



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA
CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA).
ALTERNATIVA SUR. ESTUDIO HIDRÁULICO Y DE AFECCIÓN A CAUCES.

Trabajo final de grado

Curso: 2015/16

Autor: María Arenas Huerta

Tutor: Ignacio Andrés Doménech

Cotutor: Eduardo Albentosa Hernández

Titulación: Grado en Ingeniería Civil

Valencia, junio de 2016



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



DOCUMENTO N°1

MEMORIA GENERAL TFG MULTIDISCIPLINAR

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA).



ALUMNOS QUE FORMAN PARTE DEL TRABAJO FINAL DE GRADO MULTIDISCIPLINAR BAJO EL TÍTULO GENÉRICO:
“ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA).”

Alumno	Título
Almenar Guiot, Olga	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Análisis de la situación actual y propuesta de mejoras
Anglés Sancho, Raúl	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Norte. Diseño de los nudos
Araque Andreu, Antonio	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el Medio Físico
Arenas Huerta, María	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur. Estudio hidráulico y de afección a cauces.
Arteaga Ibáñez, Ignacio	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Centro. Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Remedio y CV-346.
Cardona Guerrero, Eduardo	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Norte. Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Montú.
Catalán Pérez, Jorge	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur. Estudio de alternativas y diseño estructural del primer puente sobre el río Chelva.
Cervera Martínez, Guillem	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Norte. Diseño geométrico y del firme
Cola Romero, José Luis	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el Medio Biótico
España Monedero, Fernando	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur. Estudio de alternativas y diseño estructural del segundo puente sobre el río Chelva.
Fernández Benítez, Sandra	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Centro. Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Montú.
García Císcar, Isabel	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Centro. Diseño geométrico y del firme
López de la Torre, Rocío	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Norte. Estudio hidrológico y de drenaje
Martínez Gandía, Martín	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Norte. Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Remedio y CV-346.
Martínez Ribes, Sergi	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur. Diseño geométrico y del firme
Martín-Loeches Romero, Alejandro	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Centro. Análisis del tráfico y de la seguridad vial
Mascarell Gómez, Alba	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Centro. Estudio hidrológico y de drenaje
Olivas Valera, Sergio	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativas Norte y Centro. Estudio hidráulico y de afección a cauces.
Ortega Díaz, Carlos	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Centro. Estudio de soluciones y diseño estructural del puente en el Rincón del Calvo.
Ortuño Ortuño, Antonio	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Norte. Estudio de soluciones y diseño estructural de las subestructuras
Pastor Martín, Guillermo	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur. Diseño de los nudos
Sánchez Reimers, Jaime	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur. Estudio hidrológico y de drenaje
Sevilla Fernández, Marcos	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur. Estudio de alternativas y diseño estructural del puente sobre el barranco del Convento.
Valero Cercós, Véronique	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Estudio Geológico y comprobaciones Geotécnicas

La autoría del apartado inicial recae en la totalidad de los alumnos incluidos en la presente tabla, definiéndose posteriormente en el resto de documentos la autoría de cada uno de ellos.
El resto de documentos corresponden a una de las alternativas.



MEMORIA GENERAL

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	2
2. OBJETO.....	2
3. SITUACIÓN ACTUAL.....	3
4. EQUIPOS.....	4
5. MÉTODO DE TRABAJO	5
6. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	5
7. VALORACIÓN ECONÓMICA.....	6



1. ANTECEDENTES

La población de Chelva es un municipio de la Comunidad Valenciana, España. Situado en el interior de la provincia de Valencia, en la comarca de Los Serranos, también conocida como "Alto Turia". Se encuentra a una distancia de 68 km de Valencia, al noroeste de la provincia, y a una altitud de 471 metros sobre el nivel del mar. Con una extensión de 191 km², su población censada en el año 2015 es de 1463 habitantes. Da su nombre a la Hoja 666 del Mapa Topográfico Nacional.

La carretera objeto de estudio, atraviesa Chelva de este a oeste. Se caracteriza por un volumen de tráfico medio, con relativamente elevado porcentaje de pesados. Al tratarse de la vía principal de conexión entre la comarca de los Serranos y Valencia es inevitable el paso de vehículos pesados. Sin embargo, este volumen de tráfico, que discurre por el núcleo urbano de Chelva, genera una serie de inconvenientes que se detallan a continuación:

- Funcionalidad deficiente de la infraestructura.
- Problemas de seguridad vial.
- Dificultades en materia de accesibilidad.
- Elevada contaminación acústica.
- Contaminación atmosférica.

Como consecuencia de esta problemática surge la necesidad de estudiar la construcción de una variante a dicha carretera, de forma que se evite el paso de gran número de vehículos pesados por la travesía del municipio, reduciendo los problemas descritos anteriormente.

2. OBJETO

El presente trabajo se redacta en calidad de Trabajo Fin de Grado (TFG) por los alumnos especificados en el apartado 4 de esta memoria, pertenecientes a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP) de la Universitat Politècnica de València (UPV).

La realización de este trabajo tiene como finalidad la obtención del título de GRUADO EN INGENIERIA CIVIL o GRUADO EN OBRAS PÚBLICAS, dependiendo de la titulación cursada por cada alumno.

El trabajo final de grado denominado ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA) se ha redactado de manera conjunta entre veinticuatro alumnos de diferente especialidad.

A partir de la problemática actual en la carretera CV- 35, comentada en el apartado 1, se ha realizado el estudio de tres variantes de construcción de la carretera en el tramo de travesía del municipio de Chelva.

3. SITUACIÓN ACTUAL

En el momento de concebir una obra civil debe abordarse el problema a resolver desde todos los puntos de vista posibles según las distintas disciplinas involucradas en este proyecto y que forman parte de los estudios de Grado en Ingeniería Civil y Grado en Ingeniería de Obras Públicas.

Por este motivo, se han formado grupos de trabajo compuestos por compañeros encargados de los diferentes enfoques de la problemática, y se han repartido en diferentes alternativas para acometer el estudio de tres variantes con el mismo objetivo: eliminar el tramo de travesía de la carretera CV-35 a su paso por Chelva, la cual presenta además un importante volumen de tráfico pesado, que causa una especial problemática en el tramo urbano.

Las alternativas preconcebidas para este estudio básico son las tres siguientes:

- Alternativa Sur 1: circunvalación por el sur del núcleo urbano de Chelva, al norte del cauce del río.
- Alternativa Sur 2: circunvalación por el sur del cauce del río y paralela al mismo en gran parte de su recorrido.
- Alternativa Norte: circunvalación por el norte del núcleo urbano de Chelva.

A continuación se muestra a un esquema previo de las alternativas.



Fig. 1. Trazado inicial de las alternativas planteadas. Elaboración propia.

La orografía de la zona presenta numerosos accidentes geográficos, debiendo plantear diferentes estructuras de paso, con una necesidad latente de estudios geotécnicos, hidrológicos y de impacto ambiental.

Además, el término municipal de Chelva presenta numerosos yacimientos arqueológicos, bienes de relevancia local, de interés cultural y otros hitos a proteger, condicionando altamente las opciones de trazado.

En el Plan General del municipio se realizó una reserva de suelo al norte del casco urbano de Chelva para prever la ejecución de una variante previamente planteada para la CV-35.

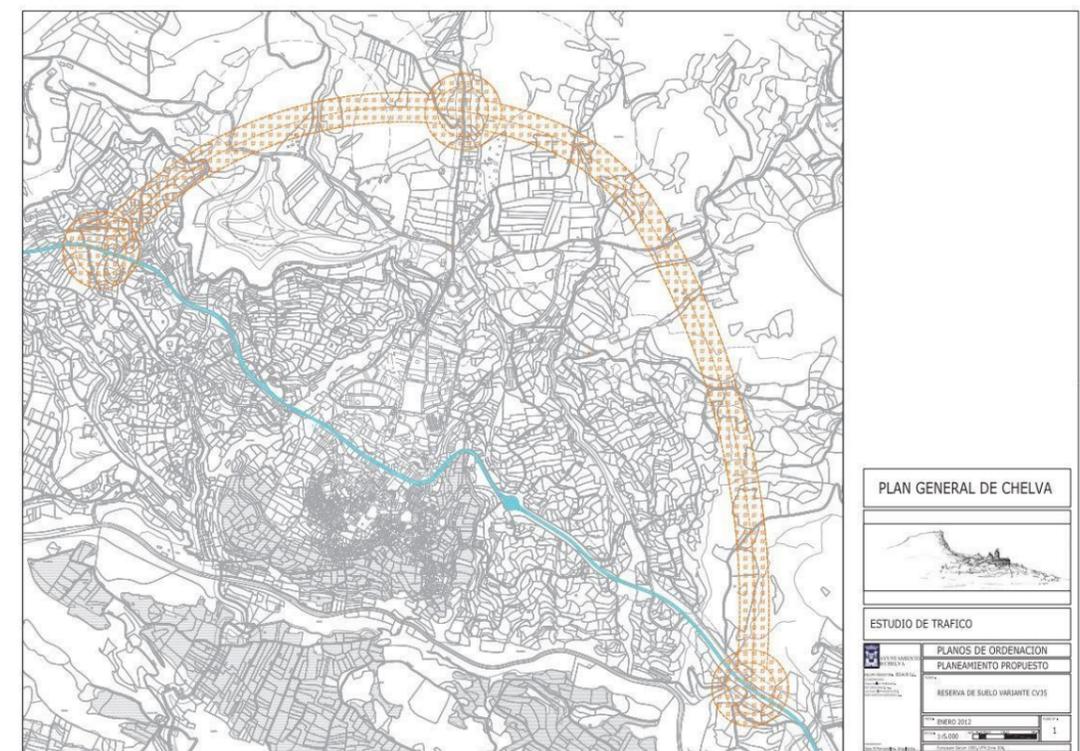


Fig. 2. Trazado inicial de las alternativas planteadas. Elaboración propia.

Para acometer este estudio básico no se ha tenido en cuenta el contenido de este plano de ordenamiento, realizando el trazado desde la fase inicial de concepción.

Tras analizar toda la información y legislación vigente, se llegó a la conclusión de que la Alternativa Sur 1 no era viable. El Decreto 168/2012, de 2 de noviembre, del Consell, por el que se declara bien de interés cultural, con la categoría de conjunto histórico, la Villa de Chelva y sus huertas, en Chelva obligó a modificar las alternativas.

Finalmente, después de la visita de campo y, teniendo en cuenta la legislación vigente, la alternativa Sur 1 fue descartada, apareciendo la alternativa Centro en su lugar.

Los trazados definitivos se muestran en la figura 3.



Fig. 1. Trazado inicial de las alternativas planteadas. Elaboración propia.

4. EQUIPOS

Para la realización de este trabajo multidisciplinar, se ha dividido a los veinticuatro alumnos en cuatro grupos distintos. Los tres primeros grupos se centran en una alternativa concreta: *Norte*, *Centro* o *Sur*. De esta manera, los estudiantes pertenecientes a estos grupos se encargan de estudiar el diseño de la variante, las estructuras necesarias para llevarla a cabo y los aspectos hidrológicos e hidráulicos.

El último grupo de trabajo, llamado *Estudios Generales*, está compuesto por los alumnos que desarrollan estudios que afectan a todas las alternativas.

La organización, por alternativas, de cada grupo de trabajo es la siguiente:

Alternativa Norte	
Alumno	Estudio
Martínez Gandía, Martín	Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Remedio y CV-346.
Ortuño Ortuño, Antonio	Estudio de soluciones y diseño estructural de las subestructuras
Cardona Guerrero, Eduardo	Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Montú.
Cervera Martínez, Guillem	Diseño geométrico y del firme
Anglés Sancho, Raül	Diseño de los nudos
López de la Torre, Rocío	Estudio hidrológico y de drenaje
Olivas Valera, Sergio	Estudio hidráulico y de afección a cauces.

Alternativa Centro	
Alumno	Estudio
Arteaga Ibáñez, Ignacio	Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Remedio y CV-346.
Fernández Benítez, Sandra	Estudio de soluciones y diseño estructural del puente sobre el barranco del Montú.
Ortega Díaz, Carlos	Estudio de soluciones y diseño estructural del puente en el Rincón del Calvo.
García Císcar, Isabel	Diseño geométrico y del firme
Martín-Loeches Romero, Alejandro	Análisis del tráfico y de la seguridad vial
Mascarell Gómez, Alba	Estudio hidrológico y de drenaje
Olivas Valera, Sergio	Estudio hidráulico y de afección a cauces.

Alternativa Sur	
Alumno	Estudio
España Monedero, Fernando	Estudio de alternativas y diseño estructural del segundo puente sobre el río Chelva.
Catalán Pérez, Jorge	Estudio de alternativas y diseño estructural del primer puente sobre el río Chelva.
Sevilla Fernández, Marcos	Estudio de alternativas y diseño estructural del puente sobre el barranco del Convento.
Martínez Ribes, Sergi	Diseño geométrico y del firme
Pastor Martín, Guillermo	Diseño de los nudos
Sánchez Reimers, Jaime	Estudio hidrológico y de drenaje
Arenas Huerta, María	Estudio hidráulico y de afección a cauces.

Estudios generales	
Alumno	Estudio
Almenar Guiot, Olga	Análisis de la situación actual y propuesta de mejoras
Araque Andreu, Antonio	Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el Medio Físico
Cola Romero, José Luis	Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el Medio Biótico
Valero Cercós, Véronique	Estudio Geológico y comprobaciones Geotécnicas



5. MÉTODO DE TRABAJO

La metodología empleada para desarrollar este Trabajo Fin de Grado puede dividirse en diferentes fases, todas ellas basadas en la interrelación entre los alumnos, tanto los pertenecientes a un grupo de alternativa como con los componentes del grupo de estudios generales.

La primera de ellas, basada en la adquisición de conocimientos, se lleva a cabo mediante la realización de seminarios temáticos, a partir de septiembre de 2015, para conocer métodos y aprender a utilizar las herramientas de trabajo específicas para poder aplicar los conocimientos adquiridos en el grado a la resolución de un problema real. Estos seminarios incluyen desde la obtención de datos hasta el manejo de software (AutoCAD Civil 3D, HEC-RAS, SAP, Bridge...). Además, están dirigidos tanto a los alumnos de la especialidad impartida como a los de todas las demás.

La segunda de las fases consiste en la obtención de datos base, como la toma de datos geológicos, aforos, etc. Para esto, se realizó una visita de campo en enero de 2016 para conocer el terreno por el que discurren las distintas alternativas, y el estado actual de la CV-35. Se realizó además un aforo de tráfico y un reportaje fotográfico.

La tercera de las fases se basa en talleres semanales de trabajo en grupo, a partir de febrero de 2016, para facilitar los intercambios de información entre alumnos, abordar conjuntamente los problemas y buscar la solución óptima. En estos talleres se tiene la oportunidad de comentar el avance de los estudios individuales tanto entre alumnos, como entre alumnos y tutores.

Este método consigue la interacción todos los participantes a la hora de proponer mejoras sobre el diseño de cada una de las alternativas y solucionar los problemas que van surgiendo a lo largo de la redacción de los estudios.

6. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Entre las alternativas propuestas, la que produce un menor impacto global sobre el medio es la Alternativa Centro. Durante la fase de construcción es la que menos efectos negativos genera, mientras que en la fase de explotación genera unos impactos similares a los de la Norte ya que su trazado es bastante similar en una gran parte del mismo, difiriendo en la longitud. Por otra parte, la Alternativa Sur genera un gran impacto, principalmente por tratarse de un área mucho menos antropizada y por la dificultad para integrar paisajísticamente las obras de paso sobre el río Chelva.

Las principales diferencias de la Alternativa Centro respecto a las otras alternativas son:

- Menor longitud de trazado.
- Menor superficie a expropiar.
- Elevado número de caminos rurales que reducirán la necesidad de crear nuevas vías de acceso temporales durante la fase de construcción.
- Obras de paso de menor envergadura respecto a la Sur.
- Presenta una mejor conectividad con la CV-346.
- Mejor integración paisajística que las otras dos alternativas.
- Menor impacto sobre la economía local durante la fase de explotación.



7. VALORACIÓN ECONÓMICA

En el presente apartado se lleva a cabo una valoración del coste económico asociado al conjunto de las unidades de obra previstas a ejecutar en el estudio de soluciones.

La valoración económica se realiza mediante la definición de las unidades de obra correspondientes, que serán en su gran mayoría comunes a las tres alternativas, siendo su resultado el producto del precio unitario de cada una por su medición.

En los siguientes apartados se resumen los resultados generados por las tres alternativas agrupados en un total de 9 capítulos, correspondiendo éstos a la base del presupuesto de la obra lineal.

Capítulo	Alternativa Sur	Alternativa Centro	Alternativa Norte
Capítulo 1: Movimiento de tierras y demoliciones	1.360.156,72 €	224.139,46 €	1.902.735,53 €
Capítulo 2: Firmes y pavimentos	661.824,16 €	662.749,13 €	1.238.084,83 €
Capítulo 3: Obras hidráulicas	251.750,94 €	108.749,4 €	52.294,84 €
Capítulo 4: Estructuras	5.997.459,68 €	1.872.817,02 €	4.107.858,03 €
Capítulo 5: Adecuación ambiental	194.179 €	194.179 €	194.179 €
Capítulo 6: Señalización y balizamiento.	72.000 €	54.000 €	6.082,33 €
Capítulo 7: Drenaje	89.100 €	75.250 €	89,100 €
Capítulo 8: Seguridad y Salud	171.694,94 €	171.694,94 €	171.694,94 €
Capítulo 9: Gestión de residuos.	171.694,94 €	171.694,94 €	171.694,94 €
Total	8.916.942,73 €	5.552.274,91 €	7.598.150,60 €



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



DOCUMENTO Nº2

MEMORIA Y ANEJOS

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA).
ALTERNATIVA SUR



ALUMNOS QUE FORMAN PARTE DE LA ALTERNATIVA SUR

Alumno	Título
Arenas Huerta, María	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur. Estudio hidráulico y de afección a cauces.
Catalán Pérez, Jorge	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur. Estudio de alternativas y diseño estructural del primer puente sobre el río Chelva.
España Monedero, Fernando	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur. Estudio de alternativas y diseño estructural del segundo puente sobre el río Chelva.
Martínez Ribes, Sergi	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur. Diseño geométrico y del firme
Pastor Martín, Guillermo	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur. Diseño de los nudos
Sánchez Reimers, Jaime	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur. Estudio hidrológico y de drenaje
Sevilla Fernández, Marcos	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur. Estudio de alternativas y diseño estructural del puente sobre el barranco del Convento.

ALUMNOS QUE REALIZAN ESTUDIOS GENERALES INCLUIDOS EN EL DOCUMENTO

Alumno	Título
Almenar Guiot, Olga	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Análisis de la situación actual y propuesta de mejoras
Araque Andreu, Antonio	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el Medio Físico
Cola Romero, José Luis	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Estudio de Impacto Ambiental en todos los corredores. Análisis sobre el Medio Biótico
Valero Cercós, Véronique	Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Estudio Geológico y comprobaciones Geotécnicas



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ÍNDICE DE CONTENIDOS

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA).
ALTERNATIVA SUR



Documentos	Alumno
Memoria	Todos
Valoración económica	Todos

Anejo	Alumno
Geología y geotecnia	Valero Cercós, Véronique
Hidrología y drenaje	Sánchez Reimers, Jaime
Situación actual	Almenar Guiot, Olga
Tráfico	Martínez Ribes, Sergi
Adecuación de la travesía	Almenar Guiot, Olga
Diseño geométrico	Martínez Ribes, Sergi
Diseño geométrico de los nudos	Pastor Martín, Guillermo
Seguridad vial	Martínez Ribes, Sergi
Firmes y pavimento	Martínez Ribes, Sergi
Estructuras. Primer puente sobre el río Chelva	Catalán Pérez, Jorge
Estructuras. Segundo puente sobre el río Chelva	España Monedero, Fernando
Estructuras. Puente sobre el barranco del Convento	Sevilla Fernández, Marcos
Hidráulica y afección a cauces	Arenas Huerta, María
Impacto ambiental	Araque Andreu, Antonio Cola Romero, José Luis

Índice de planos	Alumno
1. Localización	Todos
2. Situación actual	Almenar Guiot, Olga
3. Adecuación de la travesía	Almenar Guiot, Olga
4. Diseño geométrico del tronco principal	Martínez Ribes, Sergi
4.1. Planta general	
4.2. Planta y perfil	
4.3. Secciones tipo	
4.4. Secciones transversales	
5. Estructuras	
5.1. Puente Este sobre el río Chelva	Catalán Pérez, Jorge
5.2. Puente Oeste sobre el río Chelva	España Monedero, Fernando
5.3. Puente sobre el barranco del Convento	Sevilla Fernández, Marcos
6. Hidráulica	Arenas Huerta, María
7. Impacto Ambiental	Araque Andreu, Antonio Cola Romero, José Luis



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



MEMORIA

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA).
ALTERNATIVA SUR



MEMORIA ALTERNATIVA SUR

ÍNDICE

1. Antecedentes.....	2
2. Objeto de estudio	2
3. Localización.....	2
4. Situación actual	3
5. Propuestas de mejora en la travesía	3
6. Descripción de la solución adoptada	3
6.1. Geología y geotecnia	3
6.2. Hidrología y drenaje	3
6.3. Estudios de tráfico	5
6.4. Trazado	5
6.5. Nudos	6
6.6. Estudio de Seguridad Vial	7
6.7. Firmes.....	7
6.8. Estructuras	8
6.8.1. Descripción general	8
6.8.2. Diseño de elementos	9
6.9. Hidráulica y afección a cauces.....	10
7. Valoración de la solución	12



1. ANTECEDENTES

La carretera autonómica CV-35 constituye un elemento vertebrador de la red viaria de la Comunidad Valenciana. Es una carretera de la provincia de Valencia, que comunica la ciudad de Valencia con el noroeste de la provincia. Popularmente es conocida como la Pista de Ademuz ya que tiene como referencia final la comarca del Rincón de Ademuz.

La carretera atraviesa Chelva de este a oeste caracterizándose por un volumen de tráfico medio, con un considerable tráfico de vehículos pesados. Así mismo, el volumen de tráfico inducido sobre el municipio genera relevantes inconvenientes en el mismo, entre los que destacan la mala funcionalidad y seguridad vial, contaminación acústica, etc.

Es por ello que se plantea el presente estudio para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva. Con este se pretende eliminar los factores negativos mencionados anteriormente, además de mejorar la circulación en otros aspectos como la comodidad de los usuarios.

2. OBJETO DE ESTUDIO

El Trabajo Final de Grado que aquí se presenta llamado “Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia). Alternativa Sur” tiene como objetivo definir el proyecto constructivo de una variante a la carretera CV-35 a su paso por la localidad de Chelva con el fin de eliminar los problemas que se dan actualmente en el tramo.

En dicho tramo existe una importante concentración de vehículos con ejes especialmente pesados en y más en concreto en las épocas específicas del año en que sus cultivos de la zona están dando sus frutos, puesto que el sector de la agricultura es el predominante de la localidad.

Ante estos problemas referentes a la seguridad vial y la previsión de que este tráfico de vehículos pesados pueda seguir aumentando se pretende mejorar las condiciones de la zona mediante la construcción de la variante proyectada.

3. LOCALIZACIÓN

La variante de la CV-35 relativa a nuestra alternativa Sur se encuentra en una zona próxima a la población de Chelva, en el centro de la Comunidad Valenciana, al noroeste de la provincia de Valencia. Esta alternativa discurre al sur de la población, la cual debe salvar el río Chelva en dos puntos, así como el barranco del Convento para reincorporarse a la CV-35 al otro extremo de la población.

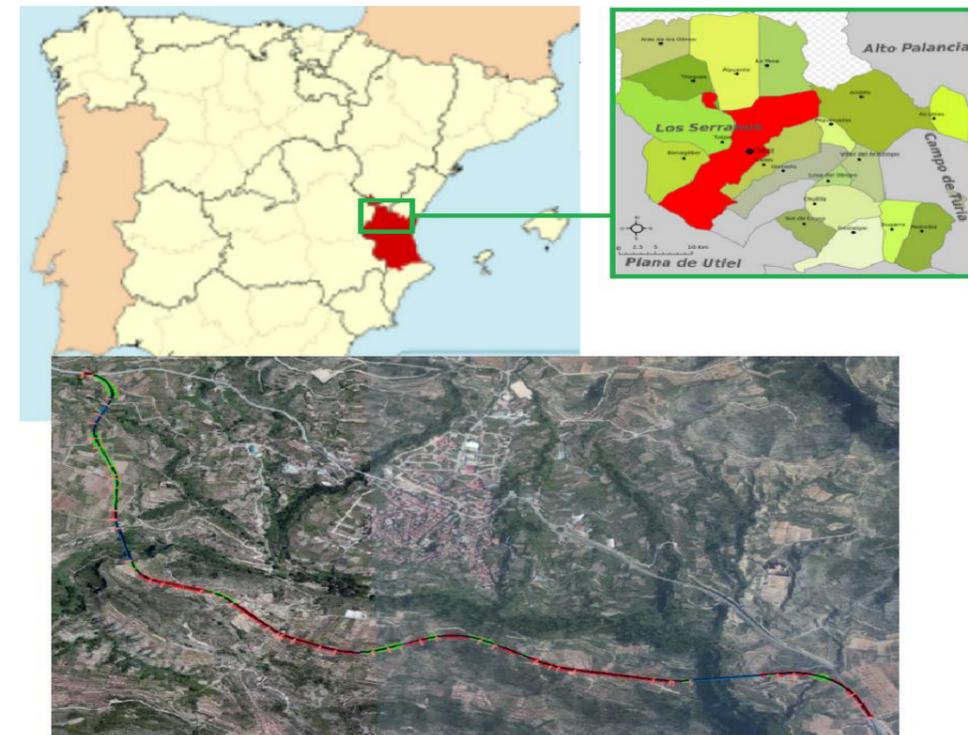


Fig. 1 Localización de la alternativa Sur.



4. SITUACIÓN ACTUAL

La carretera CV-35 se convierte en travesía entre los P.K. 67+400 y el P.K. 68+200. Dicha travesía soporta un tráfico de 2497 vehículos/día con un porcentaje de pesados del 5,4%, calculados a partir de un aforo manual tomado en enero de 2016 complementado con la estación afín CV-35-080. Se prevé para el año de puesta en servicio (2018) un tráfico de 2569 vehículos, con una tasa de crecimiento anual acumulativo del 1.44%.

En vías interurbanas, el Highway Capacity Manual 2010 define seis niveles de servicio para un régimen continuo de circulación, es decir, sin detenciones producidas por intersecciones o semáforos. Estos niveles se hallan numerados de la A a la F, en orden decreciente de calidad. El nivel de servicio actual de la travesía calculado como carretera de clase III según el Highway Capacity Manual 2010 es D. En el año horizonte (2018) se prevé el mismo nivel de servicio.

Este tráfico supone importantes interacciones entre diferentes flujos de tráfico: vehículos, vehículos pesados, peatones, bicicletas, etc. Ello supone la existencia de conflictos de tráfico. Los más destacables involucran a vehículos pesados que circulan por la travesía. En varios puntos de la misma dos vehículos pesados no pueden pasar por el mismo punto al mismo tiempo.

Según datos oficiales se han producido accidentes en la travesía, todos ellos de carácter leve, y producidos en las intersecciones a causa de, en la mayoría de los casos, una infracción de las normas de la seguridad vial.

5. PROPUESTAS DE MEJORA EN LA TRAVESÍA

En el tramo de carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva, se han encontrado una serie de problemas que se pretende solucionar.

En primer lugar, se propone la creación de distintos itinerarios peatonales, actualmente inexistentes, que evitarían algunos de los conflictos detectados entre peatones y vehículos que circulan por la travesía.

Además, se propone la reubicación de algunas plazas de aparcamiento para mejorar la circulación de vehículos (tanto ligeros como pesados) por el municipio, habilitando un aparcamiento en la parte norte. Se realizará la propuesta de mejorar la intersección entre la Avenida Madereros y la Calle Mártires, dado que es la zona donde se producen la mayor parte de los conflictos detectados entre los diferentes flujos de tráfico.

Por último, se propone realizar una mejora del acceso al municipio desde Tuéjar, creando una puerta de entrada al núcleo urbano, con la creación de una glorieta o carril de espera, para mejorar, además, los accesos a otros puntos del municipio.

6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

6.1. Geología y geotecnia

A partir de campaña geotécnica proporcionada se obtiene una relación de materiales localizados en el área de estudio. Esta información es necesaria para el cálculo de la cimentación de las estructuras que se precisan a lo largo del trazado de la variante.

6.2. Hidrología y drenaje

El objetivo de este anejo es realizar un estudio hidrológico del sistema vertiente a la variante sur, obteniendo los caudales de crecida para diferentes tiempos de retorno, para el posterior cálculo de drenaje transversal y longitudinal.

El primer paso para elaborar este estudio ha sido caracterizar la zona de estudio, dividiendo el sistema vertiente en dos cuencas, cuatro subcuencas y seis intercuenas.

En el siguiente paso se debe realizar un análisis estadístico de la pluviometría. Para ello, debido a la ausencia de datos de aforo fiable en la cuenca, empleamos un método hidrometeorológico para obtener los cuantiles de precipitación diaria máxima anual de diferentes periodos de retorno. Se han empleado los datos de tres estaciones, de manera que los datos de dos de ellas han sido directamente proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología, y los datos de la tercera estación se han obtenido de manera sintética juntando dos estaciones próximas.

Con los datos de estas tres estaciones, hemos realizado un análisis estadístico de los máximos pluviométricos haciendo uso de las funciones de distribución Gumbel, Generalized Extreme Value (GEV), Two Component Extreme Value (TCEV) y Square-Root Exponential Type Distribution of the maximum (SQRT-ETmax). De esta manera obtuvimos los cuantiles de máximos pluviométricos, mostrados en la Tabla 1:

Estación	Modelo	T10	T25	T50	T100	T200	T500
Arcos de las Salinas	Gumbel MOM	62.828	75.01	83.637	92.62	99.8	110.61
Titaguas	Gumbel MOM	81.77	98.5	110.28	122.62	134.92	147.1
Chelva-Tuéjar	TCEV	82.58	141.86	204.99	262.64	325.23	383.31

Tabla 1. Cuantiles de máximos pluviométricos de cada estación y función de distribución empleada.



El siguiente paso ha sido seleccionar un método para simular y estimar la escorrentía acumulada. Se ha escogido el modelo de la Soil Conservation Service (SCS), que depende solo de un parámetro, el umbral de escorrentía. Para aplicar este modelo se debe tener cierta información de las cuencas a estudiar, por lo que debemos caracterizar el sistema hidrológico obteniendo los usos del suelo a partir de la información proporcionada por el Sistema de Información sobre la Ocupación del Suelo en España (SIOSE), y obteniendo la capacidad de uso agrícola del suelo a partir de la información proporcionada por la Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports.

Generando estas capas de información, se obtiene el valor del umbral de escorrentía, (el cual se corrige por condiciones antecedentes de humedad suelo-vegetación), correspondiente a cada combinación de cubierta del suelo y clase de suelo adoptado. Los valores del umbral de escorrentía de la cuenca son los siguientes:

Cuenca	Tuéjar1	Tuéjar2	Sc1	Sc2	Sc3	Sc4	Ic1	Ic2	Ic3	Ic4	Ic5	Ic6
P0 (mm)	13.72	14.12	12.2	12.7	11.9	10.4	19	13	8	12.6	8	16.6

Tabla 2. Valores de umbral de escorrentía (P0) para las cuencas de nuestro sistema hidrológico.

Tras realizar este paso, procedemos a modelar la lluvia-escorrentía de nuestra zona de estudio. Para decidir el tipo de modelo lluvia-escorrentía a utilizar, tenemos que analizar las características de nuestras cuencas. Haciendo esto, se puede concluir que la cuenca Tuéjar 1, debido a su extensión, debe ser desagregada. Por lo tanto, se desagrega esta cuenca en cinco subcuencas y se aplica sobre ellas un modelo pseudo-distribuido, el cual se usa para el resto de las cuencas del sistema para homogeneizar los resultados obtenidos. Este modelo funciona con una tormenta de diseño de hidrograma unitario, implementado en el software de libre distribución HEC-HMS. Los modelos para la simulación han sido: hidrograma unitario adimensional del SCS para la propagación en cuencas, Muskingum-Cunge para la propagación en cauces, y el modelo de producción de escorrentía del SCS.

Los valores de caudal pico son:

CUENCAS	Q (m ³ /s)		
	T25	T100	T500
Tuéjar 1	222.47	551.04	963.7
Tuéjar 2	232.87	585.83	1030.2
SC 1	23.49	77.44	138.32
SC 2	2.65	9.25	16.75
SC 3	1.79	5.87	10.41
SC 4	1.29	3.88	6.67
IC 1	1	5.72	11.65
IC 2	2.48	9.24	17.05
IC 3	1.63	4.54	7.64
IC 4	1.57	5.69	10.4
IC5 5	0.3	0.85	1.42
IC 6	1.32	5.86	11.32

Tabla 3. Valor de los caudales punta generados en cada subcuenca.

Para terminar, se realiza un estudio de drenaje longitudinal y transversal, teniendo en cuenta la 5.2-IC de marzo de 2016. La variante interrumpe el flujo natural de la escorrentía, teniendo que encauzarla mediante un drenaje longitudinal y transversal. Mediante un análisis en régimen estacionario unidimensional para los caudales de crecida para periodos de retorno de 25 años para el drenaje longitudinal y de 100 años para el drenaje transversal obtendremos las dimensiones de nuestras obras de drenaje. Para calcular el caudal proveniente de la plataforma, se emplea el método de Témez, mientras que el cálculo del caudal proveniente de las cuencas vertientes a la carretera, se obtiene de los hidrogramas de crecida. Una vez obtenidos los caudales, estos flujos de agua deben redirigirse hacia las cunetas situadas a ambos lados de la variante.

El siguiente gráfico se indica la situación de las obras de drenaje:

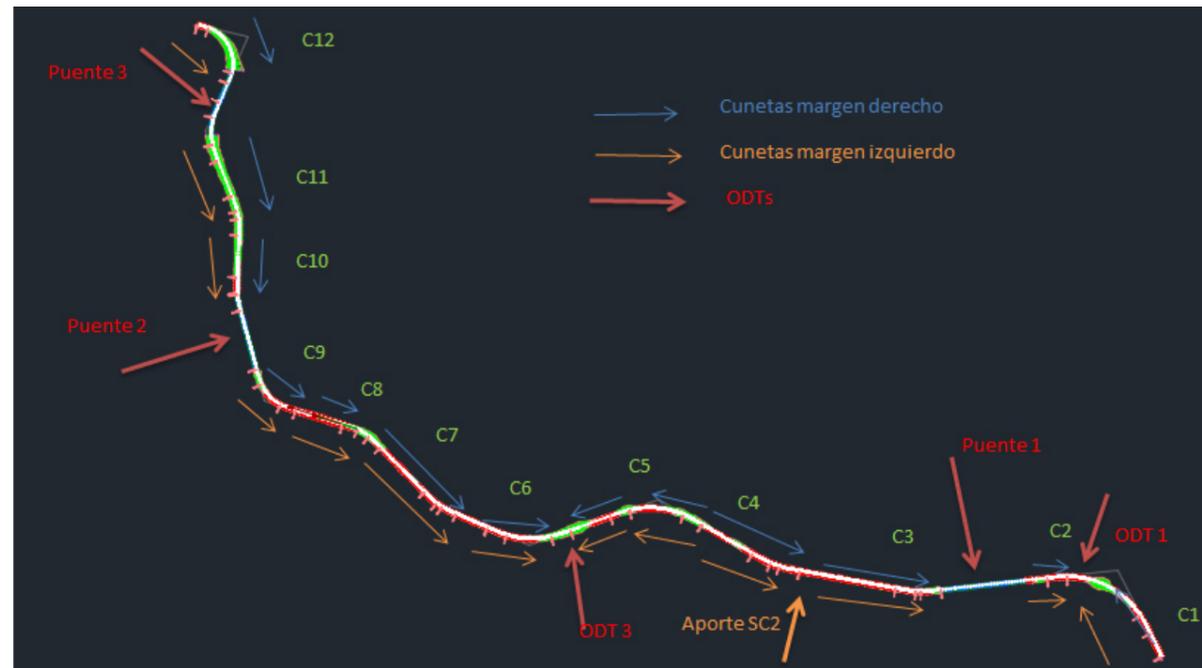


Fig. 2 Disposición de las obras de drenaje longitudinal y transversal a lo largo de la variante.

Se encuentra un problema al realizar el esquema de prediseño en el punto donde hay un aporte de agua por parte de la subcuenca 2, debido a que la plataforma de la carretera va en trinchera y no podemos realizar obra de drenaje alguna. Por ese motivo se realizan los cálculos precisos para introducir un interceptor en la margen izquierda de esta zona, que irá a desaguar al Puente 1.

6.3. Estudios de tráfico

El objeto del presente anejo tiene como intención la caracterización del tráfico actual que circula por la CV-35, en concreto para el tramo correspondiente a la localidad de Chelva, ubicada entre los PK 66+000 y 68+000 de la misma.

Para ello, primero se ha optado por introducir el anejo, incluyendo una breve explicación del proceso a seguir y del objetivo que tiene dicho estudio.

