



Normas urbanísticas municipales de Saldaña (Palencia)

DI-EH I ESTUDIO HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO DEL RÍO VALDEPERAL - Documento para Aprobación Definitiva. Julio 2016

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	3
II.	JUSTIFICACIÓN LEGAL	5
III.	DESCRIPCIÓN DEL PLAN Y SUS OBJETIVOS PRINCIPALES.....	7
IV.	CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.....	9
IV.1.	SITUACIÓN Y OROGRAFÍA	9
IV.2.	CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA	11
IV.3.	COBERTURA Y USOS DEL SUELO	11
IV.4.	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	12
IV.5.	OBRAS DE DRENAJE	13
IV.5.1.	OD-1	13
IV.5.2.	OD-2	14
IV.5.3.	OD-3	14
IV.5.4.	OD-4	15
IV.5.5.	OD-5	15
IV.5.6.	OD-6	16
V.	ESTUDIO DE AVENIDAS.....	19
V.1.	CAUDAL DE AVENIDA.....	19
V.1.1.	Metodología utilizada	19
V.1.2.	Datos de partida.....	20
V.1.3.	Proceso de cálculo.....	22
V.2.	CAUDALES MÁXIMOS DE AVENIDA	23
VI.	PELIGRO DE INUNDACIÓN	25
VI.1.	METODOLOGÍA UTILIZADA	25
VI.2.	CONDICIONES DE CONTORNO Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS	25
VI.3.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	26
VII.	RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	27
ANEJOS.....	29
A.	INDICES DE FIGURAS	29
B.	CÁLCULO DE CAUDALES DE LOS ARROYOS MENORES	31
C.	ESQUEMAS DE CALADOS.....	35
D.	PERFIL LONGITUDINAL	43
E.	PERFILES TRANSVERSALES DE LAS OBRAS DE FÁBRICA	49
F.	DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA.....	95
EQUIPO REDACTOR	103

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como objetivo efectuar un estudio de avenidas y evaluar el peligro de inundación del río Valdeperal, que pasa a denominarse río Valdecuriada al pasado el núcleo de Relea de la Loma, y los afluentes que tengan incidencia sobre los núcleos urbanos incluidos en las Normas Urbanísticas Municipales de Saldaña (Palencia).

La zona de estudio se encuentra en el tramo medio y alto del río Valdeperal, afluente del Ucieza que pertenece a la cuenca hidrográfica del río Duero en su parte noreseptentrional.

La caracterización del régimen del río Valdeperal es de tipo fluvio-nival con las mayores cargas en invierno y primavera, así como un acusado descenso del caudal en verano.

El segmento fluvial afectado por el estudio discurre enmarcado en un valle fluvial de en torno a 500 metros de anchura en la cabecera y 1000 metros de anchura al final del tramo medio. Las condiciones hidrogeológicas de la cuenca del río Valdeperal se caracterizan por situarse principalmente, sobre materiales aluviales que se extienden a lo largo de los cursos fluviales y que en general son de poco espesor. En el tramo alto de río se encuentran los páramos de rañas, depósitos constituidos por cantos cuarcíticos y calizas, con matriz arcillo arenosa de color rojiza. El resto de la cuenca se encuentra ocupado por materiales detríticos (arcillas arenosas) que rellenaron durante el Mioceno la cuenca del Duero.

En esta cuenca la sedimentación fluvial ha jugado un papel primordial.

El índice de compacidad o de Gravelius denota una morfología oblonga de la cuenca vertiente, muy alargada por lo que se prevé que el tiempo de concentración sea elevado.

Los núcleos urbanos de Relea de la Loma, Villalafuente, Villorquite del Páramo, Villafruel y Carbonera se encuentran próximos al río Valdeperal o alguno de sus afluentes.

El núcleo de Relea de la Loma se encuentra situado en la margen derecha del río Valdeperal, en la zona de confluencia de dos arroyos menores: arroyo de Valdesapero y arroyo de Valdemartín, con el río Valdeperal.

El núcleo de Villalafuente se sitúa en la margen derecha del río Valdeperal, todas las edificaciones a excepción de una nave agrícola se encuentra a más de 100 metros de distancia del cauce.

En cambio, los núcleos de Villorquite y Villafruel, se sitúan colindantes al río Valdeperal por la margen derecha. Aguas arriba del puente que da acceso al área urbana de Villorquite se han desarrollado actuaciones de restauración y conservación del río por el Organismo de cuenca (ver anejo fotográfico).

El núcleo de Carbonera se sitúa en el área de intersección de los valles fluviales del río Valdeperal y del arroyo de los Hoyos. El núcleo urbano se localiza en la margen derecha del arroyo de los Hoyos donde las edificaciones más próximas se encuentran a más de 50 metros de distancia del cauce, y en la margen izquierda del río Valdeperal, donde las distancia al cauce son mucho mayores, en torno a 190 metros

En el trabajo se ha realizado un estudio geológico y geomorfológico al objeto de diferenciar la llanura de inundación asociada al río Valdeperal y sus afluentes, a su paso por los diferentes núcleos urbanos afectados, un estudio de avenidas a partir de los métodos aconsejados en la publicación del Ministerio de Fomento "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" para la obtención de la precipitación máxima diaria correspondiente a un periodo de retorno considerado, una comparativa de estos datos con los extraídos de la aplicación de Caumax y un estudio de los peligros de inundación de la zona mediante la utilización del software HEC-RAS, un paquete integrado de programas de análisis hidráulicos, creado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos.

De forma complementaria se ha utilizado el software HEC-GeoRAS, una extensión del Sistema de Información Geográfica ArcGIS, que permite tanto el proceso previo de los datos geométricos

asociados con la línea de agua, como el tratamiento posterior de los resultados generados por el programa HEC-RAS.

Como resultado de esta simulación se obtienen, por un lado, datos de calados para cada punto de la llanura de inundación analizado, y por otro, datos de la altura máxima alcanzada por la lámina de agua para cada perfil transversal simulado. Estos datos se presentan en el Mapa de peligro de inundación (Anejo de Cálculo de caudales de los arroyos menores) superpuestos sobre ortofoto, delimitando así las superficies de inundación obtenidas. Todos estos análisis se realizan para diferentes periodos de retorno.

II. JUSTIFICACIÓN LEGAL

El presente trabajo se desarrolla amparándose en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril. En su artículo 9.1 delimita la zona de policía con una anchura de 100 metros medidos horizontalmente a partir del cauce.

El artículo 9.2 del Reglamento define zona de flujo preferente como “aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas. A los efectos de la aplicación de la definición anterior, se considerará que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- a) Que el calado sea superior a 1 m.
- b) Que la velocidad sea superior a 1 m/s.
- c) Que el producto de ambas variables sea superior a $0,5 \text{ m}^2/\text{s}$.”

Según el mismo artículo, “se entiende por vía de intenso desagüe la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. La sobreelevación anterior podrá, a criterio del organismo de cuenca, reducirse hasta 0,1 m. cuando el incremento de la inundación pueda producir graves perjuicios o aumentarse hasta 0,5 m. en zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos”.

En estas zonas o vías de flujo preferente sólo podrán ser autorizadas por el organismo de cuenca aquellas actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía, siempre que el organismo de cuenca haya modificado los límites de la zona de policía para incluir estas zonas, con arreglo al procedimiento previsto en el artículo 9.3 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

Finalmente, en el artículo 14.1 considera “zonas inundables las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de retorno sea de quinientos años, atendiendo a estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como de series de avenidas históricas y documentos o evidencias históricas de las mismas, a menos que el Ministerio de Medio Ambiente, a propuesta del organismo de cuenca fije, en expediente concreto, la delimitación que en cada caso resulte más adecuada al comportamiento de la corriente”.

También se fundamenta en las limitaciones que establece la Ley 5/1999, de 8 de abril, de Urbanismo de Castilla y León, que en su artículo 9 apartado c), explicita que “en áreas amenazadas por riesgos naturales o tecnológicos, tales como inundación, erosión, hundimiento, incendio contaminación u otros análogos, no se permitirá ninguna construcción, instalación ni cualquier otro uso del suelo que resulte incompatible con tales riesgos”.

El artículo 18.2 del Reglamento de Urbanismo de Castilla y León, aprobado por Decreto 22/2004, de 29 de enero, establece que “Las áreas amenazadas por riesgos naturales o tecnológicos y las limitaciones impuestas en las mismas son las establecidas, en esos términos o en cualesquiera otros análogos, por las Administraciones públicas competentes para la prevención de cada riesgo, a las que también corresponde evaluar en cada caso el cumplimiento del deber de prevención de riesgos”. Según señala en artículo 18.3 del Reglamento citado, “cuando no exista un pronunciamiento expreso de la Administración competente en relación con un determinado riesgo, la delimitación del área amenazada y las limitaciones necesarias pueden ser establecidas por el Ayuntamiento o la Administración de la Comunidad Autónoma en forma de determinaciones justificadas incluidas en los instrumentos de ordenación del territorio y planeamiento urbanístico aplicables, con carácter subsidiario respecto del pronunciamiento de la Administración competente”

III. DESCRIPCIÓN DEL PLAN Y SUS OBJETIVOS PRINCIPALES

Para este estudio se han realizado los siguientes trabajos:

- Reconocimiento del cauce y llanura de inundación del río Valdeperal y los afluentes: arroyo Cuesta Agria, arroyo de los Hoyos, arroyo Valdeseapa, arroyo del Monte, arroyo Valdemartín y arroyo Valdesapero, a fin de determinar posibles puntos conflictivos (obras de drenaje, estrechamientos del cauce, etc.) en las inmediaciones del emplazamiento y que pudieran afectar hidráulicamente al mismo.
- Reconocimiento geológico y geomorfológico de las riberas del río Valdeperal y los afluentes: arroyo Cuesta Agria, arroyo de los Hoyos, arroyo Valdeseapa, arroyo del Monte, arroyo Valdemartín y arroyo Valdesapero, al objeto de estudiar las llanuras aluviales y de inundación, delimitación de los distintos niveles de terraza, así como el estudio de las marcas de corriente, lóbulos de desbordamiento y cicatrices erosivas existentes en las márgenes.
- Estudio topográfico del entorno de los cauces, obteniendo curvas de nivel en este ámbito con una equidistancia de 0,5 m y reconocimiento y toma de datos de campo relativo a forma y dimensiones de los cauces a fin de completar su topografía y la de las márgenes potencialmente inundables.
- Estimación de caudales de avenida del río Valdeperal y los afluentes: arroyo Cuesta Agria, arroyo de los Hoyos, arroyo Valdeseapa, arroyo del Monte, arroyo Valdemartín y arroyo Valdesapero, para periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años, conforme la Instrucción de carreteras 5.2-IC Drenaje Superficial.
- Estudio comparativo de los datos de caudales de estudio con los extraídos de la aplicación Caumax del CEDEX.
- Modelización del comportamiento hidráulico del río Valdeperal y los afluentes objeto de estudio, a su paso por las localidades de Relea de la Loma, Villalafuente, Villorquite del Páramo, Villafruel y Carbonera.
- Delimitación en un mapa topográfico de las líneas de inundación correspondientes a los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.
- Situación de las alturas de inundación del río Valdeperal y los afluentes en los perfiles transversales para los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.
- Evaluación y contraste de las alturas de inundación obtenidas con las observaciones geomorfológicas realizadas en el área de estudio.

La información de partida con la que se ha contado ha sido la siguiente:

- Base topográfica 1:5.000 de la Junta de Castilla y León con equidistancia entre curvas de nivel de 5 metros.
- Ortofoto correspondiente a la serie PNOA cobertura 2009 y con una resolución de 25 centímetros.
- Mapa Geológico digital de la Junta de Castilla y León (1:100.000).
- Mapa Geológico del España a escala 1:50.000 del Instituto Tecnológico Geominero de España. Hoja de Saldaña (164).
- Mapa Hidrogeológico de España a escala 1:200.000 del Instituto Geológico Minero de España. Hoja de León (19).
- Mapas de usos de suelo digitales SIOSE proporcionados por el ITACYL.

- Publicaciones “Máximas lluvias diarias en España peninsular” y “Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España peninsular” (1997) editado por el servicio de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento con la colaboración del Centro de Estudios Hidrográficos del C.E.D.E.X.
- Mapa de caudales máximos y la aplicación Caumax versión 2.0. publicado por el CEDEX.

IV. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

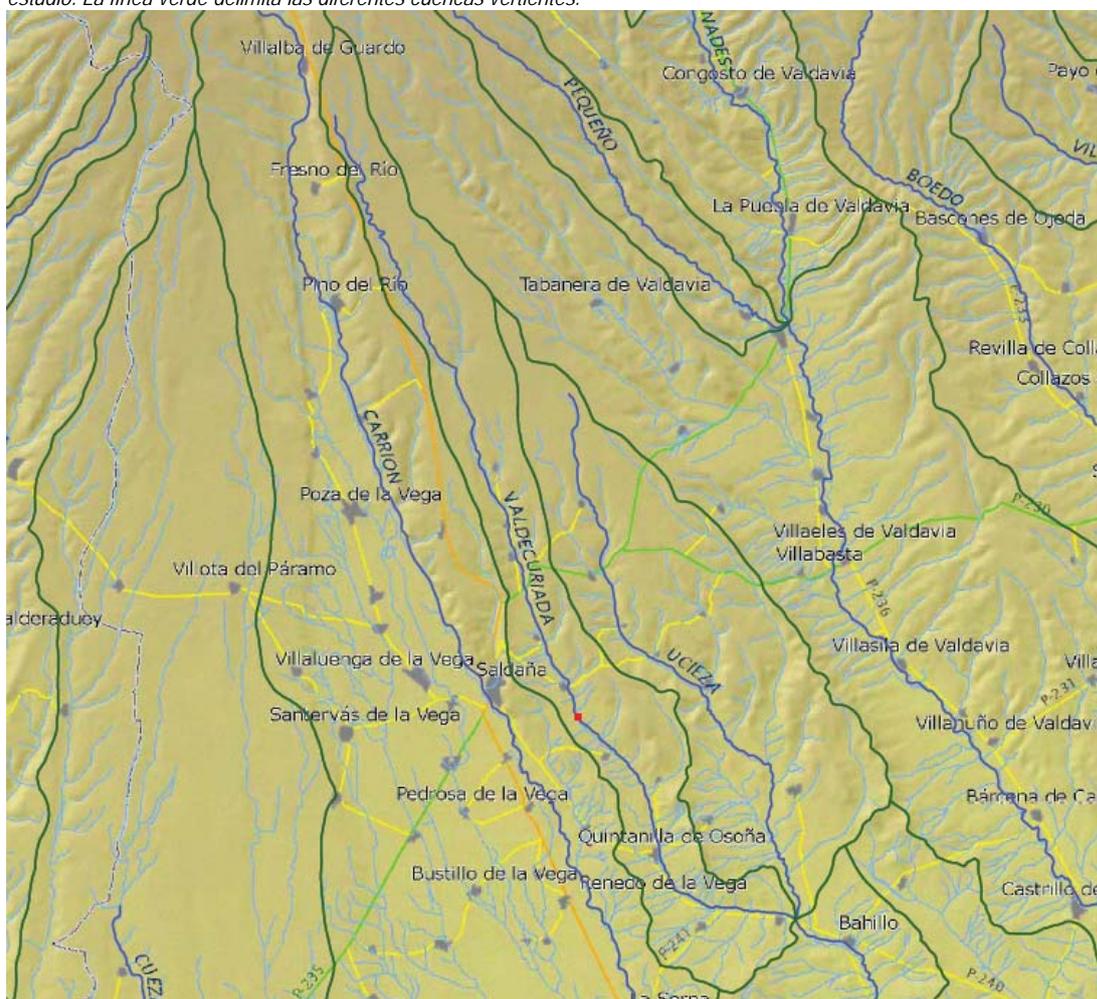
IV.1. SITUACIÓN Y OROGRAFÍA

Inicialmente se estudiará la cuenca vertiente del río principal, el río Valdeperal (que pasado Relea de la Loma, pasa a ser el río Valdecuriada), y a posteriori se estudiarán las subcuencas de los afluentes con interés para el proyecto.

Esta cuenca se encuentra encajonada entre las cuencas del río Carrión y del río Ucieza, cuencas con un mayor desarrollo de la llanura de inundación de ambos ríos, por la morfología meandriforme de dichos cauces, principalmente del río Carrión.

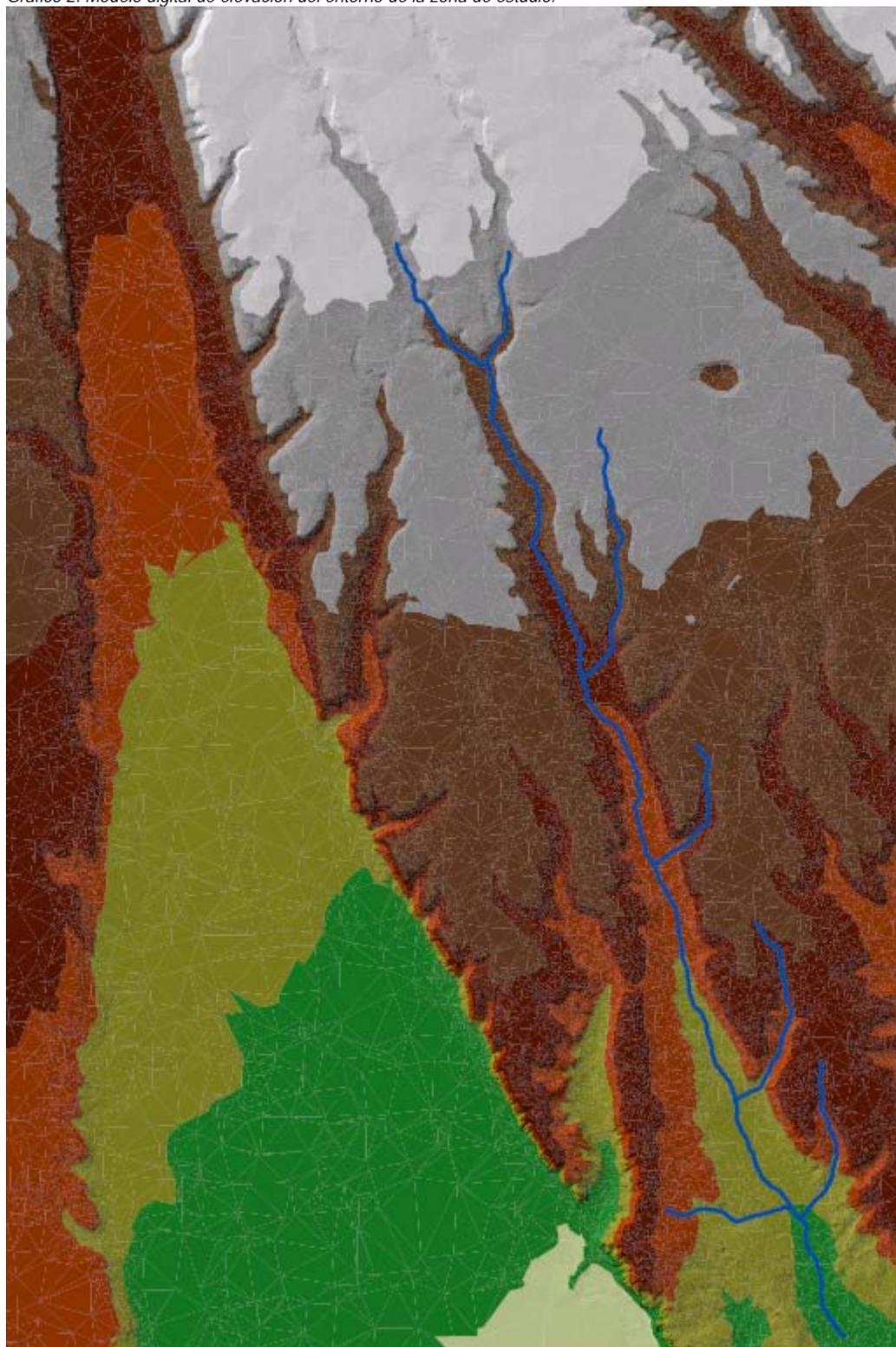
Esta situación se aprecia en la siguiente figura.

Gráfico 1. Situación de la cuenca vertiente del río Valdeperal; en rojo se localiza el punto de sección de cierra de la cuenca de estudio. La línea verde delimita las diferentes cuencas vertientes.



El río Valdeperal a lo largo de todo su recorrido dentro de la zona de estudio discurre por un único cauce, apareciendo en su curso varios puentes en los entornos de los núcleos urbanos y carreteras provinciales.

Gráfico 2. Modelo digital de elevación del entorno de la zona de estudio.



Dentro de este ámbito, las construcciones de los núcleos de Relea de la Loma, Villalafuente, Villorquite y Villafruel se encuentran en la margen derecha del río Valdeperal. El núcleo de Carbonera es el más septentrional de todos y se encuentra enclavado entre el río Valdeperal, por su margen izquierda y el arroyo de los Hoyos, por la margen derecha.

En la clasificación urbanística propuesta dentro de las Normas Urbanísticas Municipales de Saldaña no se prevé la clasificación de suelo urbanizable (SUR) en los núcleos urbanos de Relea

de la Loma, Villalafuente, Villorquite, Villafruel y Carbonera. Tampoco se identifican sectores de suelo urbano no consolidado (SU-NC) en el entorno de los mismos.

IV.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

Predomina el clima Mediterráneo templado fresco o Mediterráneo templado, por tener unos veranos un poco más cálidos, siendo los valores medios de temperatura de entre 8 y 12 °C, con una duración del periodo de heladas de 6 a 8 meses. La precipitación media anual es de 500-650 mm en Saldaña (1961-1990), que se distribuyen de otoño a primavera.

Nos encontramos con un relieve que puede considerarse llano, se encuentra inclinado en a dirección noroeste suroeste, dirección que, en consecuencia, siguen los cursos de agua que lo atraviesan.

El río Valdeperal, que nace en las lomas que separan el río Carrión del Valdavia, se convierte, pasado Relea de la Loma, en el río Valdecuriada, que discurre por varias localidades palentinas.

El río Valdeperal nace en las lomas que separan el río Carrión del Valdavia, en el término de Pino del Río, a una altitud aproximada de 1.100 metros, y atraviesa el núcleo de Saldaña de Norte a Sur. Con aguas procedentes del Páramo del Mochuelo, situado en los contrafuertes meridionales de la cordillera Cantábrica, su caudal es escaso en verano, alcanzando los máximos en otoño e invierno. Durante su curso recibe como afluentes diversos arroyos menores los cuales amplían el valle asociado al río.

La superficie de la cuenca hasta la sección de cierre propuesta es de 61,37 kilómetros cuadrados, con una longitud del río de 17040 metros y una pendiente media del cauce de 0,01%. Este valor disminuye a medida que la pendiente de la vertiente se va suavizando.

IV.3. COBERTURA Y USOS DEL SUELO

A la hora de calcular los caudales que llegan a una sección determinada, es necesario estudiar la cobertura de la cuenca y las subcuencas, para poder realizar una estimación de la escorrentía producida por los aguaceros utilizados durante los cálculos. Así, se comprueba que la existencia de coberturas vegetales con una fracción de cabida cubierta alta favorece la infiltración de las precipitaciones, reduciendo en cuencas pequeñas los valores de escorrentía en la sección de cierre.

Para la realización del estudio de usos del suelo se necesitó, tanto información cartográfica digital como datos obtenidos en el estudio de campo. Inicialmente se estudió la cartografía digital SIOSE para la cuenca vertiente, en vistas a una mayor precisión para la escala a la que se trabaja en este proyecto, se optó por realizar una revisión a nivel de polígonos (y en algunos casos de parcela) de la cartografía aportada por el ITACYL.

La cuenca del río Valdeperal, aguas arriba de la sección de cierre propuesta para el estudio se encuentra dominada cultivos herbáceos de secano. La superficie ocupada por éstos supone un 61,52% de la superficie total de la cuenca. Este tipo de uso del suelo presenta una capacidad de infiltración del agua variable en función del tipo de cultivo y de la posición de los surcos de siembra respecto de las curvas de nivel.

El siguiente uso en importancia superficial dentro de la cuenca lo constituyen los cultivos forestales de pinos y chopos, suponiendo aproximadamente un 32,3% de la superficie total. Existen en la cuenca otras masas arboladas de frondosas, ocupadas principalmente por melojares que ocupan un 1,2%. Se diferencian las masas de arbolado más claro como es el caso de los melojares y las masas de arbolado más denso ocupadas por diferentes tipos de plantaciones, como es el caso de choperas o pinares. La densidad y tipo de arbolado influirá en la infiltración.

En orden de importancia, a las clases anteriormente señaladas les siguen las zonas de pastizal y matorral ralo, suponiendo en total un 2,69 %.

Como usos residuales en la cuenca de estudio aparecen las áreas de brezal seco europeo, las zonas de huertas, las áreas degradadas y las zonas urbanas. Sobre este último tipo de superficies, para la estimación de escorrentías, se suele considerar que presentan una infiltración nula, no obstante como el porcentaje de suelo es significativo se considerará un umbral de escorrentía de 1 correspondiente a pavimentos bituminosos o de hormigón.

IV.4. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El río Valdeperal situado en la submeseta septentrional se encuentra rodeado por depósitos de Raña. Depósitos del cuaternario, que constituyen un abanico muy plano con ápice en Guardo, formadas por gravas cuarcíticas con matriz arenosa mayores en el Norte (20cm, 10 en el Sur).

La Raña es erosiva de los depósitos del Mioceno, por lo que fenómenos de gleyización pueden provocar el encharcamiento más o menos prolongado de los perfiles, drenaje deficiente y condiciones reductoras del suelo. El suelo es un planosuelo, con un perfil del tipo A1 A2 Bt C. El primer horizonte se encuentra en proceso de desaparición, por los procesos que se están dando en A2 de empardecimiento.

El suelo por el que transita el río Valdeperal, es un fondo de valle constituido por fangos y gravas de aportes laterales y longitudinales, que acabará aguas abajo en el cono de deyección.

Alrededor de este fondo de valle se han formado diferentes tipos de suelo que varían según el curso del río. Todos estos suelos se formaron en el Mioceno superior conocido como Vallesiense, en el Terciario.

Desde la cabecera, hasta 1 Km antes de la entrada del río en la localidad de Carbonera, el suelo está formado por conglomerados silíceos, arenas y fangos. Cantos rodados con los conglomerados o en el fango, principalmente arcilla roja limosa, que hacen de soporte, y ausencia de carbonatos y feldspatos.

En la zona de Carbonera tenemos una zona de transición entre facies conglomeríticas y de fangos, con predominio de los fangos, y está formada por limos, arcillas y conglomerados palustres.

Aguas abajo se cambia a fangos ocre con suelos calcimorfos y paleocanales de arena, llegando más al sur que Relea. Son el paso de las facies conglomeríticas a las fano-conglomeríticas, donde predominan los fangos ocre con nódulos de carbonatos, la característica presencia de arena poco cementada y base de gravas silíceas, con una anchura de 100 m potencia de 2 m. Los nódulos carbonatados presentes en la arena son de la propia cuenca sedimentaria. Y en el análisis de arcillas la Illita es mayoritaria frente a la Caoliita, apareciendo trazas de Pirofillita. Los canales son del tipo de ríos trenzados.

En la parte exterior a este tipo de suelo y predominando en la margen izquierda, pues a partir de Villorquite del Páramo la margen derecha pierde su presencia, aparecen limos y arcillas con algunos paleocanales y suelos calcimorfos. Se diferencia de la anterior facie por la intercalaciones de arcillas limosas y canales de arena y los suelos calcimorfos menos desarrollados. Los paleocanales son de carácter arenoso, con base de grava silícea y arena fina con laminación tipo festón. Las coladas de arcilla roja son procedentes del abanico de Guardo.

En la margen derecha desde Villa quite a Relea nos encontramos con vertientes de depósitos de la raña, terrazas u otros depósitos miocenos. Son gravas cuarcíticas, limos y arcillas sobre las que no se ha desarrollado u horizonte Bt rojo, sino tierras pardas húmedas.

A lado del curso no hemos mencionado, pero podemos encontrar dos conos de deyección.

IV.5. OBRAS DE DRENAJE

Se ha realizado un reconocimiento de la zona a fin de inventariar las obras de drenaje situadas a lo largo del cauce que pudieran tener influencia en el régimen hidráulico del río Valdeperal en el entorno de los núcleos urbanos.

La capacidad de desagüe se ha calculado siguiendo la instrucción “Drenaje Superficial” del MOPU¹ mediante la aplicación de la fórmula de Manning-Strickler que establece que:

$$Q = S \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \cdot K \cdot U$$

Donde:

Q: Caudal desaguado

S: Área de la sección

R: Radio hidráulico

J: Pendiente de la línea de energía

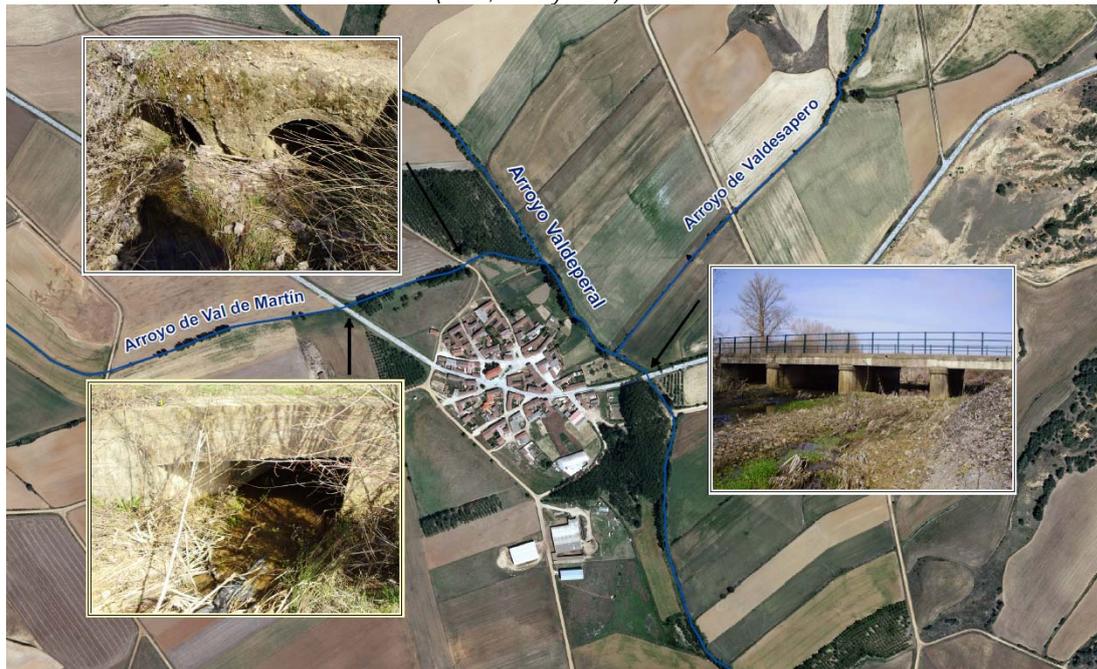
K: Coeficiente de rugosidad

U: Coeficiente de conversión

Para los cálculos anteriormente citados se deja siempre un resguardo para evitar que las obras de fábrica entren en carga, por lo que los cálculos no se realizan con la totalidad de la superficie ni del perímetro mojado.

De aguas abajo a aguas arriba del río Valdeperal se describen las diferentes obras de drenaje. En el entorno del núcleo urbano de Relea de la Loma, se han estudiado 3 obras de drenaje, en la imagen siguiente se muestra la localización de las mismas.

Gráfico 3. Localización de las 3 obras de fábrica (OD-1, OD-2 y OD-3) situadas en el entorno del núcleo de Relea de la Loma.



IV.5.1. OD-1

La obra de fábrica OD-1 consiste en una estructura de vigas con 4 vanos, de hormigón sobre el río Valdeperal, que permite el acceso al núcleo urbano por el este.

Cada vano presenta una anchura de 3,5 m, una altura de 1,5 m, una pendiente del 0,001 % y un coeficiente de rugosidad K estimado de 30 m^{1/3}/s, al tratarse de una estructura formada por hormigón.

¹ MOPU (1990). Instrucción de Carreteras 5.2-IC “Drenaje Superficial”. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (Boletín Oficial del Estado, 123, 23-5-1990).

El fondo del cauce, tanto aguas arriba como aguas abajo, está formado por cantos rodados y vegetación briófitas.

La capacidad de desagüe estimada para esta tajea es de 16,20 m³/s.

IV.5.2. OD-2

Se considera como OD-2 la estructura de hormigón de un vano situada aguas arriba sobre el arroyo Val de Martín y que da acceso al núcleo urbano de Relea por el oeste a través de la Ctra. de Relea.

El vano presenta una anchura de 2,1 m, una altura de 0,8 m, una pendiente del 0,001 % y un coeficiente de rugosidad K estimado de 30 m^{1/3}/s, al tratarse de una estructura formada por hormigón.

El fondo de este conjunto está cubierto por vegetación briófitas. La capacidad de desagüe estimada para esta tajea es de 0,93 m³/s.

IV.5.3. OD-3

La OD-3 se localiza aguas debajo de OD-2, sobre el arroyo Val de Martín y se trata de una obra constituida por dos tuberías de hormigón de 0,6 m de diámetro y 4,5 m de longitud, colocadas de forma paralela y separadas 20 cm aproximadamente.

La pendiente se estima en 0,007% y un coeficiente de rugosidad K estimado de 25 m^{1/3}/s al tratarse de un tubo de hormigón muy obstruido por tierra y vegetación.

La capacidad de desagüe estimada para esta estructura es de 1,18 m³/s. La capacidad de desagüe de esta obra de drenaje se ve muy reducida por la abundante vegetación briófitas que se acumula, tanto aguas arriba como aguas abajo, impidiendo la correcta circulación del caudal.

El siguiente núcleo de población es Villalafuente, que dispone, únicamente de un puente que da acceso al núcleo de población, como se muestra en la siguiente figura.

Gráfico 4. Localización de la OD-4 en el entorno de Villalafuente.



IV.5.4. OD-4

La obra de fábrica OD-4 consiste en estructura de vigas con 1 vano, de hormigón, que permite el acceso al núcleo urbano de Villalafuente discurre sobre el río Valdeperal. La estructura está localizada al este del núcleo urbano.

El vano presenta una anchura de 4 metros, una altura de 1,55 metros y una longitud de 4 metros. Pendiente se estima en 0,001% y un coeficiente de rugosidad K estimado de $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

La capacidad de desagüe estimada para esta tajea es de $5,74 \text{ m}^3/\text{s}$.

El puente sobre el que discurre la carretera comarcal C-624 se ha modelizado en el programa HEC RAS pero no se considera necesario el cálculo de la capacidad de desagüe del mismo ya que no afecta a ningún entorno urbano (Gráfico 5, imagen de la derecha)

Gráfico 5. Localización del puente sobre el río Valdeperal.



Aguas arriba se encuentra el núcleo de Villorquite del Páramo, que dispone únicamente de un puente de acceso al núcleo urbano por el este.

IV.5.5. OD-5

Se trata de un puente formado por cuatro vanos de 3 metros de ancho, separados entre sí 1 m aproximadamente. Los vanos tienen una estructura tipo arco de 2 m de altura en clave y 1,60 m en hastiales aproximadamente.

Pendiente se estima en 0,002% y un coeficiente de rugosidad K estimado de $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ al tratarse de una estructura de hormigón.

La capacidad de desagüe estimada para esta tajea es de $21,47 \text{ m}^3/\text{s}$.

Gráfico 6. Localización de la OD-5 en el entorno de Villorquite.



El núcleo urbano de Villafruel dispone de un puente de acceso al núcleo por el este.

Gráfico 7. Localización de OD-6 en el entorno de Villafruel.



IV.5.6. OD-6

Se trata de un puente formado por tres vanos de 3 metros de ancho, separados entre sí 0,90 m aproximadamente. Los vanos tienen una estructura tipo arco, 1,6 m de altura en clave y 1 m en hastiales aproximadamente, como se muestra en la imagen anterior.

Pendiente se estima en 0,003% y un coeficiente de rugosidad K estimado de $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ al tratarse de una estructura de hormigón.

La capacidad de desagüe estimada para esta tajea es de $16,75 \text{ m}^3/\text{s}$.

Los puentes que dan acceso al último núcleo urbano objeto de estudio: Carbonera, no se estudiarán dada su localización alejada y aguas abajo del núcleo urbano, como se observa en la siguiente imagen. Además estos puentes no se localizan en el río Valdeperal, sino en un arroyo menor denominado arroyo de los Hoyos.

Gráfico 8. Localización de los puentes de acceso a Carbonera.



Se considera necesario el mantenimiento de las diferentes obras de fábrica en un correcto estado, limpias de tierra y vegetación briofita que se acumula de forma natural obstaculizando y reduciendo la capacidad de desagüe de las mismas.

V. ESTUDIO DE AVENIDAS

A la vista de los resultados obtenidos en anteriores estudios hidrológico-hidráulicos realizados por GAMA, S.L., donde se realizaba un análisis comparativo entre los datos obtenidos mediante análisis estadísticos de los datos de la estación meteorológica más adecuada (Método 1) y los datos obtenidos de la publicación "Máximas lluvias diarias en España peninsular". Ministerio de Fomento y "Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España peninsular" (1997) editadas por el servicio de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras con la colaboración del Centro de Estudios Hidrográficos del C.E.D.E.X (Método 2), en este trabajo se ha optado por utilizar únicamente el segundo método de cálculo de precipitación máxima diaria y caudales.

No obstante se realiza una comparativa de los datos obtenidos con los extraídos del Mapa de caudales máximos y de la aplicación Caumax ver.2.0 del CEDEX.

V.1. CAUDAL DE AVENIDA

V.1.1. Metodología utilizada

La cuenca del río Valdeperal tiene una superficie de 61,37 Km² y un tiempo de concentración de 5,86 horas, por lo que se encuentra al límite de ser considerada cuenca pequeña o grande. Por consiguiente, en le presente trabajo optaremos por realizar los cálculos bajo los dos métodos hidrometeorológicos más adecuados, el MR y el MRM, y realizar un análisis comparativo.

El Método Racional (MR), el más adecuado para cuencas pequeñas y se basa en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de una estimación de la escorrentía, con lo que se admite que la única componente de dicha precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la que escurre superficialmente.

El Método Racional Modificado (MRM) incluye además dos coeficientes correctores: el coeficiente de uniformidad (K) y el coeficiente reductor del área (ARF).

El caudal se calcula mediante la fórmula de la Instrucción 5.2-IC relativa a drenaje superficial del MOPU (1990):

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

Donde:

Q (m³/s): Caudal punta para un período de retorno determinado

I (mm/h): Intensidad media durante un intervalo igual al tiempo de concentración Tc

A (Km²): Superficie de la cuenca

C: Coeficiente medio de escorrentía

Intensidad media precipitación

La intensidad media de precipitación I (mm/h) se obtiene de la relación I/Id expresada en un gráfico I/Id-I1/Id versus t

Donde:

Id (mm/h): Intensidad media diaria de cada periodo de retorno considerado, igual a Pd/24

Pd (mm): Precipitación total diaria correspondiente a cada periodo de retorno

I1 / Id (mm/h): Relación establecida en gráfico y que para esta zona tiene un valor de 10

t (h): Duración del aguacero que se tomará igual al tiempo de concentración Tc

Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se calcula mediante la expresión:

$$T_c = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76}$$

Donde:

L: Longitud del cauce principal (km)

J: Pendiente media (m/m)

Escorrentía

El coeficiente de escorrentía C se calcula mediante la expresión:

$$C = \frac{(P_d - P_0) \cdot (P_d + 23 \cdot P_0)}{(P_d + 11 \cdot P_0)^2}$$

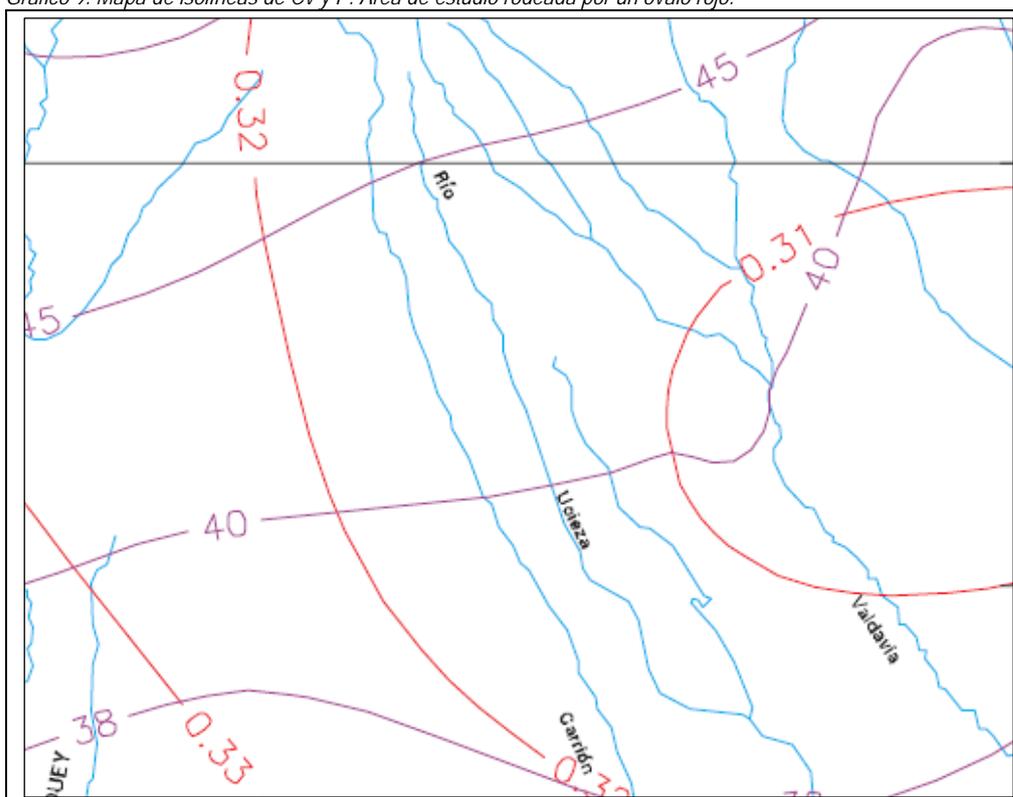
En las cuencas heterogéneas habría que realizar una subdivisión en áreas cuyos coeficientes de escorrentía de calcularán por separado, siendo ponderados por la extensión de cada área homogénea y multiplicados por un factor de corrección geográfico que en esta zona tiene un valor de 2,05.

V.1.2. Datos de partida

Se realiza el proceso operativo propuesto en la publicación “Máximas lluvias diarias en España peninsular”. Ministerio de Fomento y “Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España peninsular” (1997) para la obtención de las precipitaciones máximas diarias correspondientes a cada periodo de retorno considerado. El método utilizado consistirá en el uso de los planos y tablas incluidas en la publicación.

- 1) Localizar en el plano guía el punto geográfico.
- 2) Estimar mediante el mapa de isóneas el coeficiente de variación Cv (líneas rojas con valores inferior a la unidad) y el valor medio P de la máxima precipitación diaria anual (líneas moradas).

Gráfico 9. Mapa de isólinas de Cv y P. Área de estudio rodeada por un óvalo rojo.



- 3) Para el periodo de retorno deseado T y el valor de Cv, obtener el cuantil regional Yt (también denominado factor de amplificación Kt), mediante el uso de la tabla Kt.
- 4) Realizar de los cálculos correspondientes para la obtención de la precipitación máxima diaria para el periodo de retorno deseado Pt y para la obtención de las intensidades.

Tabla 1. Cálculos previos

Usos del suelo	METODO RACIONAL	METODO RACIONAL MODIFICADO
	Río Valdeperal	
Superficie (A) Km2	61.37	61.37
Tiempo de Concentración (Tc)		
Cota max (Cmax)	1130.00	1130.00
Cota mínima (Cmin)	916.00	916.00
Longitud (L)	16779.42	16779.42
Pendiente (%)=(C max.-C min.)/L)	0.01	0.01
Tc (horas)	5.86	5.86
Coefficiente de Uniformidad (K)		
$K= 1+((Tc^{1.25})/((Tc^{1.25})+14))$	1.00	1.39
Precipitación (I)		
Pd (mm/día) (MAX PLU)	42.50	42.50
Coefficiente Reductor por Área (ARF)	1.00	0.88
P (mm/día) (MAX PLU) corregida	42.50	37.43
Coefficiente de variación (Cv)	0.32	0.32
Yt(10) Factores de Amplificación	1.392	1.392
Yt(50) Factores de Amplificación	1.869	1.869

Yt(100) Factores de Amplificación	2.083	2.083
Yt(500) Factores de Amplificación	2.632	2.632
Xt (10)(mm/día)	59.16	52.11
Xt (50)(mm/día)	79.43	69.96
Xt (100)(mm/día)	88.53	77.98
Xt (500)(mm/día)	111.86	98.53
ld (10)=B22/24	2.465	2.171
ld (50)	3.310	2.915
ld (100)	3.689	3.249
ld (500)	4.661	4.105
I1/ld (valor regional)	9.00	9.00

Fuente: *Elaboración propia*

En el anejo de Cálculo de caudales de los arroyos menores se incorporan los cálculos de caudales de los afluentes del río Valdeperal.

