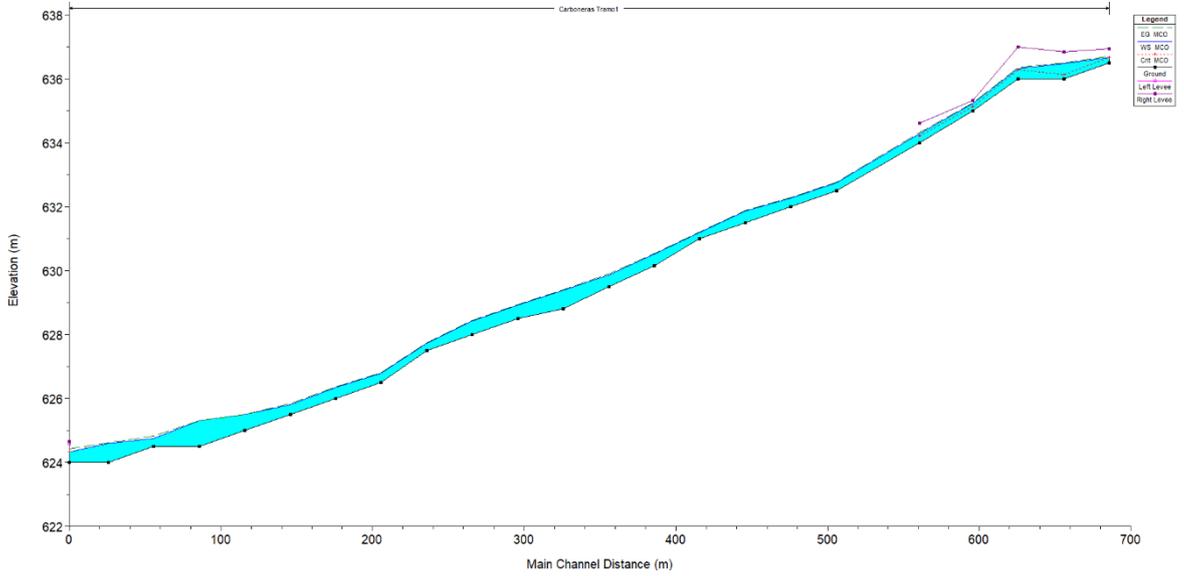
Comparación en detalle del calado en el tramo de arroyo de estudio para las manchas de inundación en MCO y T500. Situación preoperacional

En la figura anterior se puede observar que el caudal asociado a los 500 años de período de retorno incrementa muy ligeramente las manchas de inundación con respecto a lo correspondiente a la MCO de 5 años.

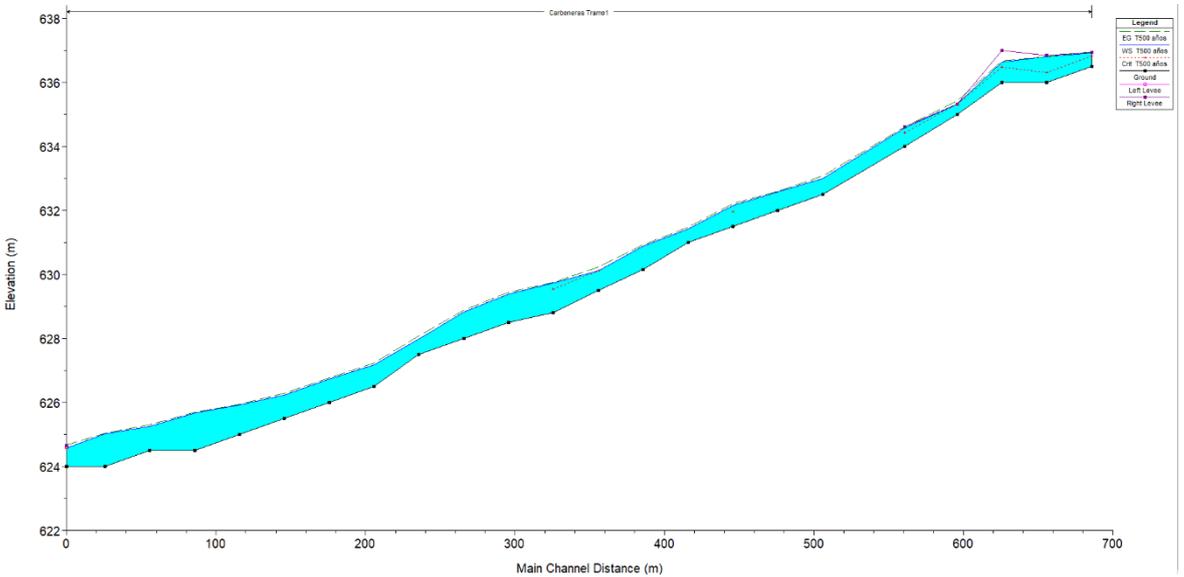
Aunque existen algunas zonas donde las avenidas extraordinarias ocupan una mayor franja de terreno, cabe señalar que el cauce natural del arroyo soporta perfectamente el caudal circulante debido a la marcada topografía de la vaguada en la que se encuentra encauzado el arroyo de Los Carboneros.

En paralelo con la simulación, se ha realizado, mediante estudio de levantamiento topográfico, una delimitación del Dominio Público Hidráulico. Se ha comprobado que la simulación para T=5 años se encuentra en todo momento incluido dentro de la delimitación de DPH.

Perfil longitudinal:

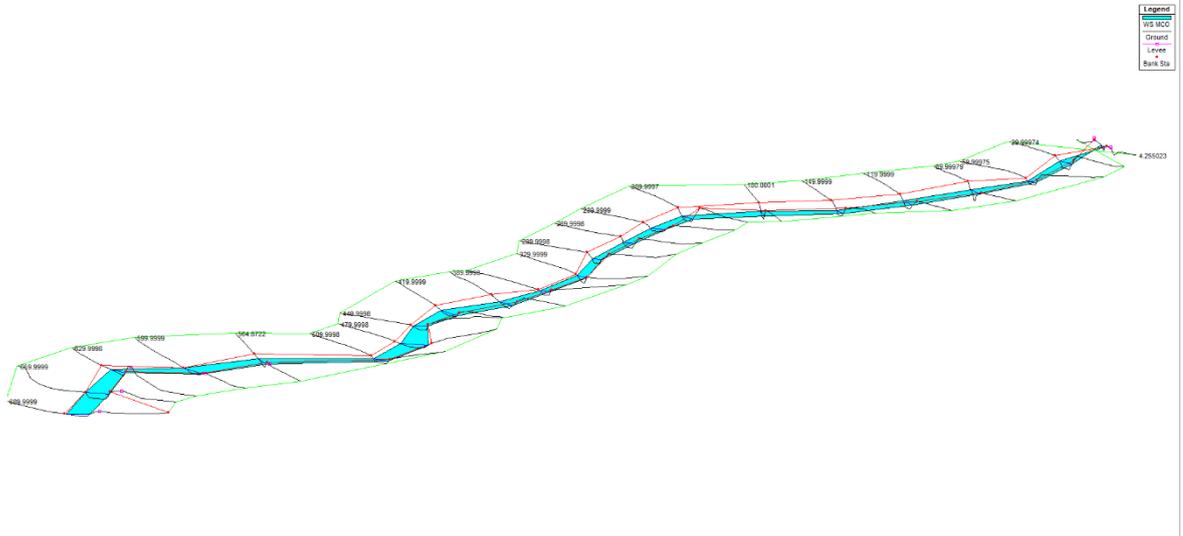


Resultados de nivel en longitudinal para la crecida ordinaria DPH (T 5 años) según modelo HecRas. Preoperacional

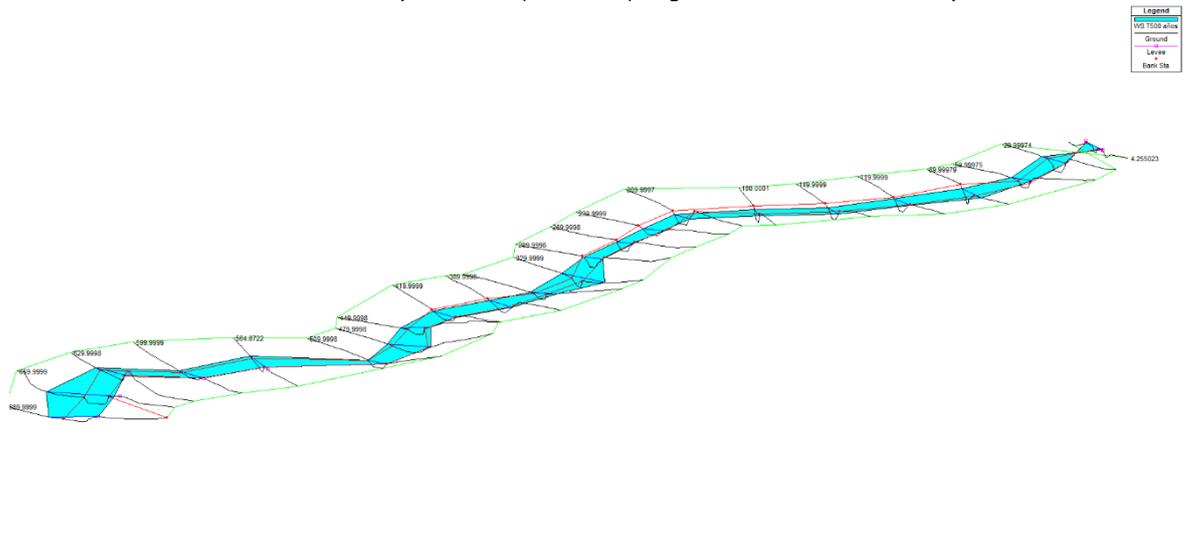


Resultados de nivel en longitudinal en la máxima crecida extraordinaria (T500 años) según modelo HecRas. Preoperacional

Vista oblicua del modelo:



Vista oblicua del modelo para MCO (T=5 años) según modelo HecRas. Preoperacional



Vista oblicua del modelo para período de retorno T=500 años según modelo HecRas. Preoperacional

5.5.2. Situación futura

Los resultados que se muestran a continuación se corresponden a los períodos de retorno de 5 y 500 años, así como los correspondientes a la Máxima Crecida Ordinaria, que determina el Dominio Público Hidráulico y a la situación de avenidas más desfavorable.

No obstante, también se analizan los resultados para el período T=100 años en anexos y planos.

Mapas de inundación:



Mapa de inundación. Situación posoperacional para MCO (T 5 años). Fuente: elaboración propia



Mapa de inundación. Situación posoperacional para T 500 años. Fuente: elaboración propia

En las figuras anteriores se observa la extensión de la inundación para un caudal asociado a 5 años de período de retorno, correspondiente a la máxima crecida ordinaria. En la misma, se observa cómo el flujo sigue el cauce de aguas bajas del arroyo sin llegar a desbordarse.

Como puede apreciarse, la crecida ocupa una pequeña franja de terreno dentro de los propios canales, a consecuencia de una geometría suficientemente marcada en relación con el caudal punta que se genera en la cuenca. La lámina de agua en el Arroyo de los Carboneros durante la crecida ordinaria alcanza una altura entre 0,19 y 0,86 metros.

Se puede observar que el caudal asociado a los 500 años de período de retorno incrementa las manchas de inundación con respecto a la correspondiente a la MCO de 5 años, debido a la topografía suave que existe en algunos tramos, donde hay considerables zonas de inundación.

La lámina de agua, durante la crecida extraordinaria, en la situación posoperacional alcanza una altura entre 0,36 y 1,24 metros en el arroyo de los Carboneros.

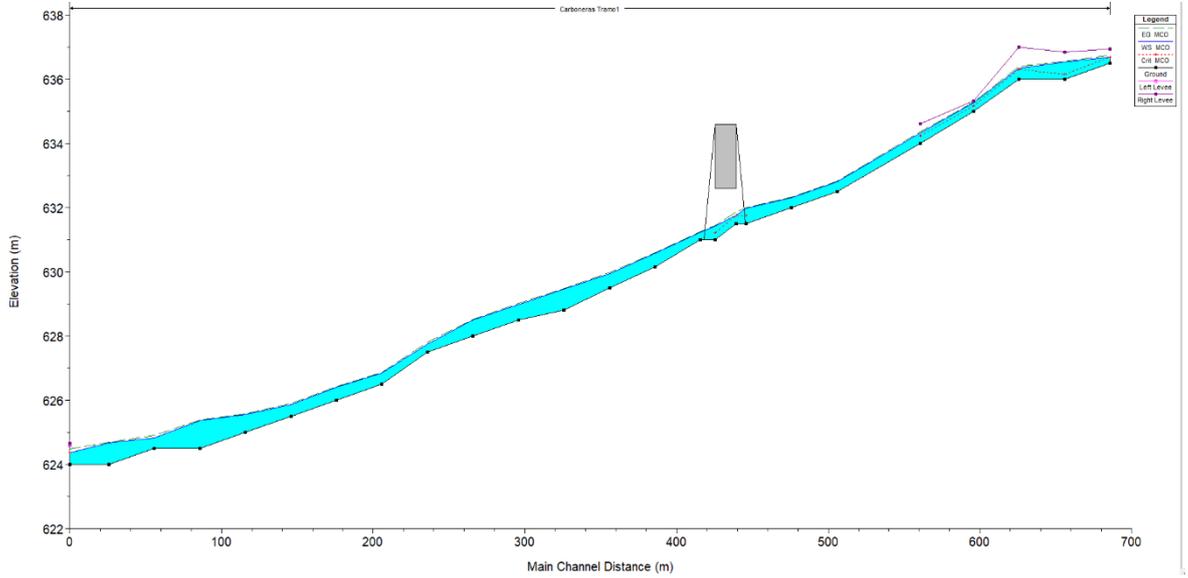


Comparación en detalle del calado en el tramo de arroyo de estudio para las manchas de inundación en MCO y T500. Situación posoperacional

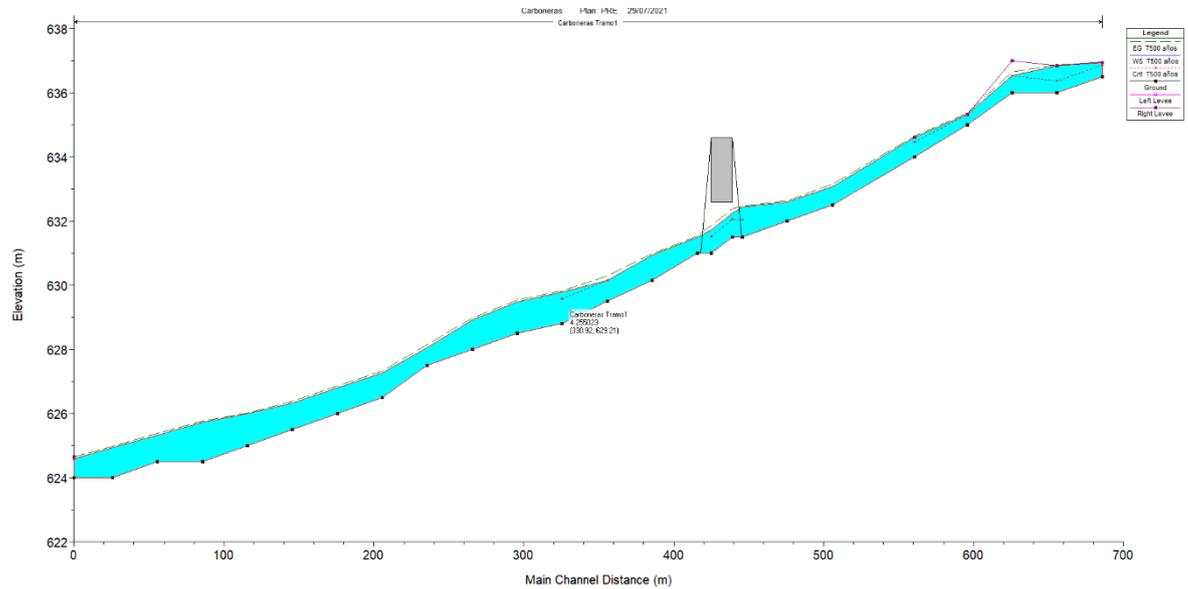
En la figura anterior se puede observar que el caudal asociado a los 500 años de período de retorno incrementa muy ligeramente las manchas de inundación con respecto a lo correspondiente a la MCO de 5 años.

Aunque existen algunas zonas donde las avenidas extraordinarias ocupan una mayor franja de terreno, cabe señalar que el cauce natural del arroyo soporta perfectamente el caudal circulante debido a la marcada topografía de la vaguada en la que se encuentra encauzado el arroyo de Los Carboneros.

Perfil longitudinal:

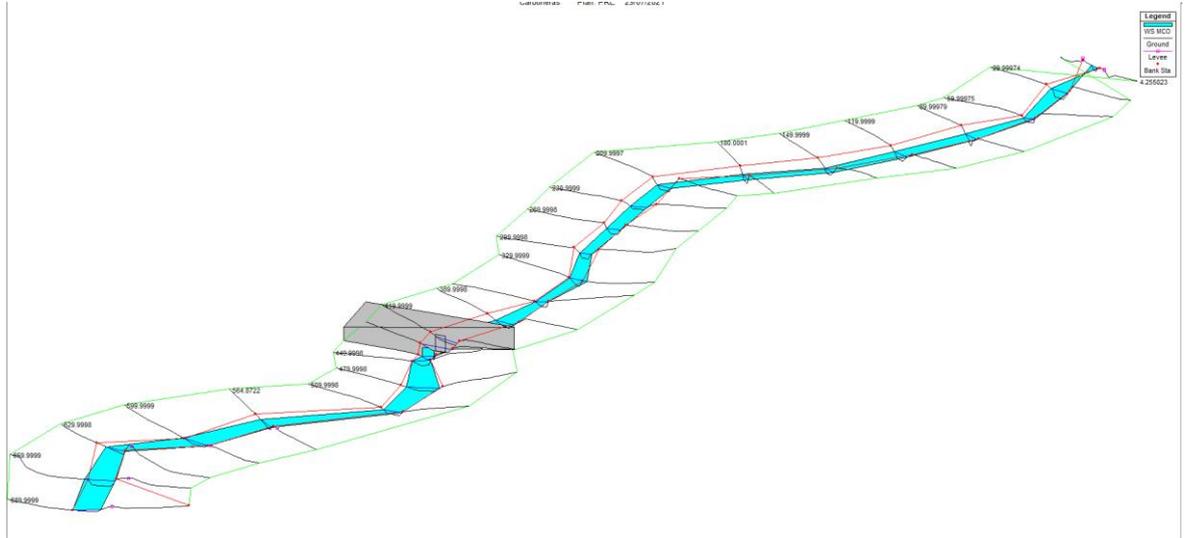


Resultados de nivel en longitudinal para la crecida ordinaria DPH (T 5 años) según modelo HecRas. Posoperacional



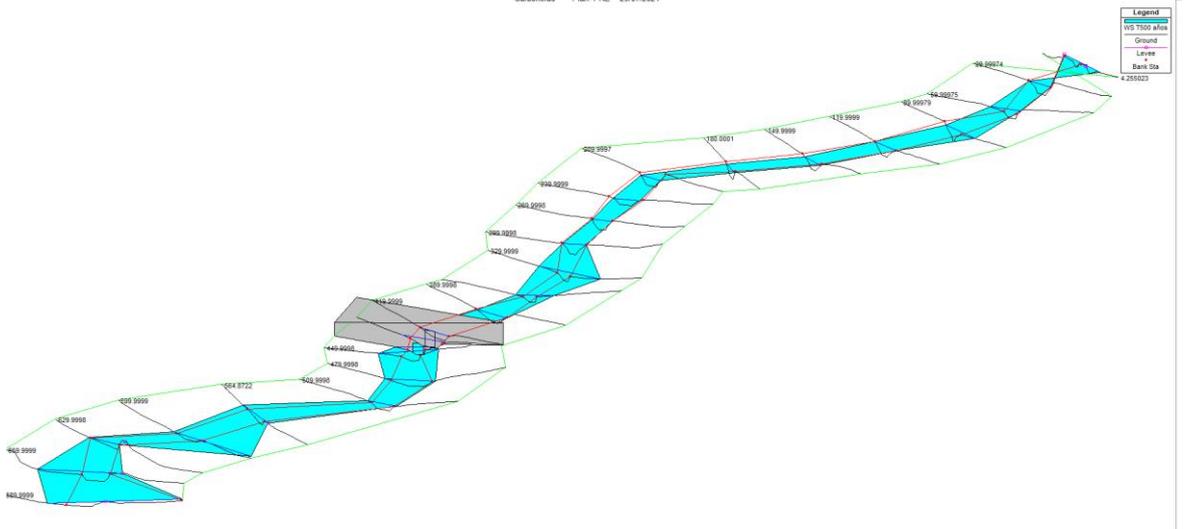
Resultados de nivel en longitudinal en la máxima crecida extraordinaria (T 500 años) según modelo HecRas. Posoperacional

Vista oblicua del modelo:



Vista oblicua del modelo para MCO (T=5 años) según modelo HecRas. Posoperacional

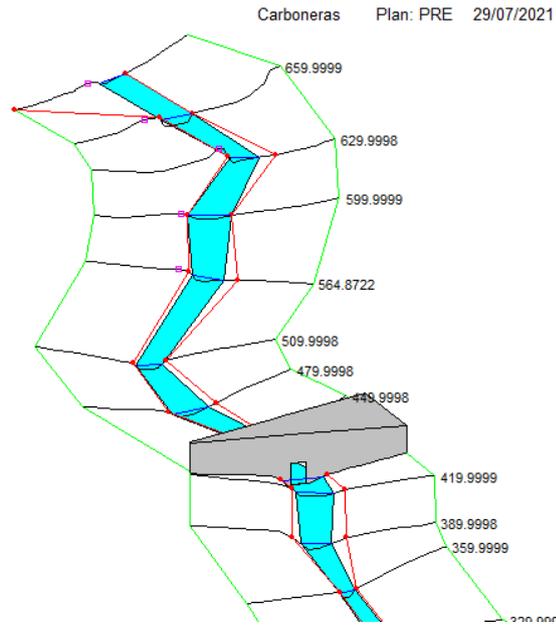
Carboneras Plan: PRE 29/07/2021



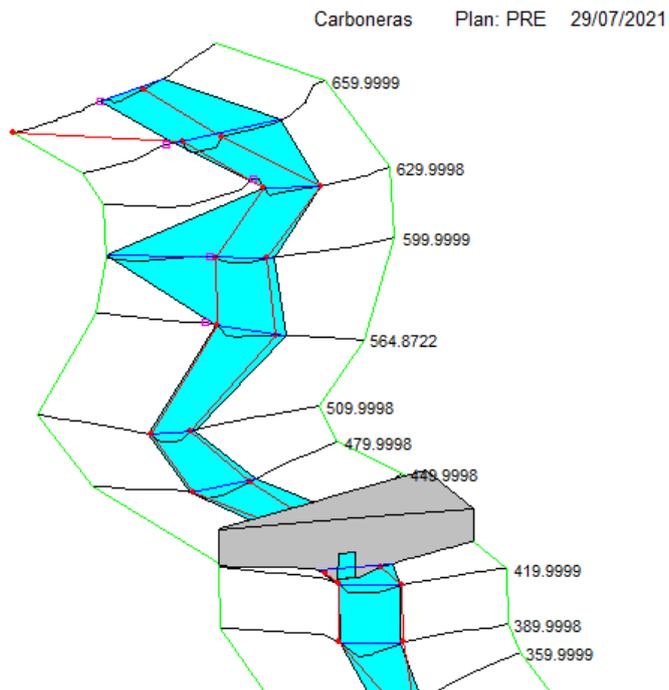
Vista oblicua del modelo para período de retorno T=500 años según modelo HecRas. Posoperacional

Obra de paso proyectada:

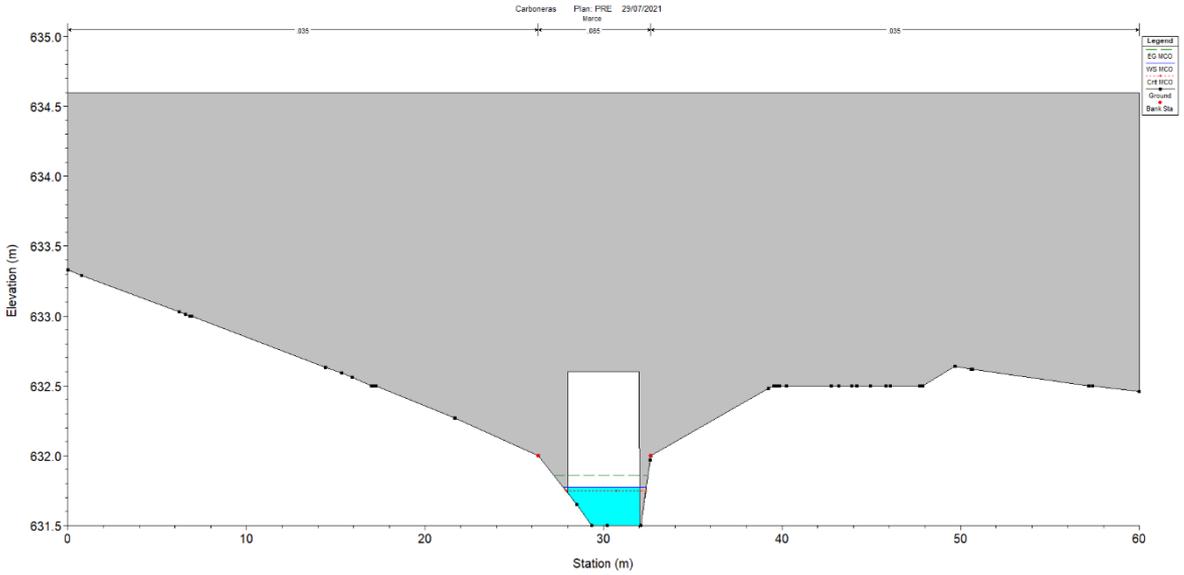
A continuación, se muestra cómo la obra de paso proyectada soporta sin problemas, tanto el caudal correspondiente a la Máxima Crecida Ordinaria, como en situaciones de máximas avenidas.



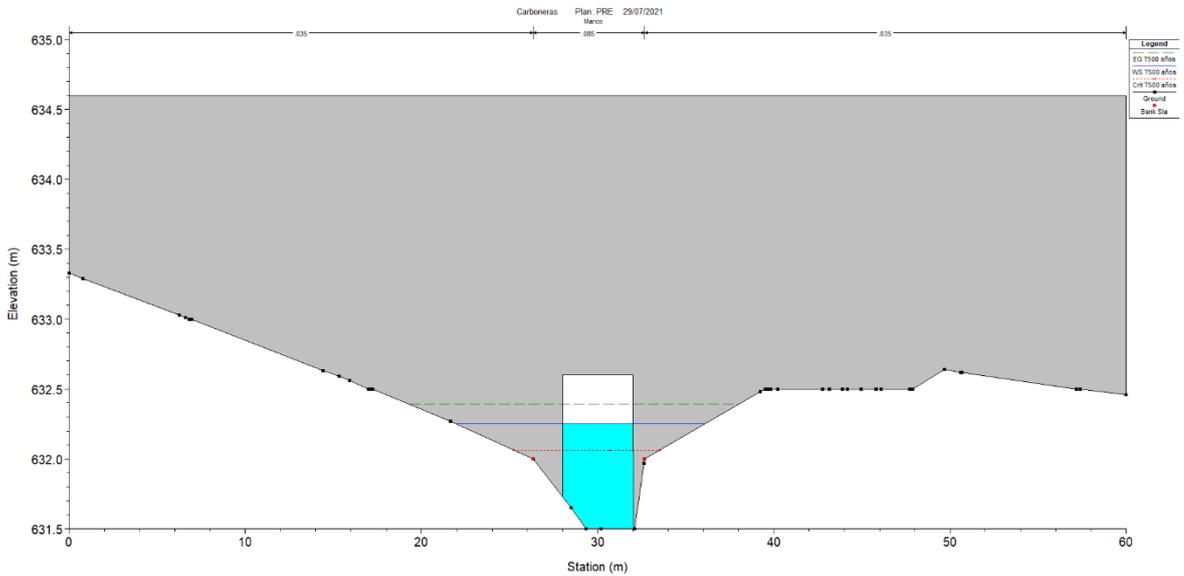
Detalle vista oblicua. Obra de paso 1 según modelo HecRas para MCO (T=5 años). Posoperacional



Detalle vista oblicua. Obra de paso 1 según modelo HecRas para T=500 años. Posoperacional



Detalle corte transversal. Obra de paso 1 según modelo HecRas para MCO (T=5 años). Posoperacional



Detalle corte transversal. Obra de paso 1 según modelo HecRas para T=500 años. Posoperacional

Análisis de la situación actual

El “Arroyo de Los Carboneros” a lo largo del T.M. de Alcobendas, en situaciones normales no sufre desbordamientos de forma frecuente.

Sin embargo, para el caudal asociado a los 100 y 500 años de período de retorno, éste sufre un mínimo desbordamiento por ambos márgenes. Este tipo de desbordamientos se producen de forma natural en todos los ríos y se debe a un evento extraordinario de lluvias.

Desde el punto de vista morfodinámico, los ríos están formados por lo que conocemos comúnmente como cauce, que representa desde el punto de vista de la ingeniería fluvial, el cauce de aguas bajas y es por donde el río fluye en condiciones normales. Sin embargo, en ocasiones de lluvia intensa, este cauce no tiene capacidad suficiente para todo el caudal y se desborda, pasando el agua a fluir por la llanura de inundación, también conocido como “cauce de aguas altas”. Este cauce es el encargado de contener el río en épocas de lluvias extraordinarias y caudales anormales, y generalmente está asociado a las llanuras fértiles aledañas de los ríos.

Es por ello que se encuentra dentro del comportamiento natural de un río sufrir desbordamientos más o menos periódicos, y sus cauces están preparados para ello. Sin embargo, en ocasiones, la acción antrópica del ser humano puede producir efectos no deseados sobre este comportamiento natural del río, agravando los desbordamientos, redirigiendo los mismos u ocasionando efectos indeseados aguas abajo.

En el caso del “Arroyo de los Carboneros”, en el tramo objeto del presente estudio, el río sufre desbordamientos naturales, pero controlados por las propias llanuras de inundación que se encuentran encajadas en la propia morfodinámica del río.

5.5.3. De la morfología del arroyo de los Carboneros

Como se describía en apartados anteriores, el arroyo de los Carboneros se comporta como un arroyo permanente que se encuentra con agua la mayor parte del año, aunque sin peligro de inundabilidad para los períodos tormentosos correspondientes a las máximas avenidas.

Se encuentra bastante encauzado, con unas pendientes moderadas aguas arriba del tramo, disminuyendo progresivamente hasta alcanzar una inclinación suave.

Cabe destacar como se ha mencionado anteriormente que sobre el Arroyo se proyecta una obra de drenaje transversal. En los resultados se aprecia cómo la obra de paso soporta sin problemas las avenidas extraordinarias sin problemas.

5.5.4. Del estudio de la situación futura. Conclusiones

De los resultados obtenidos observa la extensión de la inundación para un caudal asociado a los períodos de retorno de 5 y 500 años. Se observa cómo el flujo sigue el cauce de aguas bajas del arroyo sin llegar a producir grandes desbordamientos.

En las imágenes incluidas como ejemplo puede observarse cómo la obra de paso diseñada soporta sin problemas la situación de crecidas más desfavorable en la situación postoperacional, es decir, la correspondiente al período de retorno de 500 años. No obstante, los resultados se muestran detallados en el anexo 3.

El caudal asociado a los 500 años de período de retorno no incrementa significativamente las manchas de inundación correspondientes a la situación preoperacional, debido a la marcada topografía de la vaguada en la que se encuentra encauzado el arroyo.

Por lo tanto, del estudio de la situación realizado pueden obtenerse las siguientes conclusiones:

- La delimitación de las zonas inundables en las márgenes del Arroyo de los Carboneros en el tramo más cercano al Sector S-2 "Escobares I" en el municipio de Alcobendas (Madrid), pone de manifiesto que **no se produce ninguna afección relevante en la misma al Dominio Público Hidráulico y la Zona de servidumbre**. El ámbito se encuentra parcialmente incluido dentro de la Zona de Policía de ambos arroyos por lo que se tendrá en cuenta en para el cumplimiento de los criterios establecidos en la vigente Ley de Aguas.
- El desarrollo urbanístico del actual proyecto de urbanización, previsto en el Plan Parcial del Sector S-2 "Escobares I", aun suponiendo un ligero aumento de los caudales punta por la variación del umbral de escorrentía, **no supondrá un aumento significativo de la extensión de las zonas inundables** del arroyo de los Carboneros.

6. Referencias

Chow, V.T.; Maidment, D.R. y Mays, L.W. (1994): *Hidrología aplicada*. McGraw Hill, Colombia, 584 págs.

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.

DGC (1999). *Máximas lluvias diarias en la España peninsular*. Serie monografías. Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento, Madrid, 28 págs. + 25 mapas + CD-ROM.

MMA (2001). Real Decreto 1/2001, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. B.O.E., 176 (24 de julio).

MOPU (1986). Real Decreto 849/1986, de 11 de abril del Reglamento del Dominio Público Hidráulico. B.O.E., 103 (30 de abril).

MMA (2003). Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1996, de 11 de abril. B.O.E., 135 (6 de junio).

MMA (2008). Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 849/1996, de 11 de abril. B.O.E., 135 (16 de enero).

MOPU (2016). *Instrucción 5.2-I.C., Drenaje superficial*. Dirección General de Carreteras. Colección Textos de la DGC, 37, 84 págs, Madrid.

Real Decreto 1664/1998, de 24 de Julio, sobre Plan Hidrológico del Tajo.

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.

En Alcobendas, junio de 2024.

ARNAIZ Arquitectos, S.L.P.

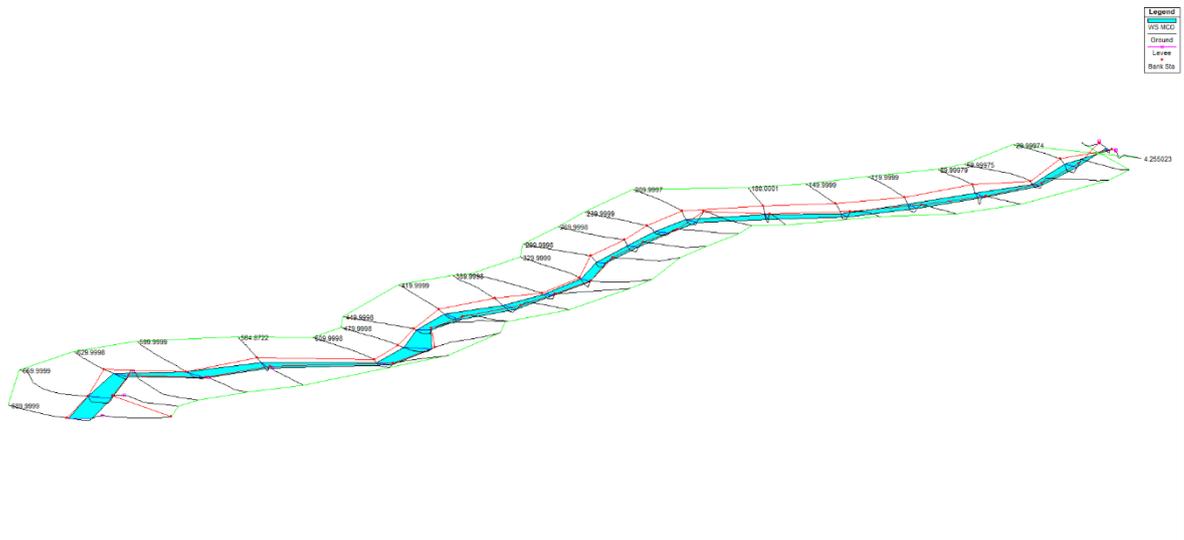


Arnaiz Arquitectos S.L.P.
I.C.C.P. colegiado nº 19.927

ANEXOS A LA MEMORIA

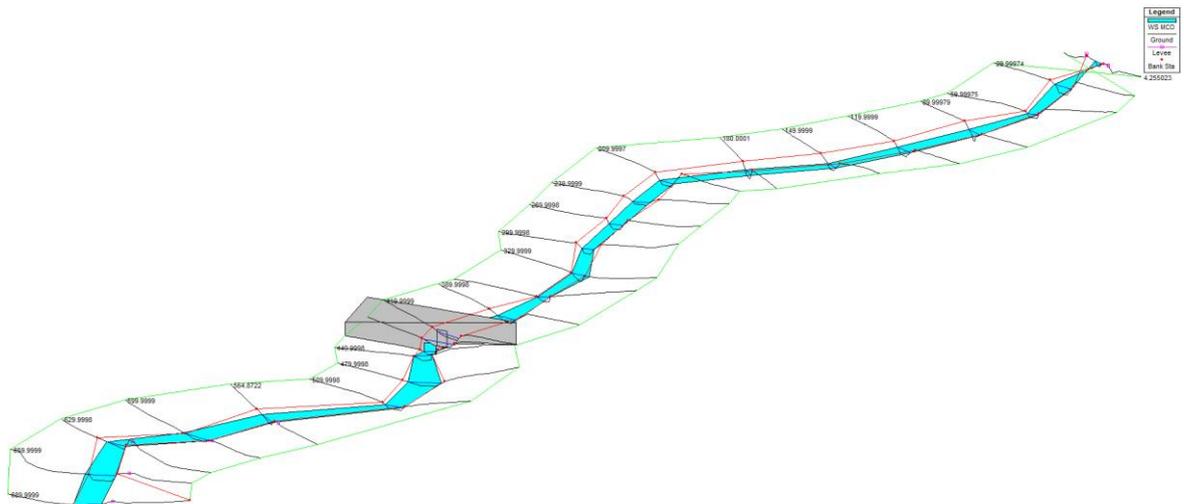
Anexo nº 1.- Imágenes, gráficos y tablas de la modelación hidráulica para la Máxima Crecida Ordinaria (T=5años)

Máxima Crecida Ordinaria - Situación Actual:



Vista oblicua del modelo para período de retorno T=5 años según modelo HecRas. Preoperacional