En segundo lugar se procedió a analizar el tráfico actual. Para ello se optó por realizar una visita de campo con todos los compañeros del TFG Multidisciplinar en la que se organizaron aforos manuales en cada extremo de la población, para registrar la cantidad de vehículos

que pasaban por la localidad y posteriormente se analizó qué vehículos se consideraban estacionarios y qué vehículos se consideraron de paso, y por tanto futuros usuarios de la variante.

En tercer lugar y, una vez tomados los datos de los aforos, se procedió a buscar una estación de aforo cercana, que tuviese un comportamiento similar. El resultado fue que junto a la localidad de Chelva existe una estación de aforo de la Generalitat Valenciana, por lo que se contrastó el comportamiento del tráfico anotado en los aforos manuales y el de la estación cercana, llegando a la conclusión de que ésta se podía considerar como la estación afín.

En cuarto lugar, una vez caracterizado el tráfico se tuvo que realizar una prognosis del mismo para estudiar cuál sería su comportamiento futuro y para ello se recurrió a la Orden FOM/3317/2010 del 17 de Diciembre, en la cual se detallan los aumentos a considerar para obtener las IMD en los años puesta en servicio y año horizonte.

En quinto lugar, tras obtener las IMD referentes a vehículos ligeros y pesados para los años puesta en servicio y año horizonte se calculó la intensidad de hora punta y el factor de hora punta. Estos dos factores son imprescindibles para el posterior cálculo del nivel de servicio, como se detallará.

En sexto lugar, se procedió a calcular el Nivel de Servicio, y para ello se siguió al pie de la letra el Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010) que nos proporciona un método computacional para obtener los niveles de servicio y poder clasificar de este modo las carreteras en función de la calidad que ofrecen al servicio.

Por último, y una vez analizado el nivel de servicio, se valoró la realización de simulaciones de tráfico para poder valorar todos los casos posibles que se pudiesen producir. Para ello se utilizó el método de Montecarlo. De este modo, generando números aleatorios, se simularon 10.000 casos de reparto del tráfico con el fin de analizar qué niveles de servicio se obtenían, siendo B y C los que se daban en la mayor parte de los casos.

6.4. Trazado

En el anejo referente al diseño geométrico se ha pretendido definir con todo detalle el corredor. Para ello se ha recurrido a la Instrucción de Carreteras 3.1-IC "Trazado" de Enero de 2000 aprobada el 27 de diciembre, así como las Normas, Órdenes circulares y Recomendaciones vigentes y/o en trámite de aprobación.

El corredor que se proyecta presenta unas características relativas a una C-60. Su longitud son 4815 metros aproximadamente.

El trazado entroncará sobre el sureste de la localidad con el fin de poder cruzar el barranco del Rio Tuéjar en la primera ocasión lo más perpendicularmente posible minimizando el área de afección.

Una vez cruzado el barranco discurrirá por una zona montañosa intermedia, intercalada con planicies y campos de cultivos hasta volver a cruzar el barranco y entroncar en el noroeste mediante un notable terraplén para poder llegar hasta la cota de la carretera actual.



Fig. 3 Trazado en planta (rojo)

A pesar de ser una zona relativamente montañosa se consiguieron pendientes no muy elevadas para facilitar la circulación de los vehículos, sobre todo de los pesados. Además los movimientos de tierra han sido notables también, sobre todo en el tramo final del trazado.

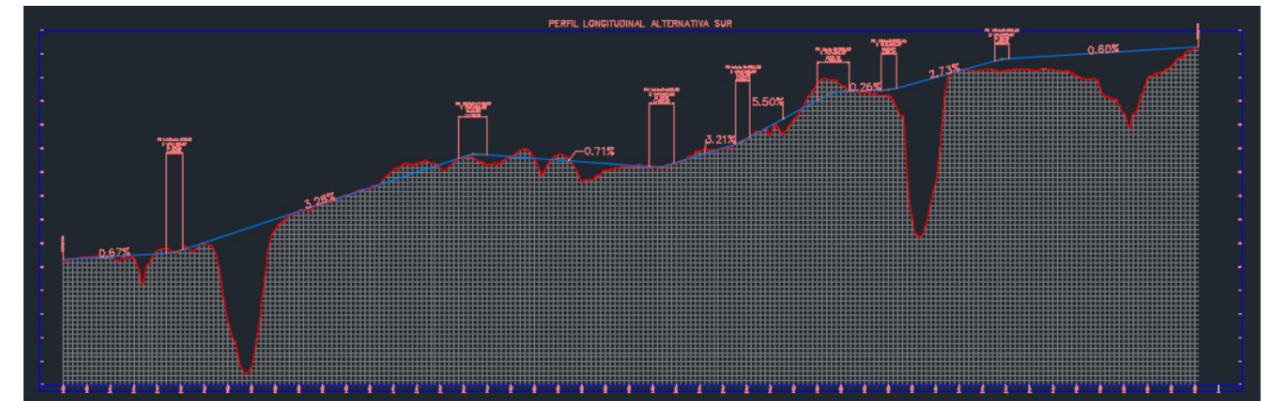


Fig. 4 Perfil Longitudinal Alternativa Sur

La carretera proyectada es una carretera convencional de calzada única y de doble sentido de circulación. La sección transversal la podemos apreciar en la siguiente figura.

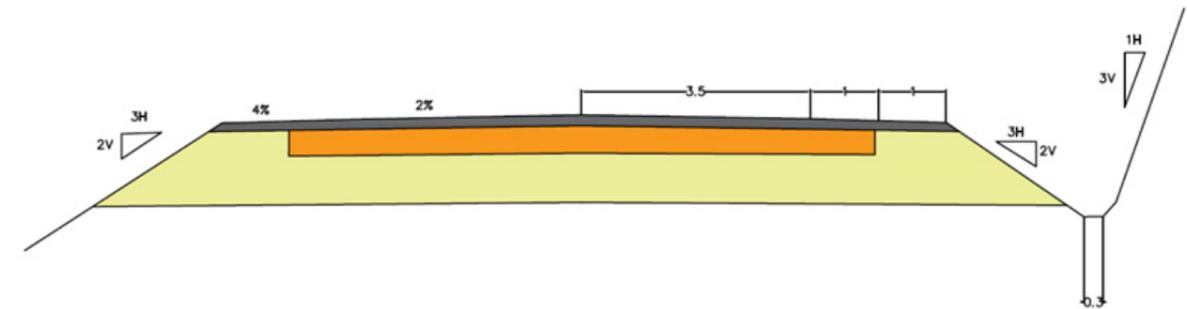


Fig. 5 Sección transversal tipo.

Cabe remarcar que para absolutamente todo el diseño geométrico se ha empleado el software informático Autocad Civil 3D y en los correspondientes anejos se adjuntan los planos y listados obtenidos, además de todo el dimensionamiento.

6.5. Nudos

Mediante el anejo de nudos lo que se pretende es dimensionar los entronques y los cruces a nivel de los distintos caminos intersectados con la traza de la carretera. En la visita de obra se observó que lo pertinente era dotar al trazado de continuidad y, al observar las características de la vía se observó que lo más adecuado era proyectar intersecciones en T, tanto en los entronques como en los caminos intersectados a nivel.

Aunque esta parte no queda desarrollada aquí, se hará más adelante en el mes de Septiembre.

6.6. Estudio de Seguridad Vial

La primera premisa que no hay que perder de vista cuando se realiza un estudio de la Seguridad Vial es la de incidir en el origen, es decir, no solo tratar de evitar o de minimizar las consecuencias de un accidente, sino intentar erradicarlos actuando en el origen.

En el presente anejo se pretende desarrollar qué metodología se ha empleado para analizar la seguridad vial y qué factores han sido determinantes a la hora de hallar conclusiones sobre ella.

Por ello lo primero fue introducir el anejo, centrando al lector en la seguridad vial y dotándola de la importancia que adquiere a la hora de diseñar una carretera.

En segundo lugar se obtuvieron los perfiles de velocidad de operación. Mediante éstos se pretende estudiar el percentil 85, es decir, las velocidades entre las que estarán comprendidos el 85% de los vehículos que circulen por dicha vía. Para ello primero se halló la velocidad en curvas y posteriormente la velocidad en rectas y para estudiar si convergen se empleó la fórmula del MRUA.

Para obtener las velocidades de operación se utilizan características geométricas de la carretera que la definan adecuadamente. Además se utilizaron las tasas de aceleración y deceleración para obtener las reducciones y aumentos de velocidad al llegar a una curva o al salir de ella hacia una recta.

En tercer lugar, tras calcular y obtener los perfiles de velocidad de operación se procedió a evaluar la consistencia, tanto a nivel local como a nivel global. Para ello los Criterios de Lamm fueron de gran ayuda a nivel local y el Método Camacho se utilizó para calcular la consistencia a nivel global.

En cuarto lugar, y tras obtener la consistencia del trazado, se procedió a analizar la deflexión acumulado a lo largo del tramo de la carretera junto con las curvas anteriores y posteriores al trazado. Este estudio es de gran utilidad, puesto que permite tramificar la carretera en tramos homogéneos para su posterior análisis pormenorizado.

En quinto y último lugar, se quiso calcular el número de accidentes esperado. A través de los datos de accidentes que fueron proporcionados por el GIIC se utilizó la SPF de Camacho para realizar una estimación y comparación de los accidentes futuros en los siguientes 10 años.

6.7. Firmes

En el anejo aquí descrito, se pretende definir el firme que compondrá la variante proyectada.

Los parámetros principales empleados para la definición del firme son el tráfico pesado y el material por donde discurre la traza.

Por lo tanto una vez analizado el tráfico en el anejo de Tráfico se observó que la caracterización del tráfico pesado corresponde al T31

Los materiales, que se pueden observar en el anejo de Geotecnia, permitieron proyectar una categoría de explanada E2.

Por ello la solución adoptada fue la siguiente:

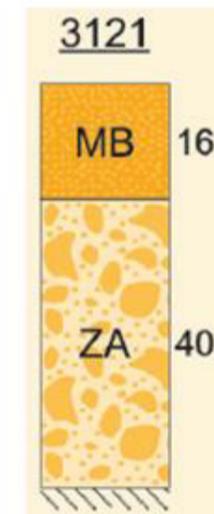


Fig. 6 Paquete de firme seleccionado

La sección constará de 40 cm de zahorra y 16 cm de mezcla bituminosa. La mezcla bituminosa estará dividida en tres capas, la base de 8 cm de espesor formada por una AC 22 Base G, la capa intermedia de 5 cm formada por una AC 22 Bin S y una capa de rodadura formada por una mezcla discontinua BBTM 11B de 3 cm de espesor. Todo ello con sus correspondientes riegos de adherencia e imprimación como se puede observar en la siguiente tabla.

Capa	Material	Espesor (cm)
Rodadura MBC	BBTM 11B	3
Riego de adherencia C60B3 ADH		
Intermedia MBC	AC 22 Bin S	5
Riego de adherencia C60B3 ADH		
Base MBC	AC 22 Base G	8
Riego de imprimación C60BF5 IMP		
Base	Zahorra	40

Tabla 4. Paquete de Firme seleccionado

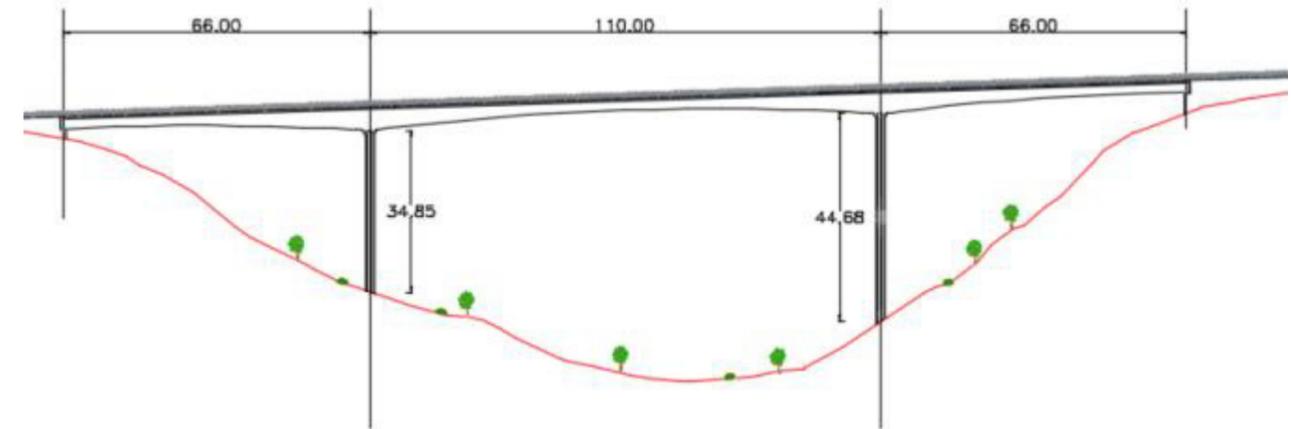


Fig. 7 Vista general del primer puente sobre el río Chelva

6.8. Estructuras

6.8.1. Descripción general

El trazado final de la alternativa sur se ha dispuesto adaptándose en la medida de lo posible a las curvas de nivel del entorno, de forma que se evitan grandes partidas en el presupuesto en terraplenes y desmontes. Dado que la variante discurre por terreno accidentado, es inevitable encontrar grandes desniveles al paso por el río Chelva. Es por ello que este debe ser salvado en dos ocasiones, dando lugar al puente 1, de una luz total de 242 metros, y al puente 2, de 205 metros aproximadamente. A estas longitudes se les suma alturas considerables desde cota de traza hasta el lecho del río, encontrando alturas variables desde los 35 hasta los 47 metros.

El trazado discurre en su tramo final a través del Barranco del Convento, dando lugar al puente 3, de una luz total de 207 metros. Los desniveles a salvar en este caso no son tan notables como en los puentes anteriores, encontrándose alturas máximas desde la cota de traza hasta la superficie del terreno de 28 metros.

El primer puente sobre el río Chelva, estando ubicado entre los P.K 0+641,99 y 0+883,99. El segundo puente sobre el mismo río se encuentra ubicado entre los P.K 3+533,96 y 3+738,66. El tercer puente se encuentra entre los P.K 4+390,42 Y 4+597,42 a su paso por el Barranco del Convento. Todos ellos pertenecientes a la variante sur de la circunvalación de la carretera CV-35 a su paso por Chelva perteneciente a los "Estudios para la redacción del Proyecto Básico de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva (provincia de Valencia)".

El paso superior permite la circulación por sendos carriles de tráfico rodado. El primer puente se encuentra en una alineación recta, con una pendiente de 3.28% y consta de 3 vanos de 66, 110 y 66 m de luz cada uno, teniendo por tanto, una longitud total de 242 m.

El segundo puente, de las mismas características viarias descritas anteriormente, se encuentra también en alineación recta del trazado y entre dos acuerdos verticales impuestos en la geometría de proyecto por diferencia de cotas a la entrada y salida a través del cauce. Mantiene una pendiente constante de 2,73% y consta de tres vanos de 55,8, 93 y 55,8 metros de luz cada uno, teniendo un total de 204,6 metros de longitud.

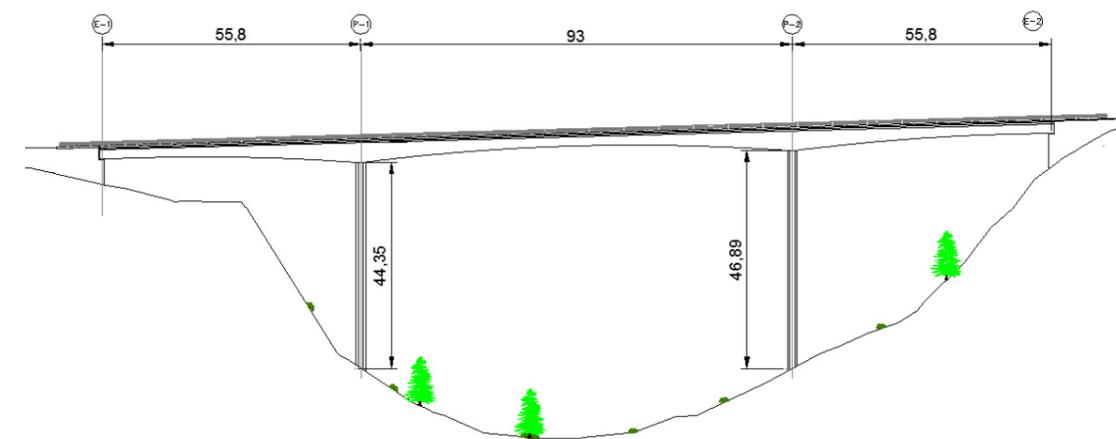


Fig. 8 Vista general del segundo puente sobre el río Chelva

El tercer puente, de las mismas características viarias a los anteriores, se encuentra en un tramo consistente en una curva en "s" con una recta intermedia. Mantiene una pendiente constante de 0,60% y consta de 5 vanos, de los cuales los de los extremos son de 36 metros y los centrales son de 45 metros, teniendo por tanto una longitud total de 207 metros.

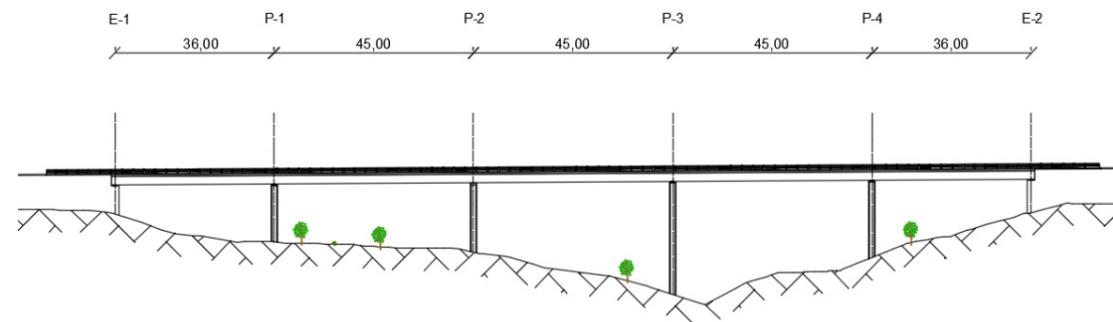


Fig. 9 Vista general del puente sobre el barranco del Convento

6.8.2. Diseño de elementos

Los puentes sobre el río Chelva se resuelven mediante una solución por voladizos sucesivos hormigonados in situ, compuesta por una sección monocelular de canto variable. La losa superior tiene un ancho de 10,5 metros para albergar dos carriles de 3,5 metros, 2 arcenes de 1 metro y un ancho lateral de 0,75 metros en el extremo para la colocación de barreras protectoras

El tablero superior está compuesto por una losa de unos 25 cm, variable en la sección perteneciente a los voladizos, de 10,5 metros de longitud. Las almas laterales tienen una inclinación de $\frac{1}{4}$ con un espesor de 55 cm. para albergar los cables de pretensado. La losa inferior tiene un ancho variable debido a la inclinación de las almas entre 3,4 y 4,65 metros y un espesor variable entre 0,95 y 0,25 metros.

La sección del tablero es variable longitudinalmente en su canto, éste varía desde 5 metros en la dovela de pila o dovela "0", hasta 2,5 metros en la clave del vano, para el primer puente, y desde los 4,75 metros en dovela de pila hasta 2,5 metros en la clave.

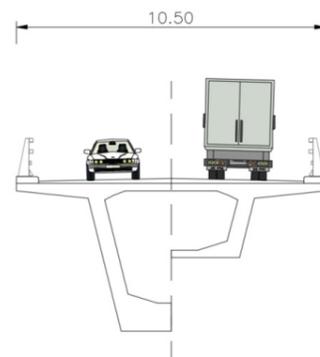


Fig. 10 Secciones central y extrema de los puentes sobre el río Chelva

El puente se materializa mediante dovelas ejecutadas "in situ" con carro de avance y por voladizos compensados. Las dovelas varían de longitud, dado que la dovela de arranque es de 7 metros, las centrales son de 5 metros y la clave de 4 metros para el primer puente y clave de 7 metros (hormigonados en una tanda) para el segundo puente.

Las pilas están compuestas por secciones rectangulares de hormigón armado con variaciones geométricas en su perímetro y cuyas dimensiones cambian a lo largo de la misma.

En la sección superior, estas tienen un ancho de 2 metros, y una dimensión alargada de 4,12 metros, por lo que "abrazan" a la dovela como se puede ver en la Figura 4.

Las pilas se construyen "in situ" mediante encofrado trepador en tramos de 3 metros hasta llegar a cota de trazado menos canto de dovela "0", para entonces ejecutar la dovela de pila, la cual se empotra en su respectiva pila mediante un diafragma, macizando la zona para ayudar a la materialización de dicho empotramiento.

Debido a que nos encontramos en un terreno muy competente la cimentación de los distintos elementos sobre los que se sostiene la estructura será una cimentación superficial. En el caso de las pilas, y para el puente 1, consta de sendas zapatas de dimensiones 11x11 metros y un canto de 2,3 metros. El puente 2, con una luz menor y esfuerzos acordes, precisa una cimentación de 10x10 metros y un canto de 2 metros.

Pese a que los cálculos hidráulicos no muestran que la cimentación de las pilas presenten interacción con el flujo de agua en el caso de avenida, por seguridad se soterran 4,5 metros las zapatas y se efectúa una berma de protección para evitar la socavación de la pila.

La disposición de las pilas sobre el cauce permite el paso del agua para un periodo de retorno de 100 años dejando resguardo, así como para un caudal de avenida de periodo de retorno 500 años. Del mismo modo, este hecho asegura que los estribos no se ven perjudicados por la acción de este flujo.

Los estribos diseñados son estribos cerrados que permiten el sostenimiento del relleno en el trasdós. No se plantea la posibilidad de un estribo abierto debido a que una caída de tierras en el trasdós no favorece la estética o la naturaleza del estribo.

Lateralmente se disponen dos muros de vuelta formando 90° con el muro del estribo, formando un estribo cerrado en forma de cajón.

Estos muros tienen una longitud mínima el talón necesario para el sostenimiento del estribo. Se disponen también, en caso de necesidad alneas superior de un modo tal que el cono de tierras que se origina tras ellas, con una pendiente 3H:2V alcance el pite del estribo.

En cambio, el puente 3 se resuelve mediante la construcción de un cajón in situ de canto constante, en el que el ancho del tablero es de 10,5 metros, y está compuesto por dos carriles de 3,5 metros cada uno, dos arcenes de 1 metro de anchura cada uno y un espacio de 0,75 metros de anchura en ambos extremos del tablero para la colocación de los pretilos.

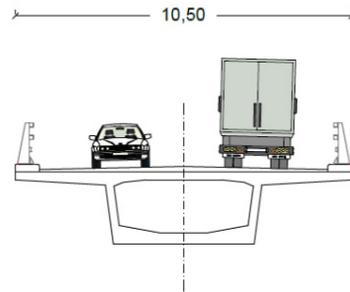


Fig. 11 Sección del tablero del puente sobre el barranco del Convento

El tablero se ha planteado como una solución continua, compuesta por un cajón mono celular de hormigón pretensado de 2,25 metros de canto. La sección del cajón tiene sendos voladizos de 2,8 metros de longitud cada uno, con canto variable de 0,25 metros en el extremo a 0,41 metros en su encuentro con el núcleo del tablero. El núcleo del tablero tiene sección trapezoidal con un ancho inferior de 4,4 metros. Las almas del cajón están ligeramente inclinadas y tienen un espesor de 0,3 metros.

Las pilas están compuestas por secciones rectangulares de hormigón armado con variaciones geométricas en su perímetro con un ancho de 2,3 metros y una dimensión alargada de 4 metros. Dichas dimensiones no varían a lo largo de la pila.

Como en el caso de los puentes anteriores, la cimentación de los distintos elementos sobre los que se sostiene la estructura será una cimentación superficial. Para las pilas se dispondrán zapatas superficiales de dimensiones 9,3x9,3 metros y un canto de 1,75 metros.

Aunque el puente proyectado no salva ningún cauce del río Tuéjar, sí cruza el Barranco del Convento, del que se conoce de la existencia de flujo de agua. Pese a que los cálculos hidráulicos no muestran que las cimentaciones de las pilas presenten interacción con el flujo de agua en el caso de avenida, por seguridad se soterran 2,82 metros las zapatas y se efectúa una berma de protección para evitar la socavación de la pila.

Los estribos diseñados son estribos cerrados que permiten el sostenimiento del relleno en el trasdós. Lateralmente se disponen aletas de contención de tierras de hormigón armado con coronación inclinada

6.9. Hidráulica y afección a cauces

El cometido de este anejo es analizar la interacción de los tres puentes proyectados en la Alternativa Sur con los cauces que cruzan. Para ello, se realizan dos modelos hidráulicos mediante el software HEC-RAS, uno correspondiente al cauce del río Chelva y otro al cauce del barranco del Convento. Con la información topográfica e hidrológica disponible, se analizan los cauces en su situación actual e incluyendo los puentes.

Además, se consideran dos avenidas diferentes, una con periodo de retorno de 100 años para comprobar la capacidad hidráulica de los puentes y los tramos estudiados, comprobando su no desbordamiento en ningún punto, y otra con periodo de retorno de 500 años para realizar un estudio de socavación potencial en el entorno de las pilas de los puentes.

Con estos resultados, y para evitar fallos en las cimentaciones de las estructuras, se diseña una serie de medidas de protección frente a la erosión.

En las siguientes figuras se puede apreciar el nivel de la lámina de agua correspondiente a la avenida de T=500 años en las secciones de puente, además del foso de socavación en cada una de las pilas que sufre la influencia de la corriente.

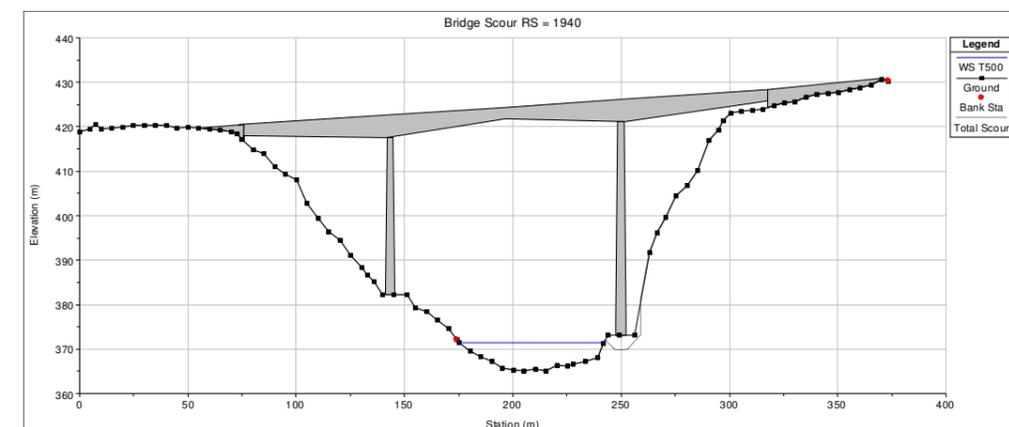


Fig. 12 Sección del primer puente sobre el río Chelva

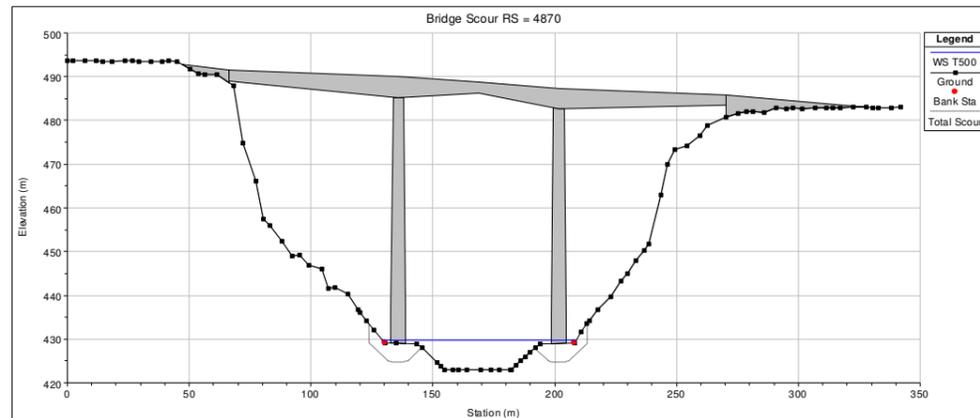


Fig. 13 Sección del segundo puente sobre el río Chelva

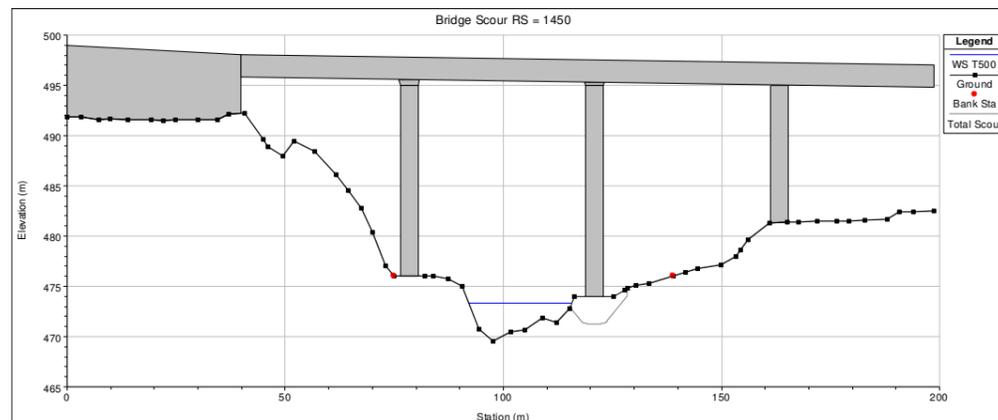


Fig. 14 Sección del puente sobre el Barranco del Convento

Puente	D ₅₀ (m)
Primer puente sobre el río Chelva	0.40
Segundo puente sobre el río Chelva	0.40
Puente sobre el barranco del Convento	0.25

Tabla 5. Diámetro característico de la escollera de protección.

- Protección general del cauce, estableciendo en las zonas propensas a la erosión una estabilidad y rugosidad suficientes para resistir las tensiones generadas por el paso del flujo. Para ello se dispondrán geomallas en los taludes que soportan las pilas de los puentes afectadas por la corriente, además del lecho del segundo puente sobre el río Chelva. Esta protección se extenderá 30 metros tanto aguas arriba como aguas abajo de los puentes.

Teniendo estos resultados en cuenta, se tomarán las siguientes medidas de protección:

- Se tienen en cuenta las profundidades de socavación potencial para soterrar como mínimo esa distancia las cimentaciones de las pilas.
- Regularización de la morfología de las secciones transversales, realizando bermas en la base de las pilas y reperfilando los taludes para la correcta colocación de las protecciones.
- Protección local alrededor de cada una de las pilas de puente afectadas, mediante un lecho de escollera con las siguientes características:



7. VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN

En el presente apartado se lleva a cabo una valoración del coste económico asociado al conjunto de las unidades de obra previstas a ejecutar en el estudio de soluciones.

La valoración económica se realiza mediante la definición de las unidades de obra correspondientes, que serán en su gran mayoría comunes a las tres alternativas, siendo su resultado el producto del precio unitario de cada una por su medición.

En los siguientes apartados se resumen los resultados generados por las tres alternativas.

Las unidades de obra que se resumen a continuación se agrupan en un total de 9 capítulos, correspondiendo éstos a la base del presupuesto de la obra lineal.

Capítulo 1: Movimiento de tierras y demoliciones	1360156.72 €
Capítulo 2: Firmes y pavimentos	661824.16 €
Capítulo 3: Obras hidráulicas	251750.94 €
Capítulo 4: Estructuras	5997459.68 €
Capítulo 5: Adecuación ambiental	194179 €
Capítulo 6: Señalización y balizamiento.	72000 €
Capítulo 7: Drenaje	89100 €
Capítulo 8: Seguridad y Salud	171694.94 €
Capítulo 9: Gestión de residuos.	171694.94 €
Total	8916942.73 €



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ANEJOS

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA).
ALTERNATIVA SUR



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ANEJO N°13

HIDRÁULICA Y AFECCIÓN A CAUCES

**ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA).
ALTERNATIVA SUR**



ANEJO 13: Hidráulica y afección a cauces



ÍNDICE

1. Introducción.....	6	5. Diseño de las actuaciones de protección.....	38
2. Información de partida	6	5.1. Regularización de la morfología.....	38
2.1. Visitas de campo	6	5.2. Estabilidad frente a la erosión general.....	39
2.2. Información hidrológica	7	5.3. Estabilidad frente a la erosión localizada.....	40
2.3. Información geológica	7	5.3.1. Cálculo de la protección localizada del primer puente sobre el río Chelva	41
3. Modelo de simulación.....	7	5.3.2. Cálculo de la protección localizada del segundo puente sobre el río Chelva.	41
3.1. Alcance del modelo	8	5.3.3. Cálculo de la protección localizada del puente sobre el barranco del Convento	42
3.2. Datos geométricos	8	5.4. Caracterización de las actuaciones	42
3.3. Parámetros hidráulicos	9	6. Estimación económica	44
3.3.1. Coeficiente de rugosidad.....	9	6.1. Unidades de obra	44
3.3.1.1. Procedimiento de estimación de los coeficientes de rugosidad	9	6.2. Mediciones	44
3.3.1.2. Estimación del coeficiente de rugosidad en el río Chelva.	13	6.3. Estimación del presupuesto de ejecución material.....	44
3.3.1.3. Estimación del coeficiente de rugosidad en el Barranco del Convento.....	15	7. Conclusiones	45
3.3.2. Coeficientes de expansión y contracción.....	17	8. Referencias	46
3.3.3. Condiciones de contorno.....	17		
3.4. Simulación con la situación actual	18	APÉNDICE I: CÁLCULOS DE LA SITUACIÓN INICIAL. RÍO CHELVA	
3.4.1. Río Chelva.....	18	APÉNDICE II: CÁLCULOS DE LA ALTERNATIVA SUR. RÍO CHELVA	
3.4.2. Barranco del Convento.....	20	APÉNDICE III: CÁLCULOS DE LA SITUACIÓN INICIAL. BARRANCO DEL CONVENTO.	
3.5. Simulación con la situación con los puentes de la Alternativa Sur.....	22	APÉNDICE IV: CÁLCULOS DE LA ALTERNATIVA SUR. BARRANCO DEL CONVENTO	
3.5.1. Modelación del primer puente sobre el río Chelva.....	23		
3.5.2. Modelación del segundo puente sobre el río Chelva	24		
3.5.3. Modelación del puente sobre el barranco del Convento	25		
3.5.4. Resultados de las simulaciones	26		
3.5.4.1. Río Chelva.....	26		
3.5.4.2. Barranco del Convento	30		
4. Análisis hidráulico-sedimentológico. Estudio de socavación potencial	33		
4.1. Primer puente sobre el río Chelva	35		
4.2. Segundo puente sobre el río Chelva	36		
4.3. Puente sobre el barranco del Convento	37		



ÍNDICE de Figuras

Fig. 1 Mapa de situación de los cauces. (Fuente: IGN)6

Fig. 2 Mapas de situación de Chelva6

Fig. 3 Tramo del río Chelva modelizado en QGIS 9

Fig. 4 Tramo del barranco del Convento modelizado en QGIS9

Fig. 5 Valores base para la n de Manning (USGS).....10

Fig. 6 Valores para los factores correctores por efecto de las obstrucciones. (USGS)11

Fig. 7 Valores para los coeficientes correctores (Chow)12

Fig. 8 Modificación para los valores de los coeficientes correctores (USGS)12

Fig. 9 Tramo de río Chelva modelizado en HEC-RAS.....13

Fig. 10 Material del lecho del cauce. (Fuente propia)13

Fig. 11 Tipo de obstrucciones en el cauce (Fuente propia)14

Fig. 12 Vegetación en el cauce de río Chelva (Fuente: Google.maps)14

Fig. 13 Material y tipo de vegetación del cauce del río Chelva (Fuente propia)14

Fig. 14 Vegetación en el cauce del río Chelva (Fuente: Google.maps)14

Fig. 15 Estado del cauce cerca del tramo final (Fuente: Google.maps)15

Fig. 16 Tramo del barranco del Convento modelizado en HEC-RAS.....16

Fig. 17 Ejemplo de los materiales y vegetación del barranco (Fuente: Google.maps)16

Fig. 18 Ejemplo de obstrucción en el cauce (Fuente: Google.maps)16

Fig. 19 Vegetación al final del tramo estudiado (Fuente: Google.maps)17

Fig. 20 Gráfica de velocidades del río Chelva para T=100 años (HEC-RAS)18

Fig. 21 Gráfica de velocidades del río Chelva para T=500 años (HEC-RAS)18

Fig. 22 Perfil longitudinal del tramo estudiado del Chelva para T=100 años (HEC-RAS).19

Fig. 23 Perfil longitudinal del tramo estudiado del Chelva para T=500 años (HEC-RAS)..19

Fig. 24 Perfil de velocidades del barranco de Convento para T=100 años (HEC-RAS)20

Fig. 25 Perfil de velocidades del barranco del Convento para T=500 años (HEC-RAS) ...20

Fig. 26 Perfil longitudinal del tramo de barranco estudiado para T=100 años (HEC-RAS)21

Fig. 27 Perfil longitudinal del tramo de barranco estudiado para T=500 años (HEC-RAS)21

Fig. 28 Alineación de pilas y estribos según la corriente (Ingeniería de ríos, J. P. Martin Vide)22