V.1.3. Proceso de cálculo

Como indica la Instrucción 5.2-IC relativa a drenaje superficial, se considera conveniente la aplicación del método racional para el río Valdeperal. No obstante se optó realizar los cálculos a través de ambos métodos y compararlos. En el Método racional modificado se incluye en el cálculo del coeficiente de uniformidad K propuesto por Ferrer (1993), con el que se corrige el error de que la precipitación no sea uniforme durante el tiempo de concentración de la cuenca, dado que es utilizado por el CEDEX en los cálculos del método racional en la aplicación Caumáx.

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14}$$

Valor de K obtenido es de 1,39, como se muestra en la tabla anterior.

Por otro lado, incluye un coeficiente reductor de área ARF que corrige el hecho de que la precipitación no sea geográficamente uniforme ni simultánea en toda la cuenca.

$$1 - \frac{\log Sup(Km^2)}{15}$$

Estos coeficientes fueron tenidos en cuenta en los cálculos que a continuación se describen. Valor de ARF obtenido es de 0,88.

Intensidad media de precipitación

A partir de las características de la cuenca del río Valdeperal, las características hidrológicas calculadas para la cuenca son:

Tabla 2. Características hidrológicas de la cuenca

Cuenca	L: Longitud del cauce principal (km)	J: Pendiente media de la cuenca en tanto por uno	Tc: Tiempo de concentración (horas)
Esgueva	16,78	0,01	5,86

Fuente: *Elaboración propia*

A partir de estos valores y considerando un valor de I1/ld de 9 y las intensidades medias diarias ld de sus correspondientes periodos de retorno, se obtienen los siguientes valores de intensidad media de precipitación del aguacero de cálculo (I) para los distintos periodos de retorno considerados:

Tabla 3. Intensidad de lluvia calculada para el aguacero más desfavorable y diferentes periodos de retorno

Periodo de retorno (años)	I: Intensidad media del aguacero de cálculo (mm/h)	I: Intensidad media del aguacero de cálculo (mm/h)
	Método racional	Método racional modificado
10	7,75	6,67
50	10,17	8,96
100	11,34	9,98
500	14,32	12,62

Fuente: Elaboración propia

Coeficiente de escorrentía

Para determinar el umbral de escorrentía P0 se efectuaron recorridos de campo y un reconocimiento fotogeológico de la cuenca a fin de determinar los usos del suelo, tipos de suelo, tipos de terrenos y las características hidrológicas. A partir del resultado de este análisis se efectuó una subdivisión de la cuenca a fin de determinar la superficie de las áreas a delimitar y la ponderación correspondiente de los umbrales de escorrentía. Los datos del umbral de escorrentía P0 son calculados para unas condiciones medias de humedad (AMC II), este valor se calibra a través de un coeficiente auxiliar β , cuyo valor oscila entre 0,5 y 3, en este caso utilizaremos el valor propuesto por el Mapa de caudales máximos del CEDEX que es de 0,7 para la región 23. Finalmente, a partir de estos valores se calcularon los coeficientes de escorrentía para cada una de las áreas delimitadas.

En la tabla siguiente se expresan las áreas delimitadas y los umbrales de escorrentía P0 ponderados estimados.

Tabla 4. Umbrales de escorrentía P0. 1Según Instrucción 5.2-IC

Vegetación	P0 teórico1	Fracción de la cuenca (%)
Arbolado	47	23,57
Cultivo herbáceo de secano	21	61,52
Brezal seco europeo	14	1,54
Pastizal y matorral ralo	17	2,69
Robledal y melojar	25	1,20

Fuente: Elaboración propia

El dato teórico obtenido para P0 es 26,9 dato que será corregido mediante un coeficiente corrector regional extraído del mapa de la instrucción 5.2-IC, en este caso es de 2.05.

En la Tabla 5 se expresan los coeficientes de escorrentía C calculados para cada uno de los periodos de retorno considerados.

Tabla 5. Coeficientes de escorrentía calculados para diferentes periodos de retorno

Coeficiente de escorrentía	C	C
	Método Racional	Método Racional Modificado
C (T10)	0,08	0,06
C (T50)	0,16	0,12
C (T100)	0,19	0,15
C (T500)	0,25	0,22

Fuente: Elaboración propia

V.2. CAUDALES MÁXIMOS DE AVENIDA

A partir de estos datos, se procedió a calcular los caudales máximos de avenida correspondientes a los periodos de retorno considerados. En la Tabla 6 se expresan los resultados obtenidos a partir de la valoración efectuada.

Tabla 6. Caudales de avenidas estimados para diferentes periodos de retorno

Periodo de retorno (años)	Caudales de avenida (m ³ /s)	
	Método Racional	Método Racional Modificado
10	12.89	10.63
50	32.34	31.38
100	42.93	42.87
500	74.56	77.72

Fuente: Elaboración propia

En el periodo de máxima crecida ordinaria los caudales estimados son inferiores a la capacidad de desagüe de las obras de fábrica OD-1 OD-5 y OD-6 (las obras de fábrica OD-2 y OD-3 no se localizan en el río Valdeperal sino en su afluente, el arroyo Val de Martín).

Para el caso del periodo de retorno de 50 años los caudales estimados para todas las obras de fábrica, son superiores a la capacidad de desagüe de las mismas.

Estos datos se compararon con los datos extraídos de la aplicación Caumax del CEDEX. Los datos obtenidos mediante el Mapa de Caudales Máximos hasta la sección de cierre propuesta en el estudio da los valores indicados en la tabla, siendo estos muy inferiores a los obtenidos en el estudio.

Al objeto de mejorar el presente estudio se realizó un análisis de los datos extraídos del programa Caumax en el punto límite de cuenca (donde SCUENCA <50 km²).

En ese punto, a escasos 3,5 km de la sección de cierre propuesta, y con una cuenca que difiere de la de estudio en 10,62 km² los valores de caudales son muy superiores, como observamos en la tabla 7 (2), más próximos a los obtenidos en el presente estudio.

Tabla 7. Caudales de avenidas estimados para diferentes periodos de retorno

Periodo de retorno (años)	Caudales de avenida (m ³ /s)	
	Mapa de caudales Máximos (1)	Método Racional (2)
10	18	24
50	26	44
100	29	56
500	37	86

Fuente: Elaboración propia

En vistas a los resultados obtenidos, en el presente trabajó se optó por el uso de los datos obtenidos en el proyecto a través del Método Racional Modificado.

Para el cálculo de los caudales de los arroyo menores se utilizó el método racional. En el anejo de Cálculo de caudales de los arroyos menores se exponen los cálculos y resultados de los mismos.

VI. PELIGRO DE INUNDACIÓN

VI.1. METODOLOGÍA UTILIZADA

En cuencas aluviales las crecidas de los cursos asociados son las responsables del peligro de inundación de las márgenes, es decir la posibilidad de anegamiento de los márgenes aluviales. Se habla de riesgos cuando tienen lugar daños o pérdidas económicas principalmente a consecuencia de los procesos de erosión y del poder de arrastre de las aguas de inundación. Los efectos más importantes tienen lugar sobre todo en las riberas de los cauces principales, y su extensión dependerá del caudal de avenida del río, geometría del cauce, presencia de vegetación, etc.

En general, para un determinado tramo del río en el que no se produzcan variaciones geométricas del cauce (ausencia significativa de erosión y sedimentación), la altura que alcanza la lámina de agua dependerá fundamentalmente del caudal de avenida, siendo tanto mayor cuanto más elevado sea éste. En el tramo urbano el río está canalizado y todo el entorno del cauce hormigonado de manera que la altura de las distintas avenidas dependerá de la morfología del entorno urbanizado.

Las actividades antrópicas que se desarrollan en las llanuras de inundación pueden ser gravemente afectadas cuando se desborda un río. Además de los efectos primarios que se producen por los procesos de erosión/arrastre y de sedimentación/colmatación, habría que añadir otros efectos secundarios como los de deslizamientos de laderas, asentamientos, colapsos del terreno, etc.

Para determinar y delimitar las superficies de inundación existen diversos procedimientos centrados fundamentalmente en dos métodos: los métodos hidrológicos que se basan en aspectos hidrológicos (caudales máximos, períodos de retorno, etc.) y los métodos geológicos que consideran otros factores como las características de la sedimentación fluvial, geomorfología, estratigrafía, etc.

La metodología utilizada en este trabajo intenta conjugar tanto los aspectos hidrológicos como los factores geológicos relacionados con las inundaciones. De esta manera se contrastan los datos obtenidos mediante métodos hidrometeorológicos y modelos hidráulicos con los rasgos y formas geomorfológicas que producen las avenidas en la dinámica aluvial y evolución del río.

Dentro del ámbito de estudio, las construcciones de los núcleos desarrollan de forma más o menos paralela a cauce del río Valdeperal por su margen derecha, en la mayoría de los casos a escasos metros del cauce. A excepción de Villalafuente que cuenta con una vega de inundación de en torno a 100 metros, dispone de una única edificación a menor distancia y se trata de una nave agrícola.

El núcleo de Relea de la Loma dispone también de una vega de inundación de menor dimensión, en algunos puntos la distancia del núcleo urbano al cauce es inferior a 50 metros.

A diferencia del resto de núcleos urbanos, Carbonera se encuentra localizado entre la margen izquierda del río Valdeperal y la margen derecha del arroyo de los Hoyos y alejado del cauce de ambos arroyos más de 50 metros.

VI.2. CONDICIONES DE CONTORNO Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Para la delimitación de las zonas inundables que se exponen en el Mapa de Peligro de Inundación (recogido en el correspondiente anejo) se ha elaborado un modelo hidráulico unidimensional partiendo de la base topográfica de detalle de Saldaña asociada al río Valdeperal.

Las condiciones de contorno específicas aplicadas al modelo han sido las siguientes:

- Geometría de los cauces. El río Valdeperal se ha considerado a efectos de la modelización, 7 tramos y un único tramo en los afluentes. Sobre estos tramos se han extraído del Modelo Digital del Terreno los datos de elevaciones correspondientes a 1.128 perfiles a lo largo de

todo el río Valdeperal. Para obtener una cobertura homogénea del entorno, además de estos perfiles, se utilizaron perfiles interpolados en tramos donde se consideró necesaria mayor precisión.

- **Obras de Fábrica.** Se han modelizado todas las obras de fábrica, cuya morfología se describe en el apartado 4.5 obras de drenaje. Las principales obras de drenaje son estructuras de hormigón que permiten el acceso al núcleo de población correspondiente. Se sitúan en la margen derecha del río Valdeperal, situándose los núcleos de población a esa misma margen.
- **Régimen de flujo.** Se ha considerado un régimen permanente, unidimensional y mixto entre supercrítico y subcrítico. Esto supone una simplificación de la realidad, ya que no en todo el curso se cumplen estas condiciones. No obstante y dado que no se está elaborando un estudio de peligrosidad de inundación, sino de delimitación de zonas inundables, esta simplificación puede considerarse válida a efectos del trabajo.
- **Caudales de cálculo.** Obtenidos en el estudio hidrológico para los diferentes períodos de retorno de 10 (máxima crecida ordinaria, MCO), 50, 100 y 500 años.
- **Rugosidad.** Estimada a partir de los valores del número de Manning que se extraen de las tablas al uso, y que valoran “n” en función de las características morfológicas y de uso del suelo y del tipo de fondo en las obras de drenaje. Los valores empleados han sido²:

Tabla 8. Números de Manning aplicados en la simulación

Tipo de uso	Número de Manning (n)
Bosque	0,065
Otro arbolado	0,070
Cultivo herbáceo de secano	0,020
Pastizal	0,035
Estructura urbana	0,025
OD (hormigón)	0,015

Fuente: Elaboración propia

VI.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el Mapa de peligro de inundación recogido como Plano DI-PIA-06 en los Planos de Información y Análisis de las Normas Urbanísticas Municipales, así como en los Planos de Ordenación de los núcleos menores, y los esquemas de calados del Anejo 3 son coherentes con la interpretación geomorfológica; así el río Valdeperal a su paso por el término municipal de Saldaña, incluso para la máxima crecida ordinaria, tiende ocupar las áreas de terreno con cotas bajas. Esta coherencia de resultados valida el modelo de cálculo empleado y se traduce en pocas variaciones entre las líneas correspondientes a los diferentes periodos.

Dentro de este ámbito, las construcciones de los núcleos de Relea de la Loma, Villalafuente, Villorquite y Villafruel se encuentran en la margen derecha del río Valdeperal. El núcleo de Carbonera es el más septentrional de todos y se encuentra enclavado entre el río Valdeperal, por su margen izquierda y el arroyo de los Hoyos, por la margen derecha.

En la clasificación urbanística propuesta dentro de las Normas Urbanísticas Municipales de Saldaña no se plantea clasificar nuevo sector de Suelo Urbanizable ni Suelo Urbano No Consolidado en ninguno de los núcleos urbanos menores (Relea de la Loma, Villalafuente, Villorquite, Villafruel y Carbonera). En estos núcleos únicamente se clasifica Suelo Urbano Consolidado, ceñido a las superficies ya consolidadas por la urbanización y edificación.

En algunos casos, como el de Relea de la Loma o Villafruel, las líneas de avenidas ocupan algunas parcelas clasificadas como Suelo Urbano Consolidado.

² Chow, V.T.; Maidment, D.R. & Mays, L.W. Hidrología Aplicada. McGraw-Hill, 580 págs.

VII. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo ha sido la realización de un estudio de avenidas y la evaluación del peligro de inundación en los núcleos urbanos de Relea de la Loma, Villalafuente, Villorquite del Páramo, Villafruel y Carbonera para las Normas Urbanísticas Municipales de Saldaña (Palencia).

Para el siguiente trabajo se estudiará el comportamiento hidrológico del río Valdeperal a su paso por el término municipal de Saldaña, prestando especial atención a los tramos donde el río colinda con núcleos urbanos de población mencionados anteriormente.

A lo largo de su recorrido por la zona de estudio el río Valdeperal anexiona varios afluentes de pequeña entidad pero que serán objeto de estudio dada su proximidad a los núcleos urbanos.

Los núcleos urbanos de Relea de la Loma, Villalafuente, Villorquite del Páramo, Villafruel y Carbonera se encuentran próximos al río Valdeperal o alguno de sus afluentes.

El núcleo de Relea de la Loma se encuentra situado en la margen derecha del río Valdeperal, en la zona de confluencia de dos arroyos menores: arroyo de Valdesapero y arroyo de Valdemartín, con el río Valdeperal.

El núcleo de Villalafuente se sitúa en la margen derecha del río Valdeperal, todas las edificaciones a excepción de una nave agrícola se encuentra a más de 100 metros de distancia del cauce.

En cambio, los núcleos de Villorquite y Villafruel, se sitúan colindantes al río Valdeperal por la margen derecha. Aguas arriba del puente que da acceso al área urbana de Villorquite se han desarrollado actuaciones de restauración y conservación del río por el Organismo de cuenca (ver anejo fotográfico).

El núcleo de Carbonera se sitúa en el área de intersección de los valles fluviales del río Valdeperal y del arroyo de los Hoyos. El núcleo urbano se localiza en la margen derecha del arroyo de los Hoyos donde las edificaciones más próximas se encuentran a más de 50 metros de distancia del cauce, y en la margen izquierda del río Valdeperal, donde las distancia al cauce son mucho mayores, en torno a 190 metros.

La cuenca del río Valdeperal tiene una superficie de 61,37 Km² y un tiempo de concentración de 5,86 horas, por lo que se encuentra al límite de ser considerada cuenca pequeña o grande.

Por consiguiente, en le presente trabajo optaremos por realizar los cálculos bajo los dos métodos hidrometeorológicos más adecuados, el MR y el MRM, y realizar un análisis comparativo.

El Método Racional (MR), el más adecuado para cuencas pequeñas y se basa en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de una estimación de la escorrentía, con lo que se admite que la única componente de dicha precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la que escurre superficialmente.

El Método Racional Modificado (MRM) incluye además dos coeficientes correctores: el coeficiente de uniformidad (K) y el coeficiente reductor del área (ARF).

Tras el estudio y análisis de estos métodos y aplicaciones informáticas, a partir de la aplicación de cálculos hidrometeorológicos se deducen los siguientes caudales de avenida para periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.

Tabla 9. Caudales de avenidas estimados para diferentes periodos de retorno

Periodo de retorno (años)	Caudales de avenida (m ³ /s)
10	10,63
50	31,38
100	42,87
500	77,72

Fuente: Elaboración propia

En el periodo de máxima crecida ordinaria los caudales estimados son inferiores a la capacidad de desagüe de las obras de fábrica OD-1 OD-5 y OD-6 (las obras de fábrica OD-2 y OD-3 no se localizan en el río Valdeperal sino en su afluente, el arroyo Val de Martín).

Para el caso del periodo de retorno de 50 años y sucesivos los caudales estimados para todas las obras de fábrica, son superiores a la capacidad de desagüe de las mismas.

En relación a todas las obras de fábrica se aconseja el mantenimiento periódico de las mismas evitando su deterioro, aterramiento u obstrucción, para que no disminuya su capacidad de evacuación de agua y por consiguiente evitar la acumulación de agua incluso posibles inundaciones aguas arriba de las obras de fábrica.

Para la delimitación de las zonas inundables asociadas a los posibles desbordamientos que pudieran desencadenarse en los diferentes cascos urbanos, y a partir de los caudales estimados para periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años, y sobre las secciones de cálculo se ha generado un modelo hidráulico unidimensional. De esta manera se delimitaron las líneas de inundación esperadas.

En vistas a las líneas de inundación resultantes y como consecuencia de la tendencia del agua a ocupar zonas de cota inferior, los núcleos menores de Relea de la Loma, Villalafuente, Villorquite, Villafruel y Carbonera no se verían muy afectados por las inundaciones de todos los periodos de retorno considerados. Se podrían ver afectados de forma puntual algunos polígonos o parcelas clasificados como urbanos situados en la vega del río Valdeperal.

En el núcleo urbano de Villorquite se han realizado actuaciones de restauración y conservación en la margen derecha del río Valdeperal, consiguiendo de esta manera y mientras esta obra se mantenga en buenas condiciones, que las avenidas no lleguen a inundar el área urbana.

Se considera oportuno, por lo tanto, el mantenimiento del correcto estado del área restaurada en el entrono de Villorquite. No se prevé ninguna medida estructural frente a las avenidas en ninguno de los núcleos urbanos estudiados como consecuencia del desarrollo de las Normas Urbanísticas Municipales, ni la ejecución de ninguna actuación significativa en zona inundable,

Valladolid, diciembre de 2012



Fdo.: Verónica García García
Ingeniero Técnico Forestal
Colegiado 5.305

ANEJOS

A. INDICES DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cálculos previos	21
Tabla 2. Características hidrológicas de la cuenca	22
Tabla 3. Intensidad de lluvia calculada para el aguacero más desfavorable y diferentes periodos de retorno	23
Tabla 4. Umbrales de escorrentía P0. 1Según Instrucción 5.2-IC	23
Tabla 5. Coeficientes de escorrentía calculados para diferentes periodos de retorno	23
Tabla 6. Caudales de avenidas estimados para diferentes periodos de retorno	24
Tabla 7. Caudales de avenidas estimados para diferentes periodos de retorno	24
Tabla 8. Números de Manning aplicados en la simulación	26
Tabla 9. Caudales de avenidas estimados para diferentes periodos de retorno	28

ÍNDICE DE GRÁFICOS

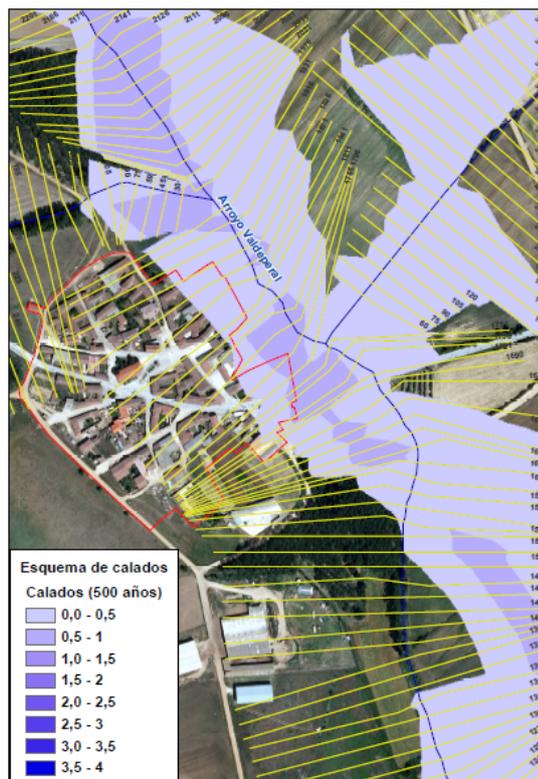
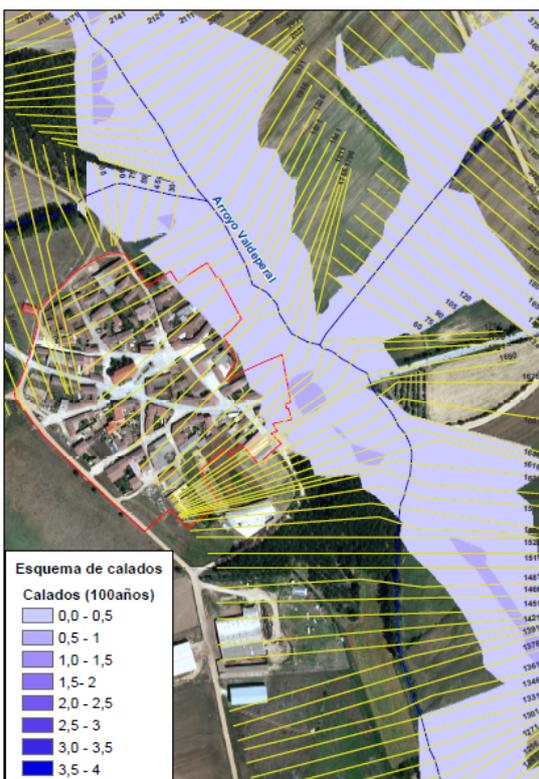
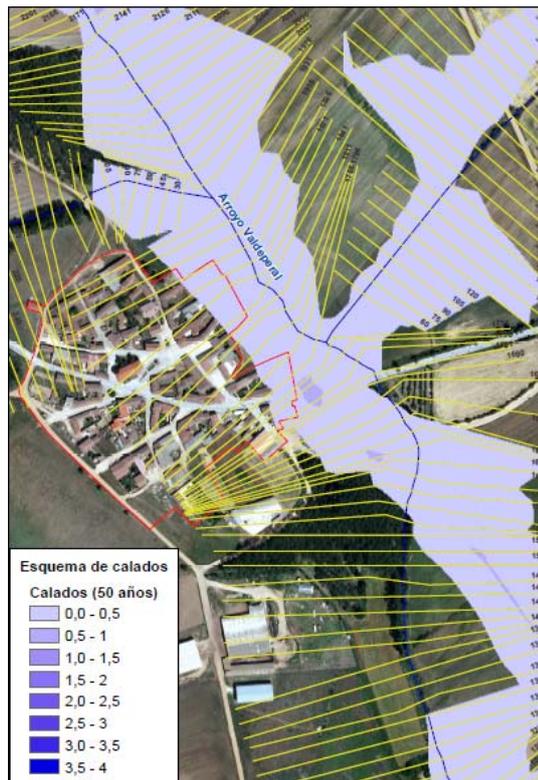
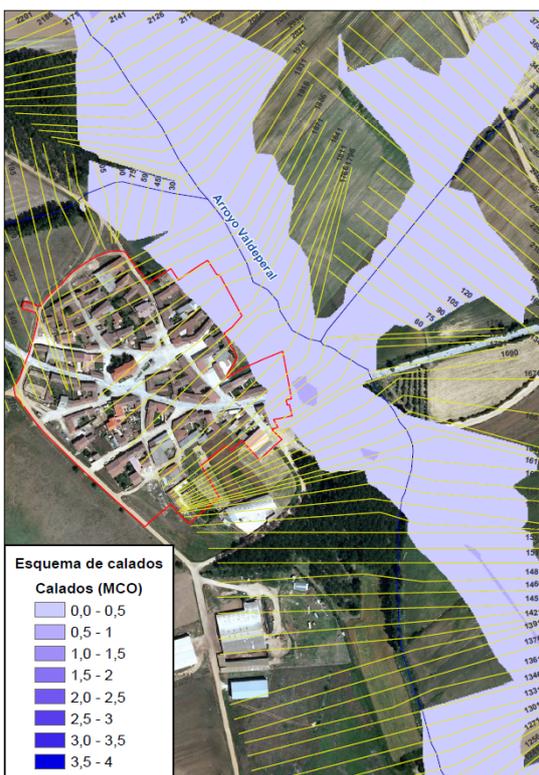
Gráfico 1. Situación de la cuenca vertiente del arroyo Valdeperal; en rojo se localiza el punto de sección de cierra de la cuenca de estudio. La línea verde delimita las diferentes cuencas vertientes.	9
Gráfico 2. Modelo digital de elevación del entorno de la zona de estudio.	10
Gráfico 3. Localización de las 3 obras de fábrica (OD-1, OD-2 y OD-3) situadas en el entorno del núcleo de Relea de la Loma.	13
Gráfico 4. Localización de la OD-4 en el entorno de Villalafuente.	14
Gráfico 5. Localización del puente sobre el arroyo Valdeperal.	15
Gráfico 6. Localización de la OD-5 en el entorno de Villorquite.	16
Gráfico 7. Localización de OD-6 en el entorno de Villafuente.	16
Gráfico 8. Localización de los puentes de acceso a Carbonera.	17
Gráfico 9. Mapa de isolinéas de Cv y P. Área de estudio rodeada por un óvalo rojo.	21

B. CÁLCULO DE CAUDALES DE LOS ARROYOS MENORES

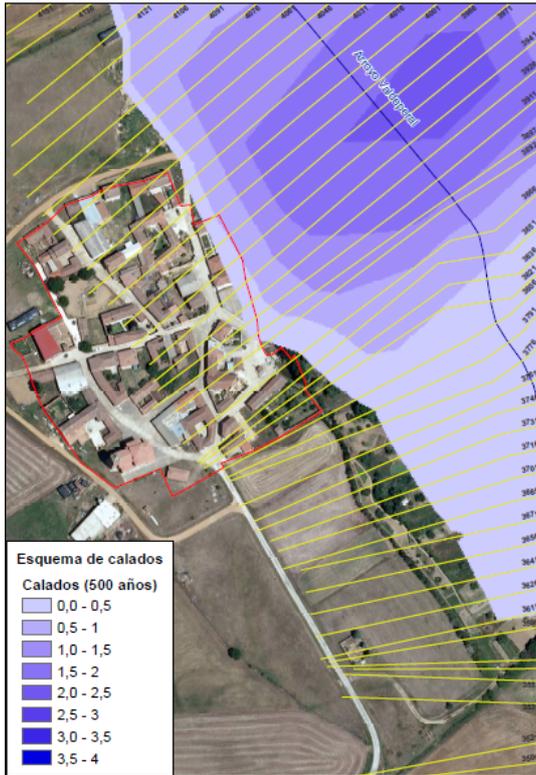
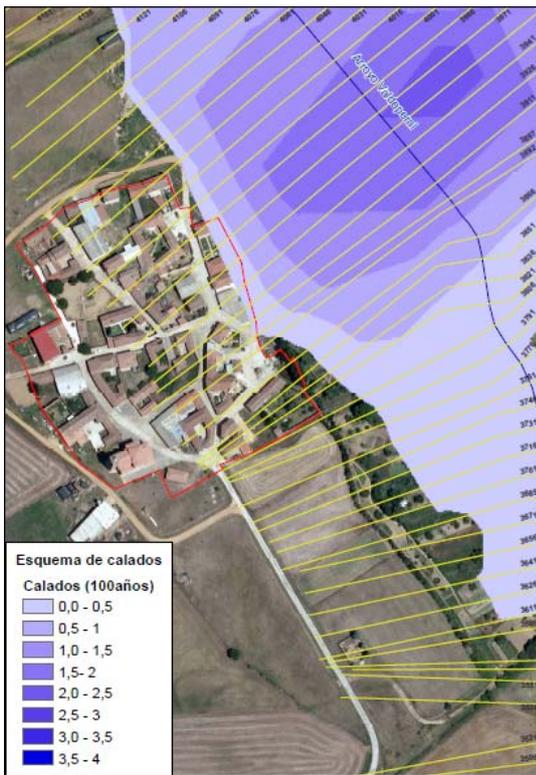
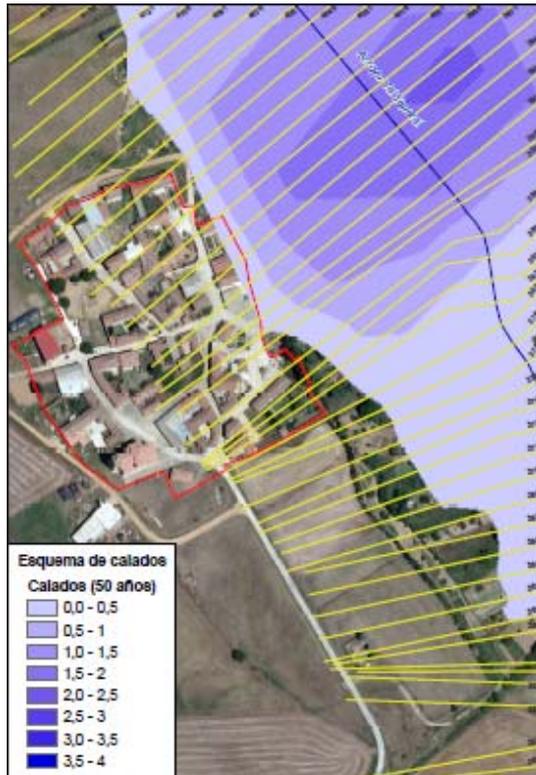
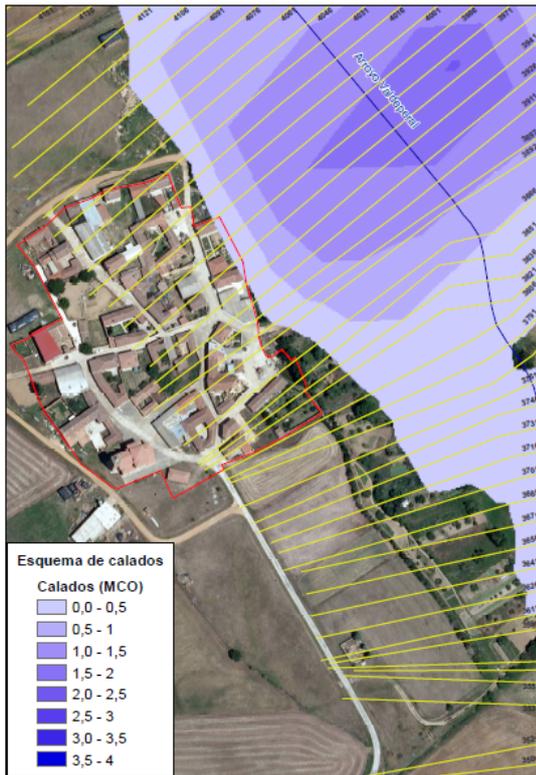
METODO RACIONAL	Arroyo Cuesta Agria	Arroyo de los Hoyos	Arroyo Valdeseapa	Arroyo del Monte	Arroyo Martín	Arroyo Valdesapero
Superficie (A) Km2	3.55	9.02	3.55	2.03	0.75	1.88
Tiempo de Concentración (Tc)						
Cota max (Cmax)	1090.00	1048.00	1022.00	1012.00	1000.00	992.00
Cota mínima (Cmin)	1020.00	988.00	964.00	942.00	929.00	929.00
Longitud (L)	1677.69	3772.34	1992.94	2810.00	1751.00	2309.58
Pendiente (%)=(C max.-C min.)/L)	0.04	0.02	0.03	0.02	0.04	0.03
Tc (horas)	0.81	1.81	0.99	1.33	0.84	1.12
Precipitación (I)						
Pd (mm/día) (MAX PLU)	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Coeficiente de variación (Cv)	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Yt(10) Factores de Amplificación	1.392	1.392	1.392	1.392	1.392	1.392
Yt(50) Factores de Amplificación	1.869	1.869	1.869	1.869	1.869	1.869
Yt(100) Factores de Amplificación	2.083	2.083	2.083	2.083	2.083	2.083
Yt(500) Factores de Amplificación	2.632	2.632	2.632	2.632	2.632	2.632
Xt (10)(mm/día)	55.68	55.68	55.68	55.68	55.68	55.68
Xt (50)(mm/día)	74.76	74.76	74.76	74.76	74.76	74.76
Xt (100)(mm/día)	83.32	83.32	83.32	83.32	83.32	83.32
Xt (500)(mm/día)	105.28	105.28	105.28	105.28	105.28	105.28
Id (10)=B22/24	2.320	2.320	2.320	2.320	2.320	2.320
Id (50)	3.115	3.115	3.115	3.115	3.115	3.115
Id (100)	3.472	3.472	3.472	3.472	3.472	3.472
Id (500)	4.387	4.387	4.387	4.387	4.387	4.387
I1/Id (valor regional)	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
It(10)	23.40	14.88	20.97	17.80	22.92	19.56
It(50)	31.42	19.98	28.16	23.90	30.77	26.27
It(100)	35.02	22.27	31.38	26.64	34.30	29.28
It(500)	44.24	28.13	39.65	33.66	43.34	36.99

Coefficiente de escorrentía						
Po (mm)	18.48	15.90	15.71	22.62	17.26	15.63
Factor de corrección regional (Po)	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05
Po corregida	37.88	32.60	32.21	46.37	35.38	32.04
x= Pd/Po (T10)	1.47	1.71	1.73	1.20	1.57	1.74
x= Pd/Po (T50)	1.97	2.29	2.32	1.61	2.11	2.33
x= Pd/Po (T100)	2.20	2.56	2.59	1.80	2.35	2.60
x= Pd/Po (T500)	2.78	3.23	3.27	2.27	2.98	3.29
$C=\frac{(x-1)(x+23)}{(x+11)^2}$ (T10)	0.07	0.11	0.11	0.03	0.09	0.11
$C=\frac{(x-1)(x+23)}{(x+11)^2}$ (T50)	0.14	0.19	0.19	0.09	0.16	0.19
$C=\frac{(x-1)(x+23)}{(x+11)^2}$ (T100)	0.17	0.22	0.22	0.12	0.19	0.22
$C=\frac{(x-1)(x+23)}{(x+11)^2}$ (T500)	0.24	0.29	0.29	0.18	0.26	0.29
Caudal (Q) m3/seg						
Q=CIAK/3,6 para T10	1.71	4.04	2.30	0.33	0.43	1.15
Q=CIAK/3,6 para T50	4.47	9.27	5.24	1.28	1.04	2.61
Q=CIAK/3,6 para T100	5.99	12.07	6.81	1.81	1.38	3.39
Q=CIAK/3,6 para T500	10.54	20.36	11.45	3.46	2.37	5.69

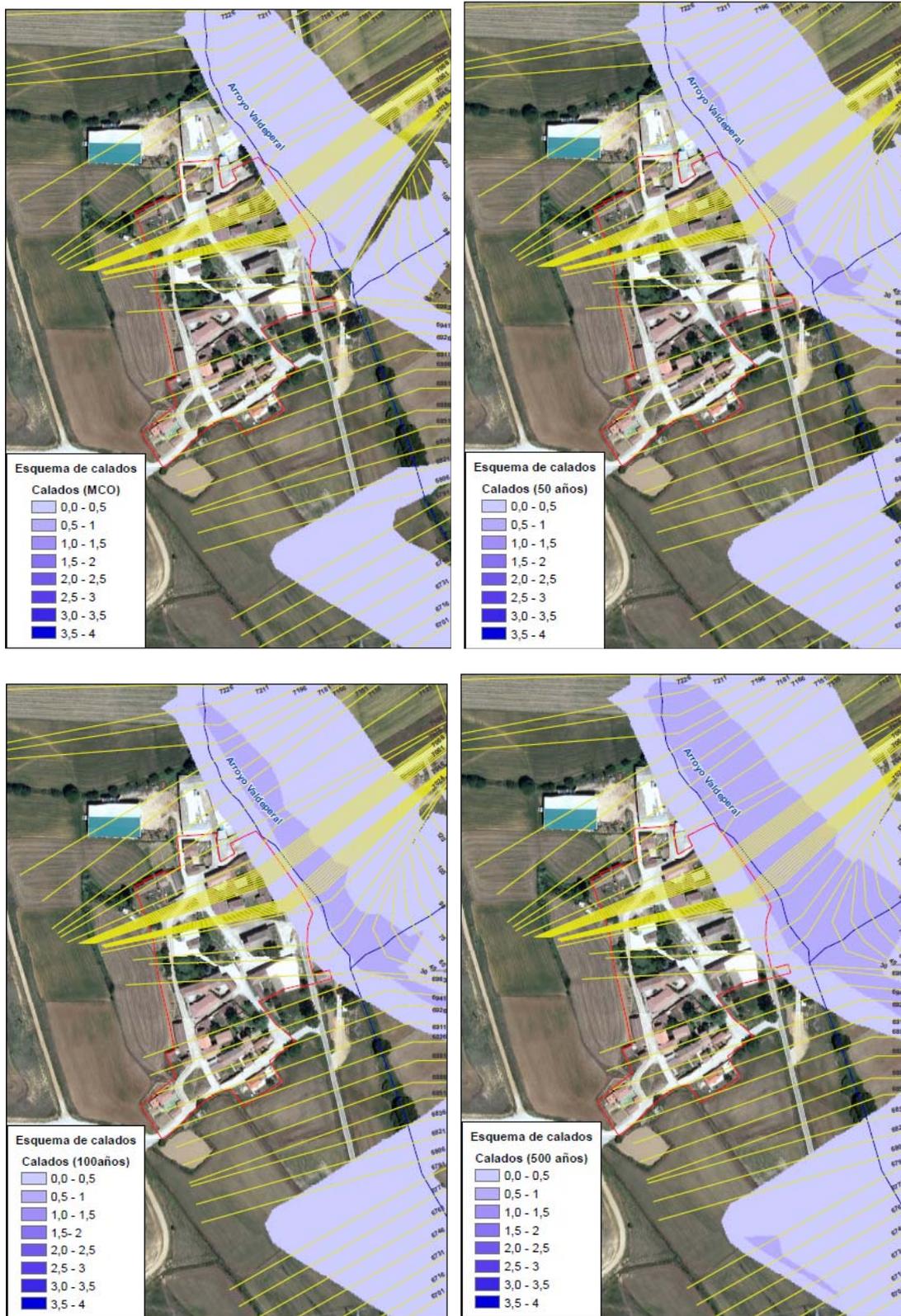
C. ESQUEMAS DE CALADOS



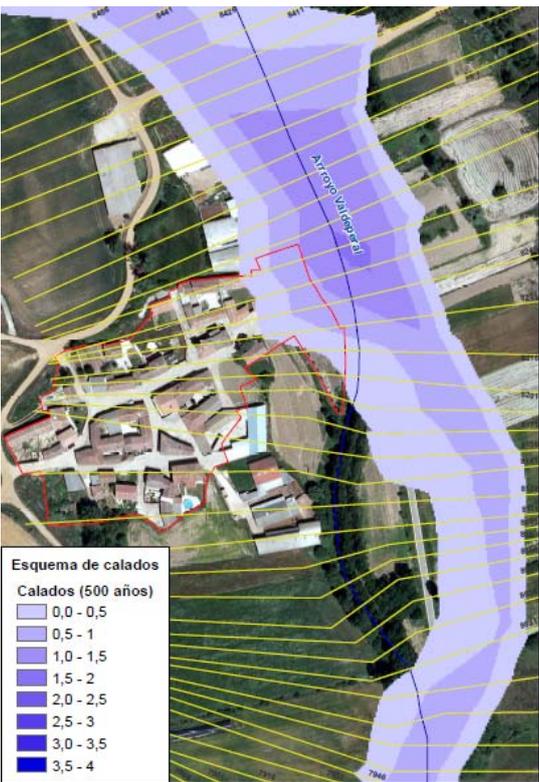
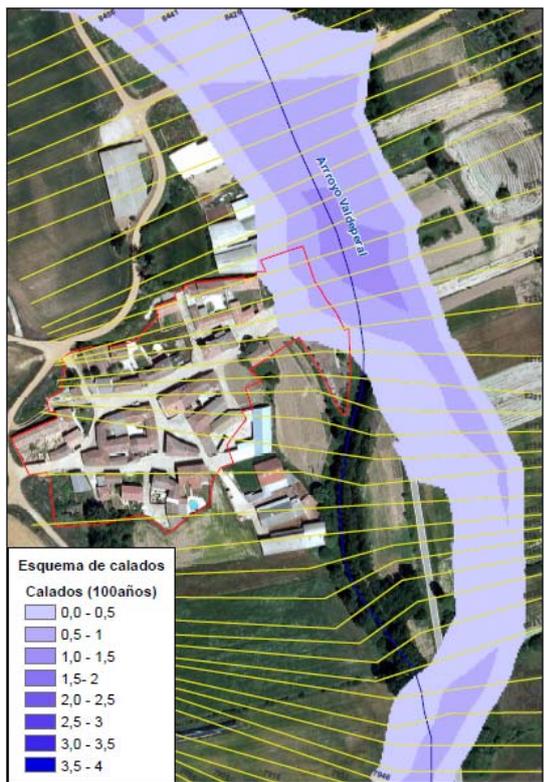
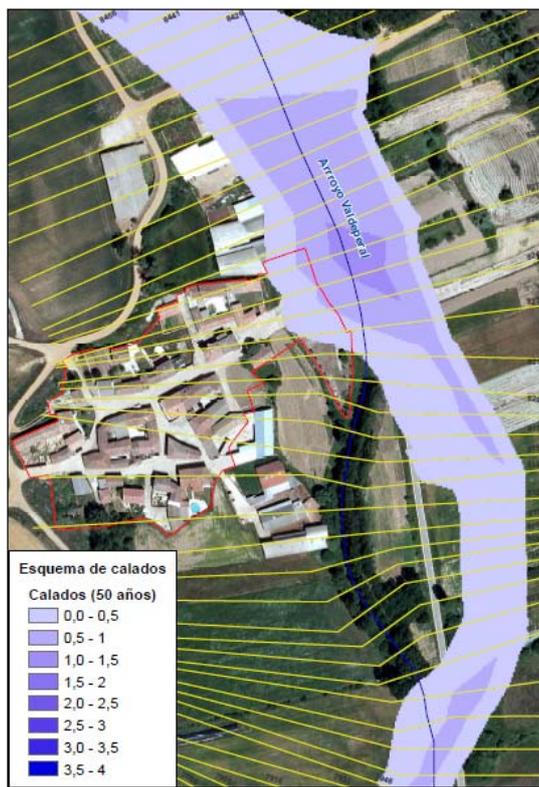
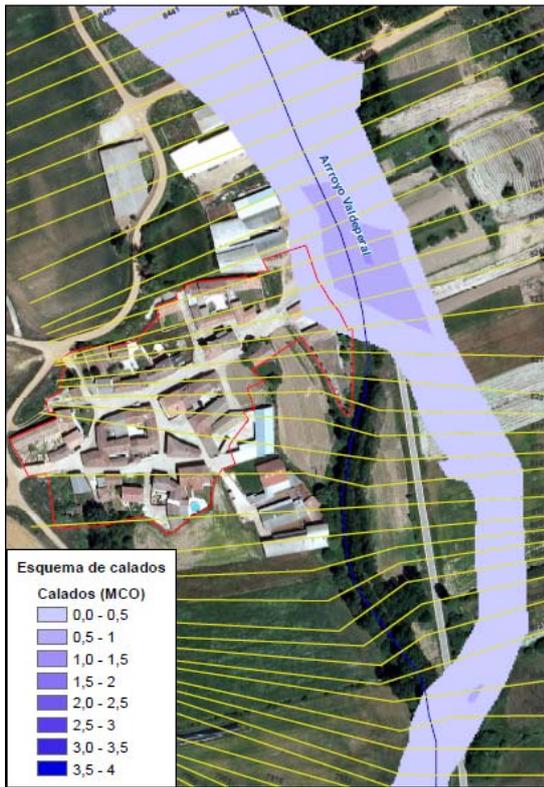
Esquemas de calados de Relea de la Loma.