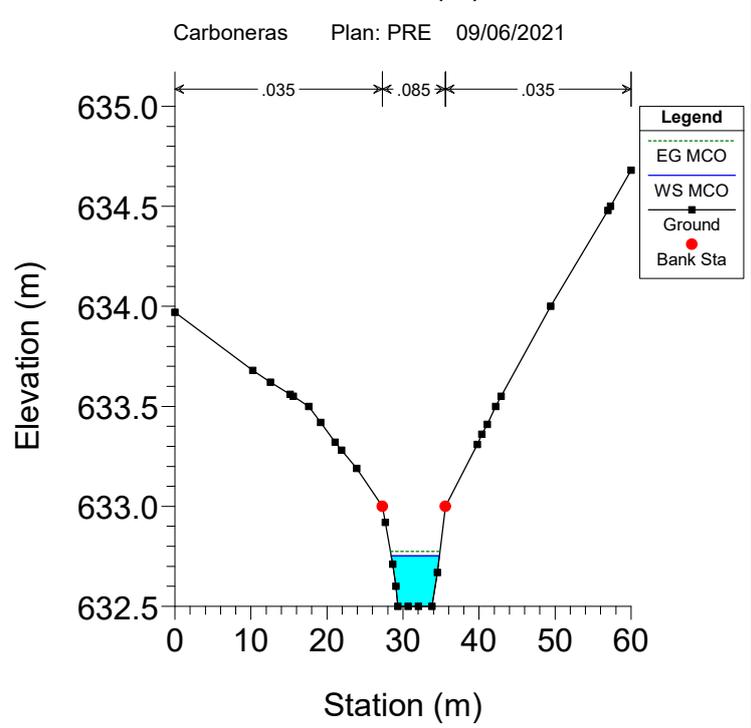
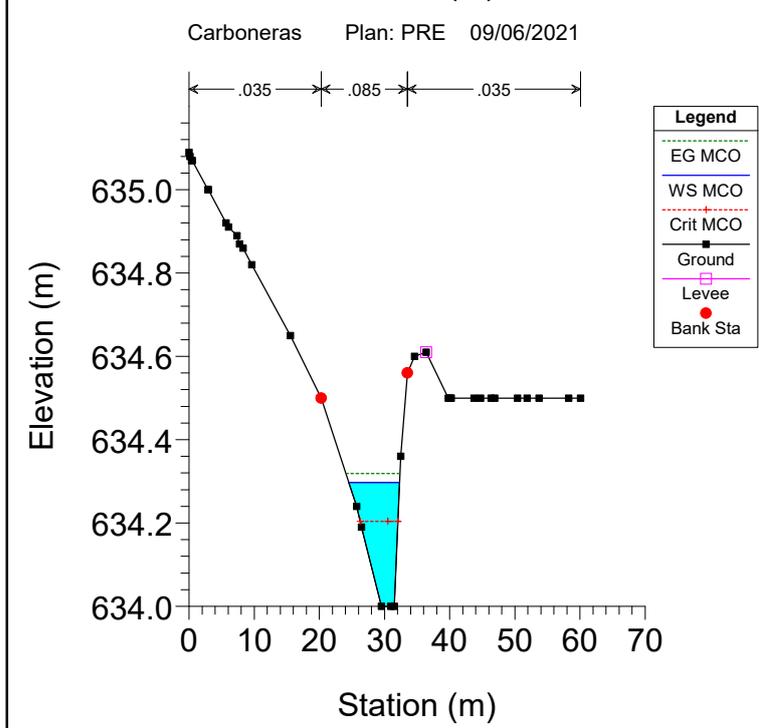
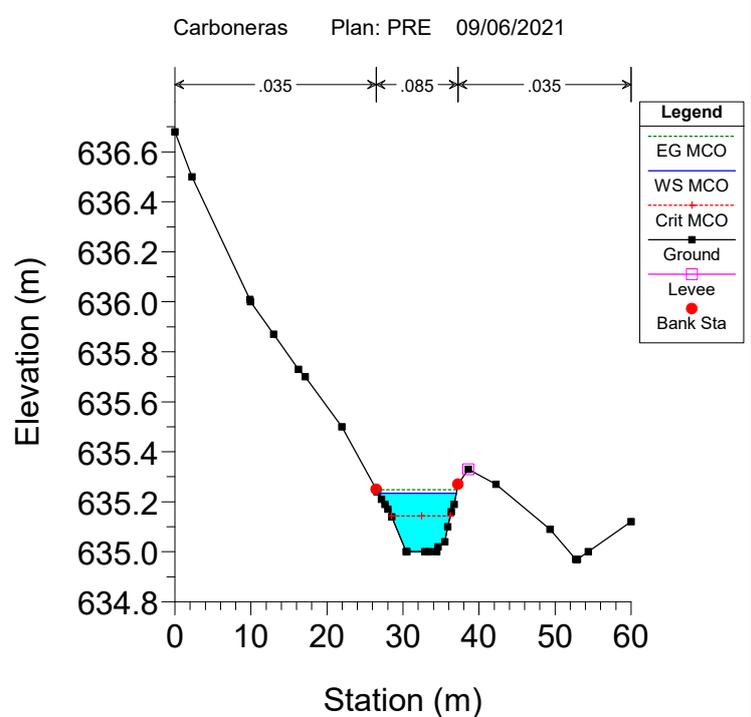
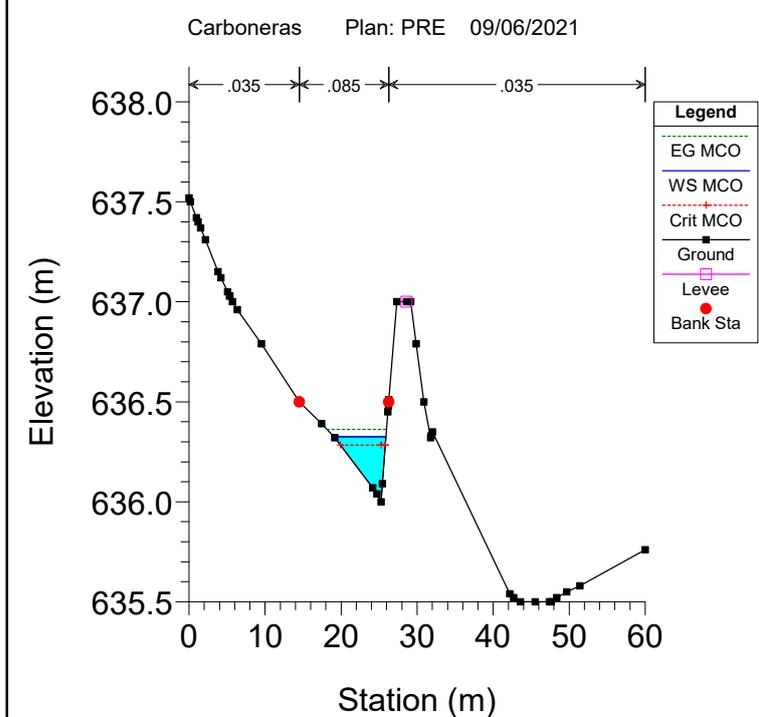
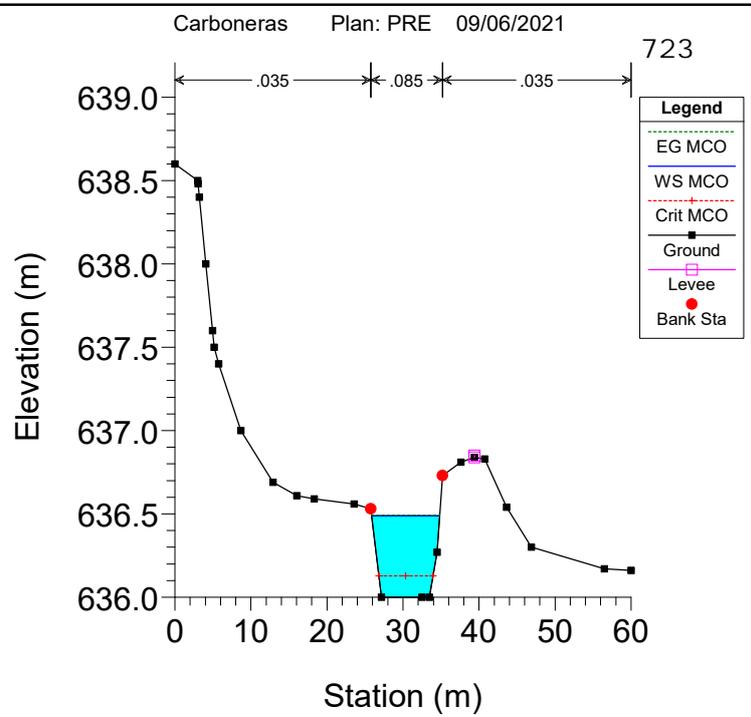
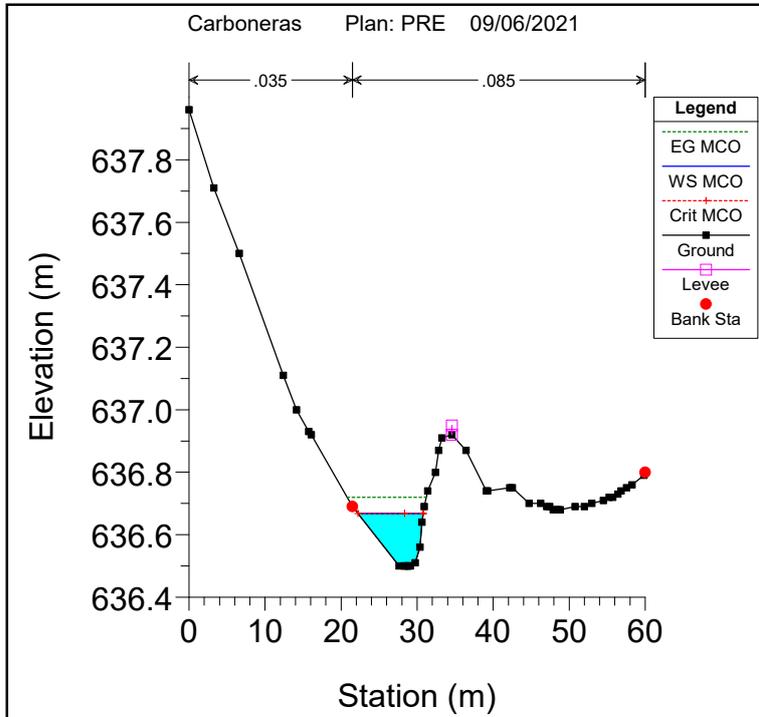
Máxima Crecida Ordinaria - Situación Futura:

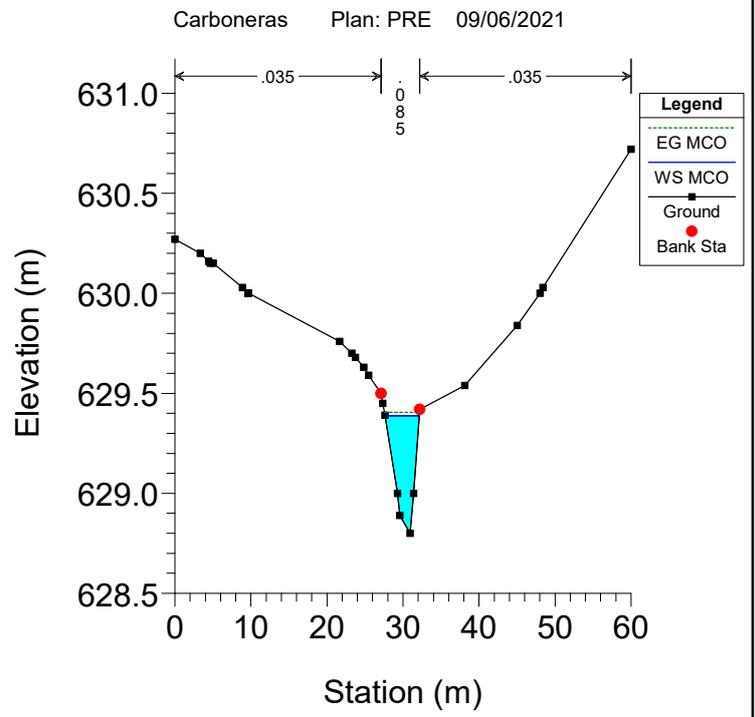
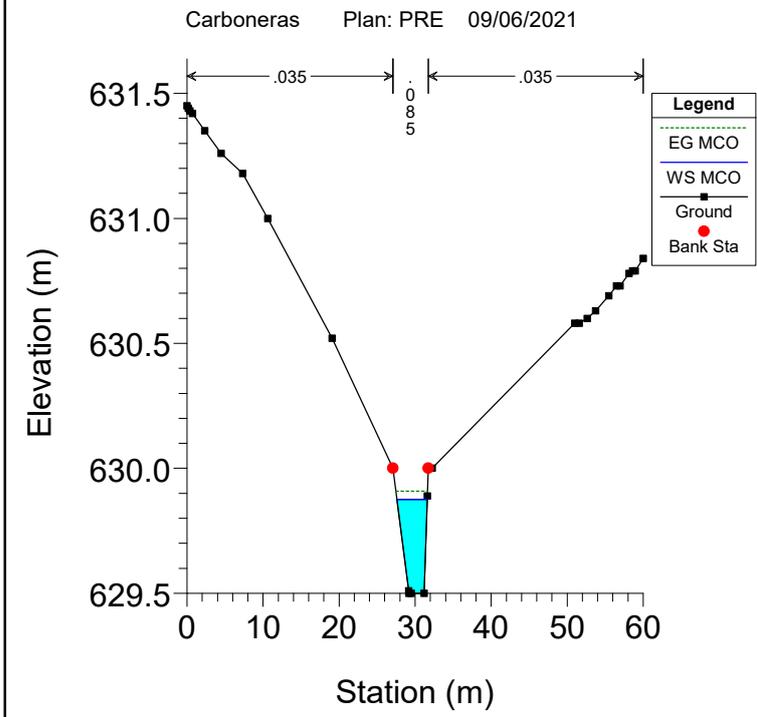
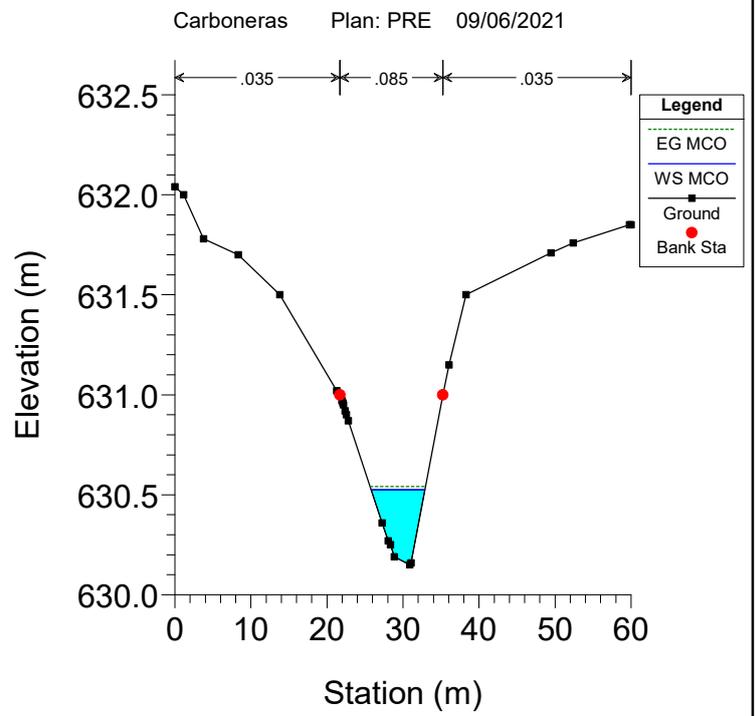
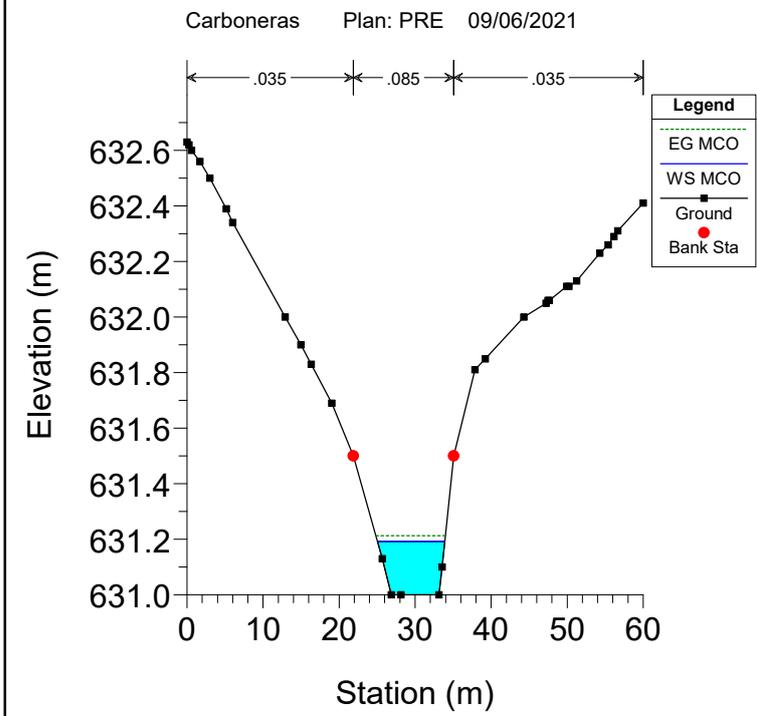
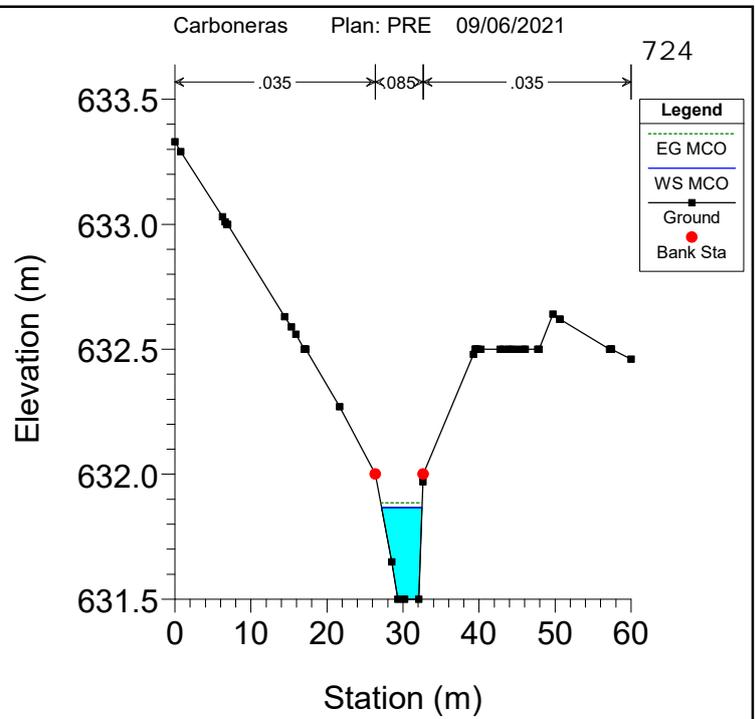
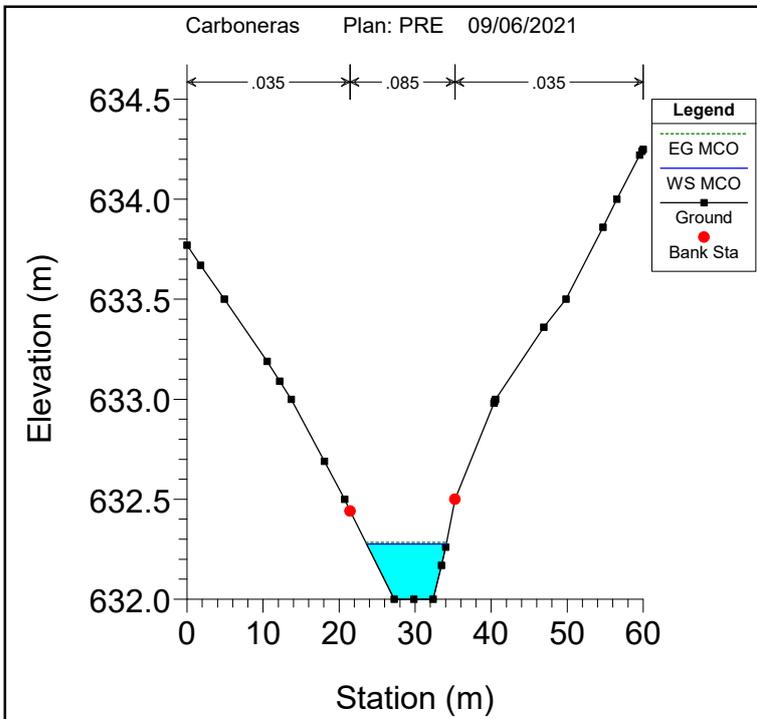


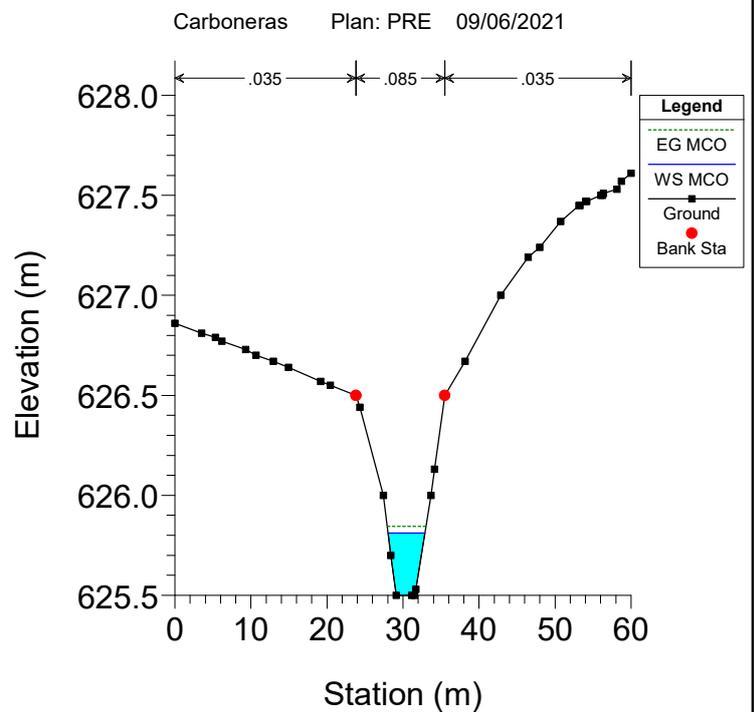
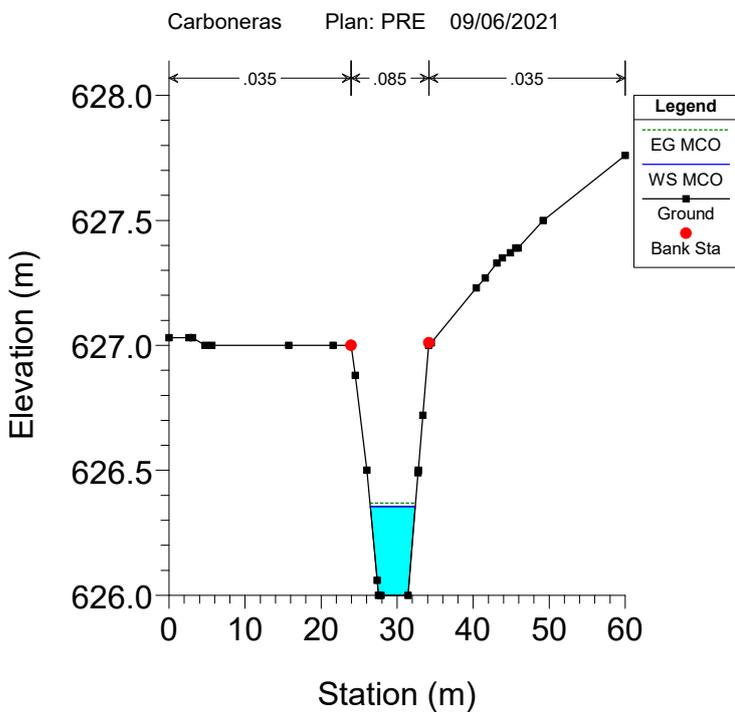
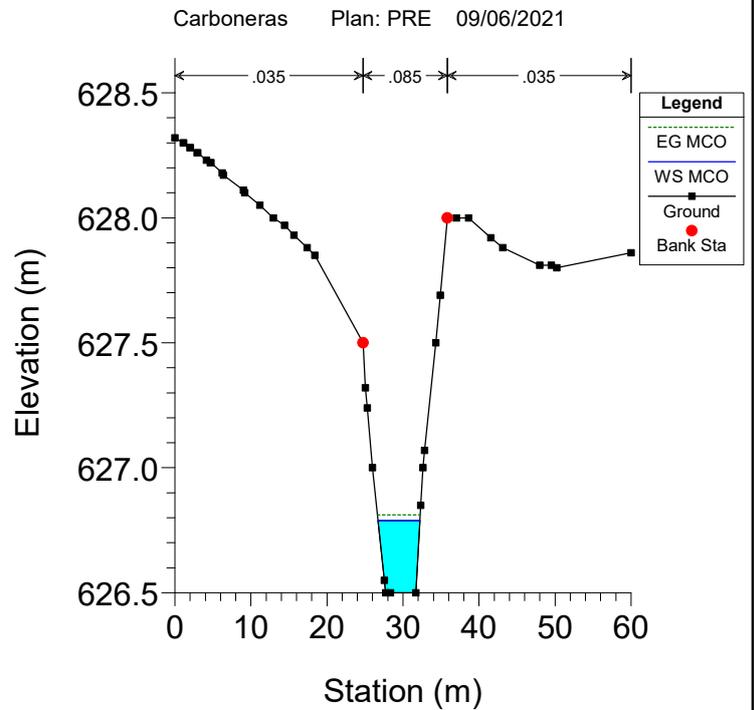
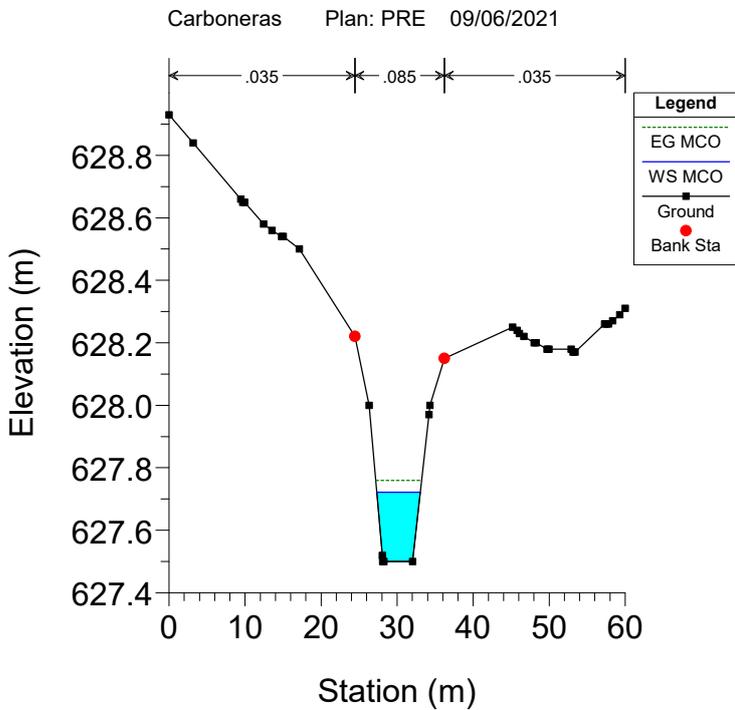
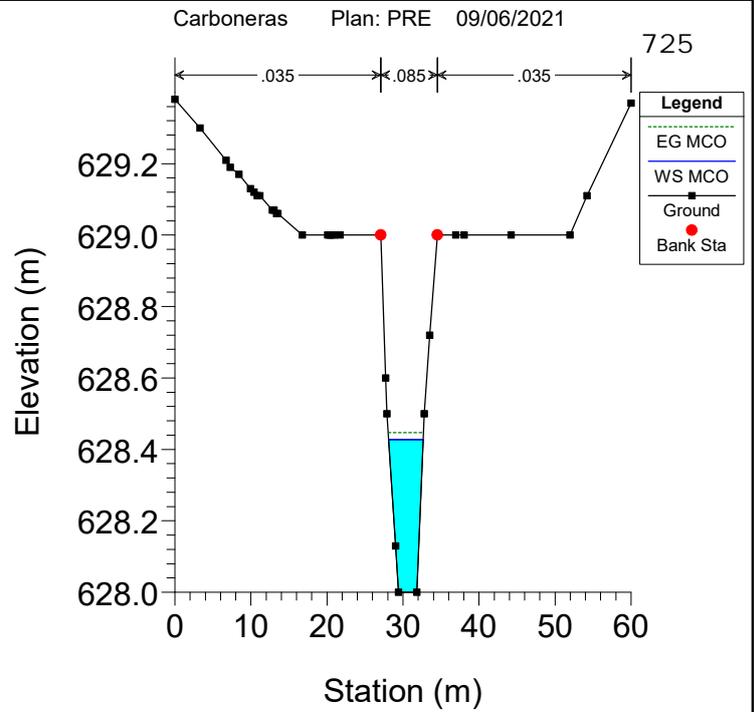
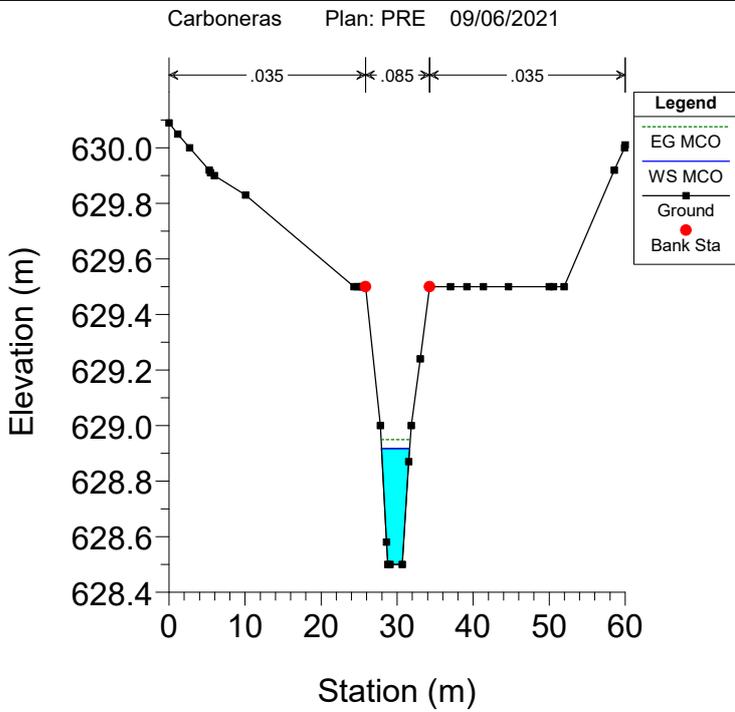
Vista oblicua del modelo para período de retorno T=500 años según modelo HecRas. Posoperacional

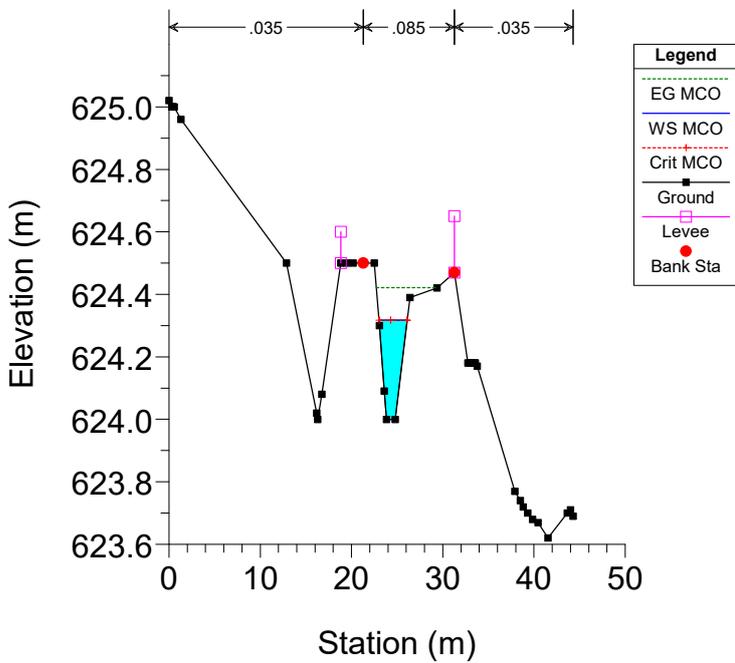
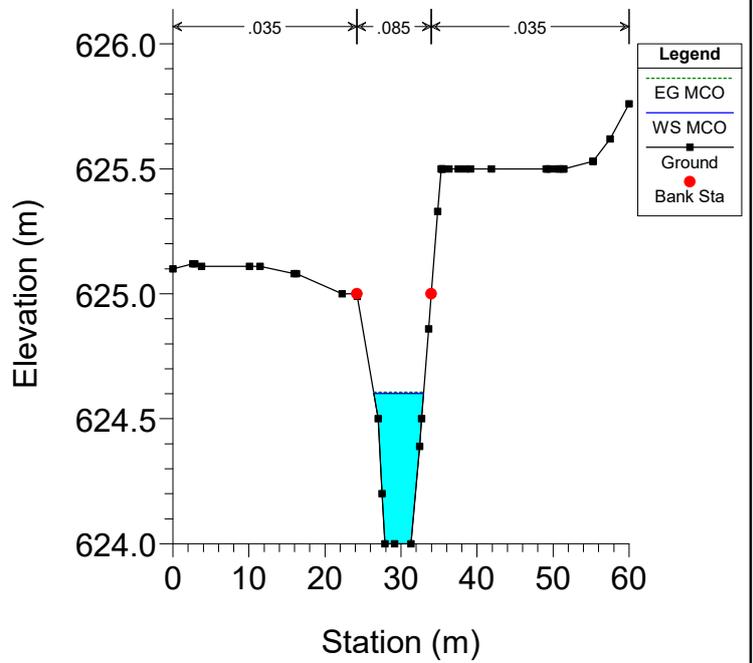
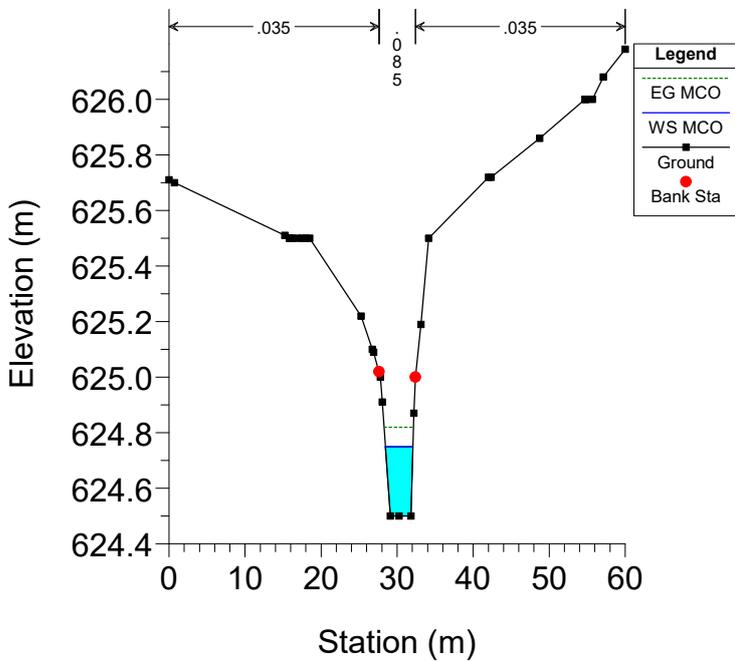
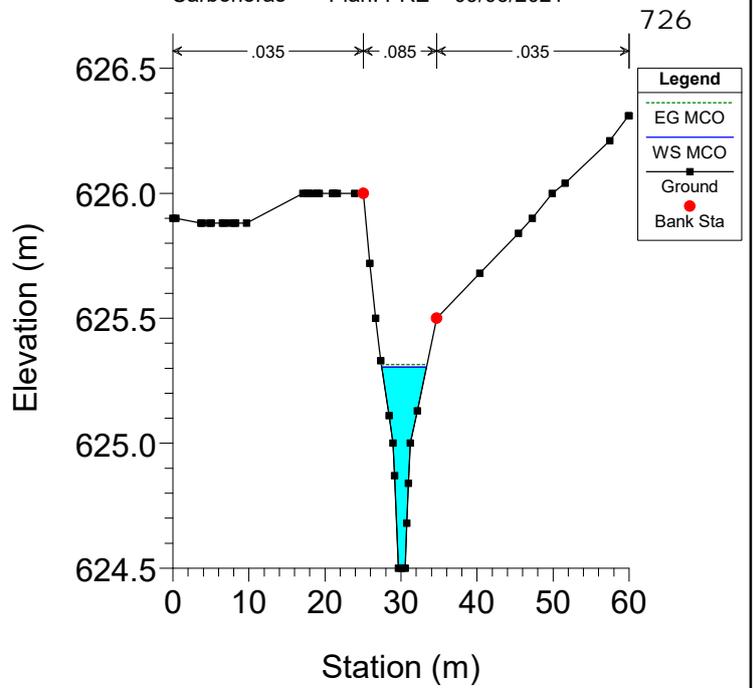
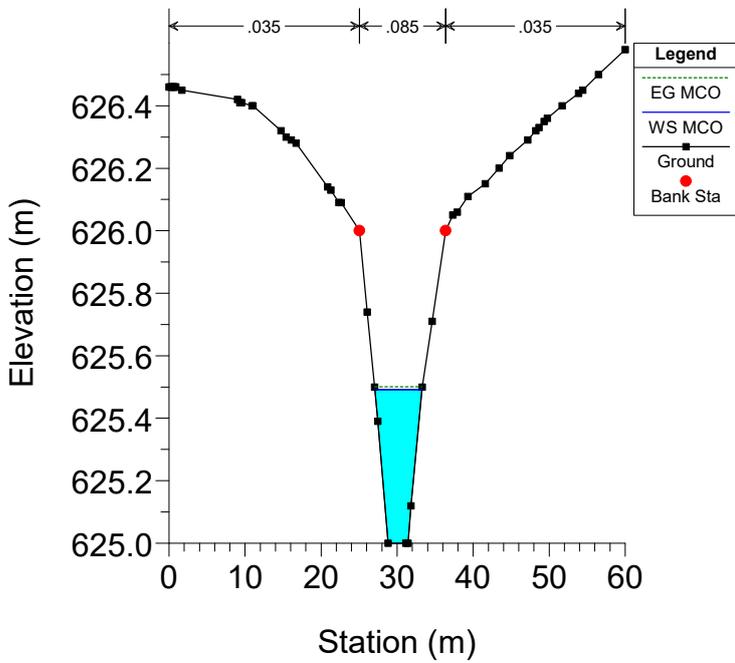
Tablas y gráficos de las secciones de diseño. Situación actual

Reach	River Sta	Profile	Max Chl Dpth (m)	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)	Fr # Chl
Tramo1	689.9999	MCO	0.17	1.44	636.50	636.67	636.67	636.72	0.149600	1.02	0.91	8.59	1.00
Tramo1	659.9999	MCO	0.49	1.44	636.00	636.49	636.13	636.49	0.001382	0.24	3.79	8.96	0.12
Tramo1	629.9998	MCO	0.82	1.44	636.00	636.33	636.28	636.36	0.064713	0.86	1.07	6.87	0.70
Tramo1	599.9999	MCO	0.26	1.44	635.00	635.23	635.14	635.25	0.023905	0.55	1.69	10.24	0.43
Tramo1	564.8722	MCO	0.30	1.44	634.00	634.30	634.20	634.32	0.029602	0.65	1.42	7.78	0.48
Tramo1	509.9998	MCO	0.25	1.44	632.50	632.75		632.78	0.026783	0.68	1.35	6.33	0.47
Tramo1	479.9998	MCO	0.28	1.44	632.00	632.28		632.28	0.010899	0.43	2.16	10.48	0.30
Tramo1	449.9998	MCO	0.37	1.44	631.50	631.87		631.89	0.016447	0.63	1.47	5.34	0.38
Tramo1	419.9999	MCO	0.19	1.44	631.00	631.19		631.21	0.032588	0.63	1.45	8.87	0.50
Tramo1	389.9998	MCO	0.38	1.44	630.15	630.53		630.54	0.016188	0.56	1.64	7.06	0.37
Tramo1	359.9999	MCO	0.37	1.44	629.50	629.87		629.91	0.028115	0.82	1.12	4.00	0.49
Tramo1	329.9999	MCO	0.59	1.44	628.80	629.39		629.40	0.011011	0.59	1.56	4.52	0.32
Tramo1	299.9998	MCO	0.42	1.44	628.50	628.92		628.95	0.022134	0.79	1.17	3.71	0.45
Tramo1	269.9998	MCO	0.43	1.44	628.00	628.43		628.45	0.012987	0.62	1.49	4.55	0.35
Tramo1	239.9999	MCO	0.22	1.44	627.50	627.72		627.76	0.050922	0.86	1.07	5.74	0.64
Tramo1	209.9997	MCO	0.29	1.44	626.50	626.79		626.81	0.021360	0.67	1.37	5.52	0.43
Tramo1	180.0001	MCO	0.35	1.44	626.00	626.35		626.37	0.010791	0.53	1.73	5.90	0.31
Tramo1	149.9999	MCO	0.31	1.44	625.50	625.81		625.85	0.032889	0.81	1.15	4.86	0.53
Tramo1	119.9999	MCO	0.49	1.44	625.00	625.49		625.50	0.005629	0.43	2.15	6.19	0.23
Tramo1	89.99979	MCO	0.80	1.44	624.50	625.30		625.32	0.006842	0.46	2.02	5.90	0.25
Tramo1	59.99975	MCO	0.25	1.44	624.50	624.75		624.82	0.078755	1.17	0.79	3.63	0.80
Tramo1	29.99974	MCO	0.60	1.44	624.00	624.60		624.61	0.002190	0.31	2.93	6.55	0.15
Tramo1	4.255023	MCO	0.70	1.44	624.00	624.32	624.32	624.42	0.124407	1.43	0.64	3.09	1.00