Fig. 29 Coeficientes de arrastre para distintas formas de pila (HEC-RAS 4.1 Reference Manual).....22

Fig. 30 Coeficientes de Yarnell para distintas formas de pila (HEC-RAS 4.1 Reference Manual).....23

Fig. 31 Posición del primer puente respecto de la dirección del flujo en la intersección. (Qgis)23

Fig. 32 Planta del primer puente sobre el río Chelva.....23

Fig. 33 Sección inferior de las pilas del primer puente sobre el río Chelva24

Fig. 34 Sección superior de las pilas del primer puente sobre el río Chelva24

Fig. 35 Posición del segundo puente respecto de la dirección del flujo en la intersección. (Qgis)24

Fig. 36 Planta del segundo puente sobre el río Chelva24

Fig. 37 Sección inferior de las pilas del segundo puente sobre el río Chelva25

Fig. 38 Sección superior de las pilas del segundo puente sobre el río Chelva25

Fig. 39 Planta del puente sobre el barranco del Convento25

Fig. 40 Sección inferior de las pilas del puente sobre el Barranco del Convento.....26

Fig. 41 Sección aguas arriba del primer puente para T = 100 años (HEC-RAS)26

Fig. 42 Sección aguas abajo del primer puente para T = 100 años (HEC-RAS).....26

Fig. 43 Sección aguas arriba del primer puente para T = 500 años (HEC-RAS)27

Fig. 44 Sección aguas abajo del primer puente para T = 500 años (HEC-RAS).....27

Fig. 45 Sección aguas arriba del segundo puente para T = 100 años (HEC-RAS).....27

Fig. 46 Sección aguas abajo del segundo puente para T = 100 años (HEC-RAS)27

Fig. 47 Sección aguas arriba del segundo puente para T = 500 años (HEC-RAS).....28

Fig. 48 Sección aguas abajo del segundo puente para T = 500 años (HEC-RAS)28

Fig. 49 Perfil longitudinal del río Chelva para T = 100 años (HEC-RAS)28

Fig. 50 Perfil longitudinal del río Chelva para T = 500 años (HEC-RAS)29

Fig. 51 Ampliación del perfil en las secciones del primer puente para T=100 años (HEC-RAS)29

Fig. 52 Ampliación del perfil en las secciones del primer puente para T=500 años (HEC-RAS)29

Fig. 53 Ampliación del perfil en las secciones del segundo puente para T=100 años (HEC-RAS)30

Fig. 54 Ampliación del perfil en las secciones del segundo puente para T=500 años (HEC-RAS)30

Fig. 55 Sección aguas arriba del puente sobre el barranco del Convento para T = 100 años (HEC-RAS)31

Fig. 56 Sección aguas abajo del puente sobre el barranco del Convento para T = 100 años (HEC-RAS)31

Fig. 57 Sección aguas arriba del puente sobre el barranco del Convento para T = 500 años (HEC-RAS)31

Fig. 58 Sección aguas abajo del puente sobre el barranco del Convento para T = 500 años (HEC-RAS)31

Fig. 59 Perfil longitudinal del barranco del Convento para T = 100 años (HEC-RAS)32

Fig. 60 Ampliación del perfil longitudinal del barranco del Convento en la sección de puente para T = 100 años (HEC-RAS).....32

Fig. 61 Perfil longitudinal del barranco del Convento para T = 500 años (HEC-RAS)32

Fig. 62 Ampliación del perfil longitudinal del barranco del Convento en la sección de puente para T = 500 años (HEC-RAS).....32



Fig. 63 Hidrodinámica y morfología de un foso de erosión local (*Ingeniería de ríos*, J.P. Martin Vide)33

Fig. 64 Patología típica de un fallo por erosión local (*Ingeniería de ríos*, J.P. Martin Vide)34

Fig. 65 Factor corrector K_1 por forma de la pila (HEC-RAS v4.1 Reference Manual)34

Fig. 66 Factor corrector por condición de lecho, K_3 (HEC-RAS v4.1 Reference Manual) ..34

Fig. 67 Límites para el valor K_4 (HEC-RAS v4.1 Reference Manual)35

Fig. 68 Estimación de la socavación del primer puente (HEC-RAS)36

Fig. 69 Estimación de la socavación máxima del segundo puente (HEC-RAS).....36

Fig. 70 Estimación de la socavación local del segundo puente (HEC-RAS).....37

Fig. 71 Estimación de la socavación del puente sobre el barranco del Convento (HEC-RAS)37

Fig. 72 Regularización de la sección del primer puente sobre el río Chelva (HEC-RAS) ..38

Fig. 73 Regularización de la sección del segundo puente sobre el río Chelva (HEC-RAS)38

Fig. 74 Regularización de la sección del puente sobre el barranco del Convento (HEC-RAS)38

Fig. 75 Comparación de ecuaciones para dimensionar escollera en pilas de puente (Melville y Coleman, *Bridge Scour*)40

Fig. 76 Posición y dimensiones de un manto de escollera alrededor de una pila de puente, caso general (izquierda) y pila delgada con corriente oblicua (J.P. Martín Vide, *Ingeniería de ríos*).....41

Fig. 77 Ejemplo de colocación de una geomalla en un talud (Aquanea).....43



ÍNDICE de Tablas

Tabla 1. Caudales pico para diferentes periodos de retorno	7
Tabla 2. Materiales de la traza de la variante	7
Tabla 3. Granulometría de los materiales de la traza de la carretera (Anejo. 1 Estudio geológico-geotécnico)	7
Tabla 4. Granulometría del material de la traza de la carretera (Anejo 1. Estudio geológico-geotécnico)	7
Tabla 5. Fórmulas de resistencia aproximadas para lecho granular	10
Tabla 6. Coeficiente de rugosidad base del lecho del río Chelva.....	13
Tabla 7. Coeficientes de Manning del tramo estudiado.	15
Tabla 8. Coeficiente de rugosidad base del lecho del barranco	16
Tabla 9. Coeficientes de Manning calculados para el tramo estudiado	17
Tabla 10. Cálculo de la socavación potencial máxima de la pila del primer puente	35
Tabla 11. Cálculo de la socavación potencial máxima de las pilas del segundo puente ...	36
Tabla 12. Cálculo de la socavación potencial local de las pilas del segundo puente	37
Tabla 13. Cálculo de la socavación potencial de la pila del puente sobre el barranco del Convento	37
Tabla 14. Profundidades potenciales de socavación estimadas	39
Tabla 15. Cálculo diámetro de la protección general del primer puente	39
Tabla 16. Cálculo diámetro de la protección general del segundo puente	39
Tabla 17. Cálculo diámetro de la protección general del puente sobre el barranco	40
Tabla 18. Cálculo de la escollera de protección local del primer puente.....	41
Tabla 19. Dimensiones de la protección localizada del primer puente.....	41
Tabla 20. Cálculo de la escollera de protección local del segundo puente	42
Tabla 21. Dimensiones de la protección localizada del segundo puente	42
Tabla 22. Cálculo de la escollera de protección local del puente sobre el barranco del Convento	42
Tabla 23. Dimensiones de la protección localizada del puente sobre el barranco del Convento	42
Tabla 24. Granulometría de la escollera de protección	43
Tabla 25. Velocidades máximas	43
Tabla 26. Mediciones	44
Tabla 27. Estimación del presupuesto de ejecución material.....	45

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente estudio es analizar la interacción entre las estructuras de la Alternativa Sur de la variante de la carretera CV-35 a su paso por el municipio de Chelva, perteneciente a la provincia de Valencia, con los cauces que atraviesa. Así, se analizará un tramo del río Chelva (o Tuéjar) y el tramo final del Barranco del Convento.

En la figura 1 se puede observar la actual CV-35 a su paso por el municipio de Chelva, así como el río de Chelva al Sur de éste, y el Barranco del Convento, al Oeste, que desemboca en el Barranco del Montú y a su vez finaliza en el río Chelva.

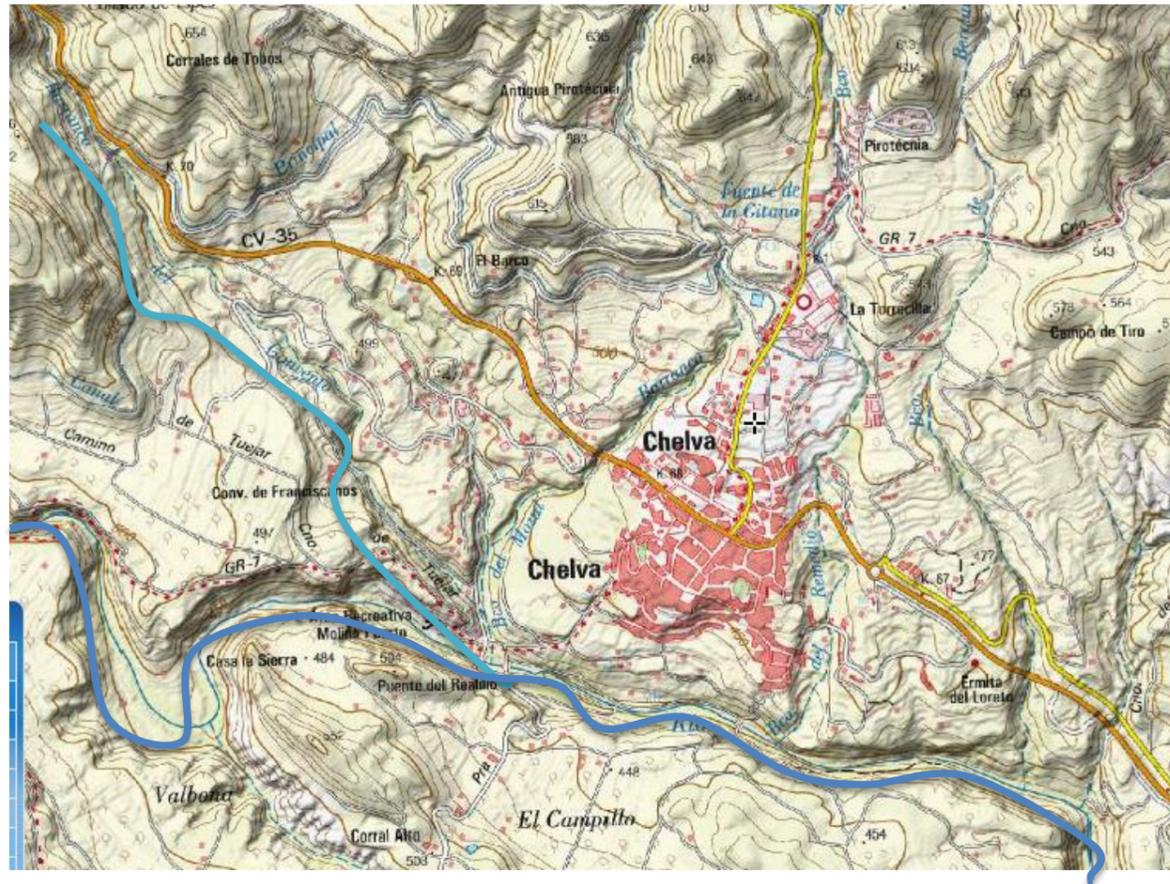


Fig. 1 Mapa de situación de los cauces. (Fuente: IGN)

Para realizar el análisis, se consideraran avenidas con periodo de retorno 100 años, para comprobar la capacidad hidráulica de los puentes, y otras con periodo de retorno 500 años, para comprobar las cimentaciones frente a fenómenos de socavación. De esta manera, las medidas a adoptar se basarán en los análisis realizados y se diseñarán las obras de ingeniería fluvial necesarias para la protección de las estructuras. Lo que minimizará la afección de la actuación de la Alternativa Sur sobre los cauces.

Para realizar el estudio, se construirá un modelo hidráulico de cada cauce mediante el software HEC-RAS del Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers a partir de la información obtenida previamente y contrastada con los datos de la visita a campo. Con esto, se podrá conocer el comportamiento hidráulico del flujo en el entorno de la actuación.

2. INFORMACIÓN DE PARTIDA

La nueva variante se sitúa en el término municipal Chelva, en el interior de la provincia de Valencia, en la comarca de Los Serranos. El término se encuentra surcado por el río Chelva (o Tuéjar), un afluente del río Turia, al Sur de la población.

Hay que considerar la cercanía de su situación con las estribaciones del macizo de Javalambre, lo que se refleja en su accidentada orografía.

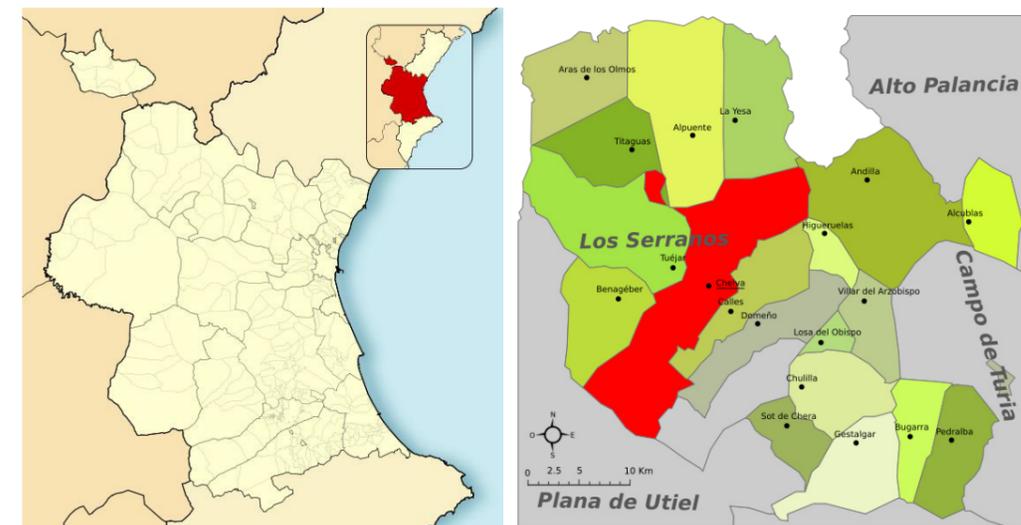


Fig. 2 Mapas de situación de Chelva

2.1. Visitas de campo

A pesar de que existen bases cartográficas disponibles, es importante conocer de primera mano la situación y el terreno donde se va a proyectar cualquier obra, y así contrastar la toda la información disponible, además de añadir detalles que de otra manera sería imposible conocer. Con este fin, se realizó una visita de campo el día 28 de enero de 2016.

Durante el transcurso de la visita, se pudo conocer la población donde se emplazarán las obras, haciendo hincapié en la localización aproximada por donde debía discurrir la



variante, para así poder conocer los posibles problemas constructivos o medioambientales que podrían aparecer.

En relación a la actuación en los cauces, se pudo observar, desde los lugares que tenían mayor accesibilidad, el estado en el que se encontraban, al igual que el material por el que están formados. Se observó también la vega que forma el río Chelva a su paso por la población y la existencia de distintos campos de cultivo.

2.2. Información hidrológica

La información hidrológica con la que se ha realizado este estudio se encuentra en el *Anejo 2. Estudio hidrológico*. En la siguiente tabla podemos ver los caudales estimados para diferentes periodos de retorno, los caudales de la cuenca Tuéjar 2 corresponden a los caudales pico que se utilizarán para la modelación del tramo del río Chelva, mientras que los caudales de la subcuenca 1 (SC1) corresponden a los caudales pico que se utilizarán para la modelación del tramo estudiado del Barranco del Convento.

	T = 100 años		T = 500 años	
Cuenca	Tuéjar 2	SC 1	Tuéjar 2	SC1
QpT (m3/s)	545.1	82.8	948.7	149.5

Tabla 1. Caudales pico para diferentes periodos de retorno

2.3. Información geológica

La información geológica y geotécnica con la que se ha realizado este estudio se encuentra en el *Anejo 1. Estudio geológico-geotécnico*. En las siguientes tablas podemos ver el tipo de material según PK de la traza de la variante.

PK inicio	PK final	Material
0+000	0+756.54	TK: Margas abigarradas con yesos y sales solubles.
0+756.54	0+868.77	TM2: Arcillas y margas rojas, amarillas e irisadas, con yesos y anhidrita.
0+868.77	1+490.35	Qa: Depósitos aluviales
1+490.35	2+168.05	TM3: Dolomías negras con calizas o calizo-dolomías grises y ocre.
2+168,05	3+537,95	Qa: Depósitos aluviales
3+537,95	3+775,82	TM3: Dolomías negras con calizas o calizo-dolomías grises
3+775,82	4+788,57	Qa: Depósitos aluviales

Tabla 2. Materiales de la traza de la variante

Por lo tanto, en este estudio se consideran los materiales de las zonas en las que se proyecta la construcción de los puentes:

- Primer puente sobre el río Chelva, del PK 0+620 al 0+920: Tk, TM2, Qa
- Segundo puente sobre el río Chelva, del PK 3+575 al 3+780: TM3, Qa
- Puente sobre el barranco del Convento, del PK 4+360 al 4+600: Qa

Estos materiales tienen las siguientes características granulométricas:

Material	Granulometría					
	#20	#5	#2	#0.4	#0.08	Finos (%)
Qa	97	91	88	79	48	20
Tm2	100	100	100	98	86	80

Tabla 3. Granulometría de los materiales de la traza de la carretera (Anejo. 1 Estudio geológico-geotécnico)

Material	Granulometría		
	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
Tk	10.4	32.2	57.4

Tabla 4. Granulometría del material de la traza de la carretera (Anejo 1. Estudio geológico-geotécnico)

3. MODELO DE SIMULACIÓN

El programa informático utilizado para el estudio es HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center), capaz de modelar hidráulicamente ríos naturales, encauzamientos o canales artificiales con flujos unidimensionales, permanentes, gradualmente variados y con diferentes geometrías. Este programa resuelve la ecuación de conservación de la energía para fluidos entre secciones, considerando pérdidas de carga debidas a contracciones y expansiones y las debidas a la fricción. De esta manera también puede analizar las pérdidas de carga debidas a la presencia de puentes u otro tipo de estructuras que puedan existir en los cauces o canales de estudio.

El programa necesita la definición geométrica de los cauces para poder resolver las ecuaciones, por lo tanto se introduce en los modelos un número suficiente de secciones transversales de manera que quede perfectamente definida la geometría del tramo a analizar.



Cada sección transversal se introduce en el modelo relacionando la distancia a un extremo de referencia con la cota absoluta de cada punto, empezando por la izquierda y en orden creciente. La numeración de cada una debe tener orden descendente partiendo desde aguas arriba hacia aguas abajo, siendo las secciones trasversales perpendiculares a la dirección del flujo.

El cálculo del perfil de la lámina de agua puede resolverse en régimen permanente subcrítico, supercrítico o mixto. La expresión utilizada es la siguiente:

$$y_2 + z_2 + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2 \cdot g} = y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2 \cdot g} + h_e \quad (1)$$

Donde,

- y_1, y_2 : calados en las secciones transversales
- z_1, z_2 : cota de cada solera
- v_1, v_2 : velocidad media en cada sección
- α_1, α_2 : coeficiente ponderado de la velocidad
- g : aceleración de la gravedad
- h_e : pérdidas de energía entre sección 1 y sección 2

Hay que tener en cuenta algunas hipótesis que HEC-RAS asume en su análisis: la primera, que el flujo es permanente; la segunda, que el flujo es gradualmente variado, a excepción de secciones en las que existan estructuras hidráulicas donde el flujo pueda ser rápidamente variado, en estas secciones se utilizará la ecuación de momentos u otras ecuaciones empíricas; la tercera, que el flujo es unidimensional; y por último, que se tratan pendientes pequeñas, menores que 1:10.

3.1. Alcance del modelo

Una correcta modelización hidráulica debe extenderse tanto aguas arriba como aguas abajo del tramo a estudiar teniendo en cuenta dos aspectos.

El primero de ellos es el efecto de las condiciones de contorno, se asegurará la validez del estudio si la cota de la lámina de agua en la sección aguas abajo del tramo converge a un valor con independencia de la condición de contorno utilizada.

El segundo aspecto a tener en cuenta aparece cuando existen obstrucciones en el tramo de estudio cuyos efectos sobre la lámina de agua pueden transmitirse hacia aguas arriba, en régimen lento, y hacia aguas abajo en régimen rápido. Para conocer este efecto, se amplía hacia aguas arriba y hacia aguas abajo el tramo modelizado hasta que el efecto en la cota de la lámina de agua no sea apreciable.

En este estudio se han desarrollado dos modelos, uno para el cauce del río Chelva y otro para el cauce del barranco del Convento. El primer modelo tiene una longitud aproximada de 6.5 km, tomando una distancia suficientemente alejada tanto aguas arriba del puente segundo puente sobre el río Chelva, como aguas abajo del primer puente para evitar errores producidos por las condiciones de contorno. El segundo modelo, comprende una longitud aproximada de 2.8 km, teniendo en cuenta las mismas consideraciones que en el primer modelo.

En ambos modelos hidráulicos se analizarán dos hipótesis de funcionamiento:

- La situación actual, a partir de la información de partida y con los parámetros hidráulicos correspondientes.
- La situación de la Alternativa Sur, añadiendo los puentes proyectados en el modelo correspondiente.

3.2. Datos geométricos

El primer paso para desarrollar el modelo hidráulico es crear su geometría. Para determinar la geometría del cauce que se quiere estudiar, se realiza un levantamiento topográfico en el que se toman perfiles transversales del cauce, que contienen coordenadas planimétricas y cotas de todos los puntos.

Para obtener estos datos se utilizan dos programas combinados. El primero de ellos, Giswater, gestiona datos espaciales para comunicarse con sistemas de simulación de agua y que además puede crear archivos SDF con datos de terreno exportables a HEC-RAS. Giswater se conecta a un sistema de información geográfica, QGIS, y a una base de datos de soporte (PostgreSQL+PostGIS). Con QGIS se crean proyectos SIG a partir de datos vector, datos ráster y bases de datos.

Para crear el proyecto, se parte de un modelo digital del terreno (MDT), disponible en el Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica, en

caso, se trabaja con un modelo digital de tamaño de celda de 5x5 m. En primer lugar, se crea la base de datos espacial y en el proyecto de QGIS se crean todas las capas necesarias para la definición de la geometría de los cauces: river (thalweg del cauce), banks (márgenes), flowpath (dirección de desbordamiento) y xscutlines (secciones transversales). Todas ellas capas vectoriales que contienen las polilíneas que definen cada parte del cauce y que tienen asociadas cotas basadas en el MDT. Para esto además, es útil el uso de una ortofoto de la zona a estudiar. A la hora de dibujar las secciones transversales, se tiene en cuenta cada cambio de dirección del flujo para que de esta forma se pueda medir adecuadamente el cauce.

Para finalizar, se vuelve a Giswater, donde se crea un archivo SDF que posteriormente se importa desde HEC-RAS y que servirá de geometría inicial para el estudio. Una vez

importada la geometría, se comprueban las secciones transversales, eliminando puntos innecesarios, se revisa la localización de los banks y se añaden levees.

Una vez revisadas las secciones, hace falta completar los parámetros hidráulicos en cada una de ellas, para dar por finalizada la creación de la geometría.

En las siguientes figuras se pueden observar las geometrías de los cauces estudiados y sus cruces con el recorrido de la nueva variante (en amarillo):

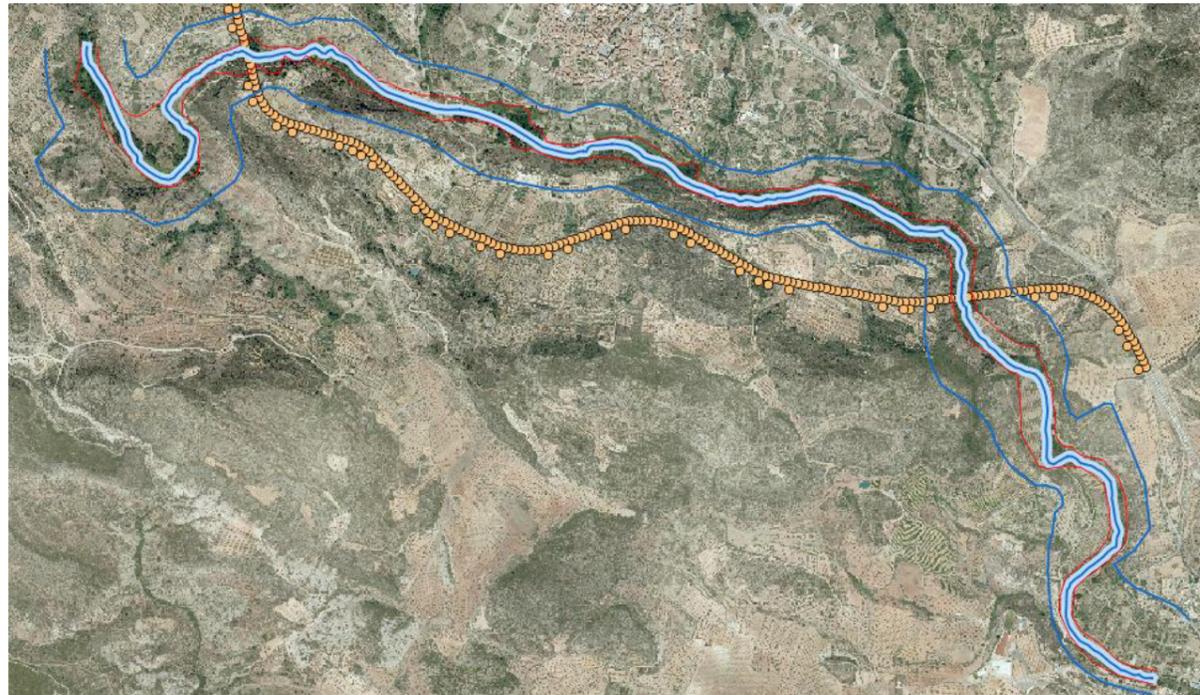


Fig. 3 Tramo del río Chelva modelizado en QGIS

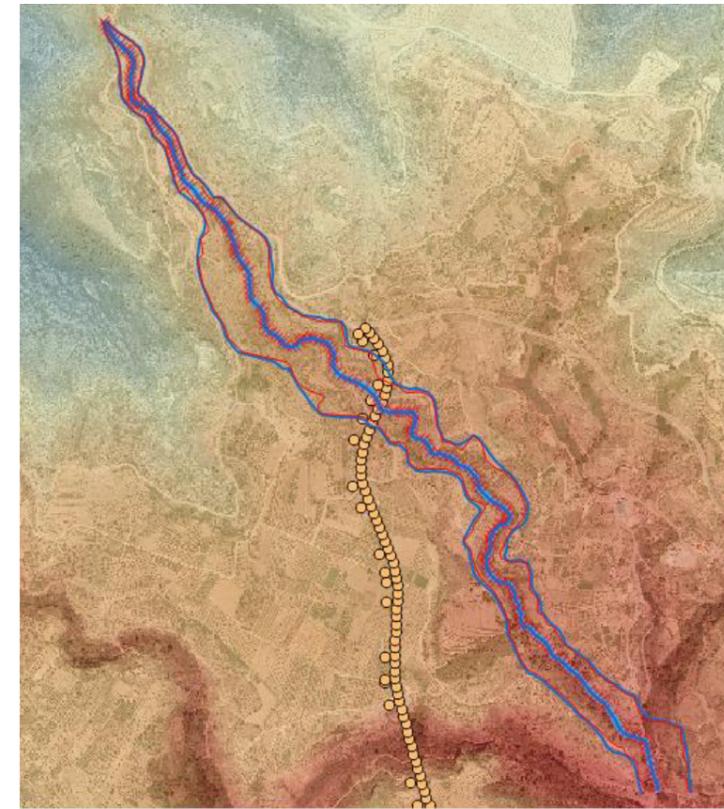


Fig. 4 Tramo del barranco del Convento modelizado en QGIS

3.3. Parámetros hidráulicos

3.3.1. Coeficiente de rugosidad

3.3.1.1. Procedimiento de estimación de los coeficientes de rugosidad

Para la estimación de los coeficientes de rugosidad de Manning (n) se ha utilizado el método de Cowan (1956), con la ayuda de las recomendaciones del United States Geological Survey (USGS, 1989) en su documento "Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains". La determinación del coeficiente de rugosidad no dispone de un método exacto y hallarlo requiere experiencia, por ello existe la posibilidad de apoyarse en tablas, como las presentes en el libro "Hidráulica en Canales Abiertos" (Chow, 1959).

Para determinar este valor, Cowan desarrolló la siguiente formulación:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m \quad (2)$$

donde:



- n_0 : el valor base del coeficiente de Manning para un cauce recto y uniforme de material natural.
- n_1 : factor de corrección por el efecto de las irregularidades superficiales.
- n_2 : factor de corrección por variaciones de forma y tamaño de la sección transversal.
- n_3 : factor de corrección por obstrucciones en el cauce.
- n_4 : factor de corrección por vegetación y condiciones del flujo.
- m : factor de corrección para cauces meandriformes.

Los factores que afectan al coeficiente de rugosidad de Manning, como se puede observar en la fórmula anterior, son varios:

- La rugosidad superficial

Es uno de los factores más importantes, en ocasiones el único. Considera el tamaño y la forma del material que forma el perímetro mojado. En corrientes aluviales con materiales finos (arenas, arcillas, limos o margas), con granos finos a los que corresponden generalmente valores más bajos de n el efecto retardador del flujo es menor que cuando los materiales que lo forman son más gruesos (gravas o cantos rodados). En este segundo caso, los valores de n son más altos.

En la siguiente tabla podemos ver algunos coeficientes base según el material del lecho:

Table 1. Base values of Manning's n
[Modified from Aldridge and Garrett, 1973, table 1; —, no data]

Bed material	Median size of bed material (in millimeters)	Base n value	
		Straight uniform channel ¹	Smooth channel ²
Sand channels			
Sand ³	0.2	0.012	—
	.3	.017	—
	.4	.020	—
	.5	.022	—
	.6	.023	—
	.8	.025	—
	1.0	.026	—
Stable channels and flood plains			
Concrete	—	0.012–0.018	0.011
Rock cut	—	—	.025
Firm soil	—	0.025–0.032	.020
Coarse sand	1–2	0.026–0.035	—
Fine gravel	—	—	.024
Gravel	2–64	0.028–0.035	—
Coarse gravel	—	—	.026
Cobble	64–256	0.030–0.050	—
Boulder	>256	0.040–0.070	—

¹ Benson and Dalrymple (1967).
² For indicated material; Chow (1959).
³ Only for upper regime flow where grain roughness is predominant.

Fig. 5 Valores base para la n de Manning (USGS)

Además de utilizar alguno de los valores de n_0 de la tabla anterior, asociados a diferentes tipos de material, se pueden obtener valores del coeficiente de rugosidad a partir de ecuaciones, como pueden ser las siguientes fórmulas de resistencia aproximadas para lecho granular:

STRICKLER (1923): lecho granular de tamaño único $D=D_{50}$.	$n = \frac{D^{\frac{1}{6}}}{21.1}$ (3)
STRICKLER (1923): D_{50} en pies.	$n = \frac{D_{50}^{\frac{1}{6}}}{31.3}$ (4)
STRICKLER (1923): D_{65} en mm.	$n = \frac{D_{65}^{\frac{1}{6}}}{75.5}$ (5)
MEYER-PETER Y MULLER (1948): lecho arenoso de granulometría variable, con D_{90} en metros.	$n = \frac{D_{90}^{\frac{1}{6}}}{26}$ (6)
U.S. FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (1975): lechos de gravas, con D_{50} en pies.	$n = 0.0395 D_{50}^{\frac{1}{6}}$ (7)

Tabla 5. Fórmulas de resistencia aproximadas para lecho granular

- Las irregularidades del canal

Las irregularidades, tanto en superficies como las variaciones de sección transversal, añaden rugosidad adicional a la causada por otros factores. Estas irregularidades pueden estar causadas por barras u ondas de arena, crestas o depresiones, fosos o montículos en el lecho del canal. En general, cambios graduales y uniformes entre secciones no producen apenas efectos en el valor de n . Sin embargo, cuando se trata de cambios abruptos o secciones grandes y pequeñas alternadas, se requiere un mayor valor de n .

Los criterios para establecer el valor de n_1 son los siguientes:

- *Suave*: para superficies comparables con la mejor posible en los materiales existentes.
- *Menor*: para canales artificiales bien dragados, con taludes ligeramente erosionados o socavados en canales artificiales o de drenaje
- *Moderado*: para canales medio o pobremente dragados, con taludes laterales moderadamente derrumbados o erosionados de canales artificiales o canales de drenaje.
- *Severo*: bancas muy derrumbadas en cauces naturales o con taludes muy erosionados o muy derrumbados en canales artificiales o canales de drenaje, y en canales artificiales excavados en roca, con superficies deformes, con entrantes y salientes e irregulares.



Los criterios para establecer el valor de n_2 son los siguientes:

- *Gradual*: el cambio en el tamaño o la forma es de manera gradual.
- *Ocasionalmente alternante*: las secciones grandes y pequeñas se alternan ocasionalmente o los cambios en la forma causan el cambio de la corriente de un lado a otro.
- *Frecuentemente alternante*: las secciones grandes y pequeñas se alternan con frecuencia o los cambios en la forma causan frecuentes cambios de la corriente de un lado a otro.

• **Obstrucciones**

Se refiere a la presencia de troncos, pilas de puente y estructuras similares. La magnitud del aumento de n depende de la naturaleza de las obstrucciones, su tamaño, forma, cantidad y distribución.

Los criterios que se han utilizado para establecer el valor de n_3 consideran cuatro graduaciones: *Insignificante*, *Menor*, *Apreciable* o *Severo*, que quedan resumidas en la siguiente tabla.

Effect of obstruction (n_3)	Value	Description
Negligible	0.000–0.004	A few scattered obstructions, which include debris deposits, stumps, exposed roots, logs, piers, or isolated boulders, that occupy less than 5 percent of the cross-sectional area.
Minor	0.005–0.015	Obstructions occupy less than 15 percent of the cross-sectional area, and the spacing between obstructions is such that the sphere of influence around one obstruction does not extend to the sphere of influence around another obstruction. Smaller adjustments are used for curved smooth-surfaced objects than are used for sharp-edged angular objects.
Appreciable	0.020–0.030	Obstructions occupy from 15 to 50 percent of the cross-sectional area, or the space between obstructions is small enough to cause the effects of several obstructions to be additive, thereby blocking an equivalent part of a cross section.
Severe	0.040–0.050	Obstructions occupy more than 50 percent of the cross-sectional area, or the space between obstructions is small enough to cause turbulence across most of the cross section.

Fig. 6 Valores para los factores correctores por efecto de las obstrucciones. (USGS)

• **Vegetación**

La vegetación reduce de manera notable la capacidad de los canales y retarda el flujo. Este efecto depende de la altura, la densidad, la distribución y el tipo de vegetación.

Los criterios para seleccionar el grado de afección de la vegetación, es decir, el valor de n_4 son los siguientes:

- *Bajo*:
 - Crecimientos densos de pastos o malezas flexibles, con la profundidad promedio del flujo de 2 a 3 veces la altura de la vegetación.

- Varas flexibles de plantas jóvenes donde la profundidad promedio del flujo es de 3 a 4 veces la altura de la vegetación.
- *Medio*:
 - Césped con una profundidad promedio de flujo de 1 a 2 veces la altura de vegetación.
 - Pastos con tallo, malezas o plantas jóvenes con cubierta moderada cuando la profundidad promedio es de 2 a 3 veces la altura de vegetación.
 - Crecimientos de matorrales, moderadamente densos (similares a sauces de 2 años, durante la estación invernal), a lo largo de los taludes laterales de un canal sin vegetación importante a lo largo del fondo del canal, cuando el radio hidráulico es mayor que 2 pies.
- *Alto*:
 - Prados de césped cuando la profundidad promedio es similar a la altura de la vegetación.
 - Sauces o plantas de algodón de 8 a 10 años durante la estación invernal, con crecimiento intermedio de malezas y matorrales, sin vegetación en el fondo, cuando el radio hidráulico es mayor que 2 pies.
 - Matorrales de sauces de en torno a 1 año de edad durante la estación de crecimiento, con intercalaciones de algunas malezas con follaje completo a lo largo de los taludes laterales sin vegetación importante a lo largo del fondo del canal, cuando el radio hidráulico es mayor que 2 pies.
- *Muy alto*:
 - Pastos cuando la profundidad media del flujo es menor que la mitad de la altura de la vegetación.
 - Matorrales de sauces durante la estación de crecimiento, con crecimientos intercalados de malezas con follaje completo a lo largo de los taludes laterales o crecimientos densos de plantas de hojas anchas en el fondo del canal.
 - Árboles en la estación de crecimiento con intercalaciones de malezas y matorrales, todos con follaje completo.

• **Efecto por meandros**

Cuando se considera el alineamiento del canal, hay que tener en cuenta que curvas suaves con radios grandes nos dan valores de n menores, mientras que si tratamos con curvas bruscas en meandros severos, el valor de n se incrementa.

Este valor depende de la relación entre la longitud con meandros y la longitud recta del tramo del canal. Los meandros se consideran menores para relaciones de 1 a 1.2, apreciables para relaciones de 1.2 a 1.5 y severos para relaciones de mayores a 1.5.