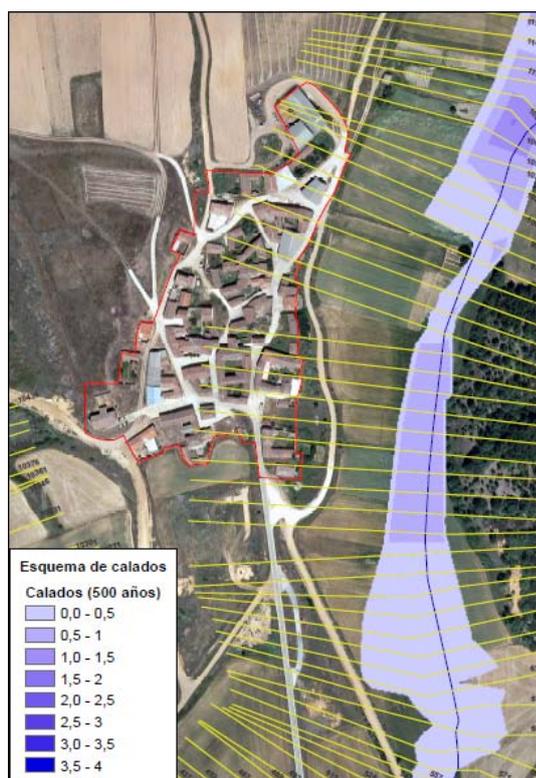
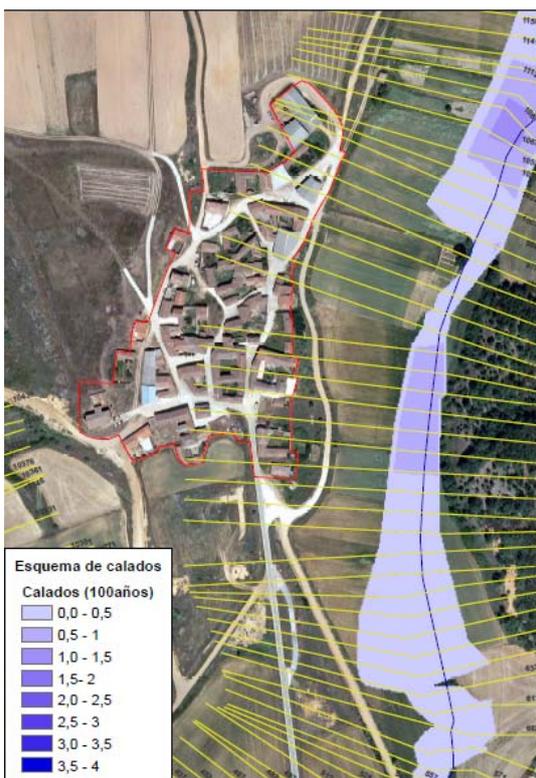
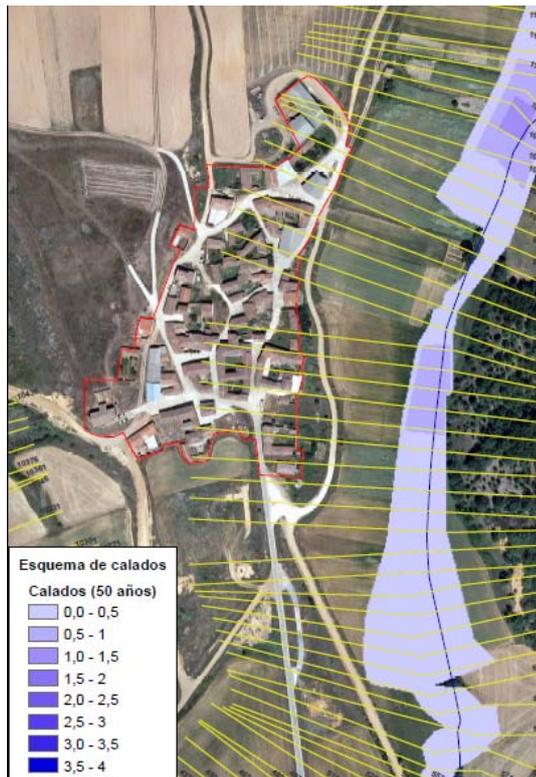
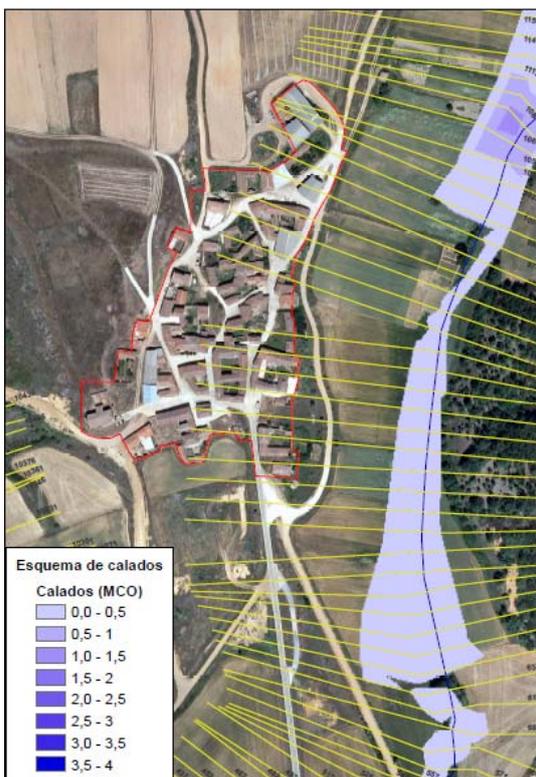
Esquemas de calados de Villalafuente.



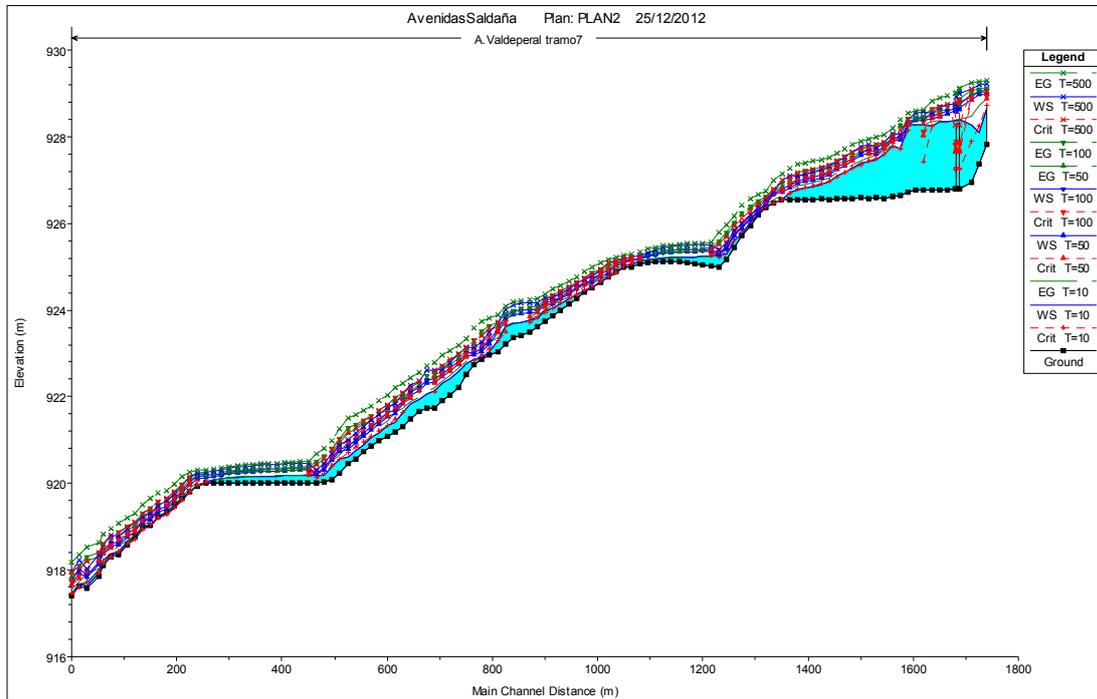
Esquemas de calados de Villorquite.



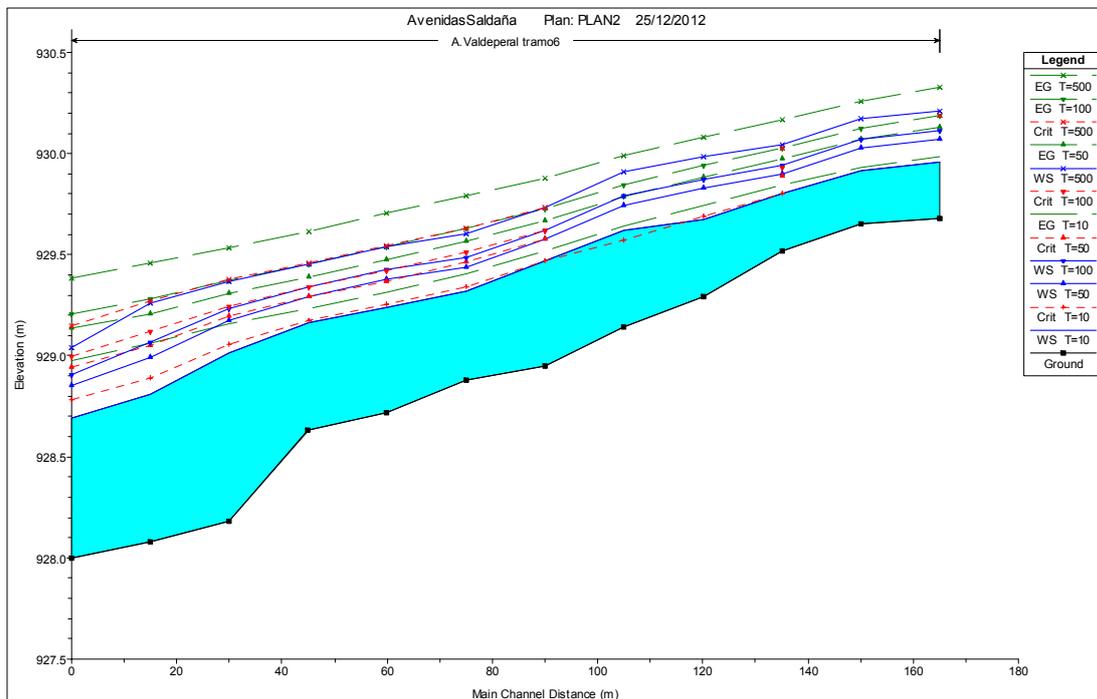
Esquemas de calados Villafruel.



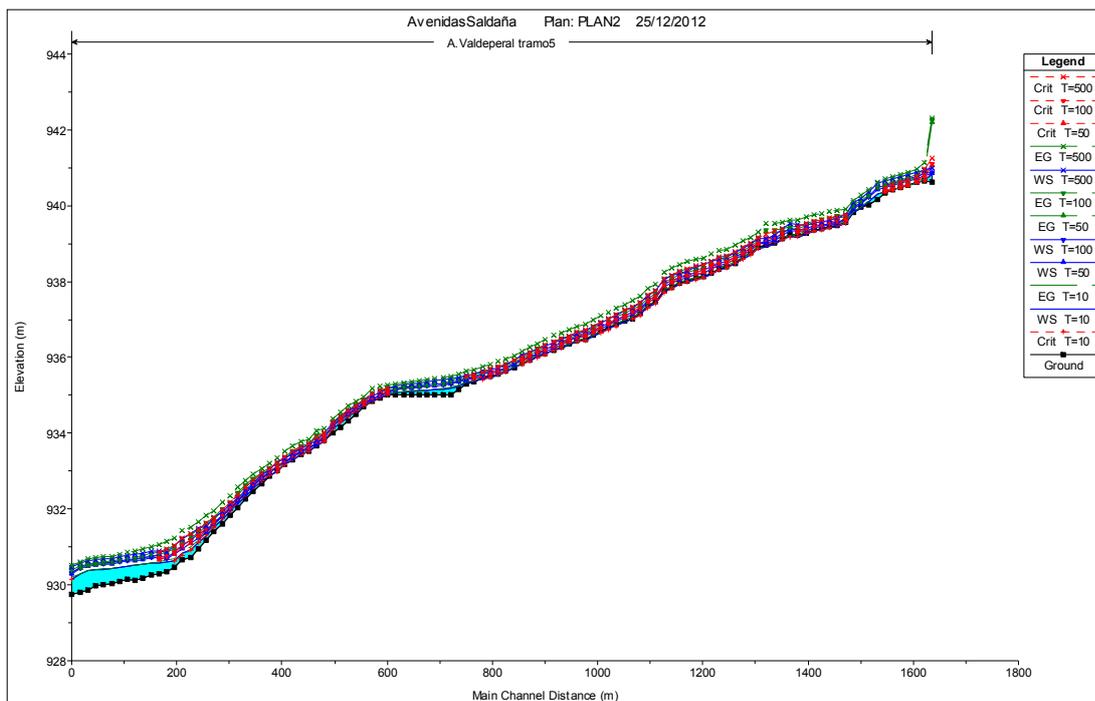
D. PERFIL LONGITUDINAL



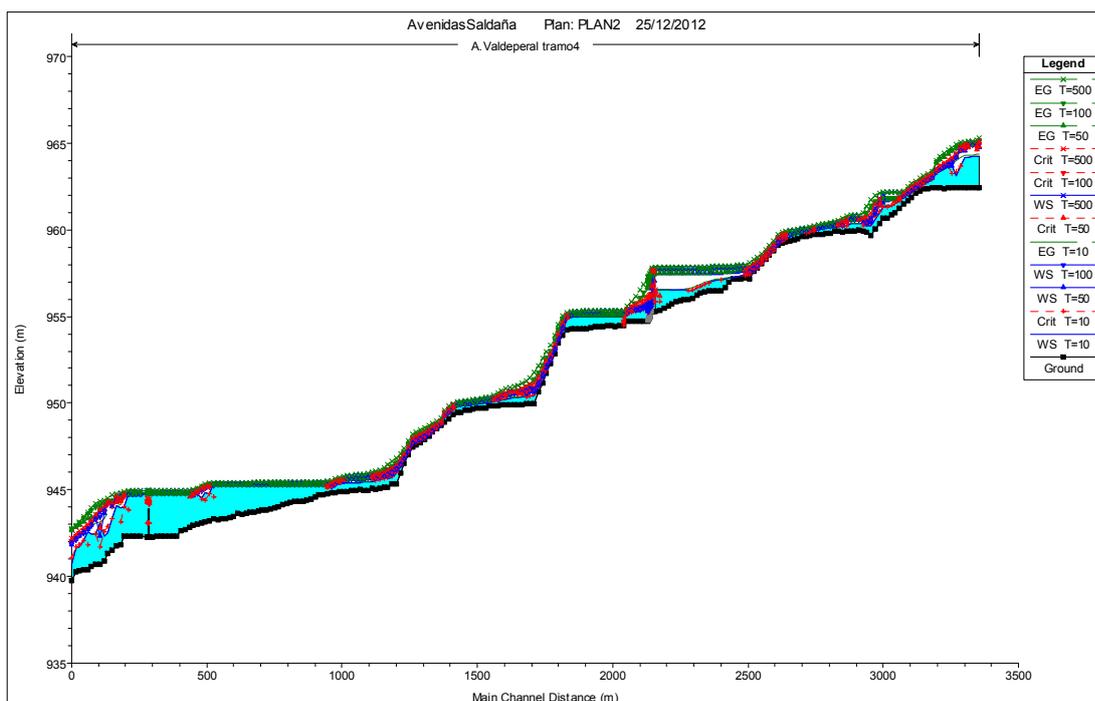
Perfil longitudinal del Río Valdeperal. Tramo 7.



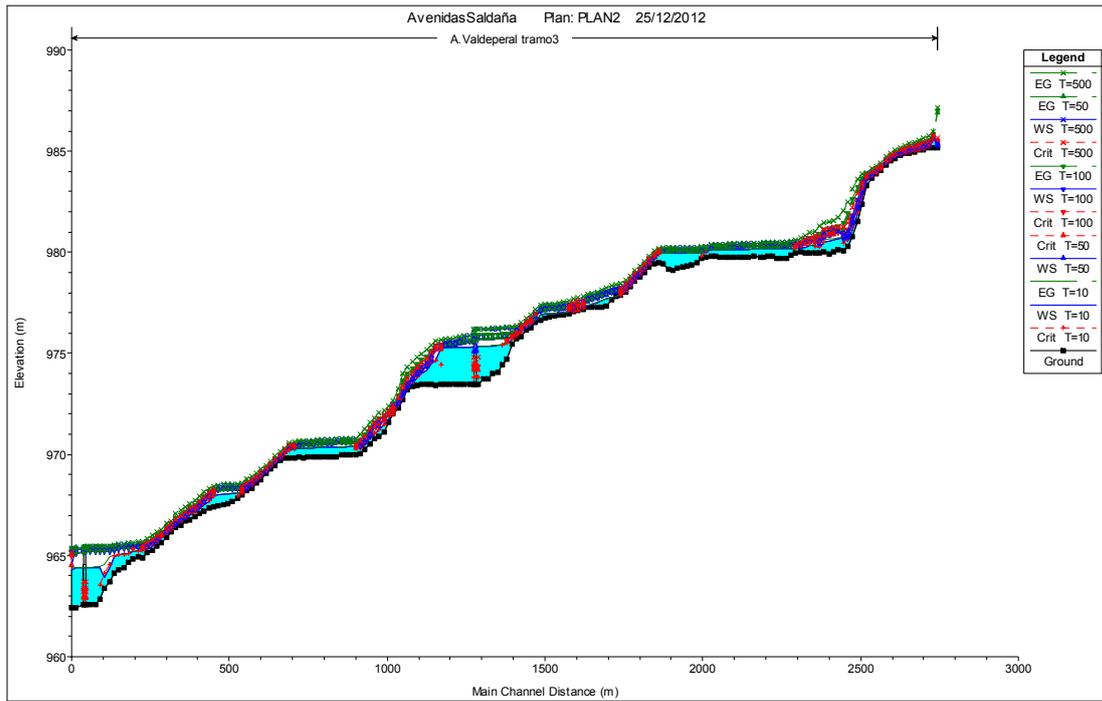
Perfil longitudinal del Río Valdeperal. Tramo 6.



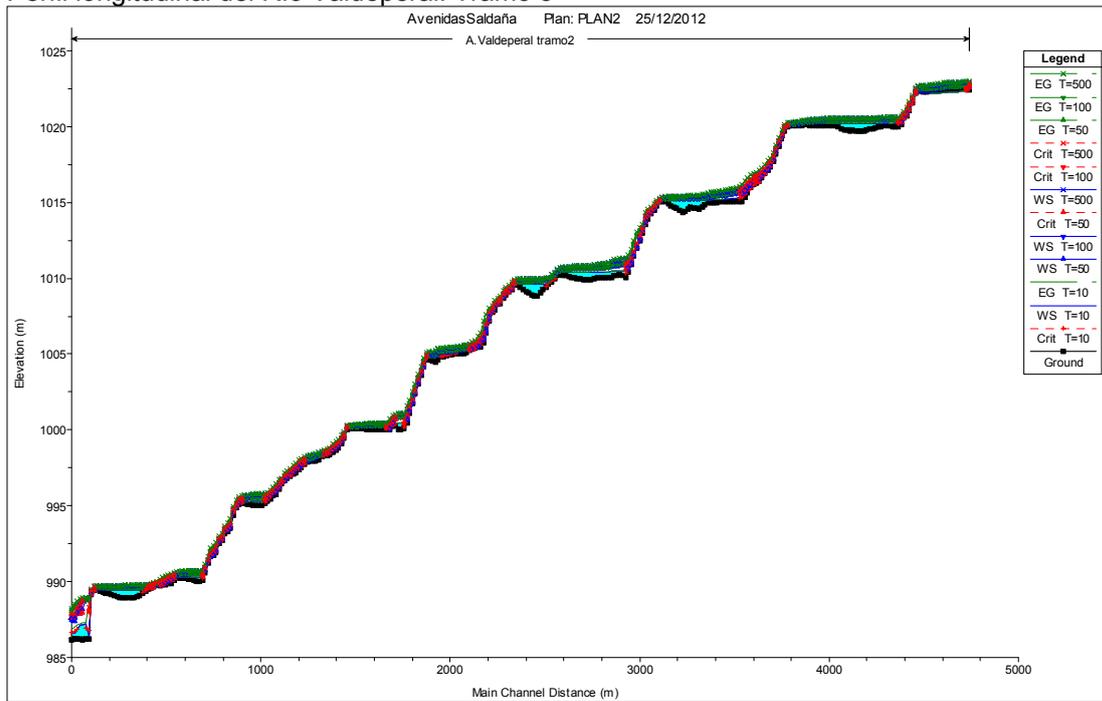
Perfil longitudinal del Río Valdeperal. Tramo 5.



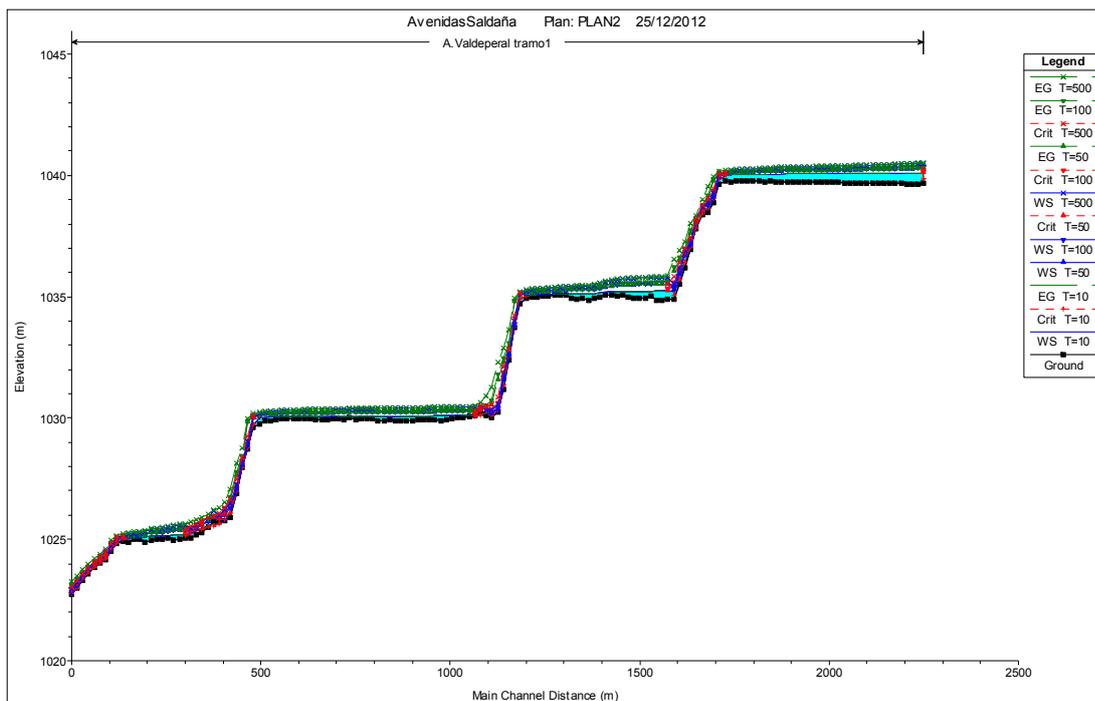
Perfil longitudinal del Río Valdeperal. Tramo 4.



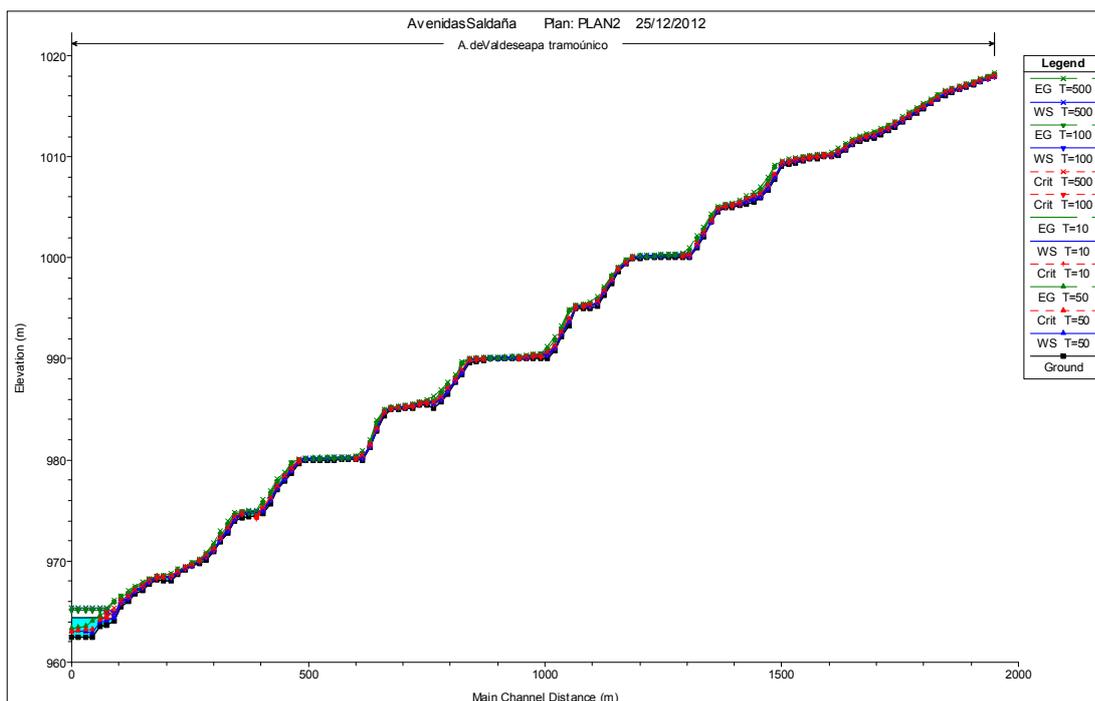
Perfil longitudinal del Río Valdeperal. Tramo 3



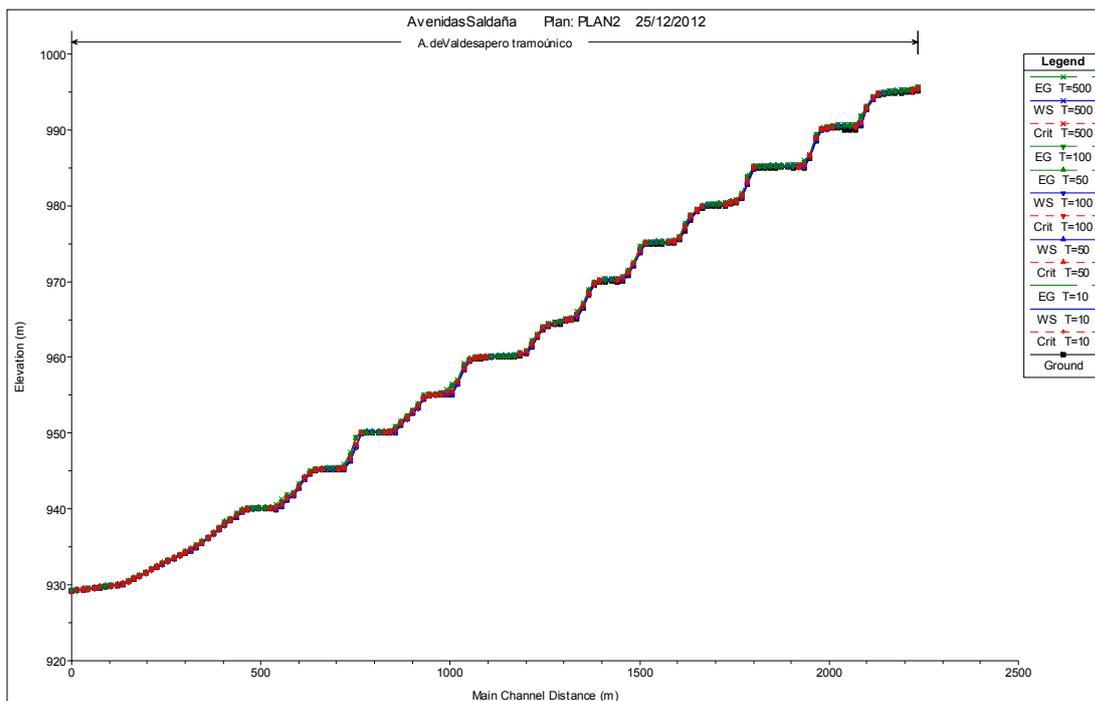
Perfil longitudinal del Río Valdeperal. Tramo 2.



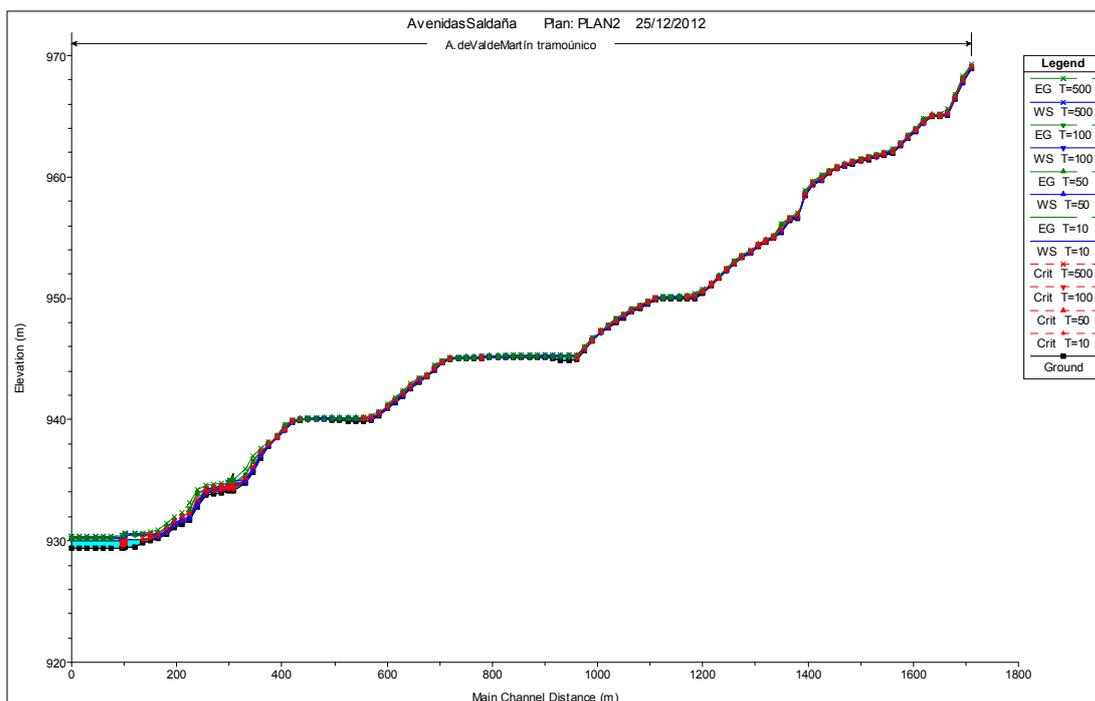
Perfil longitudinal del Río Valdeperal. Tramo 1



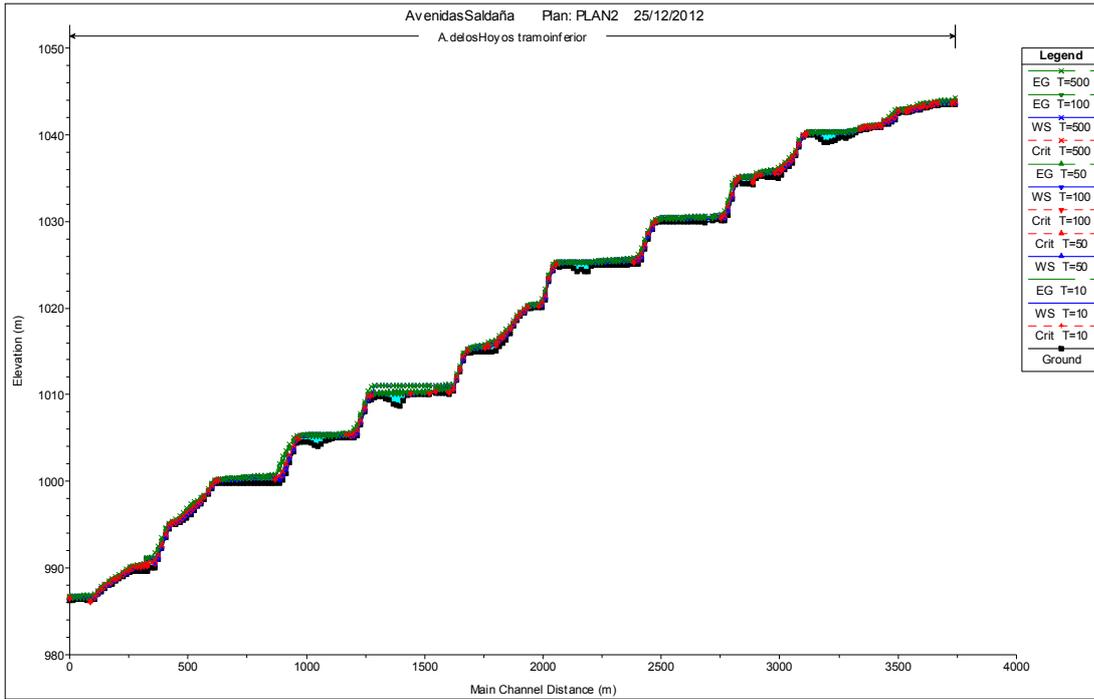
Perfil longitudinal del Arroyo Valdeseapa. Tramo único



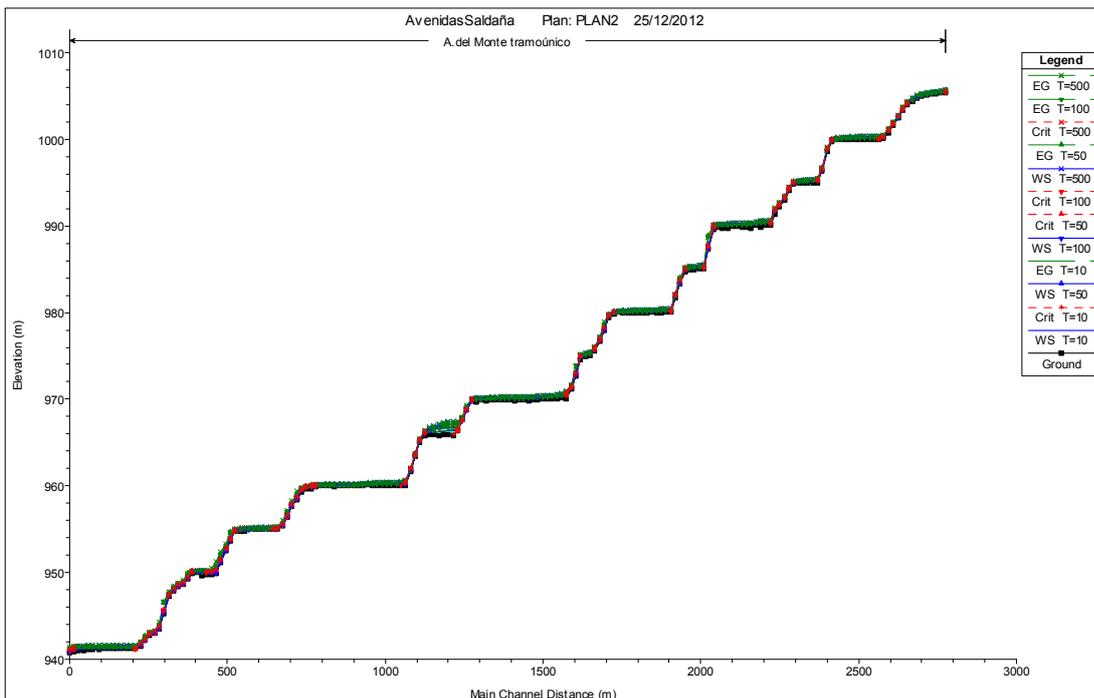
Perfil longitudinal del Arroyo Valdesapero. Tramo único



Perfil longitudinal del Arroyo Valdemartin. Tramo único

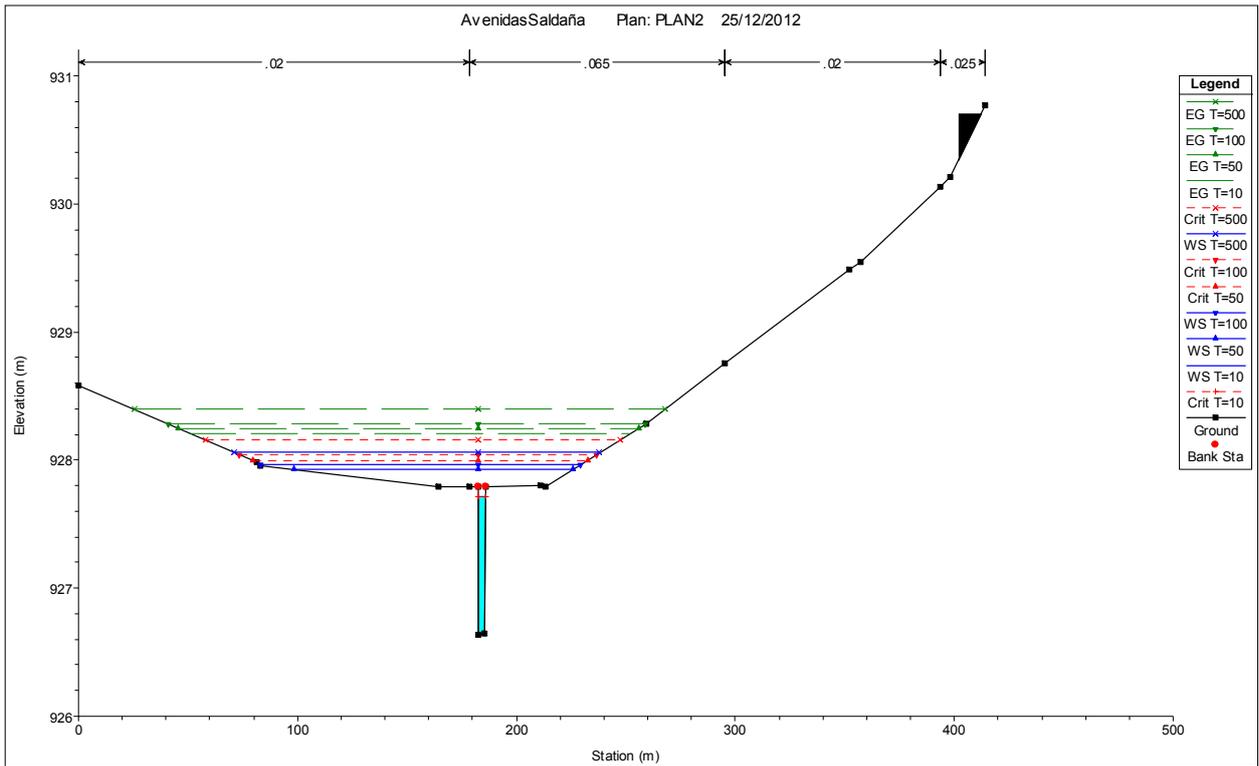


Perfil longitudinal del Arroyo de los Hoyos..Tramo inferior y único.

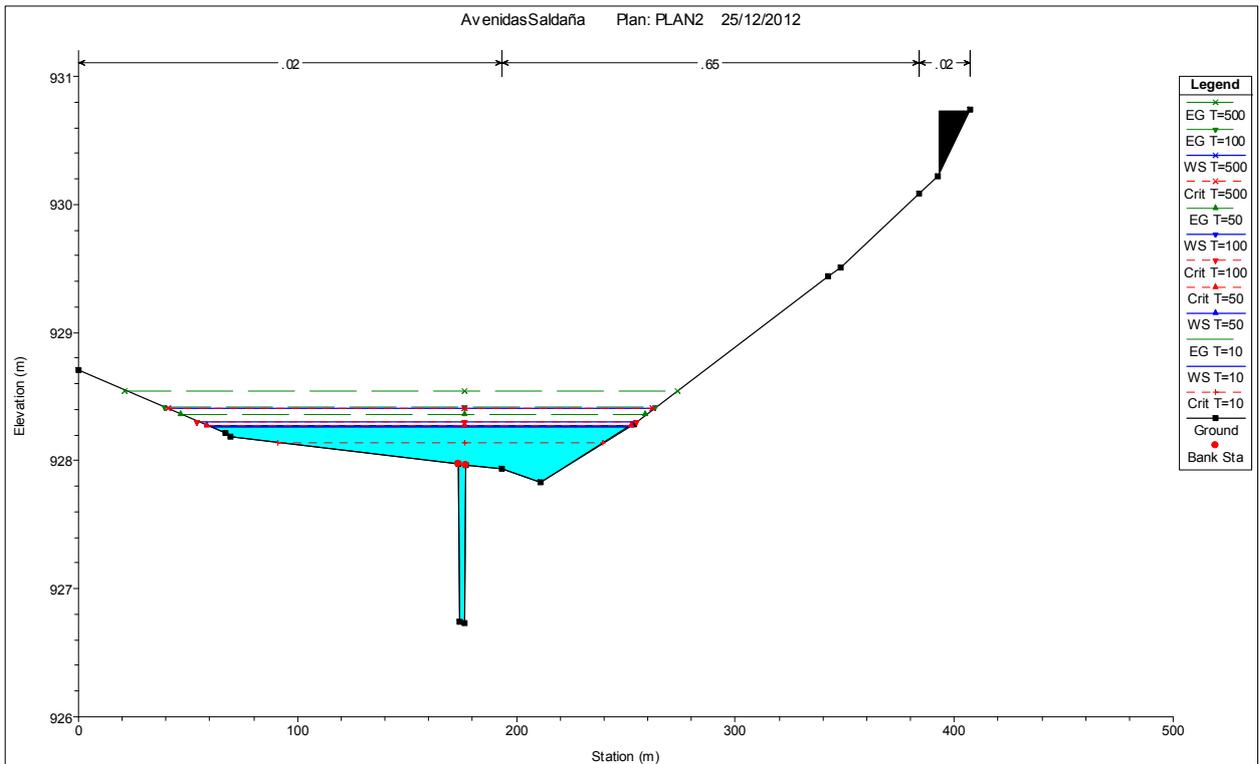


Perfil longitudinal del Arroyo del Monte.. Tramo único

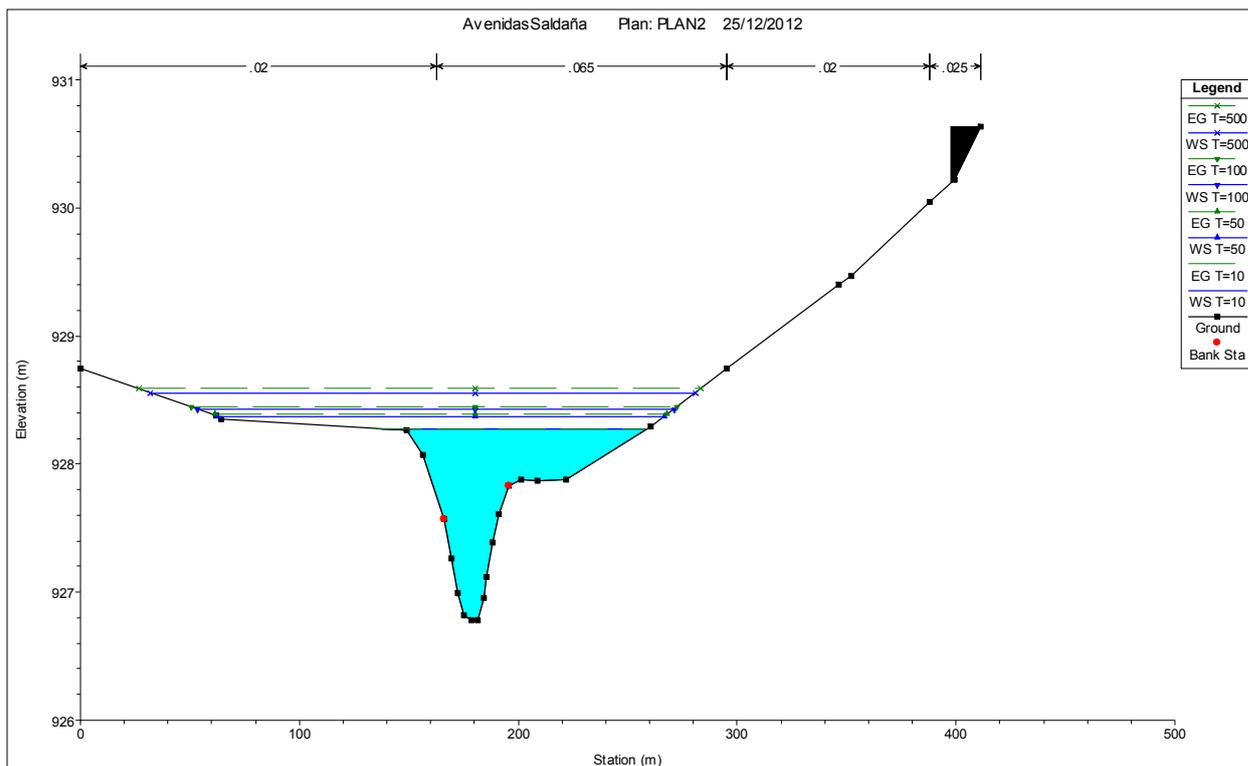
E. PERFILES TRANSVERSALES DE LAS OBRAS DE FÁBRICA



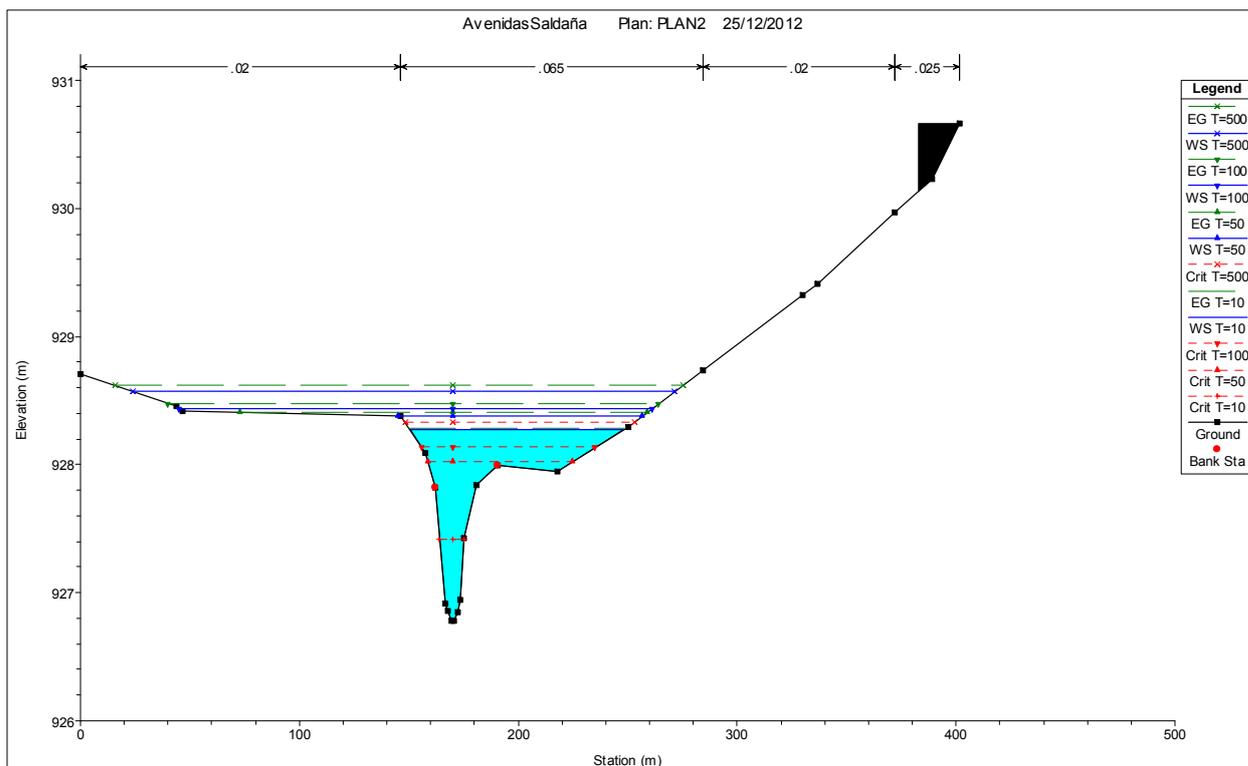
XS.1586 En el entorno de Relea de la Loma.