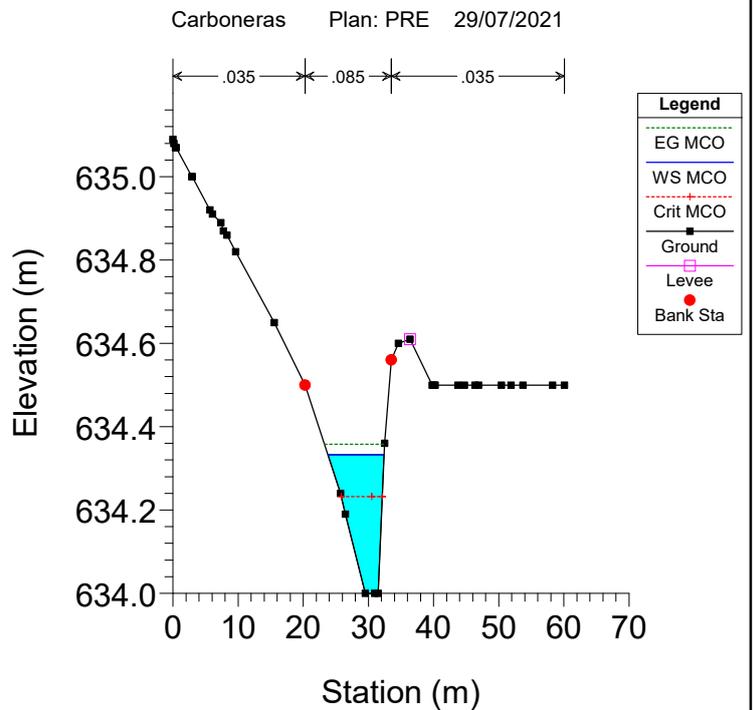
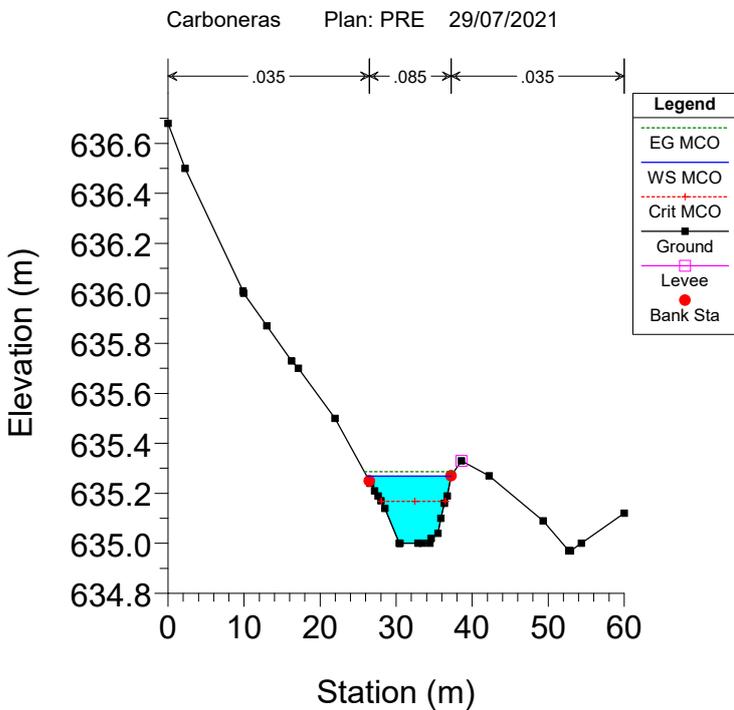
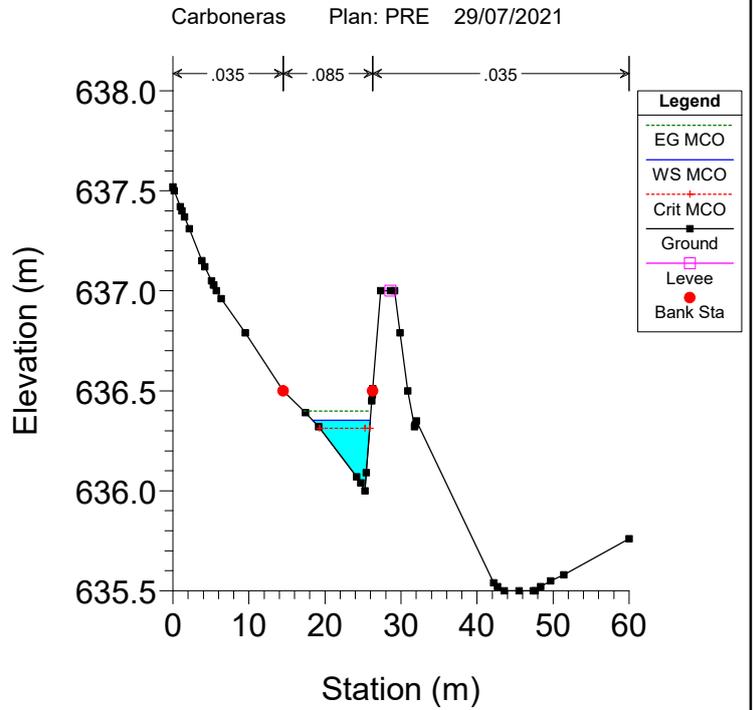
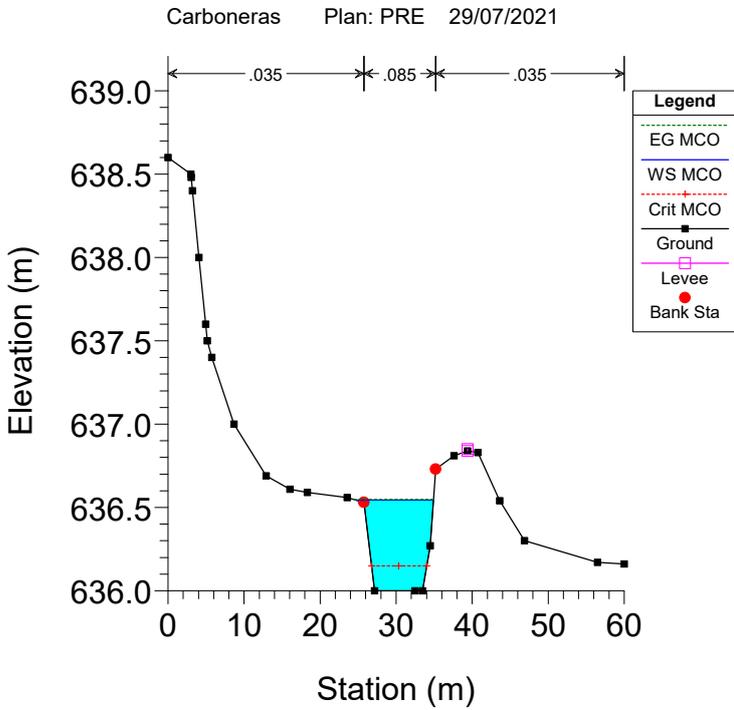
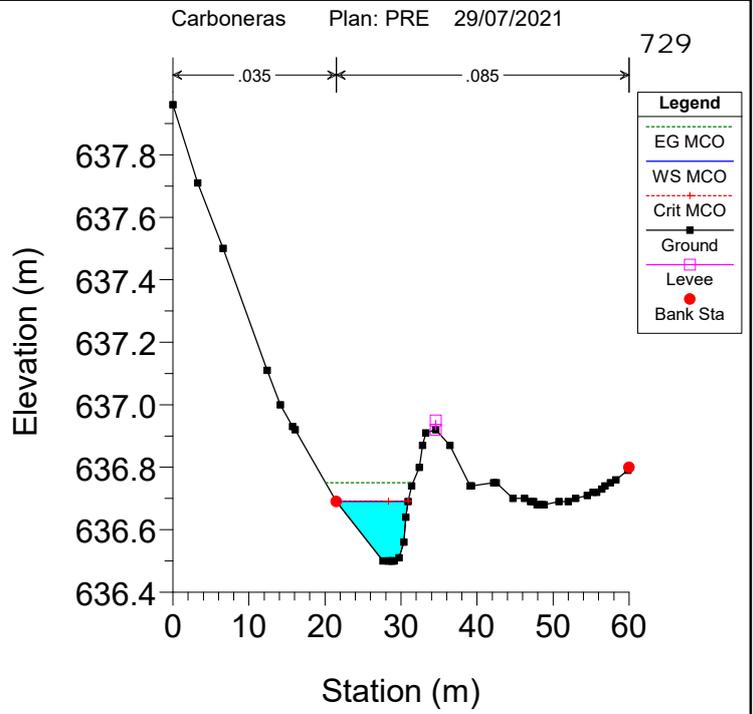


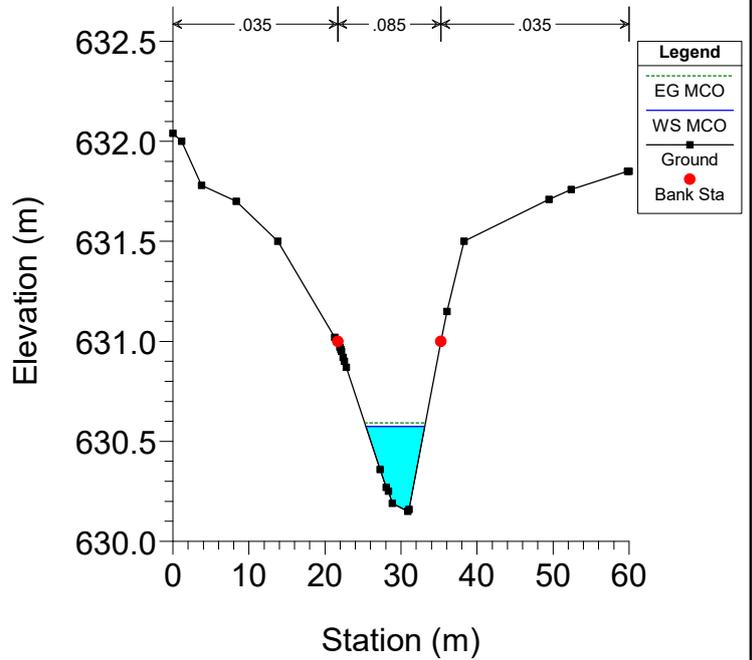
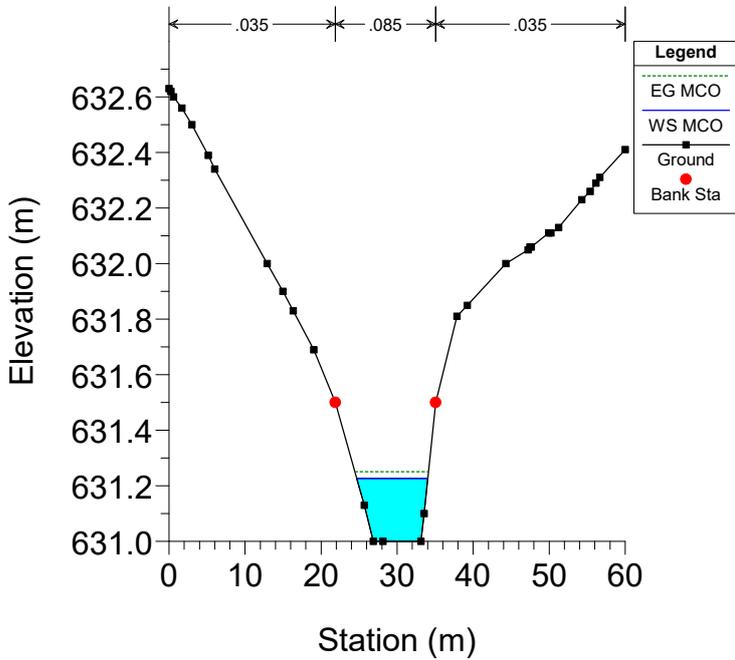
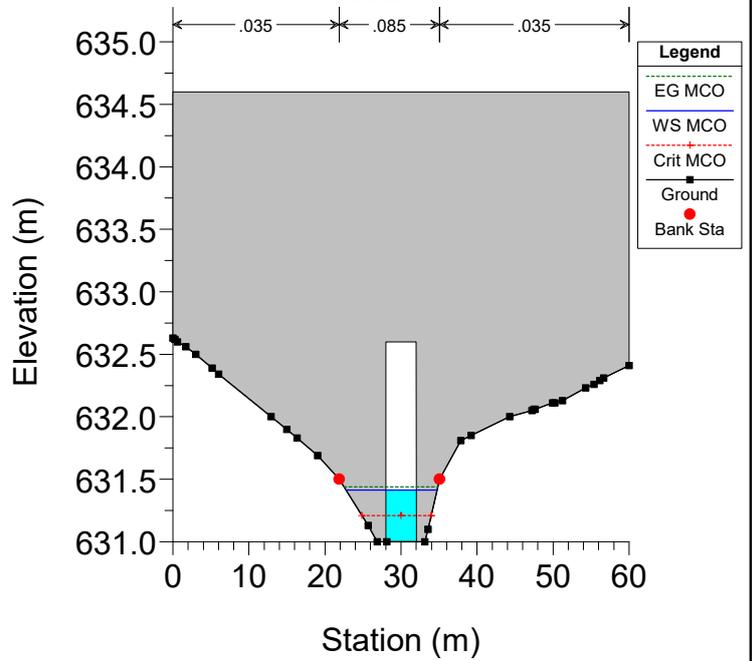
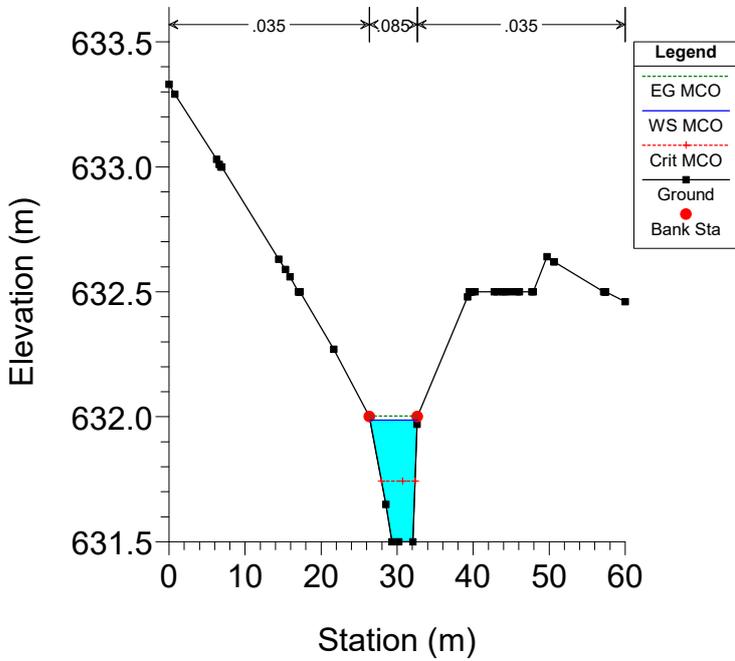
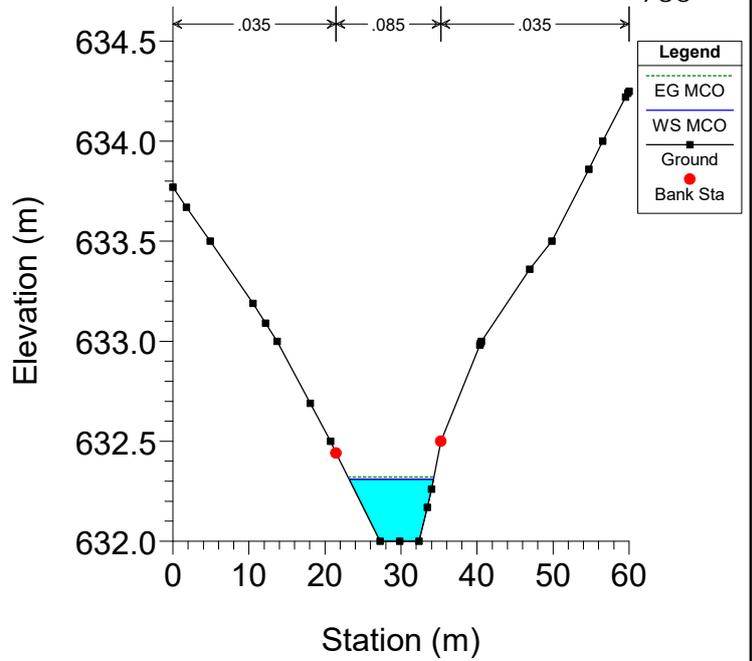
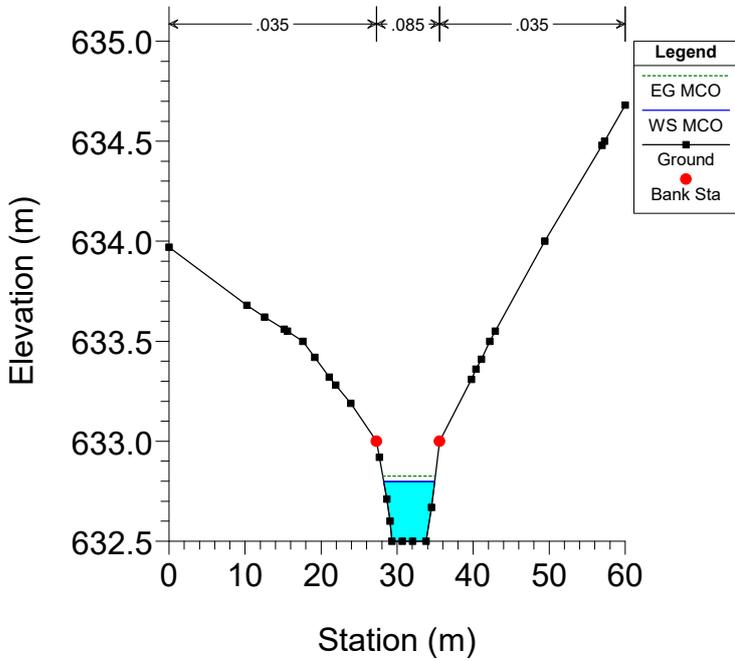


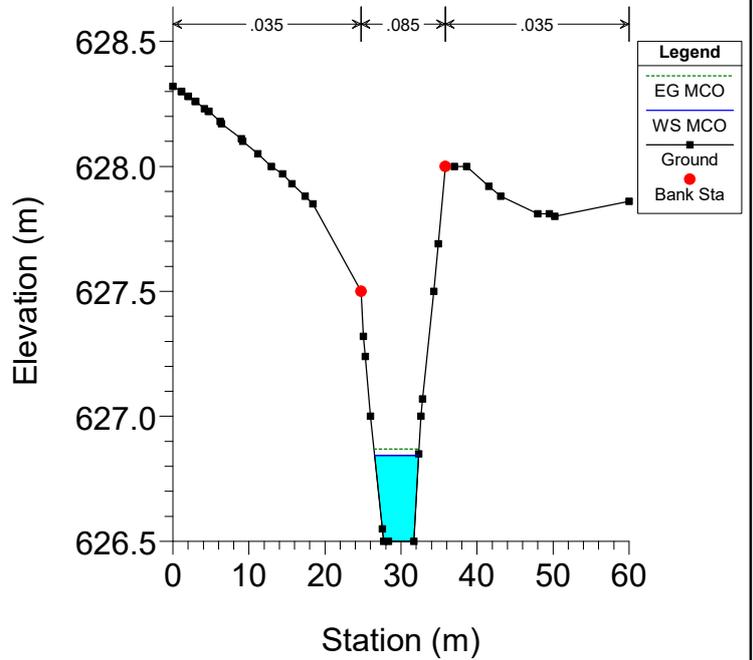
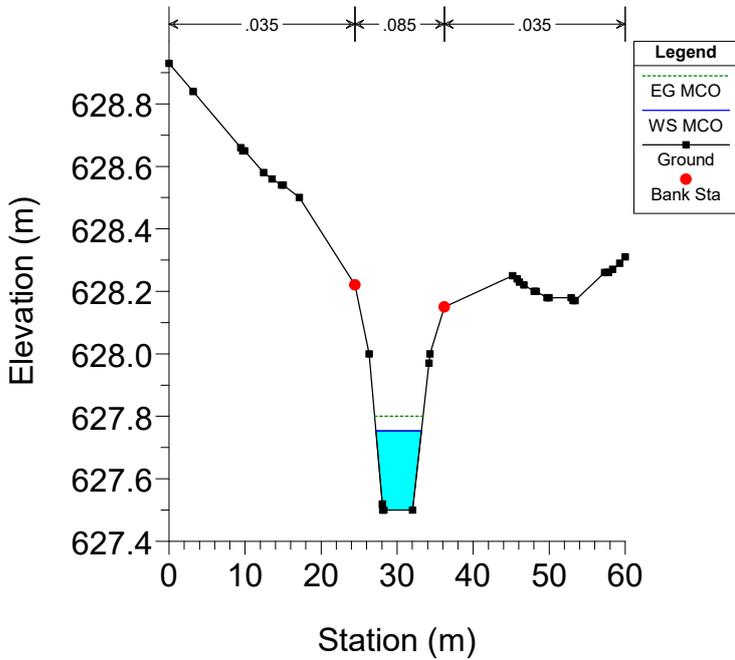
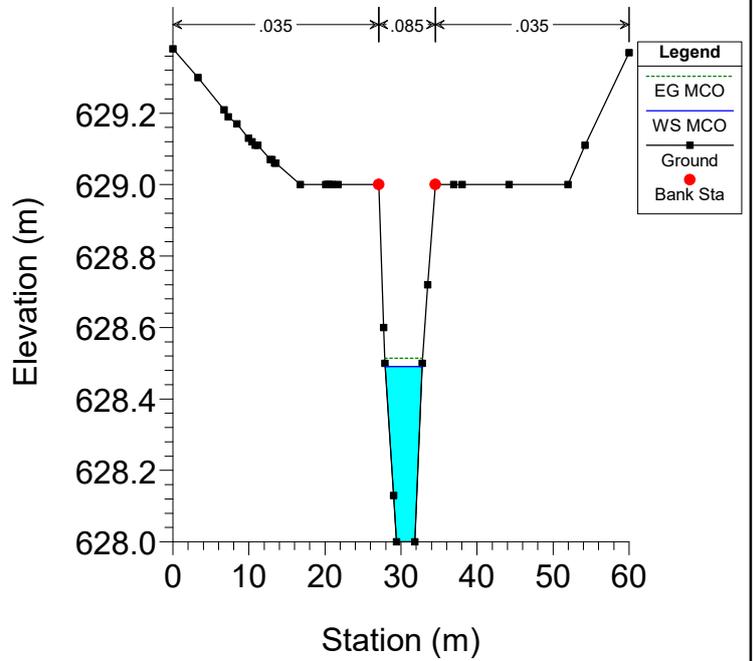
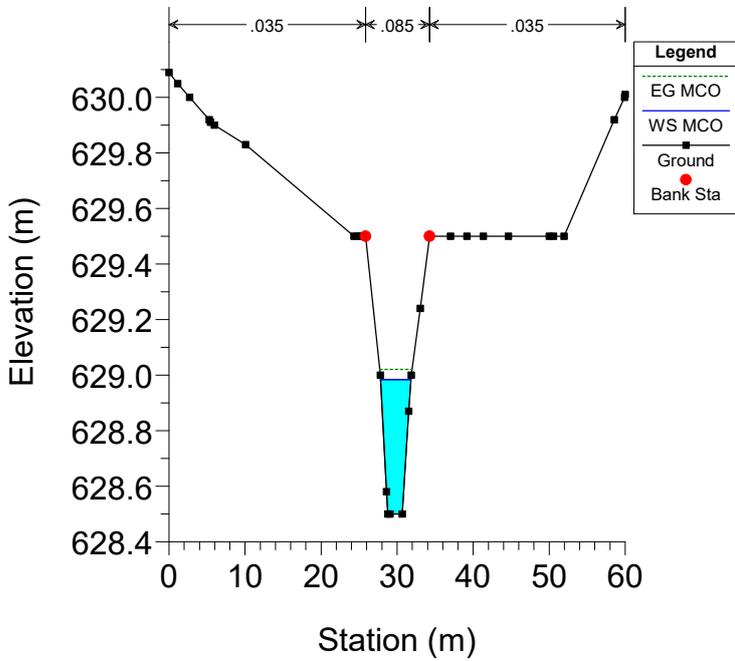
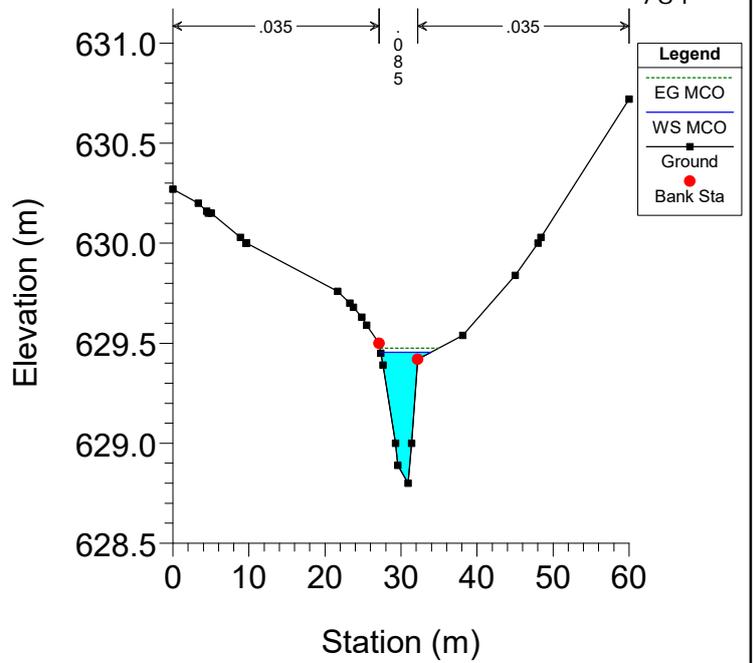
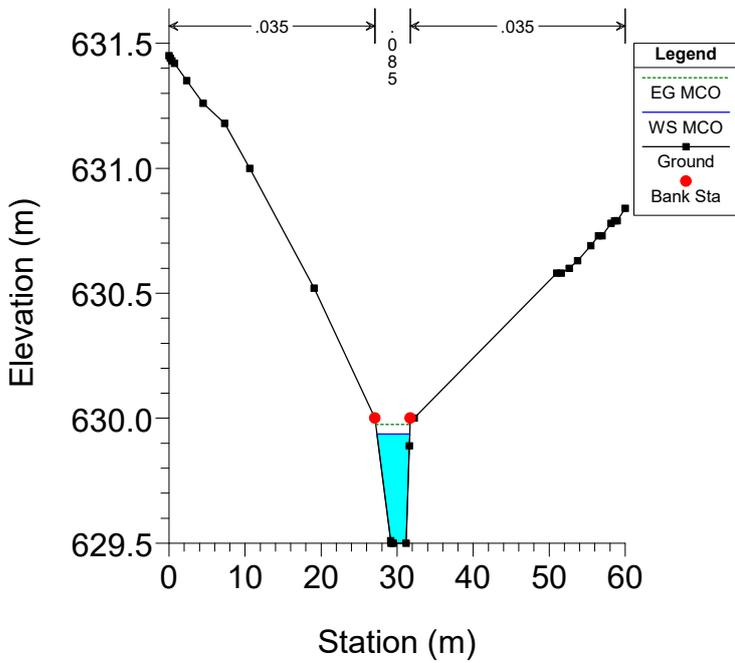
Tablas y gráficos de las secciones de diseño. Situación futura

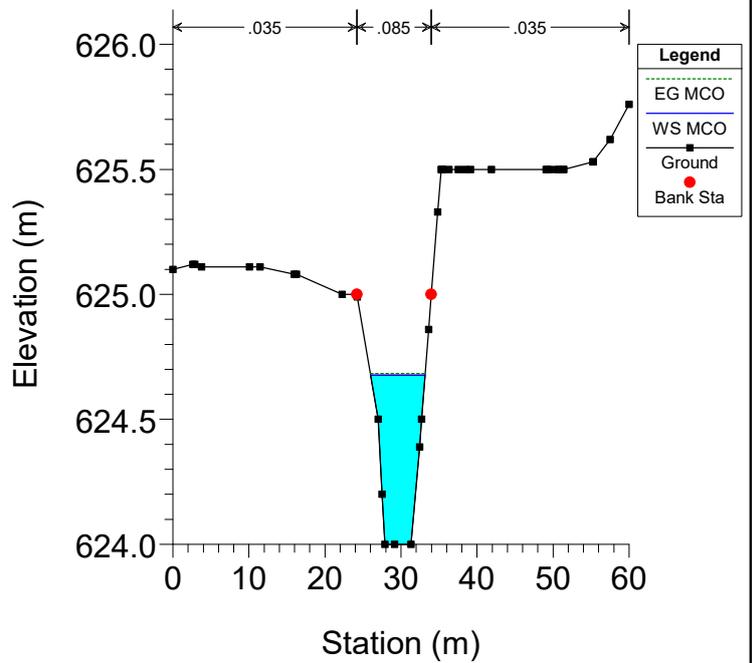
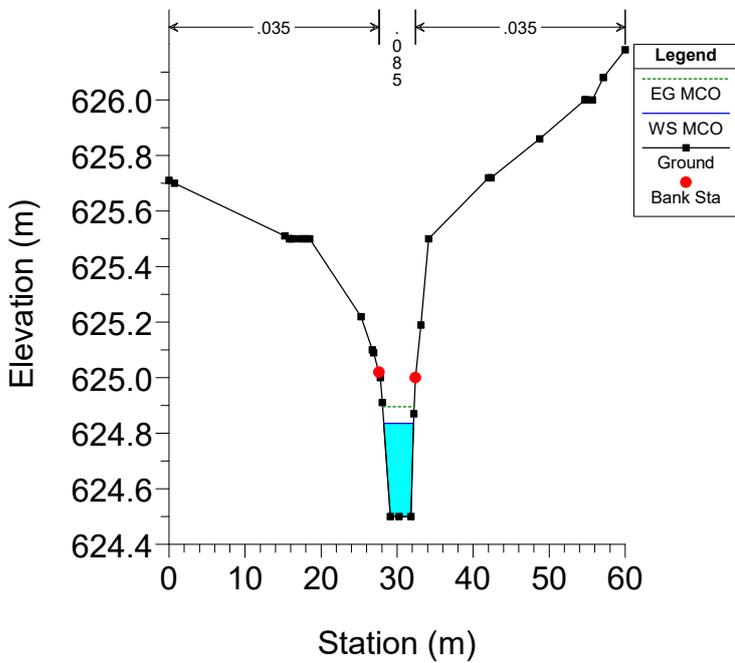
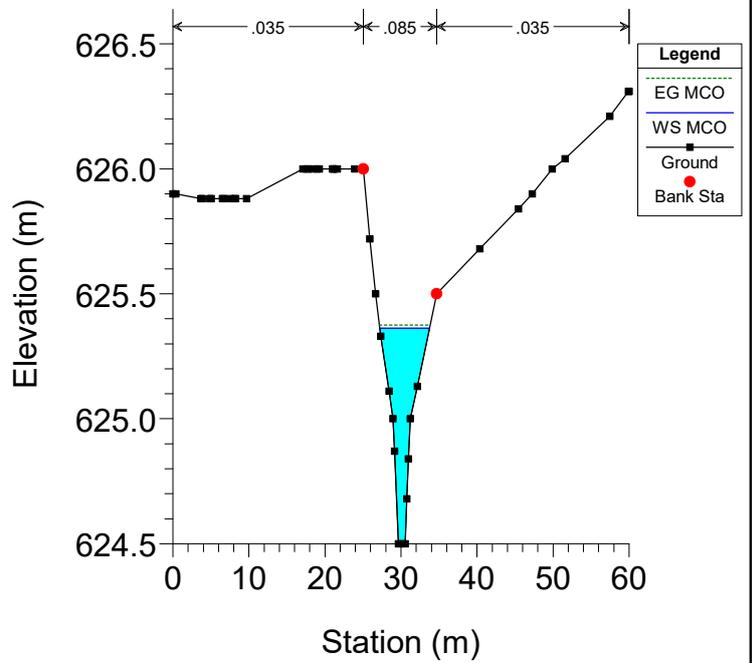
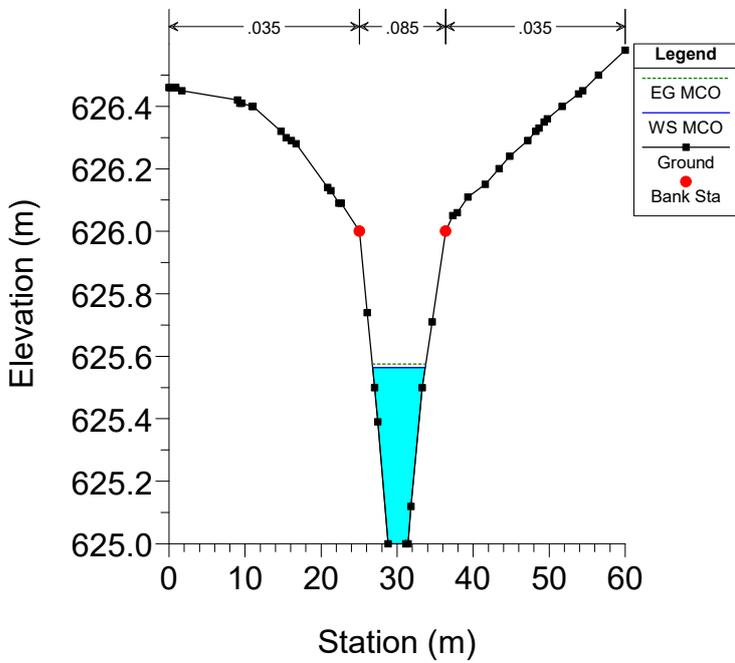
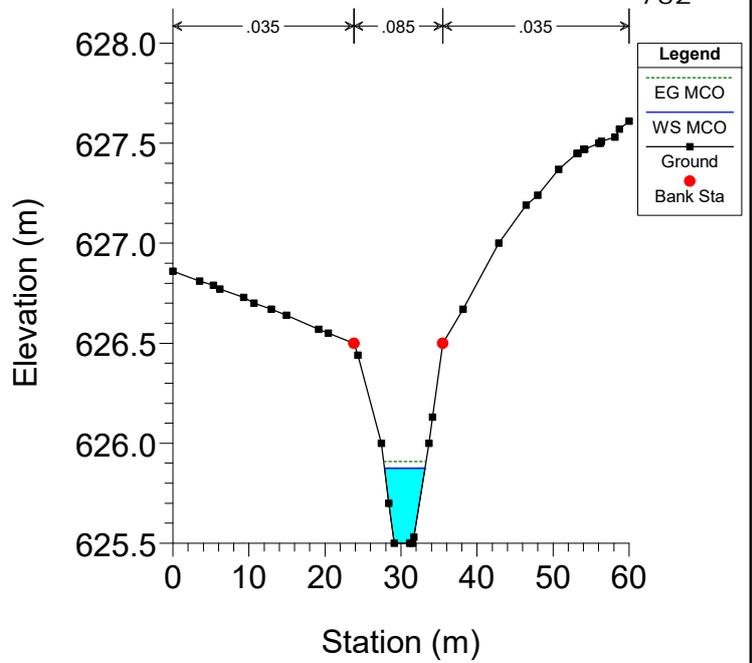
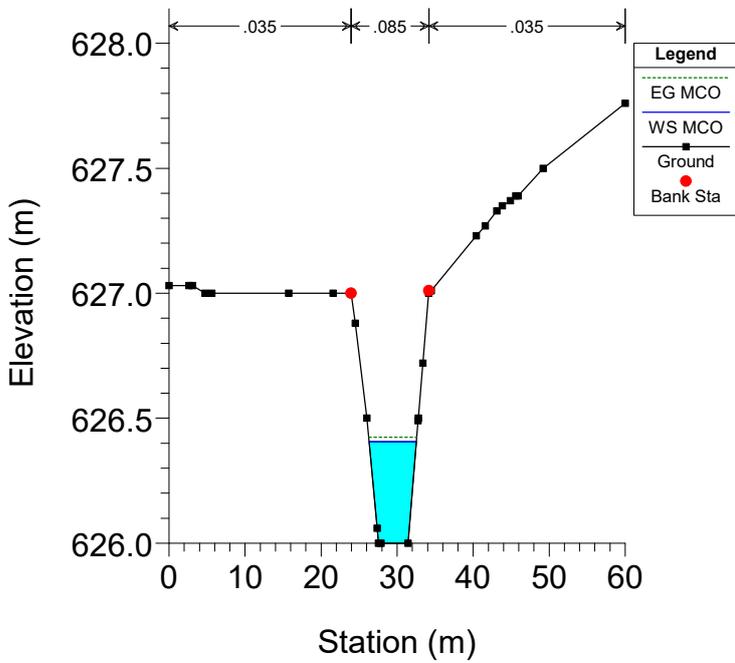
Reach	River Sta	Profile	Max Chl Dpth (m)	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Friction # Chl
Tramo1	689.9999	MCO	0.19	1.93	636.50	636.69	636.69	636.75	0.144112	1.08	1.12	9.48	1.00
Tramo1	659.9999	MCO	0.54	1.93	636.00	636.54	636.15	636.55	0.001609	0.28	4.30	10.23	0.13
Tramo1	629.9998	MCO	0.85	1.93	636.00	636.35	636.31	636.40	0.071514	0.95	1.27	7.61	0.74
Tramo1	599.9999	MCO	0.30	1.93	635.00	635.27	635.17	635.29	0.022438	0.59	2.06	11.08	0.43
Tramo1	564.8722	MCO	0.33	1.93	634.00	634.33	634.23	634.36	0.031398	0.71	1.71	8.60	0.51
Tramo1	509.9998	MCO	0.30	1.93	632.50	632.80		632.83	0.025029	0.73	1.66	6.70	0.47
Tramo1	479.9998	MCO	0.31	1.93	632.00	632.31		632.32	0.011944	0.48	2.52	11.10	0.32
Tramo1	449.9998	MCO	0.49	1.93	631.50	631.99	631.74	632.00	0.009494	0.55	2.17	6.23	0.30
Tramo1	435		Bridge										
Tramo1	419.9999	MCO	0.23	1.93	631.00	631.23		631.25	0.031242	0.68	1.77	9.35	0.50
Tramo1	389.9998	MCO	0.42	1.93	630.15	630.57		630.59	0.016071	0.60	2.00	7.73	0.38
Tramo1	359.9999	MCO	0.44	1.93	629.50	629.94		629.98	0.027078	0.87	1.38	4.33	0.49
Tramo1	329.9999	MCO	0.66	1.93	628.80	629.46		629.48	0.011115	0.64	1.92	6.64	0.33
Tramo1	299.9998	MCO	0.48	1.93	628.50	628.98		629.02	0.021879	0.84	1.43	4.02	0.45
Tramo1	269.9998	MCO	0.49	1.93	628.00	628.49		628.51	0.013226	0.67	1.79	4.88	0.36
Tramo1	239.9999	MCO	0.25	1.93	627.50	627.75		627.80	0.054005	0.96	1.26	6.00	0.67
Tramo1	209.9997	MCO	0.34	1.93	626.50	626.84		626.87	0.019898	0.72	1.68	5.80	0.42
Tramo1	180.0001	MCO	0.41	1.93	626.00	626.41		626.42	0.011425	0.59	2.04	6.20	0.33
Tramo1	149.9999	MCO	0.37	1.93	625.50	625.87		625.91	0.028217	0.82	1.46	5.33	0.50
Tramo1	119.9999	MCO	0.56	1.93	625.00	625.56		625.57	0.005752	0.46	2.62	6.92	0.24
Tramo1	89.99979	MCO	0.86	1.93	624.50	625.36		625.38	0.007771	0.51	2.38	6.55	0.27
Tramo1	59.99975	MCO	0.34	1.93	624.50	624.84		624.90	0.048279	1.08	1.12	3.94	0.65
Tramo1	29.99974	MCO	0.68	1.93	624.00	624.68		624.68	0.002455	0.35	3.45	7.16	0.16
Tramo1	4.255023	MCO	0.74	1.93	624.00	624.36	624.36	624.48	0.119834	1.51	0.80	3.41	1.00

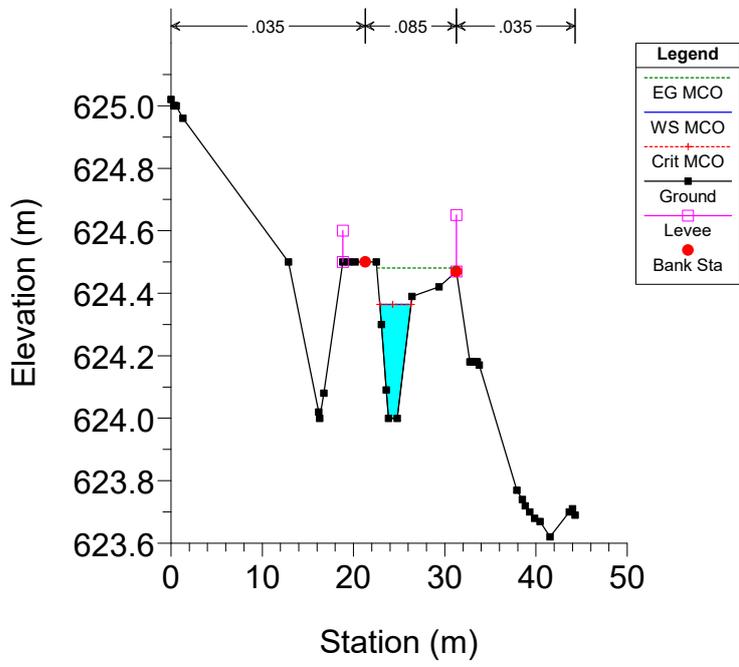
No Data for Plot





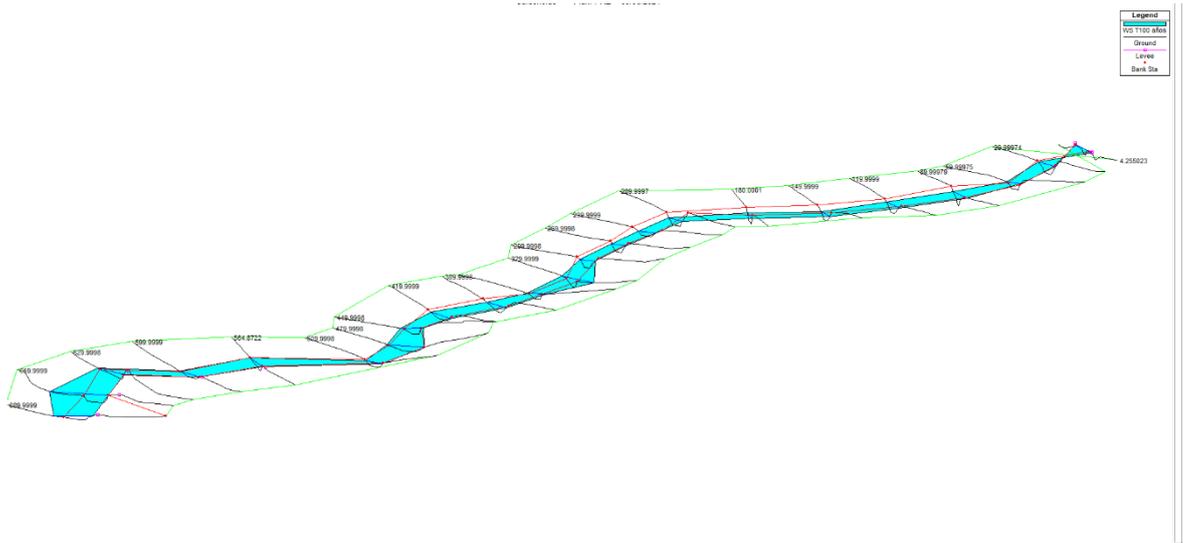






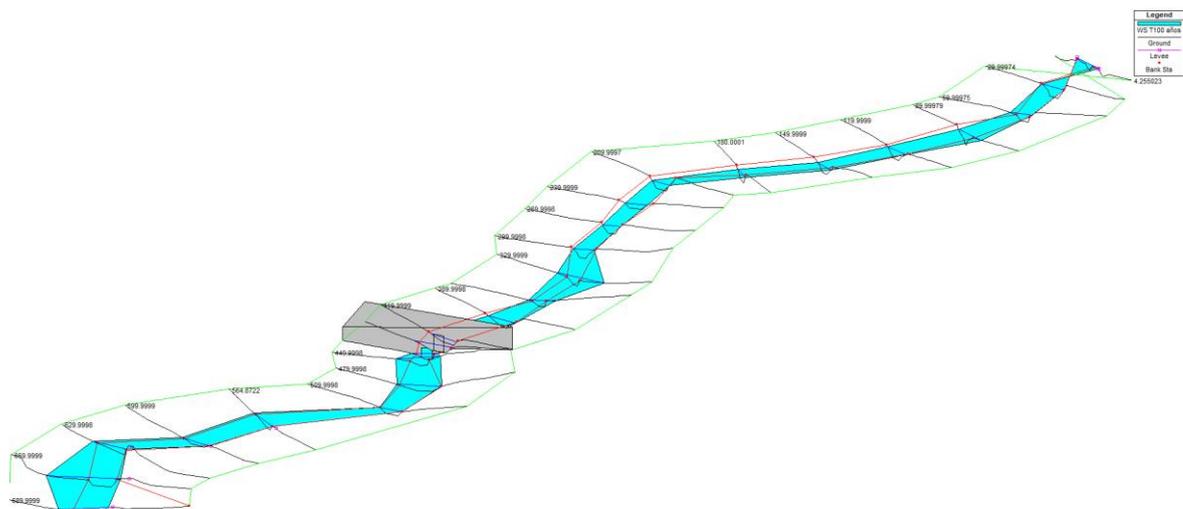
Anexo nº 2.- Imágenes, gráficos y tablas de la modelación hidráulica para la avenida de período de retorno de 100 años