Se pueden ver los valores para los coeficientes recomendados por Chow en la siguiente tabla:

Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fig. 7 Valores para los coeficientes correctores (Chow)

Además, en la siguiente tabla podemos ver los valores para los coeficientes correctores modificados por el USGS, en los que se basará principalmente el estudio de rugosidades:

Table 2. Adjustment values for factors that affect the roughness of a channel [Modified from Aldridge and Garrett, 1973, table 2]

Channel conditions	n value adjustment ¹	Example
Degree of irregularity (n_1)	Smooth	0.000
	Minor	0.001-0.005
	Moderate	0.006-0.010
Variation in channel cross section (n_2)	Severe	0.011-0.020
	Gradual	0.000
Effect of obstruction (n_3)	Alternating occasionally	0.001-0.005
	Alternating frequently	0.010-0.015
	Negligible	0.000-0.004
Amount of vegetation (n_4)	Minor	0.005-0.015
	Appreciable	0.020-0.030
	Severe	0.040-0.050
Degree of meandering ² (m)	Small	0.002-0.010
	Medium	0.010-0.025
	Large	0.025-0.050
Degree of meandering ² (m)	Very large	0.050-0.100
	Minor	1.00
Degree of meandering ² (m)	Appreciable	1.15
	Severe	1.30

¹ Adjustments for degree of irregularity, variations in cross section, effect of obstructions, and vegetation are added to the base n value (table 1) before multiplying by the adjustment for meander.
² Adjustment values apply to flow confined in the channel and do not apply where downvalley flow crosses meanders.

Fig. 8 Modificación para los valores de los coeficientes correctores (USGS)

De esta manera, con ayuda de los expuesto anteriormente y contando con la información observada en la visita de campo y las ortofotos disponibles, en los próximos apartados se estimará el coeficiente de Manning tanto para el río Chelva como para el Barranco del Convento. Ambos cauces cruzados por el trazado de la alternativa Sur.

3.3.1.2. Estimación del coeficiente de rugosidad en el río Chelva.

En primer lugar, se ha dividido el cauce del río Chelva en 3 zonas diferenciadas. Una primera corresponde al lecho del río. Las otras dos zonas corresponden a cada margen, a izquierda y derecha del río. Se ha dividido en estas zonas porque cada una tiene diferentes características. Sin embargo, a lo largo de la zona estudiada, estas características son relativamente constantes y se tomará un único coeficiente de rugosidad para cada zona.



Fig. 9 Tramo de río Chelva modelizado en HEC-RAS

Teniendo en cuenta los datos geotécnicos disponibles, las fotografías y los datos obtenidos en la visita de campo, para calcular el coeficiente de rugosidad base se va a utilizar la ecuación del U.S. Federal Highway Administration (FHWA), que establece un coeficiente a partir del diámetro cincuenta del material.

En las siguientes fotografías se puede observar el diámetro medio del material del lecho, una grava con cantos redondeados de unos 0.020 m de diámetro.



Fig. 10 Material del lecho del cauce. (Fuente propia)

Por lo tanto, aplicando la ecuación del FHWA, el coeficiente de rugosidad base del lecho del río queda determinado en la siguiente tabla:

D50 (m)	D50 (ft)	n0
0.020	0.049	0.024

Tabla 6. Coeficiente de rugosidad base del lecho del río Chelva

Teniendo en cuenta las posibles irregularidades del cauce, basándose en la descripción del apartado anterior, a esta zona le correspondería un grado de irregularidad moderado, con un coeficiente corrector n_1 de 0.006, el menor de la horquilla de valores para este grado.

Respecto a la variación de la sección transversal se le asigna el valor correspondiente a la descripción de ocasionalmente alternante, ya que se encuentran secciones a lo largo del recorrido del lecho que varían. Se asigna un valor a n_2 de 0.003, el valor intermedio de la horquilla.

En el tramo estudiado, las obstrucciones encontradas se consideran menores, ya que se producen en muy pocas secciones y de manera que ocupan menos del 15% de la sección transversal. En general se trata de pequeños pasos o puentes que no afectan de forma considerable al paso del flujo. Se asigna un valor de 0.005 al factor n_3 .



Fig. 11 Tipo de obstrucciones en el cauce (Fuente propia)

Respecto a la cantidad de vegetación existente, teniendo en cuenta las fotografías tomadas en la visita de campo y las obtenidas por internet de otro año en diferente época:



Fig. 12 Vegetación en el cauce de río Chelva (Fuente: Google.maps)

Como se puede observar aparecen tanto árboles y matorrales como plantas flexibles, por lo que se considera un grado alto, al que se le asigna un coeficiente corrector n_4 de 0.030.



Fig. 13 Material y tipo de vegetación del cauce del río Chelva (Fuente propia)



Fig. 14 Vegetación en el cauce del río Chelva (Fuente: Google.maps)



Fig. 15 Estado del cauce cerca del tramo final (Fuente: Google.maps)

Por último, para asignar el coeficiente corrector por el efecto de los meandros, se calcula en primer lugar la sinuosidad del cauce:

$$\text{Sinuosidad} = \frac{\text{Longitud total}}{\text{Longitud línea recta}} = \frac{6170.36}{4337.69} = 1.42$$

Como se encuentra en la horquilla [1.2, 1.5] se considera un grado de afección por meandros de apreciable al que se le asigna un valor de m de 1.15.

Así, el coeficiente de rugosidad en el lecho es de:

$$n = (0.024 + 0.006 + 0.003 + 0.005 + 0.030) * 1.15 = 0.078$$

En el caso de las márgenes, se considera, según la información del estudio geotécnico del *Anejo 1*, que la margen derecha del río está formada por dolomías negras con calizas o calizo-dolomías, por lo tanto se le asigna un coeficiente de rugosidad de base, basado en la tabla de la figura 5 (USGS), de 0.025. La margen izquierda se considera que contiene tramos iguales a la margen derecha y tramos más degradados con presencia de arcillas, por lo tanto se le asigna un coeficiente de rugosidad base de 0.020.

Respecto al grado de irregularidad se considera severo en la margen derecha, al ser una ladera más escarpada con un coeficiente n_1 de 0.015. En la margen izquierda se considera un grado de irregularidad moderado con un coeficiente n_1 de 0.010.

La margen derecha se configura con secciones poco variables, y cuando cambian, lo hacen de forma gradual, por lo tanto se le asigna un valor de n_2 de 0. Mientras que la

margen izquierda es más cambiante y se considerará ocasionalmente alternante con un coeficiente n_2 de 0.005.

En cuanto al grado de obstrucción, en la margen derecha se considera insignificante, con lo que adoptaría un valor de n_3 de 0.002; mientras que en la margen izquierda, al aparecer algunas estructuras pertenecientes al pueblo, alguna edificación, etc. se adoptará un valor de n_3 de 0.010.

Respecto al grado de afección de la vegetación en las márgenes, se considera un grado menor, ya que tanto en la margen izquierda como en la derecha no se aprecia apenas vegetación a excepción de algún campo de cultivo. Por lo tanto, se asigna a ambas un valor de n_4 de 0.002.

El coeficiente m , al depender de las longitudes del cauce, es el mismo que en el caso del lecho.

Así pues, los coeficientes de rugosidad en las márgenes son:

$$n(\text{derecha}) = (0.025 + 0.015 + 0 + 0.002 + 0.002) * 1.15 = 0.051$$

$$n(\text{izquierda}) = (0.020 + 0.010 + 0.005 + 0.010 + 0.002) * 1.15 = 0.054$$

Se puede ver en la siguiente tabla resumen:

	Base	Irregularidad	Sección	Obstrucción	Vegetación	Sinuosidad	n
	n_0	n_1	n_2	n_3	n_4	m	
Lecho	0.024	0.006	0.003	0.005	0.03	1.15	0.078
Margen derecha	0.025	0.015	0	0.002	0.002	1.15	0.051
Margen izquierda	0.020	0.010	0.005	0.010	0.002	1.15	0.054

Tabla 7. Coeficientes de Manning del tramo estudiado.

3.3.1.3. Estimación del coeficiente de rugosidad en el Barranco del Convento

El tramo final de la Alternativa Sur cruza el Barranco del Convento, en la imagen podemos ver el recorrido que se ha elegido modelizar de este cauce.

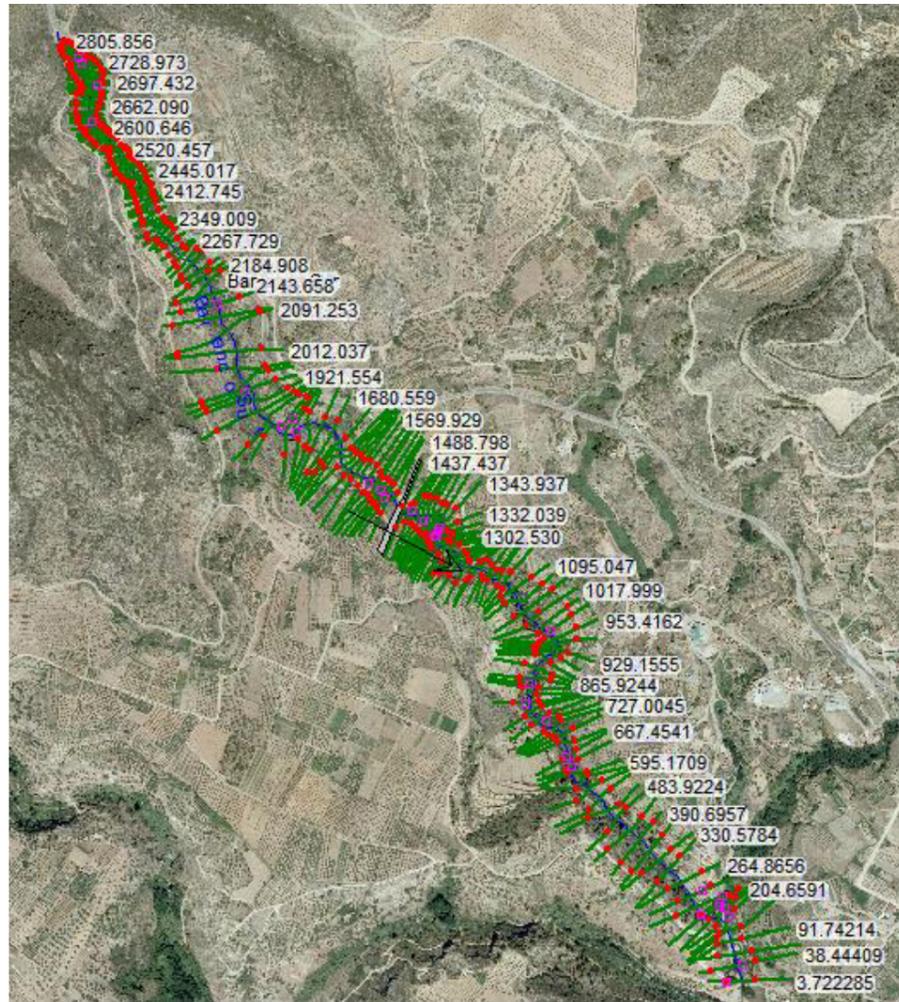


Fig. 16 Tramo del barranco del Convento modelizado en HEC-RAS

En este caso, se ha dividido en lecho y márgenes como en el caso anterior, aunque la diferencia de rugosidades resulte mínima entre las diferentes zonas. En primer lugar, de las fotografías disponibles, las observaciones realizadas en la visita de campo y la información disponible del estudio geotécnico, se trata de un material muy similar al presente en el lecho del río Chelva, por lo tanto, aplicando la ecuación del FHWA, el coeficiente de rugosidad base del lecho del río queda determinado en la siguiente tabla:

D50 (m)	D50 (ft)	n0
0.025	0.082	0.026

Tabla 8. Coeficiente de rugosidad base del lecho del barranco



Fig. 17 Ejemplo de los materiales y vegetación del barranco (Fuente: Google.maps)

Teniendo en cuenta las irregularidades entre secciones, se pueden considerar que se trata de irregularidades menores, aunque con alguna presencia, por lo tanto se adoptará un coeficiente corrector n1 de 0.005 para el lecho y uno valor de 0.004 para las márgenes.

En cuanto al coeficiente corrector por variación de las secciones, se considerará en todos los casos ocasionalmente alternante, pero con un valor ligeramente mayor para el lecho que para las márgenes, que son algo más constantes. Por lo tanto se asignará un valor de n2 de 0.005 para el lecho y de 0.003 para las márgenes.

Sin embargo, las obstrucciones en este cauce son mínimas, a excepción de pequeños caminos o un canal que lo atraviesa, que en ninguno de los casos ocupa más del 5% de la sección correspondiente. Por lo tanto se adoptará el máximo valor del coeficiente corrector n3, 0.004, para la horquilla correspondiente al grado Insignificante.



Fig. 18 Ejemplo de obstrucción en el cauce (Fuente: Google.maps)

Para asignar el coeficiente correspondiente al grado de afección de la vegetación, basándose en las fotografías disponibles, se ha asignado un coeficiente corrector n4 de 0.008 correspondiente al grado de afección pequeño, debido a que la vegetación existente es de tipo malezas flexibles, y pequeños matorrales con bajas alturas. Se asigna tanto al lecho como a las márgenes porque en general, todo el tramo estudiado es

bastante regular en este aspecto. En la siguiente imagen se puede apreciar la vegetación al final del tramo modelizado, cuando el Barranco del Convento desemboca en el Barranco del Montú.



Fig. 19 Vegetación al final del tramo estudiado (Fuente: Google.maps)

Como en el caso anterior, para asignar el coeficiente debido a la afección de los meandros, se calculará la sinuosidad del tramo a partir de la longitud total del tramo y la longitud en línea recta:

$$\text{Sinuosidad} = \frac{\text{Longitud total}}{\text{Longitud línea recta}} = \frac{2829.96}{2454.96} = 1.15$$

Como se encuentra en la horquilla de valores [1.0, 1.2], se considera un grado de afección por meandros menor con un coeficiente corrector m de 1.0.

Así pues, el coeficiente de rugosidad en el lecho resulta:

$$n = (0.026 + 0.005 + 0.005 + 0.004 + 0.008) * 1 = 0.048$$

Y en las márgenes:

$$n(\text{derecha}) = (0.026 + 0.004 + 0.003 + 0.004 + 0.008) * 1 = 0.045$$

$$n(\text{izquierda}) = (0.026 + 0.004 + 0.003 + 0.004 + 0.008) * 1 = 0.045$$

Se puede ver en la siguiente tabla:

	Base n0	Irregularidad n1	Sección n2	Obstrucción n3	Vegetación n4	Sinuosidad m	n
Lecho	0.026	0.005	0.005	0.004	0.008	1	0.048
Margen derecha	0.026	0.004	0.003	0.004	0.008	1	0.045
Margen izquierda	0.026	0.004	0.003	0.004	0.008	1	0.045

Tabla 9. Coeficientes de Manning calculados para el tramo estudiado

3.3.2. Coeficientes de expansión y contracción

En el cálculo de las pérdidas de energía locales debidas a la transición entre dos secciones adyacentes intervienen los coeficientes de contracción y expansión. En el documento HEC-RAS Reference Manual 4.1 se presenta una tabla de valores típicos para estos coeficientes. Por defecto HEC-RAS asigna el valor de 0.1 al coeficiente de contracción y 0.3 al de expansión, los valores correspondientes a una transición gradual.

En la hipótesis de funcionamiento actual, estos valores serán los que se adopten, cuando se introduzcan los puentes proyectados de la alternativa Sur, en apartados posteriores, se aumentarán ligeramente estos coeficientes.

De esta manera se aumentará el valor del coeficiente de contracción a 0.3 en las secciones inmediatamente aguas arriba y aguas abajo de cada puente, y a 0.5 el coeficiente de expansión. Estos valores son los correspondientes en el documento HEC-RAS Reference Manual 4.1 a las secciones normales de puente.

3.3.3. Condiciones de contorno

La condiciones de contorno son necesarias para establecer la lámina de agua inicial en los extremos del tramo, se introducen en el modelo en una o ambas secciones extremas, según el tipo de flujo. Si se trata de régimen rápido, la condición de contorno se establece en la sección aguas arriba; si se trata de régimen lento, la condición de contorno se establece en la sección aguas abajo; sin embargo, si se trata de régimen mixto, se establecen dos condiciones de contorno, en cada una de las secciones extremas.

Existen cuatro formas de establecer las condiciones de contorno:

- Cota de lámina de agua conocida
- Calado crítico
- Calado normal

- Curva de gasto

Teniendo en cuenta que los dos cauces analizados en este estudio son cauces naturales, el régimen varía a lo largo de su recorrido, por lo tanto se trabaja en régimen mixto. De este modo, se necesitan dos condiciones de contorno para cada modelo. Así, en ambos modelos se establece la condición de contorno de calado normal en la sección aguas arriba. La condición de contorno aguas abajo, sin embargo, se establece como calado crítico para ambos modelos. Estas elecciones se basan en la magnitud de la pendiente de los cauces, que en ambos casos pueden considerarse grandes.

En primer lugar, para establecer la condición de contorno aguas arriba, HEC-RAS requiere el valor de la pendiente de la línea de energía para poder calcular el calado normal. En general, la pendiente de la línea de energía puede asimilarse a la pendiente longitudinal del tramo próximo a la sección.

Cuando se establece calado crítico como condición de contorno en alguna sección, HEC-RAS no requiere más información, ya que el programa calcula el calado crítico y lo utiliza como condición límite. De esta manera, sabiendo que se tratan pendientes suficientemente grandes, y teniendo la consideración de tomar tramos suficientemente largos tanto aguas arriba como aguas abajo en el estudio, minimizamos la probabilidad de incurrir en errores debidos a que las condiciones de contorno en los extremos no sean exactamente las condiciones reales.

3.4. Simulación con la situación actual

3.4.1. Río Chelva

El tramo estudiado del río Chelva comprende aproximadamente 6 km en los que se pueden apreciar distintos tramos diferenciados por su pendiente. El tramo comienza aguas arriba de un meandro de dimensiones considerables, sigue su recorrido encajado en el terreno, sobretodo en la margen derecha, y continúa con curvas amplias al pasar por el Sur de Chelva, una vez pasada la población, las curvas del trazado se acentúan un poco hasta llegar a la localidad de Calles, donde termina el modelo.

En cuanto a la pendiente, como se puede apreciar en los perfiles longitudinales de las siguientes figuras, existe un primer tramo de más de 1000 metros con pendientes menores al 1%, al que sigue un tramo de unos 500 metros con pendientes mucho mayores, en algunos casos superiores al 10%, continúa un tramo de unos 1500 metros con pendientes en general menores al 1%. Continúa de nuevo un tramo de más de 600 metros con grandes pendientes y un tramo final con menores pendientes.

En las gráficas de las figuras 22 y 23 se puede observar el perfil longitudinal del tramo de estudio con la altura de lámina de agua que provocarían avenidas con periodo de retorno 100 y 500 años, respectivamente.

En general, para ambos periodos de retorno, en los tramos con pendientes menores, predomina el régimen lento cambiando en ocasiones de régimen en los tramos intermedios donde cambia la pendiente del lecho del río.

Para la avenida de periodo de retorno de 100 años aparecen calados entre los 2 y los 8 metros, con velocidades en algunos casos de casi 10 m/s, como se puede apreciar en la gráfica siguiente.

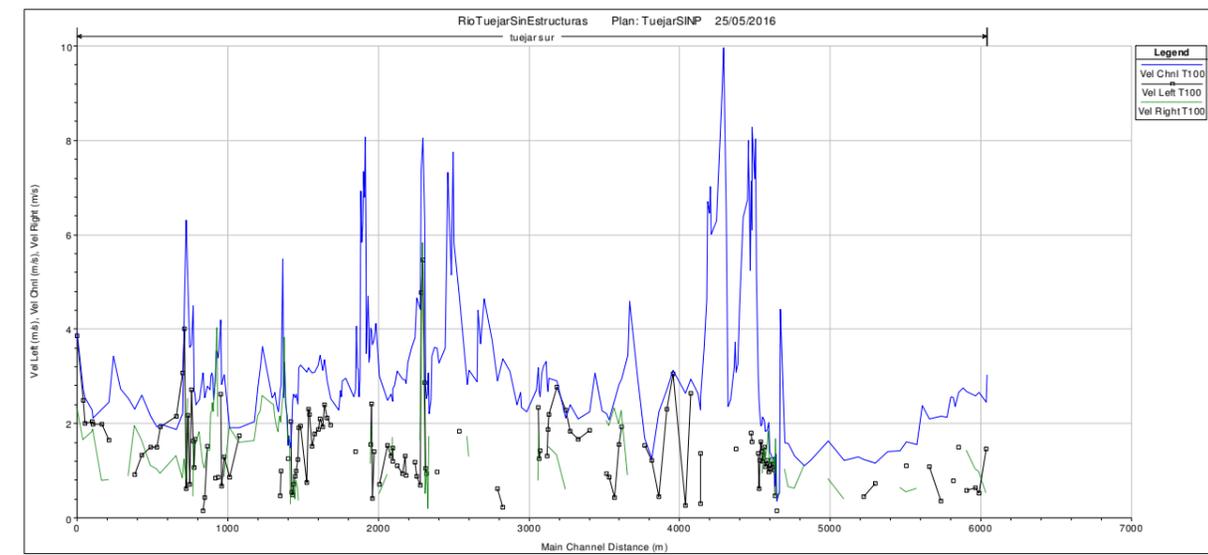


Fig. 20 Gráfica de velocidades del río Chelva para T=100 años (HEC-RAS)

Para la avenida de periodo de retorno de 500 años aparecen calados entre los 2 y los 11 metros, con velocidades en algunos casos de hasta 11 m/s, como se puede apreciar en la siguiente gráfica:

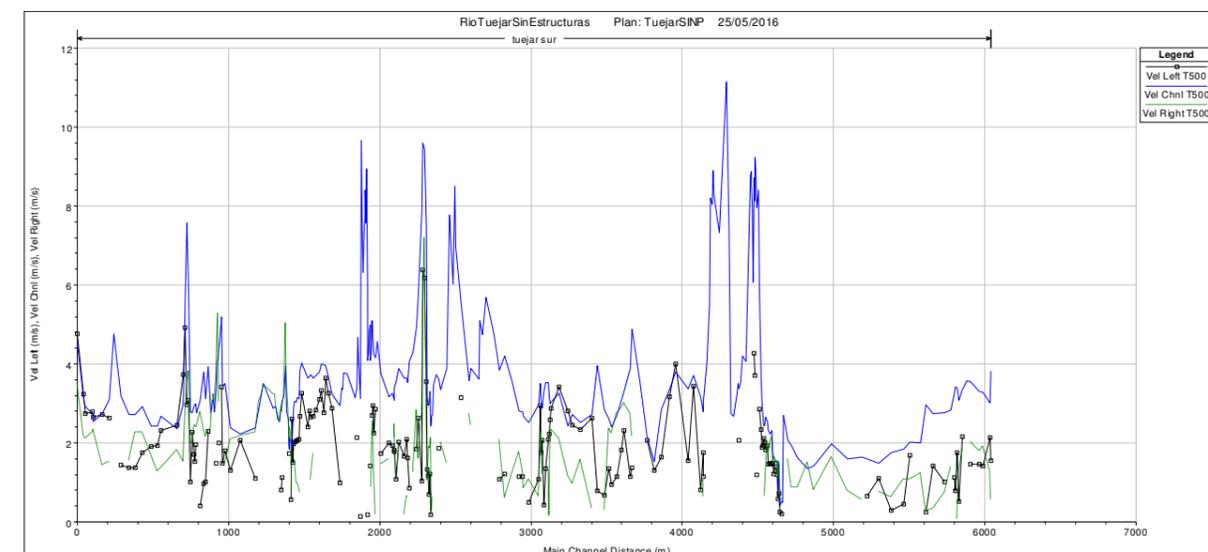


Fig. 21 Gráfica de velocidades del río Chelva para T=500 años (HEC-RAS)



ALTERNATIVA SUR.

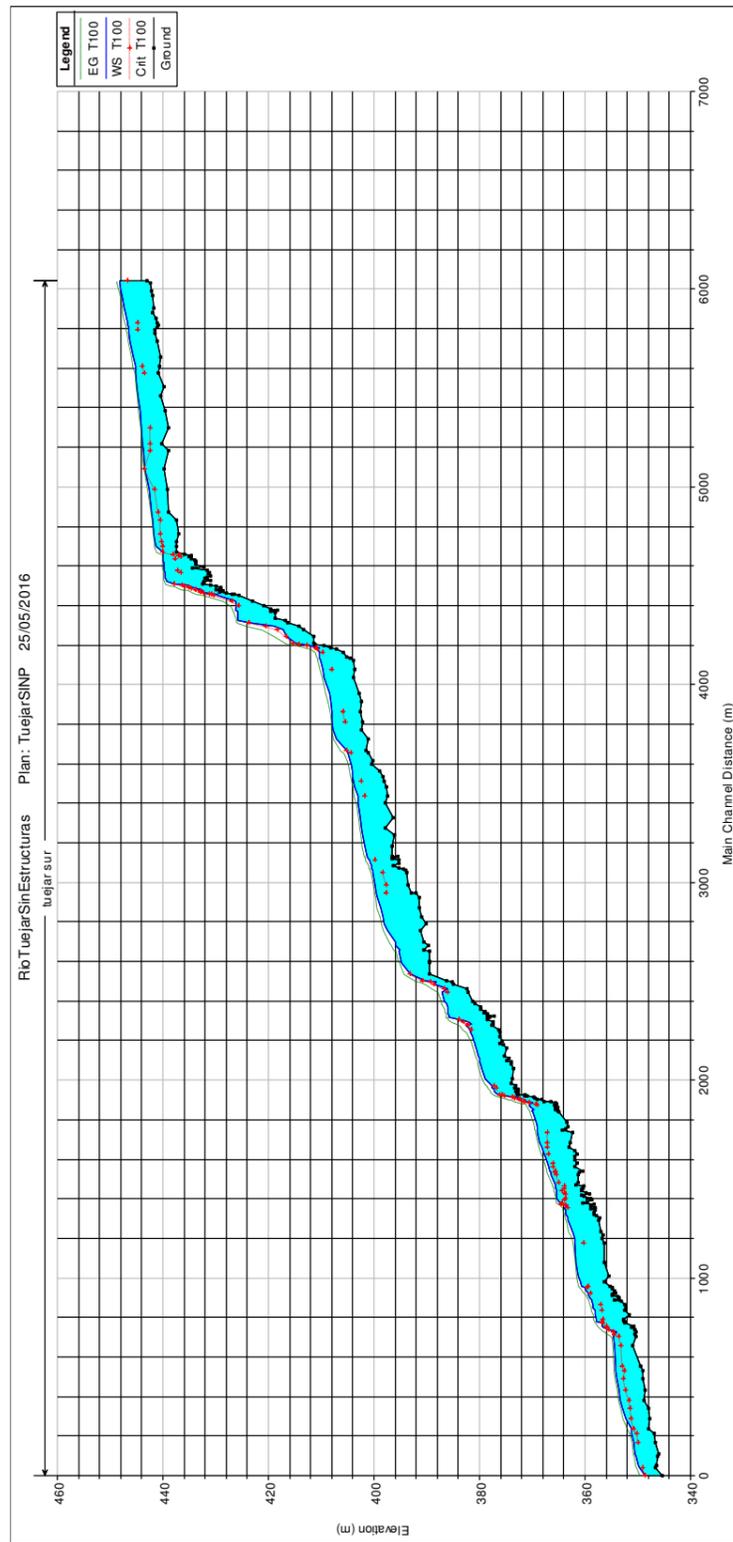


Fig. 22 Perfil longitudinal del tramo estudiado del Chelva para T=100 años (HEC-RAS)

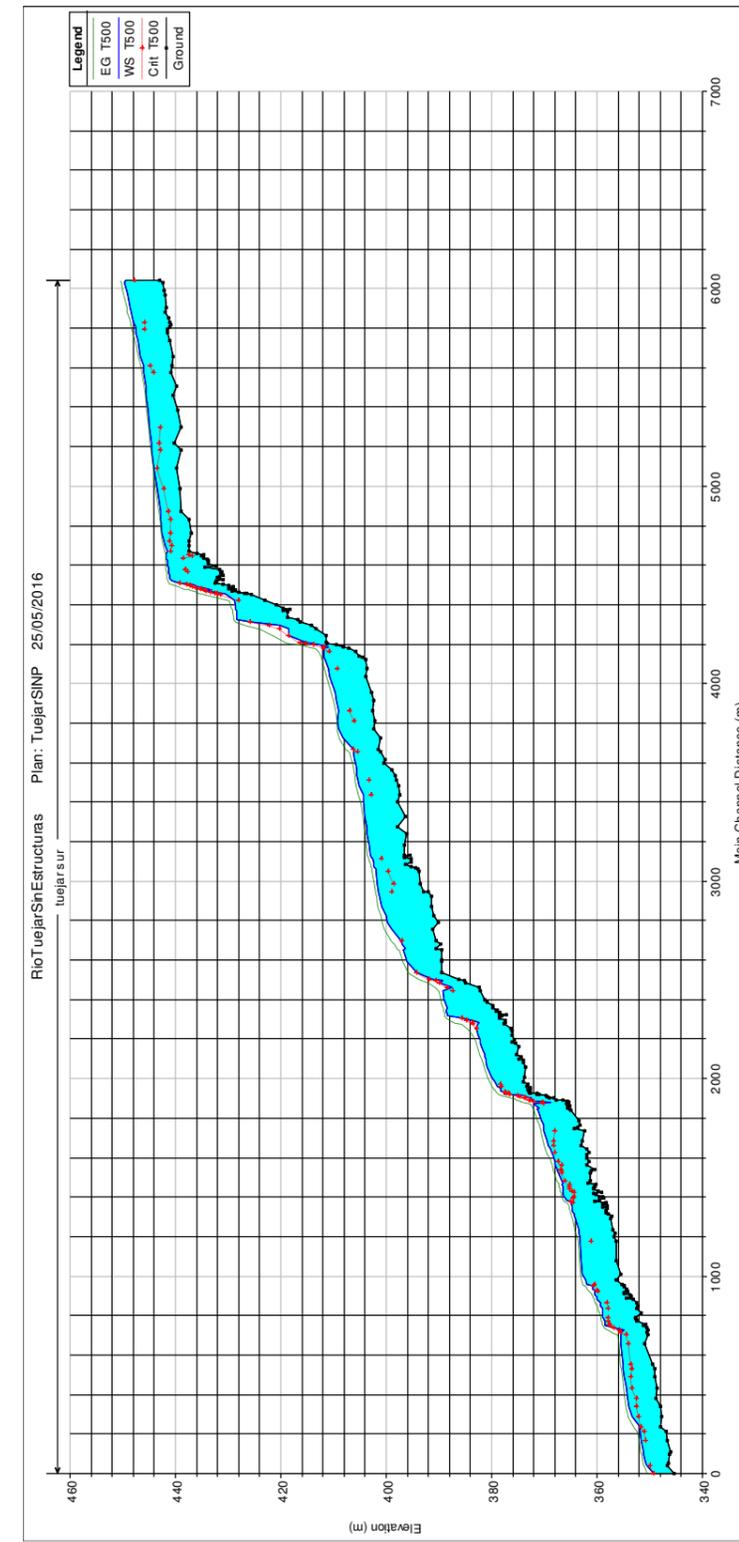


Fig. 23 Perfil longitudinal del tramo estudiado del Chelva para T=500 años (HEC-RAS)



En el *Apéndice I: Cálculos de la situación actual. Río Chelva* se incluyen las tablas de resultados de HEC-RAS de la simulación de la avenida con periodo de retorno 500 años, la que se utilizará para diseñar las protecciones. Contiene información asociada a la ecuación de la energía, cotas de lámina de agua y comparaciones con régimen crítico, descripciones geométricas del alcance de la crecida y sobre su capacidad erosiva. Las variables incluidas en la tabla son:

- River Station: Ubicación de la sección
- Q Total: Caudal total de la sección transversal
- Min Ch El: Cota mínima de la sección (thalweg)
- W.S. Elev: Cota de la lámina de agua
- Crit W.S.: Cora de la lámina de agua correspondiente al régimen crítico
- E.G. Elev: Cota de la línea de energía
- E.G. Slope: Pendiente de la línea de energía
- Vel Total: Velocidad promedio de la sección mojada
- Flow Area: Área de la sección mojada
- Top Width: Anchura de la superficie libre
- Froude #XS: Número de Froude de la sección completa
- Shear Total: Tensión tangencial promedio de la sección completa

3.4.2. Barranco del Convento

El tramo estudiado del barranco del Convento tiene una longitud de aproximada de 2.8 km, con un recorrido predominantemente recto, con algunas curvas en el tramo central, y finaliza en el barranco del Montú para acabar desembocando en el río Chelva.

Como se puede observar en los perfiles longitudinales, la pendiente es relativamente constante a lo largo de todo el tramo, en torno al 5%.

En las gráficas de las figuras 26 y 27 se puede observar el perfil longitudinal del tramo de estudio con la altura de lámina de agua que provocarían avenidas con periodo de retorno 100 y 500 años, respectivamente. En general, para ambos periodos de retorno se trata de regímenes muy cambiantes con gran cantidad de resaltos debidos a los cambios constantes en la cota del lecho del barranco y las grandes pendientes.

Con la avenida de periodo de retorno 100 años aparecen calados entre 1 y 5 metros, con velocidades entre los 2 y los 10 m/s, como se puede apreciar en la siguiente gráfica:

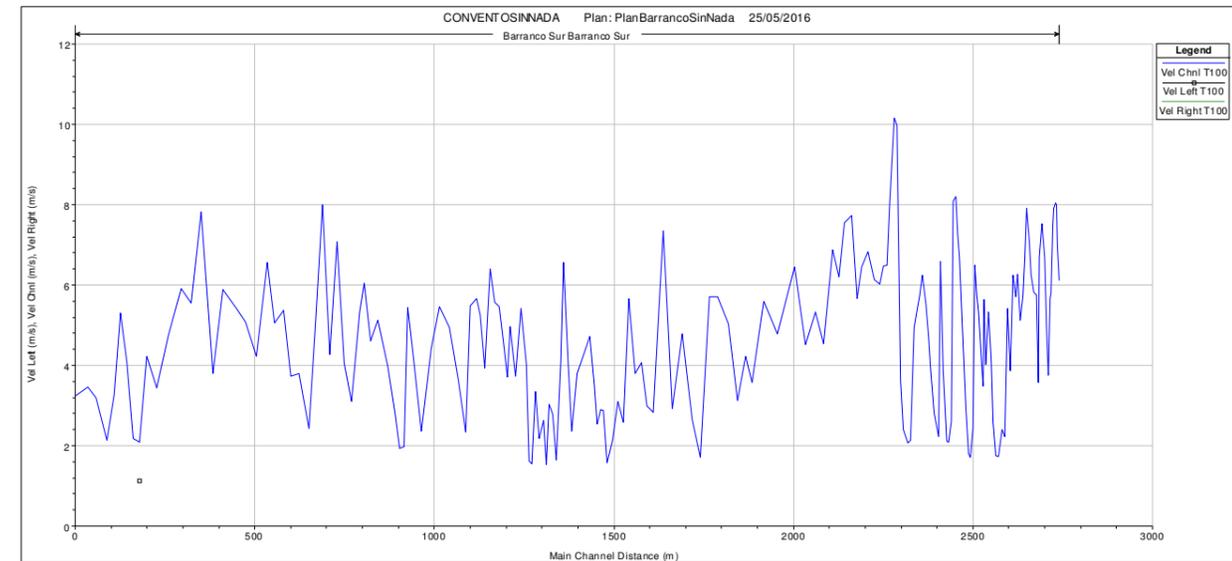


Fig. 24 Perfil de velocidades del barranco de Convento para T=100 años (HEC-RAS)

Con la avenida de periodo de retorno 500 años, aparecen calados entre los 1.5 y los 6 metros, con velocidades entre los 2 y los 11 m/s, como se puede apreciar en la gráfica siguiente:

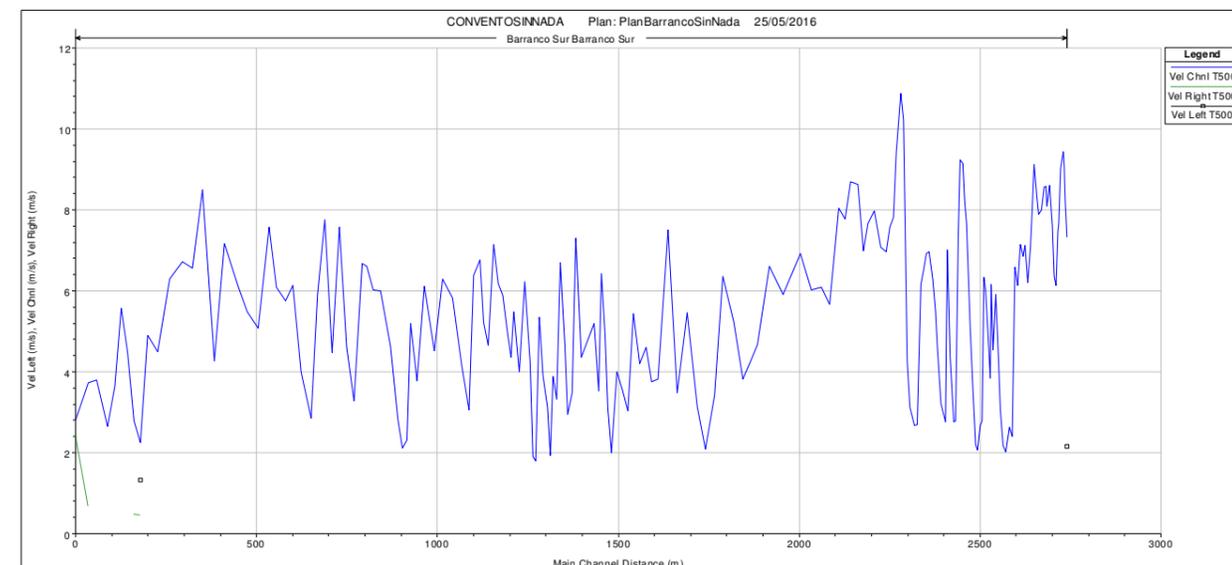


Fig. 25 Perfil de velocidades del barranco del Convento para T=500 años (HEC-RAS)



ALTERNATIVA SUR.