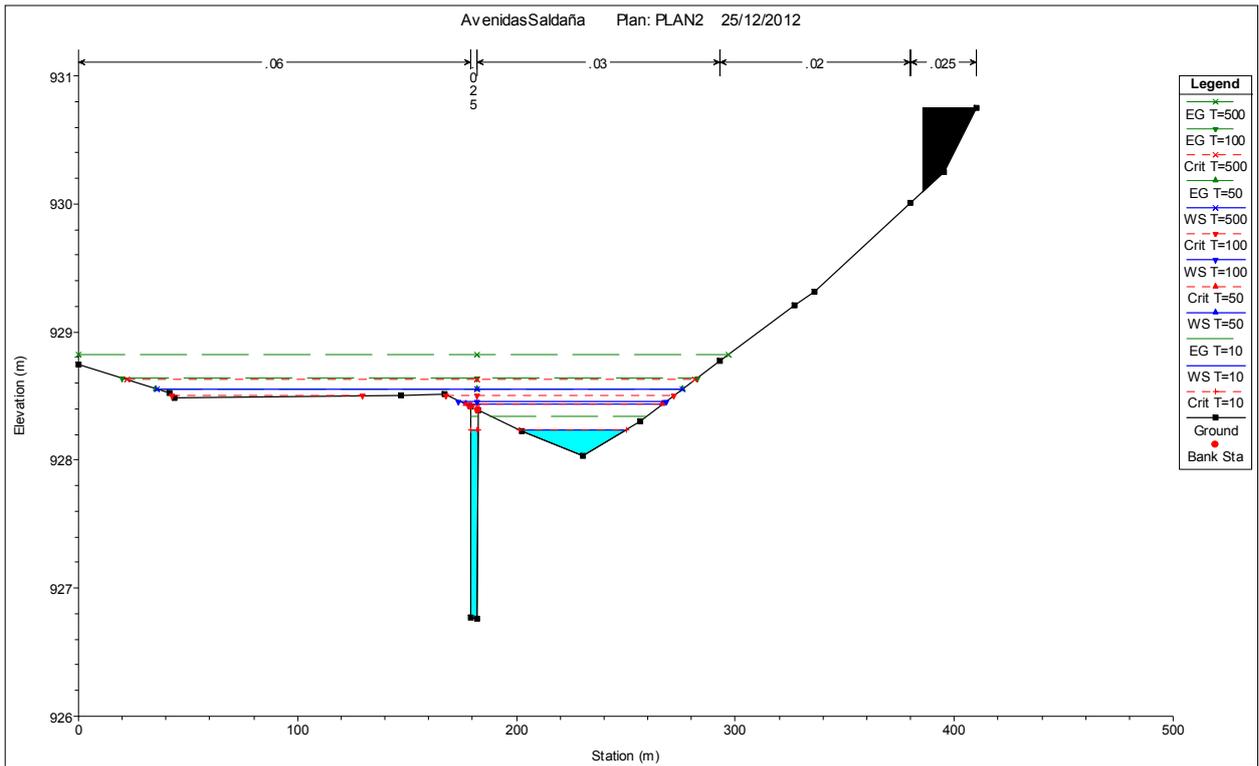
XS.1600 En el entorno de Relea de la Loma.



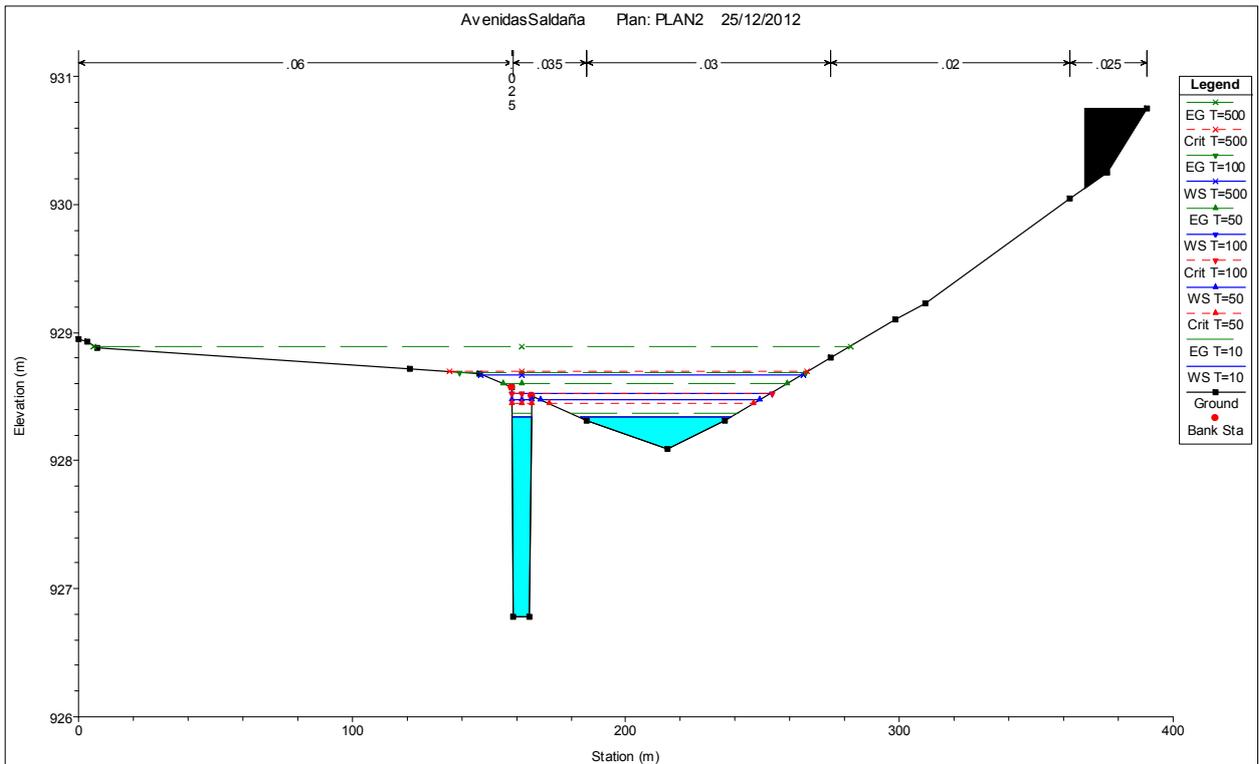
XS.1615 En el entorno de Relea de la Loma.



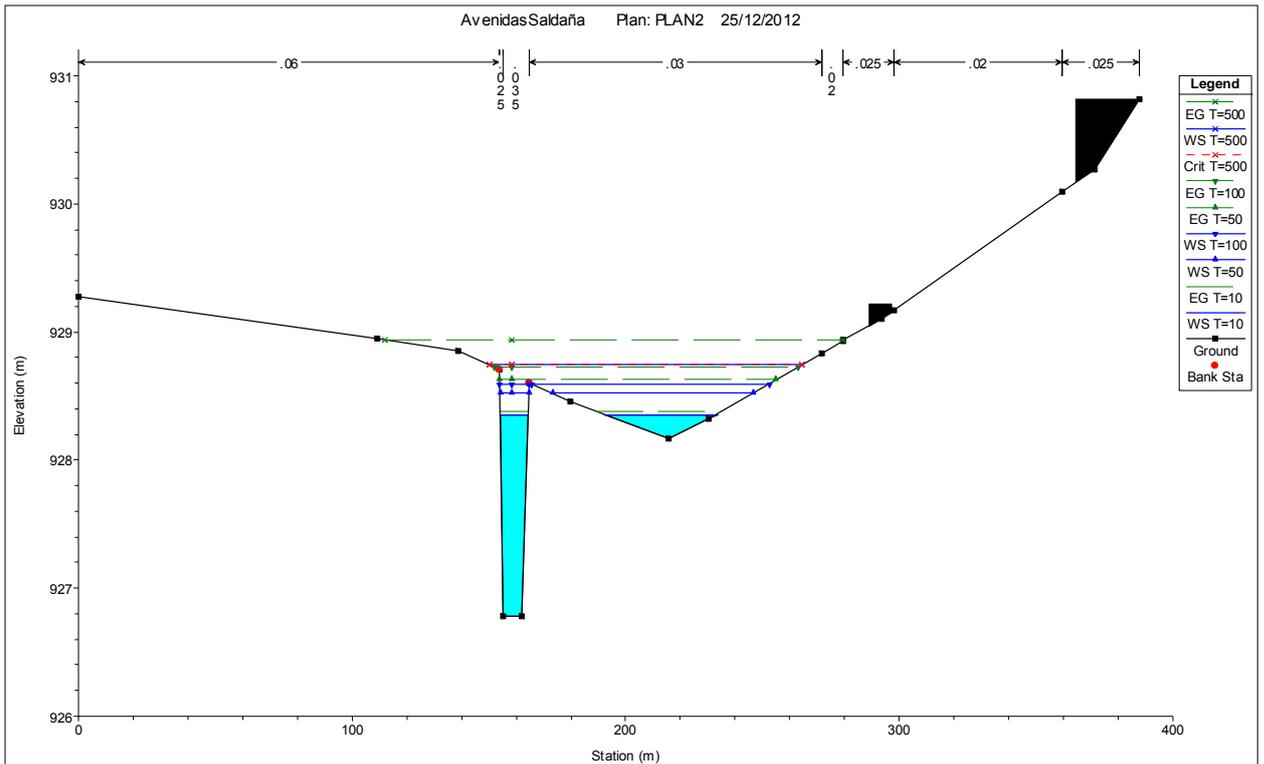
XS.1631 En el entorno de Relea de la Loma.



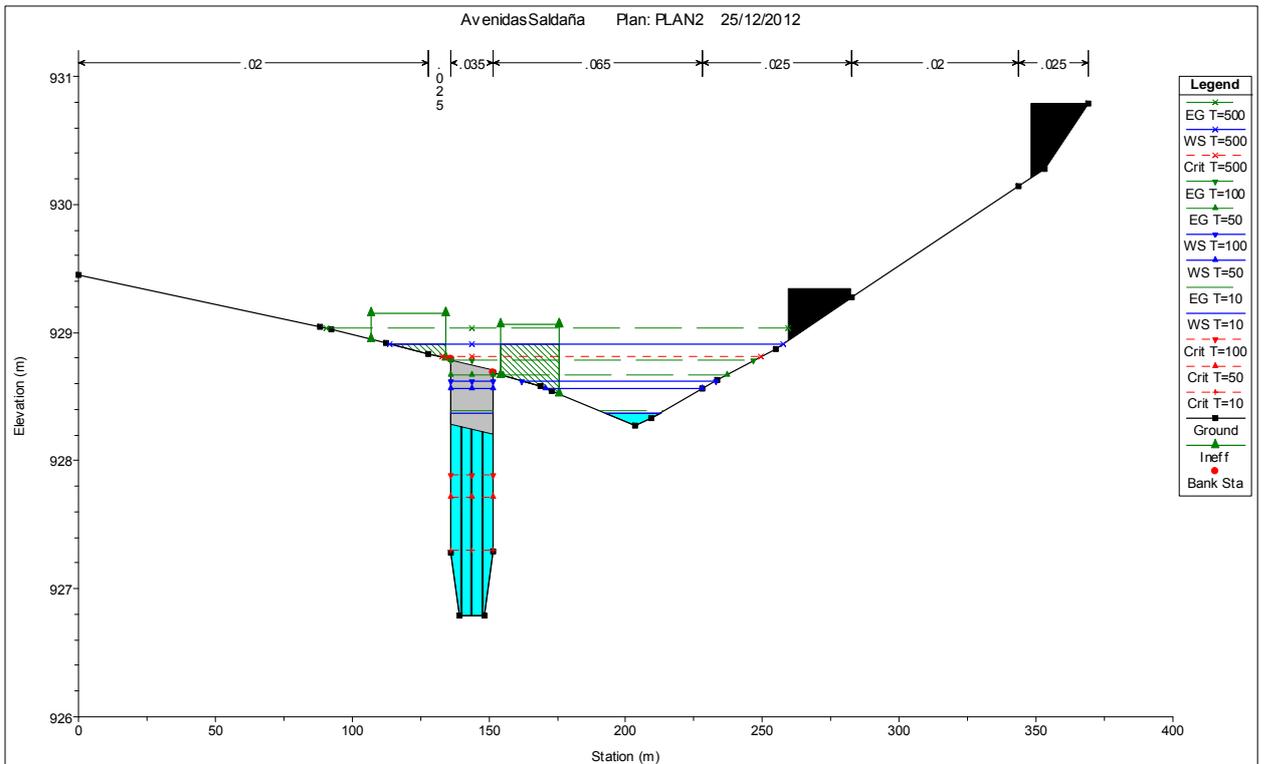
XS.1645 En el entorno de Relea de la Loma.



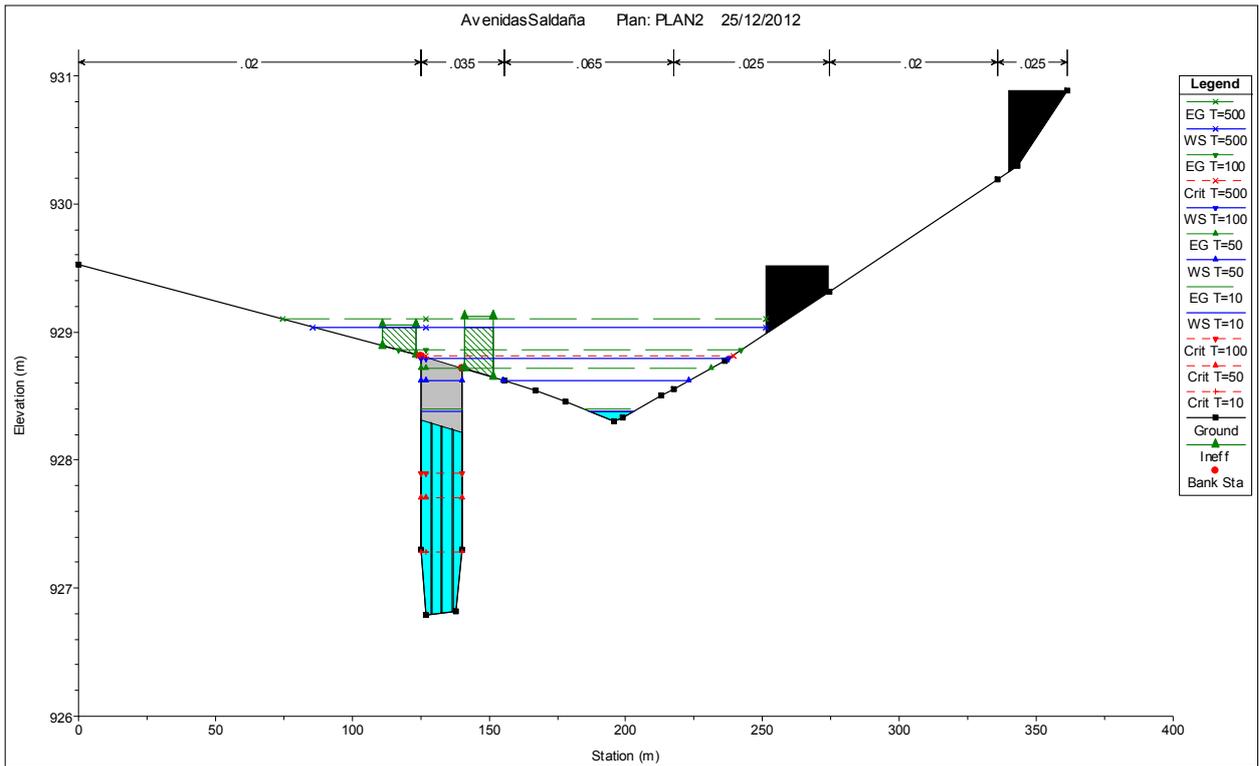
XS.1660 En el entorno de Relea de la Loma.



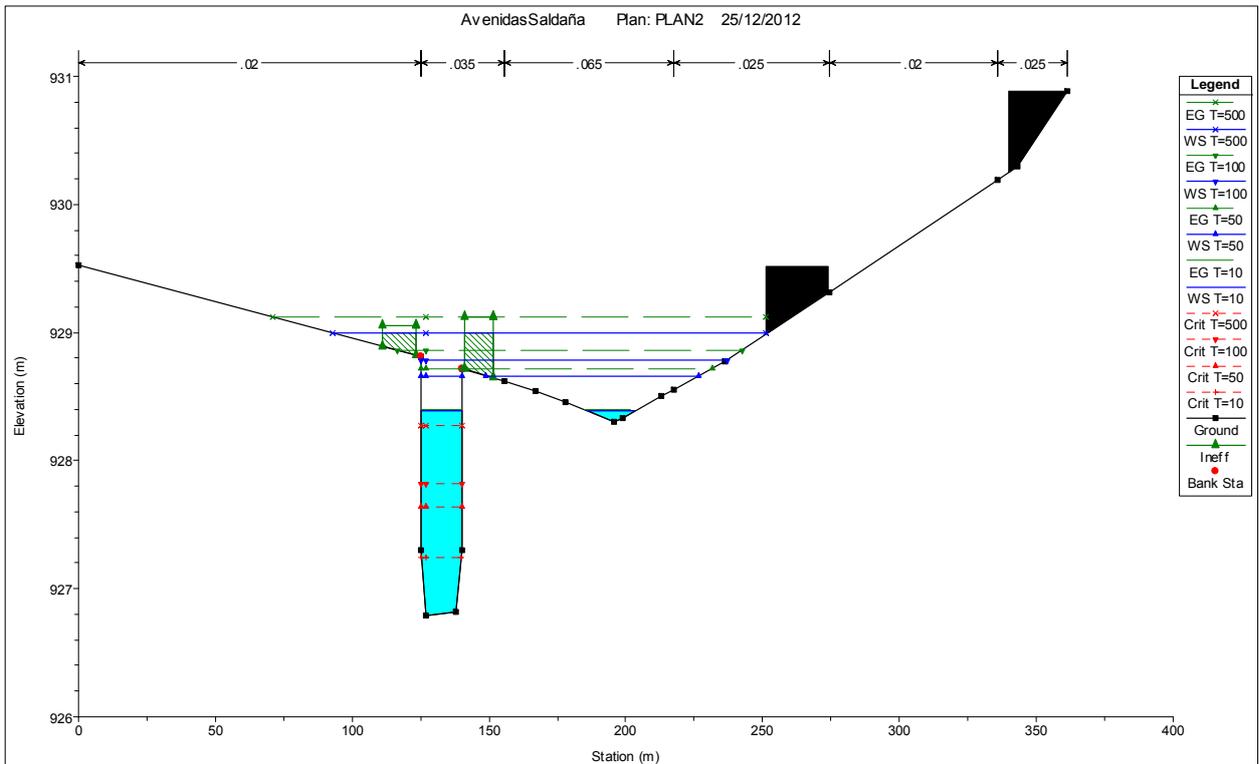
XS.1676 En el entorno de Relea de la Loma.



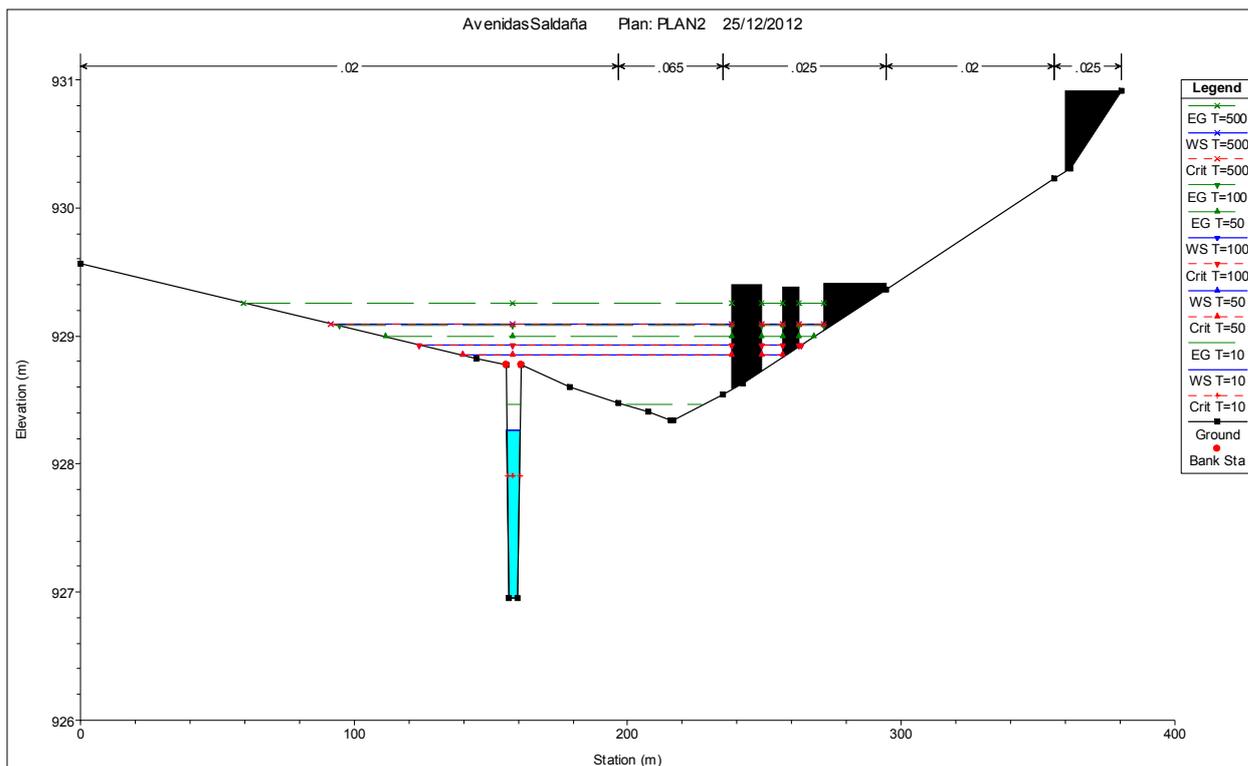
XS.1690 En el entorno de Relea de la Loma.



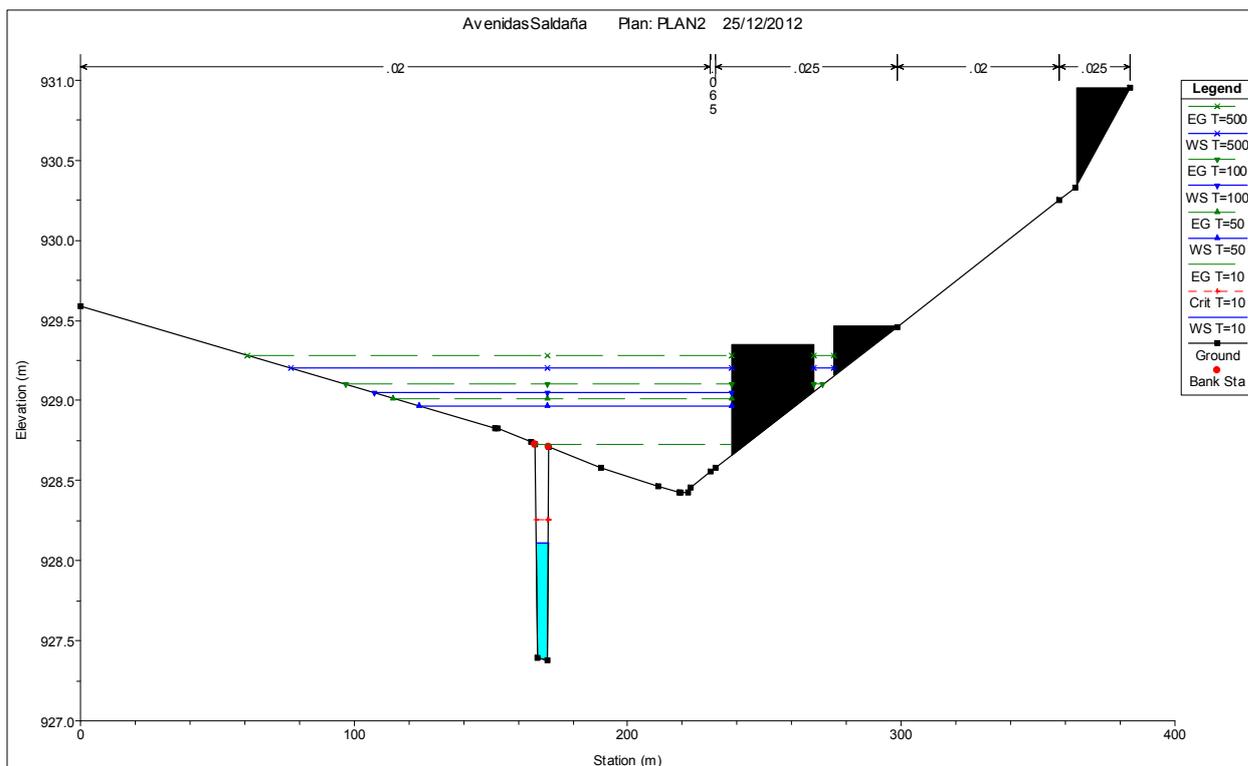
XS.1699 En el entorno de Relea de la Loma.



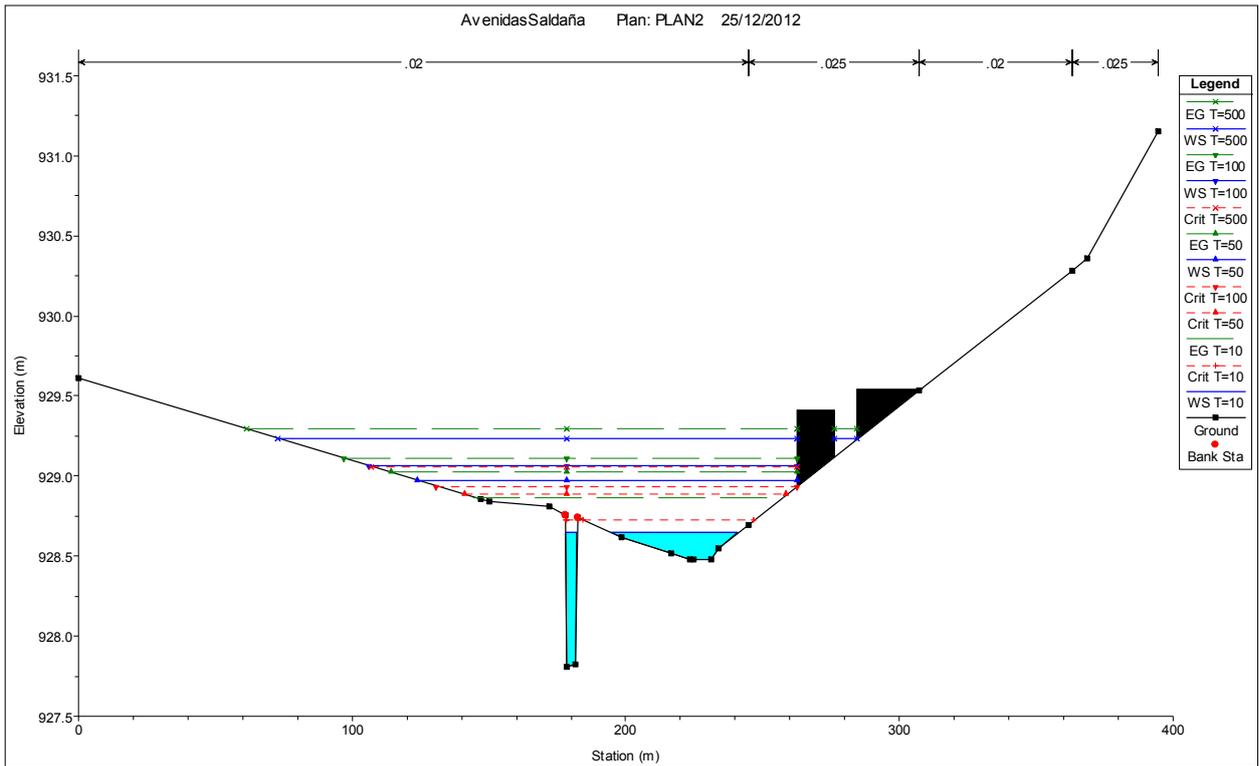
XS.1699 En el entorno de Relea de la Loma.



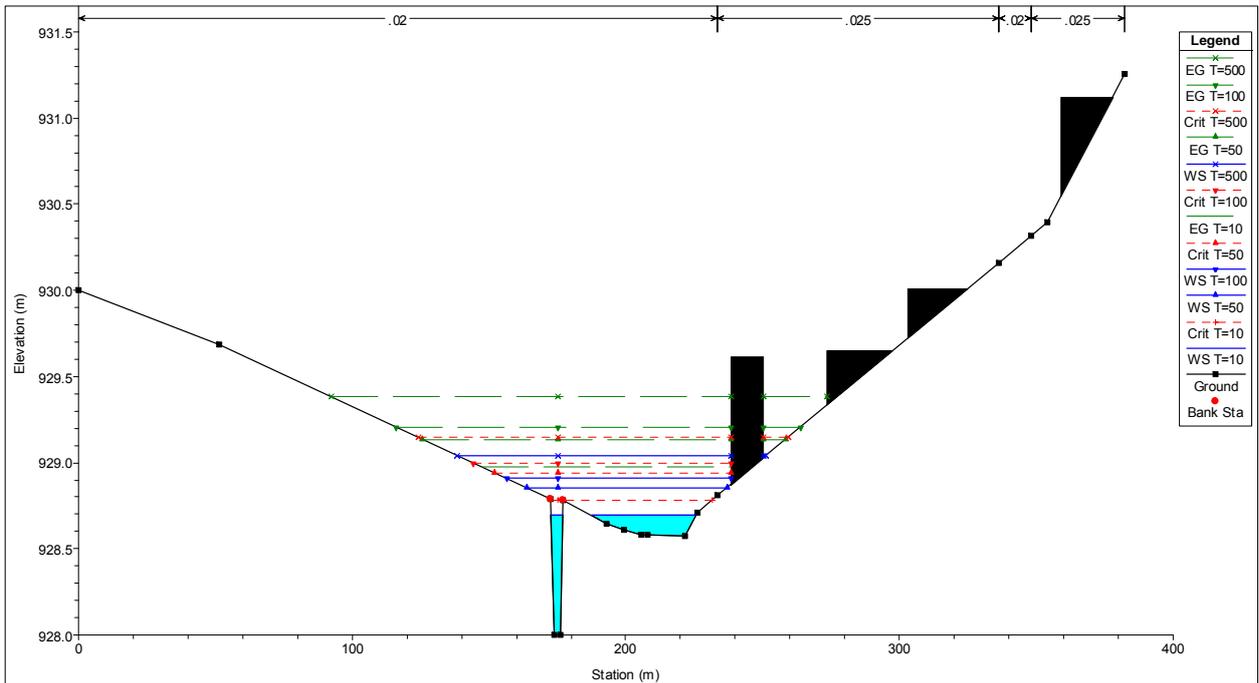
XS.1721 En el entorno de Relea de la Loma.



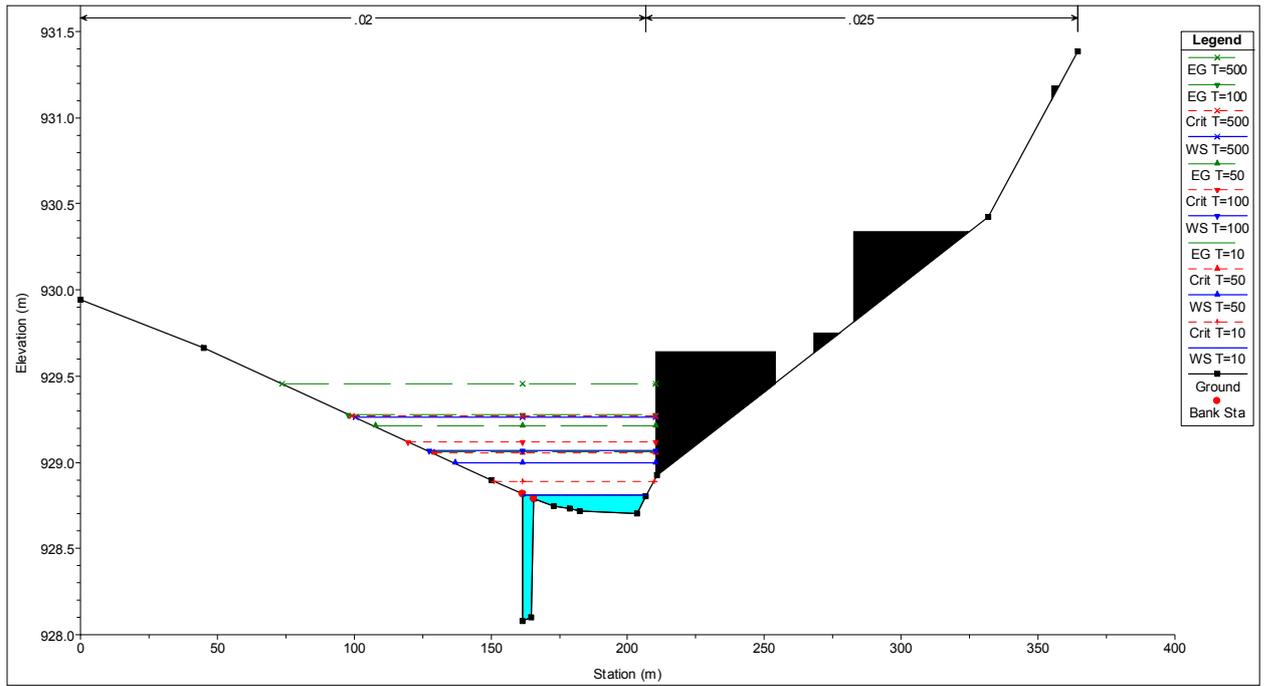
XS.1736 En el entorno de Relea de la Loma.



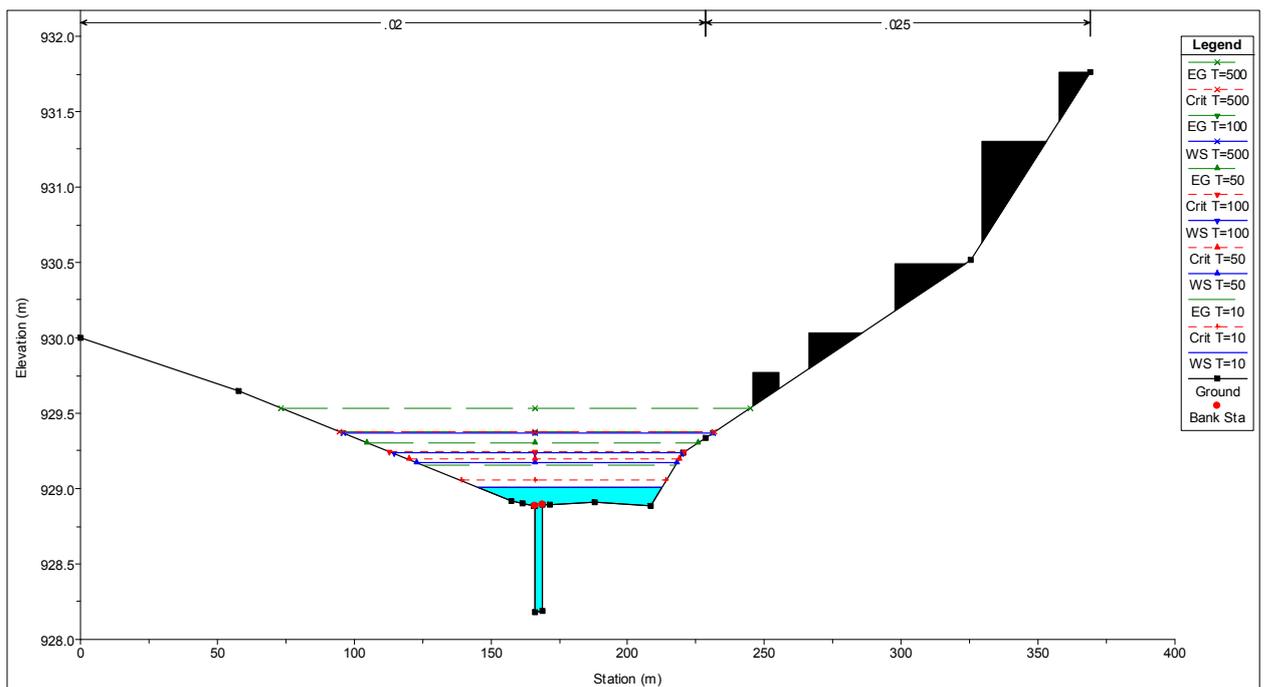
XS.1751 En el entorno de Relea de la Loma.



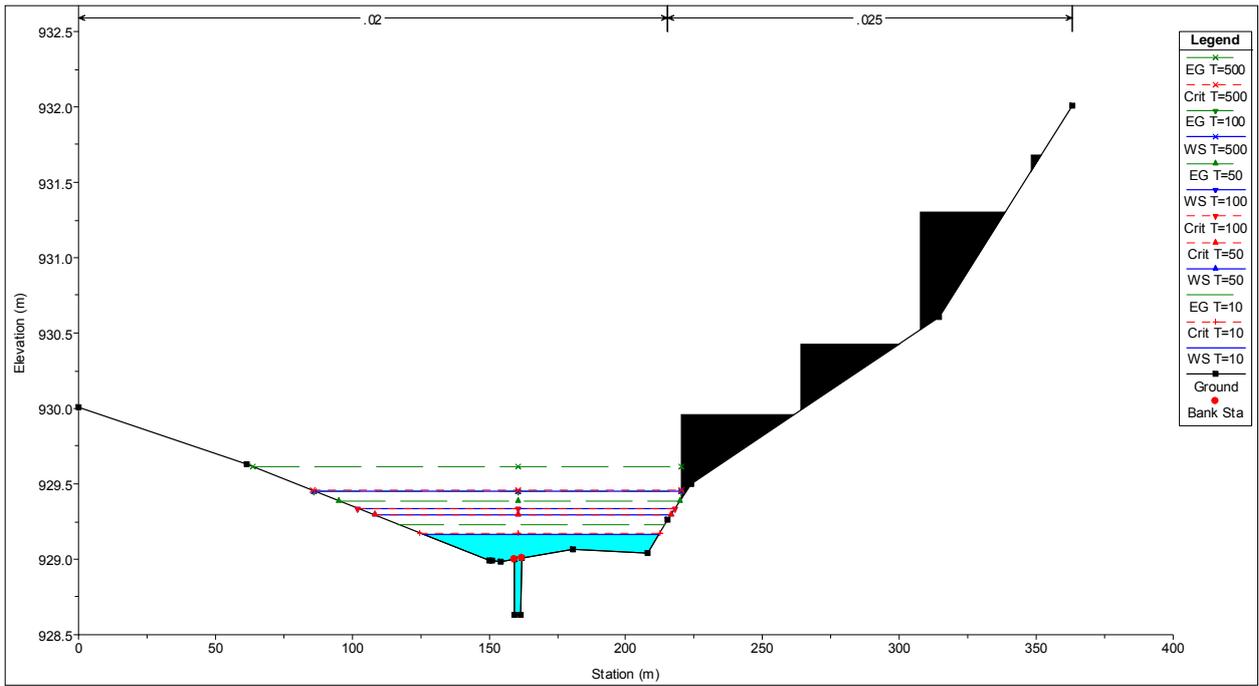
XS.1766 En el entorno de Relea de la Loma.



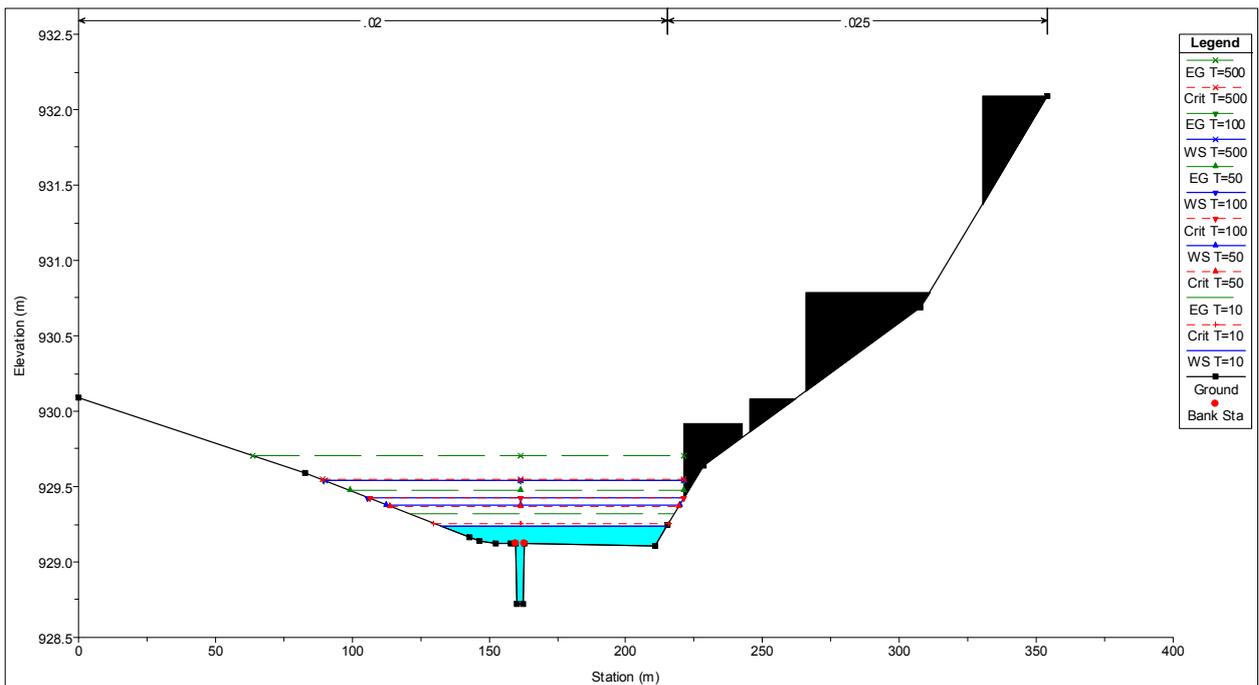
XS.1781 En el entorno de Relea de la Loma.