T=100 años - Situación Actual:



Vista oblicua del modelo para período de retorno T 100 años según modelo HecRas. Preoperacional

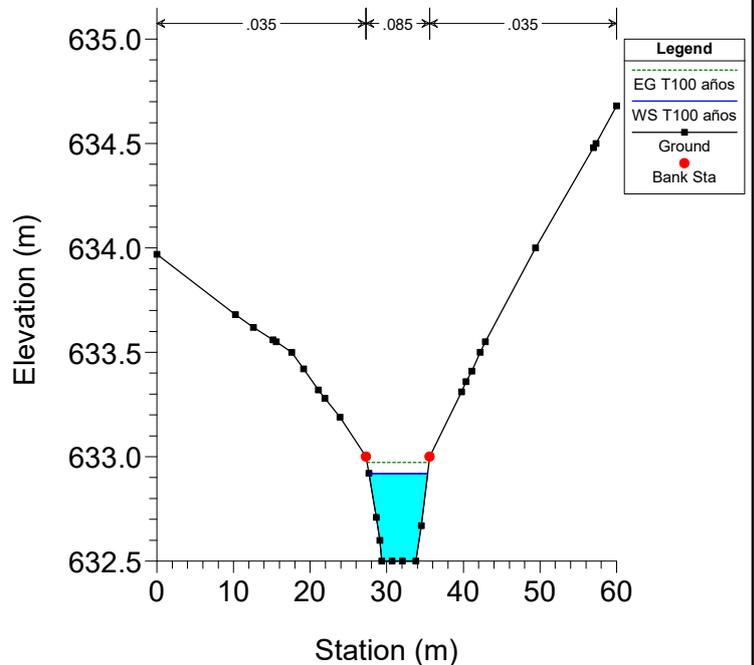
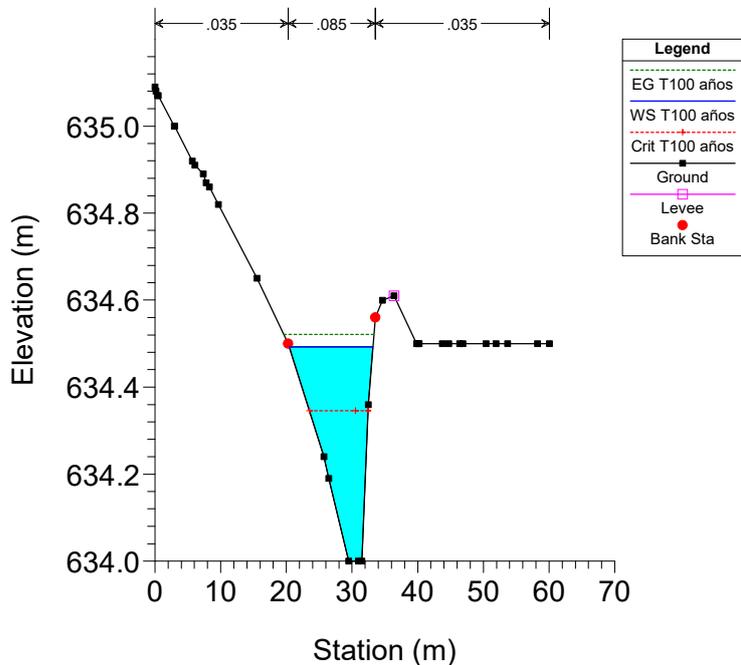
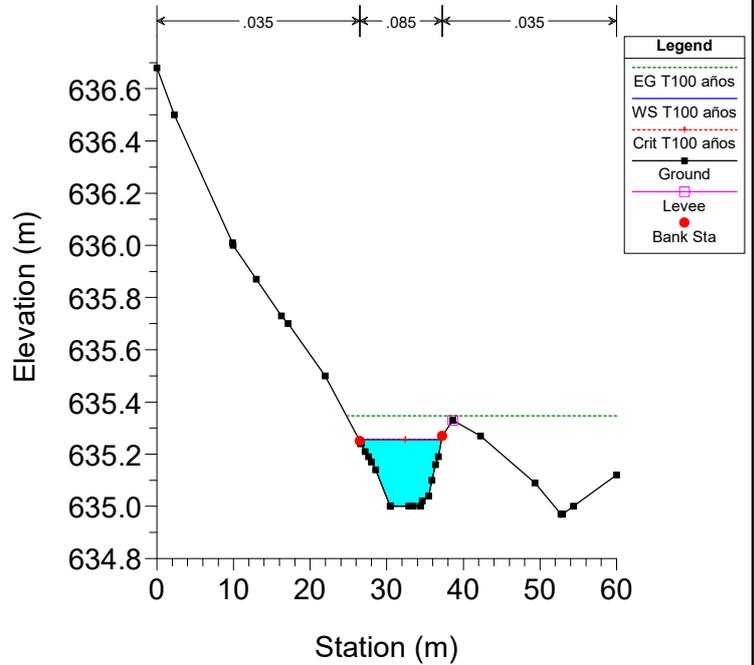
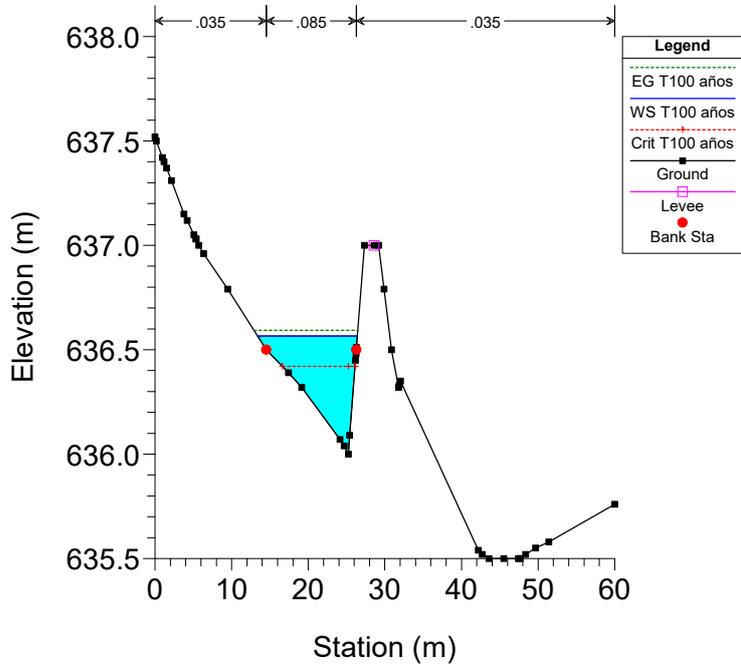
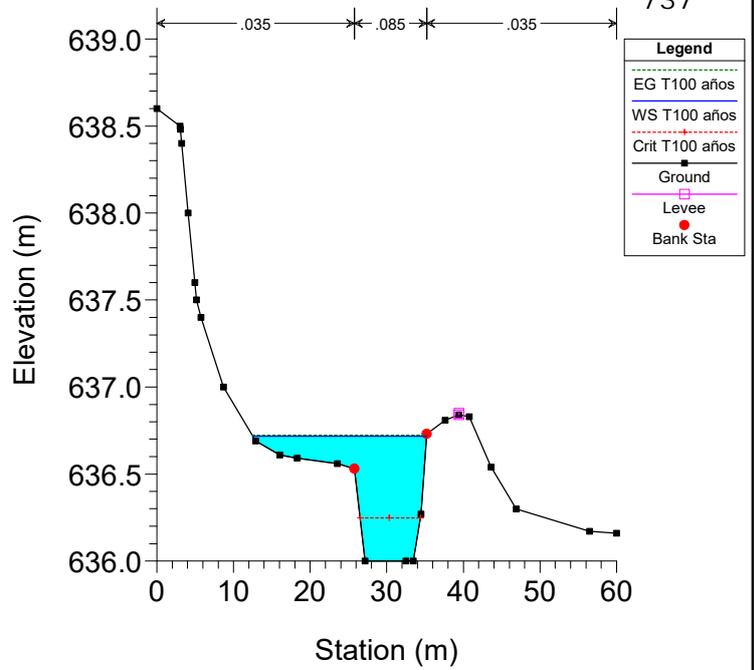
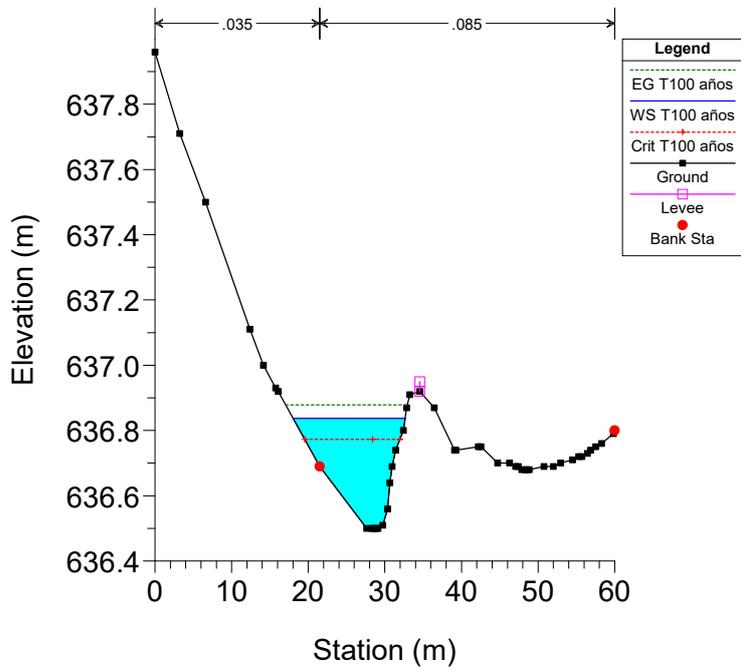
T=100 años - Situación Futura:

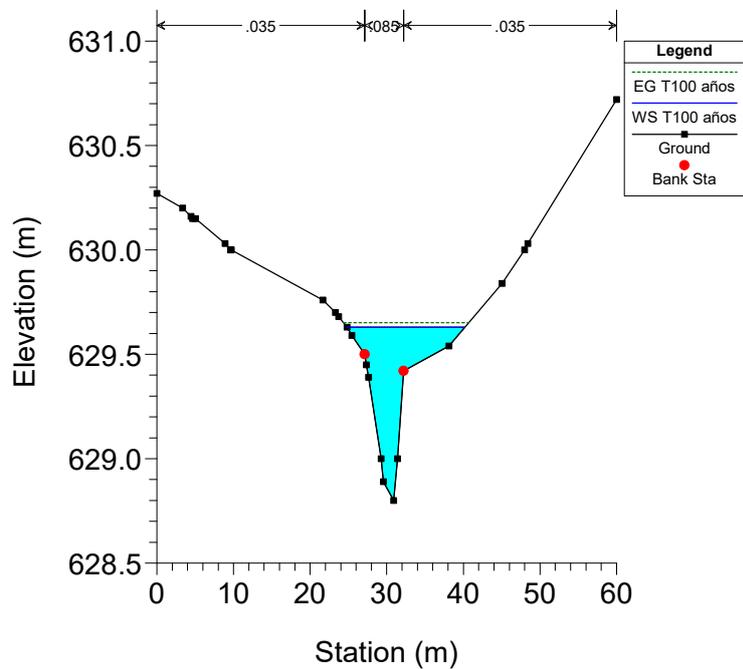
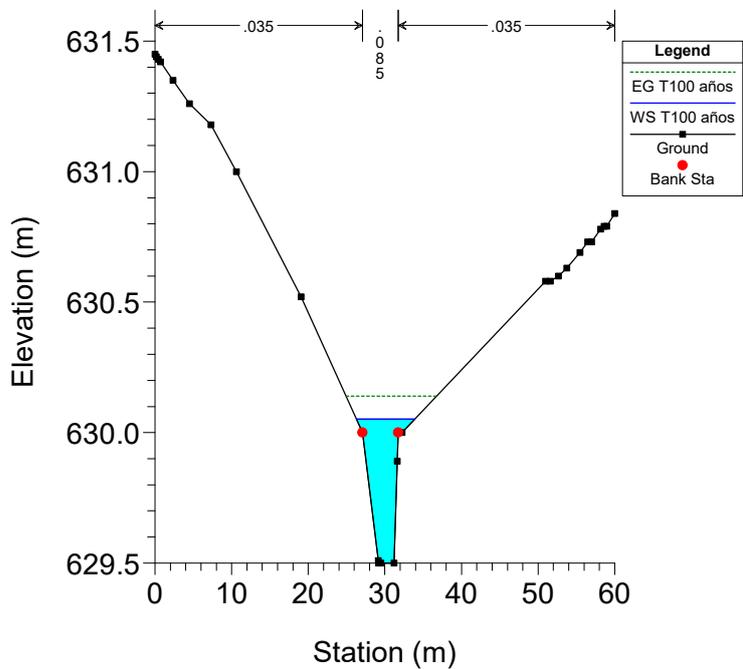
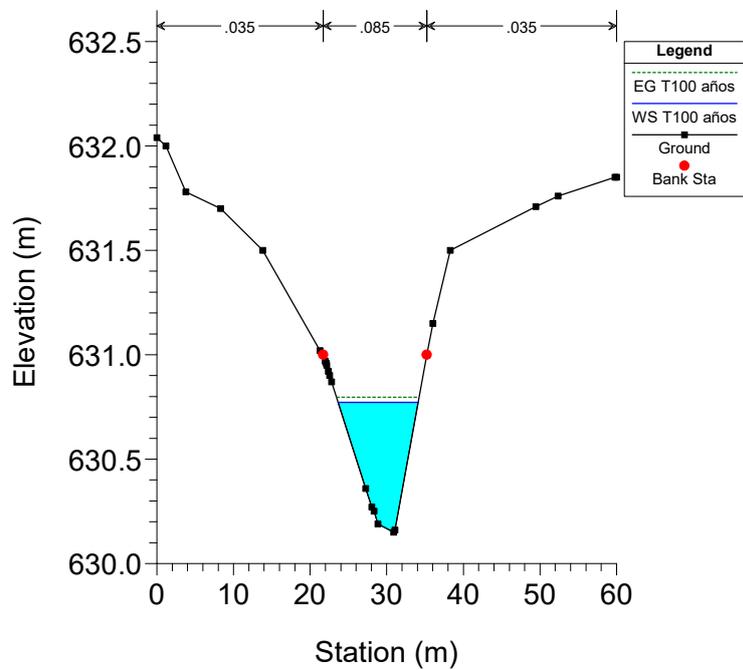
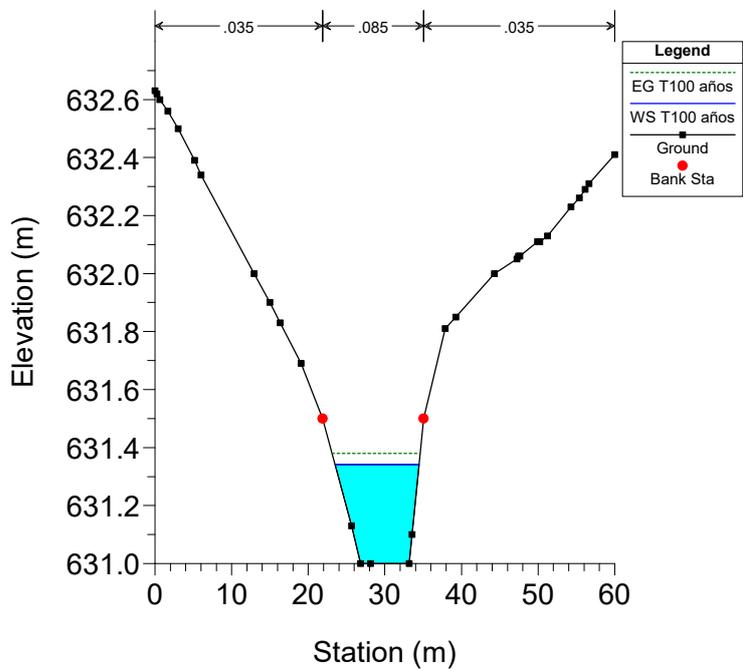
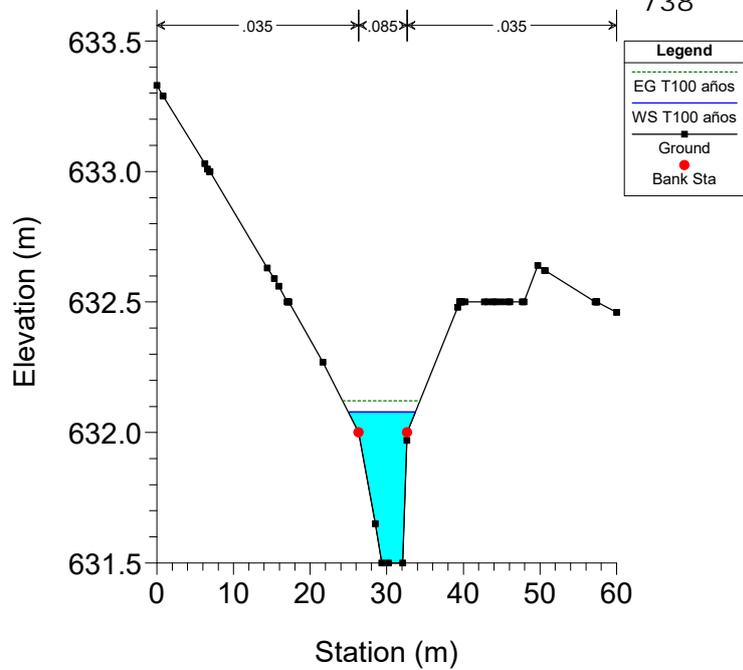
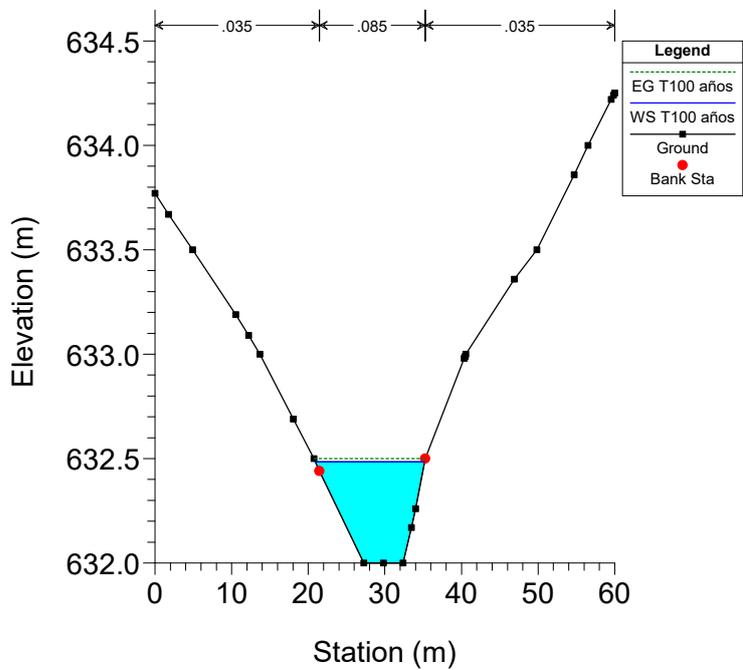


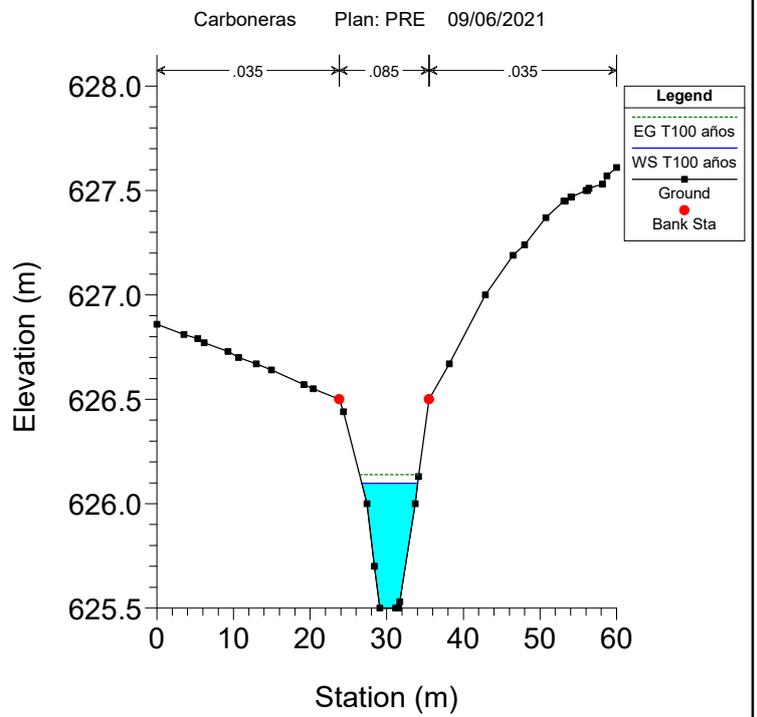
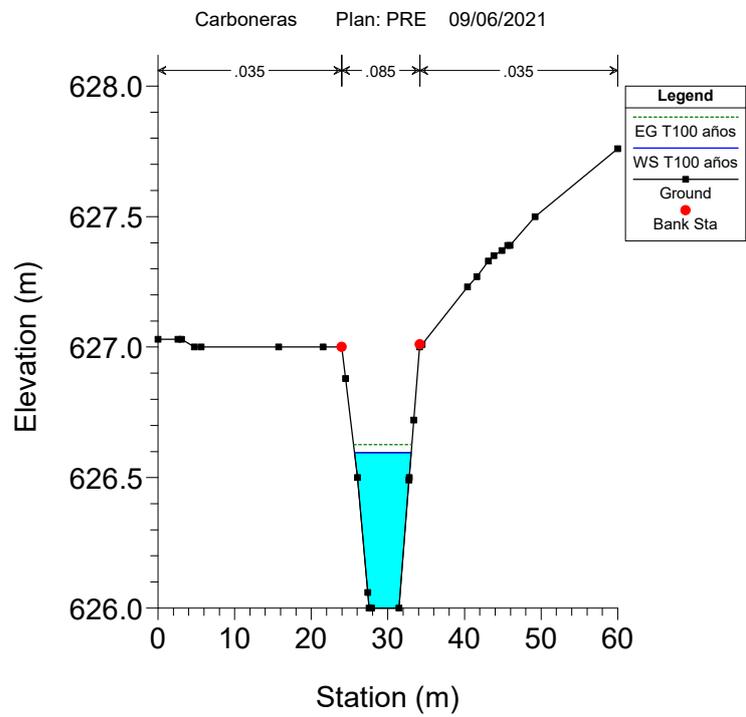
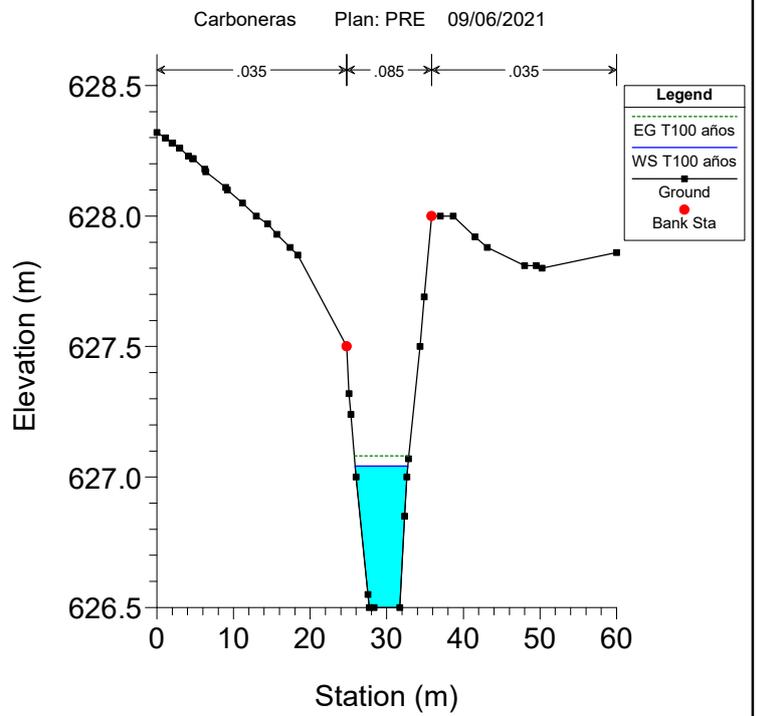
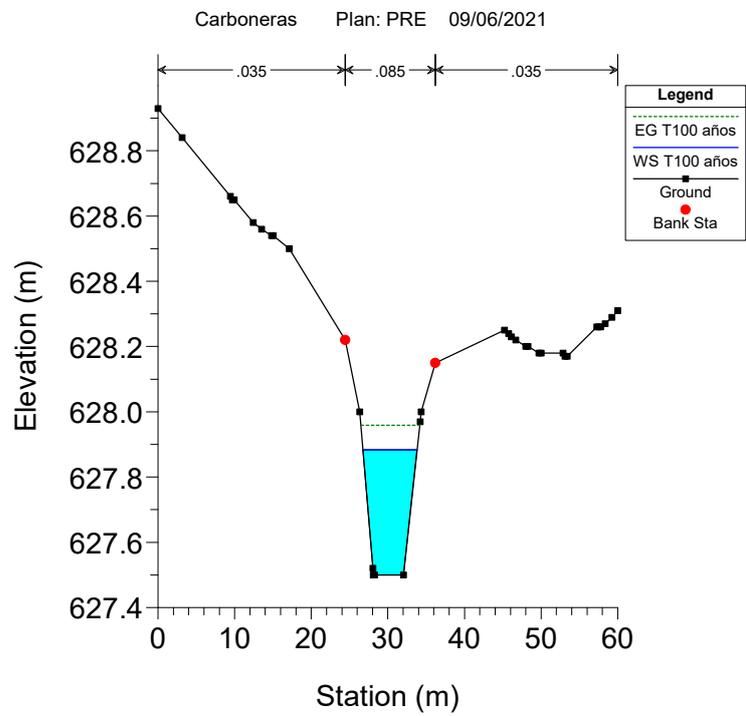
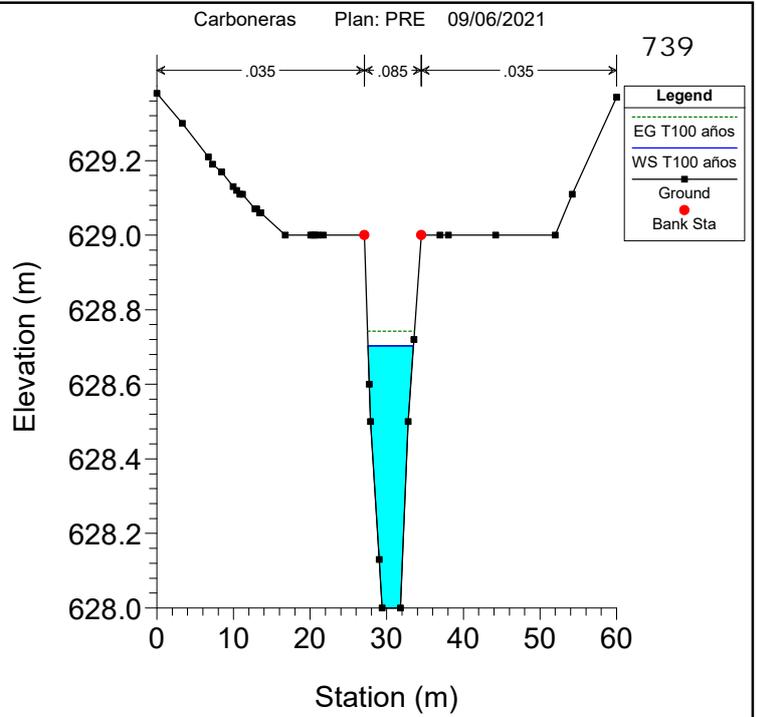
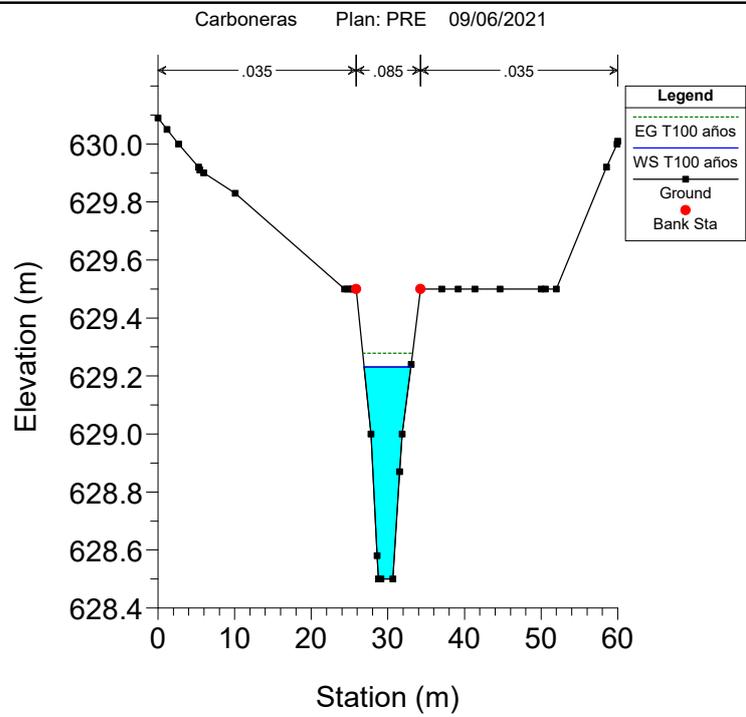
Vista oblicua del modelo para período de retorno T 100 años según modelo HecRas. Posoperacional

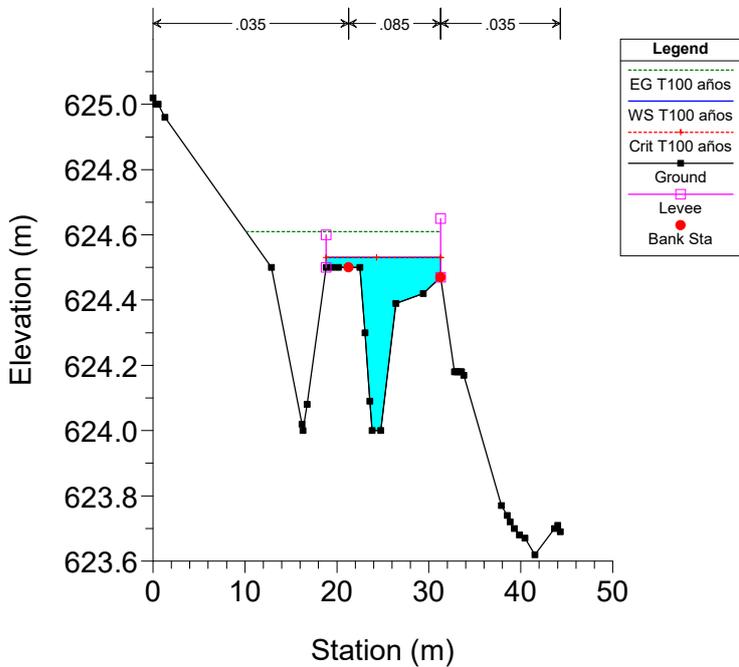
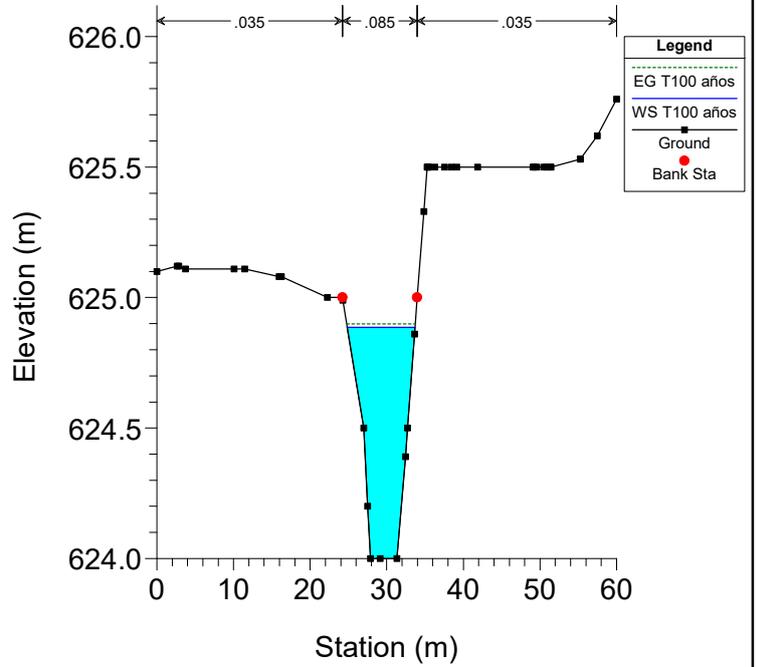
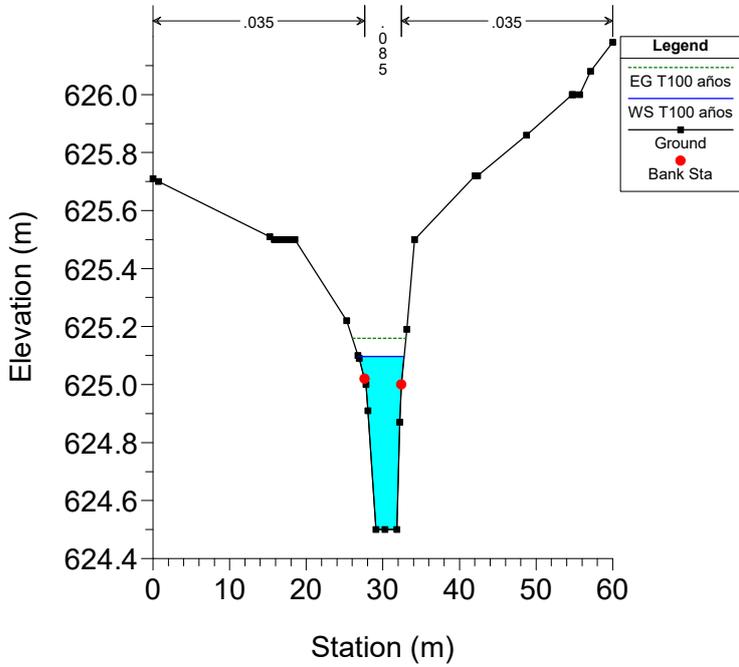
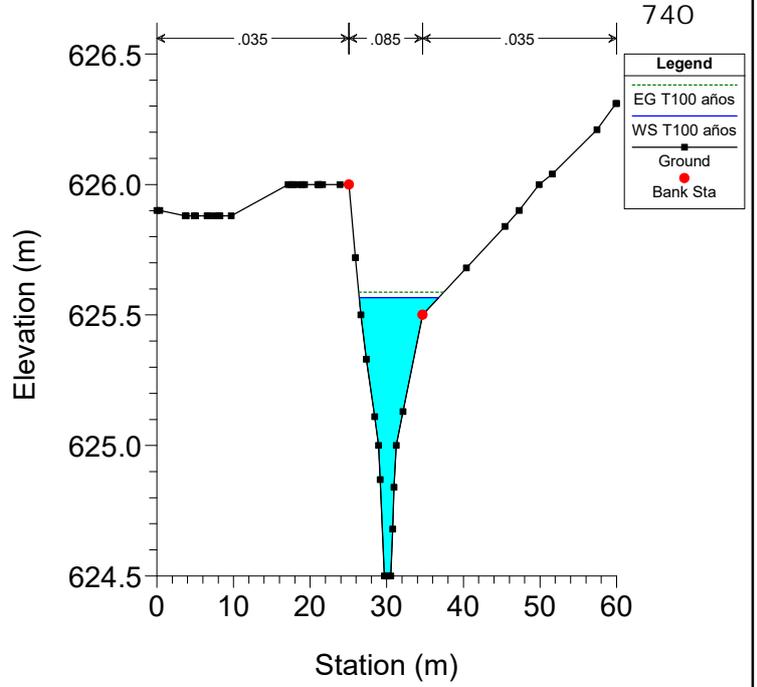
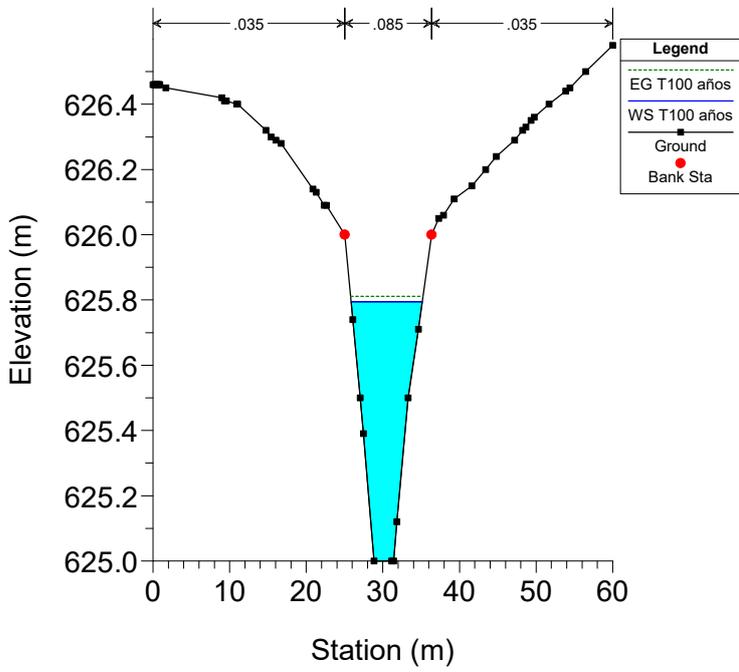
Tablas y gráficos de las secciones de diseño. Situación actual

Reach	River Sta	Profile	Max Chl Dpth (m)	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)	Fr ₁ # Chl
Tramo1	689.9999	T100 años	0.34	3.49	636.50	636.84	636.77	636.88	0.038239	0.88	2.90	14.64	0.58
Tramo1	659.9999	T100 años	0.72	3.49	636.00	636.72	636.25	636.72	0.001771	0.36	7.50	22.66	0.14
Tramo1	629.9998	T100 años	1.07	3.49	636.00	636.57	636.42	636.59	0.020254	0.74	3.51	13.03	0.43
Tramo1	599.9999	T100 años	0.29	3.49	635.00	635.26	635.26	635.35	0.126610	1.34	1.93	10.77	1.00
Tramo1	564.8722	T100 años	0.49	3.49	634.00	634.49	634.35	634.52	0.023980	0.75	3.41	12.72	0.46
Tramo1	509.9998	T100 años	0.42	3.49	632.50	632.92		632.97	0.033544	1.02	2.52	7.66	0.57
Tramo1	479.9998	T100 años	0.49	3.49	632.00	632.49		632.50	0.008775	0.54	4.76	14.26	0.29
Tramo1	449.9998	T100 años	0.58	3.49	631.50	632.08		632.12	0.019310	0.92	2.85	8.77	0.44
Tramo1	419.9999	T100 años	0.34	3.49	631.00	631.34		631.38	0.032551	0.88	2.93	10.96	0.54
Tramo1	389.9998	T100 años	0.62	3.49	630.15	630.77		630.80	0.012803	0.68	3.81	10.45	0.36
Tramo1	359.9999	T100 años	0.55	3.49	629.50	630.05		630.14	0.044373	1.32	2.00	7.66	0.66
Tramo1	329.9999	T100 años	0.83	3.49	628.80	629.63		629.65	0.008018	0.68	3.90	15.37	0.30
Tramo1	299.9998	T100 años	0.73	3.49	628.50	629.23		629.28	0.021271	0.96	2.68	6.12	0.46
Tramo1	269.9998	T100 años	0.70	3.49	628.00	628.70		628.74	0.015122	0.88	2.93	5.92	0.40
Tramo1	239.9999	T100 años	0.38	3.49	627.50	627.88		627.96	0.054956	1.22	2.11	7.06	0.71
Tramo1	209.9997	T100 años	0.54	3.49	626.50	627.04		627.08	0.017782	0.87	2.95	6.89	0.43
Tramo1	180.0001	T100 años	0.60	3.49	626.00	626.60		626.63	0.012951	0.77	3.33	7.39	0.37
Tramo1	149.9999	T100 años	0.60	3.49	625.50	626.10		626.14	0.021131	0.90	2.85	7.29	0.46
Tramo1	119.9999	T100 años	0.79	3.49	625.00	625.79		625.81	0.006402	0.57	4.49	9.29	0.26
Tramo1	89.99979	T100 años	1.07	3.49	624.50	625.57		625.59	0.008817	0.65	4.00	10.38	0.30
Tramo1	59.99975	T100 años	0.60	3.49	624.50	625.10		625.16	0.026212	1.12	2.33	5.97	0.52
Tramo1	29.99974	T100 años	0.89	3.49	624.00	624.89		624.90	0.003961	0.50	5.12	8.85	0.21
Tramo1	4.255023	T100 años	0.91	3.49	624.00	624.53	624.53	624.61	0.100737	1.26	2.07	12.45	0.90