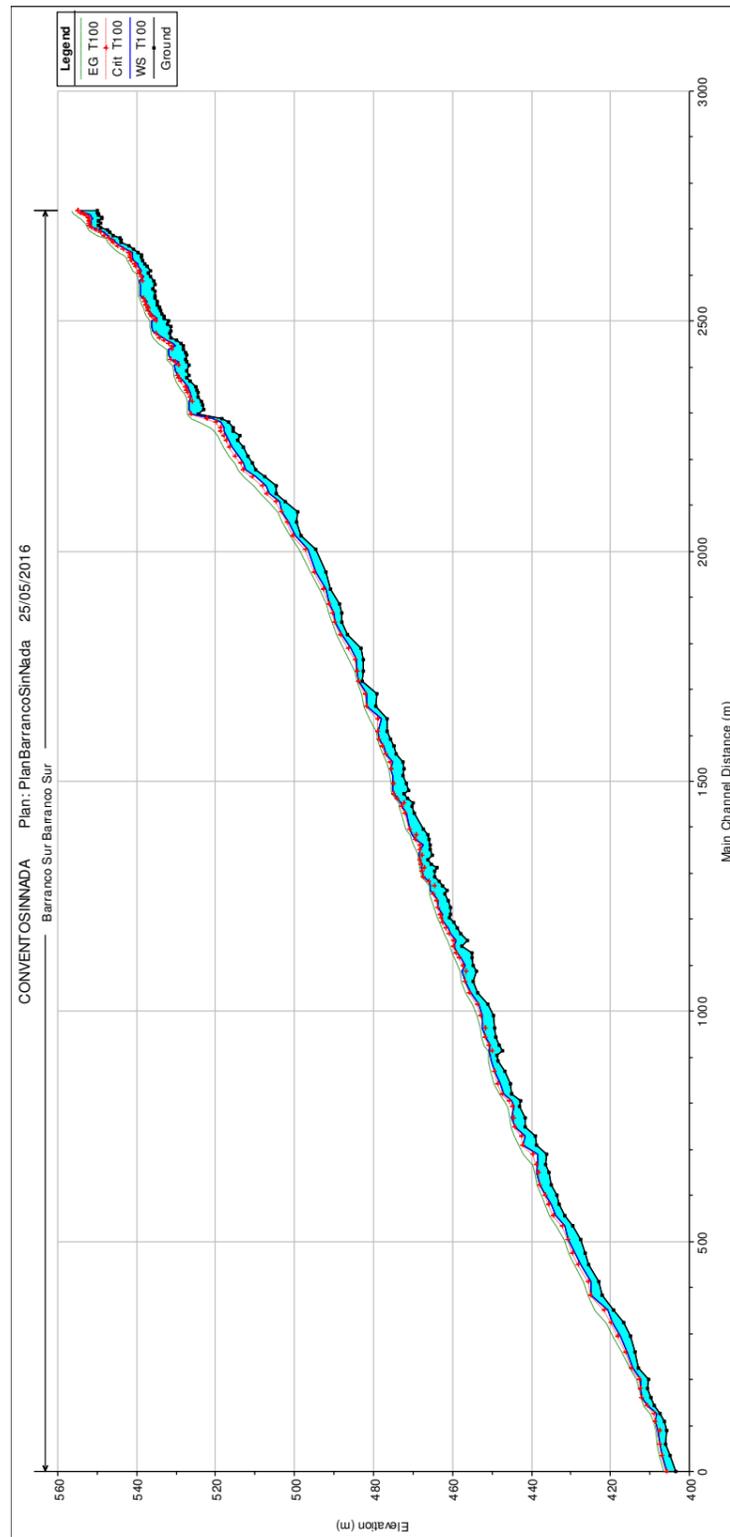


Fig. 26 Perfil longitudinal del tramo de barranco estudiado para T=100 años (HEC-RAS)

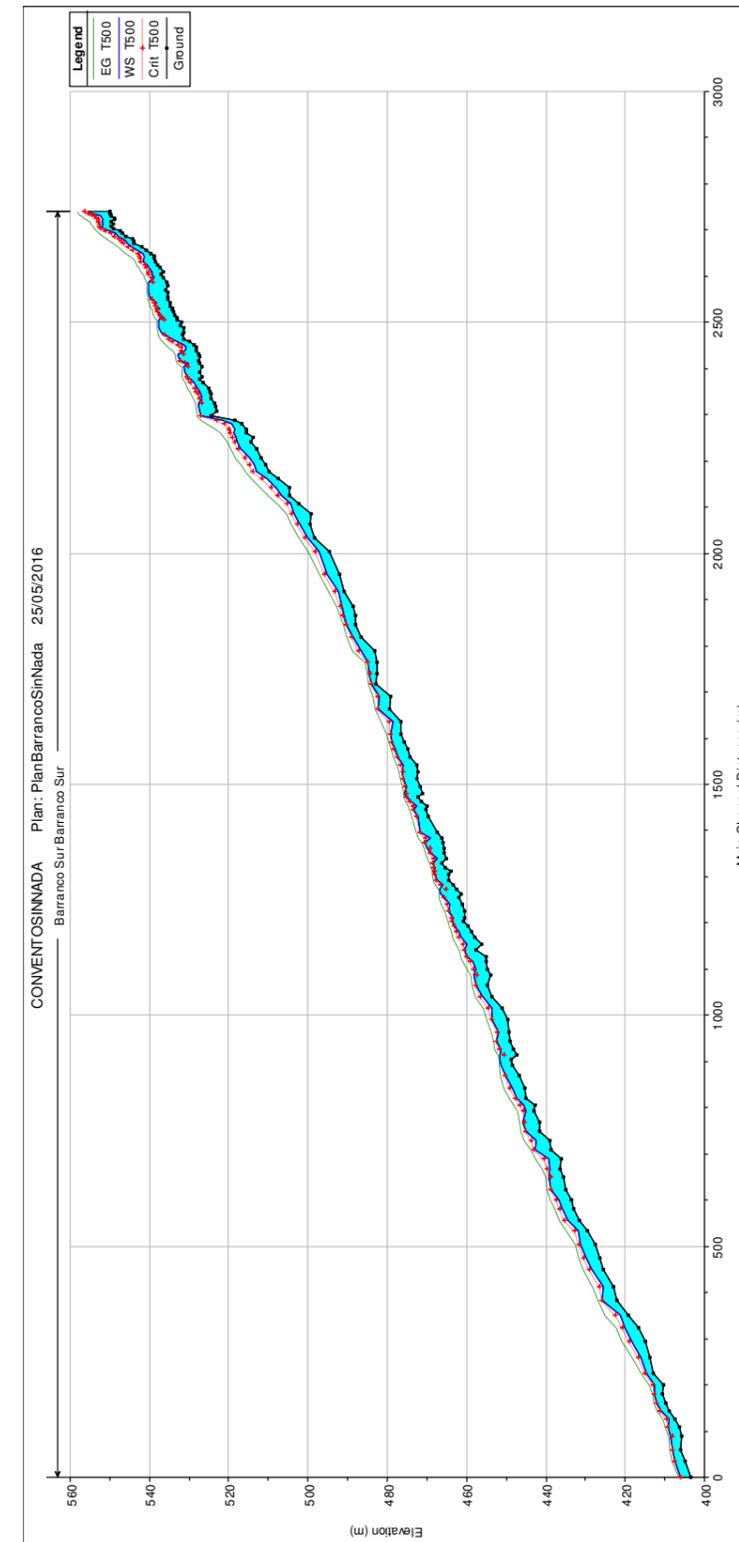


Fig. 27 Perfil longitudinal del tramo de barranco estudiado para T=500 años (HEC-RAS)

En el *Apéndice III: Cálculos de la situación actual. Barranco del Convento* se incluyen las tablas de resultados de HEC-RAS de la simulación de la avenida con periodo de retorno 500 años, la que se utilizará para diseñar las protecciones. Contiene información asociada a la ecuación de la energía, cotas de lámina de agua y comparaciones con régimen crítico, descripciones geométricas del alcance de la crecida y sobre su capacidad erosiva. Las variables incluidas en la tabla son:

- River Station: Ubicación de la sección
- Q Total: Caudal total de la sección transversal
- Min Ch El: Cota mínima de la sección (thalweg)
- W.S. Elev: Cota de la lámina de agua
- Crit W.S.: Cora de la lámina de agua correspondiente al régimen crítico
- E.G. Elev: Cota de la línea de energía
- E.G. Slope: Pendiente de la línea de energía
- Vel Total: Velocidad promedio de la sección mojada
- Flow Area: Área de la sección mojada
- Top Width: Anchura de la superficie libre
- Froude #XS: Número de Froude de la sección completa
- Shear Total: Tensión tangencial promedio de la sección completa

3.5. Simulación con la situación con los puentes de la Alternativa Sur

La variante proyectada en la Alternativa Sur consta de 3 puentes, dos de ellos sobre el río Chelva y otro sobre el barranco de Convento. En los siguientes apartados se introducen los puentes en los modelos anteriores para así estudiar el grado de afección que provocan en cada uno de los cauces.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que las secciones transversales en HEC-RAS son siempre perpendiculares a la dirección del flujo, por lo tanto, a la hora de representar los puentes a estudiar en el programa, si estos presentan una alineación oblicua, se debe calcular su proyección sobre una sección perpendicular a la corriente.

Sin embargo, las pilas y estribos deberían diseñarse orientados en la dirección de la corriente para evitar efectos de estrechamiento y obstrucción que podrían provocar disminuciones de la capacidad de desagüe, aumentos de los remansos, mayores erosiones, etc. En la siguiente figura se ilustra gráficamente:

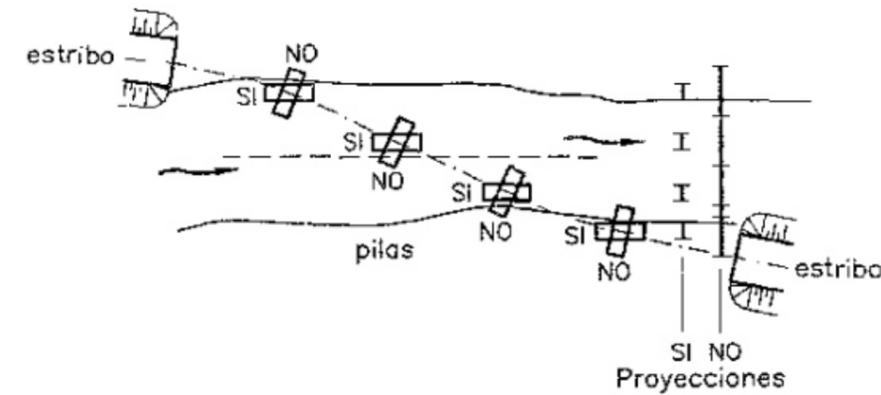


Fig. 28 Alineación de pilas y estribos según la corriente (Ingeniería de ríos, J. P. Martin Vide)

Una vez introducida la geometría correcta de cada puente, se seleccionan los métodos de cálculo que se ejecutan en la simulación, en este caso, se ejecutan tres de los cuatro métodos disponibles para computar las pérdidas en las secciones de puente:

- Ecuación de la energía (Método de paso estándar): este método solo necesita los valores del coeficiente de fricción de Manning y los coeficientes de contracción y expansión.
- Cantidad de movimiento (Momentum): este método requiere el uso de coeficientes de rugosidad para la estimación de la fuerza de fricción y un coeficiente de arrastre de las pilas, C_d , para estimar la fuerza debida al movimiento del agua alrededor de ellas. Se estima este coeficiente asimilando la forma de las pilas diseñadas a alguna presente en la siguiente tabla:

Table 5-3

Typical drag coefficients for various pier shapes

Pier Shape	Drag Coefficient C_d
Circular pier	1.20
Elongated piers with semi-circular ends	1.33
Elliptical piers with 2:1 length to width	0.60
Elliptical piers with 4:1 length to width	0.32
Elliptical piers with 8:1 length to width	0.29
Square nose piers	2.00
Triangular nose with 30 degree angle	1.00
Triangular nose with 60 degree angle	1.39
Triangular nose with 90 degree angle	1.60
Triangular nose with 120 degree angle	1.72

Fig. 29 Coeficientes de arrastre para distintas formas de pila (HEC-RAS 4.1 Reference Manual)

- Ecuación de Yarnell: esta ecuación empírica es sensible a la forma de las pilas, el área que estas ocupan y la velocidad del agua, pero no a la forma de los estribos, el ancho o la forma del puente. Por lo tanto, este método será útil cuando se trate de puentes en los que la mayor parte de las pérdidas de energía se deban a las pilas. Para ejecutar este método, se necesita un coeficiente de pila de Yarnell, que podemos extraer de la siguiente tabla, asimilando la forma de las pilas diseñadas a alguna de las siguientes:

Table 5-4

Yarnell's pier coefficient, K, for various pier shapes

Pier Shape	Yarnell K Coefficient
Semi-circular nose and tail	0.90
Twin-cylinder piers with connecting diaphragm	0.95
Twin-cylinder piers without diaphragm	1.05
90 degree triangular nose and tail	1.05
Square nose and tail	1.25
Ten pile trestle bent	2.50

Fig. 30 Coeficientes de Yarnell para distintas formas de pila (HEC-RAS 4.1 Reference Manual)

En este caso, el programa seleccionará los resultados del método que mayores pérdidas de energía produzca.

3.5.1. Modelación del primer puente sobre el río Chelva

El primer puente que cruza el río Chelva, del PK 0+620 al PK 0+920, en el tramo aguas abajo del tramo de río estudiado, tiene una longitud de 242 metros, apoyado en dos pilas, consta de un vano central de 110 metros y dos vanos laterales de 66 metros. Mide 10.5 metros de ancho con un espesor de tablero variable entre los 2.5 y los 5 metros. Las pilas tienen secciones rectangulares con los laterales rebajados, las base de las pilas mide 3.56 metros de ancho por 5.26 metros de largo, y 2 metros de ancho por 4.11 metros en su parte superior.

El puente no se encuentra situado perpendicularmente al flujo, sino en un ángulo de 76°, como se puede ver en la siguiente figura:



Fig. 31 Posición del primer puente respecto de la dirección del flujo en la intersección. (Qgis)

Por lo tanto, a efectos de flujo y los datos que se introducen en HEC-RAS son: una anchura de tablero de 10.83 metros y una separación entre pilas de 106.65 metros.

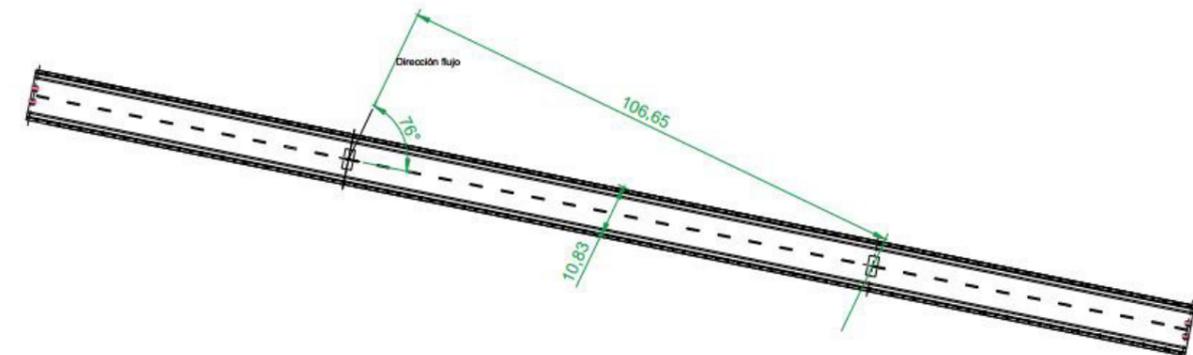


Fig. 32 Planta del primer puente sobre el río Chelva

Así mismo, se calculan las proyecciones en el sentido del flujo y en el perpendicular a este de cada una de las pilas, como se puede observar en las siguientes figuras. En su parte inferior, las pilas ofrecen una obstrucción al flujo de 4.77 metros, mientras que en su parte superior, la obstrucción al flujo es de 2.97 metros.

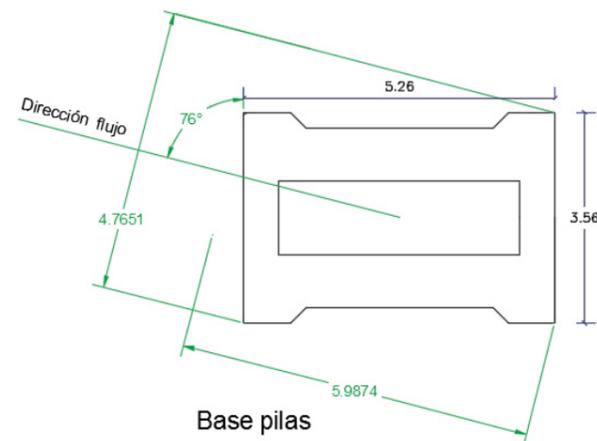


Fig. 33 Sección inferior de las pilas del primer puente sobre el río Chelva

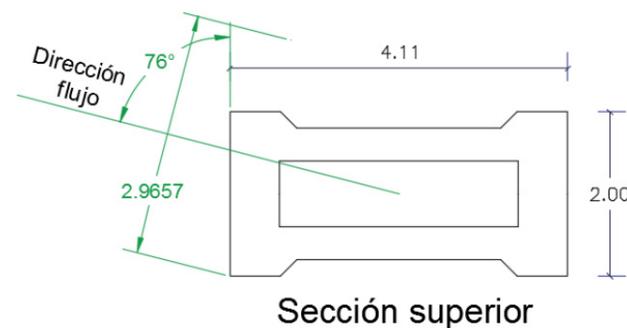


Fig. 34 Sección superior de las pilas del primer puente sobre el río Chelva

Respecto al cálculo hidráulico, en este puente se han considerado, para el método de la cantidad de movimiento, un coeficiente de arrastre de las pilas de 1.60, correspondiente a un extremo triangular en 90°; para el método que utiliza la ecuación empírica de Yarnell, se utiliza un coeficiente de Yarnell K de 1.05, correspondiente, como en el caso anterior, a un extremo triangular en 90°.

3.5.2. Modelación del segundo puente sobre el río Chelva

El segundo puente que cruza el río Chelva, del PK 3+575 al PK 3+780 en el tramo aguas arriba, tiene una longitud de 204.6 metros, apoyado en dos pilas, consta de un vano central de 93 metros y dos vanos laterales de 55.8 metros. El tablero mide 10.5 metros de ancho con un espesor variable entre los 2.5 metros y los 5 metros. Las pilas presentan secciones rectangulares con los laterales rebajados. En su parte inferior, la primera pila mide 3.35 metros de ancho por 5.54 metros de largo, mientras que la segunda pila mide 3.30 metros de ancho por 5.74 metros de largo. En su parte superior, ambas pilas miden 2 metros de ancho por 4.11 metros de largo.

Como en el caso anterior, de cara a la representación de las secciones de puente en HEC-RAS, se calcula la proyección del puente en un plano perpendicular a la dirección del flujo. En este caso, el puente se encuentra 47° desviado de la perpendicular al flujo, como se puede observar en la siguiente figura.



Fig. 35 Posición del segundo puente respecto de la dirección del flujo en la intersección. (Qgis)

De esta manera, en la figura 35 se puede observar la medida, a efectos del programa, que presenta el tablero del puente, 14.47 metros y la separación entre pilas, 67.46 metros.

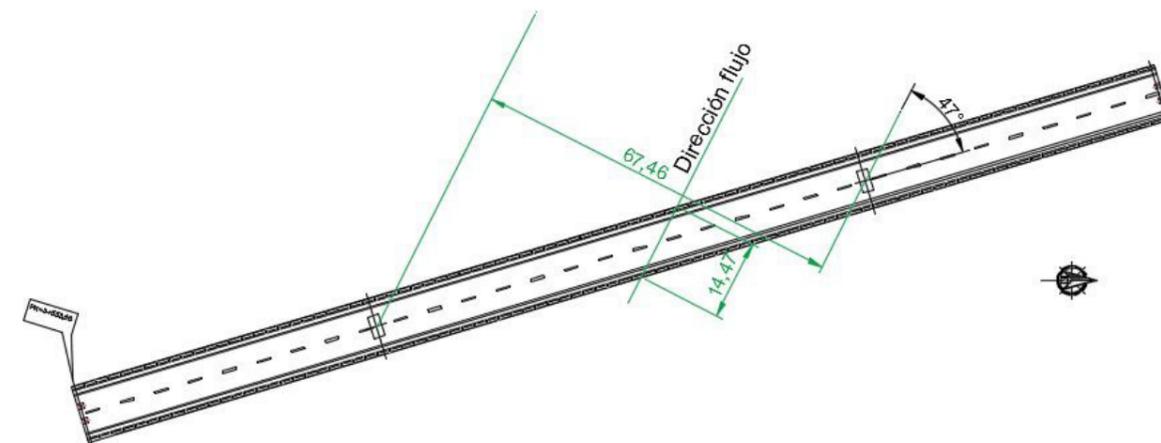


Fig. 36 Planta del segundo puente sobre el río Chelva

En las siguientes figuras se puede observar la medida de las proyecciones de las pilas para la introducción de datos en HEC-RAS, así, se representaran pilas de 6.23 y 6.46 metros en la base y 4.27 metros en la parte superior.

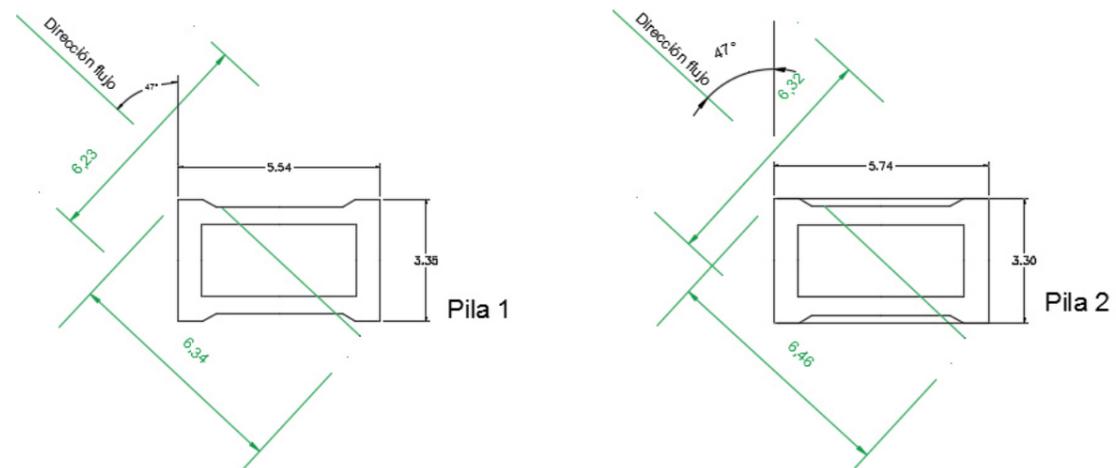


Fig. 37 Sección inferior de las pilas del segundo puente sobre el río Chelva

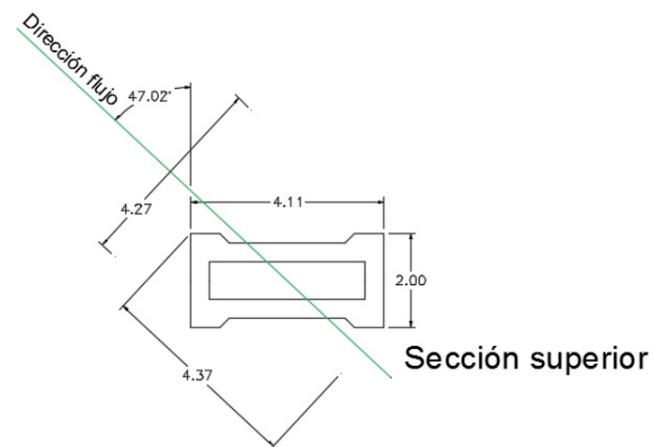


Fig. 38 Sección superior de las pilas del segundo puente sobre el río Chelva

Respecto al cálculo hidráulico, como se trata del mismo diseño de pila que en el puente 1, se consideran los mismos coeficientes, un coeficiente de arrastre de las pilas de 1.60, y un coeficiente de Yarnell K de 1.05,

3.5.3. Modelación del puente sobre el barranco del Convento

El tramo final de la variante proyectada en la Alternativa Sur cruza el Barranco del Convento con un puente, del PK 4+360 al PK 4+600, de 207 metros de longitud con dos vanos laterales de 36 metros y tres vanos centrales de 45 metros. El tablero mide 10.5

metros de ancho con un canto de 2.25 metros. Consta de cuatro pilas rectangulares con esquinas ligeramente redondeadas de 1.6 metros de ancho por 3.2 metros de largo.

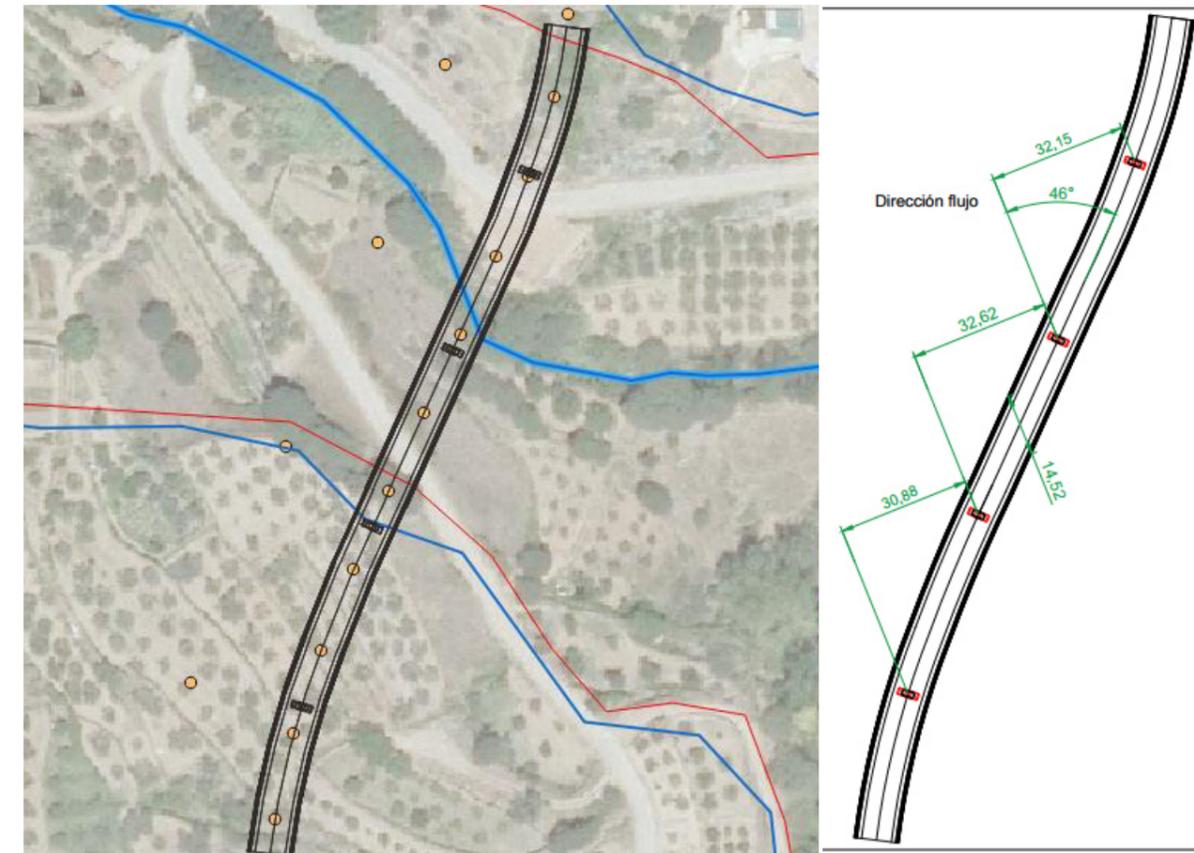
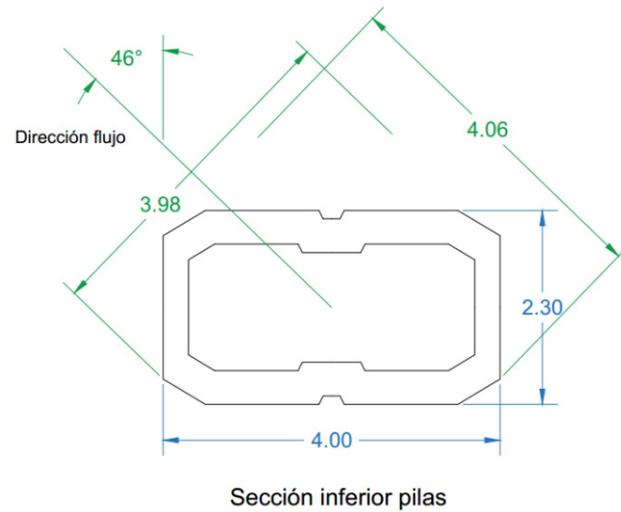


Fig. 39 Planta del puente sobre el barranco del Convento

Como se puede observar en la figura 39 el puente no cruza perpendicularmente el barranco, sino con un ángulo de 46° respecto la dirección del flujo. Por lo tanto, como en los casos anteriores, se calculan las distancias entre pilas y el ancho del puente, además de la dimensión de las pilas en la proyección perpendicular al flujo, como se puede ver en las siguientes figuras.

De esta forma, los datos introducidos en el programa son: un puente de 14.52 metros de ancho, con separaciones de 32.15 metros entre la pila 1 y la 2, de 23.62 metros entre la pila 2 y la 3, de 30.88 metros entre las pilas 3 y 4, y un ancho de pila de 3.98 metros.



Sección inferior pilas

Fig. 40 Sección inferior de las pilas del puente sobre el Barranco del Convento

Respecto al cálculo hidráulico, se considera un coeficiente de arrastre de las pilas de 1.72, correspondiente a una pila con extremos triangulares en 120° , y un coeficiente de Yarnell K de 0.90 correspondiente a una pila con extremos semicirculares, ya que en este caso las esquinas se han redondeado ligeramente.

3.5.4. Resultados de las simulaciones

3.5.4.1. Río Chelva

En las siguientes figuras se muestran las secciones del primer puente, tanto aguas arriba como aguas abajo, finalmente representadas en HEC-RAS con los datos del apartado 3.5.1, con el nivel de la lámina de agua correspondiente a la simulación de avenidas con periodo de retorno 100 y 500 años.

En las figuras se representa en azul el calado en la sección para la avenida de periodo de retorno que se indica, y en rojo el calado crítico para esa avenida.

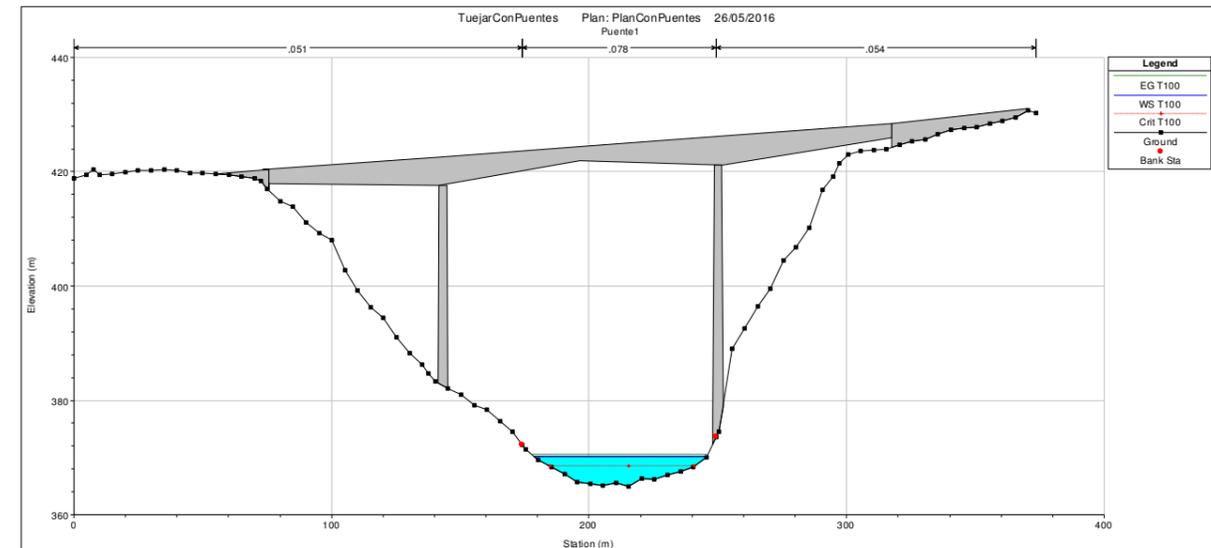


Fig. 41 Sección aguas arriba del primer puente para T = 100 años (HEC-RAS)

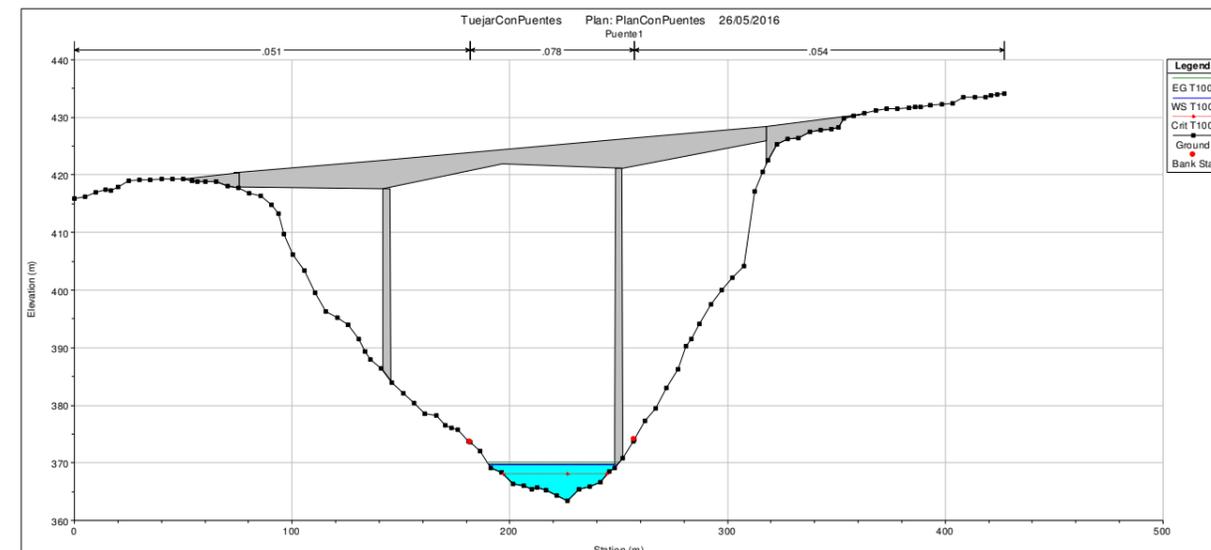


Fig. 42 Sección aguas abajo del primer puente para T = 100 años (HEC-RAS)



ALTERNATIVA SUR.