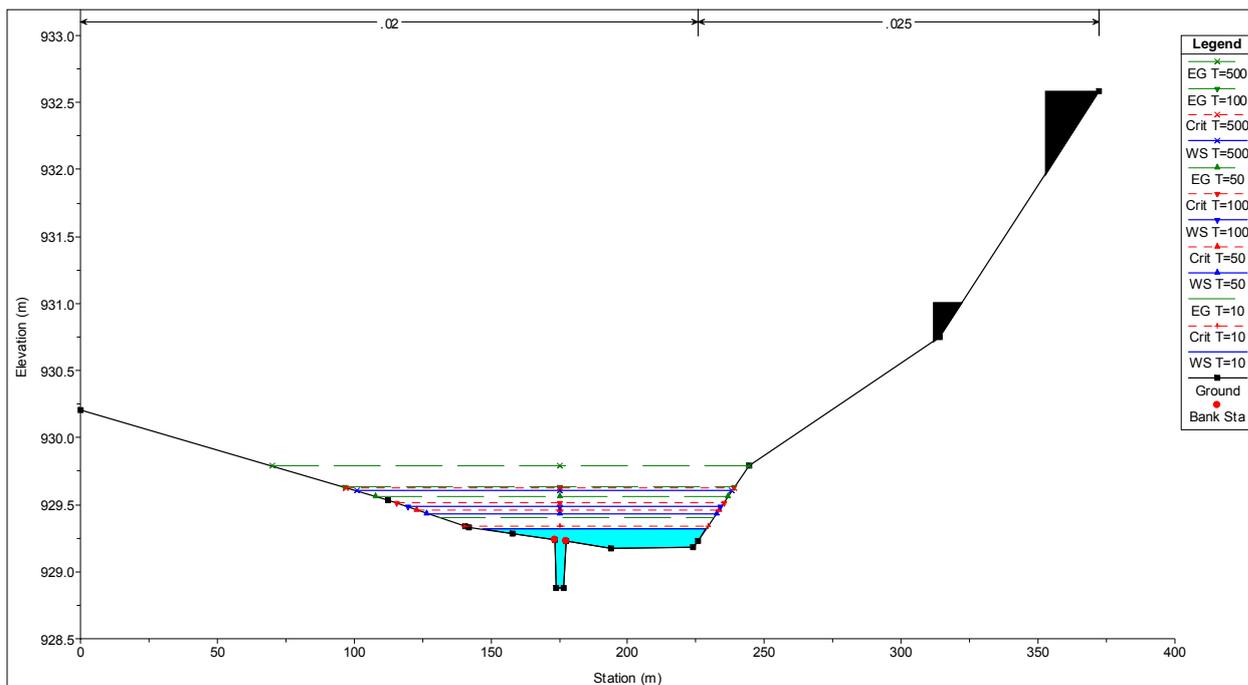
XS.1796 En el entorno de Relea de la Loma.



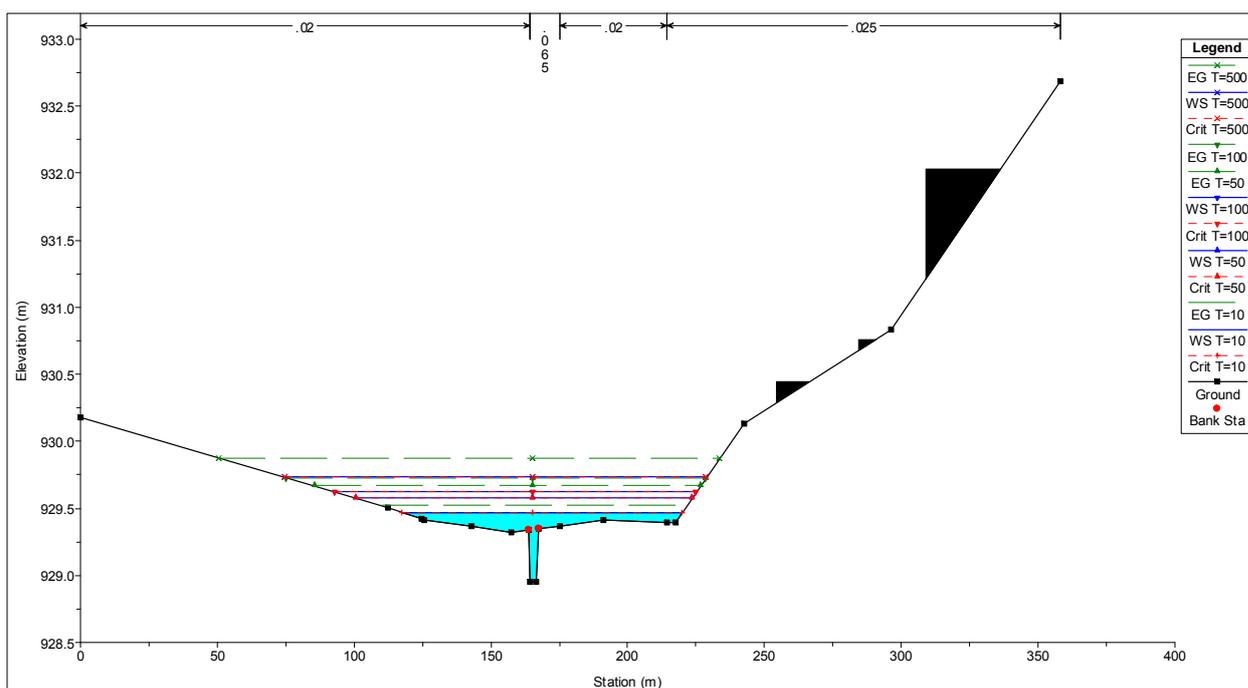
XS.1811 En el entorno de Relea de la Loma.



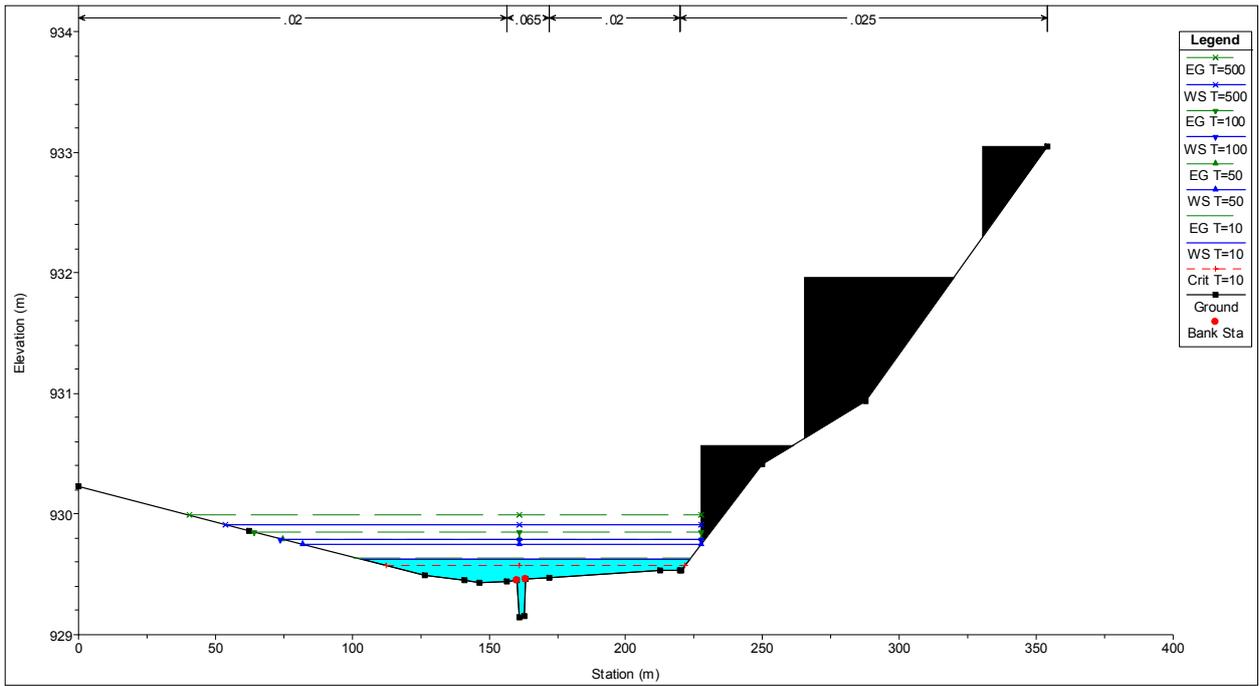
XS.1826 En el entorno de Relea de la Loma.



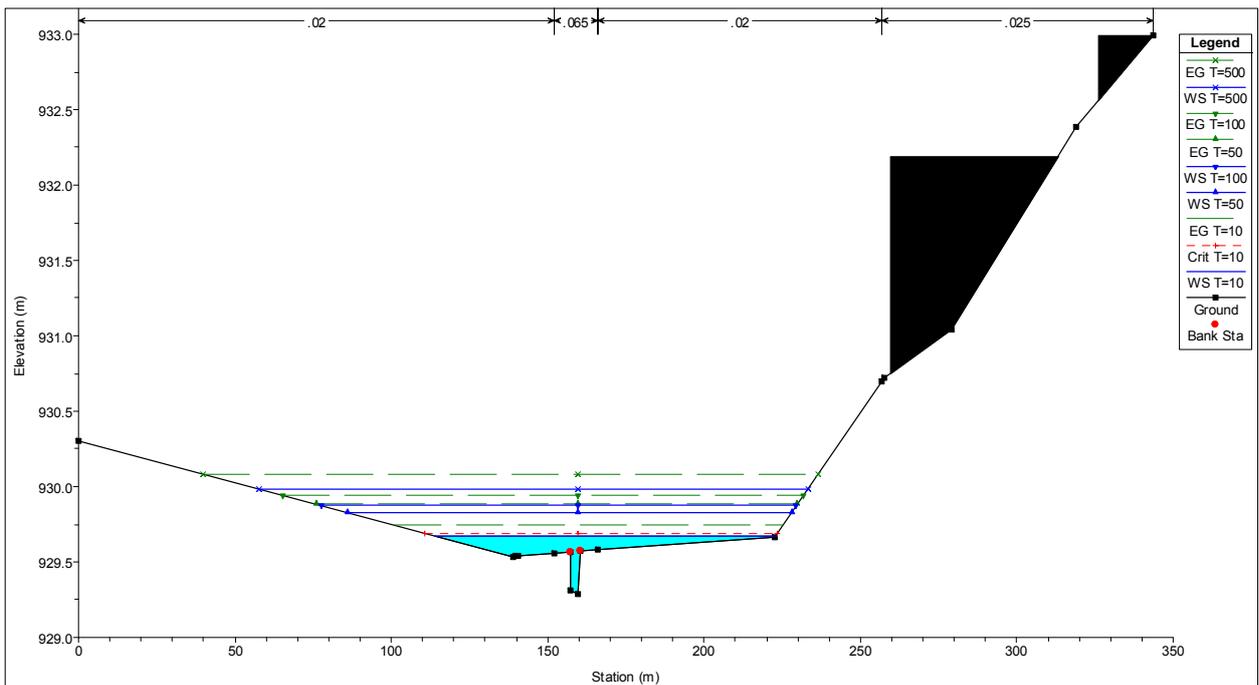
XS.1841 En el entorno de Relea de la Loma.



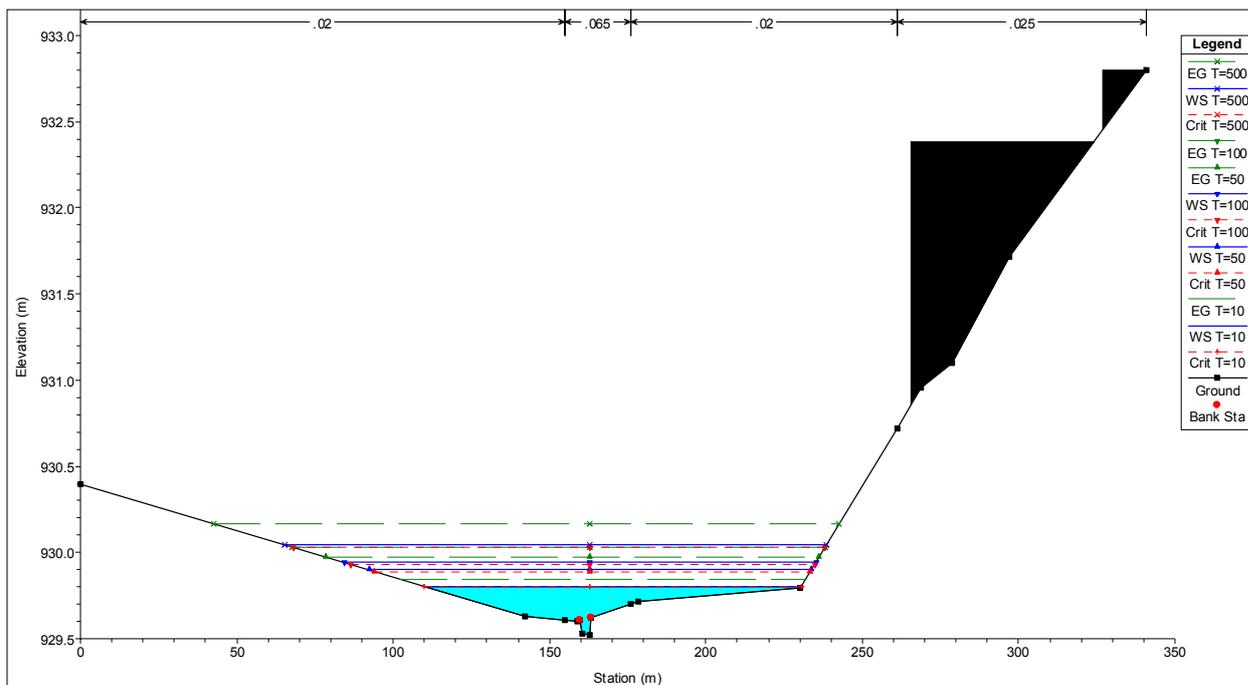
XS.1856 En el entorno de Relea de la Loma.



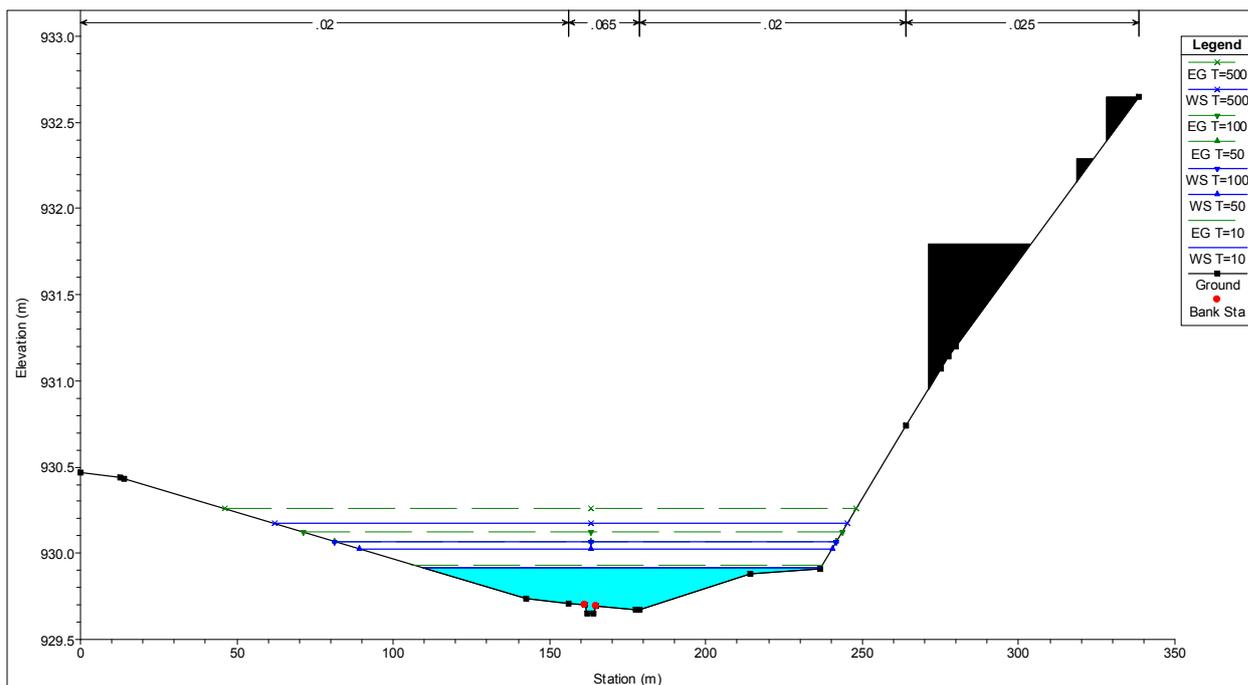
XS.1871 En el entorno de Relea de la Loma.



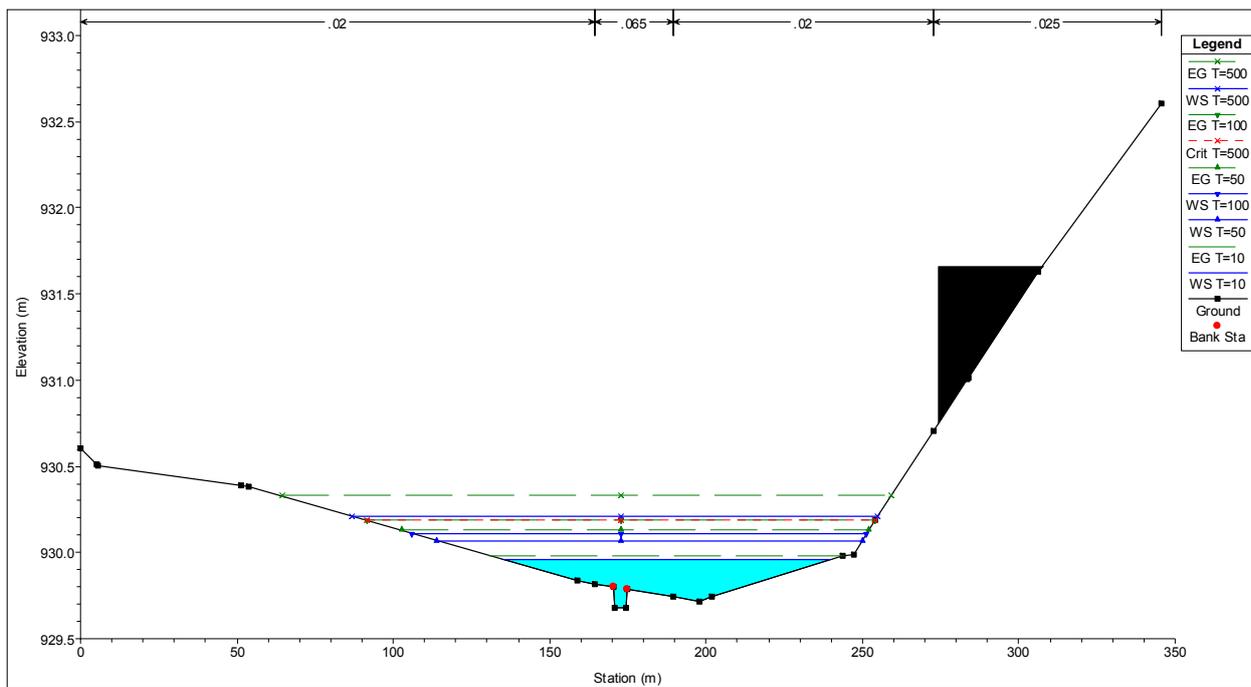
XS.1886 En el entorno de Relea de la Loma.



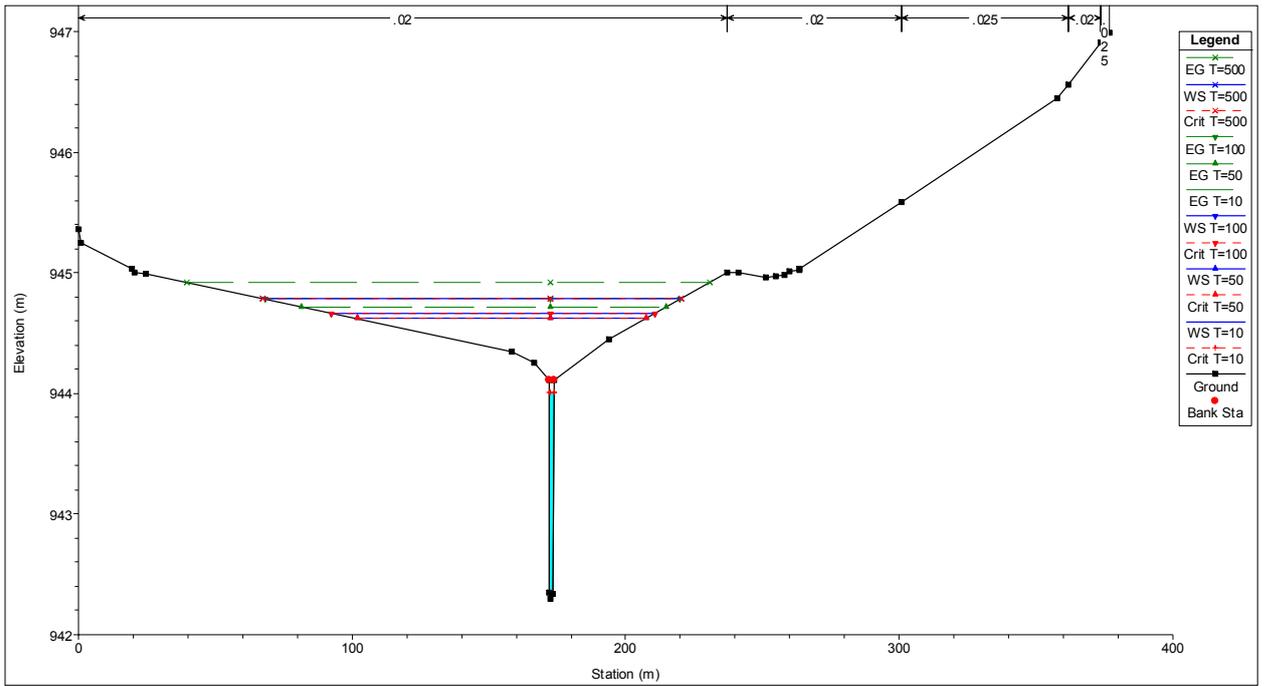
XS.1901 En el entorno de Relea de la Loma.



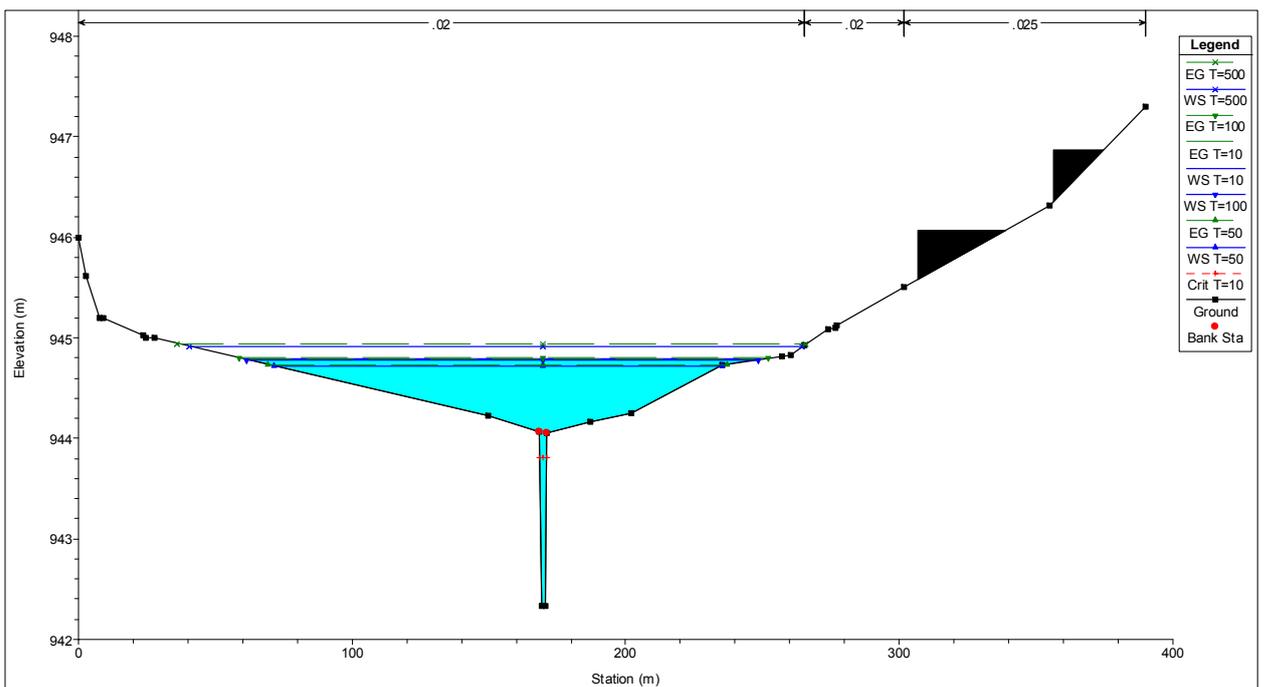
XS.1916 En el entorno de Relea de la Loma.



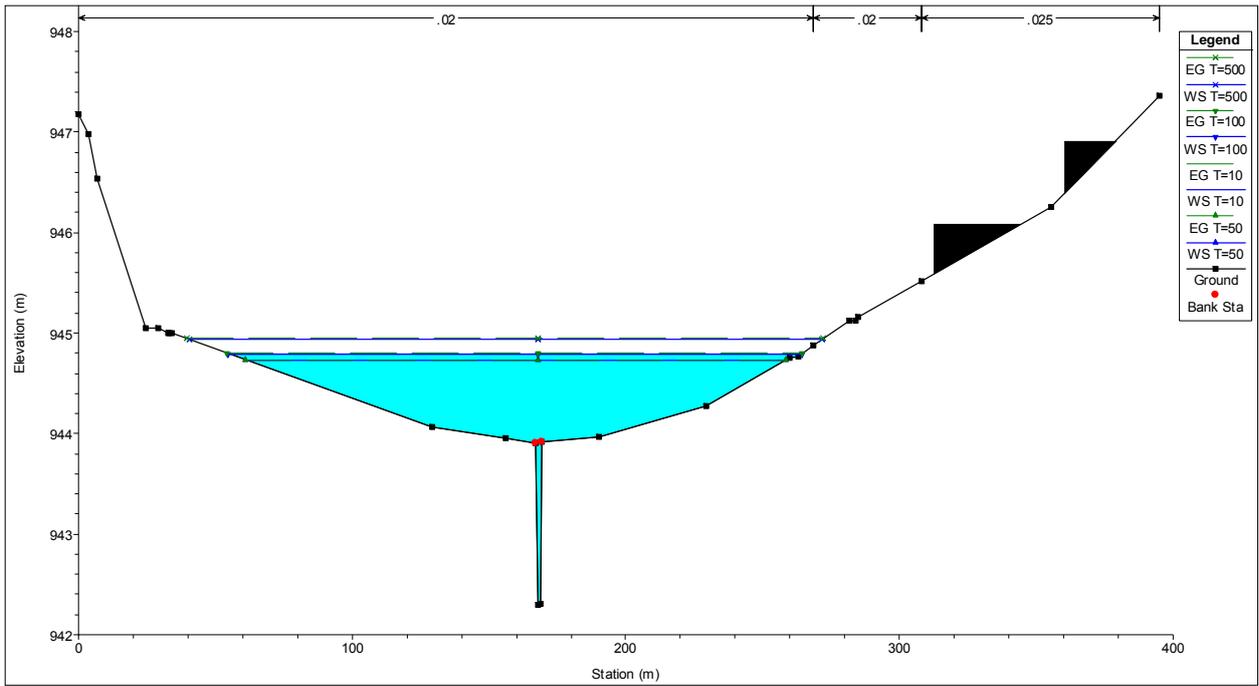
XS.1931 En el entorno de Relea de la Loma.