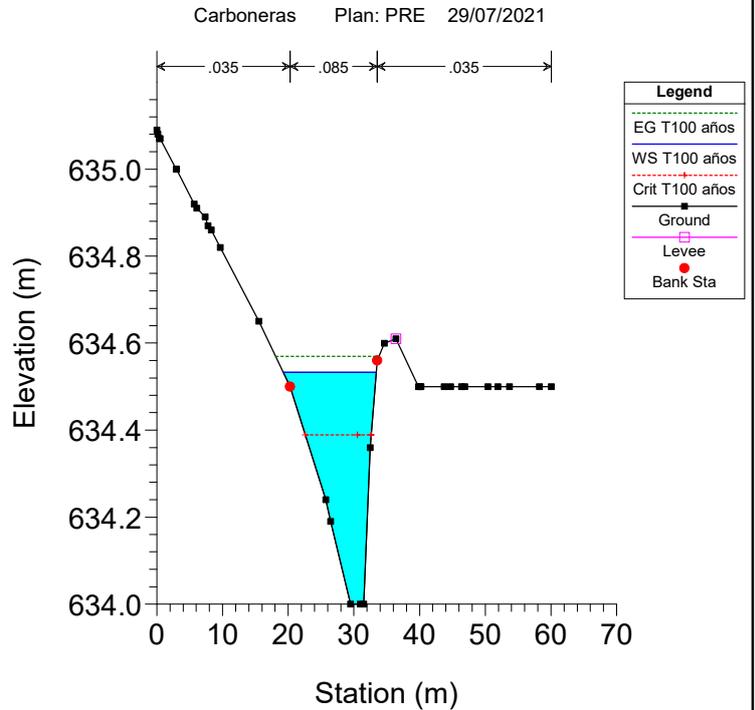
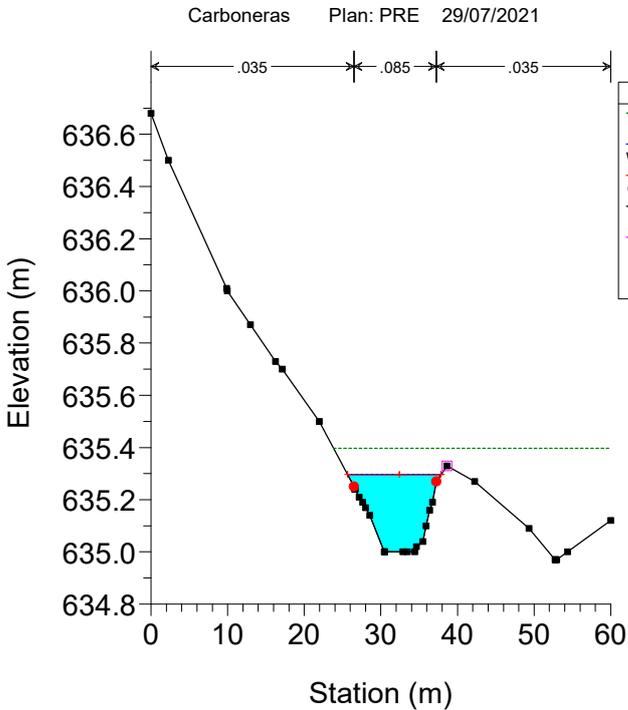
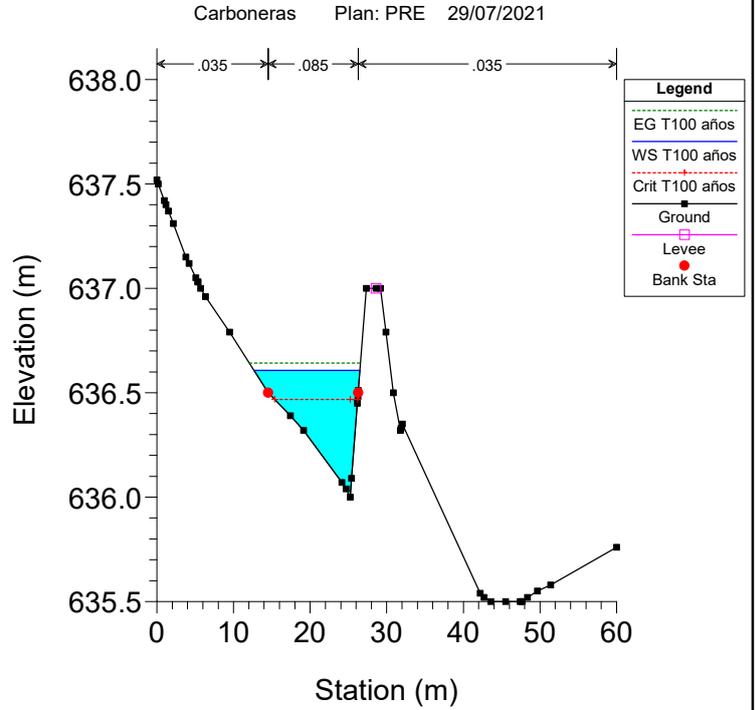
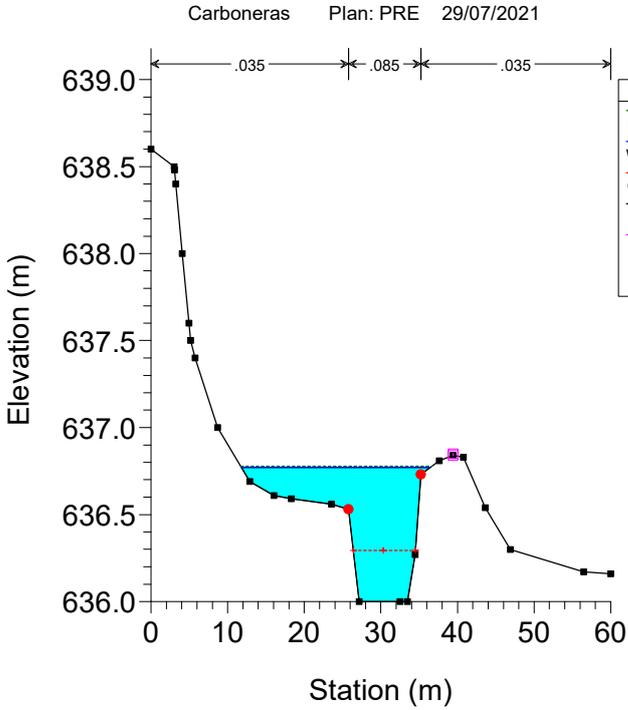
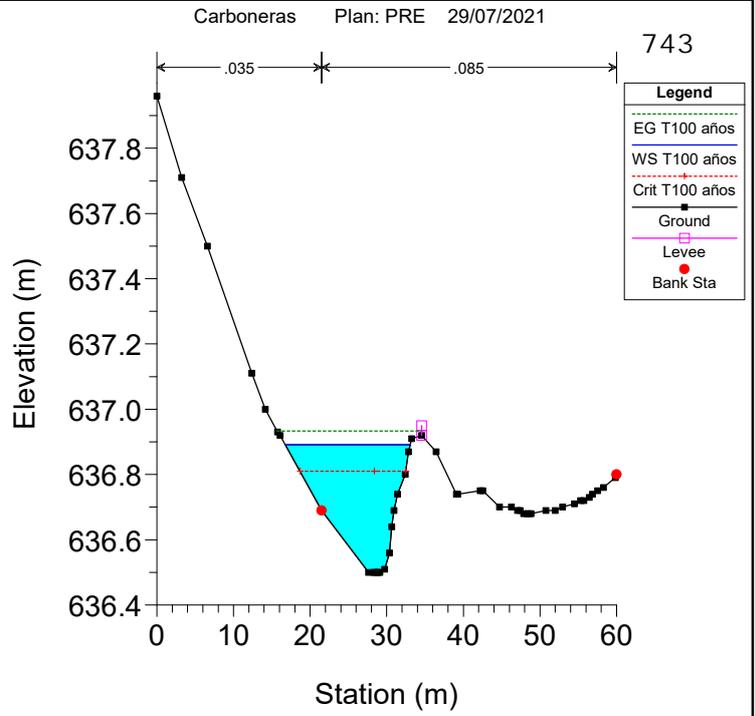


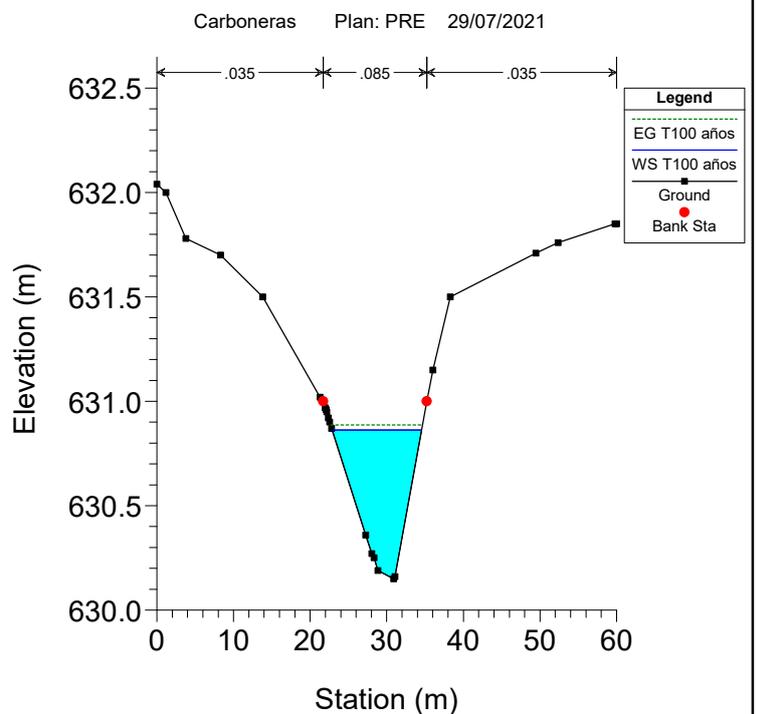
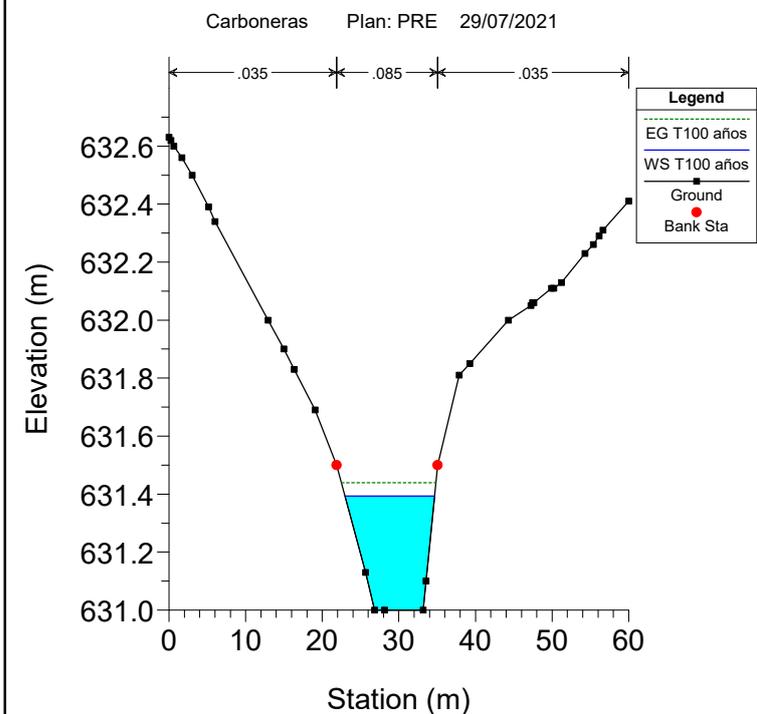
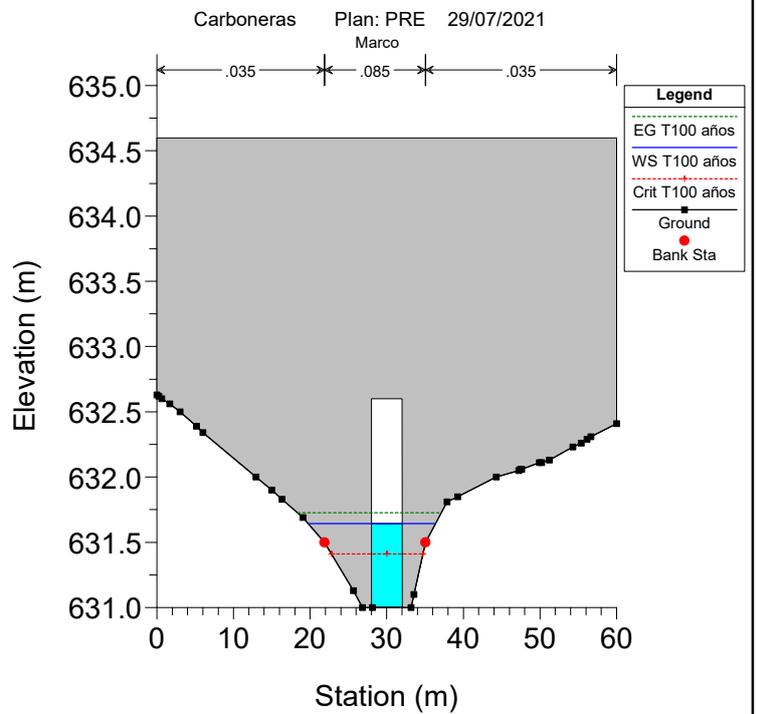
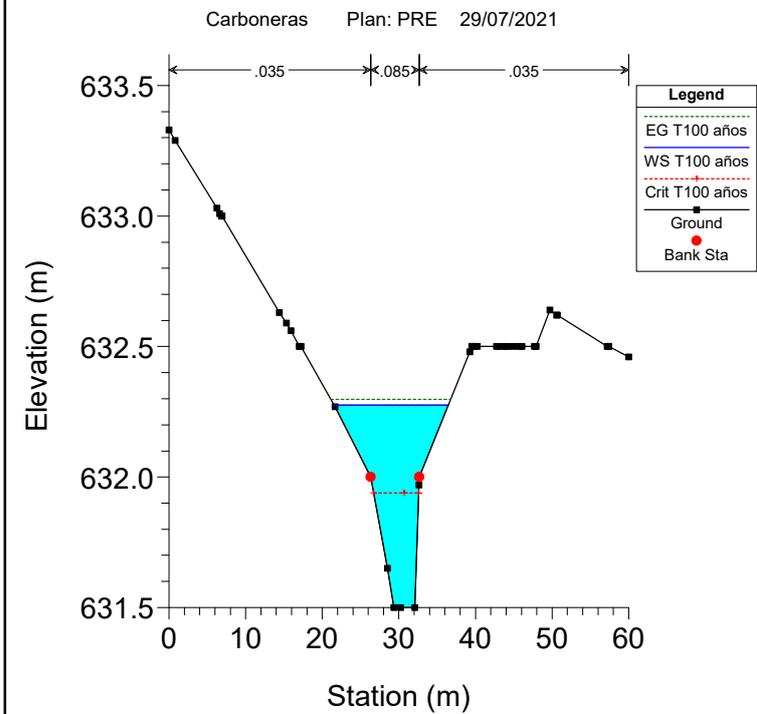
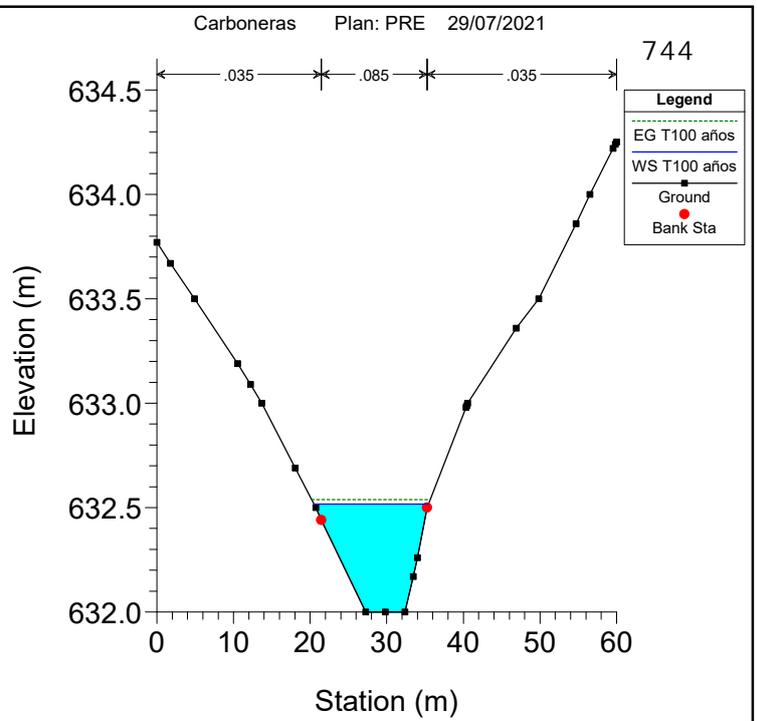
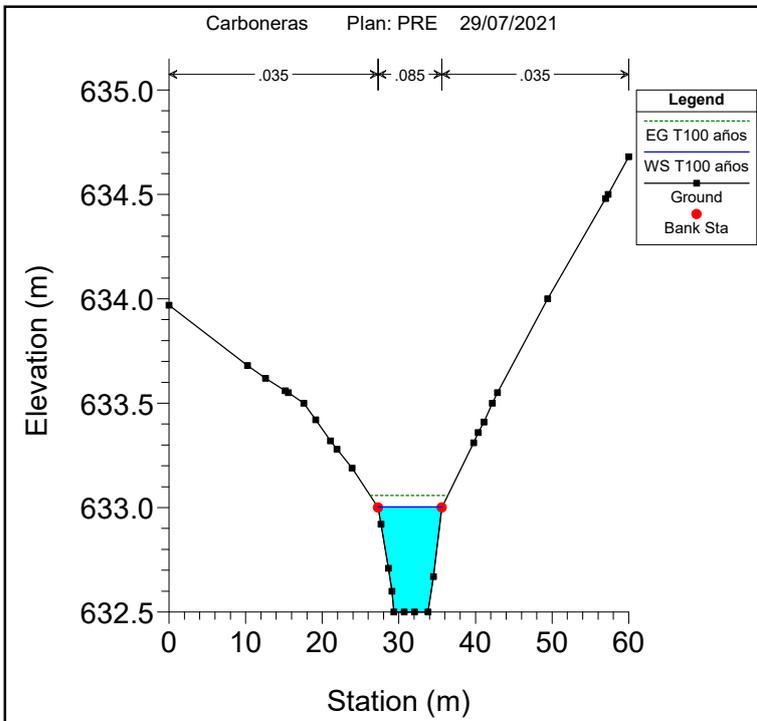


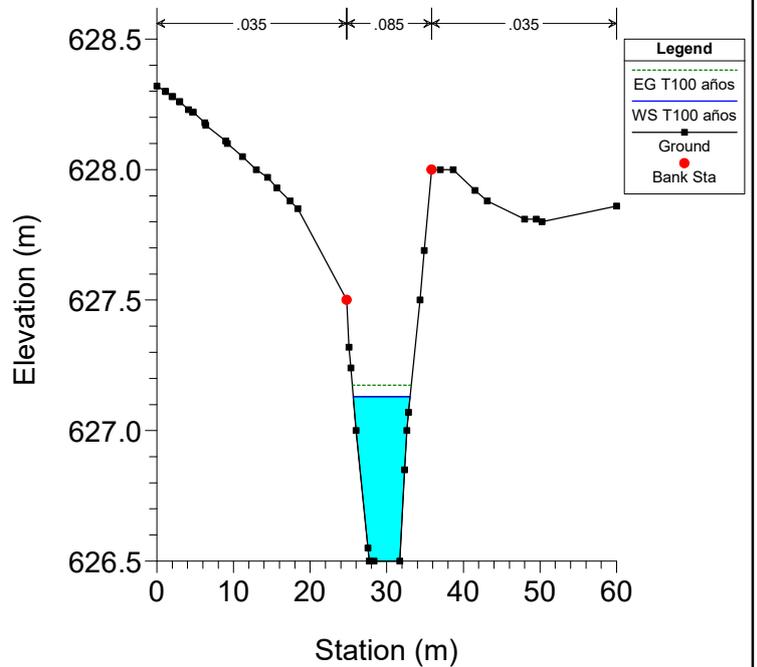
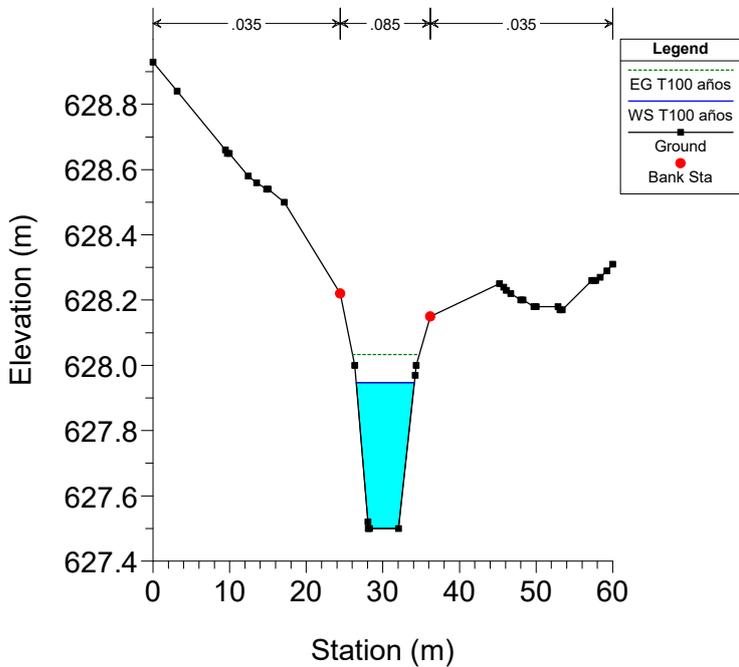
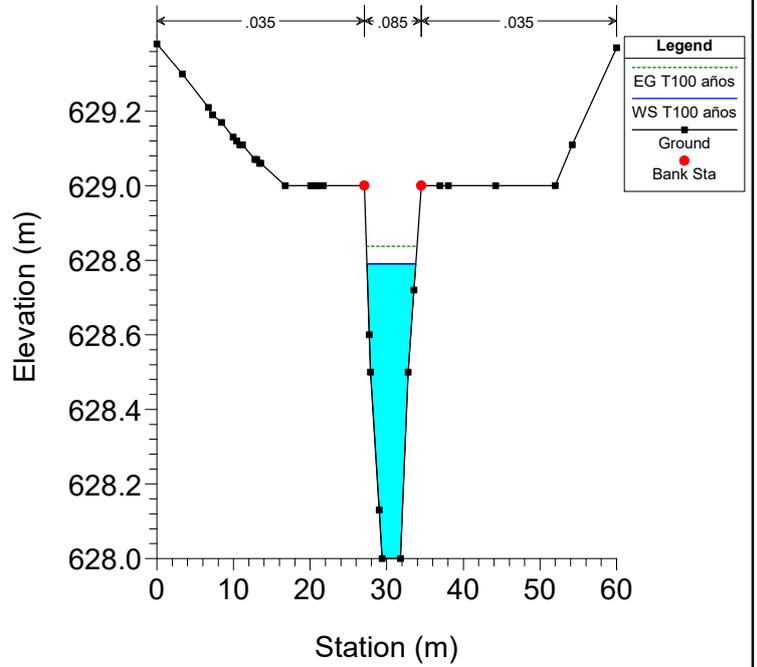
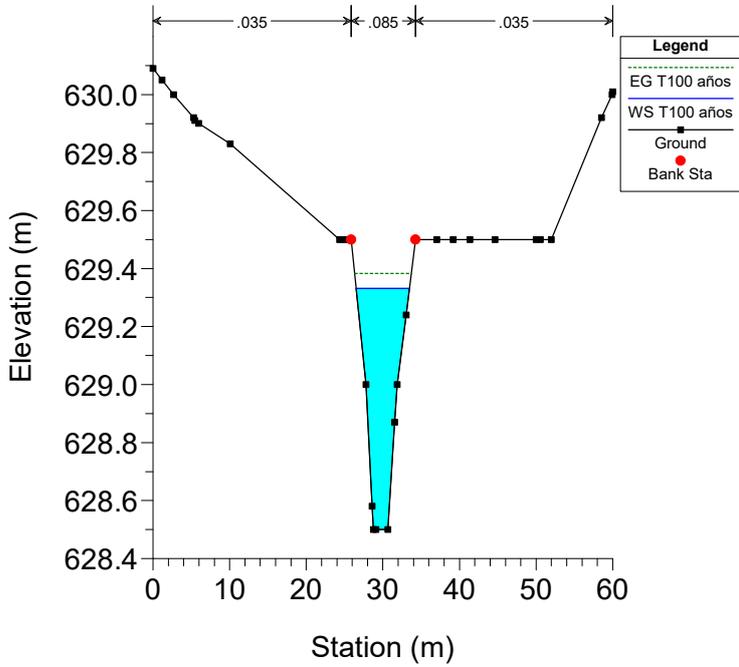
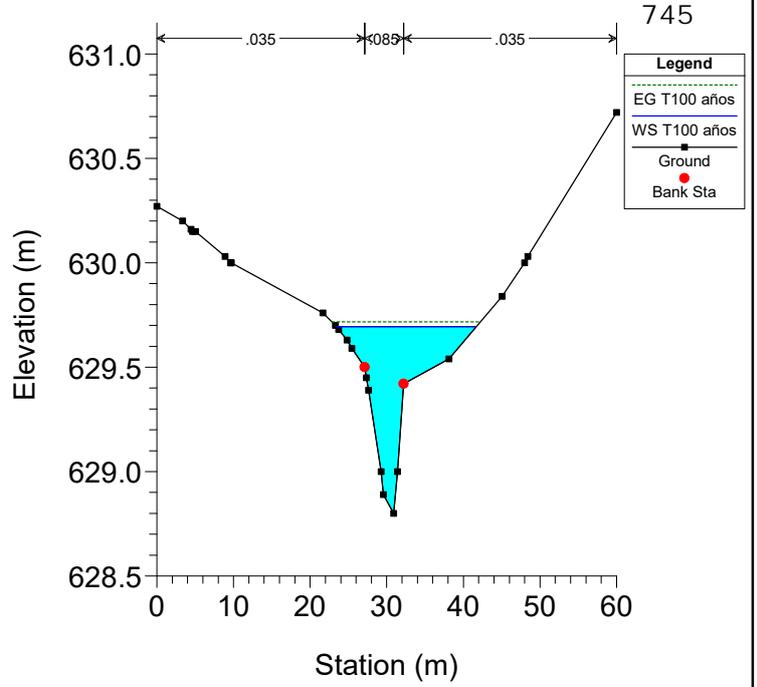
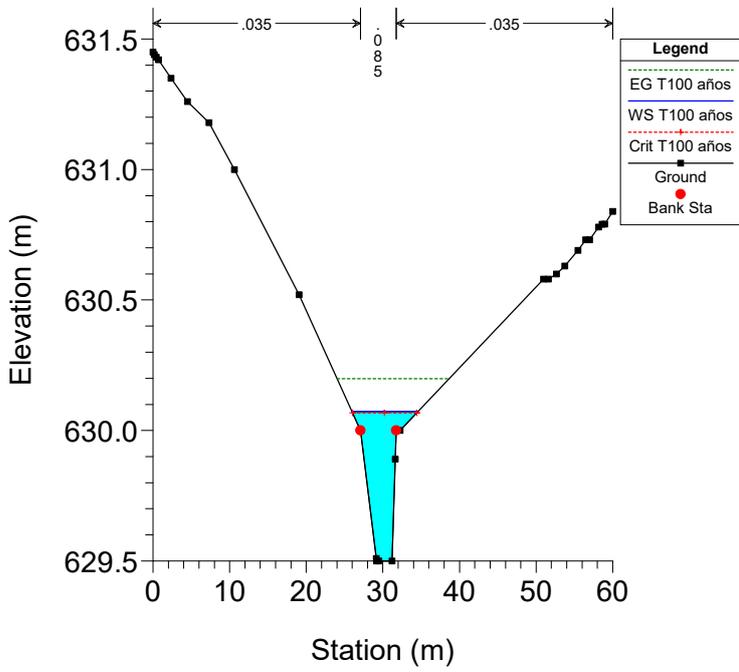
Tablas y gráficos de las secciones de diseño. Situación futura

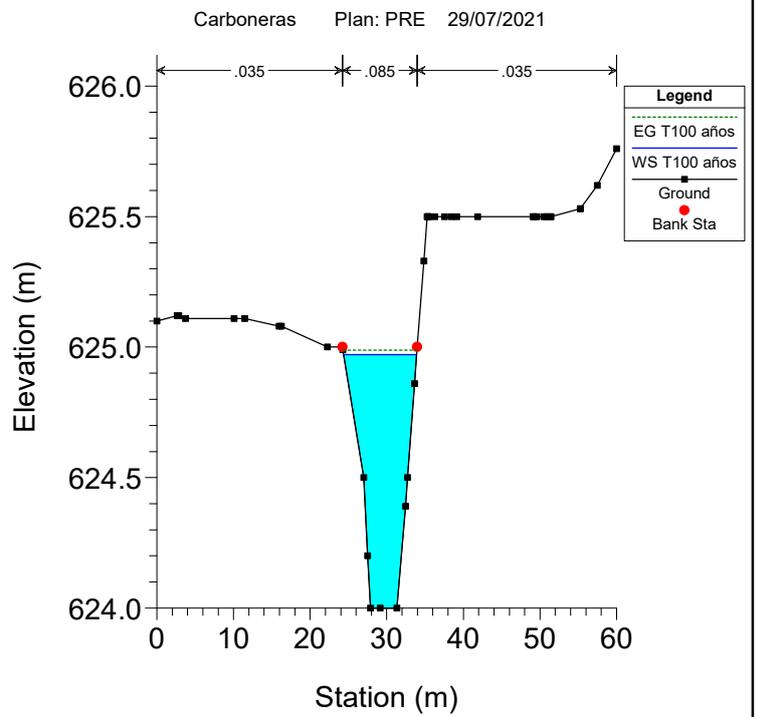
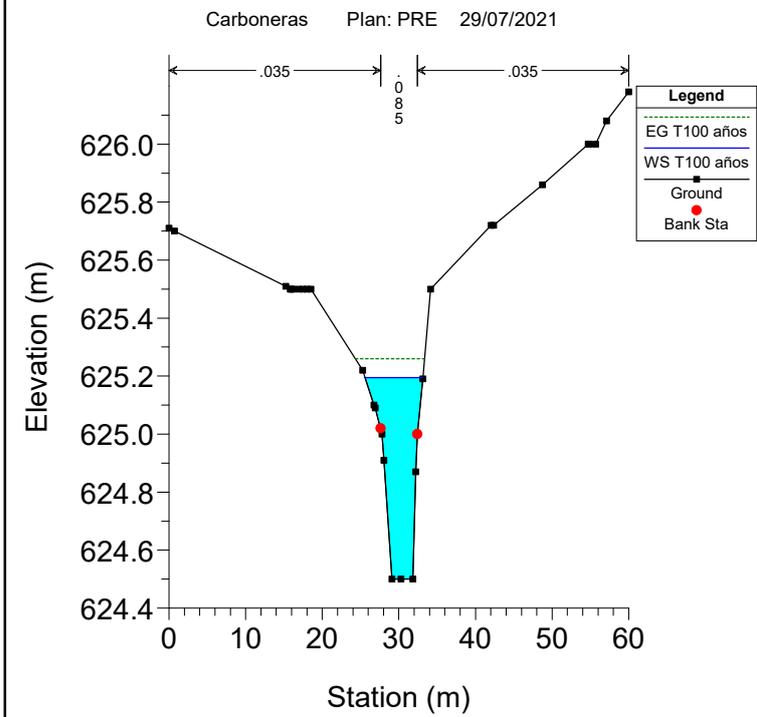
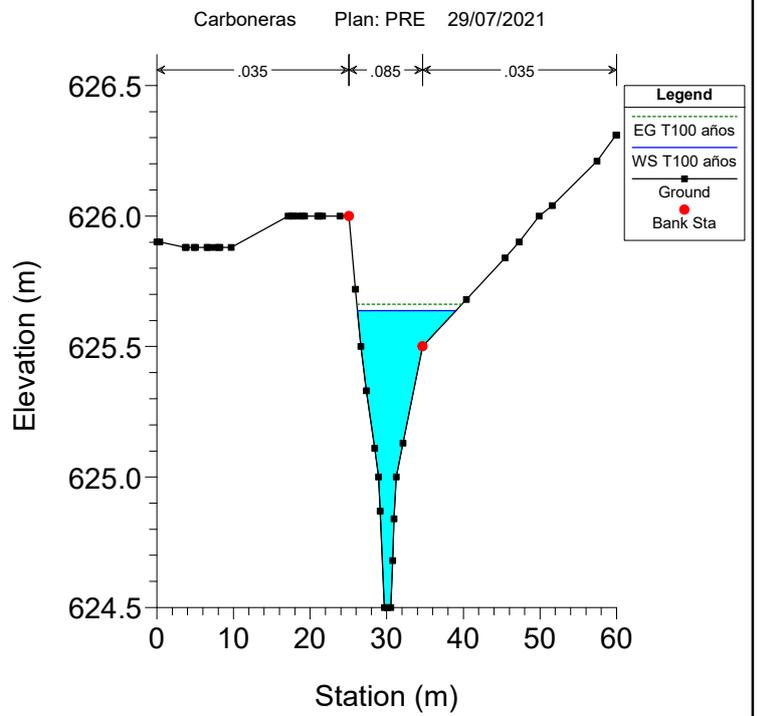
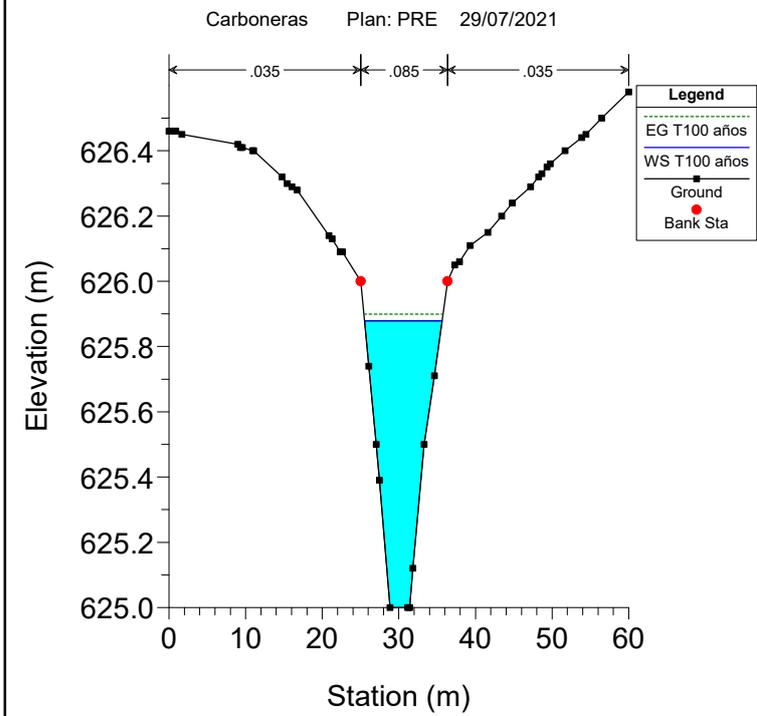
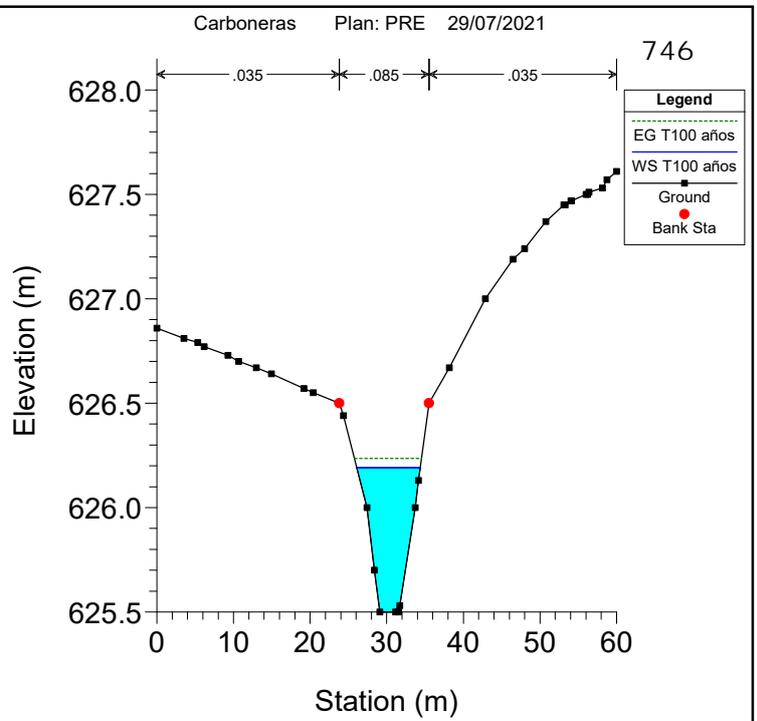
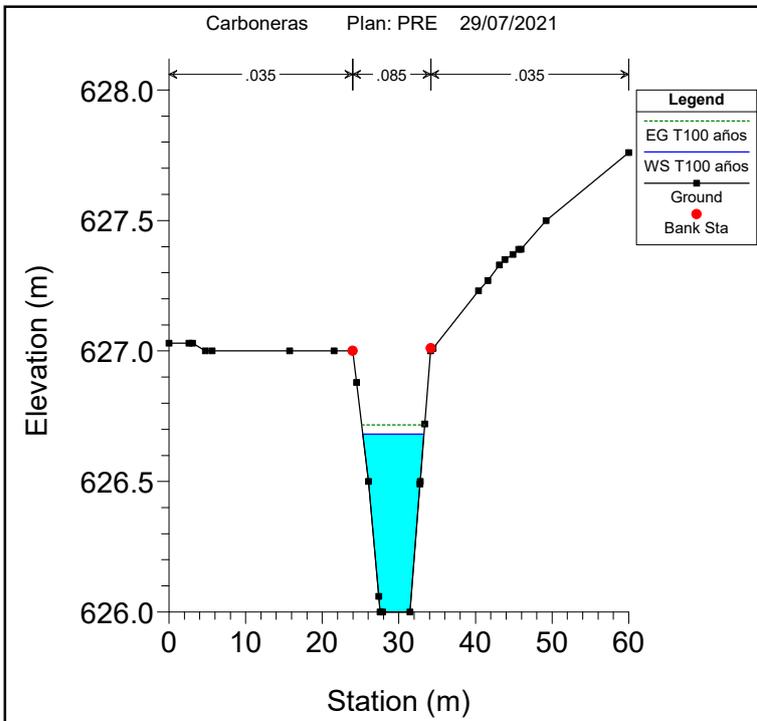
Reach	River Sta	Profile	Max Chl Dpth (m)	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Fronds # Chl 742
Tramo1	689.9999	T100 años	0.39	4.76	636.50	636.89	636.81	636.93	0.029942	0.87	3.73	16.34	0.52
Tramo1	659.9999	T100 años	0.77	4.76	636.00	636.77	636.29	636.78	0.001869	0.39	8.76	24.61	0.15
Tramo1	629.9998	T100 años	1.11	4.76	636.00	636.61	636.47	636.64	0.021542	0.83	4.06	13.83	0.46
Tramo1	599.9999	T100 años	0.33	4.76	635.00	635.30	635.30	635.40	0.108636	1.41	2.39	12.21	0.96
Tramo1	564.8722	T100 años	0.53	4.76	634.00	634.53	634.39	634.57	0.026006	0.85	3.96	14.15	0.49
Tramo1	509.9998	T100 años	0.50	4.76	632.50	633.00		633.06	0.029050	1.05	3.19	8.38	0.54
Tramo1	479.9998	T100 años	0.52	4.76	632.00	632.52		632.54	0.011066	0.64	5.22	14.94	0.33
Tramo1	449.9998	T100 años	0.78	4.76	631.50	632.28	631.94	632.30	0.006097	0.66	5.18	14.89	0.27
Tramo1	435		Bridge										
Tramo1	419.9999	T100 años	0.39	4.76	631.00	631.39		631.44	0.032520	0.95	3.52	11.70	0.55
Tramo1	389.9998	T100 años	0.71	4.76	630.15	630.86		630.89	0.011610	0.70	4.80	11.67	0.35
Tramo1	359.9999	T100 años	0.57	4.76	629.50	630.07	630.07	630.20	0.061149	1.60	2.17	8.64	0.78
Tramo1	329.9999	T100 años	0.89	4.76	628.80	629.69		629.72	0.006793	0.68	4.98	18.25	0.28
Tramo1	299.9998	T100 años	0.83	4.76	628.50	629.33		629.38	0.020571	1.00	3.33	6.98	0.46
Tramo1	269.9998	T100 años	0.79	4.76	628.00	628.79		628.84	0.016117	0.96	3.47	6.36	0.42
Tramo1	239.9999	T100 años	0.45	4.76	627.50	627.95		628.03	0.052561	1.30	2.57	7.58	0.71
Tramo1	209.9997	T100 años	0.63	4.76	626.50	627.13		627.17	0.017558	0.94	3.57	7.42	0.43
Tramo1	180.0001	T100 años	0.68	4.76	626.00	626.68		626.72	0.013268	0.84	3.99	7.97	0.38
Tramo1	149.9999	T100 años	0.69	4.76	625.50	626.19		626.24	0.019785	0.93	3.58	8.28	0.45
Tramo1	119.9999	T100 años	0.88	4.76	625.00	625.88		625.90	0.006955	0.63	5.31	10.13	0.28
Tramo1	89.99979	T100 años	1.14	4.76	624.50	625.64		625.66	0.009003	0.71	4.82	12.87	0.31
Tramo1	59.99975	T100 años	0.69	4.76	624.50	625.19		625.26	0.021341	1.14	2.99	7.56	0.48
Tramo1	29.99974	T100 años	0.97	4.76	624.00	624.97		624.99	0.004584	0.56	5.91	9.55	0.23
Tramo1	4.255023	T100 años	0.94	4.76	624.00	624.56	624.56	624.66	0.100535	1.37	2.43	12.45	0.92