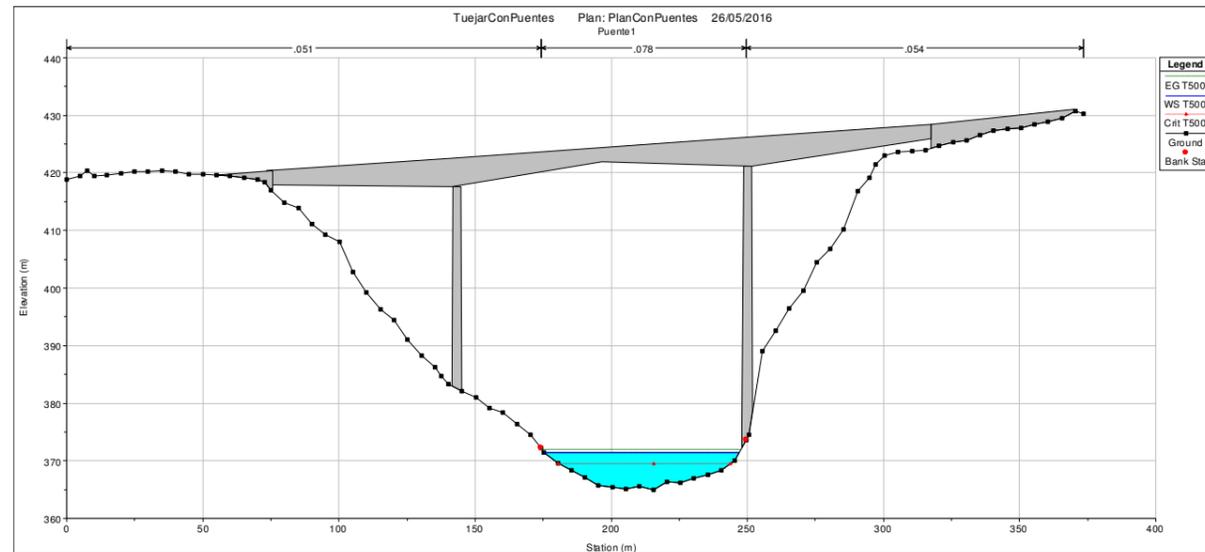


Fig. 43 Sección aguas arriba del primer puente para T = 500 años (HEC-RAS)

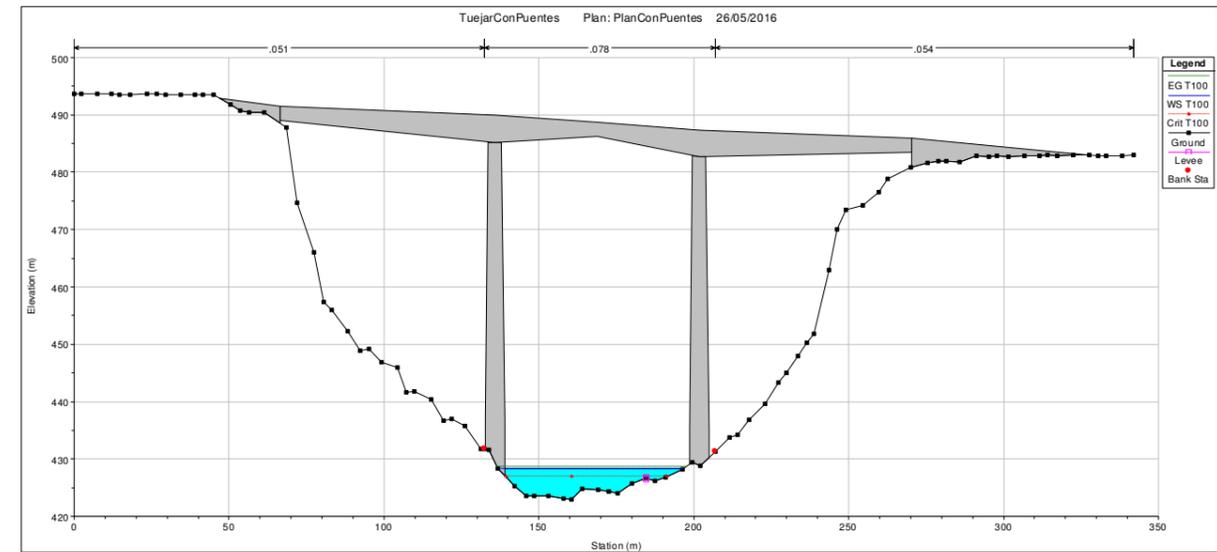


Fig. 45 Sección aguas arriba del segundo puente para T = 100 años (HEC-RAS)

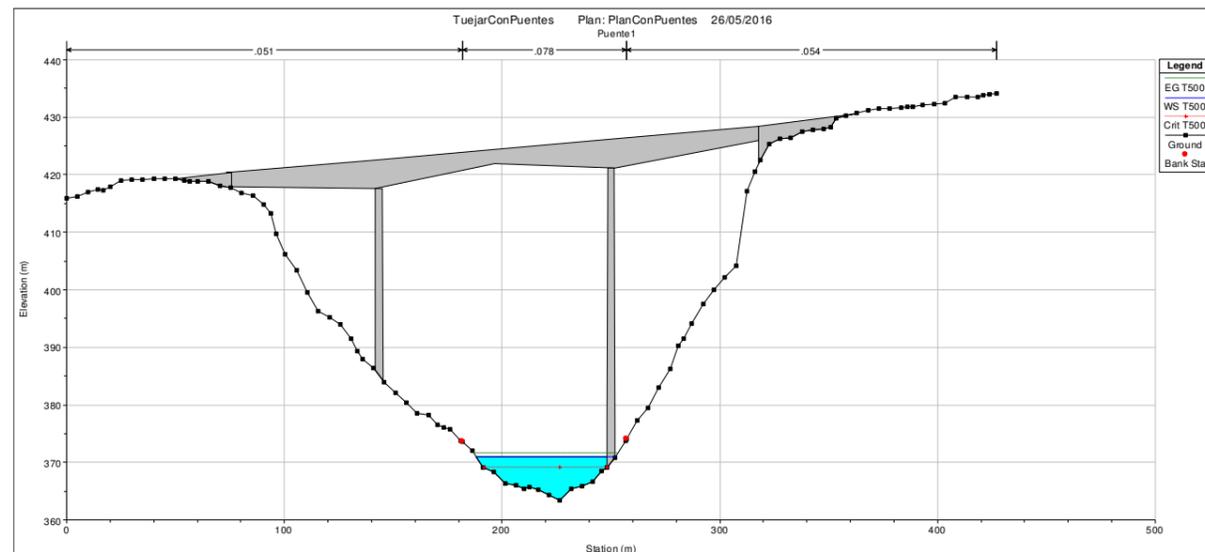


Fig. 44 Sección aguas abajo del primer puente para T = 500 años (HEC-RAS)

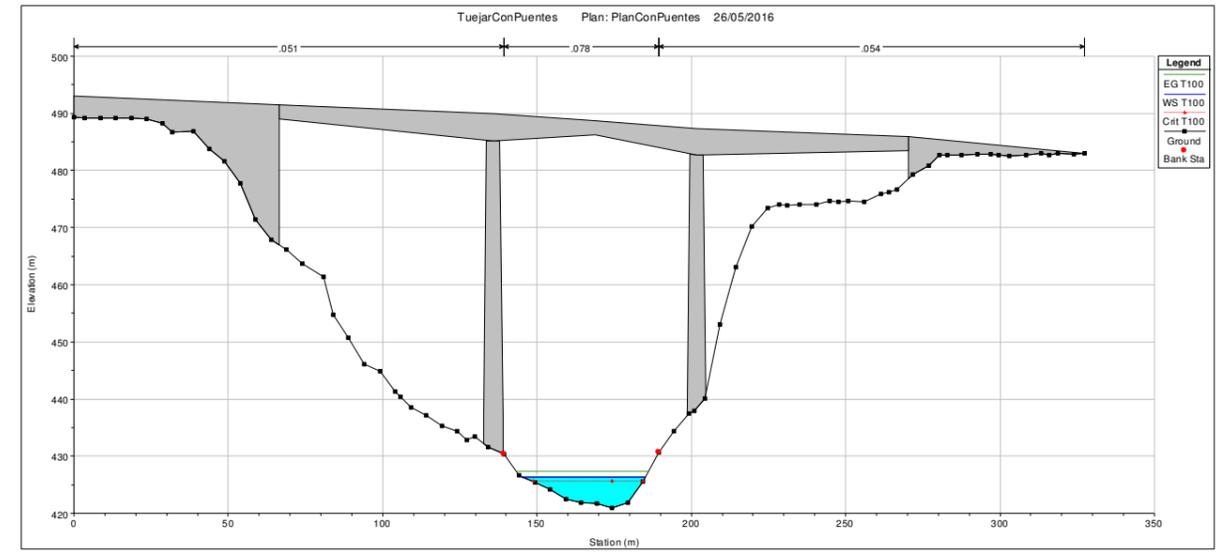


Fig. 46 Sección aguas abajo del segundo puente para T = 100 años (HEC-RAS)

Como se puede observar en las figuras anteriores, el régimen es lento para ambos periodos de retorno.

En las siguientes figuras se muestran las secciones del segundo puente, tanto aguas arriba como aguas abajo, finalmente representadas en HEC-RAS con los datos del apartado 3.5.2, con el nivel de la lámina de agua correspondiente a la simulación de avenidas con periodo de retorno 100 y 500 años.

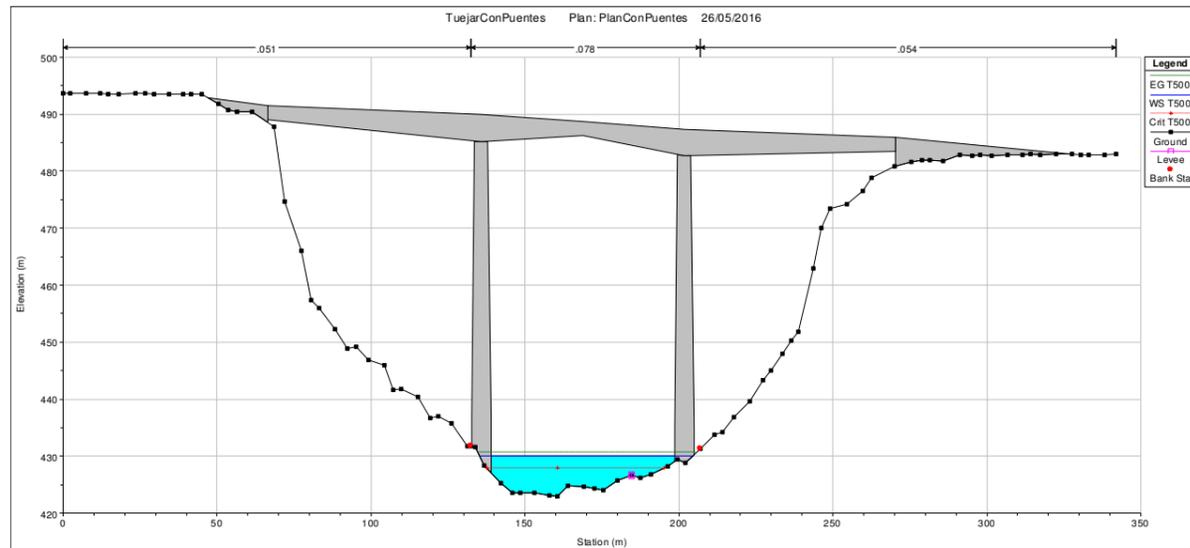


Fig. 47 Sección aguas arriba del segundo puente para T = 500 años (HEC-RAS)

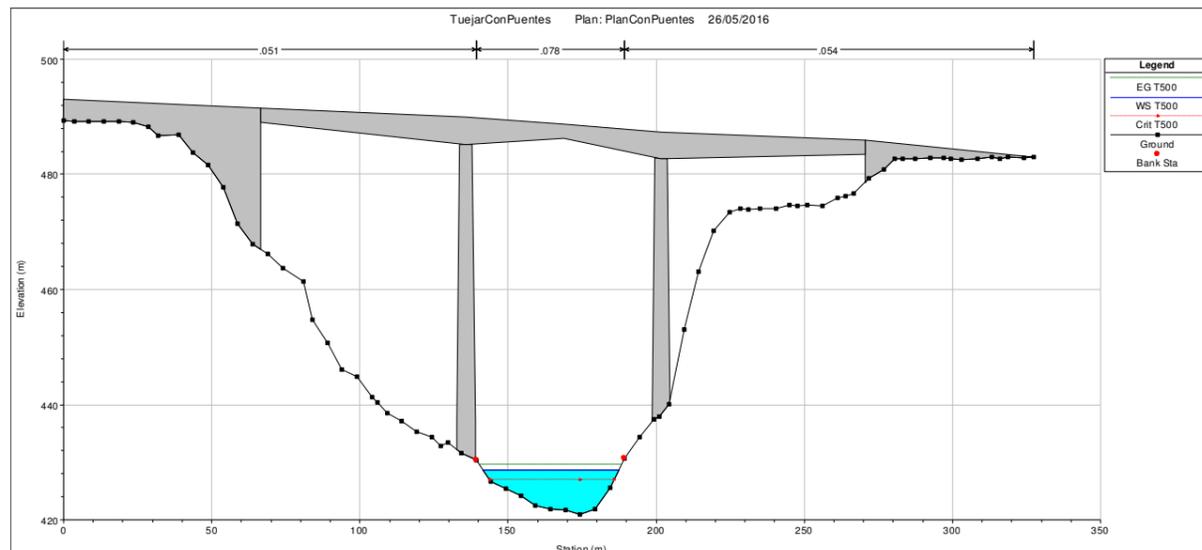


Fig. 48 Sección aguas abajo del segundo puente para T = 500 años (HEC-RAS)

Como en el caso anterior, las secciones transversales muestran que en las secciones de puente se tiene régimen lento.

En las siguientes figuras se puede observar el perfil longitudinal del tramo estudiado del río Chelva, con la cota de la lámina de agua correspondiente a las avenidas de periodo de retorno de 100 y 500 años, a continuación, se muestran unas imágenes ampliadas correspondientes a las secciones de cada puente.

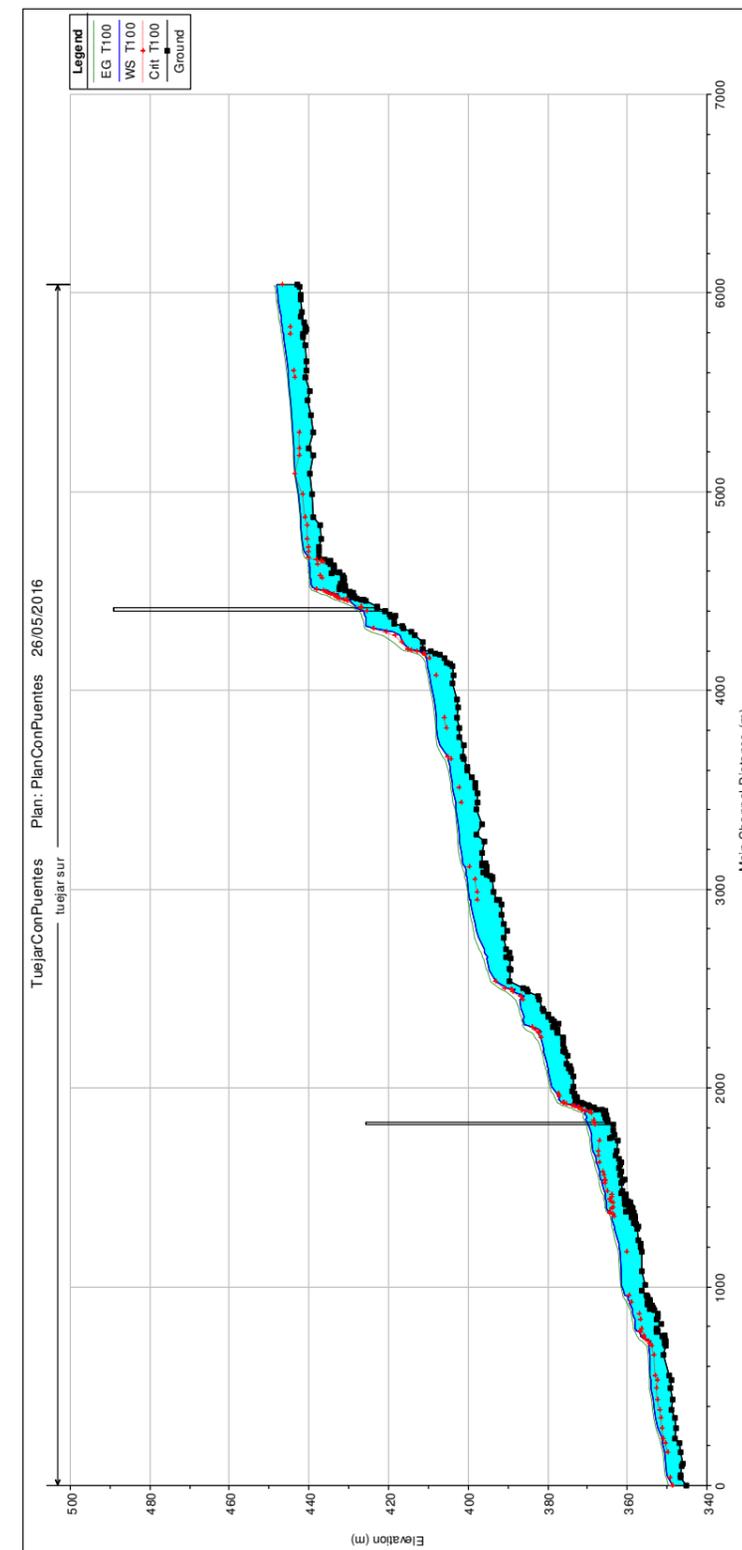


Fig. 49 Perfil longitudinal del río Chelva para T = 100 años (HEC-RAS)

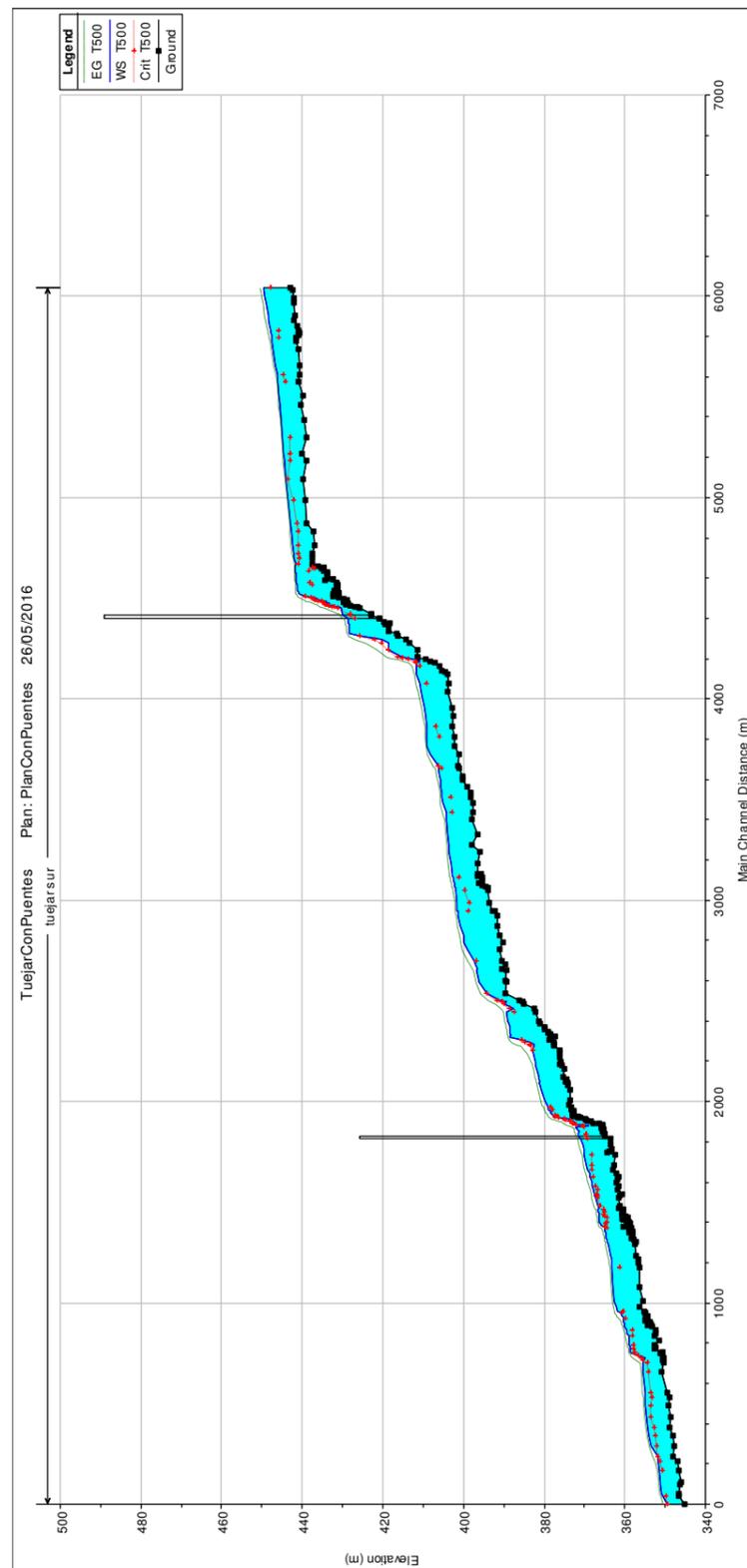


Fig. 50 Perfil longitudinal del río Chelva para T = 500 años (HEC-RAS)

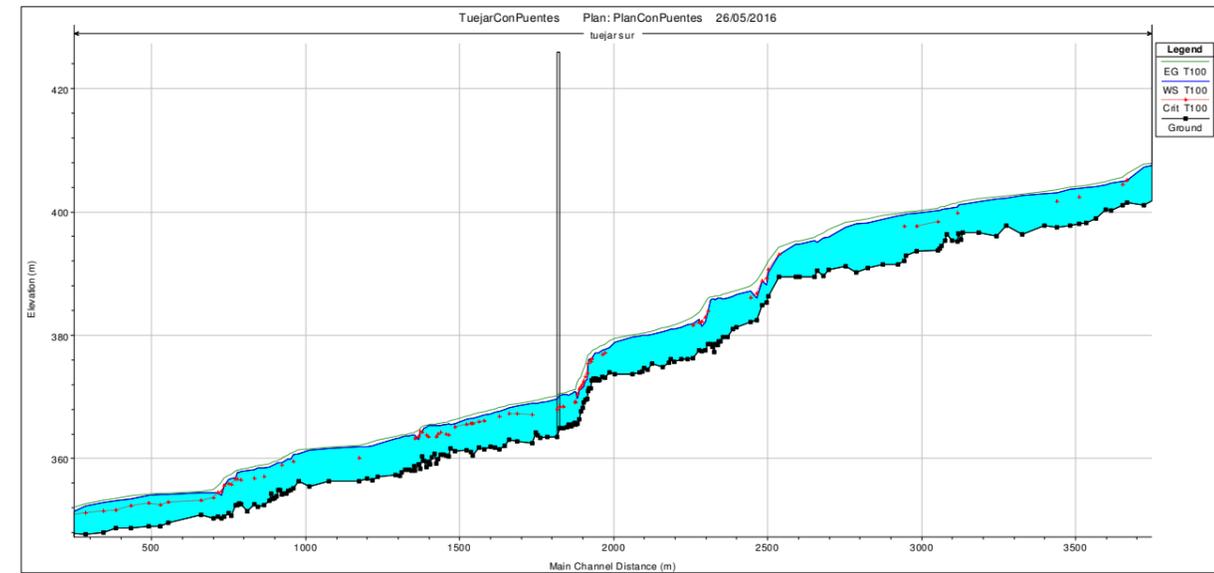


Fig. 51 Ampliación del perfil en las secciones del primer puente para T=100 años (HEC-RAS)

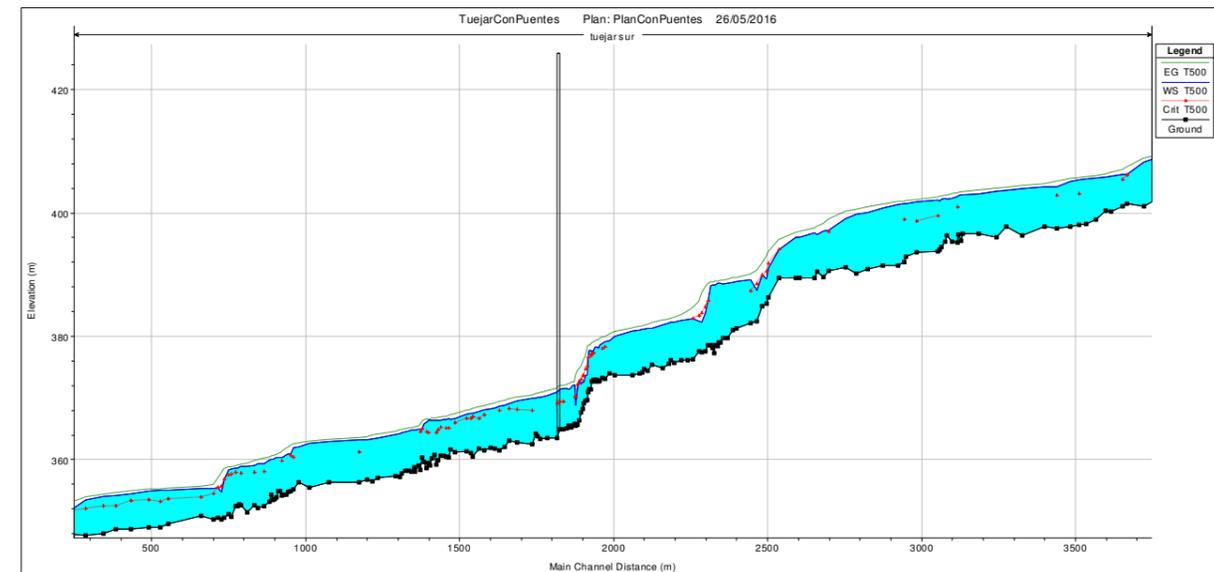


Fig. 52 Ampliación del perfil en las secciones del primer puente para T=500 años (HEC-RAS)

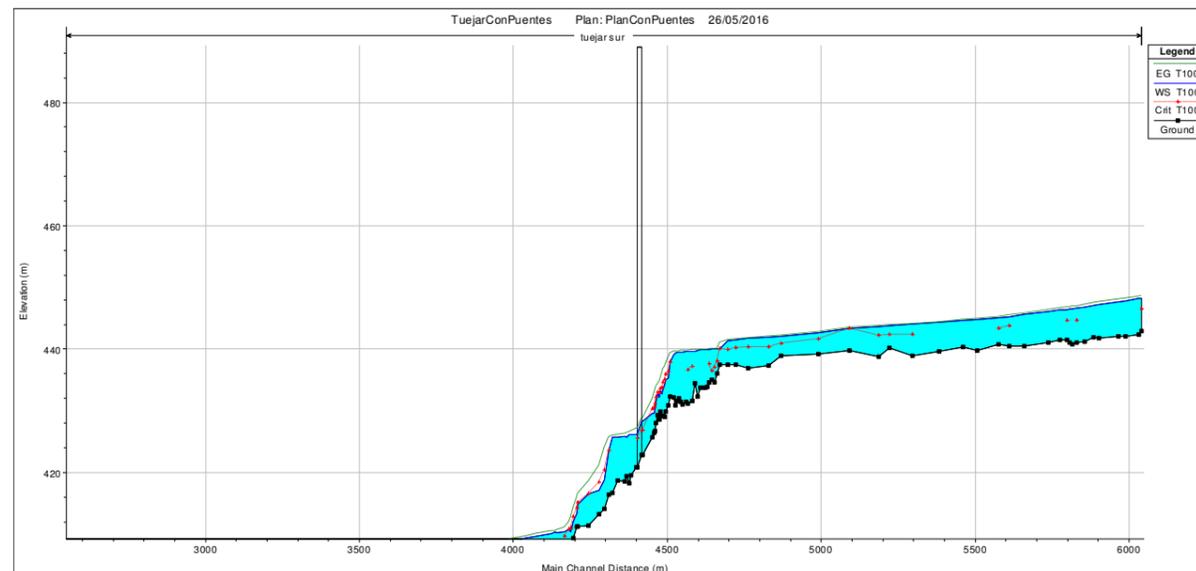


Fig. 53 Ampliación del perfil en las secciones del segundo puente para T=100 años (HEC-RAS)

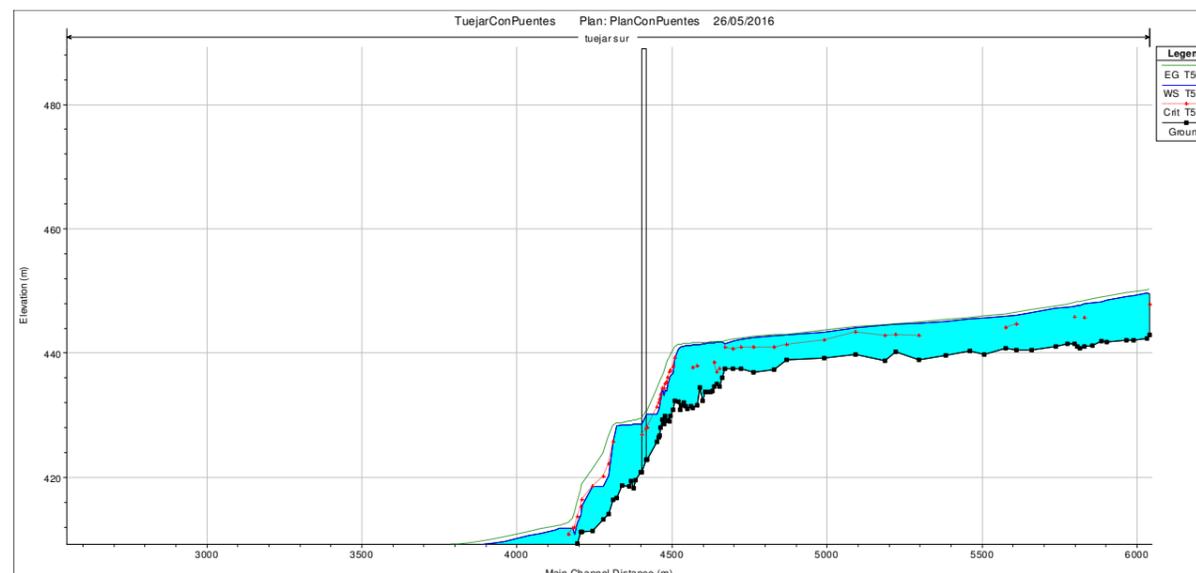


Fig. 54 Ampliación del perfil en las secciones del segundo puente para T=500 años (HEC-RAS)

Como se puede apreciar en los perfiles, tanto en las secciones del puente 1 como en las del puente 2, el régimen es lento para ambos periodos de retorno. Sin embargo, a pesar de que se puede apreciar el remanso producido por el puente, es decir, una sobre elevación del nivel del agua antes de llegar al puente, este queda disimulado por los

resaltos que se producen antes de llegar al puente, que pueden deberse a cambios de pendiente, obstáculos o contracciones.

En el *Apéndice II: Cálculos de la Alternativa Sur. Río Chelva* se incluyen las tablas de resultados de HEC-RAS de la simulación de la avenida con periodo de retorno 500 años, la que se utilizará para diseñar las protecciones. Esta simulación ya incluye los puentes proyectados y además, la regularización de las secciones en las inmediaciones de estos (Apartado 5.1). Contiene información asociada a la ecuación de la energía, cotas de lámina de agua y comparaciones con régimen crítico, descripciones geométricas del alcance de la crecida y sobre su capacidad erosiva. Las variables incluidas en la tabla son:

- River Station: Ubicación de la sección
- Q Total: Caudal total de la sección transversal
- Min Ch El: Cota mínima de la sección (thalweg)
- W.S. Elev: Cota de la lámina de agua
- Crit W.S.: Cota de la lámina de agua correspondiente al régimen crítico
- E.G. Elev: Cota de la línea de energía
- E.G. Slope: Pendiente de la línea de energía
- Vel Total: Velocidad promedio de la sección mojada
- Flow Area: Área de la sección mojada
- Top Width: Anchura de la superficie libre
- Froude #XS: Número de Froude de la sección completa
- Shear Total: Tensión tangencial promedio de la sección completa

3.5.4.2. Barranco del Convento

En las siguientes figuras se muestran las secciones de puente, finalmente representadas en HEC-RAS con los datos del apartado 3.5.3, con el nivel de la lámina de agua correspondiente a la simulación de avenidas con periodo de retorno 100 y 500 años.

En las figuras se representa en azul el calado en la sección para la avenida de periodo de retorno que se indica, y en rojo el calado crítico para esa avenida.

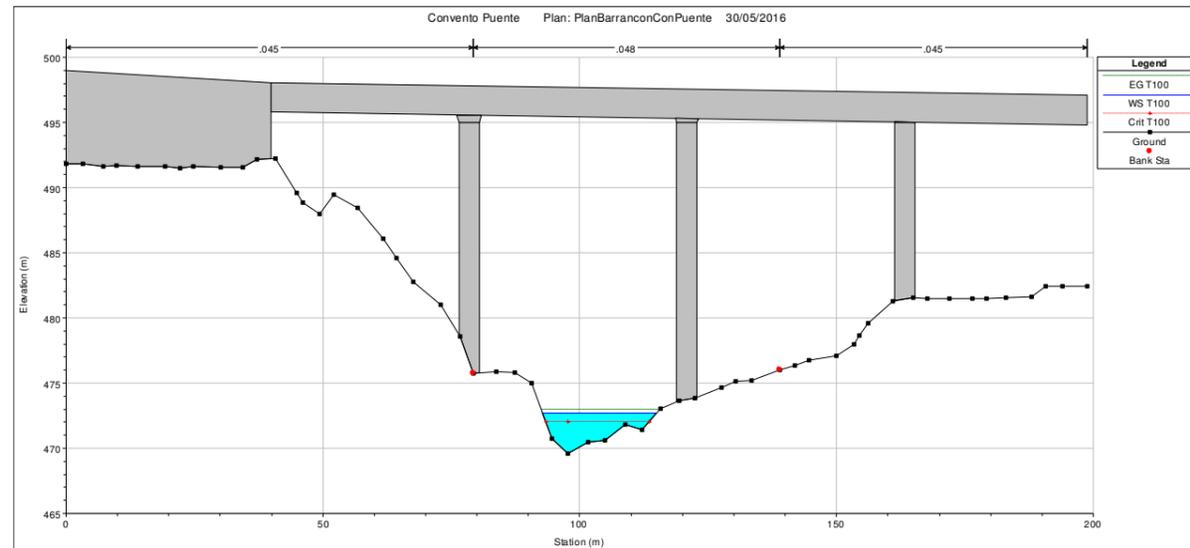


Fig. 55 Sección aguas arriba del puente sobre el barranco del Convento para T = 100 años (HEC-RAS)

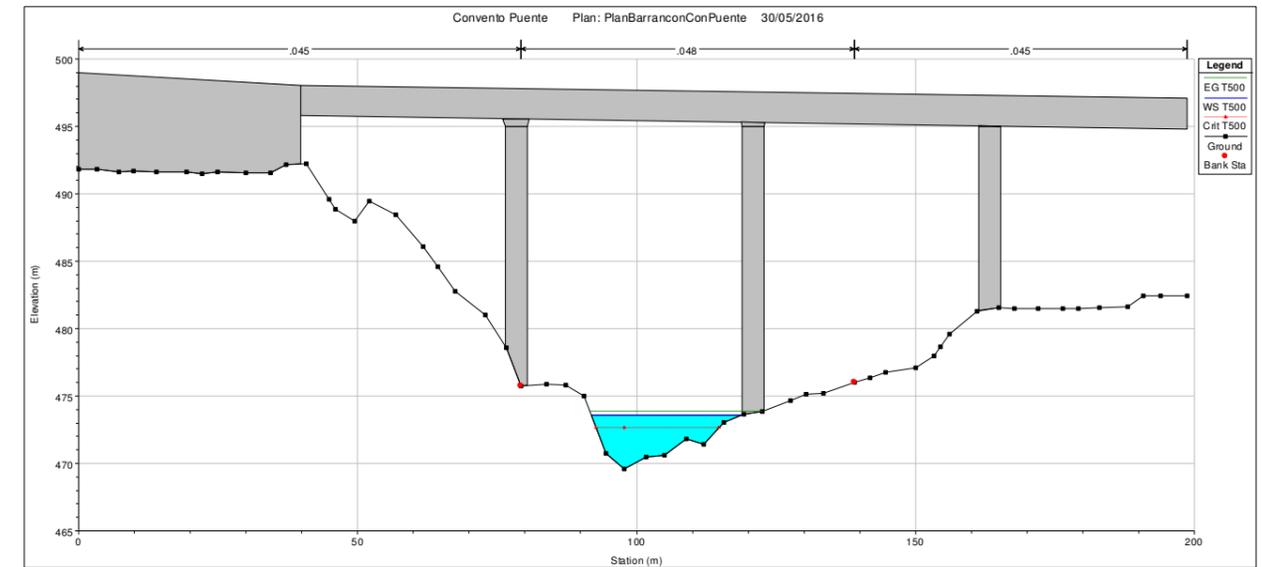


Fig. 57 Sección aguas arriba del puente sobre el barranco del Convento para T = 500 años (HEC-RAS)

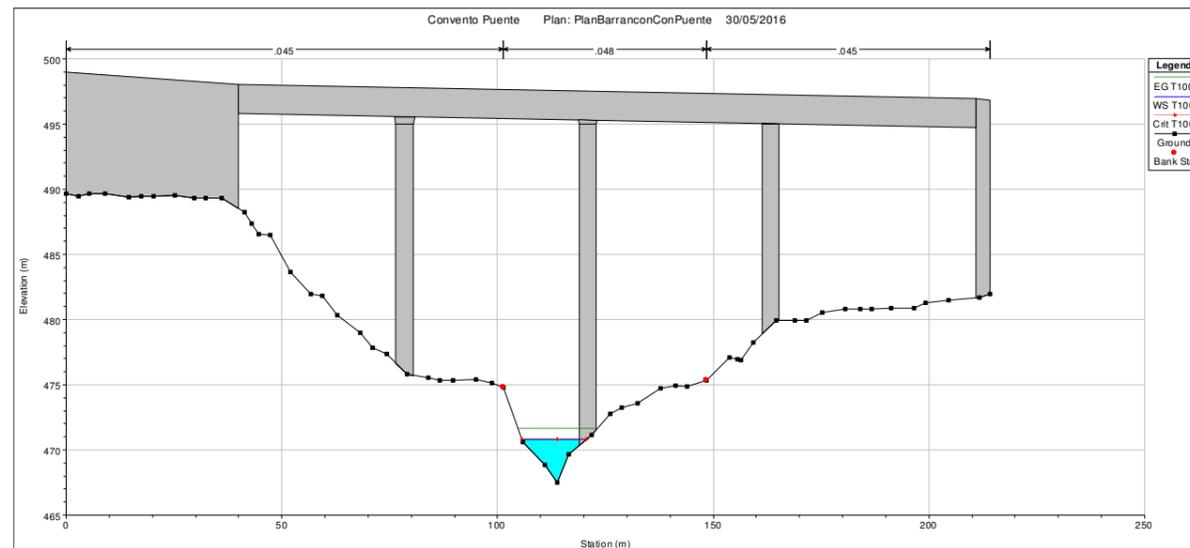


Fig. 56 Sección aguas abajo del puente sobre el barranco del Convento para T = 100 años (HEC-RAS)

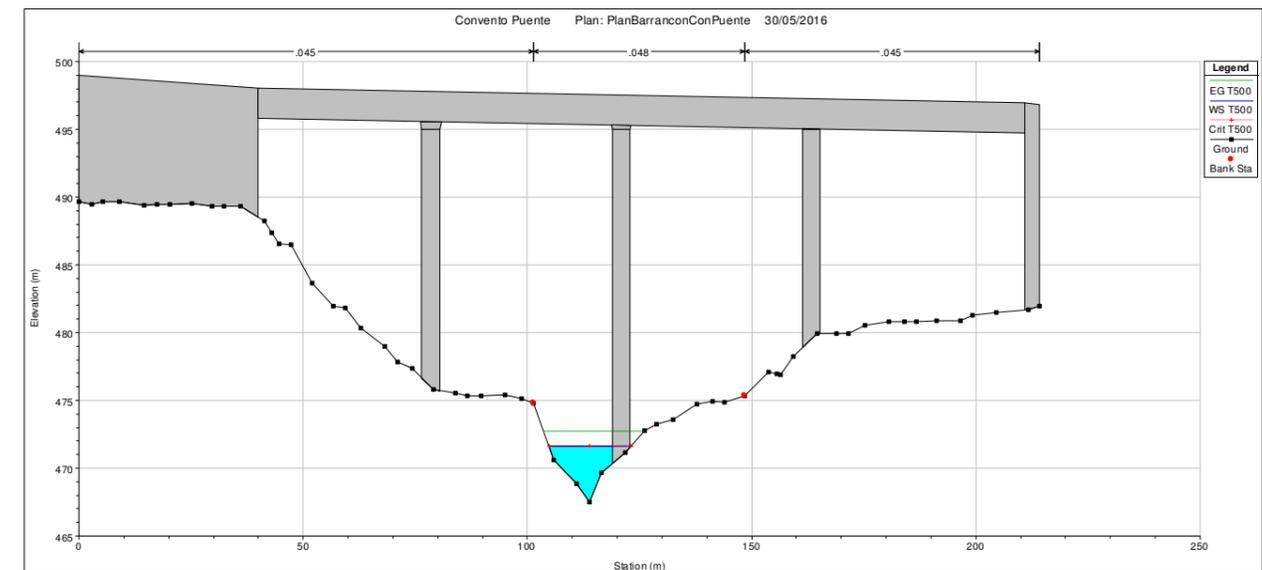


Fig. 58 Sección aguas abajo del puente sobre el barranco del Convento para T = 500 años (HEC-RAS)

En las siguientes figuras se muestran los perfiles longitudinales tanto para la avenida de periodo de retorno 100 años como la de 500 años, con un zoom de correspondiente a la sección de puente, para poder apreciar el estado del flujo en ese punto y sus inmediaciones.