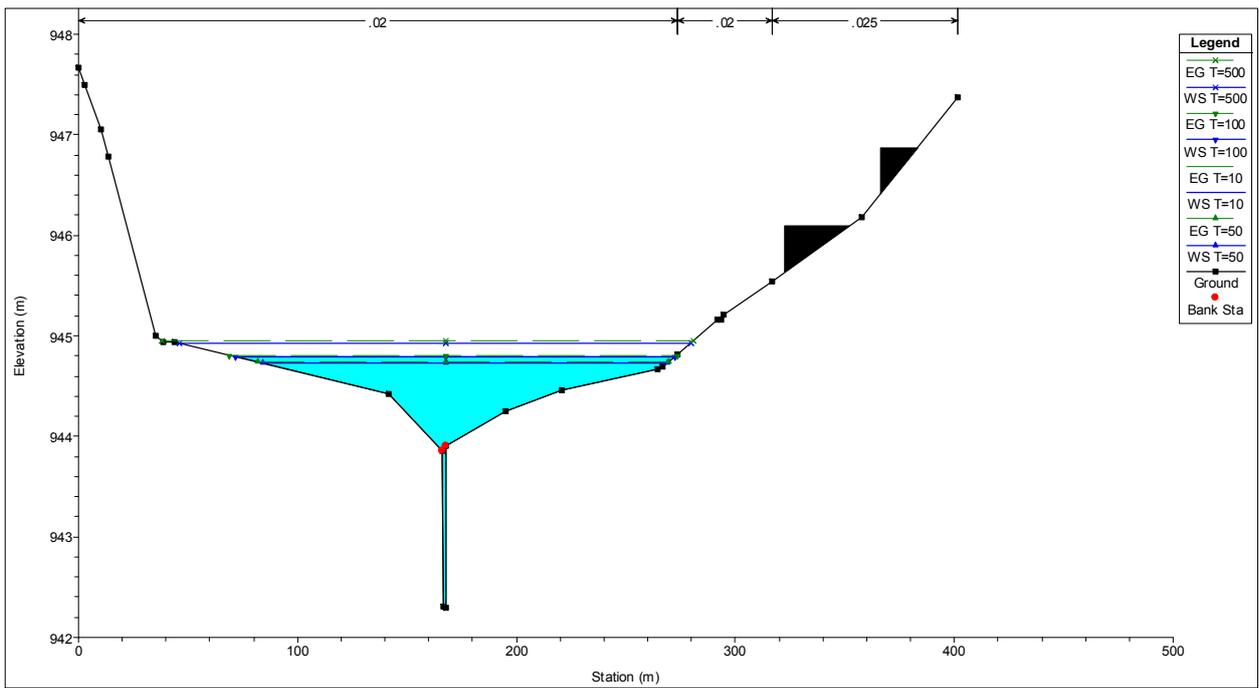
XS.3806 En el entorno de Villalafuente



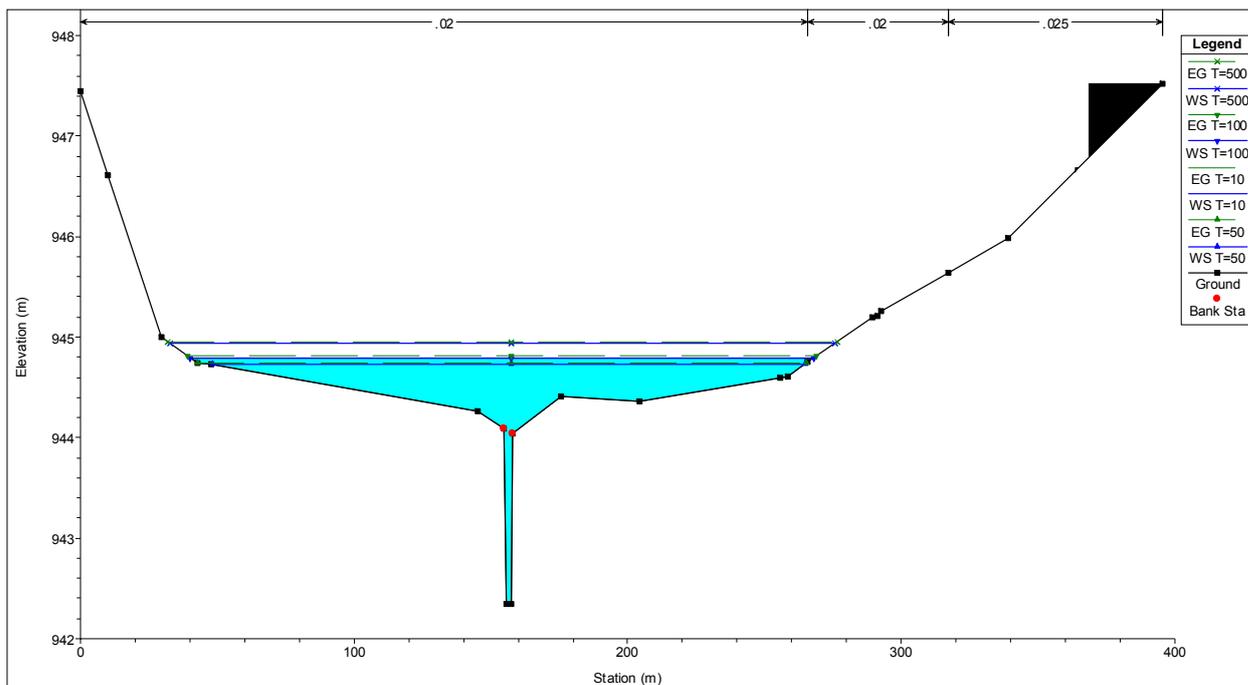
XS.3821 En el entorno de Villalafuente



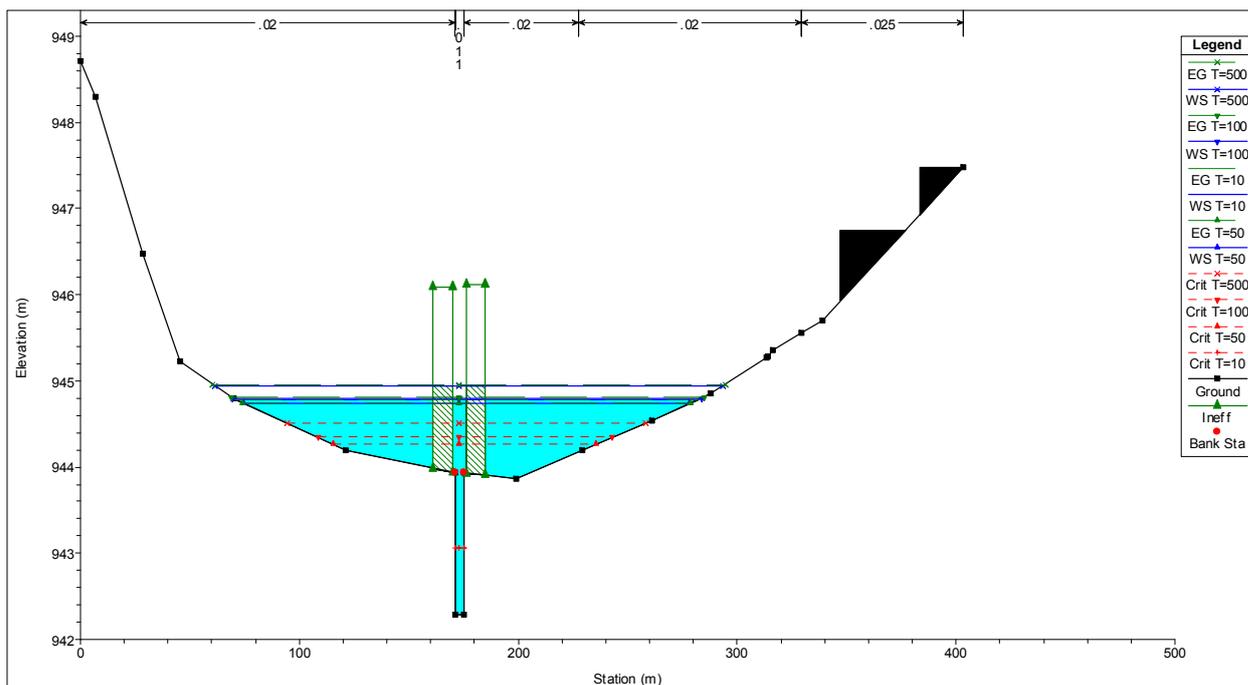
XS.3836 En el entorno de Villalafuente



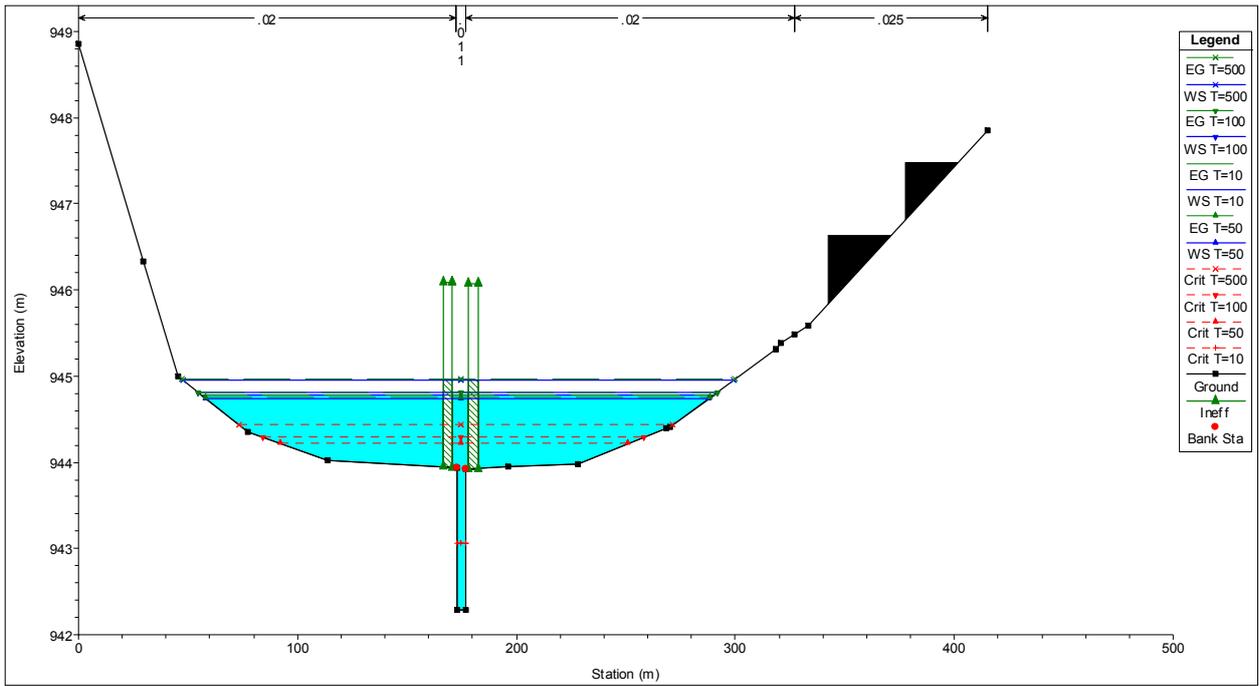
XS.3851 En el entorno de Villalafuente



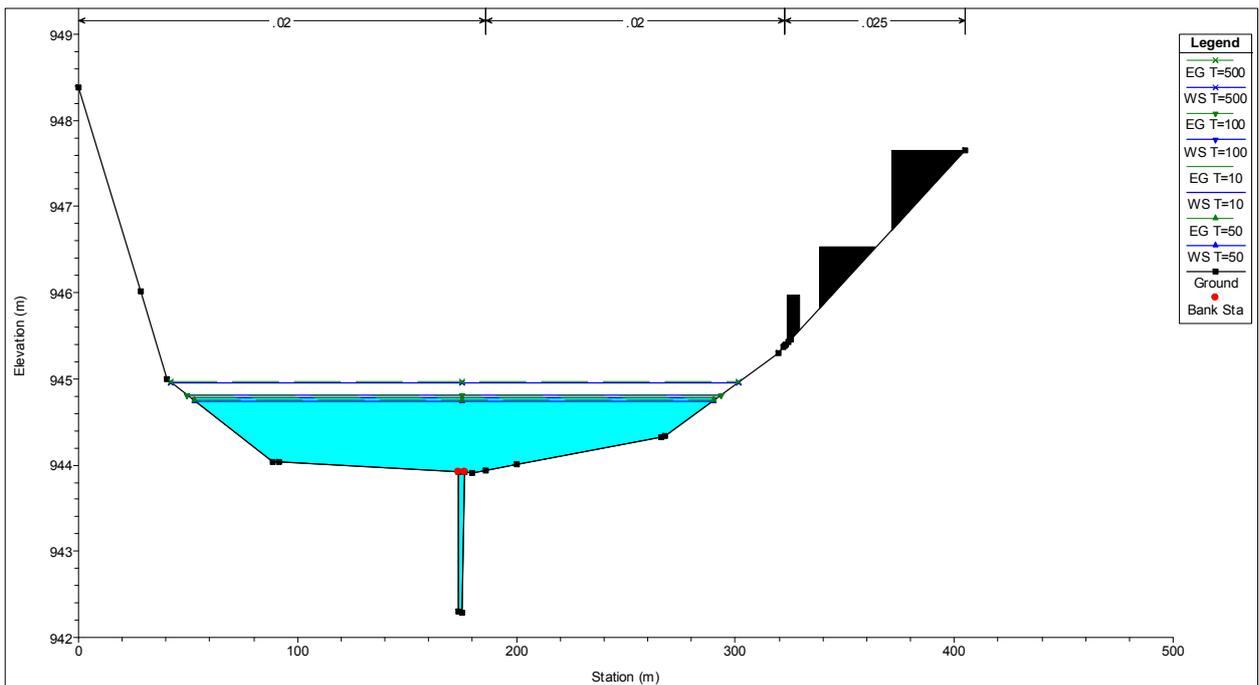
XS.3866 En el entorno de Villalafuente



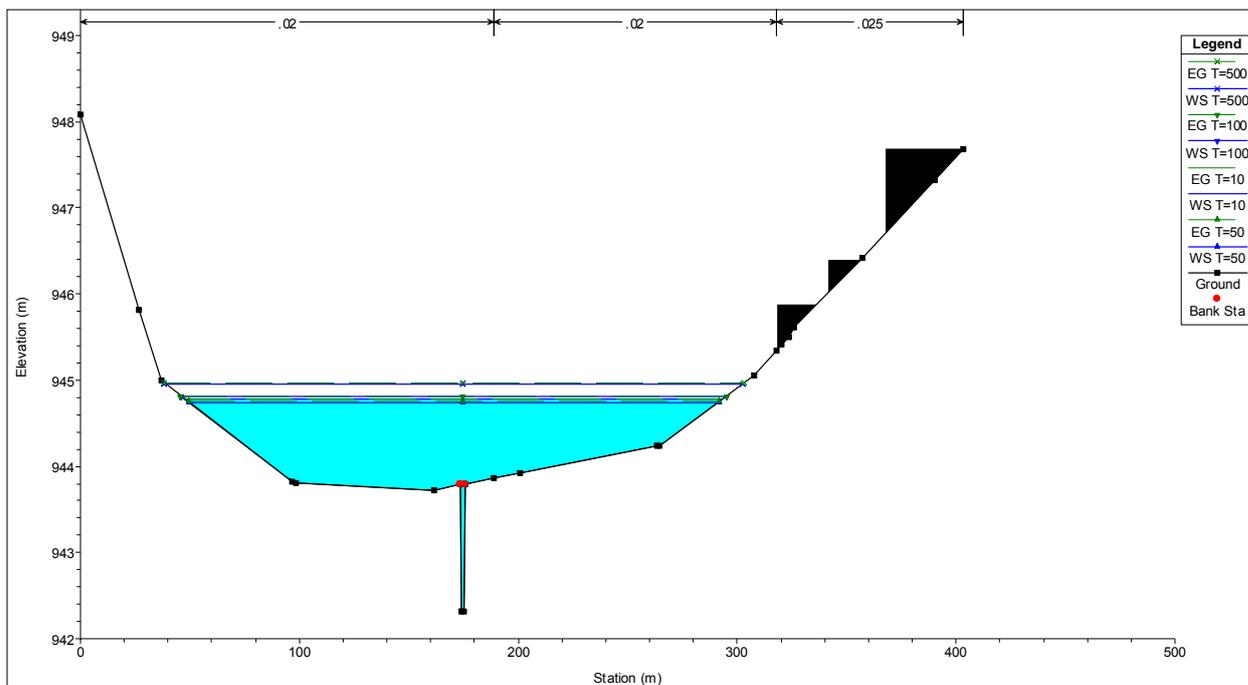
XS.3892 En el entorno de Villalafuente



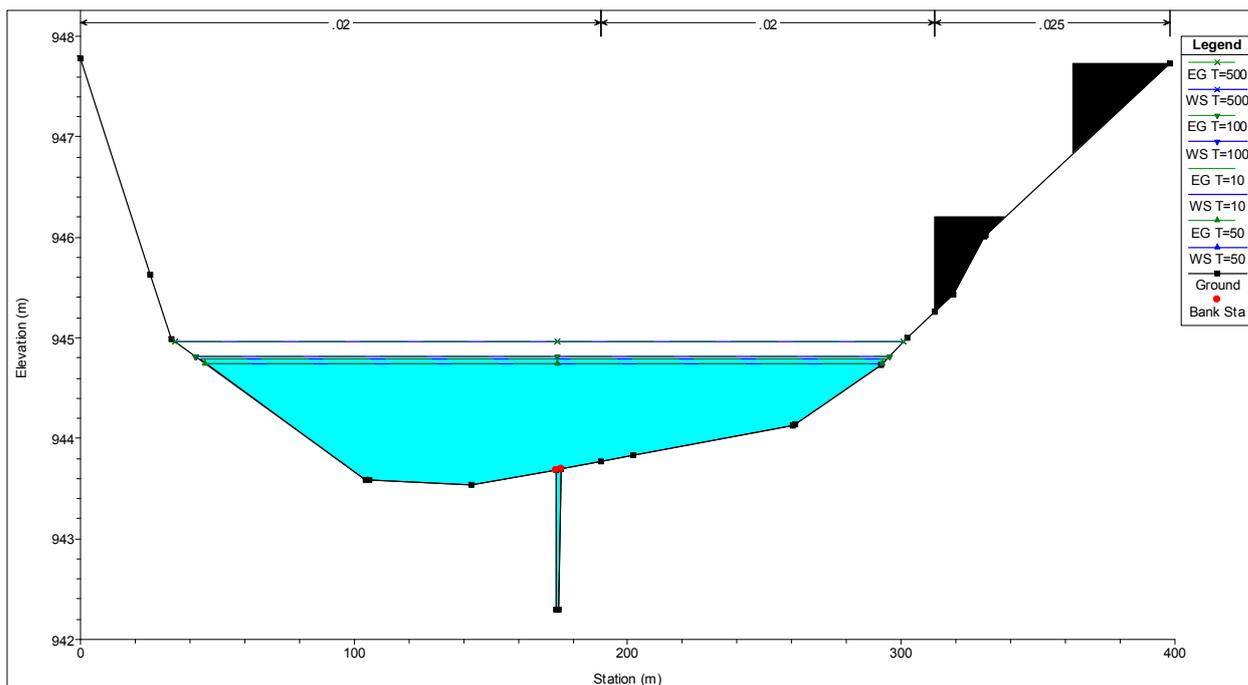
XS.3897 En el entorno de Villalafuente



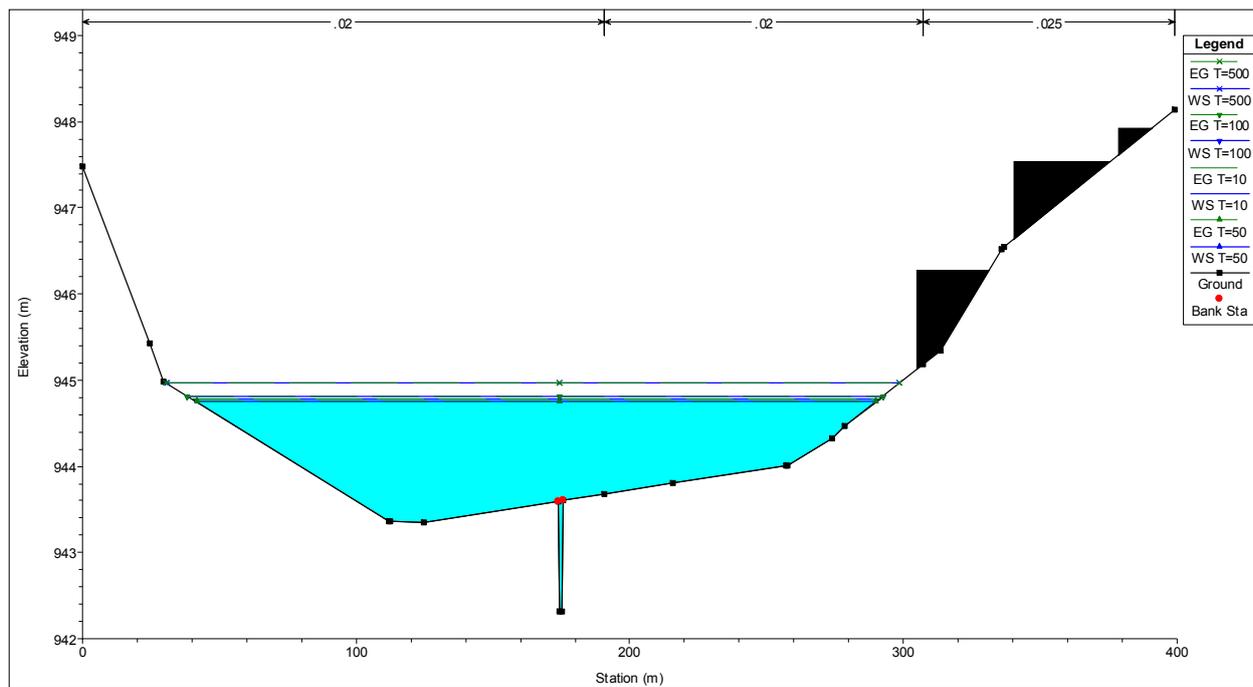
XS.3911 En el entorno de Villalafuente



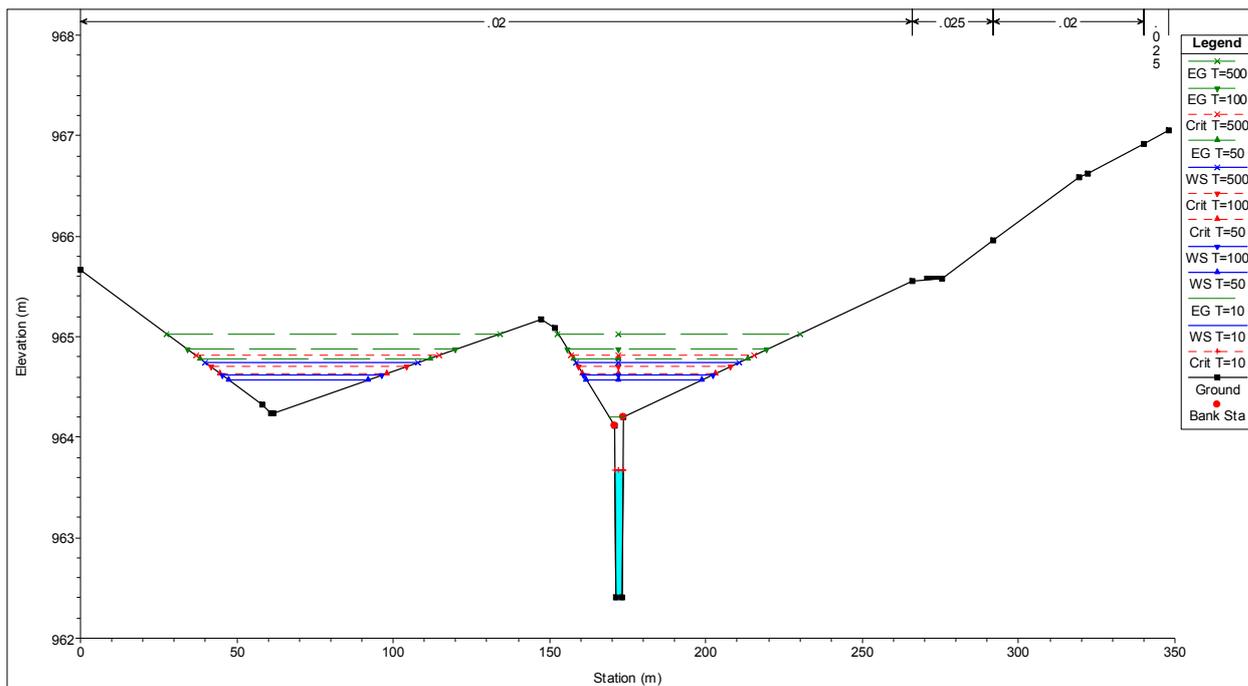
XS.3926 En el entorno de Villalafuente



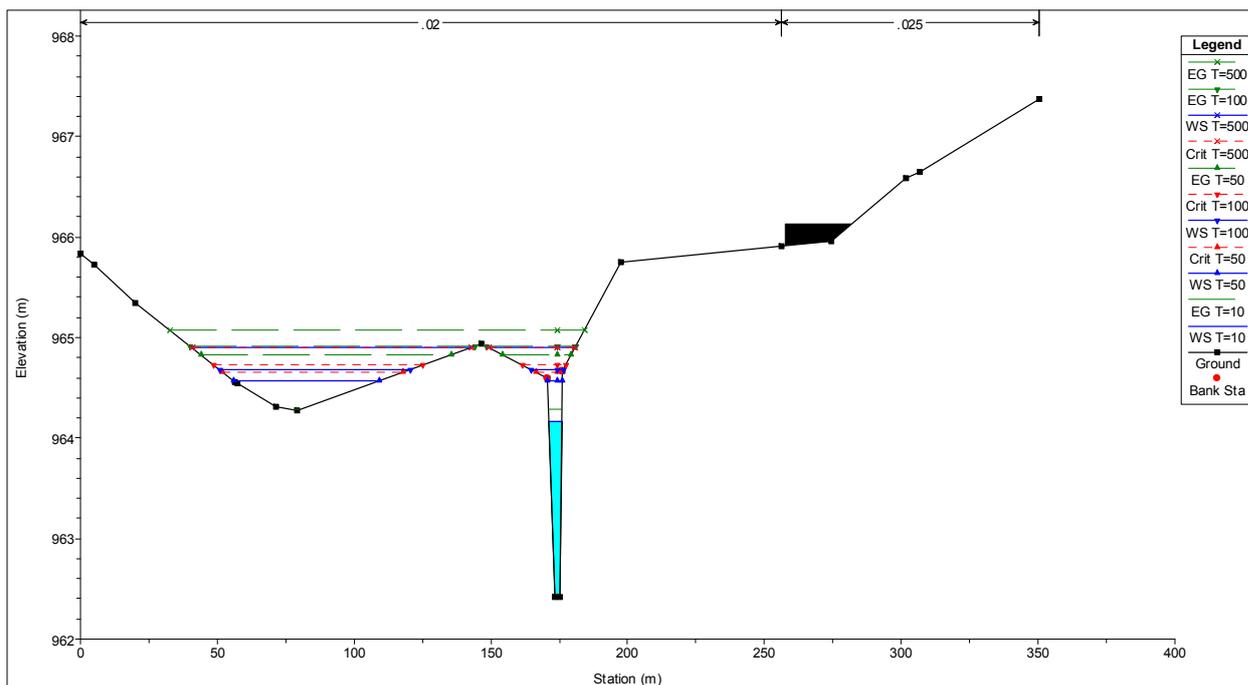
XS.3941 En el entorno de Villalafuente



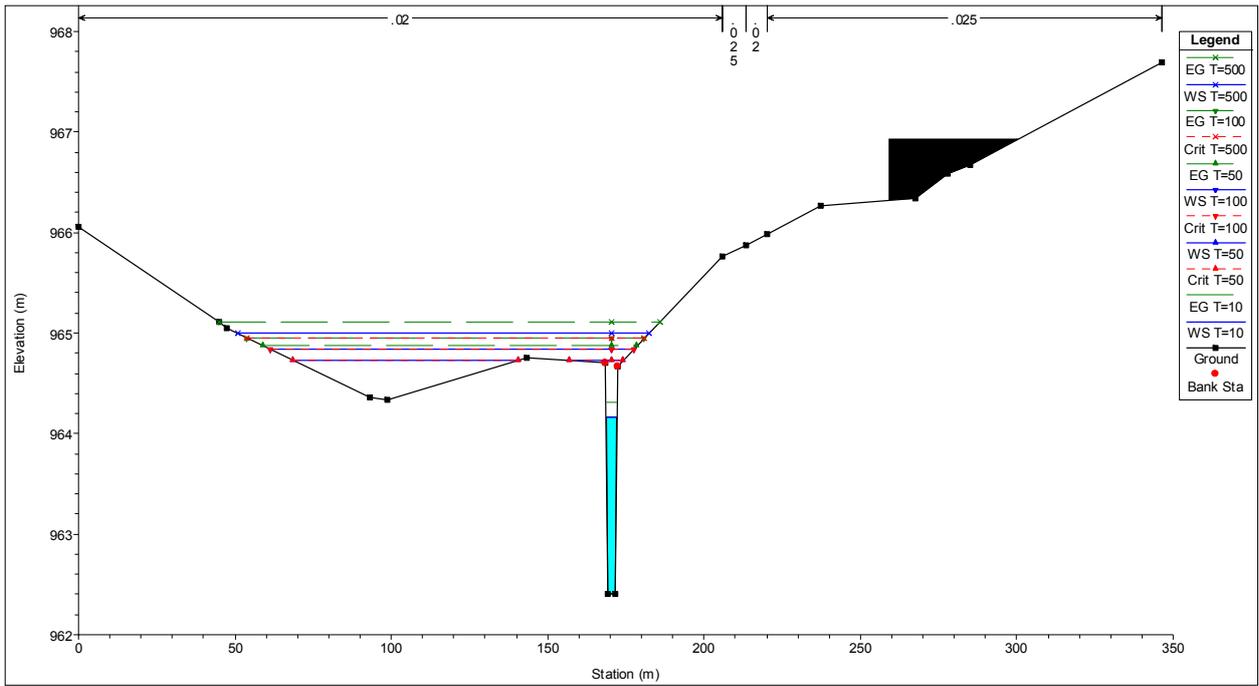
XS.3956 En el entorno de Villalafuente



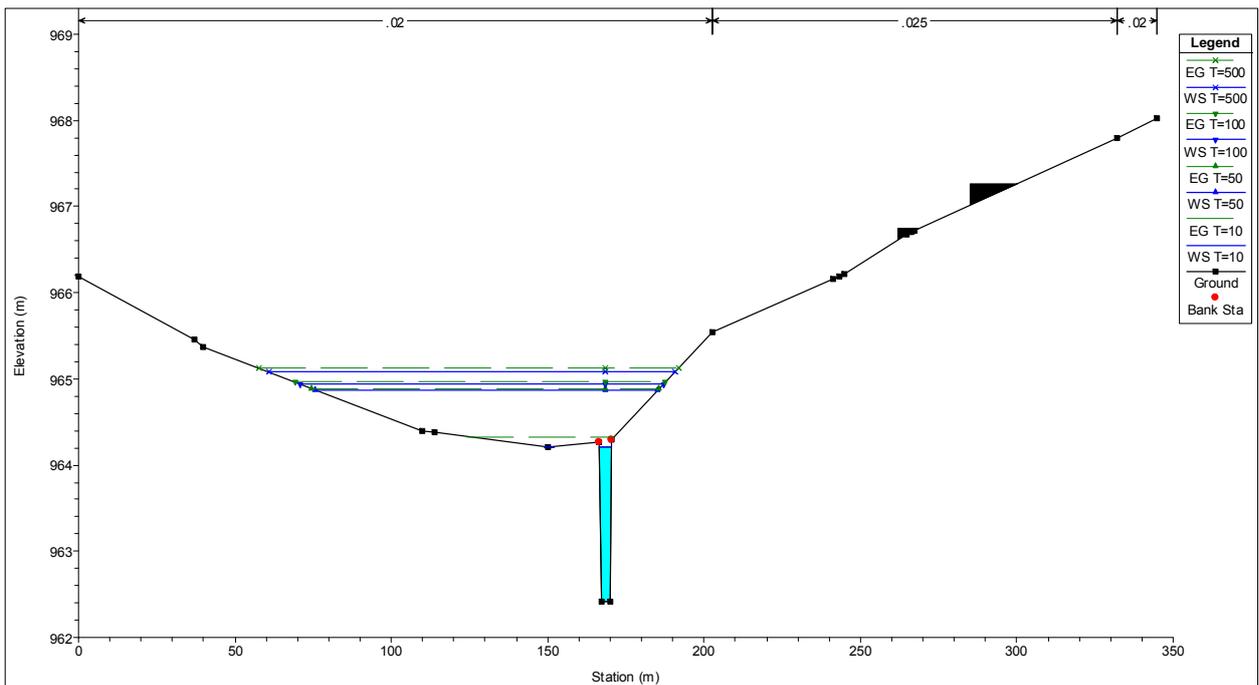
XS.6895 En el entorno de Villorquite



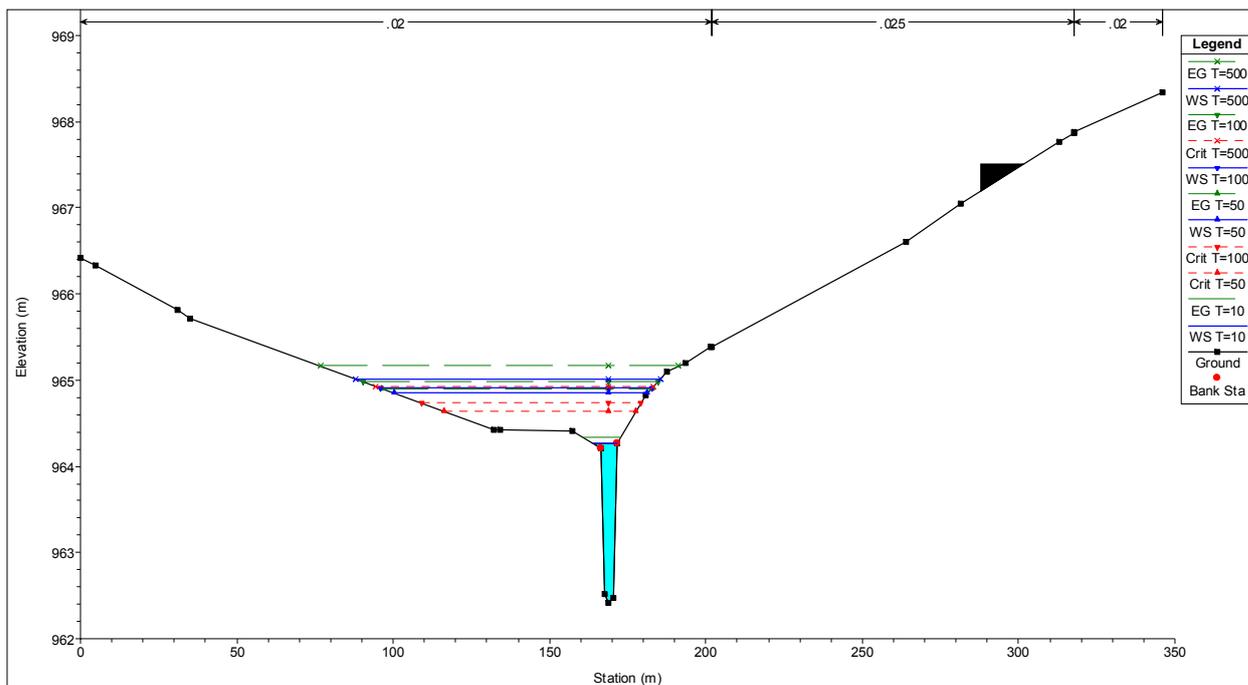
XS.6911 En el entorno de Villorquite



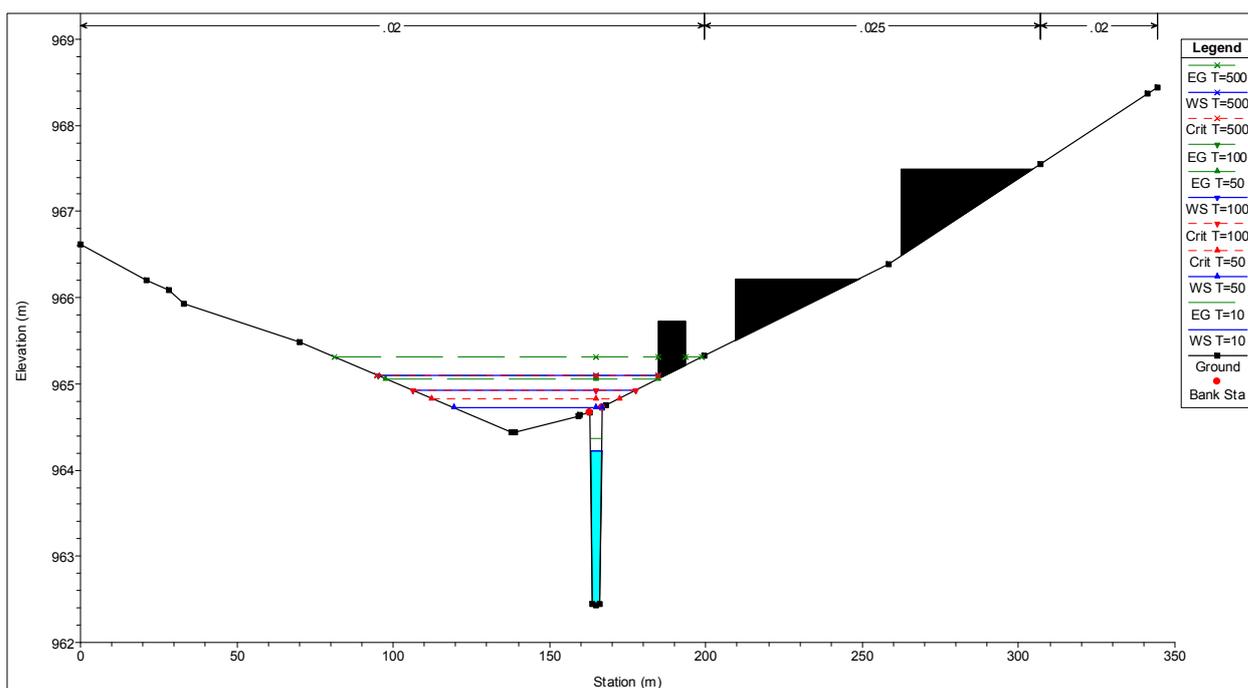
XS.6926 En el entorno de Villorquite



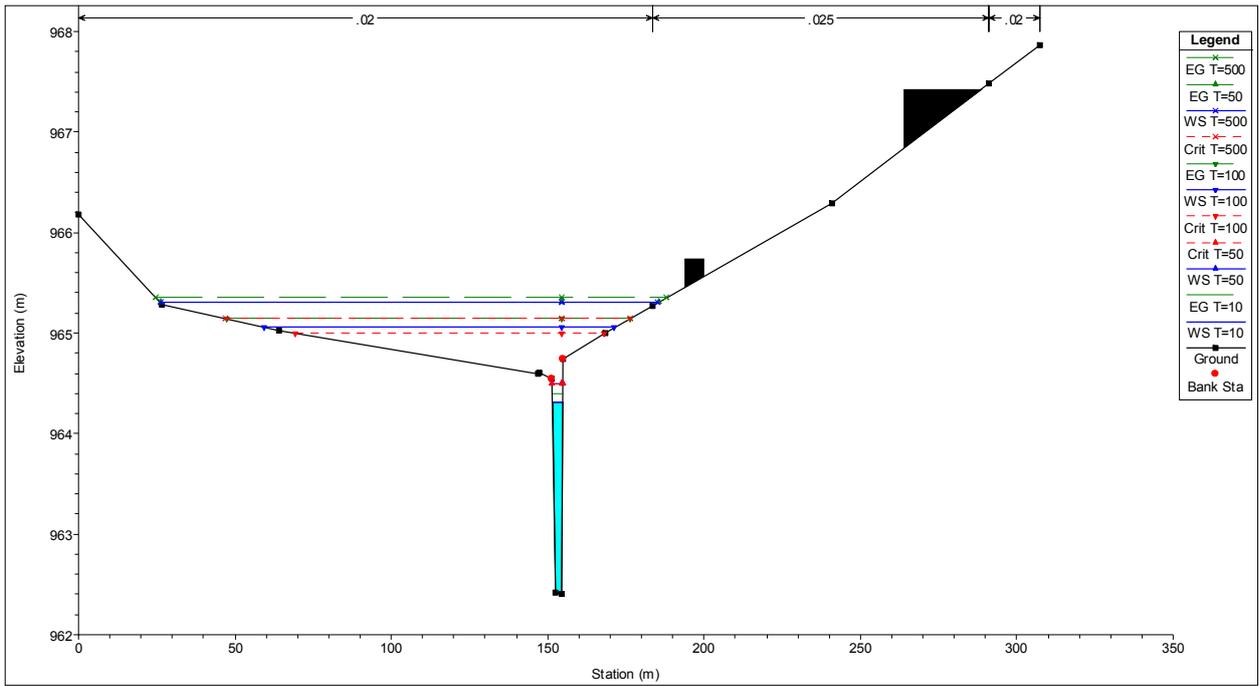
XS.6941 En el entorno de Villorquite



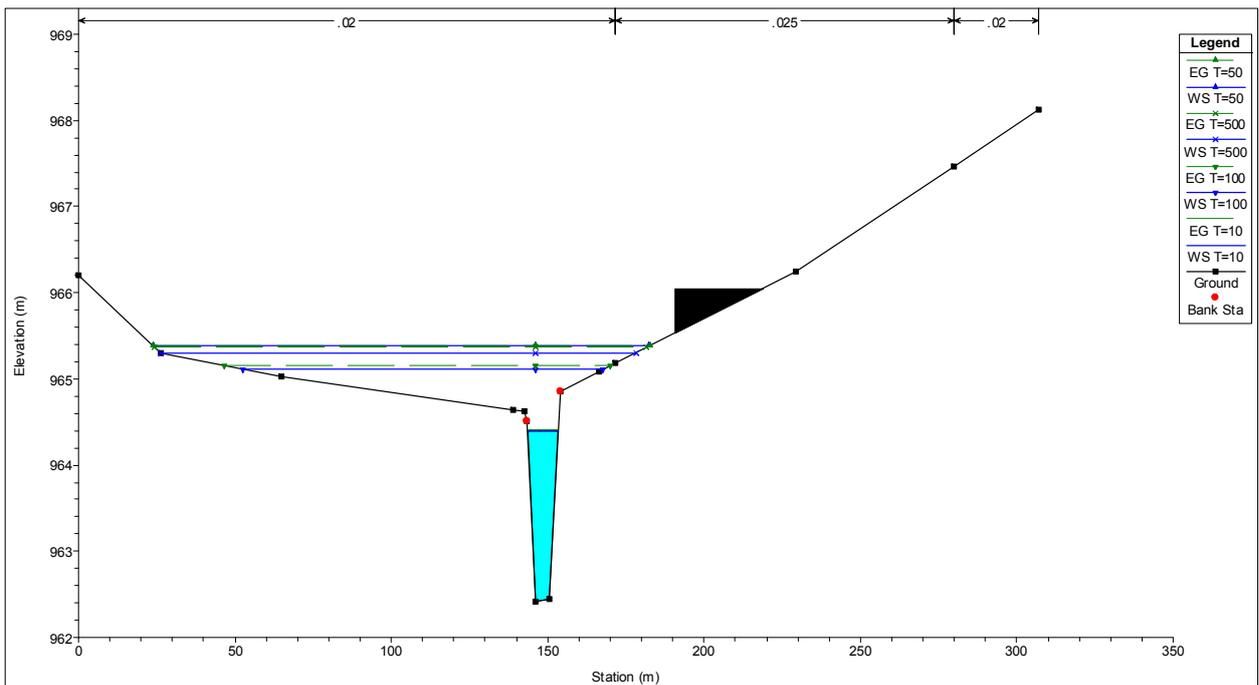
XS.6956 En el entorno de Villorquite



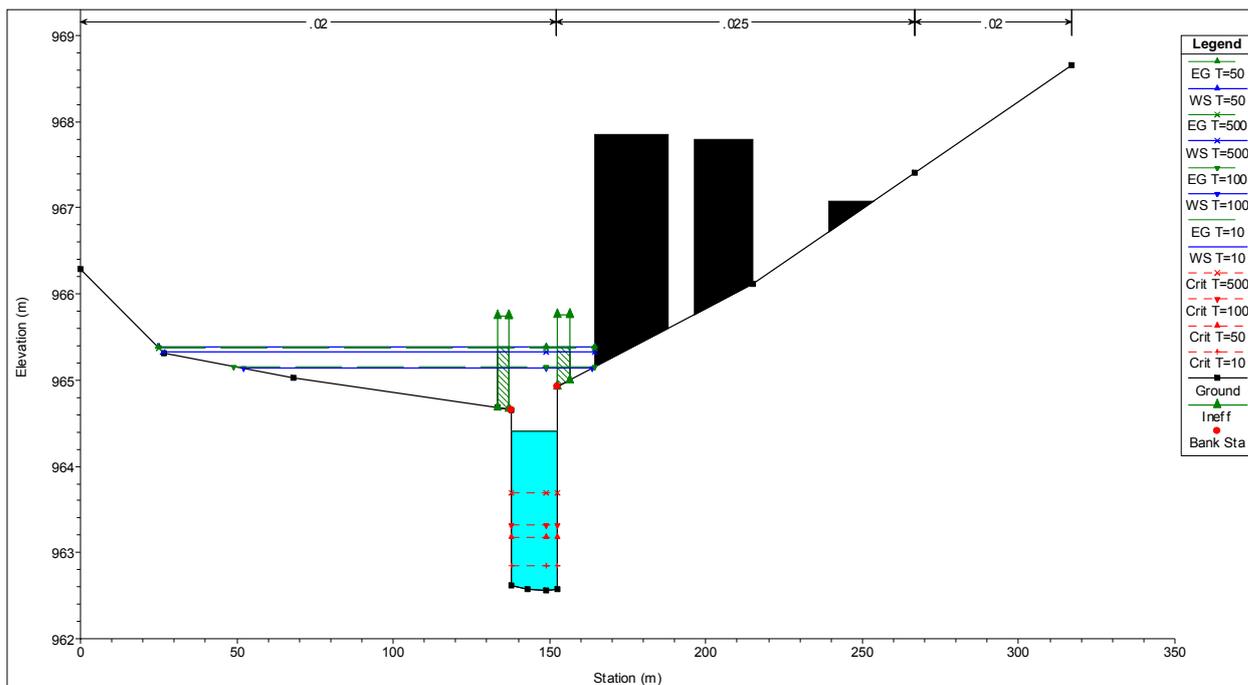
XS.3963 En el entorno de Villorquite



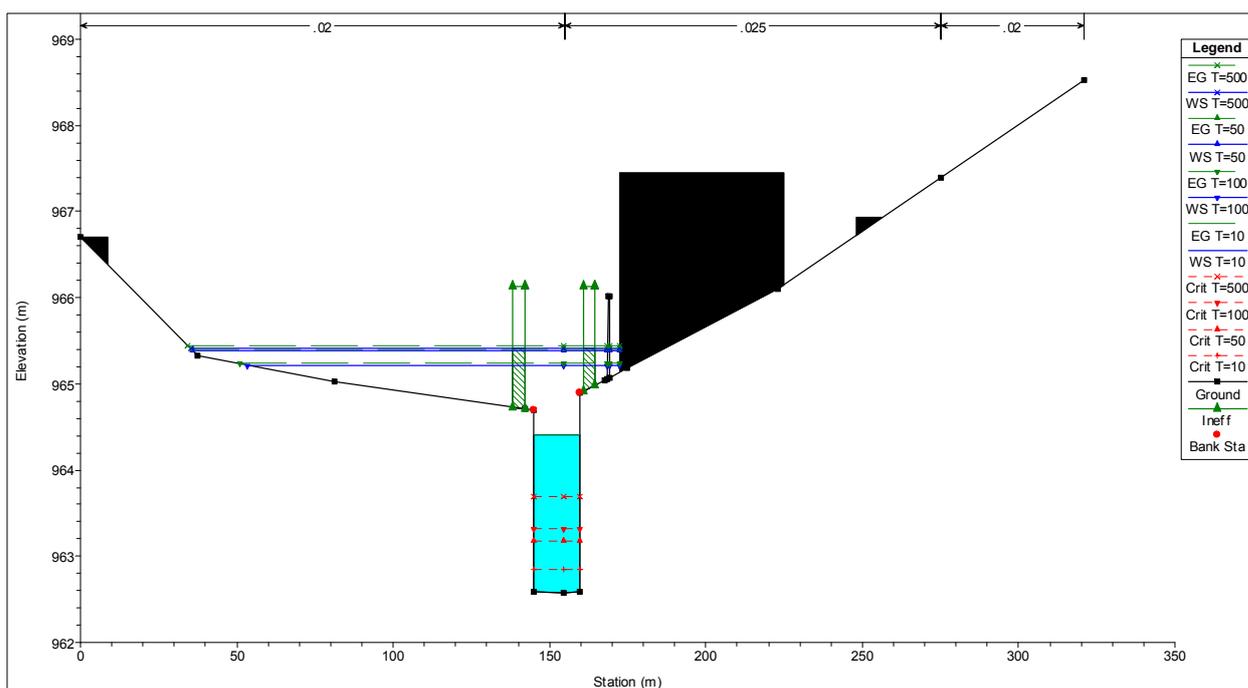
XS.6986 En el entorno de Villorquite



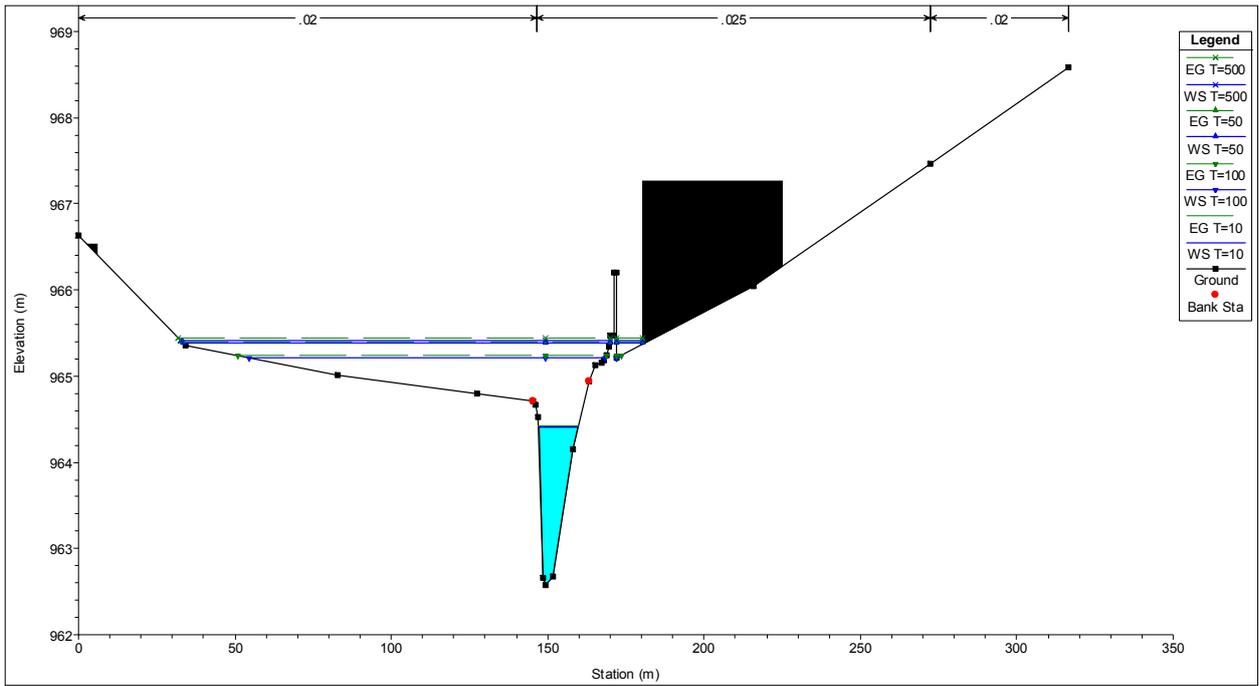
XS.7001 En el entorno de Villorquite



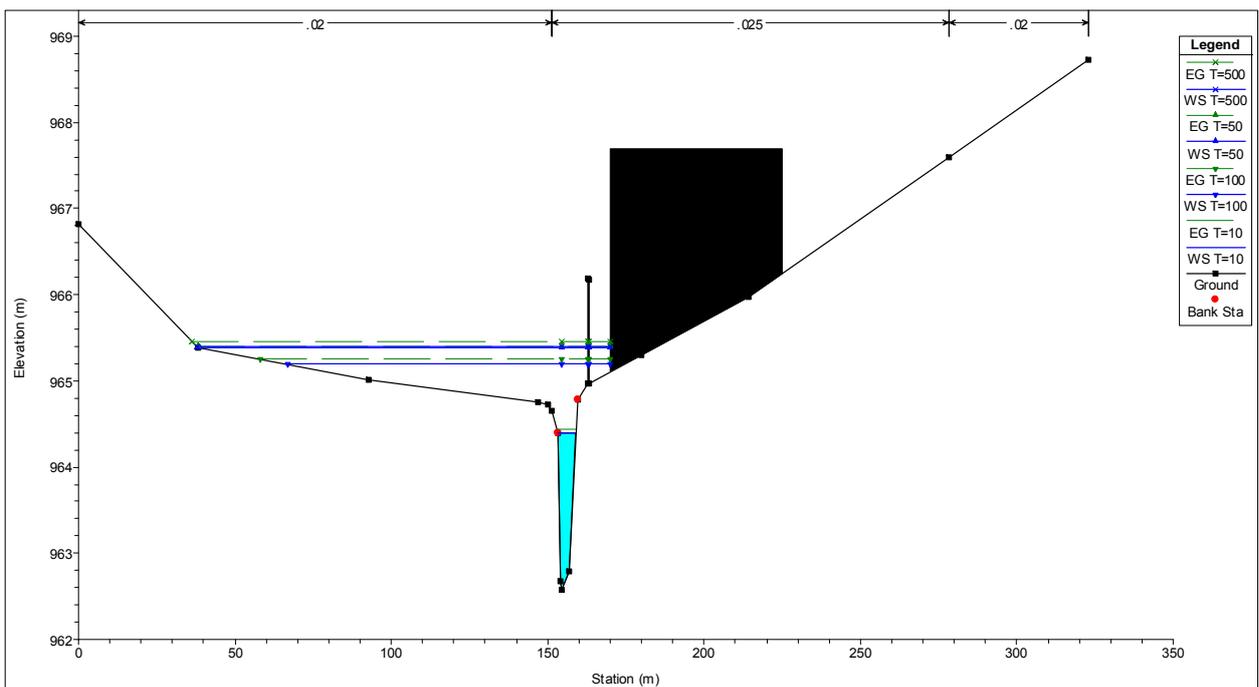
XS.7024 En el entorno de Villorquite