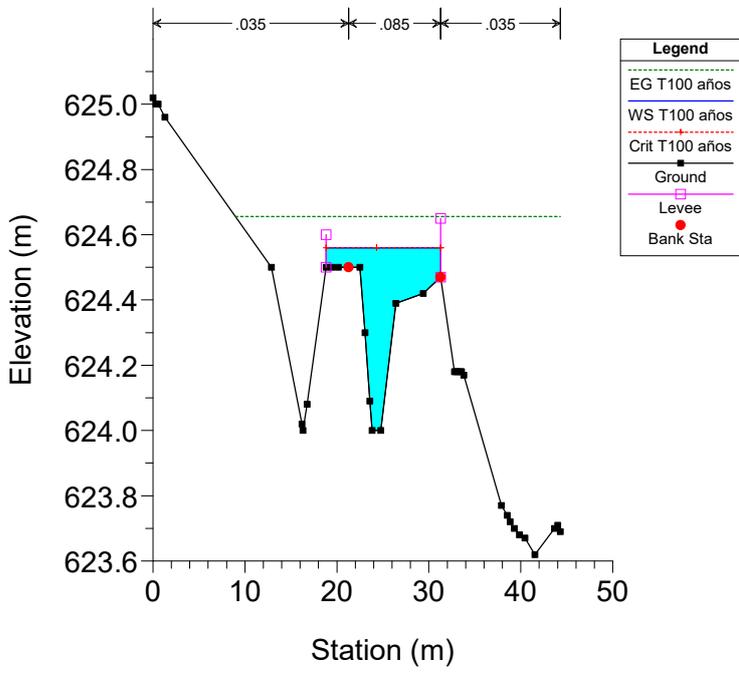
No Data for Plot





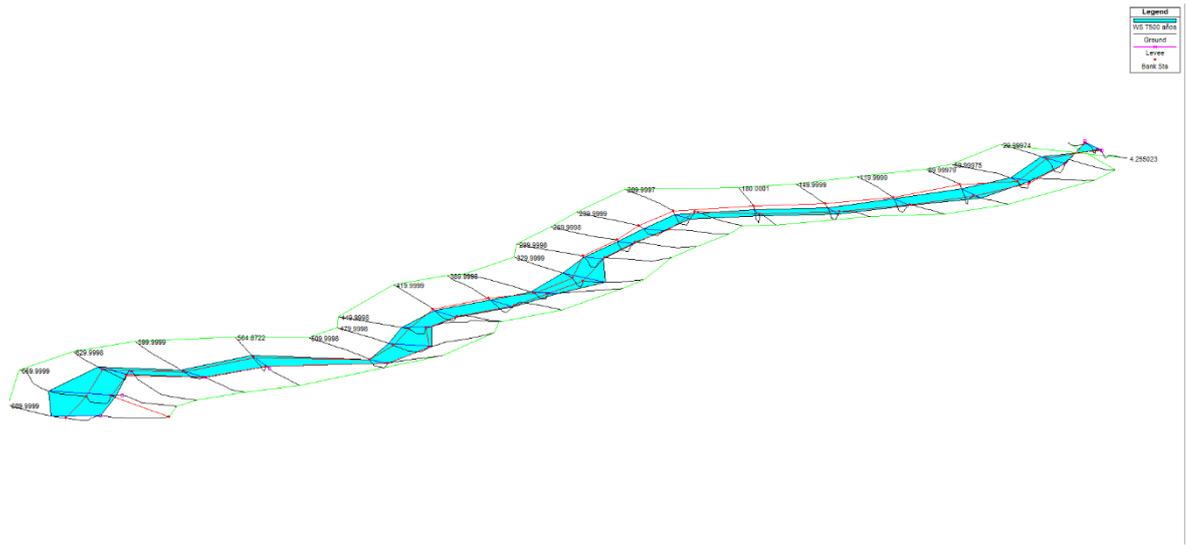






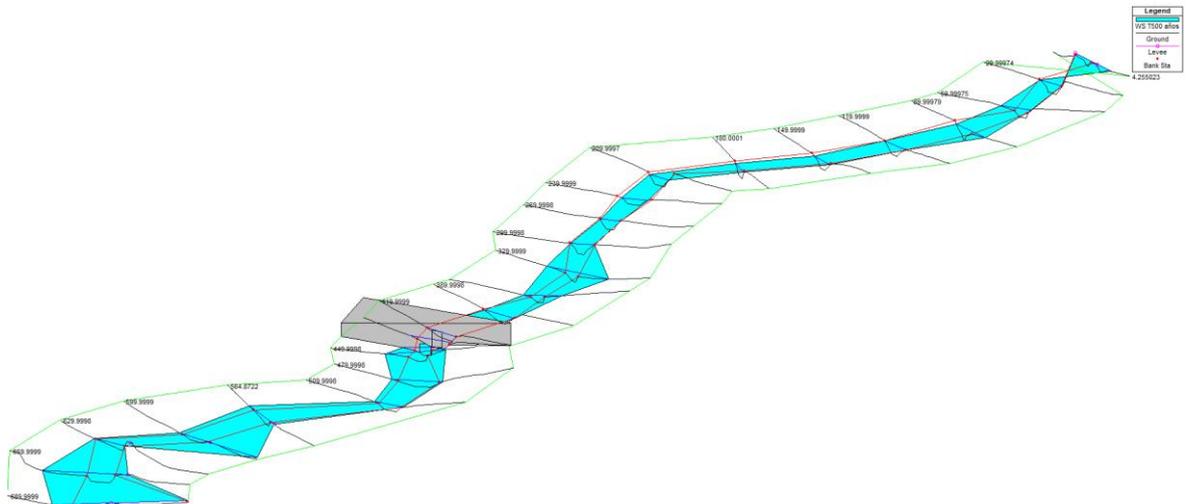
Anexo nº 3.- Imágenes, gráficos y tablas de la modelación hidráulica para la avenida de período de retorno de 500 años

T=500 años - Situación Actual:



Vista oblicua del modelo para período de retorno T 500 años según modelo HecRas. Preoperacional

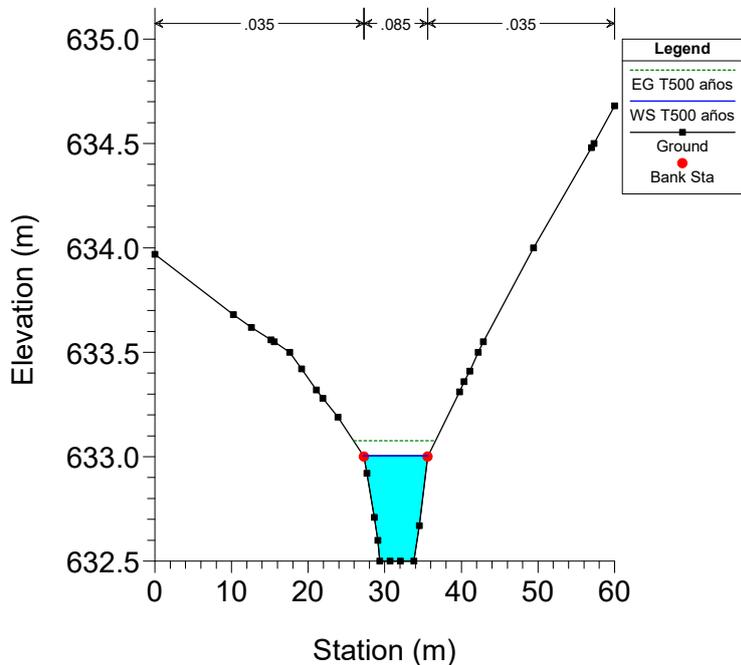
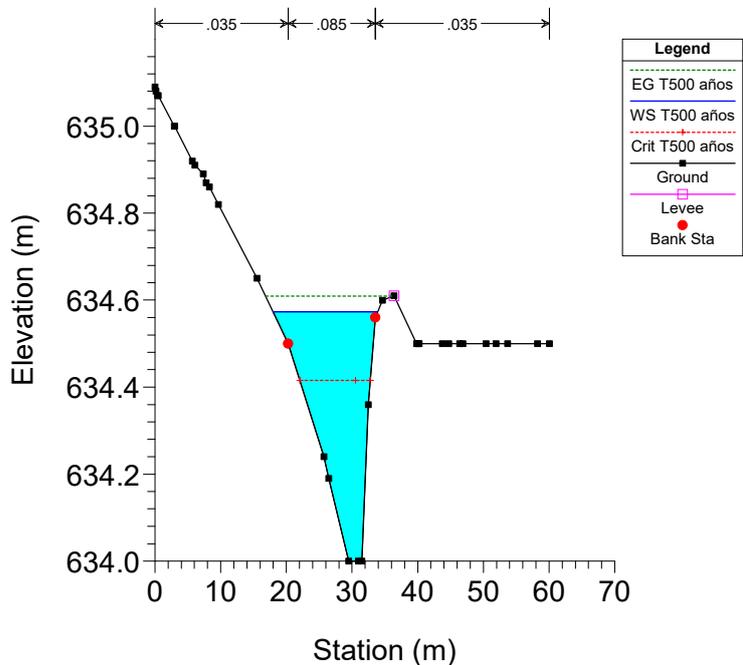
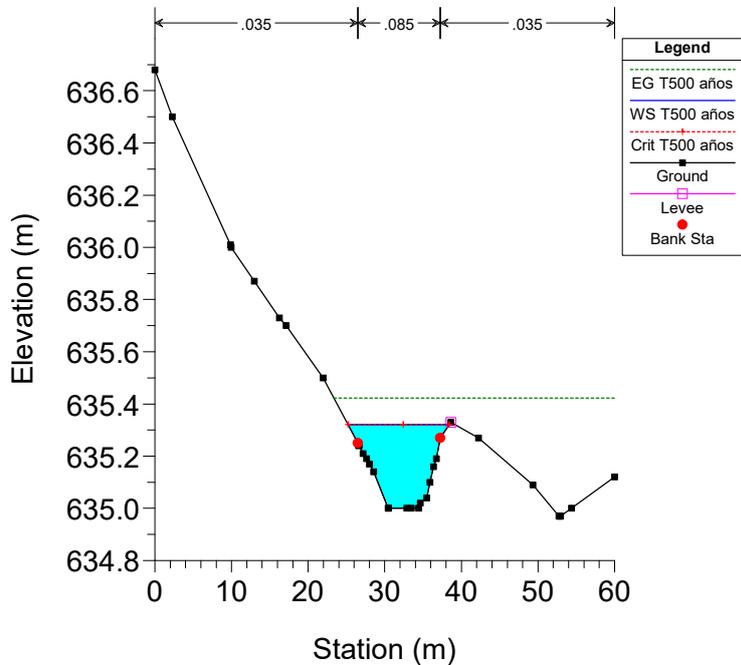
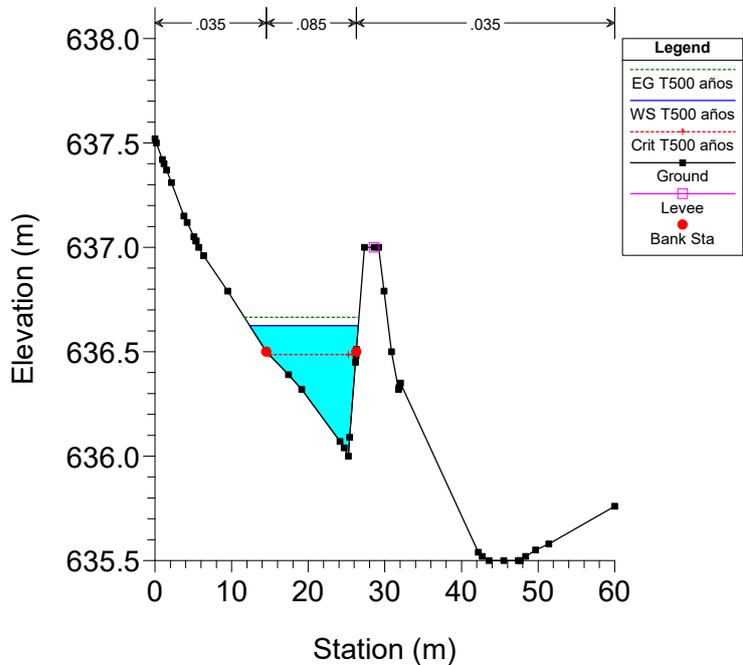
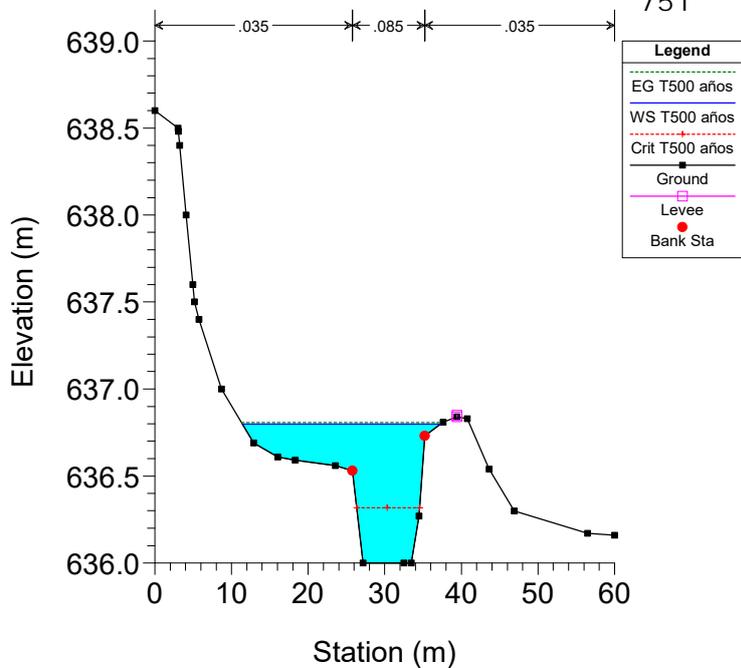
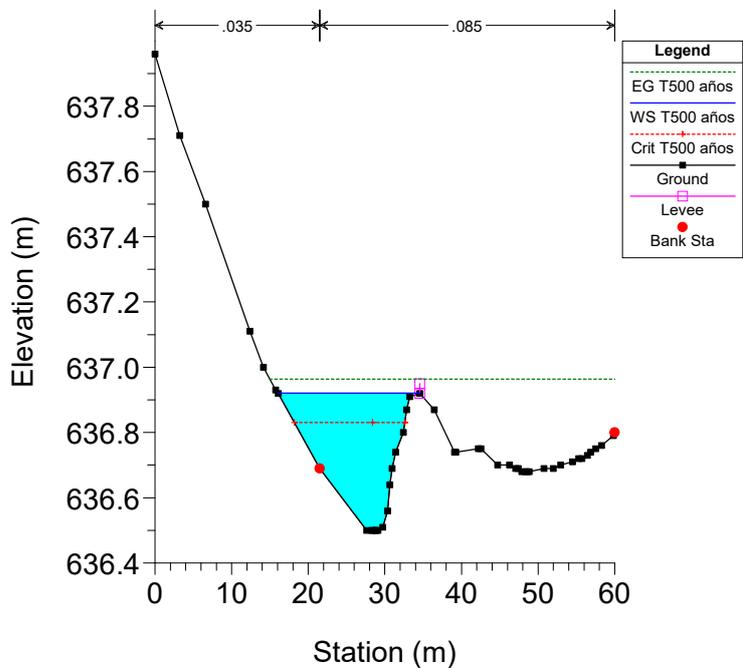
T=500 años - Situación Futura:

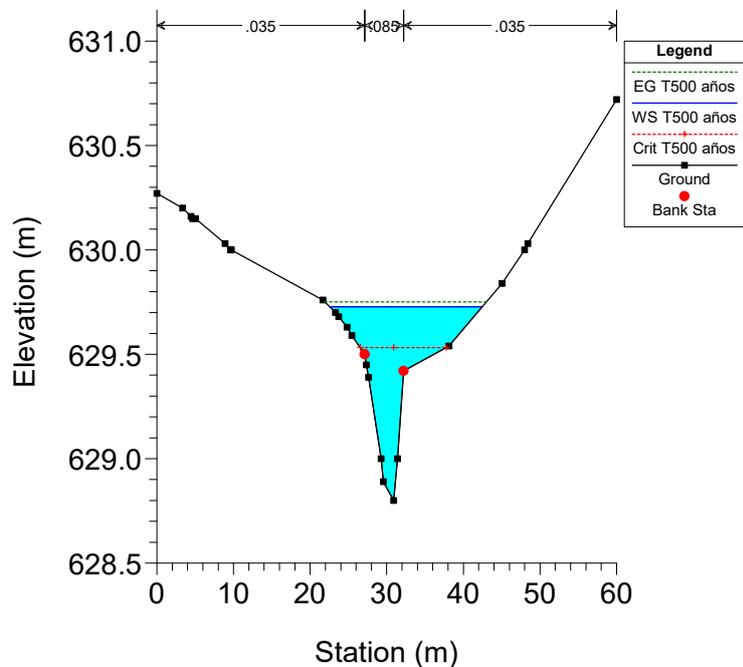
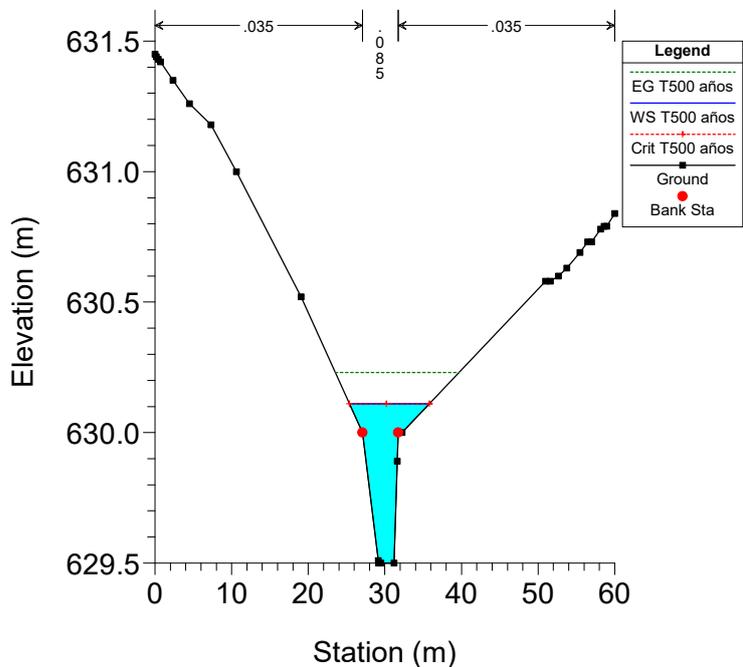
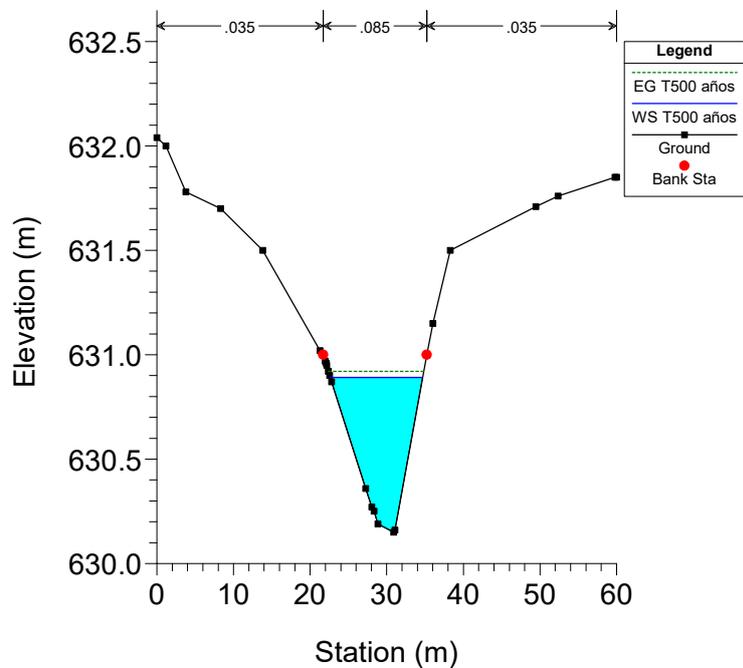
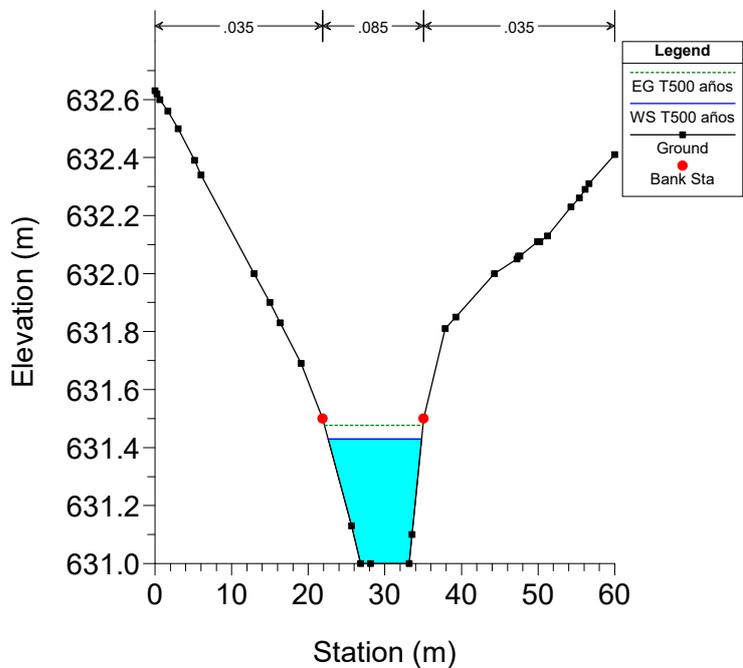
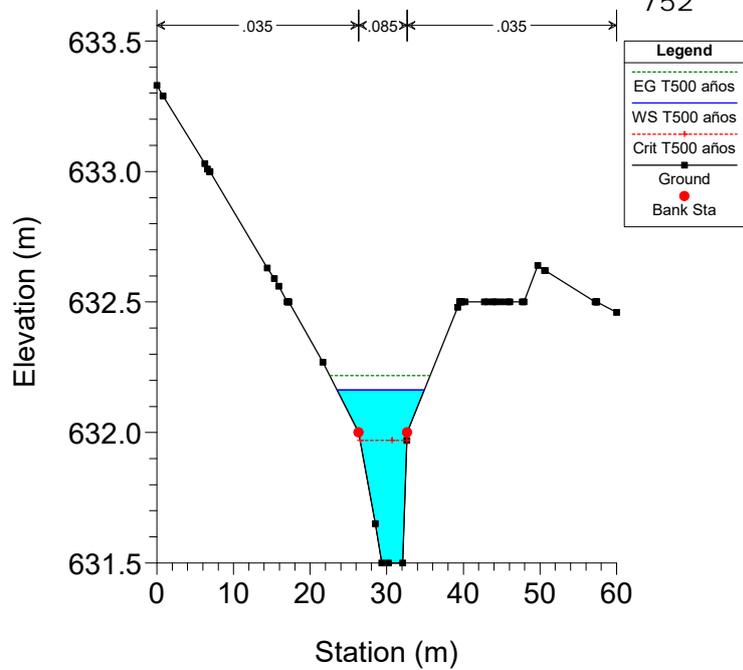
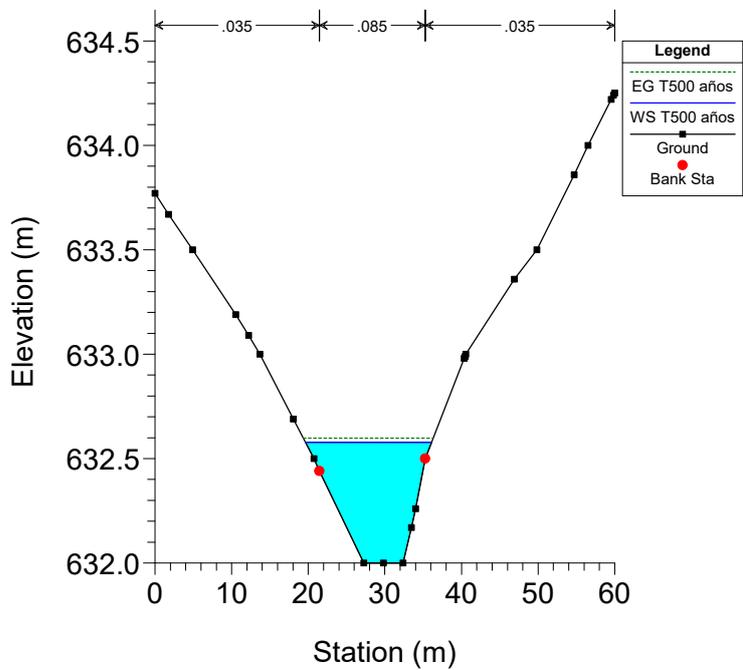


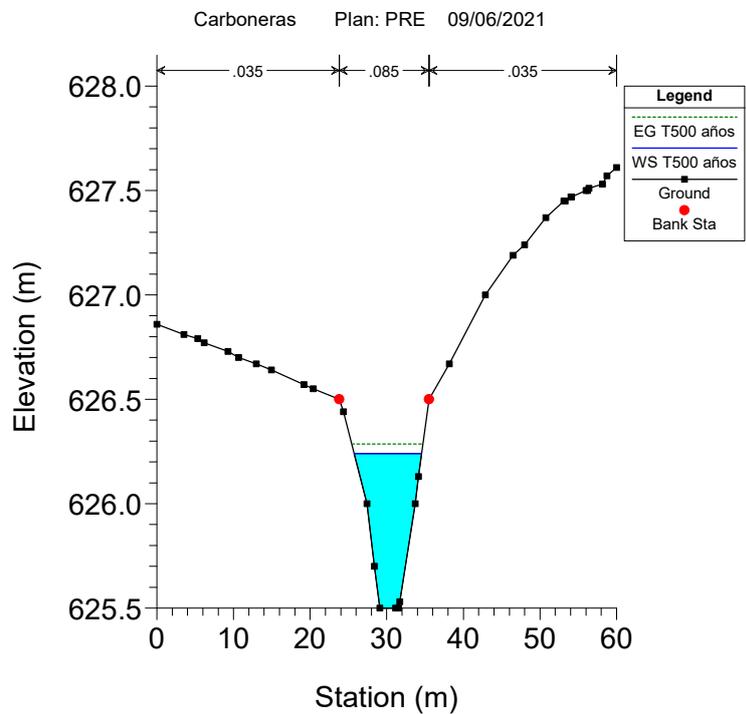
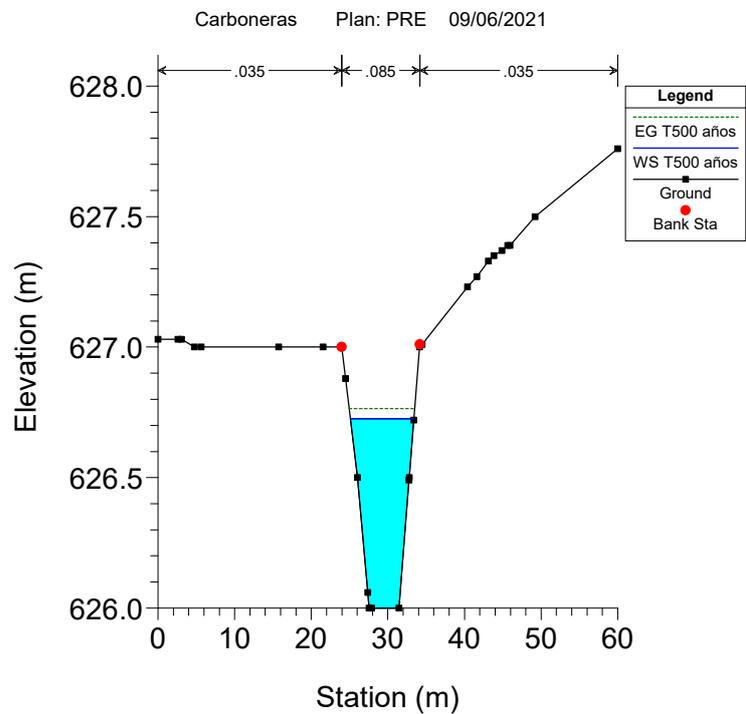
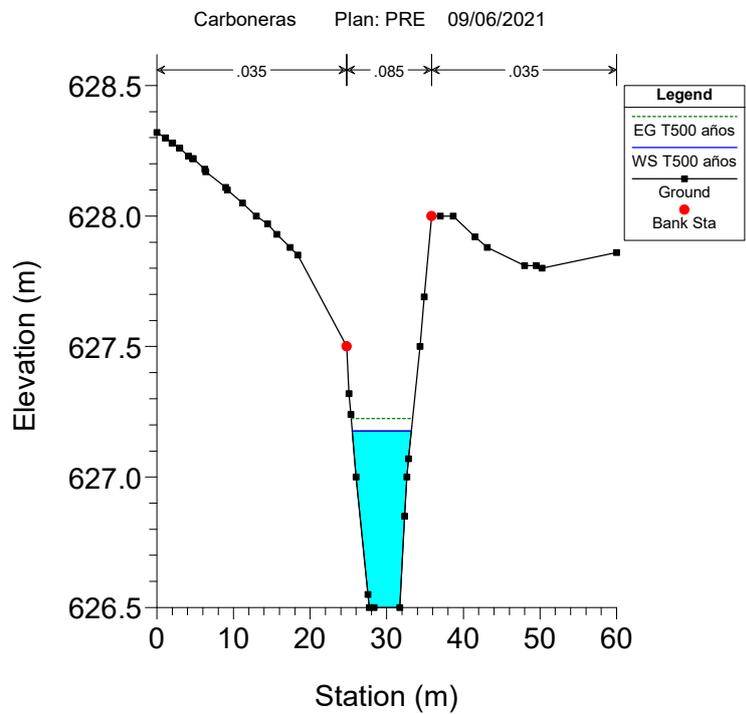
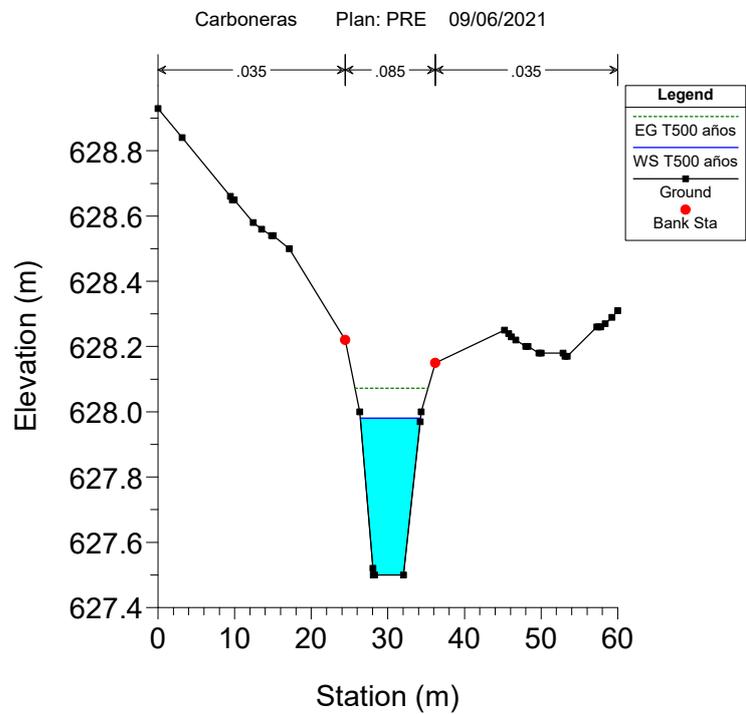
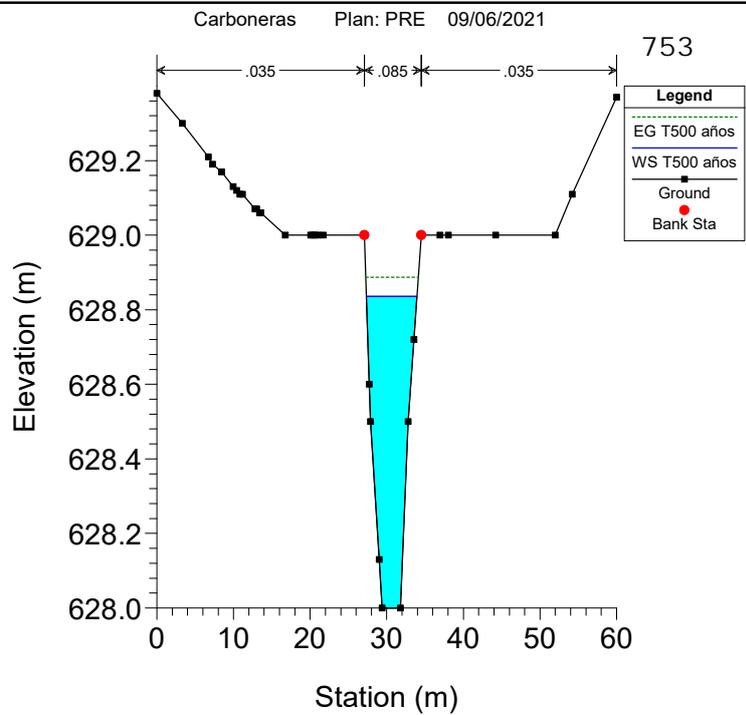
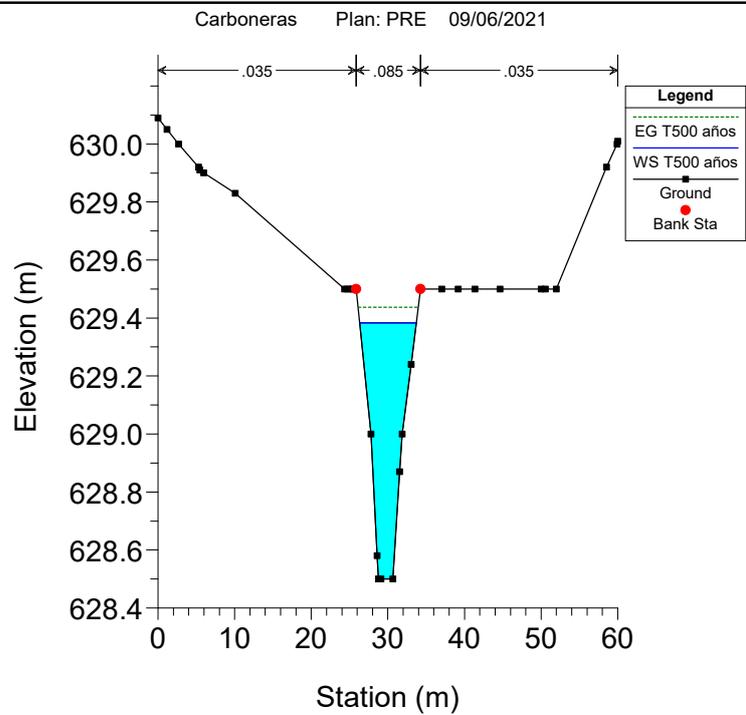
Vista oblicua del modelo para período de retorno T 500 años según modelo HecRas. Posoperacional

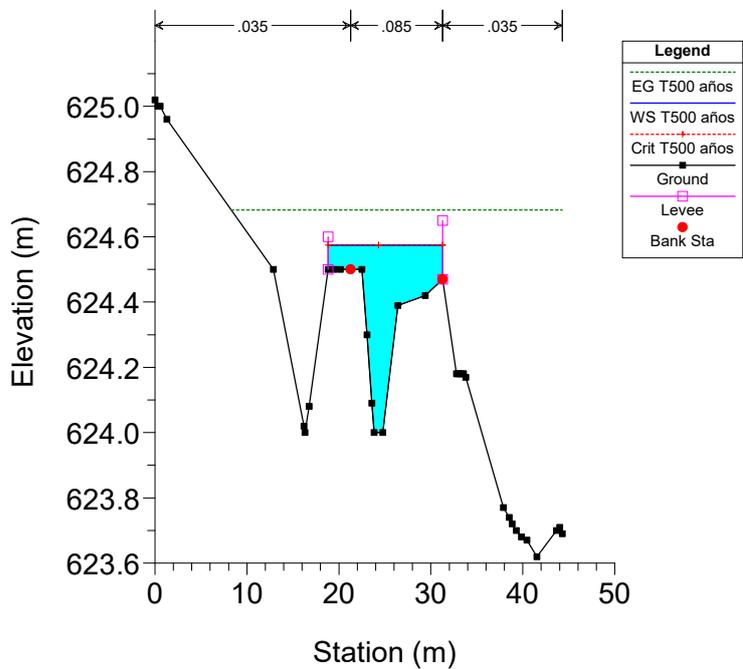
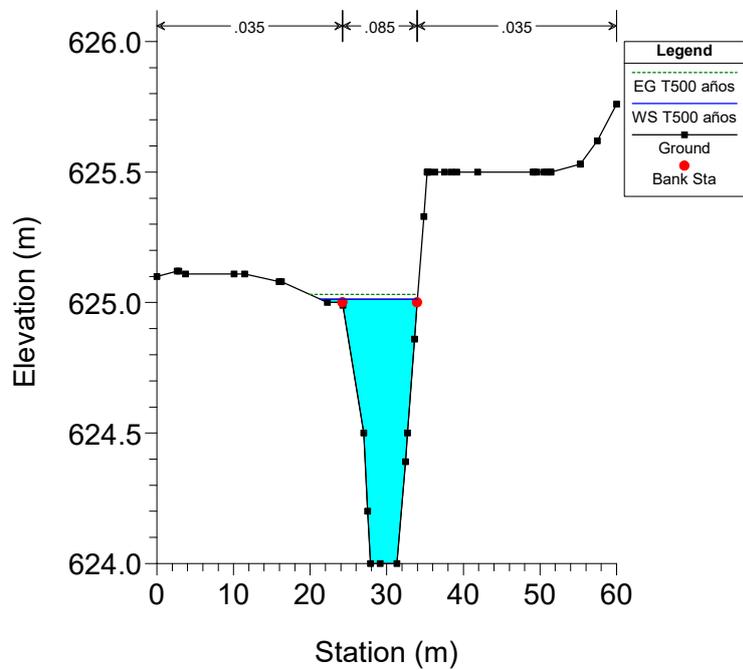
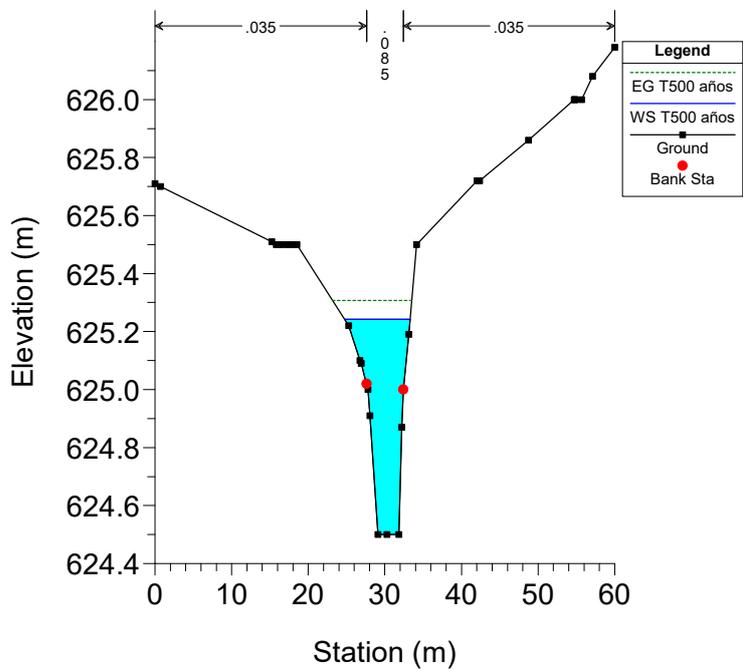
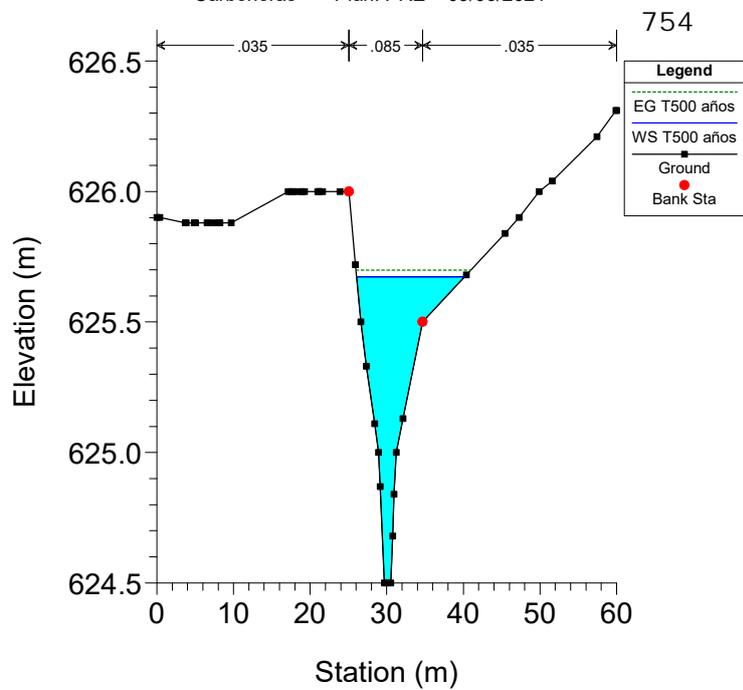
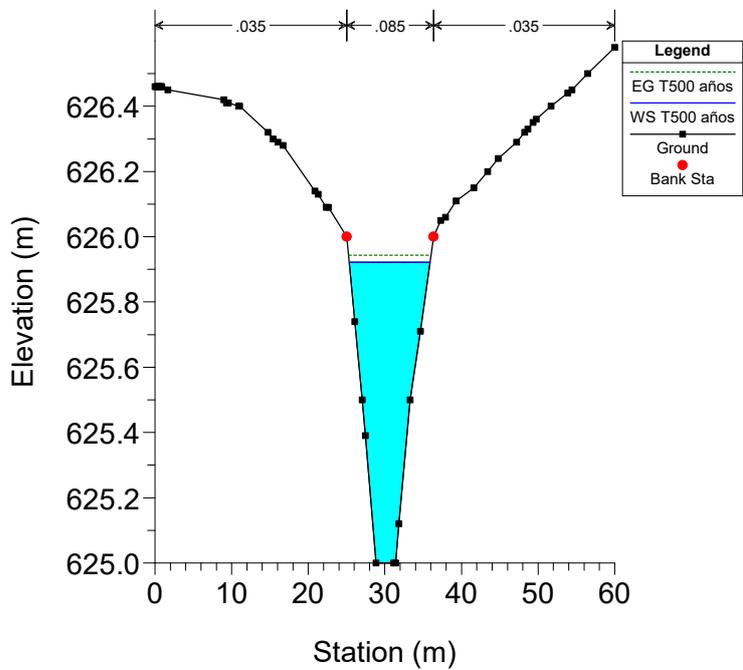
Tablas y gráficos de las secciones de diseño. Situación actual