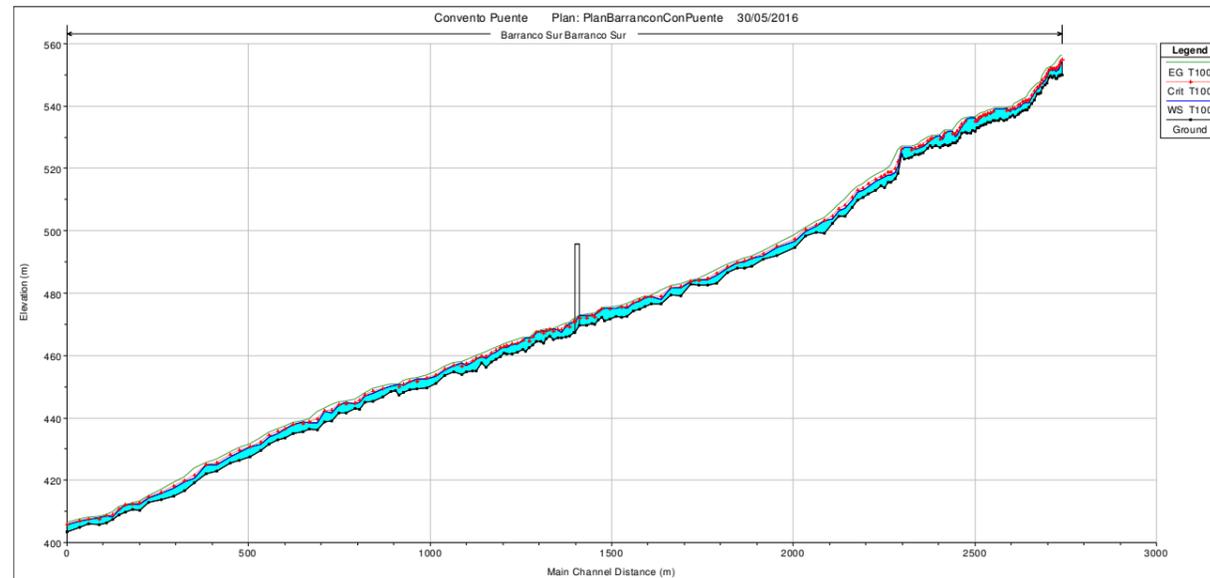


Fig. 59 Perfil longitudinal del barranco del Convento para T = 100 años (HEC-RAS)

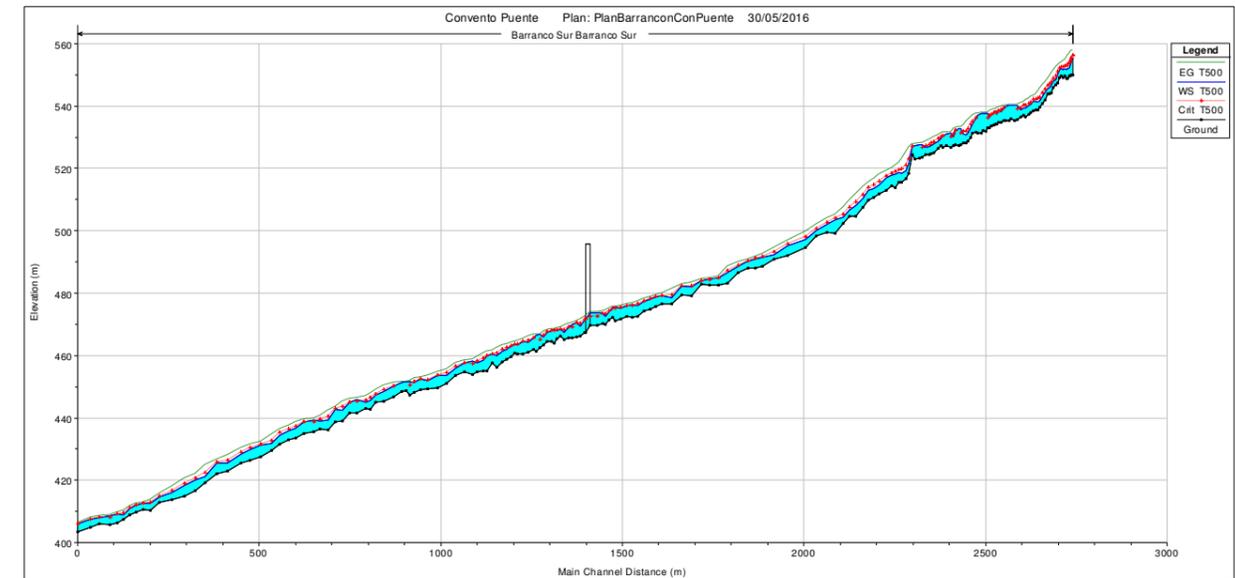


Fig. 61 Perfil longitudinal del barranco del Convento para T = 500 años (HEC-RAS)

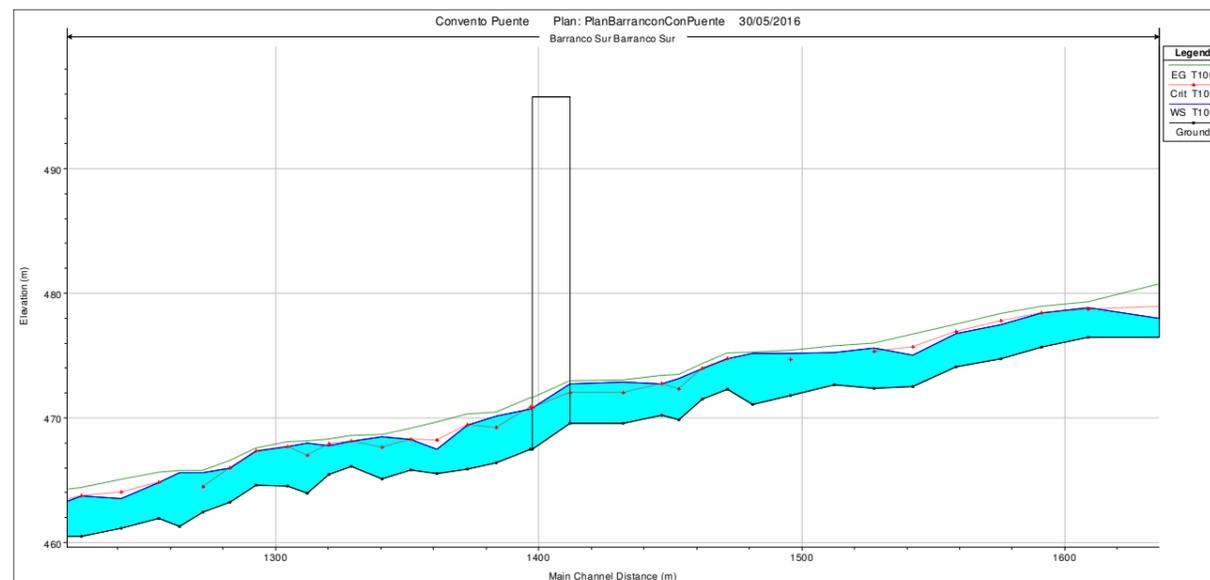


Fig. 60 Ampliación del perfil longitudinal del barranco del Convento en la sección de puente para T = 100 años (HEC-RAS)

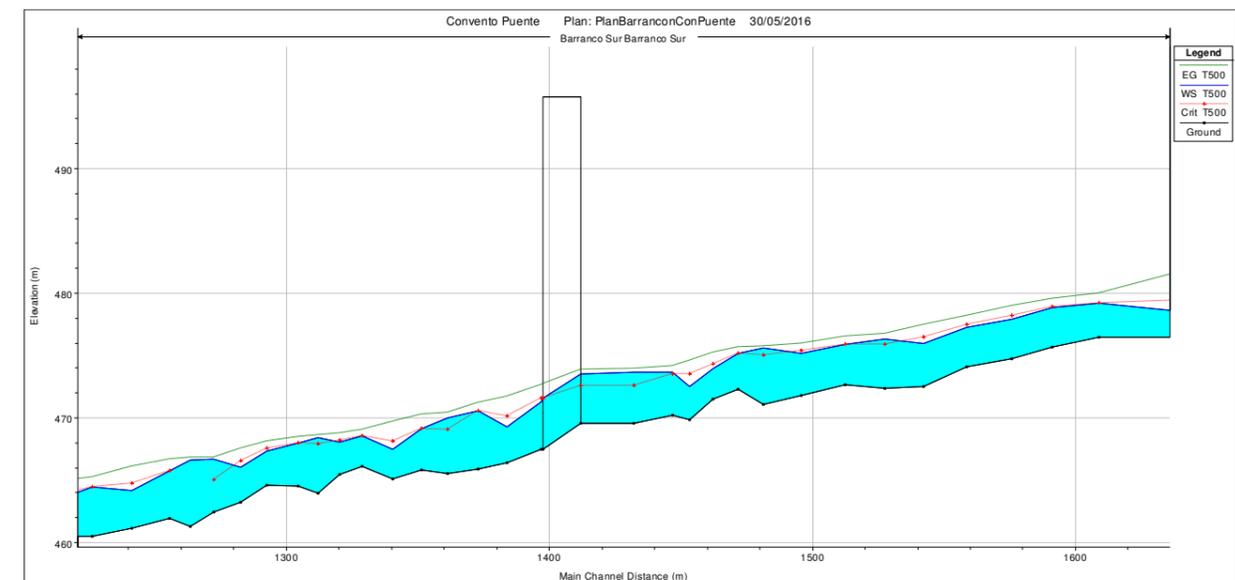


Fig. 62 Ampliación del perfil longitudinal del barranco del Convento en la sección de puente para T = 500 años (HEC-RAS)

Como se puede apreciar en la ampliación de los perfiles longitudinales en la sección de puente, el régimen aguas arriba del puente es lento, y alcanza el crítico justo en la sección aguas abajo. Esto puede deberse a que la pérdida de anchura provocada por el puente supera al llamado estrechamiento crítico, y así el nivel en la sección de puente vendría

dado por el calado crítico de la sección estrechada, que se convierte en una sección de control.

En el *Apéndice IV: Cálculos de la Alternativa Sur. Barranco del Convento* se incluyen las tablas de resultados de HEC-RAS de la simulación de la avenida con periodo de retorno 500 años, la que se utilizará para diseñar las protecciones. Esta simulación ya incluye el puente proyectado y además, la regularización de las secciones en las inmediaciones de este (Apartado 5.1). Contiene información asociada a la ecuación de la energía, cotas de lámina de agua y comparaciones con régimen crítico, descripciones geométricas del alcance de la crecida y sobre su capacidad erosiva. Las variables incluidas en la tabla son:

- River Station: Ubicación de la sección
- Q Total: Caudal total de la sección transversal
- Min Ch El: Cota mínima de la sección (thalweg)
- W.S. Elev: Cota de la lámina de agua
- Crit W.S.: Cota de la lámina de agua correspondiente al régimen crítico
- E.G. Elev: Cota de la línea de energía
- E.G. Slope: Pendiente de la línea de energía
- Vel Total: Velocidad promedio de la sección mojada
- Flow Area: Área de la sección mojada
- Top Width: Anchura de la superficie libre
- Froude #XS: Número de Froude de la sección completa
- Shear Total: Tensión tangencial promedio de la sección completa

4. ANÁLISIS HIDRÁULICO-SEDIMENTOLÓGICO. ESTUDIO DE SOCAVACIÓN POTENCIAL

Debido a que la erosión del fondo del río en el lugar de implantación de un puente es la causa hidráulica más frecuente de fallo, se deben estudiar estos fenómenos y dimensionar conforme a los resultados las cimentaciones. La erosión es una combinación de distintos procesos, que pueden darse a largo plazo o de forma transitoria, como podrían ser las avenidas.

La erosión de un puente se estima como erosión potencial, y además de los procesos y componentes de la erosión que se producen independientemente de la colocación de un puente (general transitoria, a largo plazo, erosión en curvas...) existen componentes específicas que afectan a estos.

La primera de ellas es la erosión localizada o por estrechamiento o contracción, que se debe al estrechamiento causado por el puente respecto a la anchura ocupada por la avenida antes de existir el puente, este tipo de erosión se da tanto en la sección de puente como en sus inmediaciones.

La segunda es la erosión local en pilas, estribos u otros elementos que se encuentren en contacto con la lámina de agua. Hay que tener en cuenta que el rápido desarrollo de la erosión local puede alterar las distribuciones de caudales a través del vano, lo que puede aumentar el caudal unitario junto al obstáculo y empeorar la situación.

Este tipo de erosión se debe a que en el entorno de la pila se dan velocidades mayores que las medias en la corriente, acompañada de vórtices frontales, laterales y de estela detrás de la pila. El sistema de vórtices es el principal causante de la socavación. Se forma un foso que rodea a la pila, con mayor extensión y profundidad en la cara frontal. Si este foso se forma, puede dar lugar al fallo de la pila por hundimiento y vuelco hacia aguas arriba.

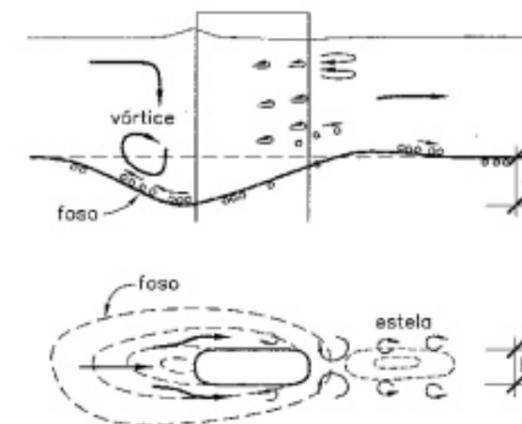


Fig. 63 Hidrodinámica y morfología de un foso de erosión local (*Ingeniería de ríos*, J.P. Martín Vide)

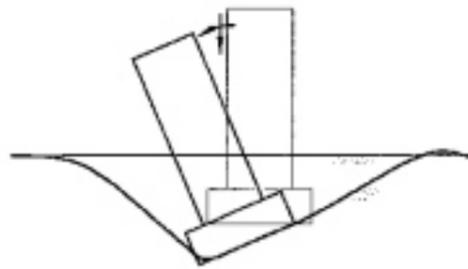


Fig. 64 Patología típica de un fallo por erosión local (*Ingeniería de ríos*, J.P. Martin Vide)

Se pueden dar dos modalidades distintas de erosión local en pilas, en la primera, erosión de aguas claras, son los vórtices los que socavan la pila, ya que la corriente no es capaz de movilizar el material del lecho. De esta manera la erosión local empieza con una velocidad aproximadamente la mitad de la velocidad umbral para el lecho en general. La segunda modalidad, llamada erosión en lecho vivo, se suele dar en avenidas y conlleva un transporte general de sedimentos además de la erosión local.

El análisis de socavación potencial localizada en el entorno de las pilas se realiza mediante el método implementado en HEC-RAS, basado en la ecuación de la Universidad de Colorado (CSU), (Richardson, 1990). La ecuación del CSU predice la máxima socavación potencial tanto aguas vivas como claras:

$$y_s = 2.0 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * a^{0.65} * y^{0.35} * Fr^{0.43} \quad (8)$$

Donde:

- y_s = socavación potencial, (m)
- K_1 = Factor de corrección por forma de la pila
- K_2 = Factor de corrección por ángulo de ataque del flujo
- K_3 = Factor de corrección por condición del lecho
- K_4 = Factor de corrección por armado del material del lecho
- a = ancho de la pila, (m)
- y = Calado inmediatamente aguas arriba de la pila, (m)
- Fr = Número de Froude inmediatamente aguas arriba de la pila.

El valor del factor corrector por forma de la pila, K_1 , se puede extraer de la siguiente tabla:

Table 10-1 Correction Factor, K_1 , for Pier Nose Shape

Shape of Pier Nose	K_1
(a) Square nose	1.1
(b) Round nose	1.0
(c) Circular cylinder	1.0
(d) Group of cylinders	1.0
(e) Sharp nose (triangular)	0.9

Fig. 65 Factor corrector K_1 por forma de la pila (HEC-RAS v4.1 Reference Manual)

El factor corrector por ángulo de ataque del flujo, K_2 , se calcula automáticamente en el programa según la siguiente ecuación:

$$K_2 = \left(\cos\theta + \frac{L}{a} \sin\theta \right)^{0.65} \quad (9)$$

Donde:

- L : longitud de la pila en la dirección del flujo, (m)
- θ : ángulo de ataque del flujo respecto de la pila

El factor corrector por condición del lecho, K_3 , se puede extraer de la siguiente tabla:

Table 10-2 Increase in Equilibrium Pier Scour Depth, K_3 , For Bed Condition

Bed Condition	Dune Height H feet	K_3
Clear-Water Scour	N/A	1.1
Plane Bed and Antidune Flow	N/A	1.1
Small Dunes	$10 > H \geq 2$	1.1
Medium Dunes	$30 > H \geq 10$	1.1 to 1.2
Large Dunes	$H \geq 30$	1.3

Fig. 66 Factor corrector por condición de lecho, K_3 (HEC-RAS v4.1 Reference Manual)

El factor de corrección K_4 representa la capacidad de resistencia a la erosión que se produce naturalmente en el lecho cuyo material tenga un D_{50} igual o superior que 0.002 m y un D_{95} igual o superior que 0.020 m. Este coeficiente implica que cuando la velocidad (V_1) es menor que la velocidad crítica (V_{c90}) correspondiente al D_{90} del material del lecho, y cuando hay gradación en el material, el valor de D_{90} es el que limita la profundidad de socavación. Se analiza con la siguiente ecuación:



$$K_4 = 0.4 * (VR)^{0.15} \tag{10}$$

Donde:

- $VR: \left[\frac{V1-Vi50}{Vc50-Vi95} \right]$ (11)

- $Vi50 = 0.645 \left[\frac{D50}{a} \right]^{0.053} * Vc50$ (12)

- $Vi95 = 0.645 \left[\frac{D95}{4} \right]^{0.053} * Vc95$ (13)

- VR: velocidad promedio
- V1: Velocidad media del área inmediatamente aguas arriba del puente, (m/s)
- Vi50: Velocidad necesaria para iniciar la socavación en la pila para una tamaño de grano D50, (m/s)
- Vi95: Velocidad necesaria para iniciar la socavación en la pila para un tamaño de grano D95, (m/s)
- Vc50: velocidad crítica para un material de lecho de tamaño D50, (m/s)
- Vc95: velocidad crítica para un material de lecho de tamaño D95, (m/s)
- a: ancho de pila, (m)

- $Vc50 = Ku * y^{\frac{1}{6}} * D50^{\frac{1}{3}}$ (14)

- $Vc95 = Ku * y^{\frac{1}{6}} * D95^{\frac{1}{3}}$ (15)

Donde:

- y: calado inmediatamente aguas arriba de la pila (m)
- Ku: 6.19 (Unidades S.I.)

Además, en la siguiente tabla se pueden ver los límites para el valor K₄:

Table 10-3 Limits for Bed Material Size and K₄ Values

Factor	Minimum Bed Material Size	Minimum K4 Value
K4	D50 ≥ 0.006 ft (0.002 m) D95 ≥ 0.06 ft (0.02 m)	0.4

Fig. 67 Límites para el valor K₄ (HEC-RAS v4.1 Reference Manual)

De esta forma, se calcula la profundidad de socavación potencial a partir de los datos y coeficientes nombrados en cada una de las pilas a las que afecte la lámina de agua de la avenida de periodo de retorno 500 años.

4.1. Primer puente sobre el río Chelva

Los datos introducidos en el cálculo de la profundidad de socavación potencial para la segunda pila del primer puente se pueden observar en la siguiente tabla:

Ancho, a (m)	4.77	Ángulo de ataque (°)	14
Calado, Y1 (m)	4.48	Longitud de la pila, L (m)	5.99
D50 (mm)	20	K1	1.1
D95 (mm)	50	K2	1.17
Velocidad media, V1 (m/s)	2.93	K3	1.1
Froude, Fr1	0.244		K4
Profundidad, Ys (m)	3.38		

Tabla 10. Cálculo de la socavación potencial máxima de la pila del primer puente

Para calcular se han considerado las dimensiones de la pila obtenidas en el apartado 3.5.1, la velocidad, el número de Froude y el calado inmediatamente aguas arriba del puente obtenido de la simulación de la avenida con periodo de retorno 500 años, un coeficiente de forma K1 de 1.1 correspondiente a una forma de pila cuadrada, un coeficiente K2 calculado a partir del ángulo de ataque del flujo y la longitud de la pila, un coeficiente K3 de 1.1 correspondiente a la situación de aguas claras y un coeficiente K4 calculado a partir de los datos de granulometría.

En la siguiente figura se puede ver el foso de socavación potencial que se produciría en este caso, con una profundidad total Ys de 3.38 metros.

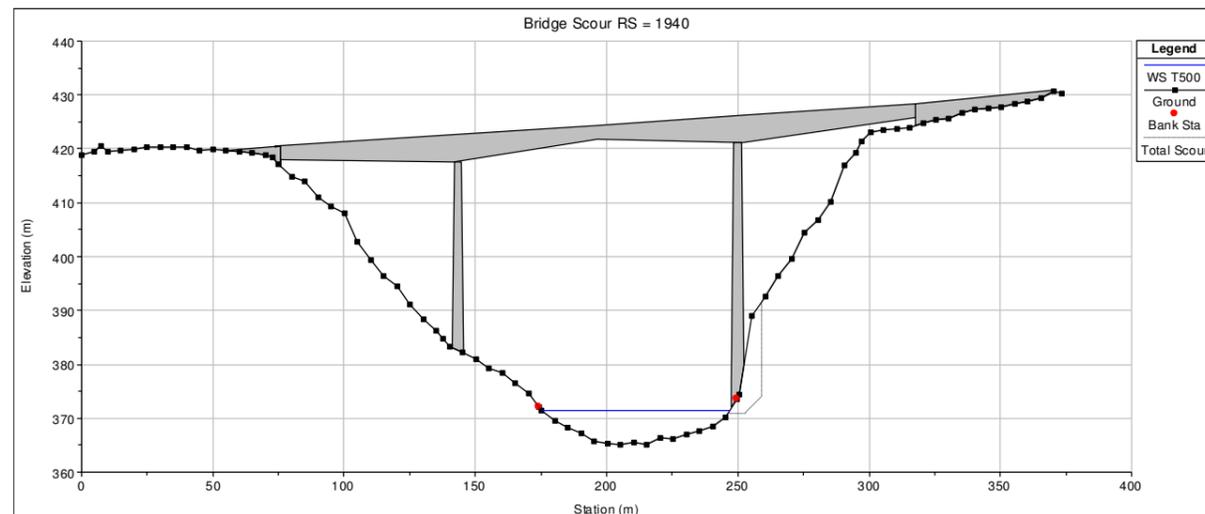


Fig. 68 Estimación de la socavación del primer puente (HEC-RAS)

4.2. Segundo puente sobre el río Chelva

En este caso, como la lámina de agua para la avenida T = 500 años se encuentra por encima de la base de la pila, se puede calcular tanto socavación potencial máxima (a partir de los resultados máximos de toda la sección) como la socavación potencial local (a partir de los datos locales de cada pila).

Los datos introducidos en el cálculo de la profundidad de socavación potencial máxima para las pilas del segundo puente se pueden observar en la siguiente tabla:

Pila 1 (izquierda)		Pila 2 (derecha)	
Ancho, a (m)	6.23	Ancho, a (m)	6.32
Calado, Y1 (m)	4.55	Calado, Y1 (m)	4.55
D50 (mm)	20	D50 (mm)	20
D95 (mm)	50	D95 (mm)	50
Velocidad media, V1 (m/s)	2.99	Velocidad media, V1 (m/s)	2.99
Froude, Fr1	0.247	Froude, Fr1	0.247
Ángulo de ataque (°)	43	Ángulo de ataque (°)	43
Longitud de la pila, L (m)	6.34	Longitud de la pila, L (m)	6.46

K1	1.1	K1	1.1
K2	1.26	K2	1.26
K3	1.1	K3	1.1
K4	0.4	K4	0.4
Profundidad, Ys (m)	4.38	Profundidad, Ys (m)	4.42

Tabla 11. Cálculo de la socavación potencial máxima de las pilas del segundo puente

Para calcular se han considerado las dimensiones de la pila obtenidas en el apartado 3.5.2, la velocidad, el número de Froude y el calado inmediatamente aguas arriba del puente obtenido de la simulación de la avenida con periodo de retorno 500 años, un coeficiente de forma K1 de 1.1 correspondiente a una forma de pila cuadrada, un coeficiente K2 calculado a partir del ángulo de ataque del flujo y la longitud de la pila, un coeficiente K3 de 1.1 correspondiente a la situación de aguas claras y un coeficiente K4 calculado a partir de los datos de granulometría.

En la siguiente figura se puede ver el foso de socavación potencial que se produciría en este caso, con una profundidad total Ys de 4.38 metros en la pila 1 y de 4.42 metros en la pila 2.

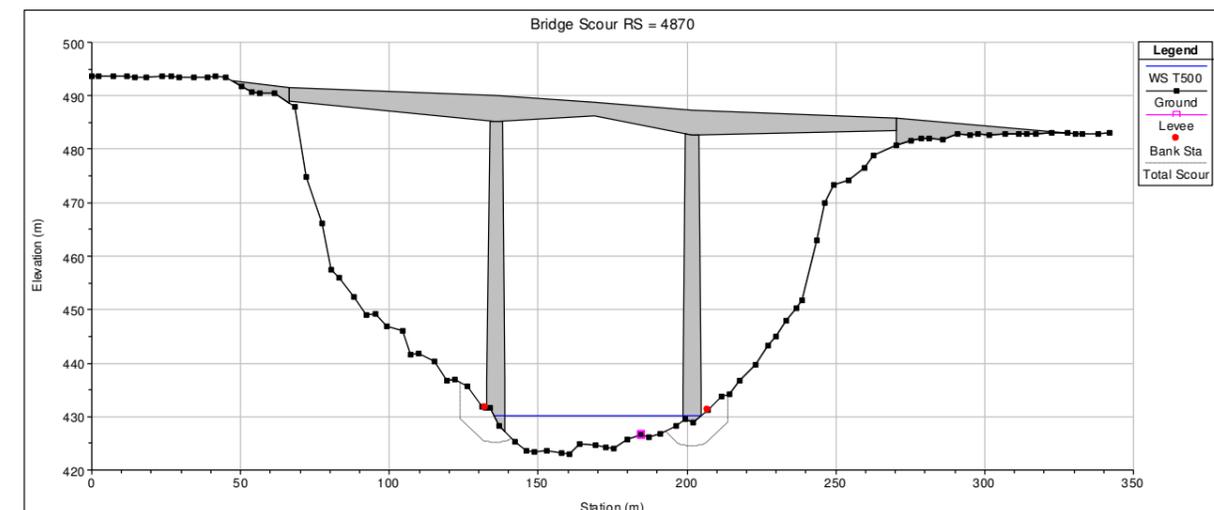


Fig. 69 Estimación de la socavación máxima del segundo puente (HEC-RAS)

Los datos introducidos en el cálculo de la profundidad de socavación potencial local para las pilas del segundo puente son los mismos que en el caso del cálculo de la máxima



socavación potencial, a excepción del calado, en este caso el de la sección inmediatamente aguas arriba de la pila, y el número de Froude.

Pila 1 (izquierda)		Pila 2 (derecha)	
Ancho, a (m)	6.23	Ancho, a (m)	6.32
Calado, Y1 (m)	0.65	Calado, Y1 (m)	1.25
Froude, Fr1	0.654	Froude, Fr1	0.471
Longitud de la pila, L (m)	6.34	Longitud de la pila, L (m)	6.46
Profundidad, Ys (m)	3.37	Profundidad, Ys (m)	3.71

Tabla 12. Cálculo de la socavación potencial local de las pilas del segundo puente

En la siguiente figura se puede ver el foso de socavación potencial que se produciría en este caso, con una profundidad total Ys de 3.37 metros en la pila 1 y de 3.71 metros en la pila 2.

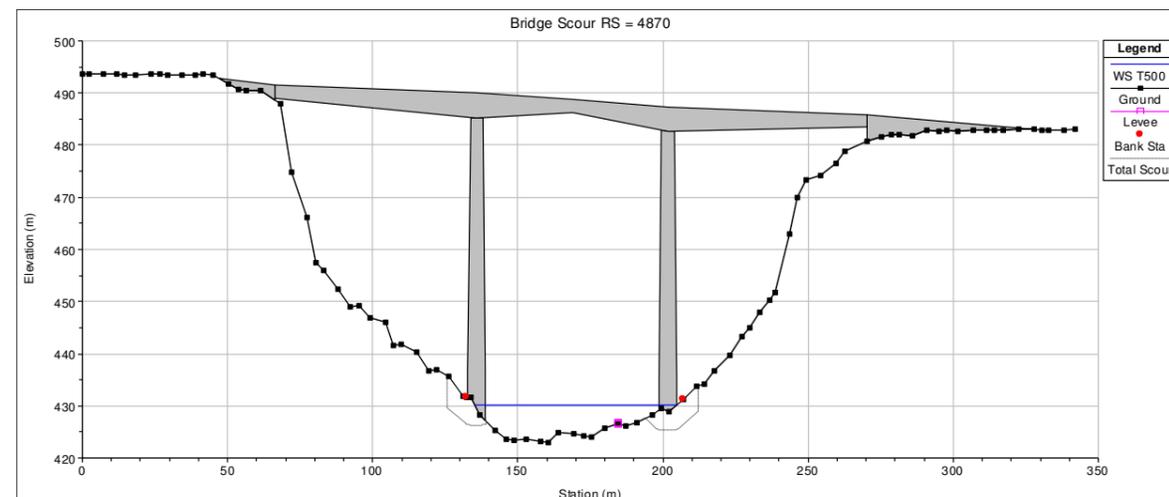


Fig. 70 Estimación de la socavación local del segundo puente (HEC-RAS)

4.3. Puente sobre el barranco del Convento

Los datos introducidos en el cálculo de la profundidad de socavación potencial para la segunda pila del puente sobre el barranco del Convento se pueden observar en la siguiente tabla:

Ancho, a (m)	3.98	Ángulo de ataque (°)	44
Calado, Y1 (m)	2.22	Longitud de la pila, L (m)	4.06
D50 (mm)	25	K1	1.0
D95 (mm)	75	K2	1.26
Velocidad media, V1 (m/s)	2.36	K3	1.1
Froude, Fr1	0.279	K4	0.4
Profundidad, Ys (m)	2.68		

Tabla 13. Cálculo de la socavación potencial de la pila del puente sobre el barranco del Convento

Para calcular se han considerado las dimensiones de la pila obtenidas en el apartado 3.5.3, la velocidad, el número de Froude y el calado inmediatamente aguas arriba del puente obtenido de la simulación de la avenida con periodo de retorno 500 años, un coeficiente de forma de 1.0 correspondiente a una forma de pila redondeada, un coeficiente K2 calculado a partir del ángulo de ataque del flujo y la longitud de la pila, un coeficiente K3 de 1.1 correspondiente a la situación de aguas claras y un coeficiente K4 calculado a partir de los datos de granulometría.

En la siguiente figura se puede ver el foso de socavación potencial que se produciría en este caso, con una profundidad total Ys de 2.68 metros.

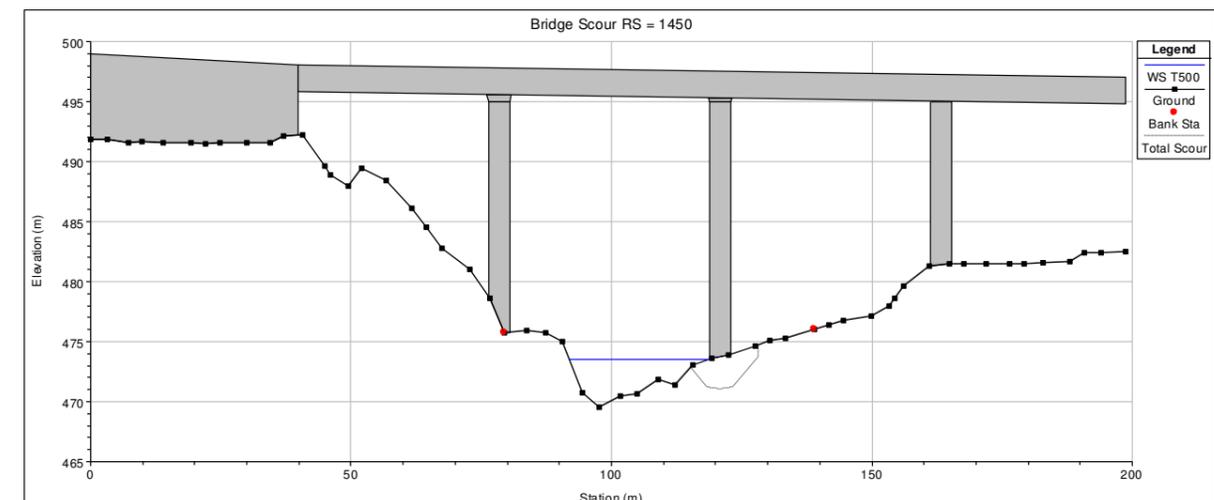


Fig. 71 Estimación de la socavación del puente sobre el barranco del Convento (HEC-RAS)



5. DISEÑO DE LAS ACTUACIONES DE PROTECCIÓN

5.1. Regularización de la morfología

La regularización de la morfología de las secciones transversales consiste en modificar los taludes naturales presentes en cada sección, de esta manera, las pilas apoyan sobre una superficie horizontal, lo que consigue reducir la erosión desigual alrededor de la pila, además de facilitar la actuación de protección. Así, se asegura la estabilidad de las protecciones locales y generales, además, se facilita la entrada y utilización de la maquinaria necesaria para su colocación. Además, se tendrá en cuenta la transición entre las secciones de cauce natural y las secciones modificadas.