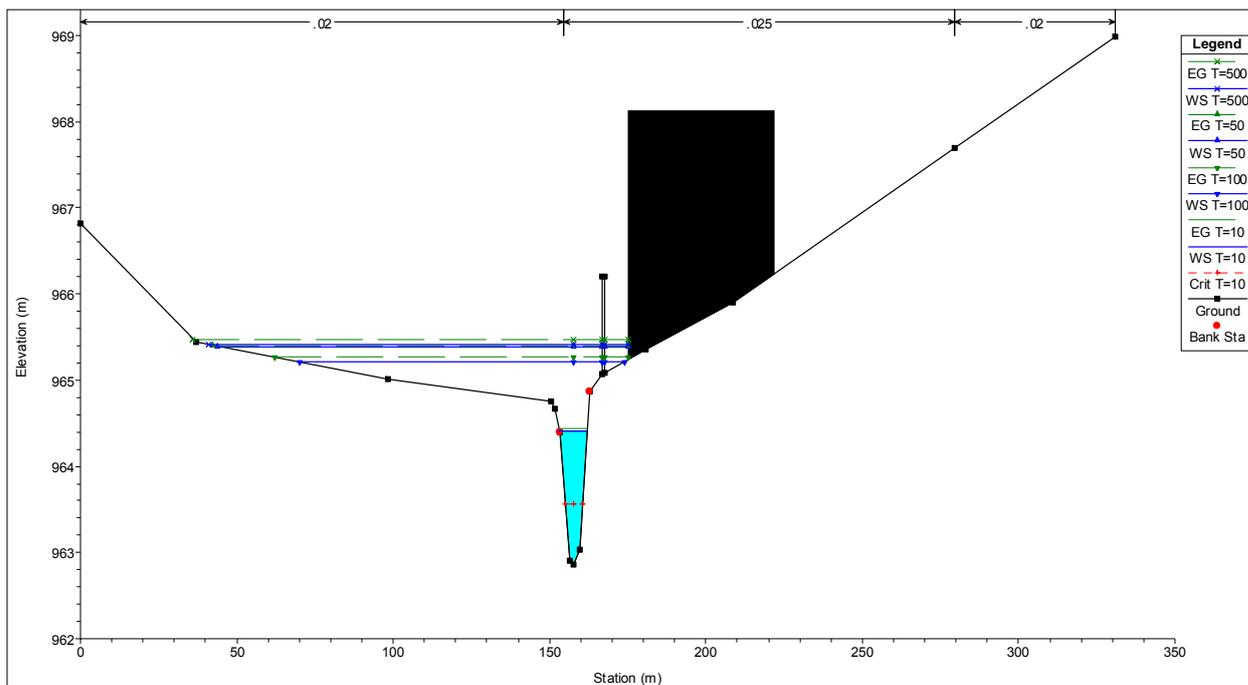
XS.7032 En el entorno de Villorquite



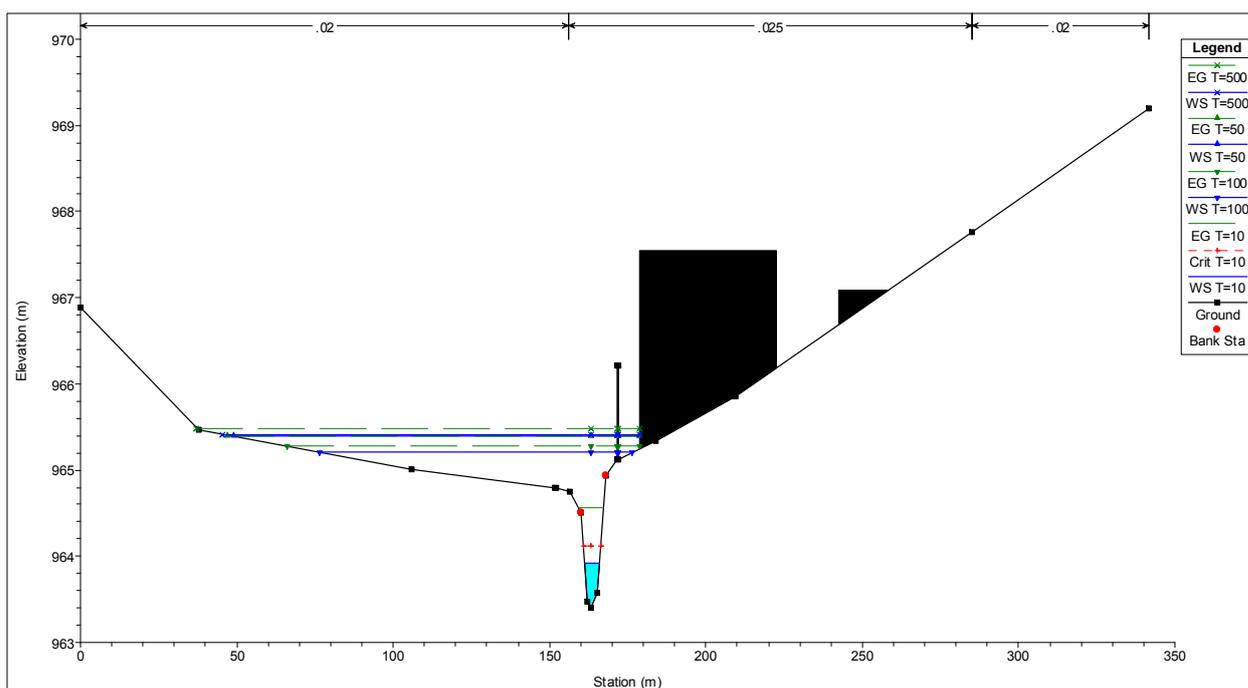
XS.7046 En el entorno de Villorquite



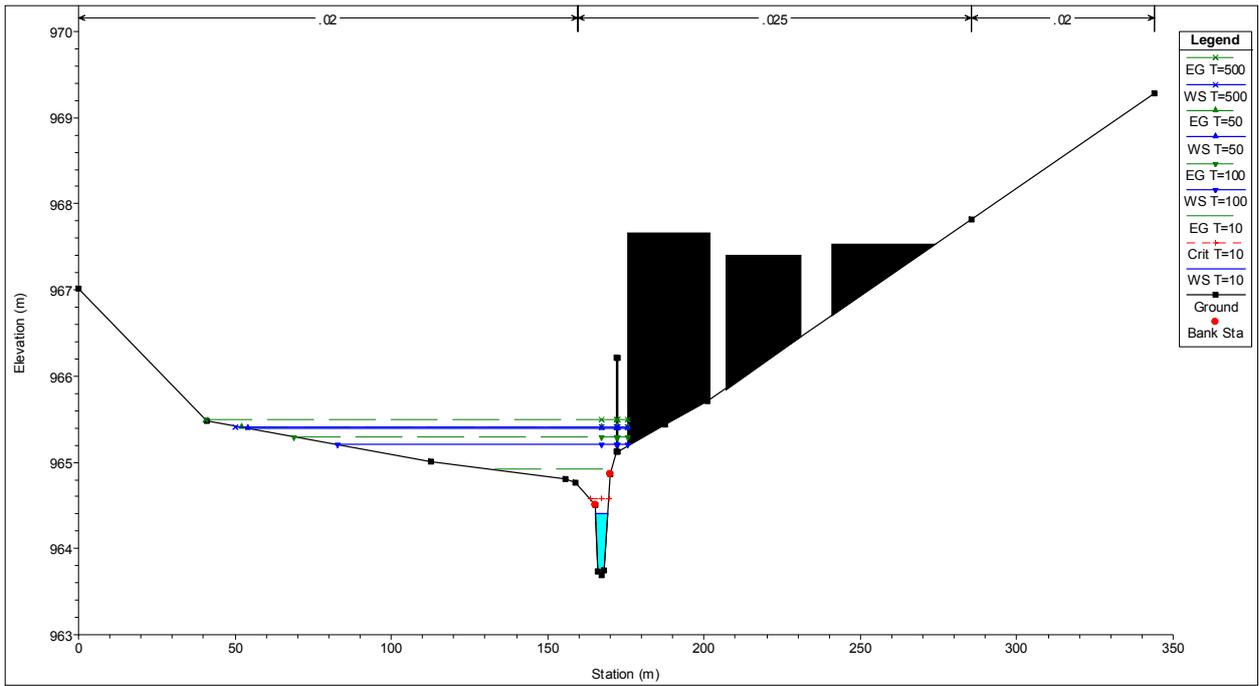
XS.7061 En el entorno de Villorquite



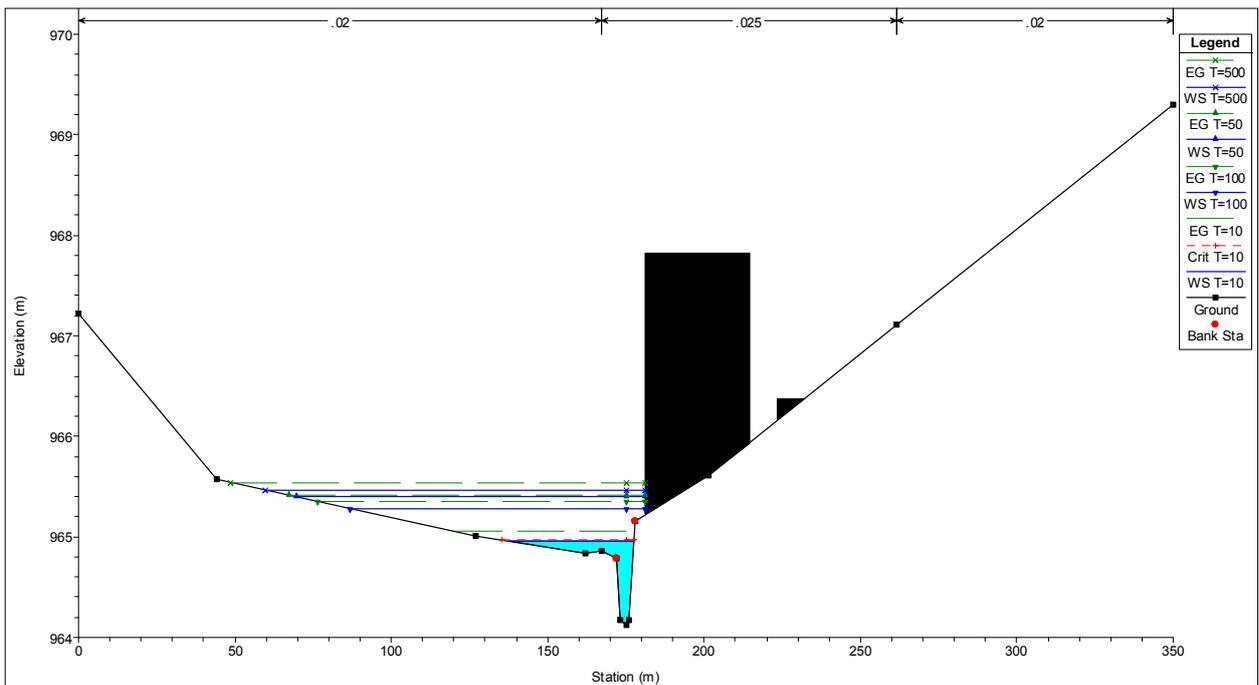
XS.7076 En el entorno de Villorquite



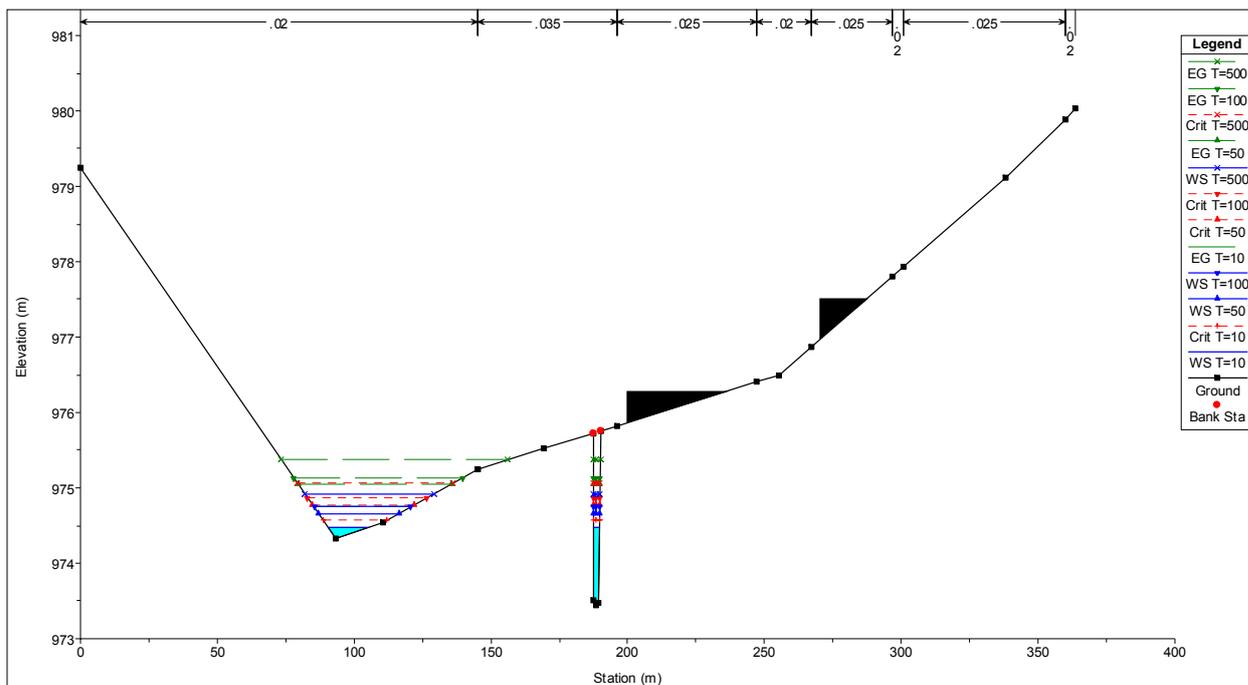
XS.7091 En el entorno de Villorquite



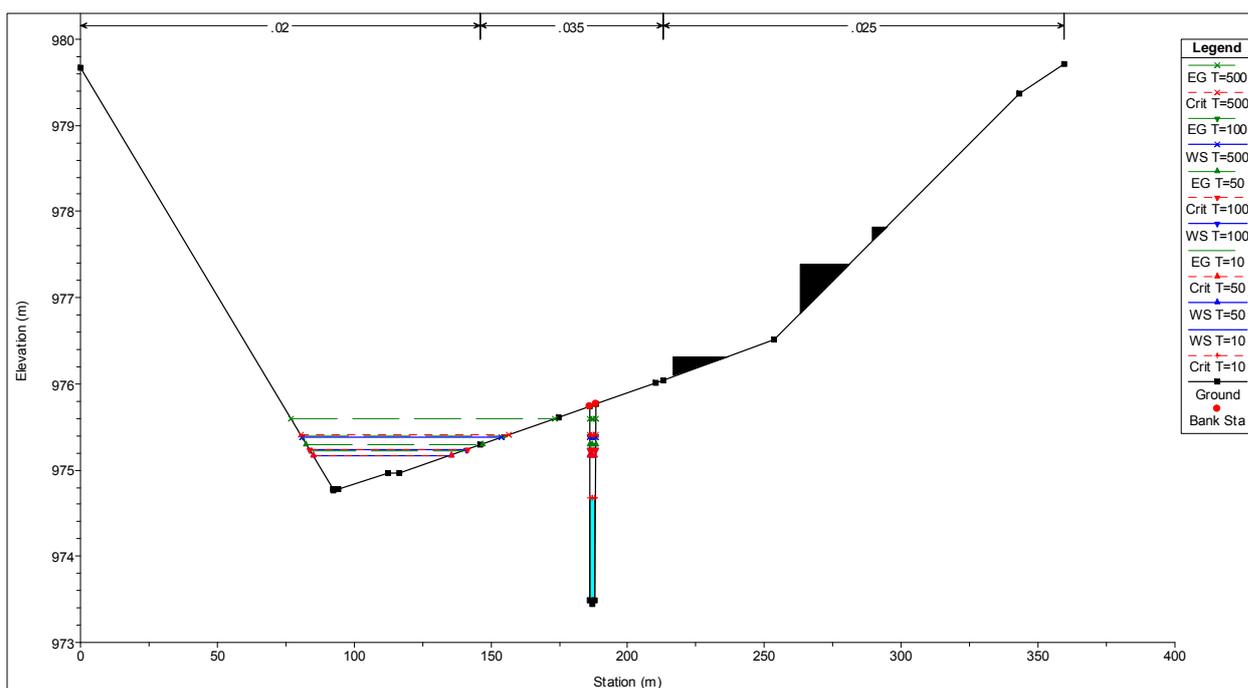
XS.7106 En el entorno de Villorquite



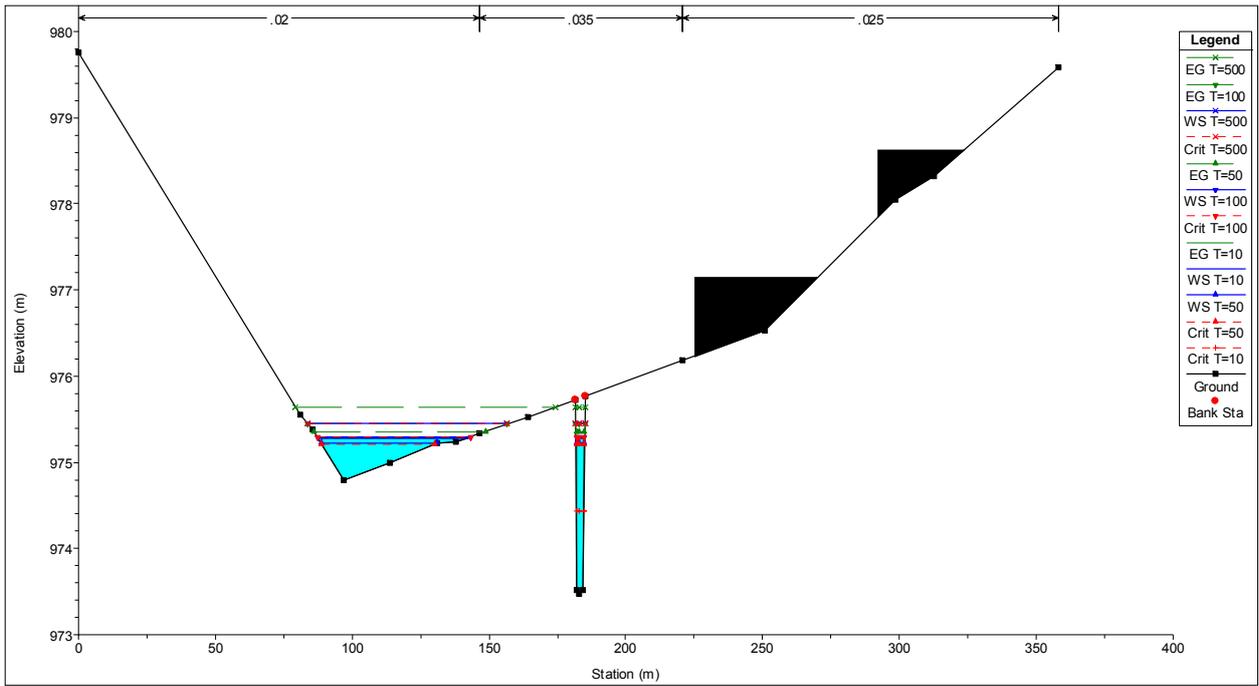
XS.7121 En el entorno de Villorquite



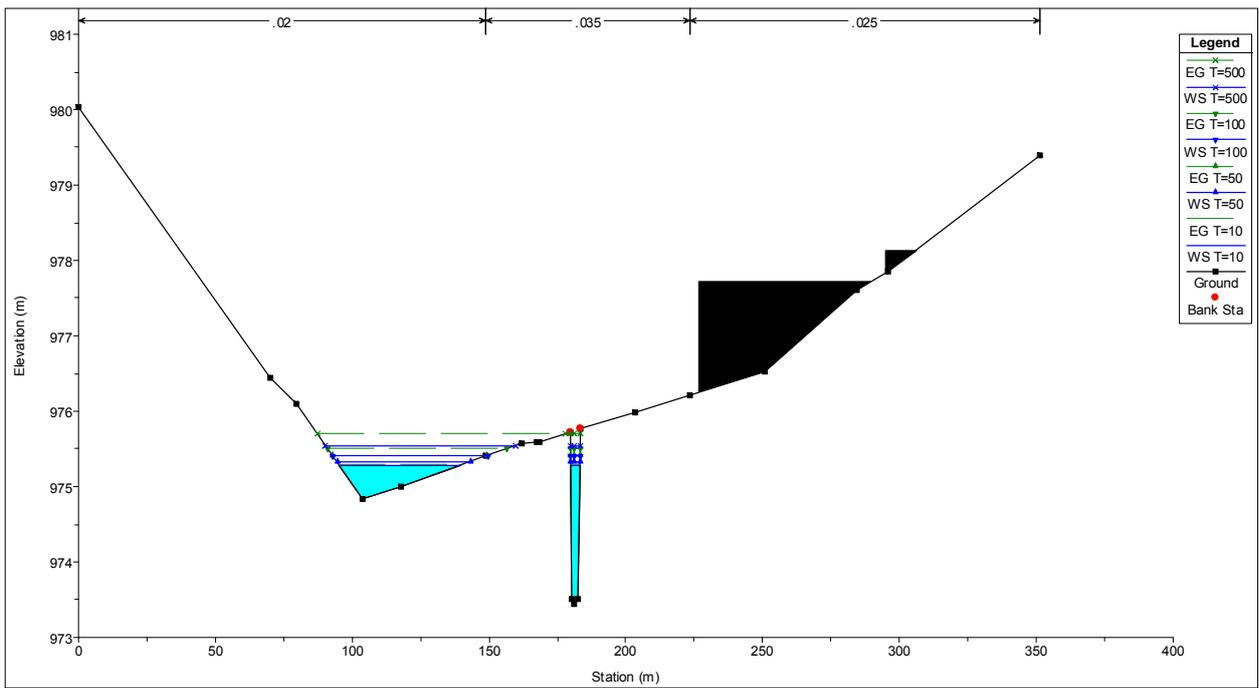
XS.8126 En el entorno de Villafruel



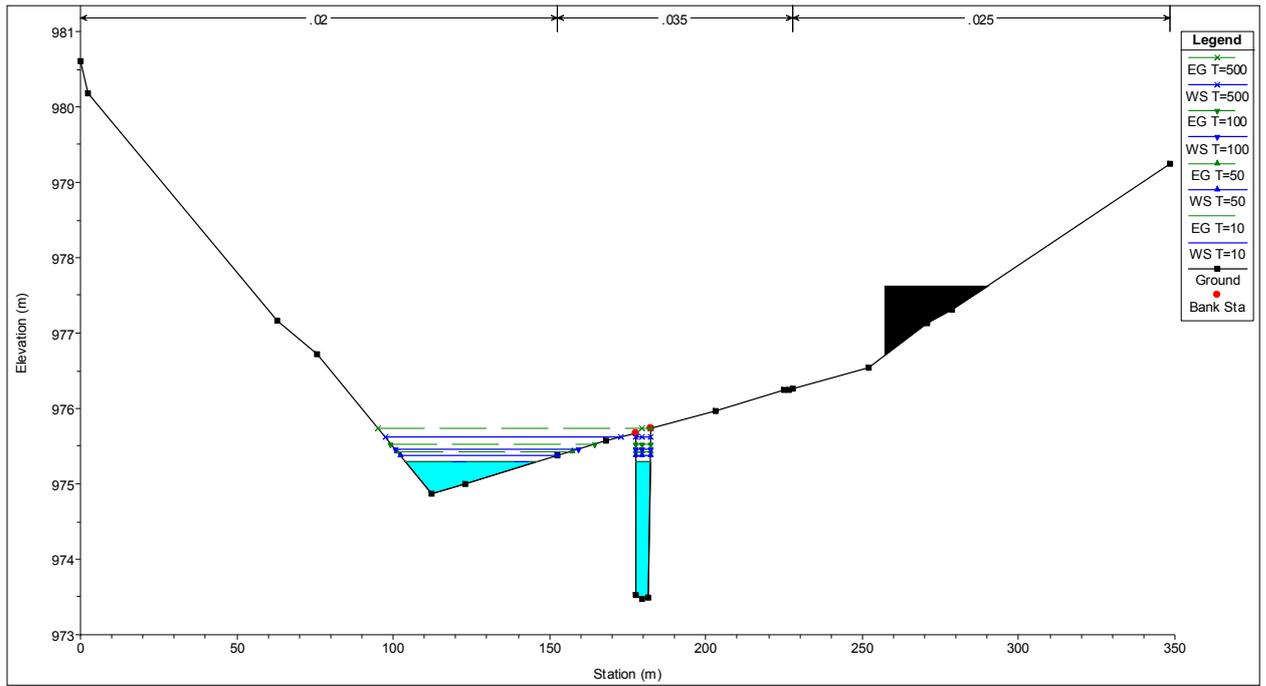
XS.8141 En el entorno de Villafruel



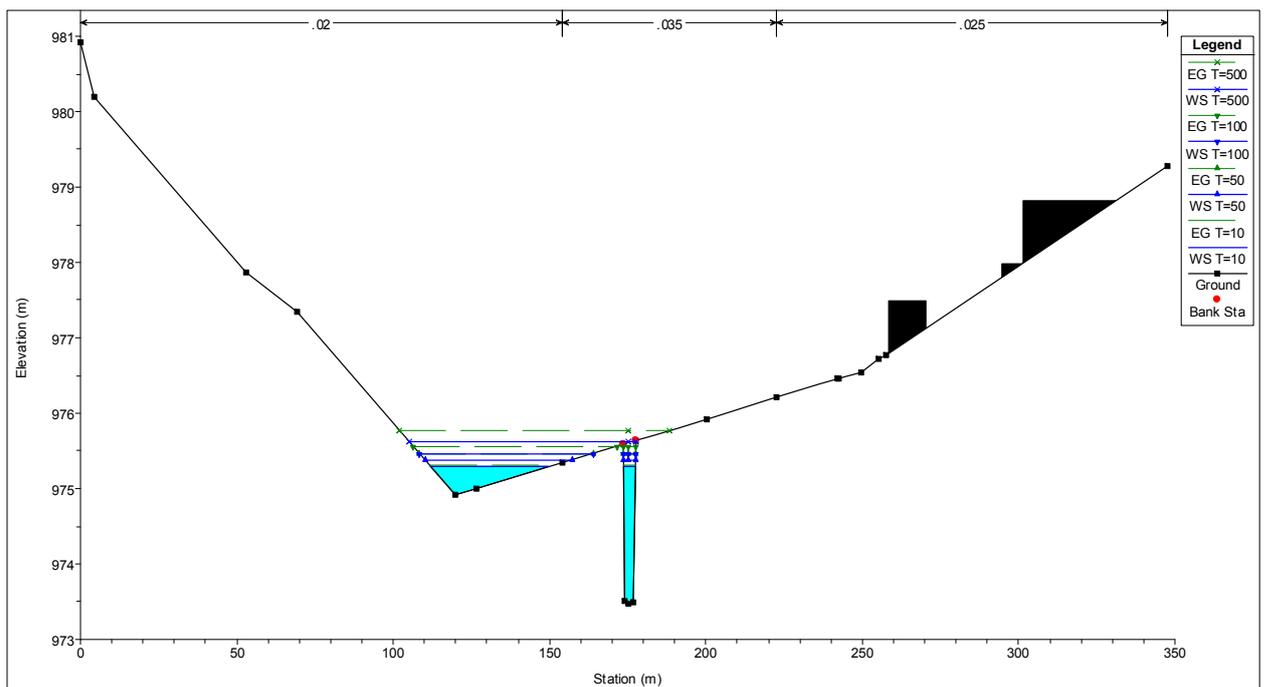
XS.8156 En el entorno de Villafriel



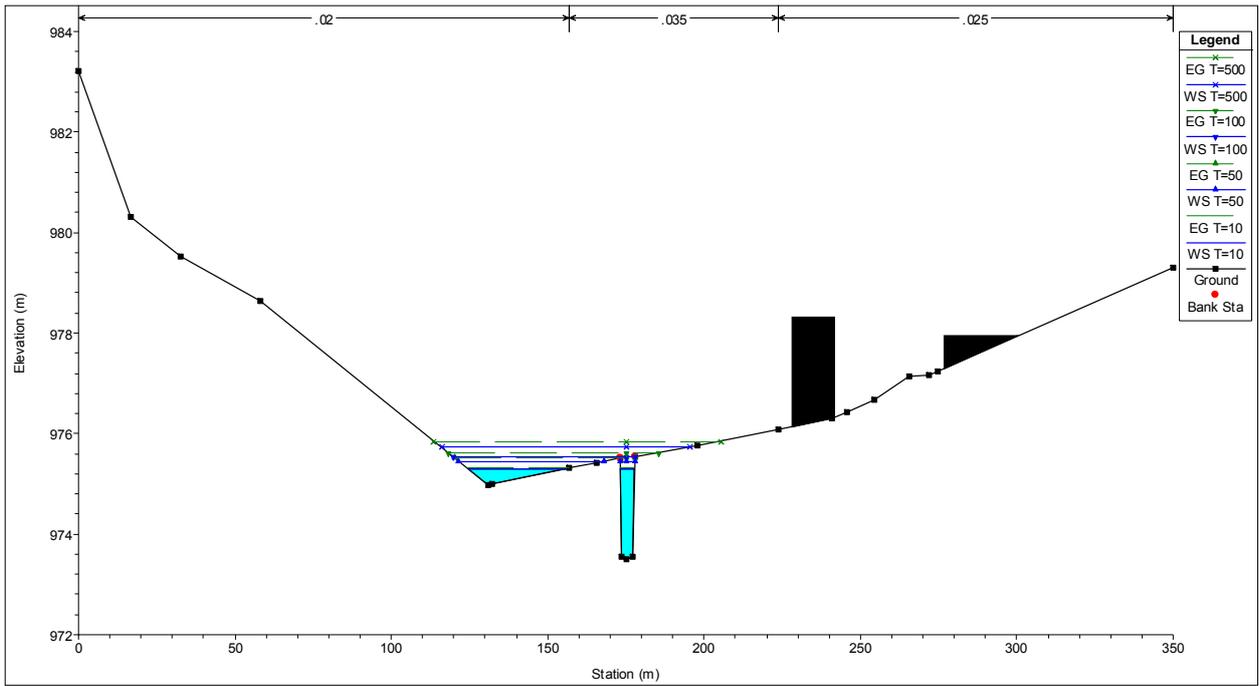
XS.8171 En el entorno de Villafriel



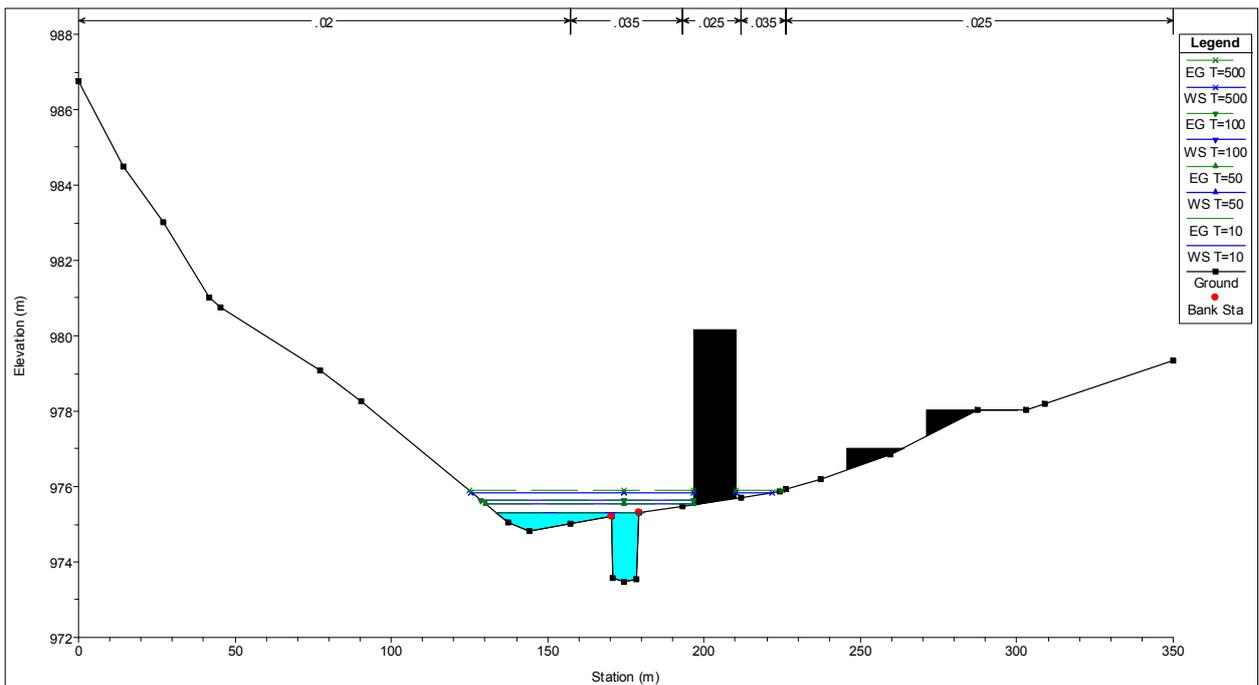
XS.8186 En el entorno de Villafruel



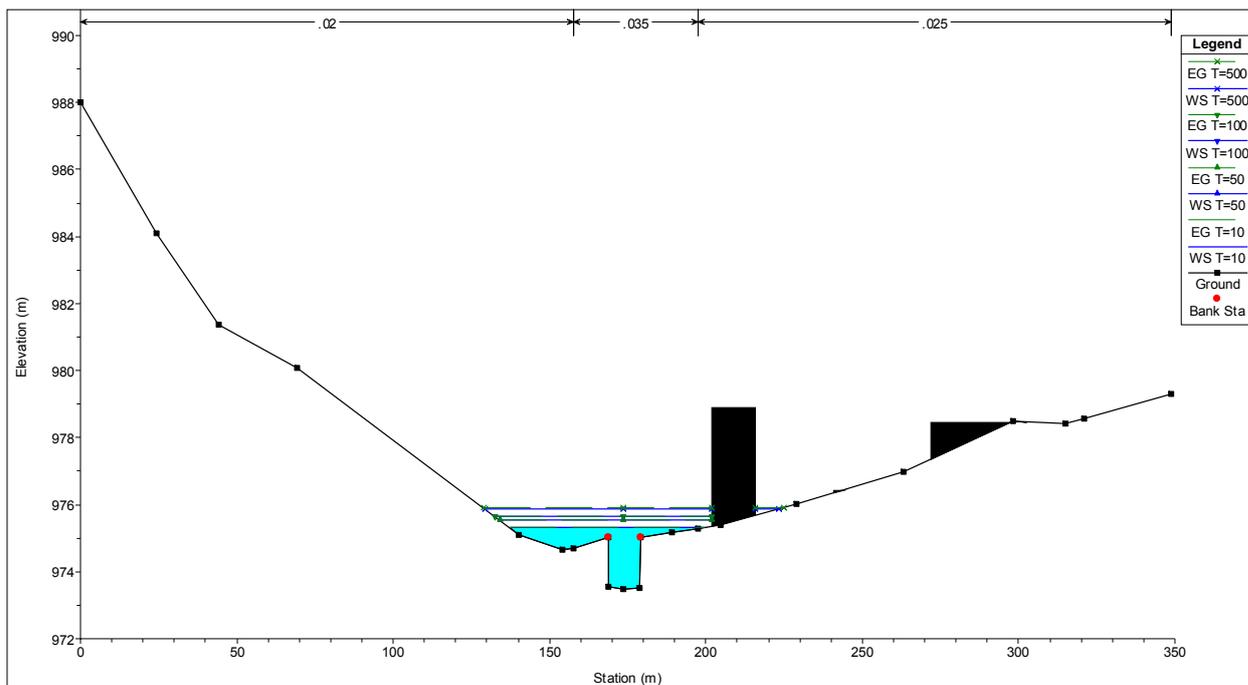
XS.8201 En el entorno de Villafruel



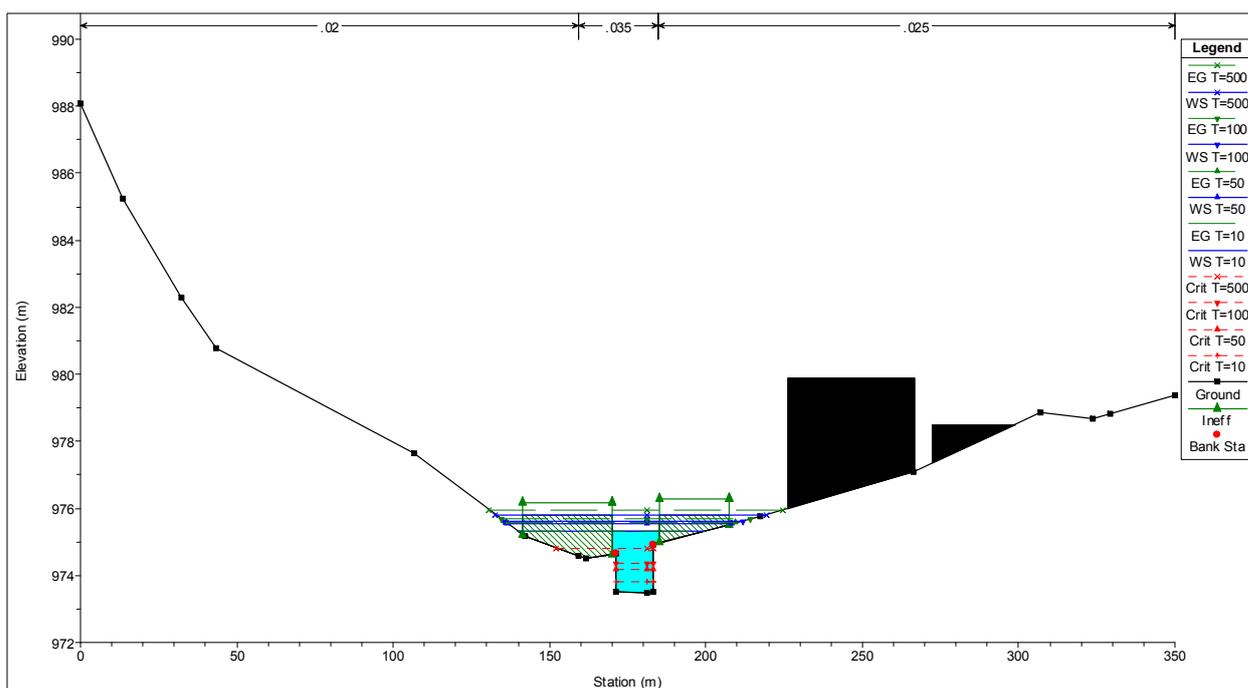
XS.8216 En el entorno de Villafruel



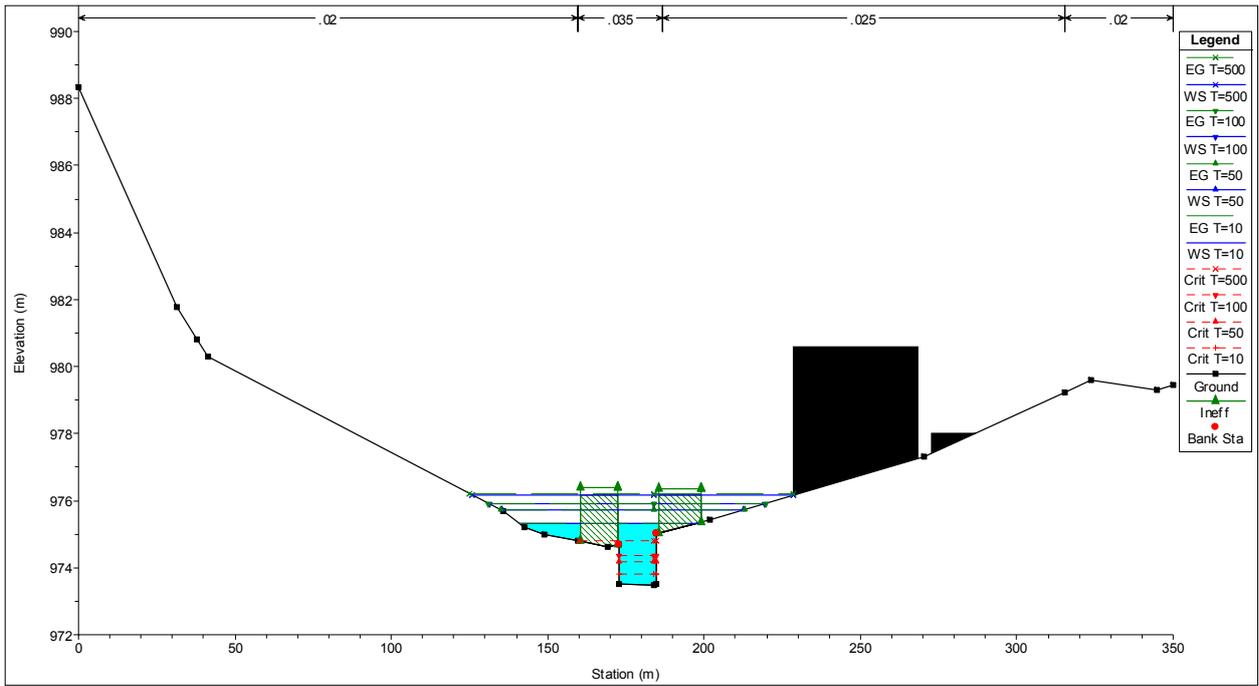
XS.8231 En el entorno de Villafruel



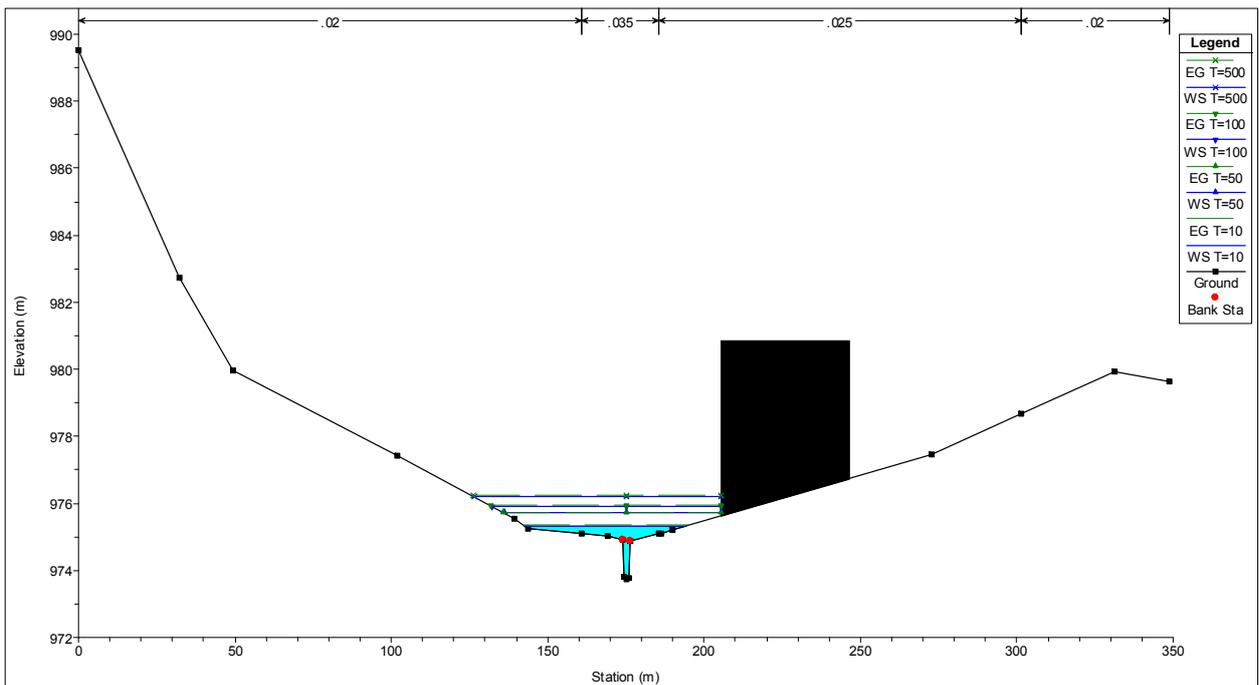
XS.8246 En el entorno de Villafruel



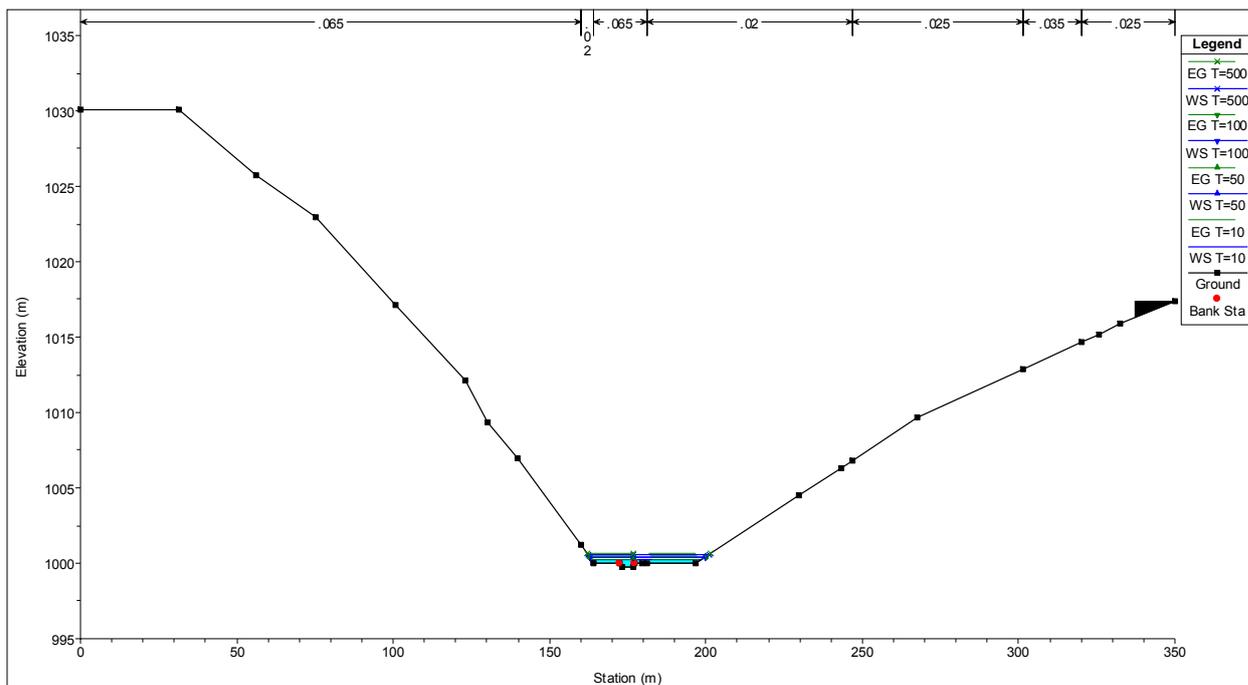
XS.8261 En el entorno de Villafruel



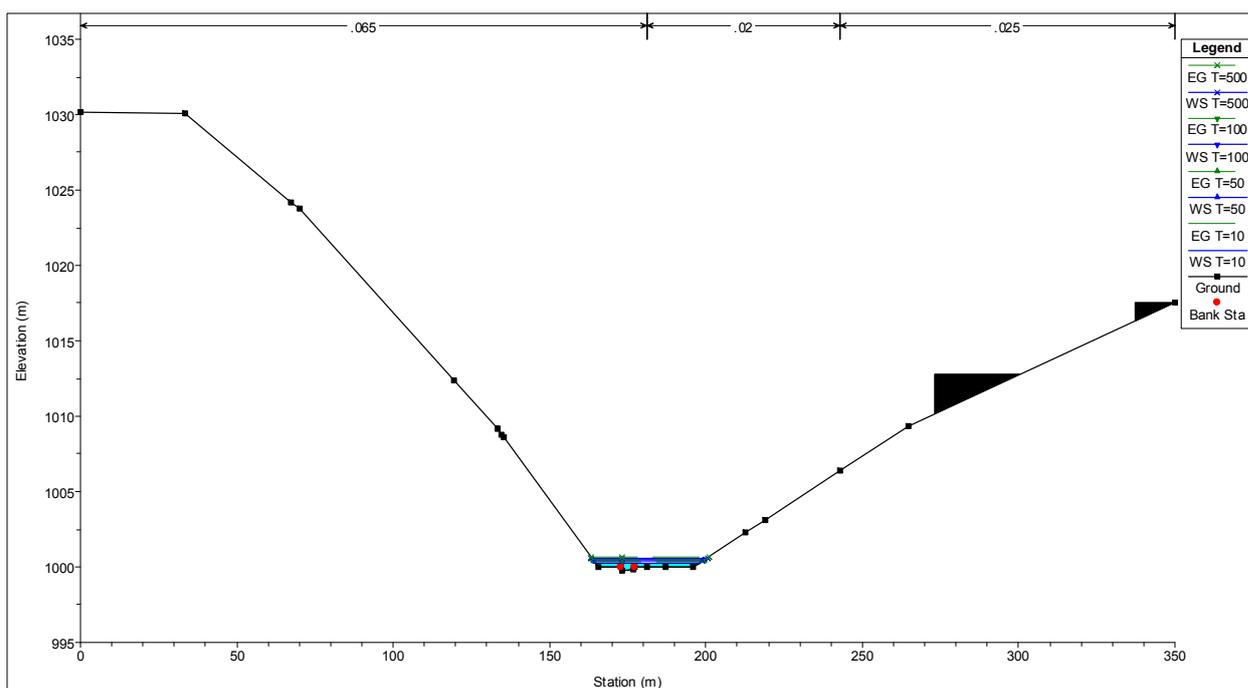
XS.8276 En el entorno de Villafrauel



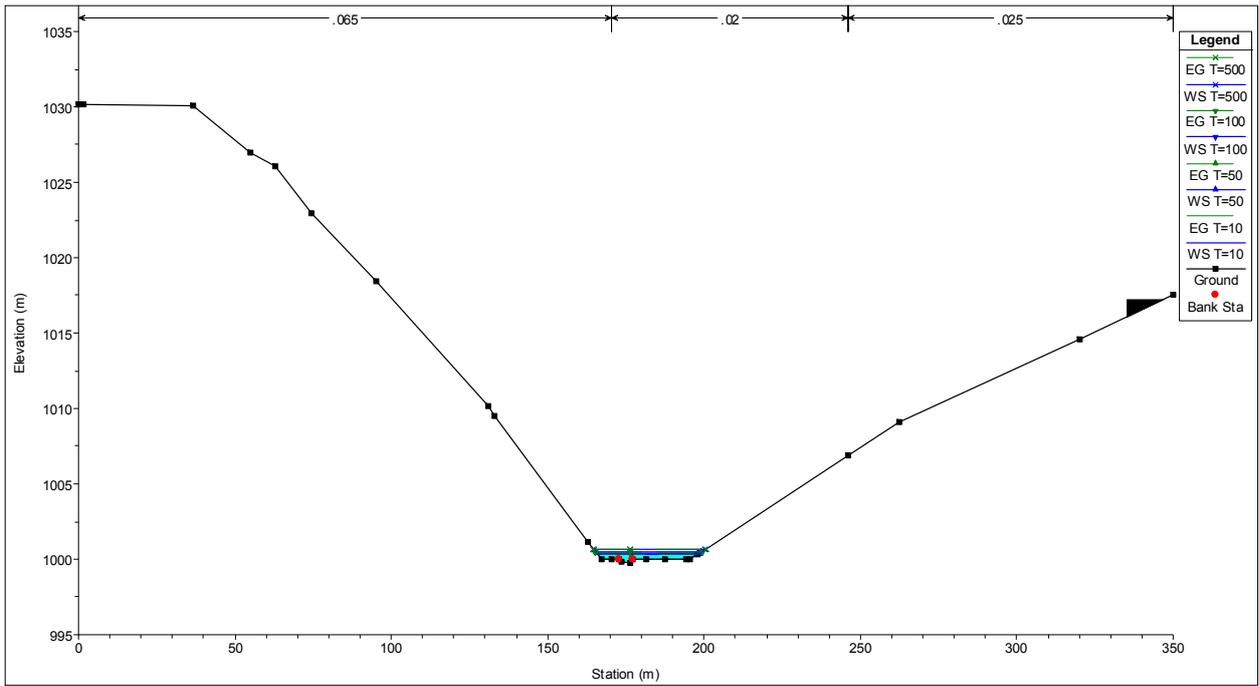
XS.8291 En el entorno de Villafrauel



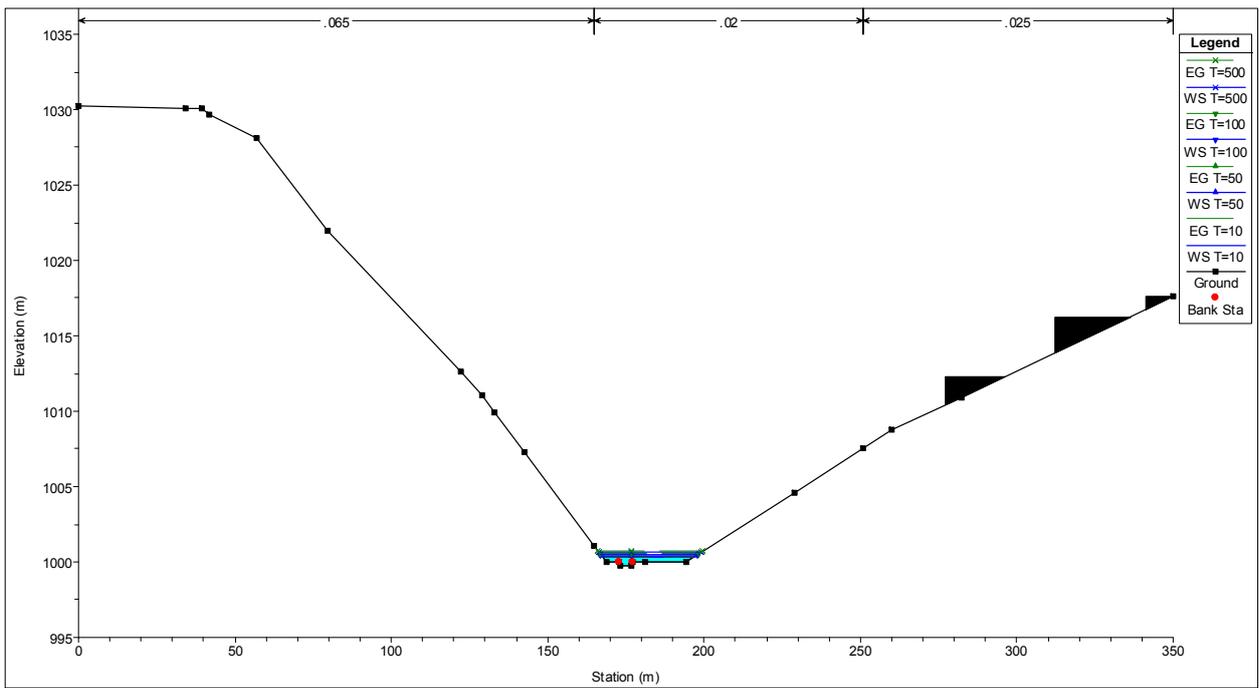
XS.796 En el entorno de Carbonera.