Reach	River Sta	Profile	Max Chl Dpth (m)	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)	Friction # Chl 750
Tramo1	689.9999	T500 años	0.42	4.95	636.50	636.92	636.83	636.96	0.029319	0.85	4.23	18.53	0.52
Tramo1	659.9999	T500 años	0.80	4.95	636.00	636.80	636.32	636.81	0.001899	0.40	9.47	25.84	0.15
Tramo1	629.9998	T500 años	1.13	4.95	636.00	636.63	636.49	636.67	0.022770	0.88	4.33	14.20	0.47
Tramo1	599.9999	T500 años	0.35	4.95	635.00	635.32	635.32	635.42	0.095980	1.42	2.70	13.21	0.92
Tramo1	564.8722	T500 años	0.57	4.95	634.00	634.57	634.42	634.61	0.021859	0.84	4.56	15.94	0.46
Tramo1	509.9998	T500 años	0.50	4.95	632.50	633.00		633.08	0.036748	1.18	3.21	8.45	0.61
Tramo1	479.9998	T500 años	0.58	4.95	632.00	632.58		632.60	0.008435	0.62	6.17	16.45	0.30
Tramo1	449.9998	T500 años	0.66	4.95	631.50	632.16	631.97	632.22	0.020421	1.06	3.69	11.37	0.47
Tramo1	419.9999	T500 años	0.43	4.95	631.00	631.43		631.48	0.030186	0.96	3.95	12.21	0.54
Tramo1	389.9998	T500 años	0.74	4.95	630.15	630.89		630.92	0.012363	0.74	5.15	12.08	0.36
Tramo1	359.9999	T500 años	0.61	4.95	629.50	630.11	630.11	630.23	0.053303	1.58	2.53	10.44	0.74
Tramo1	329.9999	T500 años	0.93	4.95	628.80	629.73	629.53	629.75	0.006228	0.67	5.62	19.90	0.27
Tramo1	299.9998	T500 años	0.88	4.95	628.50	629.38		629.44	0.020250	1.02	3.70	7.42	0.46
Tramo1	269.9998	T500 años	0.84	4.95	628.00	628.84		628.89	0.016654	1.01	3.76	6.60	0.43
Tramo1	239.9999	T500 años	0.48	4.95	627.50	627.98		628.07	0.051598	1.34	2.83	7.85	0.71
Tramo1	209.9997	T500 años	0.68	4.95	626.50	627.18		627.22	0.017406	0.97	3.92	7.72	0.43
Tramo1	180.0001	T500 años	0.73	4.95	626.00	626.73		626.76	0.013471	0.87	4.35	8.27	0.38
Tramo1	149.9999	T500 años	0.74	4.95	625.50	626.24		626.29	0.019222	0.95	3.99	8.80	0.45
Tramo1	119.9999	T500 años	0.92	4.95	625.00	625.92		625.94	0.007266	0.66	5.75	10.56	0.29
Tramo1	89.99979	T500 años	1.17	4.95	624.50	625.67		625.70	0.009053	0.73	5.29	14.08	0.31
Tramo1	59.99975	T500 años	0.74	4.95	624.50	625.24		625.31	0.019752	1.16	3.37	8.54	0.47
Tramo1	29.99974	T500 años	1.01	4.95	624.00	625.01		625.03	0.004896	0.60	6.34	12.70	0.24
Tramo1	4.255023	T500 años	0.95	4.95	624.00	624.57	624.57	624.68	0.102018	1.44	2.61	12.45	0.93





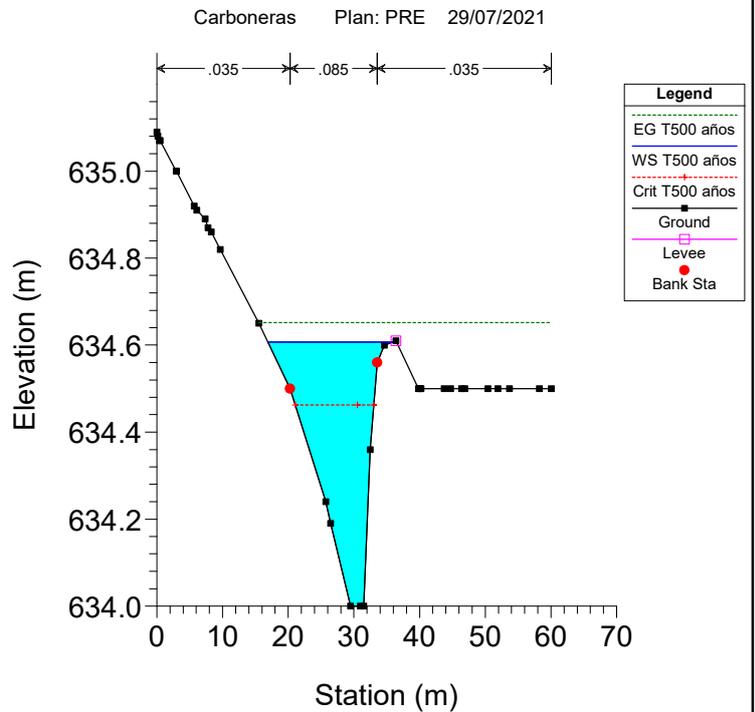
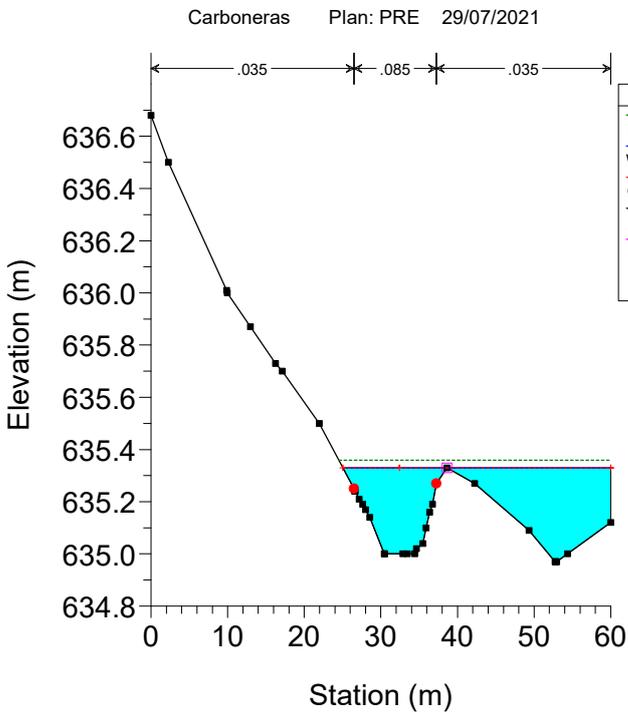
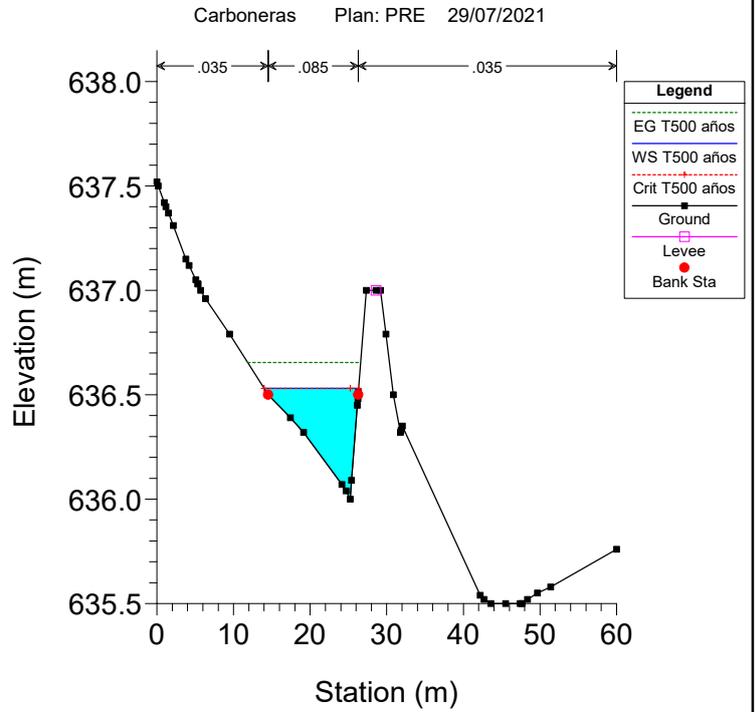
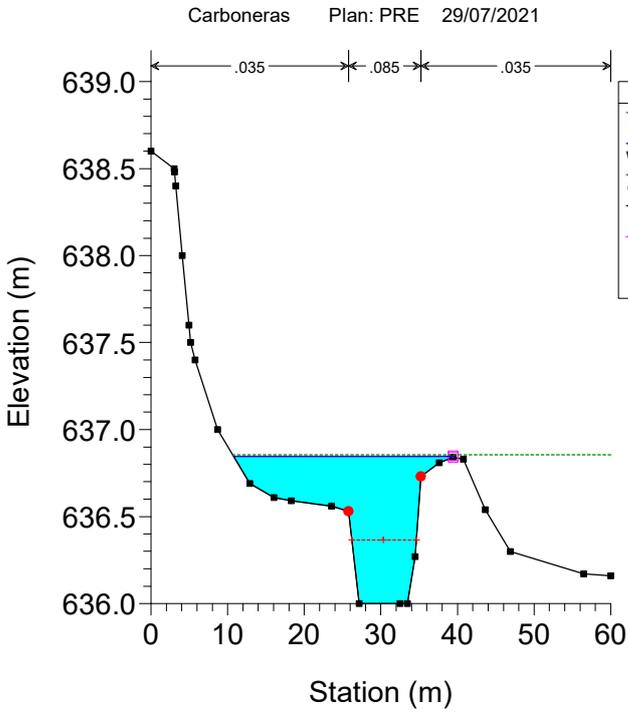
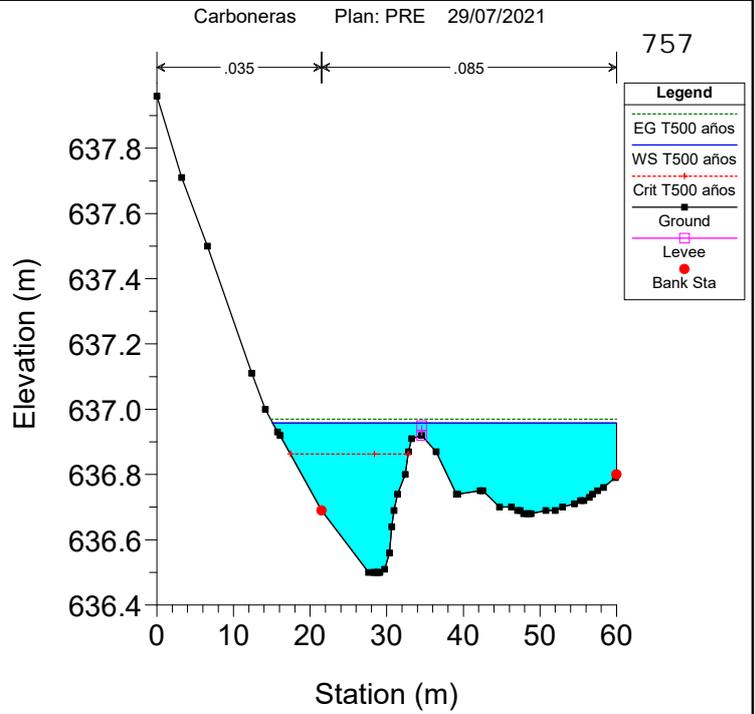


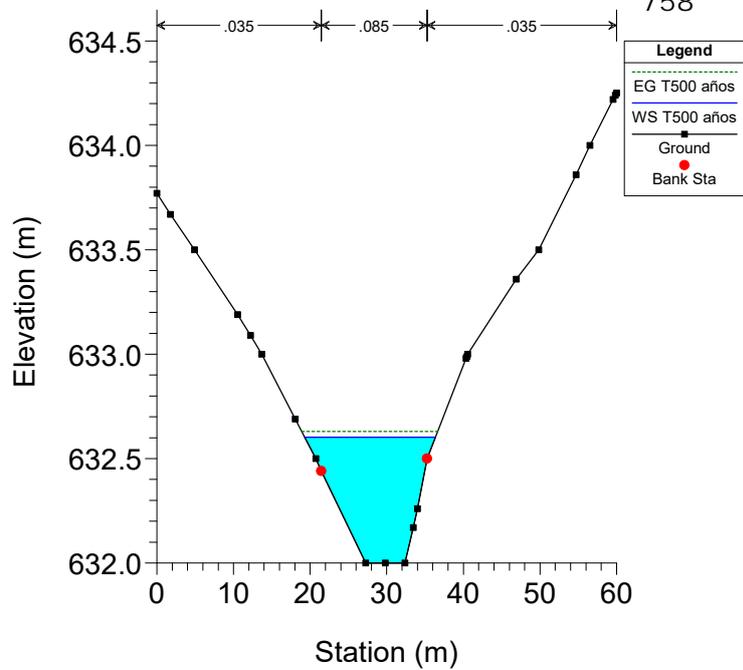
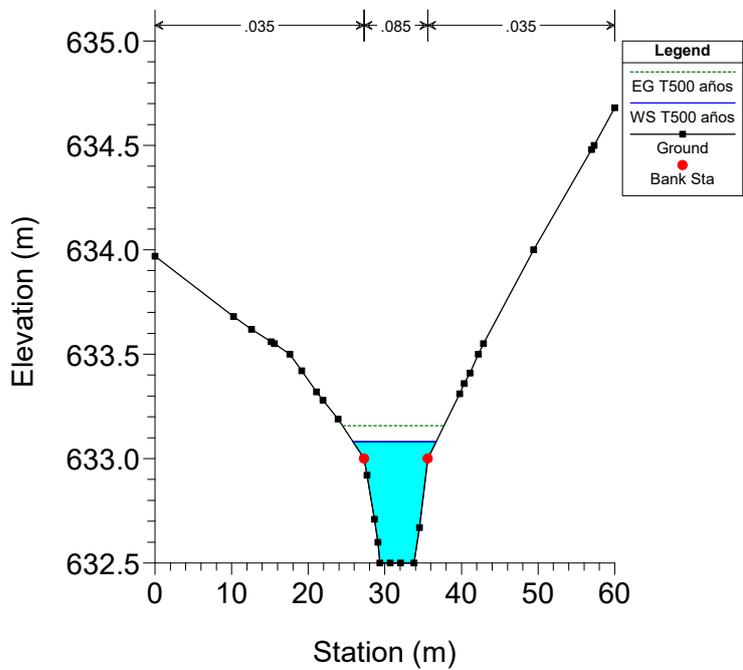


Tablas y gráficos de las secciones de diseño. Situación futura

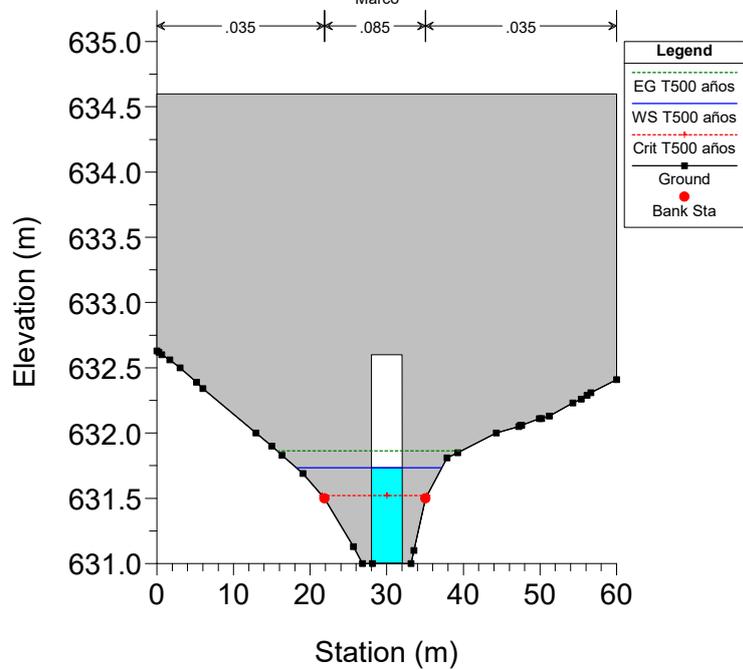
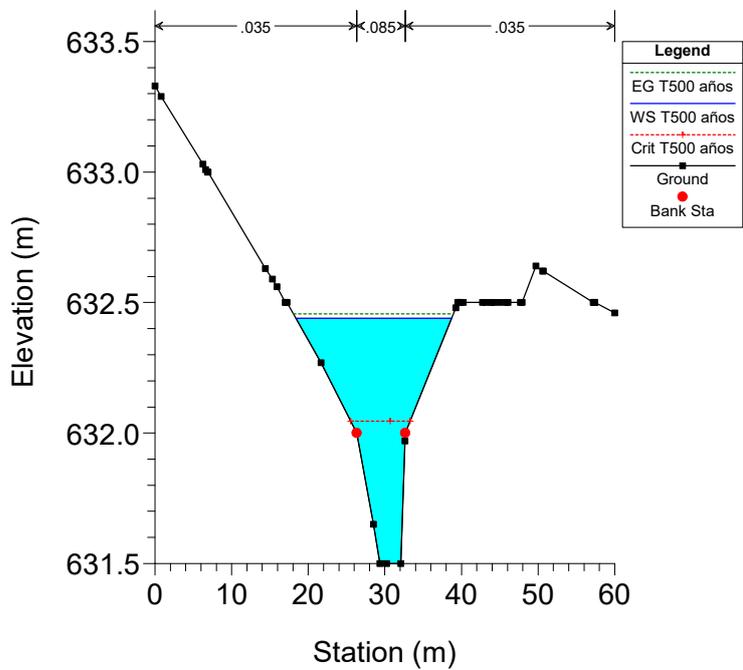
Reach	River Sta	Profile	Max Chl Dpth (m)	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Friction # Chl
Tramo1	689.9999	T500 años	0.46	6.63	636.50	636.96	636.86	636.97	0.008779	0.43	10.45	44.91	0.28
Tramo1	659.9999	T500 años	0.85	6.63	636.00	636.85	636.37	636.86	0.002043	0.43	10.75	28.63	0.16
Tramo1	629.9998	T500 años	1.03	6.63	636.00	636.53	636.53	636.65	0.107966	1.56	3.06	12.34	0.98
Tramo1	599.9999	T500 años	0.36	6.63	635.00	635.33	635.33	635.36	0.007925	0.42	7.10	34.96	0.27
Tramo1	564.8722	T500 años	0.61	6.63	634.00	634.61	634.46	634.65	0.024273	0.94	5.14	19.01	0.49
Tramo1	509.9998	T500 años	0.58	6.63	632.50	633.08		633.16	0.030812	1.22	3.95	10.85	0.57
Tramo1	479.9998	T500 años	0.60	6.63	632.00	632.60		632.63	0.010860	0.73	6.59	17.07	0.34
Tramo1	449.9998	T500 años	0.94	6.63	631.50	632.44	632.05	632.46	0.003476	0.58	8.06	20.29	0.21
Tramo1	435		Bridge										
Tramo1	419.9999	T500 años	0.50	6.63	631.00	631.50		631.55	0.027168	0.99	4.82	13.17	0.52
Tramo1	389.9998	T500 años	0.80	6.63	630.15	630.95		630.99	0.013477	0.81	5.89	12.83	0.38
Tramo1	359.9999	T500 años	0.66	6.63	629.50	630.16	630.16	630.28	0.047618	1.60	3.14	12.95	0.71
Tramo1	329.9999	T500 años	0.99	6.63	628.80	629.79	629.59	629.82	0.005237	0.66	7.06	23.98	0.25
Tramo1	299.9998	T500 años	0.98	6.63	628.50	629.48		629.54	0.019513	1.06	4.48	8.26	0.46
Tramo1	269.9998	T500 años	0.93	6.63	628.00	628.93		628.99	0.017420	1.09	4.37	7.06	0.44
Tramo1	239.9999	T500 años	0.56	6.63	627.50	628.06		628.15	0.050475	1.37	3.48	9.21	0.71
Tramo1	209.9997	T500 años	0.77	6.63	626.50	627.27		627.32	0.017193	1.03	4.65	8.29	0.44
Tramo1	180.0001	T500 años	0.81	6.63	626.00	626.81		626.86	0.013870	0.94	5.08	8.86	0.40
Tramo1	149.9999	T500 años	0.83	6.63	625.50	626.33		626.38	0.018304	0.98	4.84	9.78	0.45
Tramo1	119.9999	T500 años	1.00	6.63	625.00	626.00		626.02	0.008072	0.73	6.56	11.30	0.30
Tramo1	89.99979	T500 años	1.24	6.63	624.50	625.74		625.77	0.009119	0.78	6.25	16.28	0.32
Tramo1	59.99975	T500 años	0.82	6.63	624.50	625.32		625.39	0.017595	1.19	4.15	10.77	0.45
Tramo1	29.99974	T500 años	0.95	6.63	624.00	624.95		624.99	0.010160	0.83	5.72	9.38	0.34
Tramo1	4.255023	T500 años	0.98	6.63	624.00	624.60	624.60	624.66	0.014919	0.59	5.19	20.97	0.36

No Data for Plot

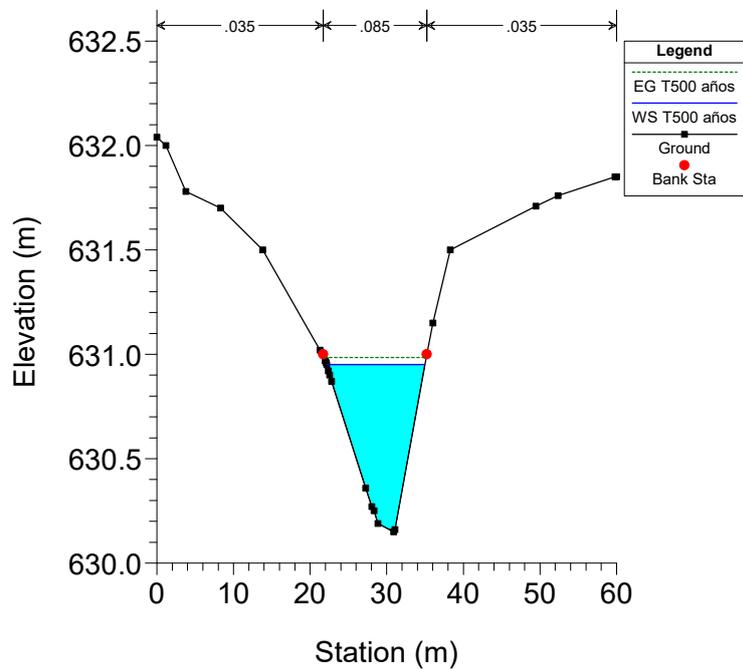
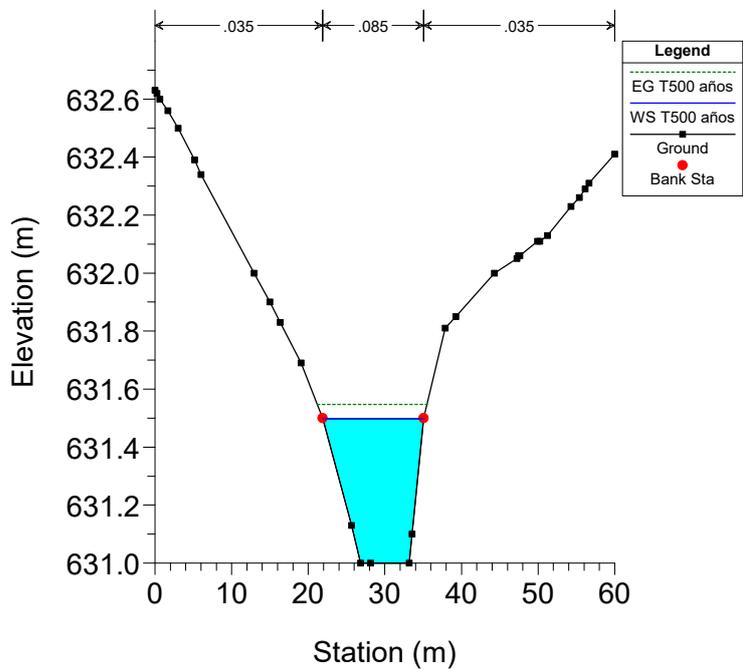


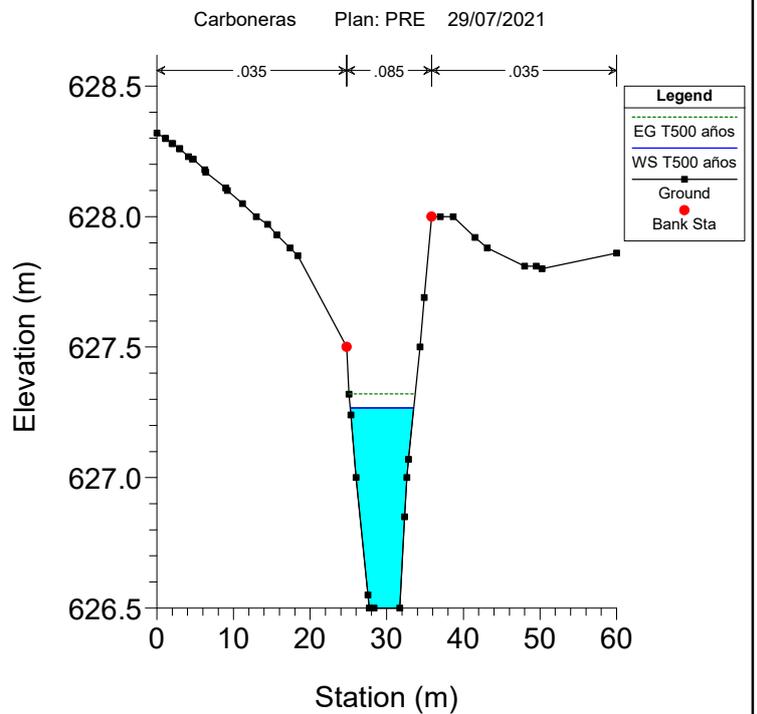
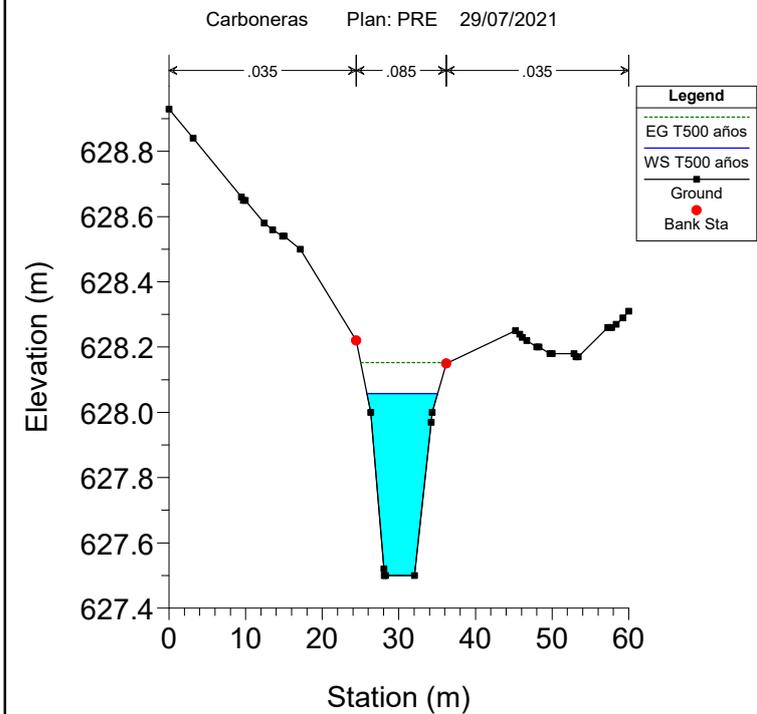
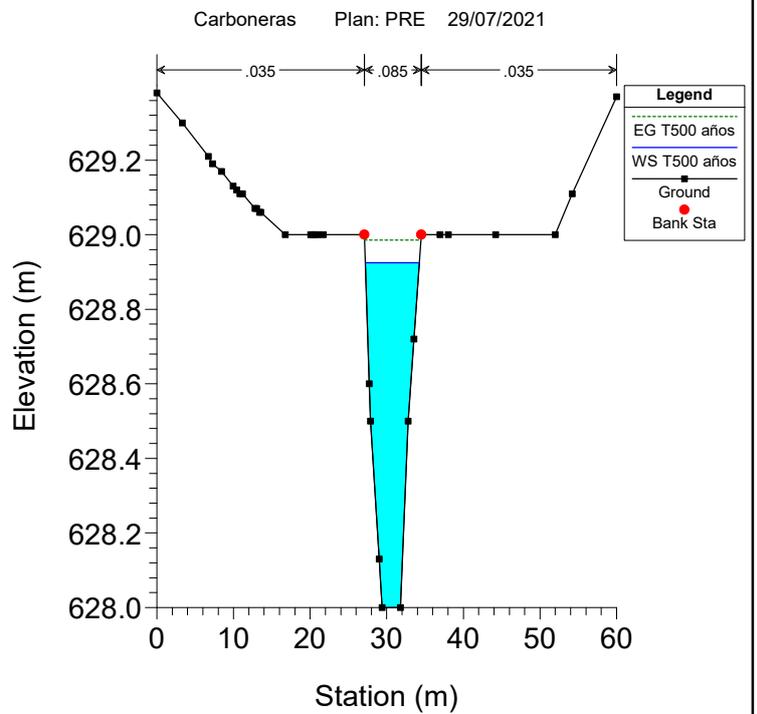
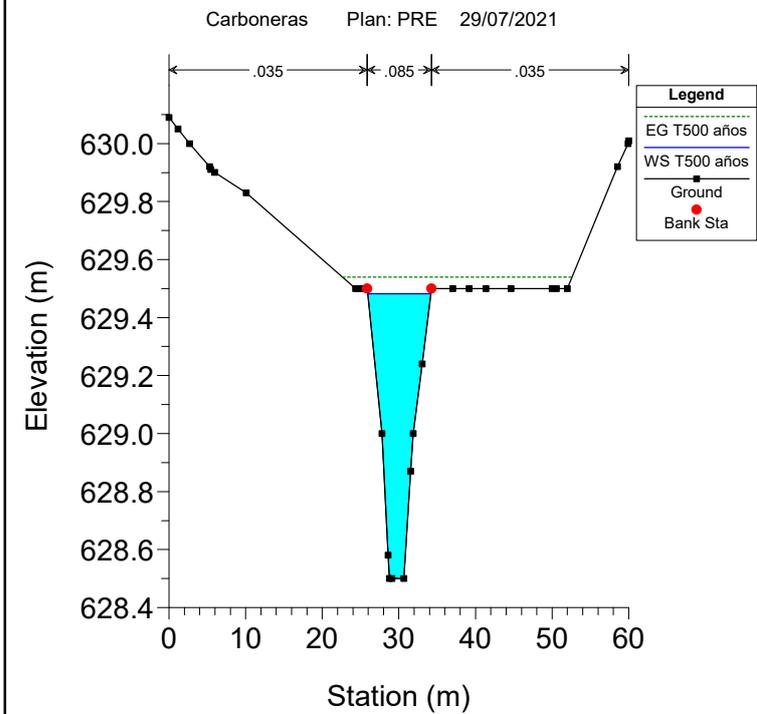
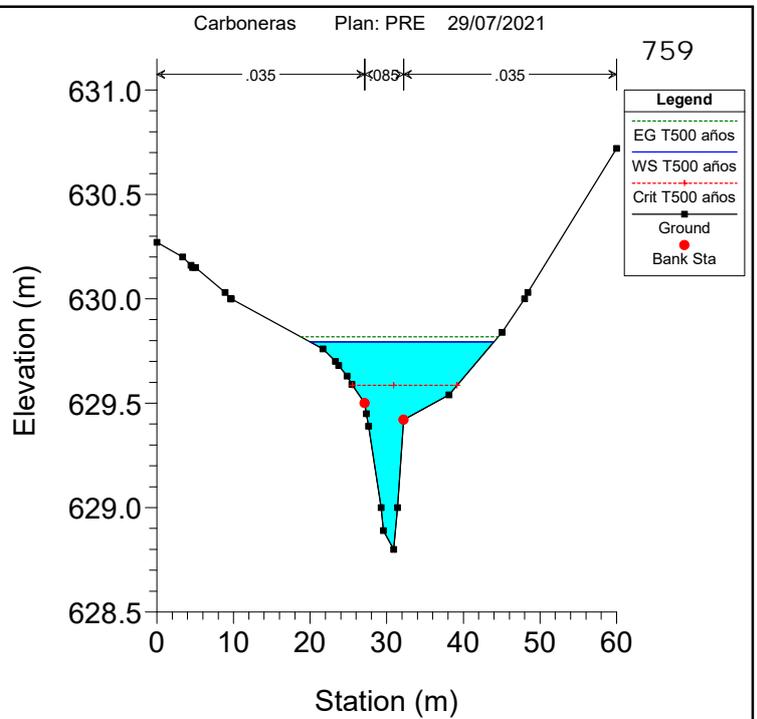
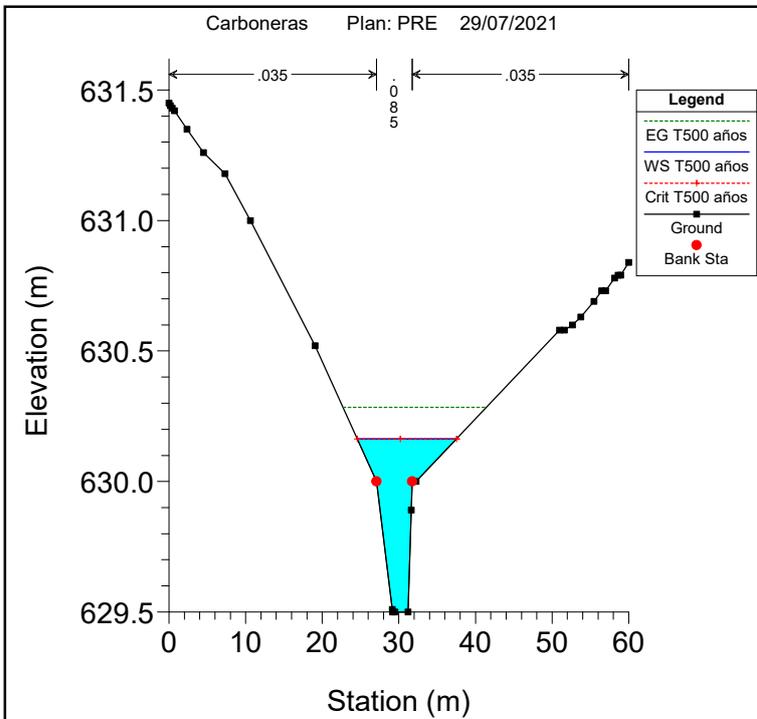