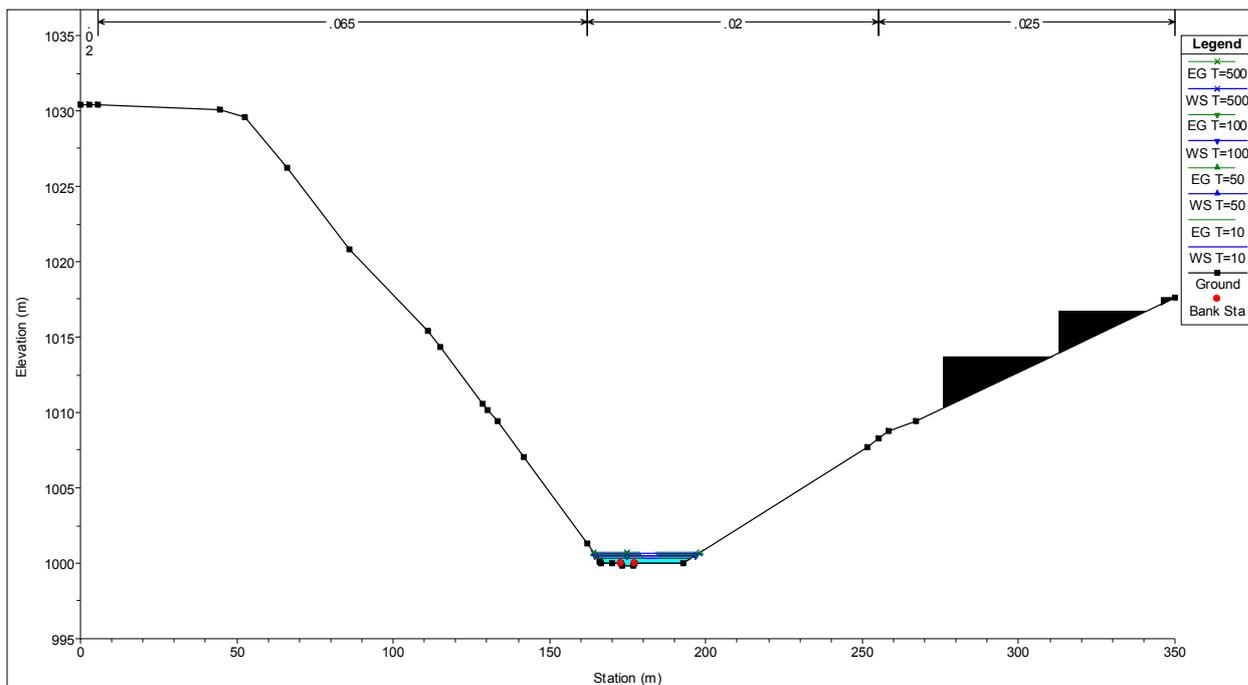
XS.811 En el entorno de Carbonera.



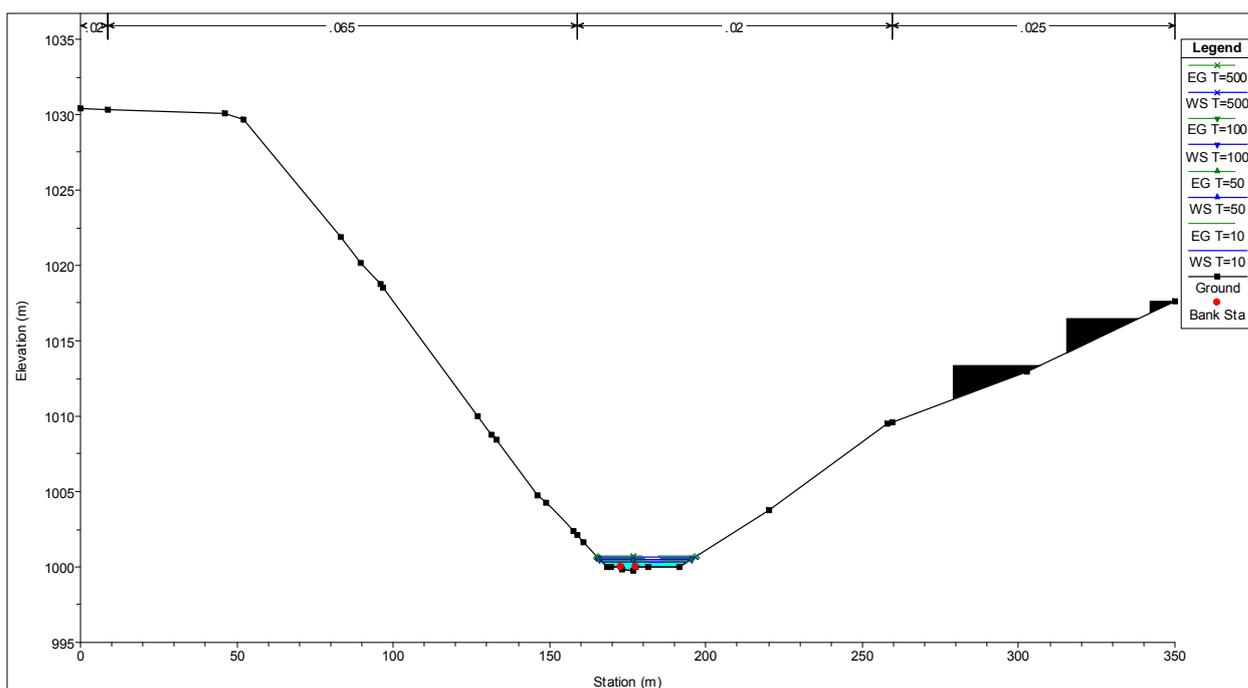
XS.826 En el entorno de Carbonera.



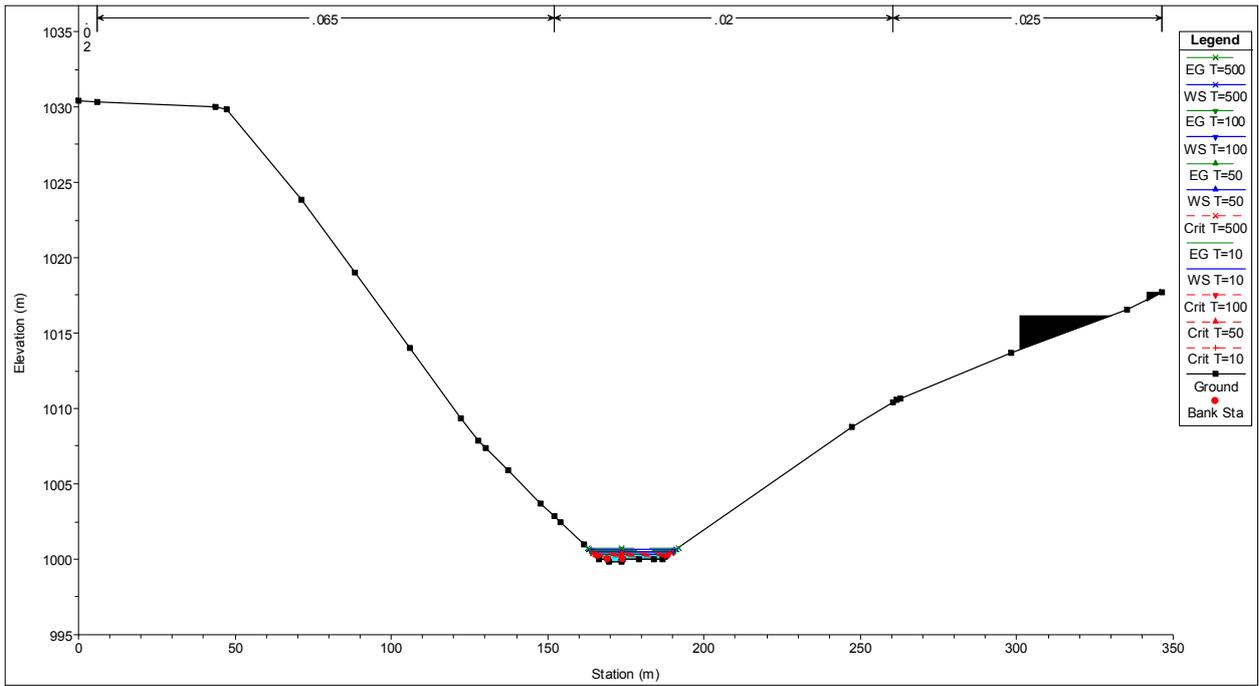
XS.842 En el entorno de Carbonera.



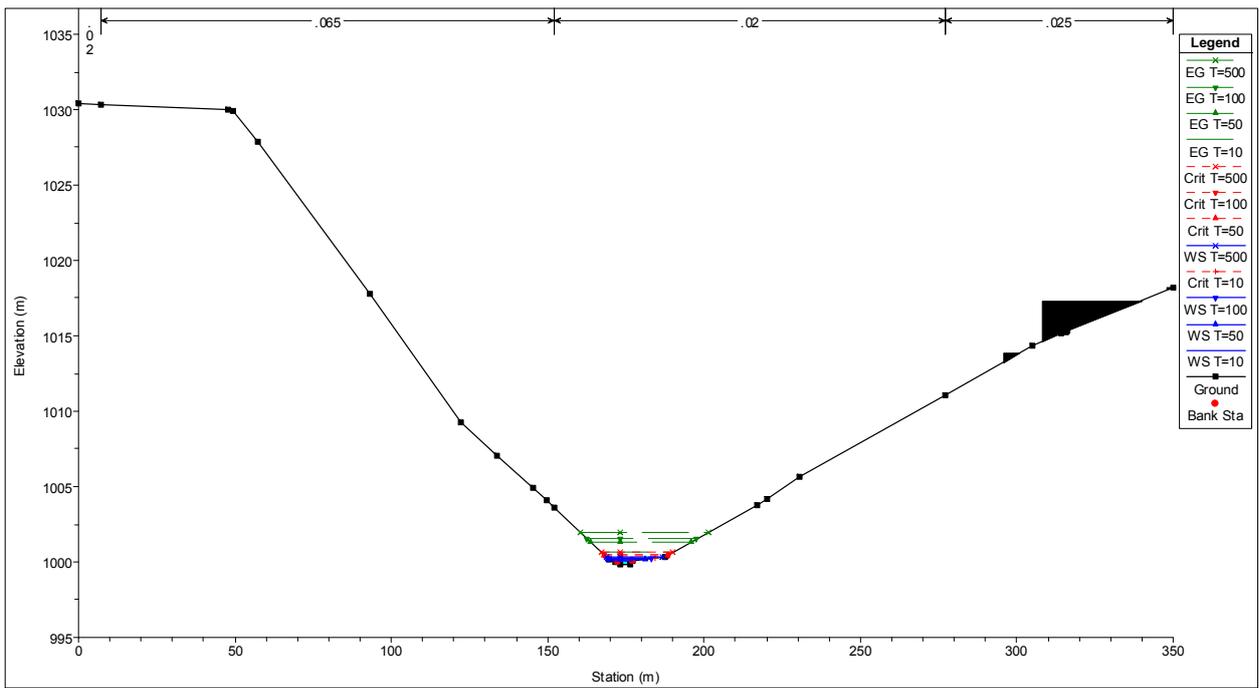
XS.856 En el entorno de Carbonera.



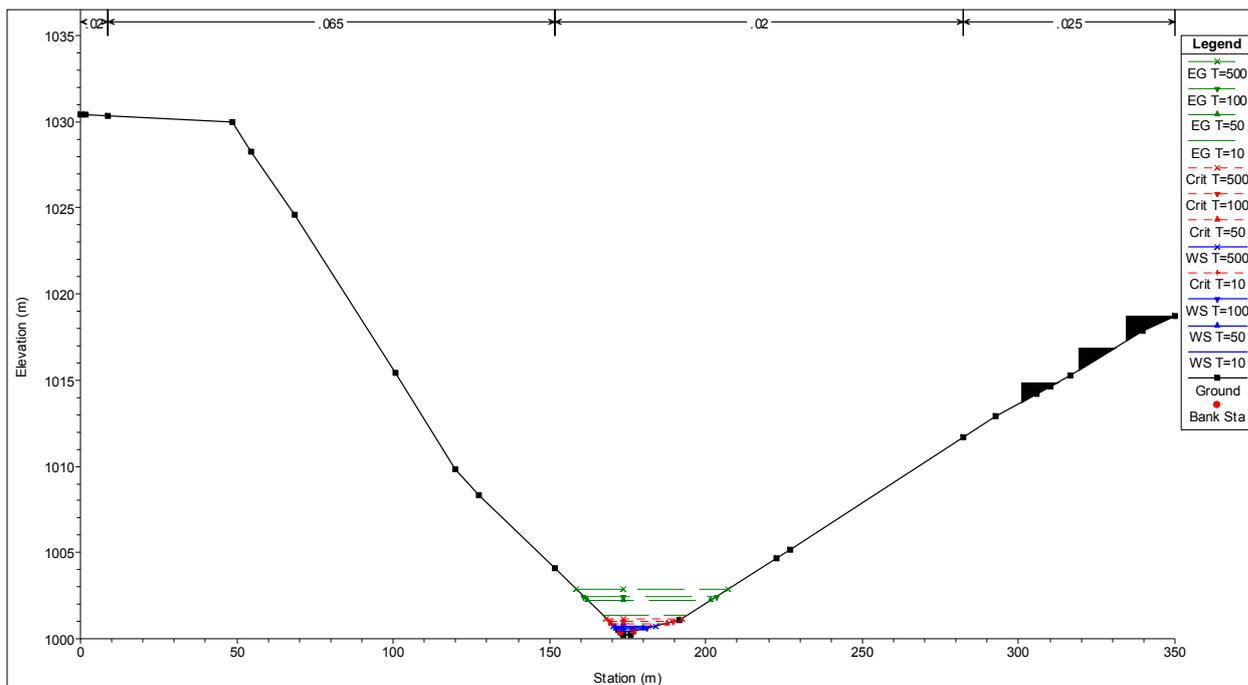
XS871 En el entorno de Carbonera



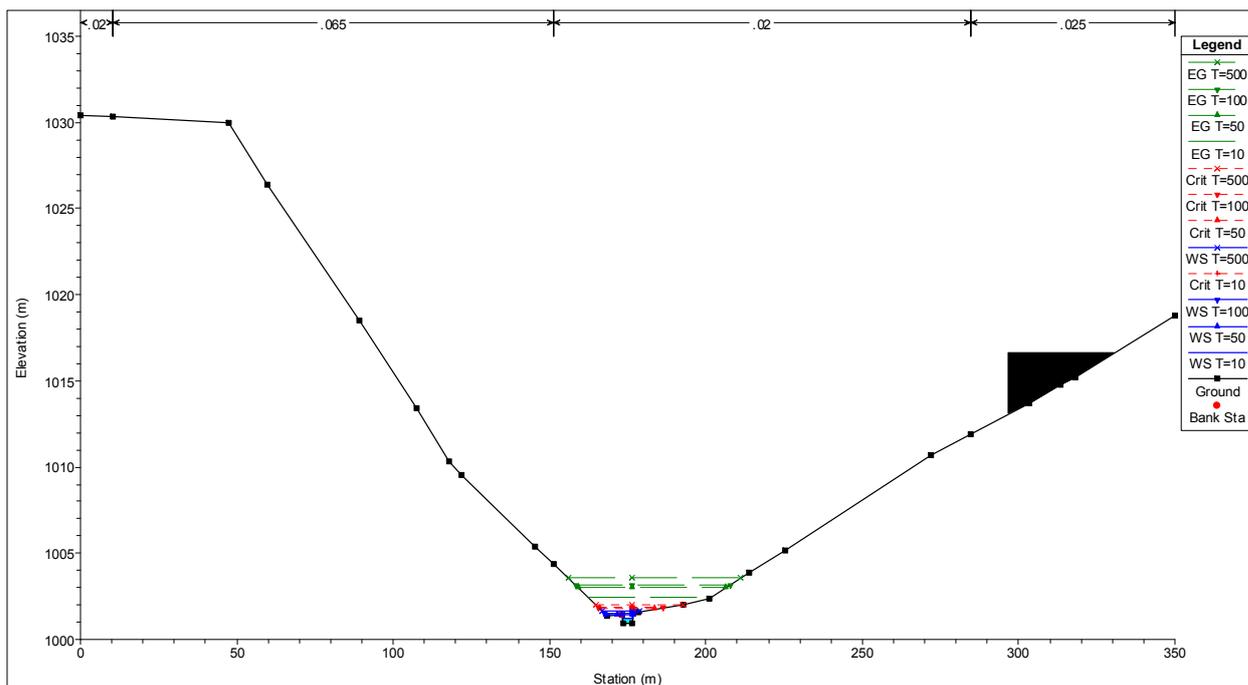
.XS.886 En el entorno de Carbonera.



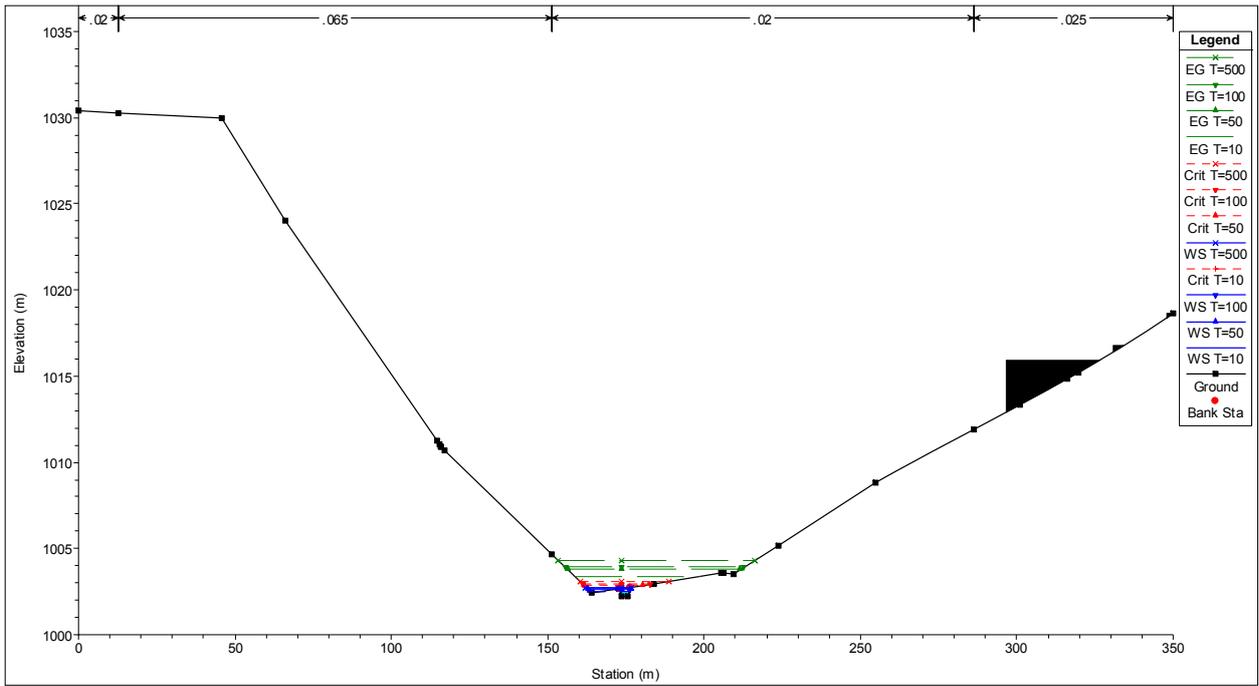
XS.901 En el entorno de Carbonera.



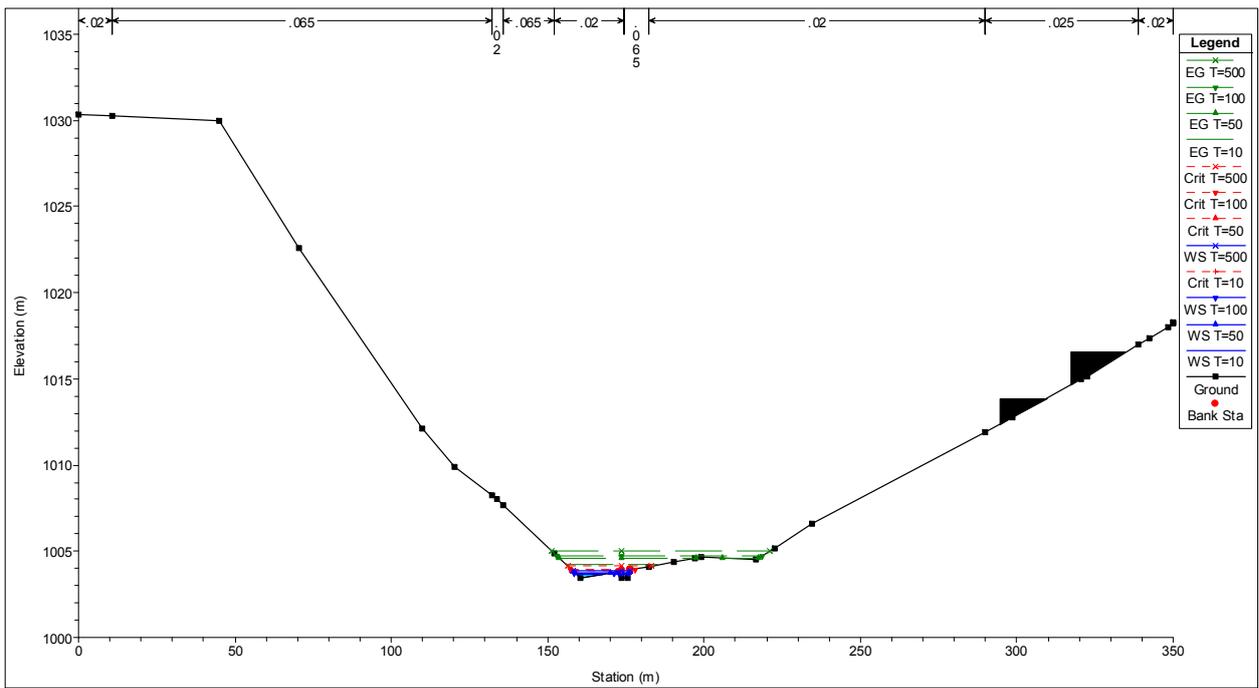
XS.916 En el entorno de Carbonera.



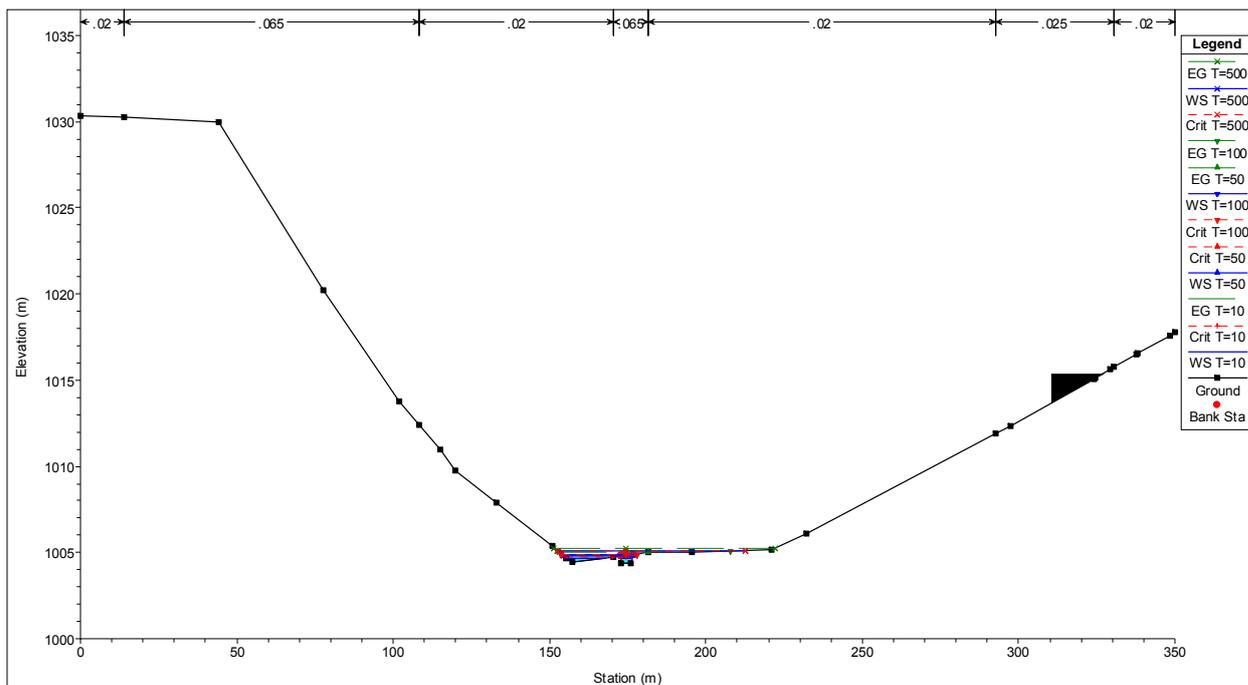
XS.931 En el entorno de Carbonera.



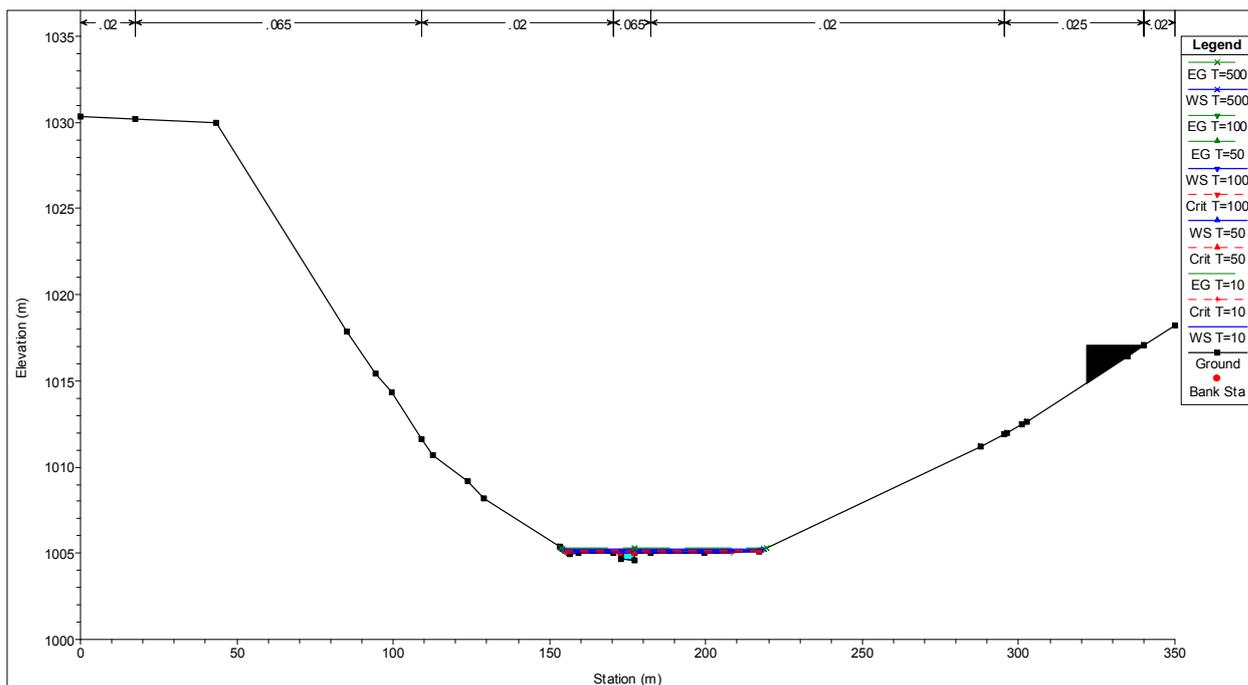
XS.946 En el entorno de Carbonera.



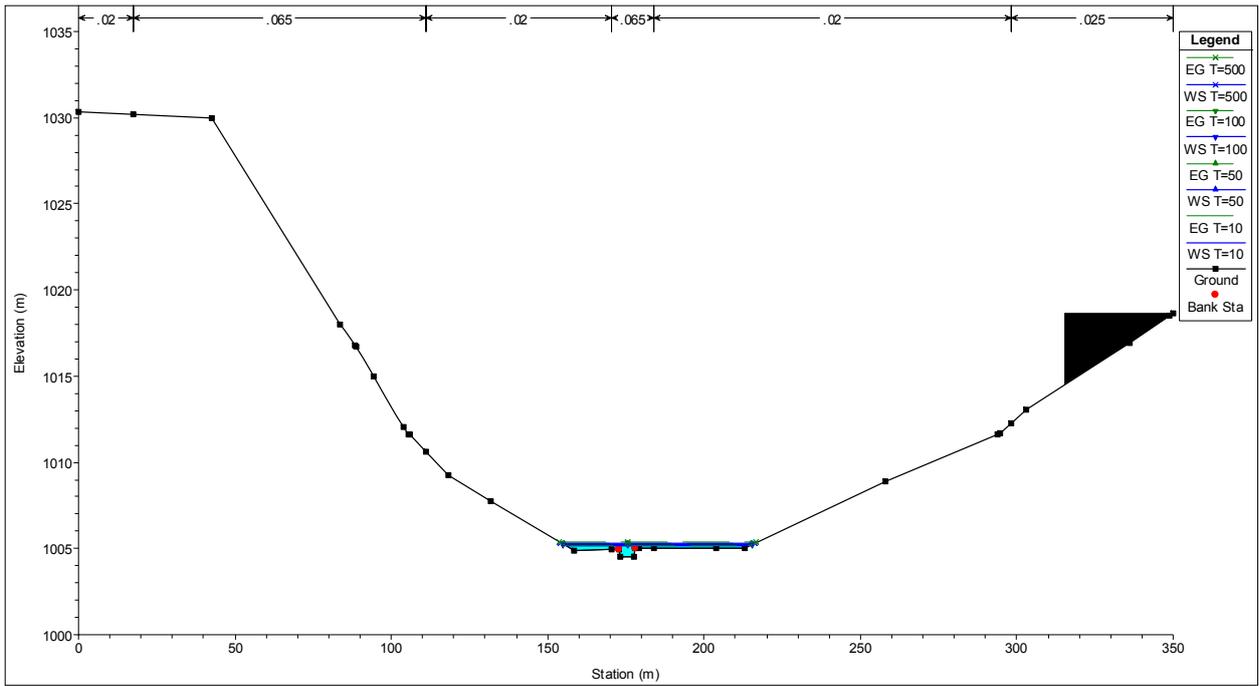
XS.961 En el entorno de Carbonera.



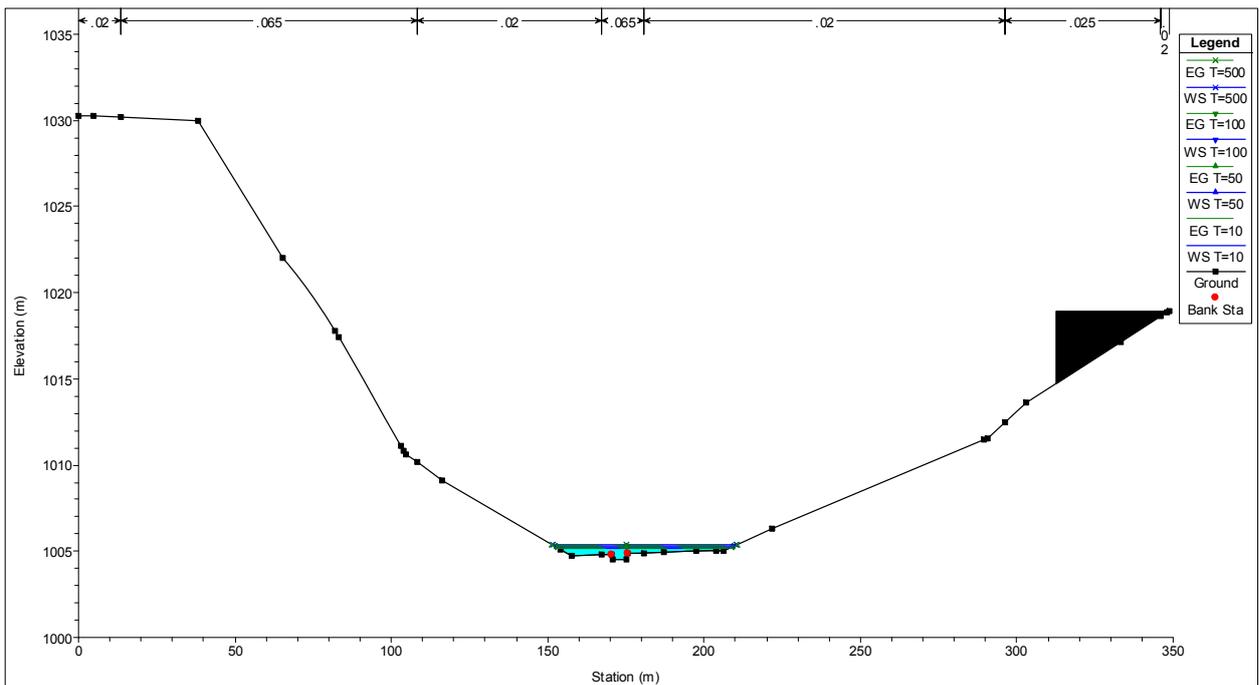
XS.976 En el entorno de Carbonera.



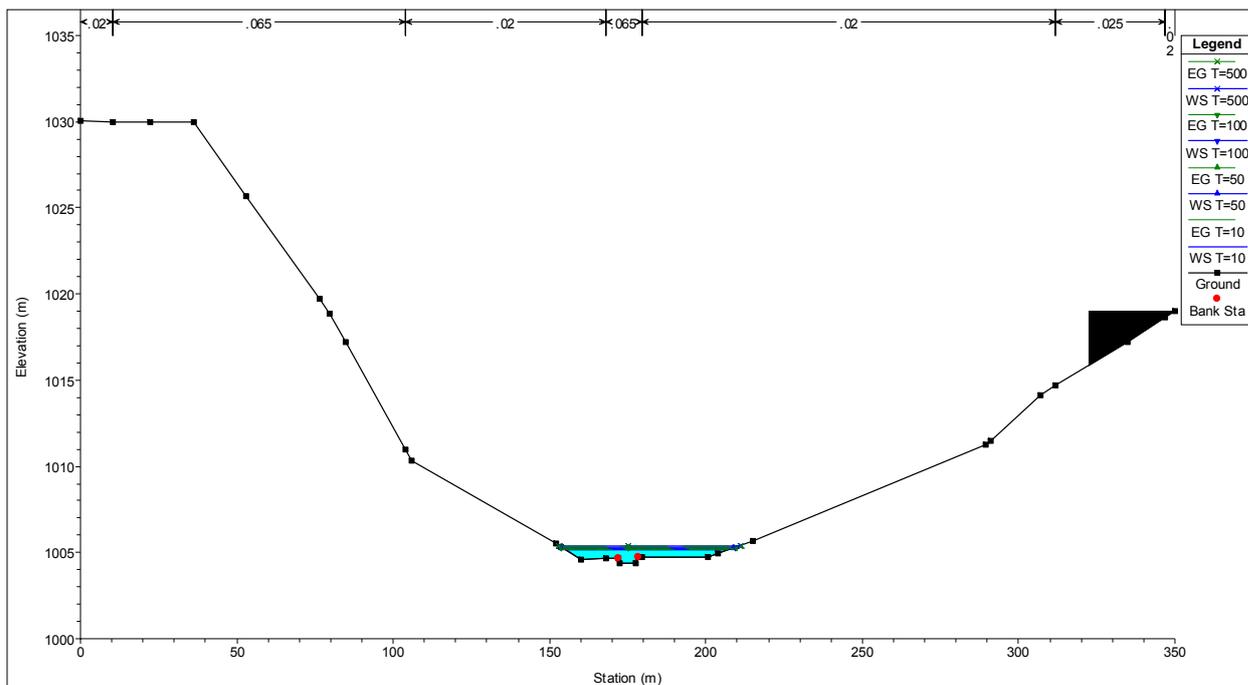
XS.991 En el entorno de Carbonera.



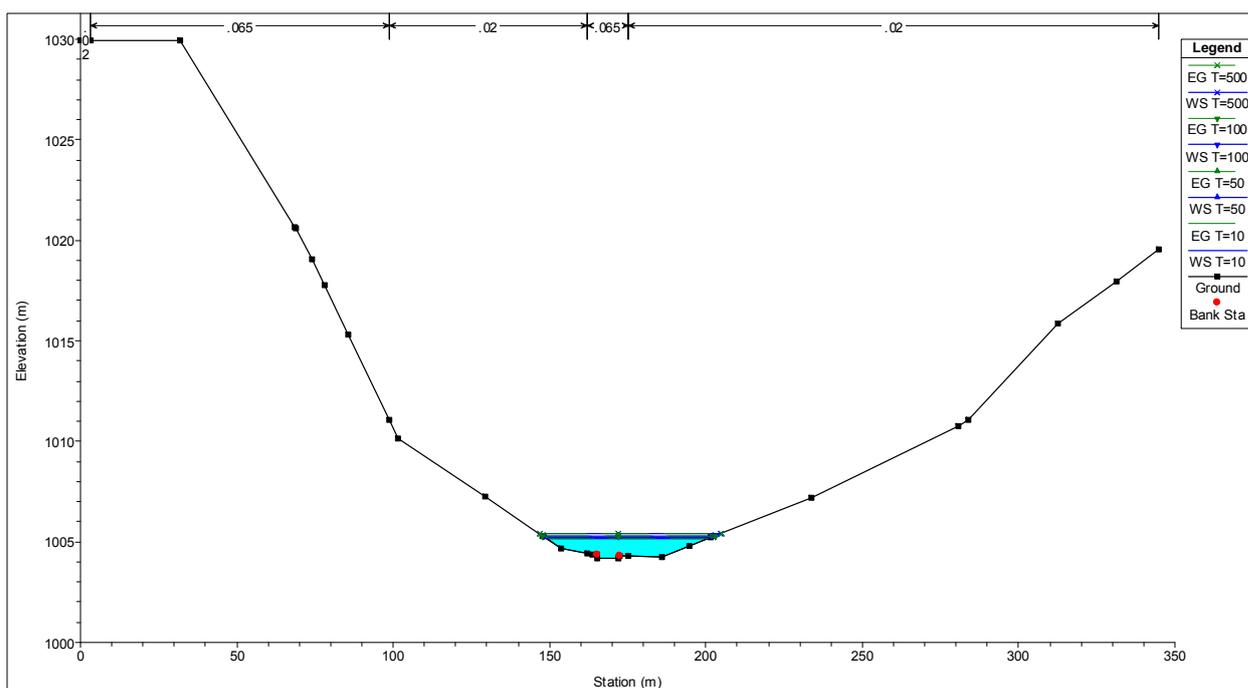
XS.1006 En el entorno de Carbonera.



XS.1021 En el entorno de Carbonera.



XS.1036 En el entorno de Carbonera.



XS.1051 En el entorno de Carbonera.

F. DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA



FOTOGRAFÍA 1. Actuaciones de restauración en el Arroyo Valdeperal a su paso por Villafruel.



FOTOGRAFÍA 2. Actuaciones de restauración en el Arroyo Valdeperal a su paso por Villafruel aguas arriba de OD-6.



FOTOGRAFÍA 3. OD-1 aguas abajo en el entorno de Relea de la Loma. Arroyo Val de Martín.



FOTOGRAFÍA 4. Imagen de la OD-2 aguas arriba en el entorno de Relea de la Loma, en el arroyo Val de Martín



FOTOGRAFÍA 5. Imagen de OD-3 en el entorno de Relea de la Loma, aguas abajo del arroyo Val de Martín.



FOTOGRAFÍA 6. Obra de fábrica OD-4, en el entorno de Villalafuente. Aguas arriba



FOTOGRAFÍA 7. Obra de fábrica OD-5 en el entorno de Villorquite. Aguas abajo.



FOTOGRAFÍA 8. Obra de fábrica OD-6, en el entorno de Villafruel. Aguas abajo.



FOTOGRAFÍA 9. Parcela rústica en el entorno de Villafruel alcanzada por las líneas de inundación de 500 años.

EQUIPO REDACTOR

Este **Estudio Hidrológico Hidráulico**, forma parte del Documento para Aprobación Definitiva de las Normas Urbanísticas Municipales de Saldaña (PALENCIA), que ha sido redactado por el equipo técnico de la UTE PLANZ Planeamiento Urbanístico S.L.P.-GAMA Grupo de Alternativas Medioambientales y Territoriales S.L, por encargo del Excmo. Ayuntamiento de Saldaña

Han participado en la redacción del documento:

DIRECCIÓN TÉCNICA

Gregorio Vázquez Justel, Arquitecto-Urbanista.
PLANZ Planeamiento Urbanístico S.L.P.

ORDENACIÓN URBANÍSTICA Y REDACCIÓN DE DOCUMENTOS

Andrea Roderer Culhane. Arquitecto. Coordinación general.
Carlos Santamarina Macho. Arquitecto.
PLANZ Planeamiento Urbanístico S.L.P
Miguel Ángel Ceballos Ayuso, Geógrafo. Coordinación administrativa.
GAMA Grupo de Alternativas Medioambientales y Territoriales S.L.:

ESTUDIO HIDROLÓGICO HIDRÁULICO

Miguel Ángel Ceballos Ayuso, Geógrafo.
Verónica García García. Ingeniera Técnica Forestal. Estudios hidrológico-hidráulicos.
GAMA Grupo de Alternativas Medioambientales y Territoriales S.L.

ESTUDIO Y CATÁLOGO ARQUEOLÓGICO

STRATO Gabinete de Estudios Históricos y Arqueológicos S.L.

Gregorio Vázquez Justel
Director Técnico del Equipo Redactor

Valladolid, Julio de 2016.