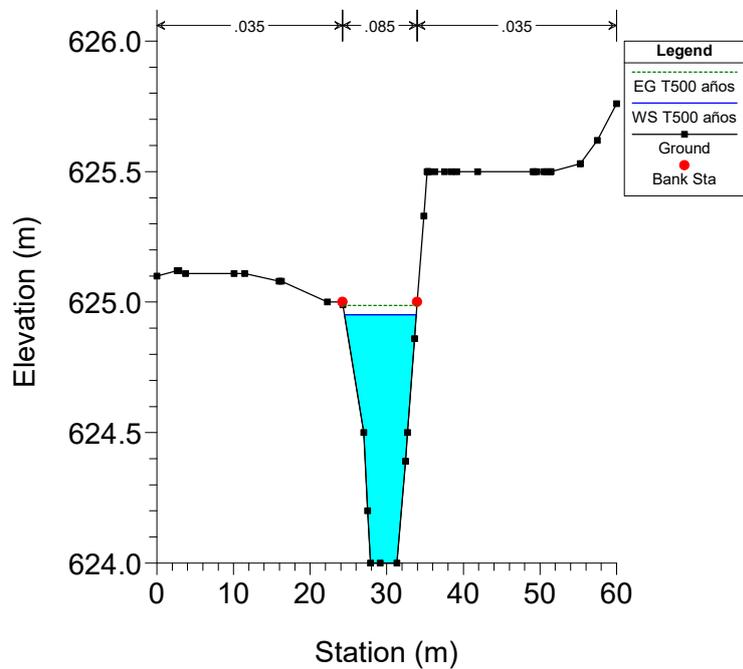
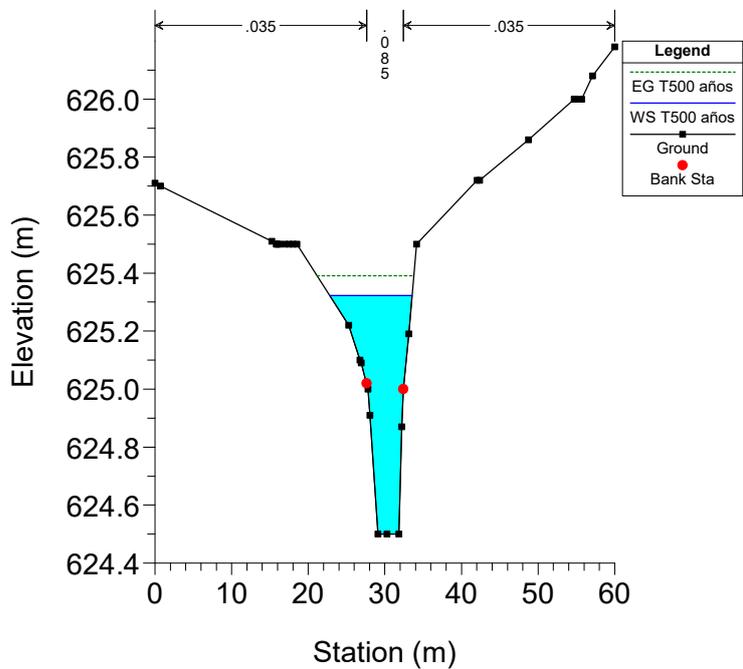
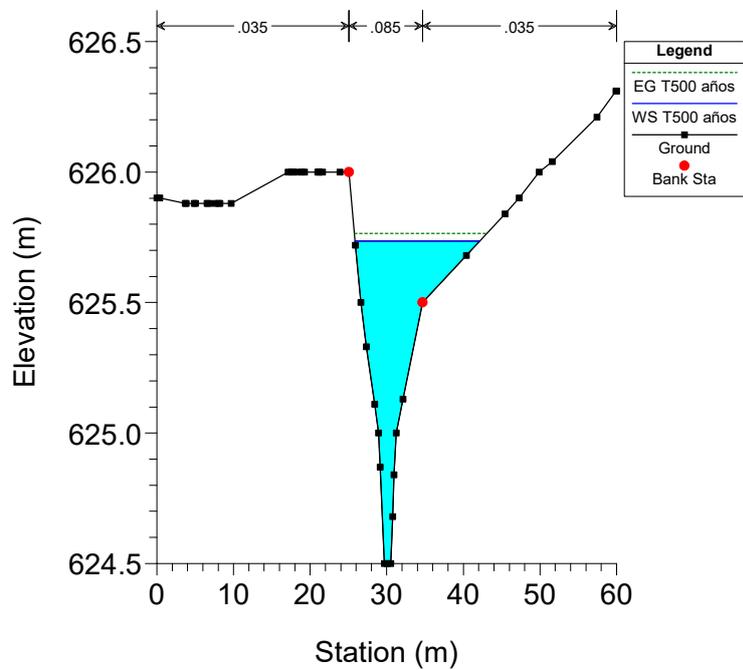
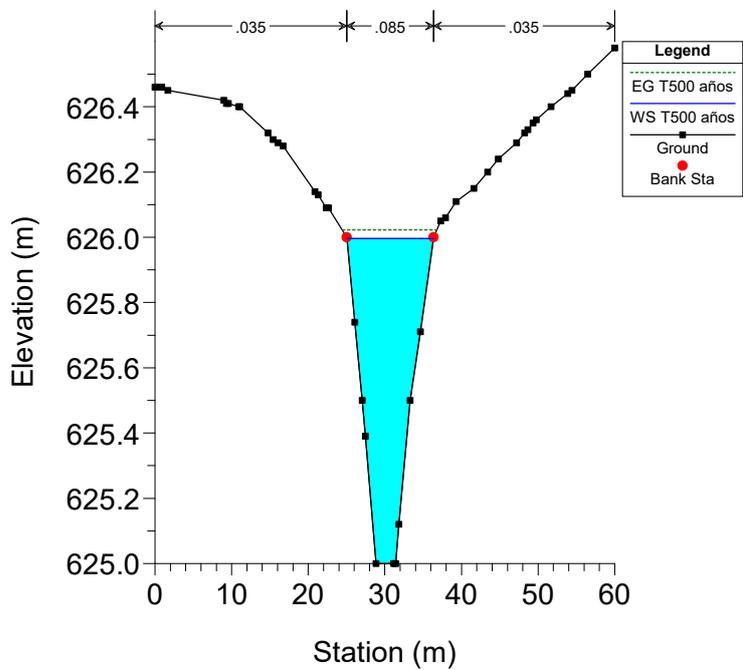
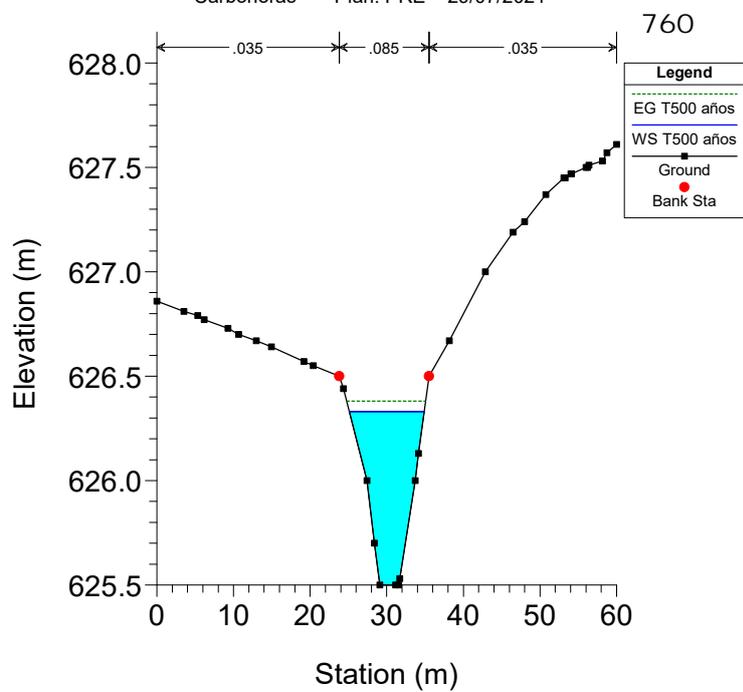
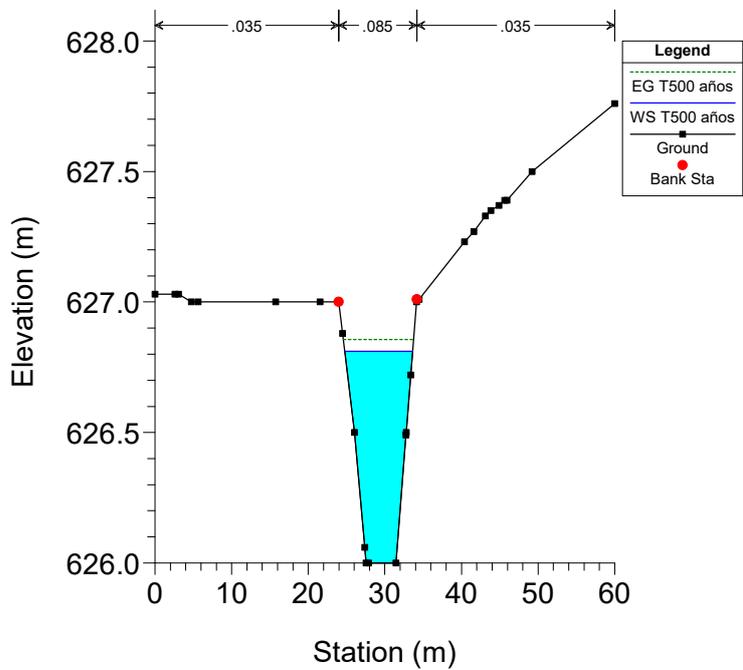
758

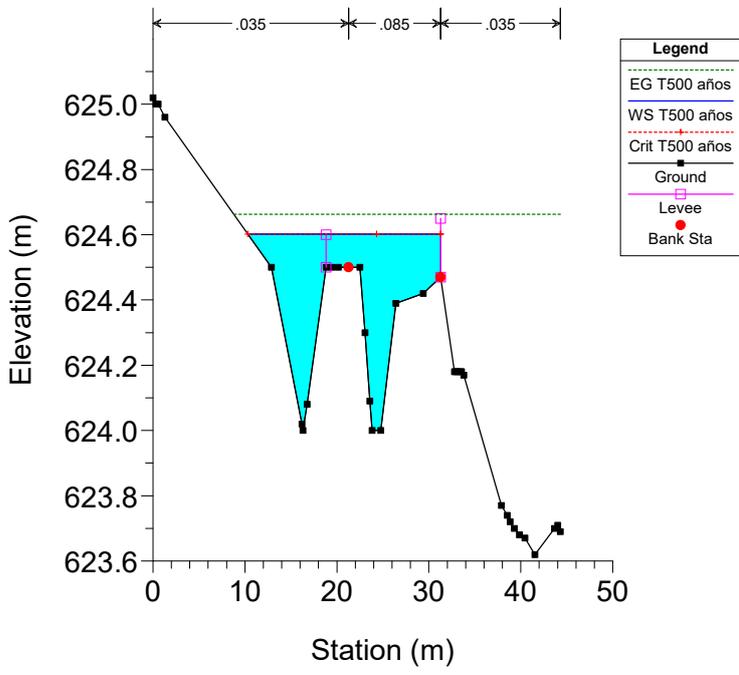


Marco

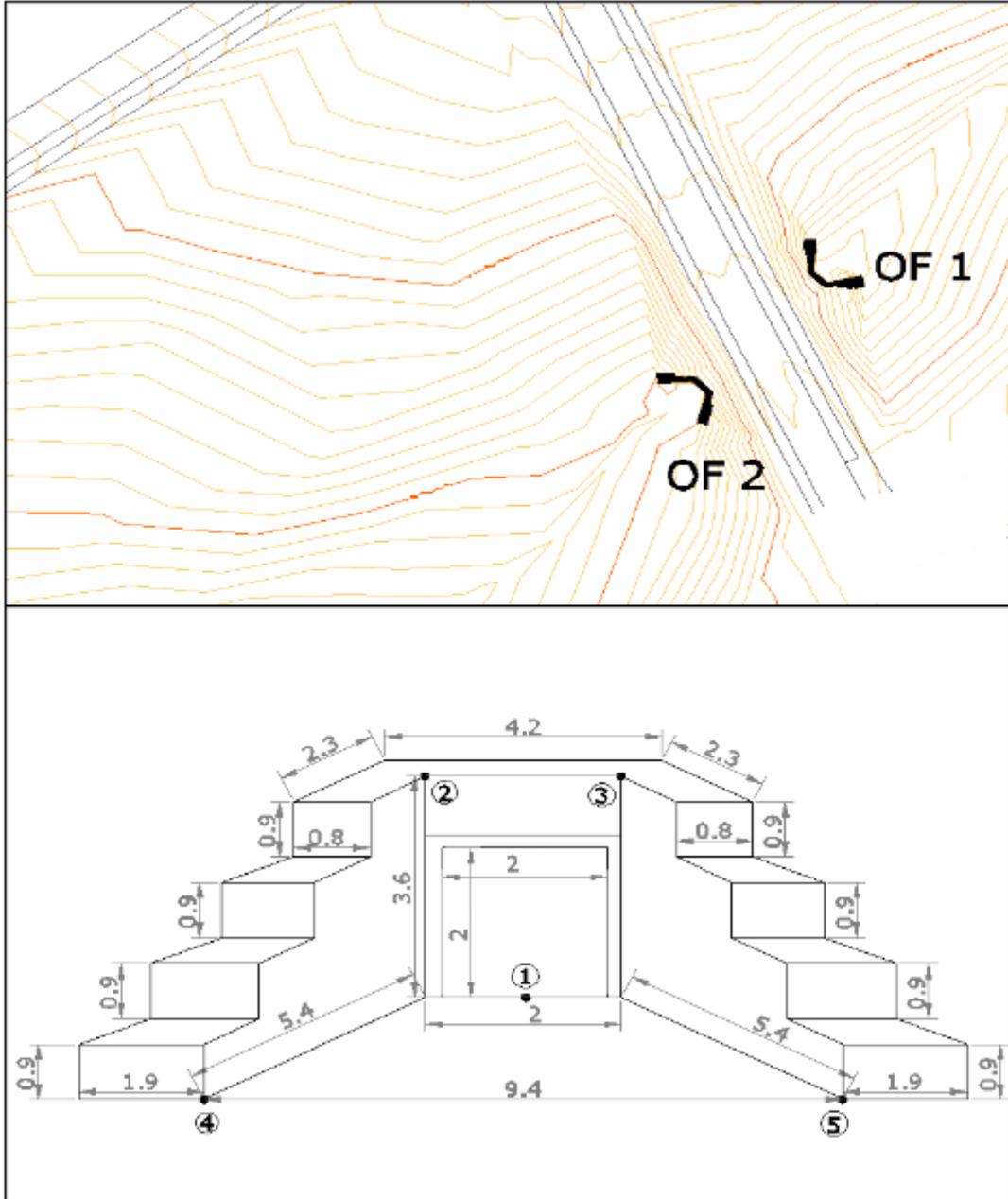








Anexo nº 4.- Croquis de las obras de paso modelizadas



DOCUMENTO II.- PLANOS

Plano 1: Situación y emplazamiento.

Plano 2: Ordenación y usos del suelo.

Plano 3: Subcuenca hidrográfica del arroyo los Carboneros.

Plano 4: Máxima crecida ordinaria. Delimitación de y zonas de policía y servidumbre.

Plano 5: Avenida extraordinaria. Período de retorno de 100 años.

Plano 6: Avenida extraordinaria. Período de retorno de 500 años.

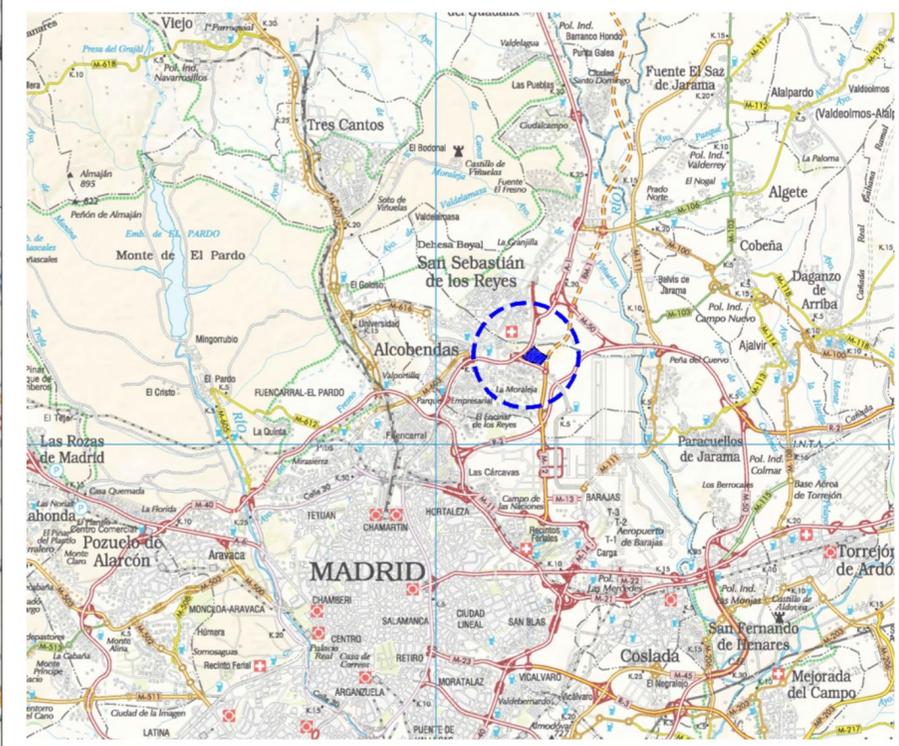
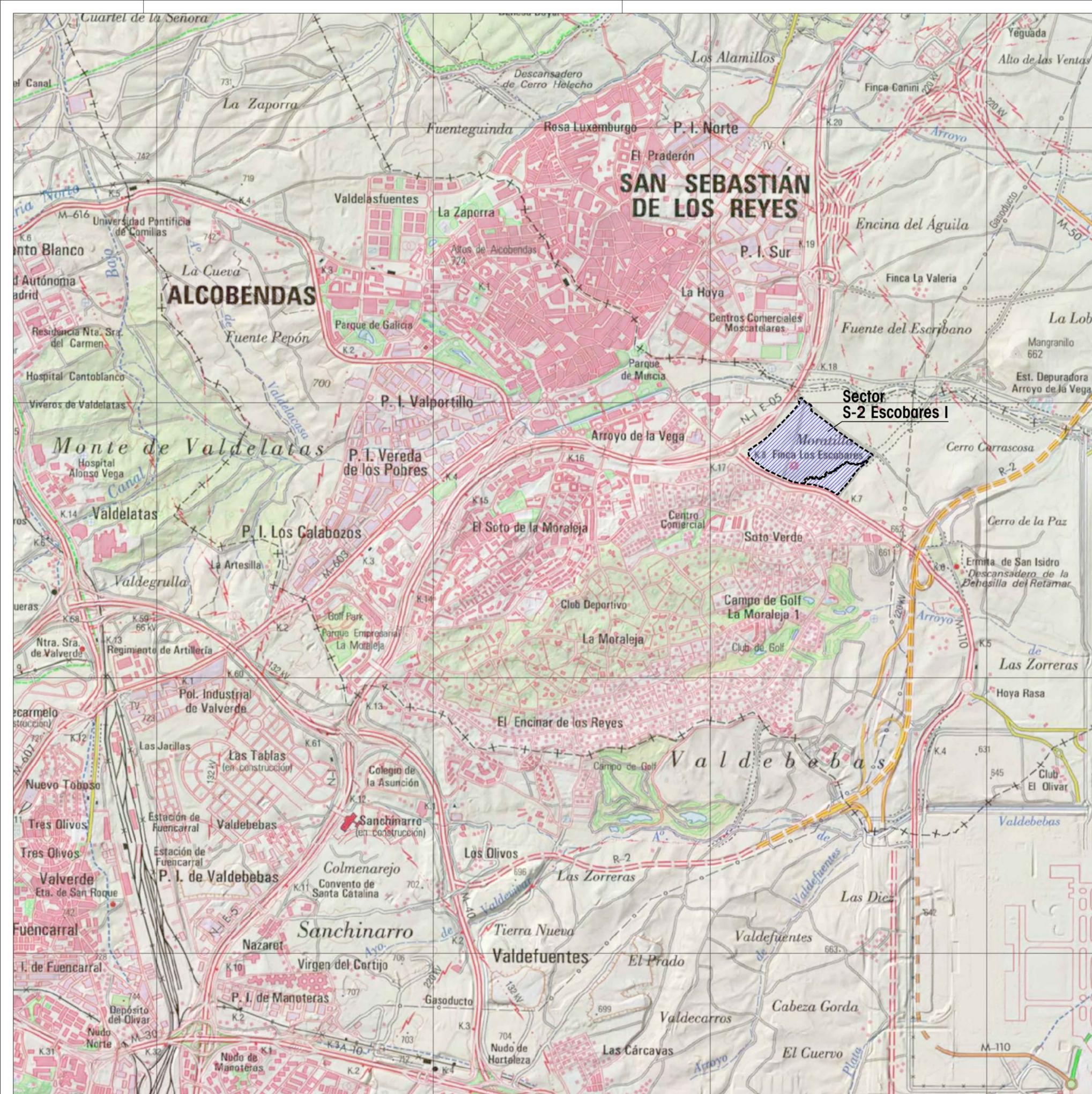
Plano 7: Red de saneamiento de aguas pluviales. Planta

En Alcobendas, julio de 2024.

ARNAIZ Arquitectos, S.L.P.



Arnaiz Arquitectos S.L.P.
I.C.C.P. colegiado nº 19.927



PLANO **1** NORTE

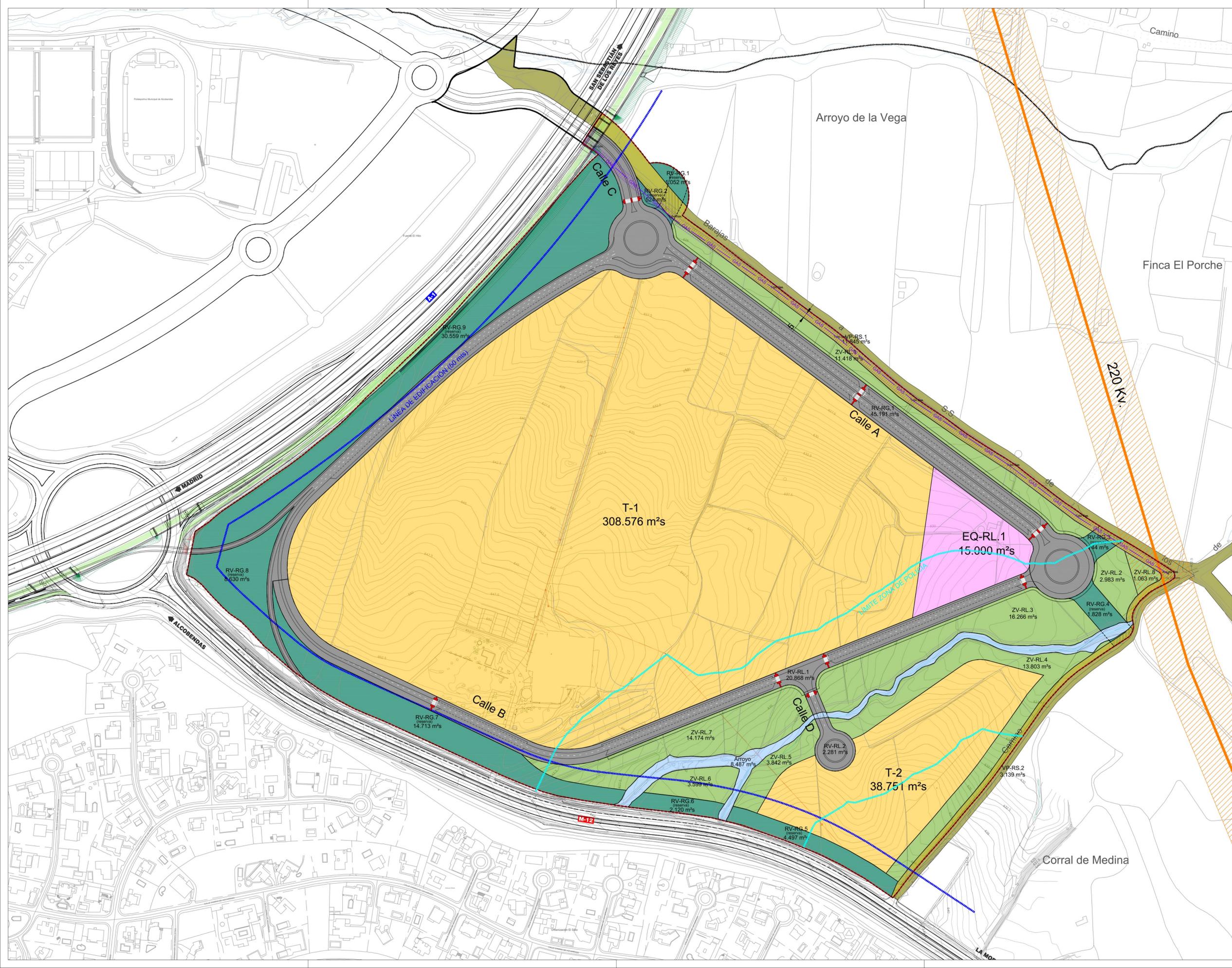
Situación y emplazamiento

PROYECTO **ESTUDIO HIDROLÓGICO ARROYO LOS CARBONEROS**
Suelo Urbanizable Sectorizado
Sector S-2 "Escobares I"
 Alcobendas, MADRID

ESCALA 1:2.000
 FECHA Julio 2024
 REF 13AA0094/AB

LA PROPIEDAD
 Comisión Gestora del Sector S-2 "Escobares I"

ARNAIZ Arquitectos S.L.P.
 Jorge Calle Tesoro
 C.C.P. nº coleg.19.927



- LEYENDA**
- Límite Terminio Municipal
 - Límite del Sector
 - Futuro trazado del Anteproyecto "Adecuación, reforma y conservación del corredor del Norte Autovía A-1"
- AFECCIONES**
- CARRETERAS A-1 Y M-12**
 - Límite de Edificación 50 m
 - Límite Zona de Afeción 100 m
 - ELÉCTRICAS**
 - Línea Eléctrica de Alta Tensión
 - Delimitación pasillo eléctrico
 - GASEODUCTO**
 - Gaseoducto 5 m
 - ARROYO DE LOS CARBONEROS**
 - DPH Arroyo
 - Zona de Policía 100 m
 - Zona de Servidumbre 5 m
 - VÍAS PECUARIAS**
 - Vías Pecuarias
 - Vereda Barajas-San Sebastián de los Reyes
 - Colada de los Toros o Camino de Burgos
 - Paso viario sobre Vía Pecuaria
 - ZONAS DE ORDENANZA**
 - Suelo lucrativo
 - Terciario / Servicios empresariales (T)
 - Redes públicas**
 - Zonas verdes (ZV-RL)
 - Equipamientos (EQ-RL)
 - Red viaria Principal (RV-RG)
 - Red viaria Secundaria (RV-RL)
 - Red viaria (RV-RG) (reserva)

PLANO **2** **Ordenación y usos de suelo**

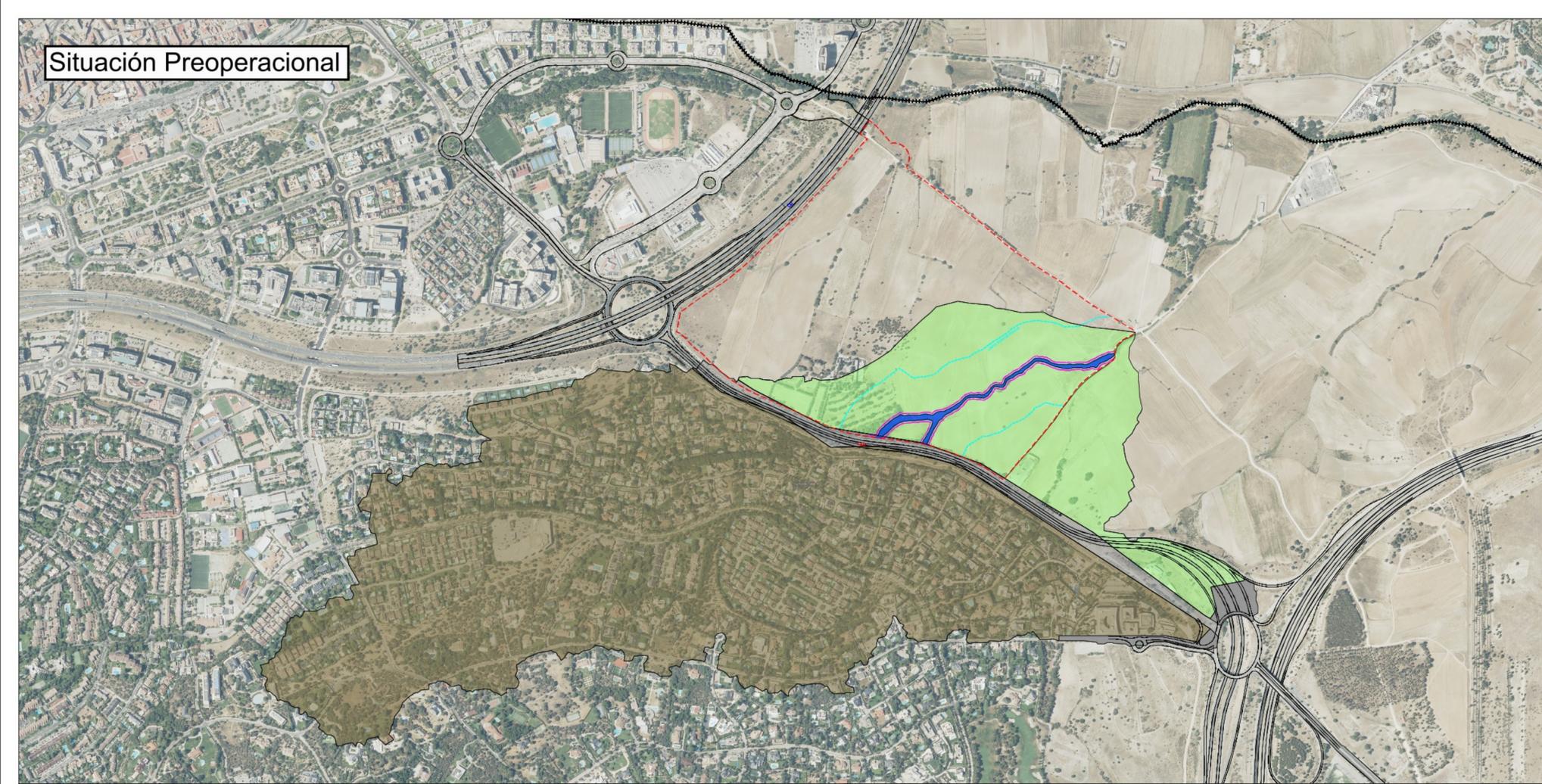
PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO ARROYO LOS CARBONEROS
 Suelo Urbanizable Sectorizado
 Sector S-2 "Escobares I"

LA PROPIEDAD: Comisión Gestora del Sector S-2 "Escobares I"

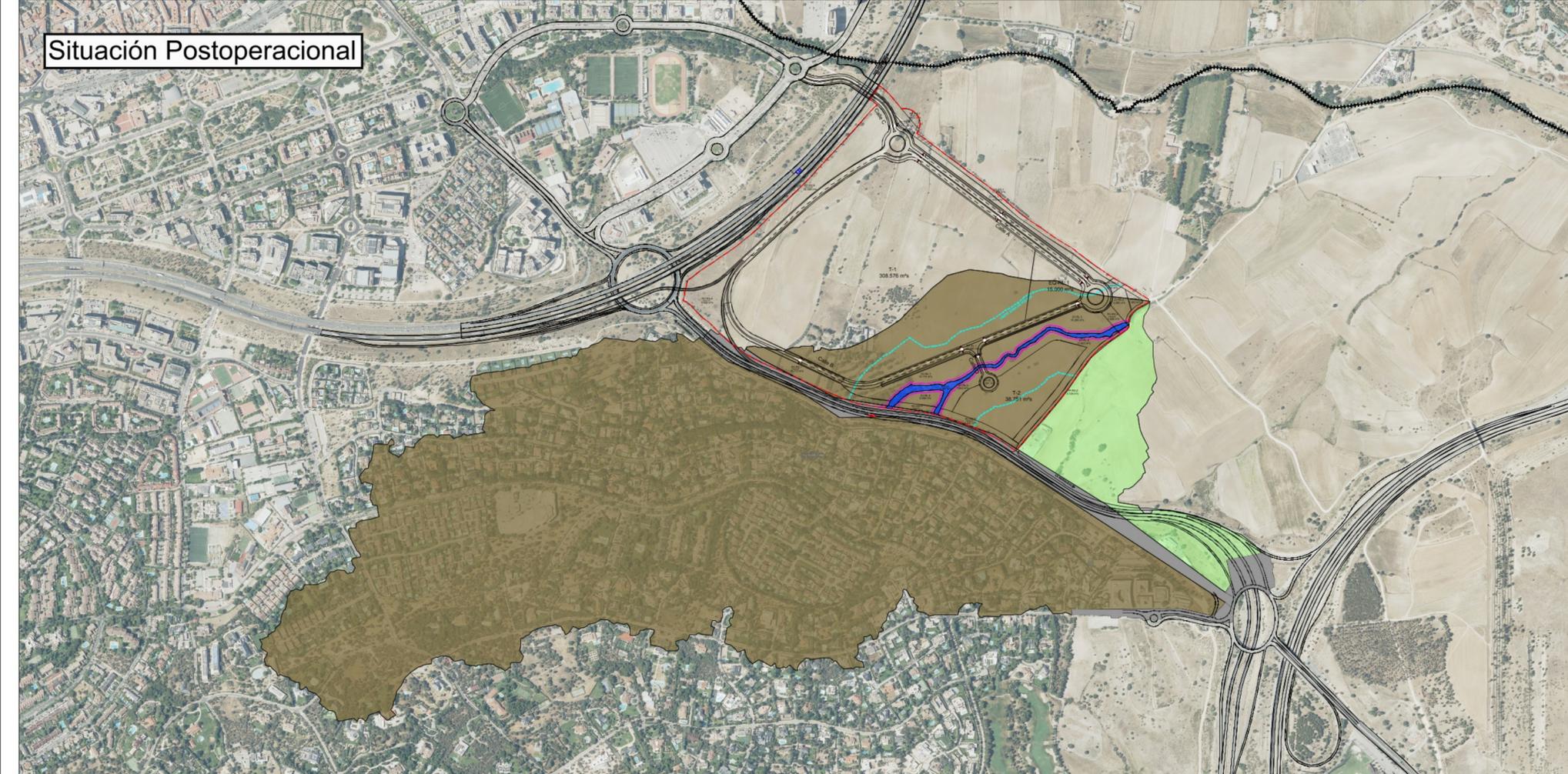
ESCALA: 1:2.000
 FICHA: Julio 2024
 REF: 13A4094A8

LA MORALIZ Arquitectos S.L.P.
 Jorge Calle Tesoro
 I.C.C.P. nº coleg. 19.927

Situación Preoperacional



Situación Postoperacional



LEYENDA

- Límite Termino Municipal
- - - - - Límite Sector S-2 Escobares I
- DPH Arroyo
- Zona de Policia 100 m
- Zona de Servidumbre 5 m

CUENCA

- Prados y praderas
- Red viaria
- Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas
- Vegetación de ribera

PLANO

3

Subcuenca hidrográfica.
Arroyo de los Carboneros

NORTE



ESCALA 1:2.000
FECHA Julio 2024
REF 13AA0094/AB

PROYECTO ESTUDIO HIDROLÓGICO ARROYO LOS CARBONEROS
Suelo Urbanizable Sectorizado
Sector S-2 "Escobares I"

Alcobendas, MADRID

LA PROPIEDAD
Comisión Gestora del Sector S-2 "Escobares I"



IRNAIZ Arquitectos S.L.P.
orge Calle Tesoro
C.C.P. nº coleg.19.927

Crecida Preoperacional

T-1
308.576 m²s

EQ-RL.1
15.000 m²s

T-2
38.751 m²s

Crecida Postoperacional

T-1
308.576 m²s

EQ-RL.1
15.000 m²s

T-2
38.751 m²s

LEYENDA

- Límite Termino Municipal
- Límite del ámbito a ordenar
- Límite de Edificación 50 m
- Vía Pecuaría

ZONAS DE ORDENANZA

- Suelo lucrativo
- Terciario (T)
- Redes públicas
- Zonas verdes (ZV)
 - Equipamientos (EQ)
 - Red viaria (RV)
 - Red viaria (RV) (reserva)

MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA

- Estado del Arroyo Los Carboneros en MCO preoperacional
- Estado del Arroyo Los Carboneros en MCO postoperacional

PLANO

4

Máxima crecida ordinaria

NORTE



ESCALA 1:3.000
FECHA Julio 2024
REF 13AA0094/AB

PROYECTO **ESTUDIO HIDROLÓGICO ARROYO LOS CARBONEROS**
Suelo Urbanizable Sectorizado
Sector S-2 "Escobares I"
Alcobendas, MADRID

LA PROPIEDAD
Comisión Gestora del Sector S-2 "Escobares I"



ARNAIZ Arquitectos S.L.P.
Calle Tesoro
C.C.P. nº coleg.19.927

Crecida Preoperacional

T-1
308.576 m²s

EQ-RL.1
15.000 m²s

T-2
38.751 m²s

Crecida Postoperacional

T-1
308.576 m²s

EQ-RL.1
15.000 m²s

T-2
38.751 m²s

LEYENDA

- Límite Termino Municipal
- - - - - Límite del ámbito a ordenar
- Límite de Edificación 50 m

Vía Pecuaría

ZONAS DE ORDENANZA

Suelo lucrativo

Terciario (T)

Redes públicas

Zonas verdes (ZV)

Equipamientos (EQ)

Red viaria (RV)

Red viaria (RV) (reserva)

MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA

- Estado del Arroyo Los Carboneros en avenida extraordinaria T=100. Preoperacional.
- Estado del Arroyo Los Carboneros en avenida extraordinaria T=100. Postoperacional.

PLANO

5

**Avenida extraordinaria.
Período de retorno T=100 años**

NORTE



ESCALA 1:3.000
FECHA Julio 2024
REF 13AA0094/AB

PROYECTO **ESTUDIO HIDROLÓGICO ARROYO LOS CARBONEROS**
Suelo Urbanizable Sectorizado
Sector S-2 "Escobares I"

Alcobendas, MADRID

LA PROPIEDAD
Comisión Gestora del Sector S-2 "Escobares I"



ARNAIZ Arquitectos S.L.P.
Jorge Calle Tesoro
I.C.C.P. nº coleg.19.927

Crecida Preoperacional

T-1
308.576 m²s

EQ-RL.1
15.000 m²s

T-2
38.751 m²s

Crecida Postoperacional

T-1
308.576 m²s

EQ-RL.1
15.000 m²s

T-2
38.751 m²s

LEYENDA

- Límite Termino Municipal
- - - - - Límite del ámbito a ordenar
- Límite de Edificación 50 m

Via Pecuaría

ZONAS DE ORDENANZA

Suelo lucrativo

- Terciario (T)

Redes públicas

- Zonas verdes (ZV)
- Equipamientos (EQ)
- Red viaria (RV)
- Red viaria (RV) (reserva)

PERÍODO DE RETORNO T=500 AÑOS

- Estado del Arroyo Los Carboneros en avenida extraordinaria T=500. Preoperacional
- Estado del Arroyo Los Carboneros en avenida extraordinaria T=500. Postoperacional

PLANO

6

**Avenida extraordinaria.
Período de retorno T=500 años**

NORTE



ESCALA 1:3.000
FECHA Julio 2024
REF 13AA0094/AB

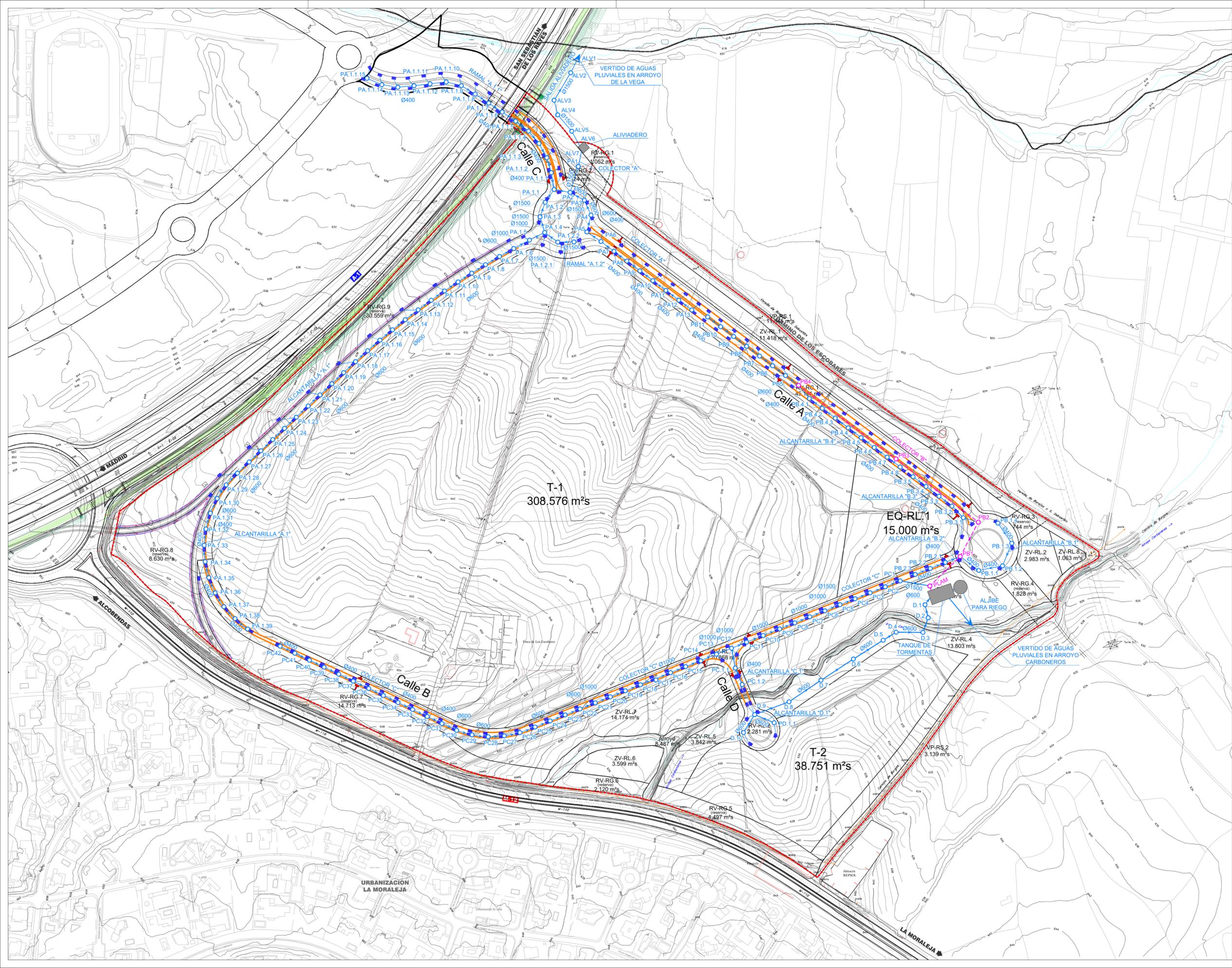
PROYECTO **ESTUDIO HIDROLÓGICO ARROYO LOS CARBONEROS**
Suelo Urbanizable Sectorizado
Sector S-2 "Escobares I"

Alcobendas, MADRID

LA PROPIEDAD
Comisión Gestora del Sector S-2 "Escobares I"



ARNAIZ Arquitectos S.L.P.
Jorge Calle Tesoro
I.C.C.P. nº coleg.19.927



- LEYENDA**
- Límite Termino Municipal
 - Sector Escobares I
 - Red de saneamiento de aguas pluviales, Galería Tipo II proyectada s/normas Canal de Isabel II
 - Pozo de registro en Galería Tipo II, s/normas Canal de Isabel II
 - Red de saneamiento de aguas pluviales, DN s/plano: DN400 / DN600 / DN800 / DN1000 / DN1500 tubería de HA s/normas Canal de Isabel II
 - Pozo de registro de fábrica s/normas Canal de Isabel II
 - Sumidero sifónico para recogida de aguas pluviales, acomete tubo de PVC Ø315 mm con pte. mínima 2% s/normas Canal de Isabel II
 - Pozo con sumidero tragante para recogida de aguas pluviales, acomete tubo de PVC Ø315 mm con pte. mínima 2% s/normas Canal de Isabel II
 - Cuneta de pie de terraplén ó desmorte en tierra con tubo dren Ø110mm
 - Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS)

PLANO

7

Red de saneamiento de aguas pluviales. Planta

PROYECTO: ESTUDIO HIDROLÓGICO ARROYO LOS CARBONEROS
 Suelo Urbanizable Sectorizado Sector S-2 "Escobares I"

ALCOBENDAS MADRID

LA PROPIEDAD: Comisión Gestora del Sector S-2 "Escobares I"

ESCALA: 1:2.000
 FECHA: MAR. 2024
 REF: 13AA05HAB

NORTE

ARNAIZ Arquitectos S.L.P.
 Jorge Calle Tesoro
 I.C.P. nº coleg. 19.927