De esta forma, todos los taludes que irán protegidos posteriormente se reperfilan con un talud 2H:1V, dejando una berma en la que apoyar las pilas. Esto se realizará desde la sección aguas arriba hasta la de aguas abajo.

En la siguiente figura se puede observar la regularización de la sección del primer puente sobre el río Chelva, donde se modifican los lugares de apoyo de las pilas formando una berma, y sobre todo, el talud de la pila derecha, en contacto con el agua, con una inclinación 2H:1V.

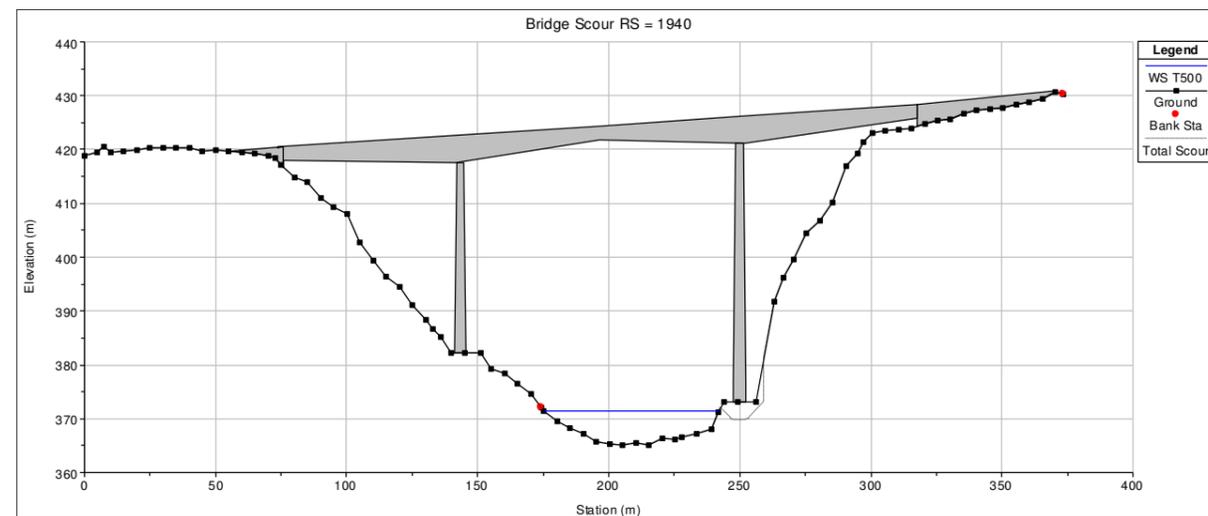


Fig. 72 Regularización de la sección del primer puente sobre el río Chelva (HEC-RAS)

En la siguiente figura se puede observar la sección transversal final del segundo puente sobre el río Chelva, en la que se modifican los lugares de apoyo de las pilas, dejando las superficies horizontales, además de la modificación de todo el lecho, dejando la sección con forma trapezoidal con taludes 2H:1V para facilitar la colocación de la protección general necesaria. En este caso este aspecto es importante porque el puente se encuentra en un tramo con mucha pendiente.

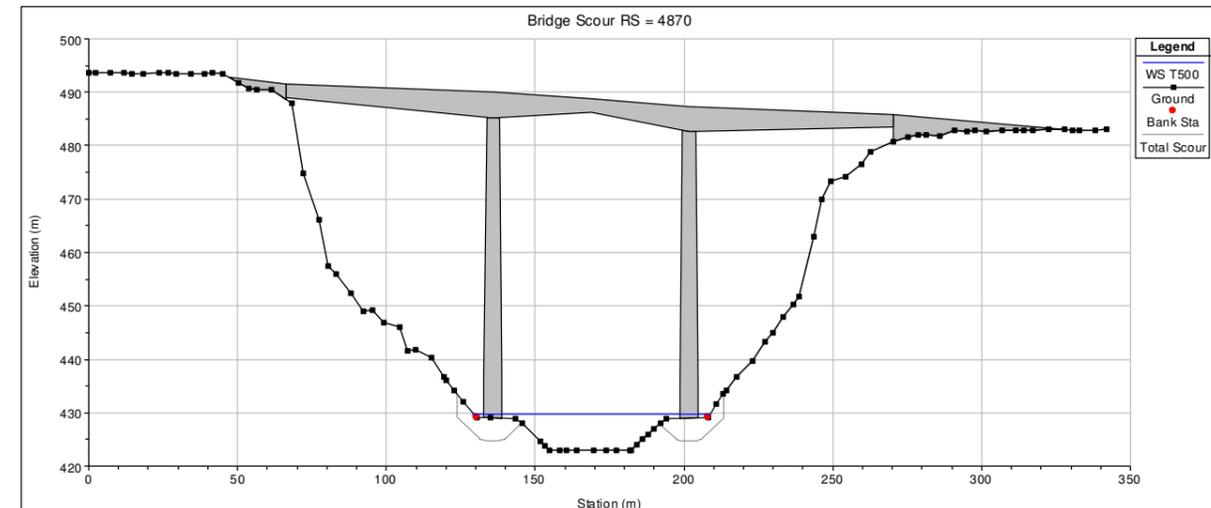


Fig. 73 Regularización de la sección del segundo puente sobre el río Chelva (HEC-RAS)

En la siguiente figura se puede observar la regularización de la sección del puente sobre el barranco del Convento, donde se modifican los lugares de apoyo de las pilas formando una berma, y sobre todo, el talud de la pila en contacto con el agua, con una inclinación 2H:1V.

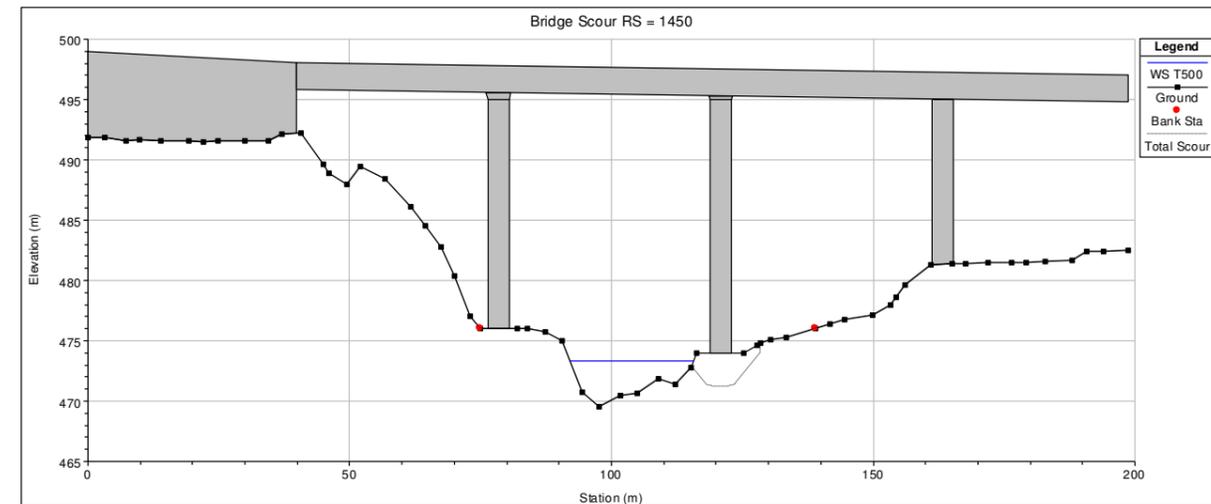


Fig. 74 Regularización de la sección del puente sobre el barranco del Convento (HEC-RAS)

Una vez regularizadas las secciones, se comprueba que los cambios realizados no afecten o lo hagan mínimamente a la profundidad potencial de socavación, podemos ver los resultados en la siguiente tabla:



	Primer puente sobre el río Chelva	Segundo puente sobre el río Chelva		Puente sobre el barranco del Convento
Ys (m)	3.44	P1: 3.68	P2: 3.72	2.82

Tabla 14. Profundidades potenciales de socavación estimadas

Finalmente, estas profundidades serán las que se tendrán en cuenta a la hora de soterrar las cimentaciones de cada pila, que en todo caso deberán ser superiores a estas para evitar el descalce y fallo de la estructura.

En el documento *Nº 3 PLANOS, apartado 6*, se encuentran las medidas finales de la regularización de las secciones transversales.

5.2. Estabilidad frente a la erosión general

Para asegurar la estabilidad del cauce en las inmediaciones de los puentes, se hace necesaria una protección frente a la erosión general del lecho, de esta manera se asegura el correcto funcionamiento de la protección frente a la erosión local en las pilas.

Así, se inicia el proceso de diseño de una protección de escollera, la cual se colocará en las zonas que se desea proteger en una longitud de hasta 30 metros tanto aguas arriba como aguas abajo de la zona. El objetivo de este proceso es encontrar un diámetro característico de escollera que no pueda ser movido o arrastrado en la situación hidráulica a la que va a estar sometida, es decir, deberá ser capaz de soportar las tensiones tangenciales que se producen. Para dimensionar esta escollera existen multitud de formulaciones, cuyos resultados difieren notablemente, basadas en consideraciones teóricas y ensayos de laboratorio.

En este caso, siguiendo las recomendaciones de J.P. Martín Vide en *Ingeniería de ríos*, se utiliza la ecuación de Maynard (1993) basada en la experiencia en la utilización de protecciones de escollera en Estados Unidos. La expresión para el tamaño D_{30} es la siguiente:

$$\frac{D_{30}}{y} = 0.36 \left[\left(\frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} \right)^{0.5} * \frac{v_0}{\sqrt{g y}} \right]^{2.5} \quad (16)$$

Donde:

- D_{30} : diámetro 30 de la escollera
- y : calado del agua sobre el elemento
- γ : peso específico del agua
- γ_s : peso específico de la piedra

- v_0 : velocidad media en la vertical del elemento
- g : aceleración de la gravedad

Hay que tener en cuenta una serie de consideraciones: esta expresión se considera en condiciones hidráulicas ideales, excluyendo alteraciones del flujo, siendo válida para protecciones generales de cauces rectos, en el fondo y en taludes hasta 1V:2H (lo que se ha tenido en cuenta al realizar la regularización de la sección).

Para el cálculo se ha tenido en cuenta un peso específico de la piedra de 2.65 T/m³ correspondiente a una roca caliza. Para la validez de la ecuación se considera un espesor mínimo de $2D_{30}$ o $1.5D_{50}$ además de un uso granulométrico con varianza $\sigma^2 = 1.7-5.2$.

En la siguiente tabla se puede ver el dimensionamiento de la escollera para la protección general del primer puente sobre el río Chelva:

	Máximo sección
v_0 (m/s)	3.02
y (m)	4.66
γ (T/m ³)	1
γ_s (T/m ³)	2.65
Fr	0.247
D_{30} (m)	0.027

Tabla 15. Cálculo diámetro de la protección general del primer puente

En la siguiente tabla se puede ver el dimensionamiento de la escollera para la protección general del segundo puente sobre el río Chelva:

	Local pila izquierda	Local pila derecha	Máximo sección
V_0 (m/s)	3.06	3.06	3.06
y (m)	0.97	0.98	3.99
γ (T/m ³)	1	1	1
γ_s (T/m ³)	2.65	2.65	2.65
Fr	0.548	0.545	0.270
D_{30} (m)	0.042	0.041	0.027

Tabla 16. Cálculo diámetro de la protección general del segundo puente

En la siguiente tabla se puede ver el dimensionamiento de la escollera para la protección general del puente sobre el barranco del Convento:

	Máximo sección
V_0 (m/s)	2.58
y (m)	2.41
γ (T/m ³)	1
γ_s (T/m ³)	2.65
Fr	0.293
D_{30} (m)	0.022

Tabla 17. Cálculo diámetro de la protección general del puente sobre el barranco

Como se puede observar en los resultados, el diámetro característico de las escolleras de protección general es muy pequeño en todos los casos. Por lo tanto se decide optar por una solución diferente que no requiera el uso de escollera, pero que sea capaz de soportar las tensiones tangenciales que se producen en el lecho y los taludes de las zonas estudiadas.

Por lo tanto se propone un revestimiento con mallas (geoceldas o geomallas), una solución para cauces expuestos a fuerzas erosivas o inestabilidades superficiales, perteneciente al grupo de “técnicas de ingeniería ambiental”, que además permiten una adecuada integración en el entorno paisajístico, utilizando en caso de ser necesario, el material de relleno adecuado. En el caso de la elección de geoceldas, el tipo de relleno, en función del acabado que se requiera, puede ser tierra vegetal más hidrosiembra o un material granular tipo gravas. En el caso de la elección de geomallas, estas pueden ser vegetadas, lo que ayuda a aumentar la rugosidad de la zona.

5.3. Estabilidad frente a la erosión localizada

Para asegurar la estabilidad de las pilas de los puentes frente a la erosión local a la que estarán sometidos, que podría provocar el fallo de la estructura por fallo de la cimentación al quedarse al descubierto, se diseña una protección local de escollera.

Para dimensionar esta protección, como en el caso anterior, existen multitud de formulaciones. En este caso se decide utilizar la fórmula de Lauchlan (1999) de entre todas las recomendadas en “*Bridge Scour*” (Melville y Coleman, 2000). Dada la falta de coherencia entre los diferentes métodos, es prudente seleccionar uno que conduzca a unos diámetros de escollera relativamente grande en comparación con los otros métodos.

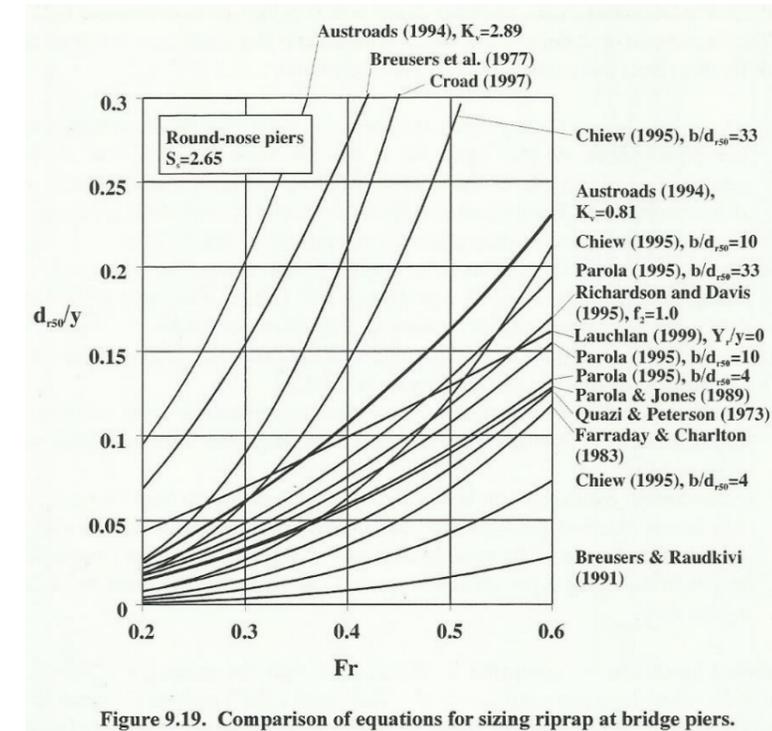


Fig. 75 Comparación de ecuaciones para dimensionar escollera en pilas de puente (Melville y Coleman, *Bridge Scour*)

La expresión es la siguiente:

$$\frac{D_{50}}{y} = 0.3 * Sf * \left[1 - \left(\frac{Y_r}{y} \right) \right]^{2.75} * Fr^{1.2} \quad (17)$$

Donde:

- D_{50} : diámetro de la escollera de protección (m)
- y : calado aguas arriba de la pila (m)
- Sf : factor de seguridad, con un mínimo recomendado de 1.1
- Y_r : profundidad de colocación de la escollera respecto del nivel de lecho original (m)
- Fr : número de Froude

Las recomendaciones de Lauchlan para la colocación de la escollera son las siguientes:

- Espesor de la capa de escollera entre $2D_{50}$ y $3D_{50}$

- Extensión lateral de la capa de escollera con un ancho en total entre 3B y 4B, o de 1B a 1.5B a partir de la cara de la pila en todas las direcciones, siendo B el ancho de la pila
- Profundidad de colocación Y_r , -aproximadamente en el menor nivel de duna que se produzca, lo que mejora la estabilidad de la protección.
- Una gradación de la granulometría de la escollera tal que:

$$0.5 D_{max} < D_{50} < 2D_{15} \quad (18)$$

- Si se utiliza filtro sintético la extensión lateral deberá ser sobre el 75% de la extensión lateral de la escollera.

Sin embargo, como en todos nuestros casos se trata de pilas alargadas oblicuas al flujo, el diseño de las protecciones de escollera se realiza con las recomendaciones de Martín Vide en “*Ingeniería de ríos*”. De esta manera se aumentará la anchura de la aureola, tanto en el lateral a sotavento como en la cara posterior (aguas abajo), las zonas más afectadas por el sistema de vórtices.

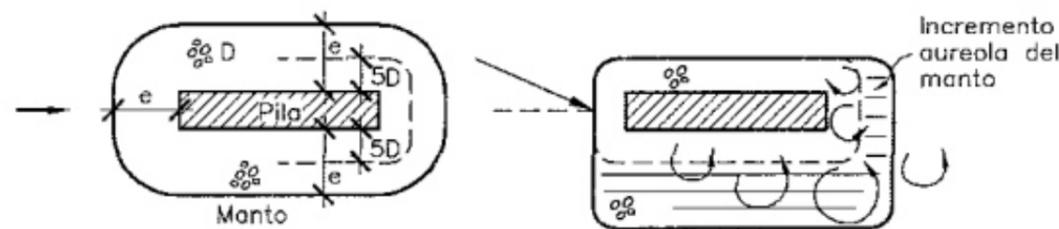


Fig. 76 Posición y dimensiones de un manto de escollera alrededor de una pila de puente, caso general (izquierda) y pila delgada con corriente oblicua (J.P. Martín Vide, *Ingeniería de ríos*)

El manto de escollera necesita al menos dos capas de material y un filtro para evitar que el sustrato de grava ascienda entre los huecos. El espesor del filtro debe ser mayor que $1.5D_{50}$ del material de filtro, y en todo caso mayor que 15 cm.

El valor de la aureola tendrá una anchura máxima del orden del valor de la erosión local. Según las recomendaciones de “*Control de erosión fluvial en puentes*” (1988) las dimensiones en planta de los mantos de escollera se definen por su anchura, siendo esta la distancia desde el borde de la protección hasta el contorno del apoyo del puente.

En cualquier caso, la extensión del manto debe ser mayor que $4D_{50}$. Al tratarse de pilas sometidas a flujo oblicuo, se ampliará la extensión del manto aguas abajo $3/2$ el espesor

mínimo y la extensión del manto en el lateral “a sotavento” será la máxima, es decir, igual a la profundidad de socavación.

5.3.1. Cálculo de la protección localizada del primer puente sobre el río Chelva

En este caso, se calcula una protección localizada con los valores máximos de la sección, ya que la lámina de agua no alcanza la base de la pila pero se queda muy cerca, para quedarse del lado de la seguridad. Se utiliza un factor de seguridad de 1.5 y se coloca la escollera a la altura del lecho original.

y (m)	4.66
Sf	1.5
Y_r (m)	0
Fr	0.247
D_{50} escollera (m)	0.39

Tabla 18. Cálculo de la escollera de protección local del primer puente

Las dimensiones de la protección, calculadas con una escollera con un D_{50} de 0.40 m serán las siguientes:

Ancho máximo (prof. socavación) (m)	3.44
Ancho mínimo (m)	1.60
Ancho aguas abajo (m)	2.40
Ancho lateral a sotavento (m)	3.44
Espesor (m)	0.80

Tabla 19. Dimensiones de la protección localizada del primer puente

5.3.2. Cálculo de la protección localizada del segundo puente sobre el río Chelva

En este caso, se calcula la protección localizada con los valores máximos y con los valores locales de cada pila, para poder compararlos. Se utiliza un factor de seguridad de 1.5 y se coloca la escollera a la altura del lecho original.



	Máximo	Local pila 1	Local pila 2
y (m)	3.99	0.97	0.98
Sf	1.5	1.5	1.5
Y _r (m)	0	0	0
Fr	0.270	0.548	0.545
D₅₀ escollera (m)	0.37	0.21	0.21

Tabla 20. Cálculo de la escollera de protección local del segundo puente

Con estos resultados, se elige utilizar una escollera de 0.4 m, como en el caso anterior. Las dimensiones de la protección serán las siguientes:

Ancho máximo (prof. socavación) (m)	3.72
Ancho (m)	1.60
Ancho aguas abajo (m)	2.40
Ancho lateral a sotavento (m)	3.72
Espesor (m)	0.80

Tabla 21. Dimensiones de la protección localizada del segundo puente

5.3.3. Cálculo de la protección localizada del puente sobre el barranco del Convento

En este caso, como en el del primer puente, se calcula únicamente la máxima, para quedarse del lado de la seguridad. Se utiliza un factor de seguridad de 1.5 y se coloca la escollera a la altura del lecho original.

Y (m)	2.41
Sf	1.5
Y _r (m)	0
Fr	0.293
D₅₀ escollera (m)	0.25

Tabla 22. Cálculo de la escollera de protección local del puente sobre el barranco del Convento

Las dimensiones de la protección, calculadas con una escollera con un D₅₀ de 0.25 m serán las siguientes:

Ancho máximo (prof. socavación) (m)	2.82
Ancho (m)	1.00
Ancho aguas abajo (m)	1.50
Ancho lateral a sotavento (m)	2.82
Espesor (m)	0.50

Tabla 23. Dimensiones de la protección localizada del puente sobre el barranco del Convento

5.4. Caracterización de las actuaciones

Como se ha visto en los apartados anteriores, la protección frente a la erosión local se realiza mediante unos mantos de escollera en la base de las pilas afectadas de cada puente. Se utilizan dos tipos de escollera, una con un D₅₀ de 0.40 metros para las pilas de los puentes proyectados en el río Chelva, y otra con un D₅₀ de 0.25 metros para la pila afectada del puente que cruza el barranco del Convento.

Para garantizar la efectividad de las protecciones, se necesita una escollera con una granulometría no uniforme para que al existir partículas de diferentes tamaños la superposición de capas funcione correctamente. Para dimensionar una curva granulométrica que cumpla las condiciones que se le exige se siguen las recomendaciones del U.S. Department of Transportation (1988), con la siguiente curva estándar propuesta:

Curva granulométrica adimensional	Curvas granulométricas calculadas			
	% pasa en peso	Dtamiz/D50	D50 = 0.40 m	D50 = 0.25 m
0		0.25	0.10	0.06
10		0.35	0.14	0.09
20		0.50	0.20	0.13
30		0.65	0.26	0.16

40	0.80	0.32	0.20
50	1.00	0.40	0.25
60	1.20	0.48	0.30
70	1.40	0.56	0.35
80	1.60	0.64	0.40
90	1.80	0.72	0.45
100	2.00	0.80	0.50

Tabla 24. Granulometría de la escollera de protección

Entre el terreno natural y la protección de escollera se colocará un filtro que impida la migración de partículas del suelo, este filtro puede ser natural o un geotextil. En este caso se elige la utilización de un geotextil, concretamente un geotextil tejido de poliéster de alto gramaje, los recomendados para ser colocados bajo el agua.

En el caso de la protección general, como se ha visto en el apartado 5.2, se elige una geomalla que pueda soportar la máxima velocidad que se da en el tramo (30 metros alrededor del puente) en el que va a ser colocada, de esta forma, se asegura que la geomalla pueda soportar las tensiones tangenciales a la que va a estar sometida y así proteger el talud y el lecho frente a la erosión. En la siguiente tabla se pueden ver las velocidades máximas en las secciones alrededor de los puentes:

	Velocidad máxima (m/s)
Primer puente sobre el río Chelva	4.01
Segundo puente sobre el río Chelva	4.29
Puente sobre el barranco del Convento	6.84

Tabla 25. Velocidades máximas

Las geomallas son capaces de adaptarse a pendientes extremas, canales con un flujo constante y velocidades altas, y áreas donde la vegetación necesita largos periodos de tiempo para su consolidación y por lo tanto largos periodos de tiempo para estabilizar el terreno. En general, para velocidades altas (hasta 7 m/s), se recomienda utilizar geomallas con matrices plásticas (polipropileno), para velocidades más bajas, inferiores a 6 m/s, se pueden utilizar matrices orgánicas.

Para colocarlas, en primer lugar se reperfila el talud, eliminando las partículas más gruesas, para evitar socavamientos o cualquier protuberancia que evite el contacto directo con el terreno. Para anclarlas, se excavan zanjas, paralelas a la cabeza y el pie del talud, a un metro de estos, de entre 20-30 cm de profundidad y 20-30 cm de ancho. Lo ideal es hacer llegar la geomalla fuera de la sección mojada, sobre terreno estable, a entre 0.25 y 0.50 metros de la cabeza del talud. En los lados extremos exteriores laterales se hacen zanjas de dimensiones similares.

La geomalla se introduce doblada en las zanjas y se grapa (cada 0.5 m de zanja), después se rellena y compacta. Como se presentan en rollos, es necesario que se solapen al menos 0.1 metros entre ellas, siempre a favor de la corriente. Los solapes también se grapan cada 0.5 m. Las grapas serán de hierro corrugado, de al menos 20x10x20 cm y diámetros entre 6 y 8 mm. La densidad de grapas irá desde 3 a 5 uds/m² según las velocidades y pendientes existentes. Estas mallas tienen un grosor entorno a los 20 mm.

Además, se puede combinar este método con la siembra de herbáceas, para implantar una cobertura vegetal. La combinación de los tallos y raíces de las plantas, las redes de propileno de la geomalla y las grapas de fijación crean una coraza de protección del terreno. Es un sistema no impermeable que favorece la infiltración en el terreno. Este proceso se puede realizar se puede realizar con siembra manual, hidrosiembra o con hidromantas. En caso de realizarse, será justo antes de la instalación de la geomalla.

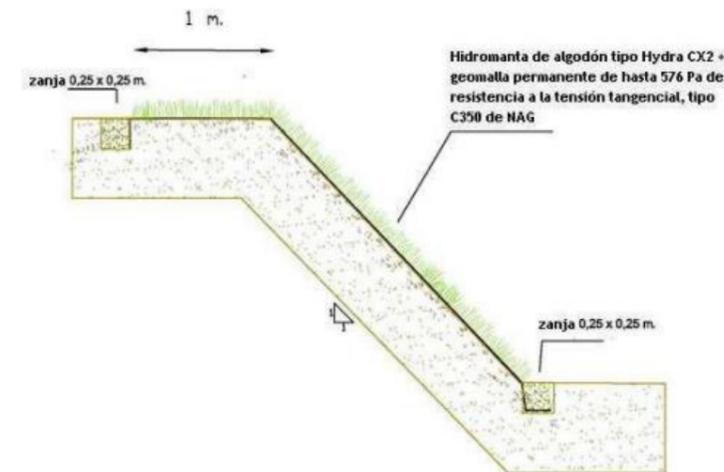


Fig. 77 Ejemplo de colocación de una geomalla en un talud (Aquanea)



6. ESTIMACIÓN ECONÓMICA

A continuación se estima un presupuesto aproximado de las actuaciones de protección propuestas en el apartado 5. *Diseño de las actuaciones de protección* incluido en este anejo. Para ello, se incluye el listado de unidades de obra y mediciones necesarias para llevarlo a cabo.

6.1. Unidades de obra

U01 m2

Despeje y desbroce del terreno hasta una profundidad de 0.20 m por medios mecánicos, con corte y retirada de arbustos, arrancado de raíces y destocoado en caso de ser necesario, incluso carga y transporte de la tierra vegetal a las zonas de acopio y carga de productos y transporte a vertedero.

U02 m3

Excavación a cielo abierto, en tierras, con medios mecánicos, incluso compactación del fondo de excavación, carga, transporte de tierras procedentes de la excavación, carga, transporte de tierras procedentes de la excavación a vertedero y/o acopio en obra.

U03 m3

Relleno, extendido y compactado de tierras, por medios mecánicos, en tongadas de 15 cm de espesor, incluso aporte de las mismas.

U04 m2

Geotextil tejido a base de polipropileno para filtro, con una resistencia a la tracción longitudinal de 55 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 55 kN/m, una apertura de cono en el ensayo de perforación dinámica según UNE-EN ISO 13433 inferior a 10 mm, resistencia CBR a punzonamiento 5 kN y una masa superficial de 215 g/m². Según UNE-EN 13252.

U05 m2

Geomalla permanente con matriz plástica, 100% fibra de polipropileno y 700gr/m² de peso y hasta 672 Pa de resistencia a la tensión tangencial. Incluso grapas de anclaje y colocación.

U06 m3

Relleno de grava para zanjas de anclaje, incluso el transporte y colocación.

U07 m3

Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio 0.40 m en protección local de pilas, completamente terminada, incluso transporte.

U08 m3

Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio 0.25 m en protección local de pilas, completamente terminada, incluso el transporte.

6.2. Mediciones

En la siguiente tabla se han incluido las mediciones de cada una de las unidades de obra definidas anteriormente para las actuaciones en cada uno de los puentes:

Unidad	Primer puente sobre el río Chelva	Segundo puente sobre el río Chelva	Puente sobre el barranco del Convento	Medición
U01 m2	1356.00	4738.44	1050.40	7144.84
U02 m3	3294.00	13756.20	1671.80	18722.00
U03 m3	1817.88	2139.00	1011.48	4968.36
U04 m2	1361.00	4760.28	1089.50	7210.78
U05 m2	1355.80	4738.10	1050.10	7144.00
U06 m3	10.53	17.87	9.07	37.47
U07 m3	37.77	72.91	0	110.68
U08 m3	0	0	16.99	16.99

Tabla 26. Mediciones

6.3. Estimación del presupuesto de ejecución material

En la siguiente tabla se puede observar la estimación del presupuesto de ejecución material de las actuaciones de protección propuestas, que asciende a un total de DOSCIENTOS CINCUENTA Y UN MIL SETECIENTOS CINCUENTA EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (251750.94€).



Código	Unidad	Descripción	Medición	Precio	Total (€)
U01	m2	Despeje y desbroce del terreno hasta una profundidad de 0.20 m por medios mecánicos, con corte y retirada de arbustos, arrancando las raíces y destocando en caso necesario, incluso la carga y transporte de la tierra vegetal a las zonas de acopio y carga de productos y transporte a vertedero.	7144.84	0.70	5001.39
U02	m3	Excavación a cielo abierto, en tierras, con medios mecánicos, incluso compactación del fondo de la excavación, carga, transporte de tierras procedentes de la excavación a vertedero y/o acopio en obra.	18722	5.81	108774.82
U03	m3	Relleno, extendido y compactado de tierras, por medios mecánicos, en tongadas de 15 cm de espesor, incluso aporte de las mismas.	4968.36	6.42	31896.87
U04	m2	Geotextil tejido a base de polipropileno para filtro, [con una resistencia a la tracción longitudinal de 55 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 55 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según UNE-EN ISO 13433 inferior a 10 mm, resistencia CBR a punzonamiento 5 kN y una masa superficial de 215 g/m ² . Según UNE-EN 13252.]	7210.78	4.76	34323.31
U05	m2	Geomalla permanente con matriz plástica, 100% fibra de polipropileno y 700gr/m ² de peso y hasta 672 Pa de resistencia a la tensión tangencial. Incluso grapas de anclaje y colocación.	7144.00	9.02	64438.88
U06	m3	Relleno de grava para zanjas de anclaje	37.47	4.21	157.75
U07	m3	Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio 0.40 m en protección local de pilas, completamente terminada, incluso el transporte.	110.68	54.20	5998.86
U08	m3	Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio 0.25 m en protección local de pilas, completamente terminada, incluso el transporte.	16.99	68.24	1159.06
Total (€)					251750.94

Tabla 27. Estimación del presupuesto de ejecución material

7. CONCLUSIONES

A lo largo de este anejo se ha analizado la situación actual de los cauces del río Chelva y el barranco del Convento, como punto de partida para analizar la interacción de estos con los puentes presentes en el trazado de la Alternativa Sur.

Utilizando el programa HEC-RAS se ha comprobado que la incorporación de los puentes en los cauces no compromete su capacidad hidráulica para la avenida con periodo de retorno de 100 años, ya que no se produce desbordamiento debido a estos en todo el tramo estudiado.

Además, con la simulación de una avenida con periodo de retorno de 500 años se ha estimado la profundidad de socavación potencial en aquellas zonas más desfavorables desde el punto de vista de la erosión local.

De esta manera, se han estudiado una serie de medidas de protección para minimizar el impacto que pueden producir las avenidas en la cimentación de las pilas de los puentes, lo que podría suponer el fallo de la estructura.

Finalmente, se proponen las siguientes medidas para proteger tanto las pilas, como las márgenes y el lecho de las inmediaciones de los puentes:

- Regularización de los cauces

De esta forma se regularizan las secciones transversales para ofrecer geometrías más estables allí donde hay que cimentar las pilas, teniendo en cuenta las transiciones desde las secciones naturales a las secciones de las zonas protegidas.

- Protección general de lechos y márgenes

Esta protección se basa en proteger aquellas márgenes y lechos que puedan influir en la estabilidad de la protección local de las pilas. De esta manera, se crean zonas con una rugosidad y estabilidad suficientes para resistir las tensiones tangenciales provocadas por el paso de la corriente. Se propone la colocación de una geomalla a lo largo de 30 metros tanto aguas arriba como aguas debajo de las estructuras, que asegura la estabilidad de las zonas protegidas frente a una velocidad máxima del flujo. Además, existe la posibilidad de vegetar estas protecciones y minimizar su efecto paisajístico.

- Protección local en las pilas de los puentes

Esta protección contra la erosión local en pilas consiste en un manto de escollera que impida la socavación de estas. De esta forma, con la colocación de mantos de escollera de diámetro $D_{50} = 0.40$ metros en las estructuras del río Chelva y de diámetro $D_{50} = 0.25$ metros en las estructuras del barranco del Convento se consigue la protección requerida.

Con las actuaciones propuestas en este anejo se garantiza la estabilidad de las estructuras de la Alternativa Sur de la variante a la CV-35 y la capacidad de las secciones mediante soluciones técnica, económica y ambientalmente viables.

En Valencia, 10 de junio de 2016

María Arenas Huerta



8. REFERENCIAS

- [1] Brunner, Gary W. *HEC-RAS River Analysis System User's Manual Version 4.1*. US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center (HEC), 2010.
- [2] Brunner, Gary W. *HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual*. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (HEC), 2010.
- [3] Martín Vide, Juan P. *Ingeniería de ríos*. 2ª ed. Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL, 2006. ISBN: 978-84-8301-900-9
- [4] Chow, Ven Te. *Hidráulica de canales abiertos*. Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A. (2004). ISBN: 958-600-228-4
- [5] *Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains*. United States Geological Survey Water-Supply Paper 2339
- [6] Bruce W. Melville, Stephen E. Coleman. *Brigde Scour*. U.S.A.: Water Resources Publications, LLC (2000). ISBN: 1-887 201-18-1
- [7] Témez Peláez, J.R. *Control de la erosión fluvial en puentes*, Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (1988). ISBN: 84-7433-572-8
- [8] Aquanea, Bioingeniería aplicada al paisaje. Ficha técnica Geomalla permanente P550 Vmax de North American Green. Disponible en: www.aquanea.com. Fecha de consulta: 7 de junio de 2016.
- [9] Aquanea, Bioingeniería aplicada al paisaje. Dossier Geomallas y mantas NAG: Mantas y geomallas para control de la erosión. Disponible en: www.aquanea.com. Fecha de consulta: 7 de junio de 2016.
- [10] Almeida G, Martín-Vide J P, *Estabilidad fluvial de una protección transversal de escollera en comparación con una longitudinal*. Tecnología y Ciencias del Agua 2011|183-98. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353531972006>. Fecha de consulta: 1 de junio de 2016.
- [11] L.A. Arneson, L.W. Zevenbergen, P.F. Lagasse, P.E. Clopper, *Hydraulic Engineering Circular No. 18 Evaluating scour at bridges*, Fifth Edition. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Report No. FHWA-HIF-12-003 HEC-18, 2012.



APÉNDICE I: CÁLCULOS DE LA SITUACIÓN INICIAL. RÍO CHELVA



ALTERNATIVA SUR.

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Total (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # XS	Shear Total (N/m2)
6166.036	948.7	442.93	449.53	447.8	450.27	0.011317	3.77	251.32	57.85	0.58	461.45
6141.655	948.7	442.41	449.66		450.11	0.006349	2.96	320.34	68.61	0.44	277.23
6123.925	948.7	442.12	449.27		449.81	0.00789	3.22	294.73	66.47	0.49	327.77
6112.415	948.7	442.03	449.08		449.63	0.007218	3.24	292.64	61.04	0.48	323.51
6093.411	948.7	441.73	448.51		449.14	0.008468	3.47	273.13	57.69	0.52	371.04
6076.786	948.7	441.95	448.3		448.95	0.010827	3.58	265.02	56.7	0.53	466.72
6057.184	948.7	441.2	448.08		448.64	0.008941	3.27	290.05	71.08	0.52	343.29
6034.614	948.7	441.06	447.93	445.73	448.41	0.007682	3.06	310.53	69.49	0.46	317.97
6012.572	948.7	440.79	447.7		448.28	0.009502	3.36	282.76	64.39	0.51	388.32
6001.447	948.7	441.01	447.6		448.2	0.010334	3.42	277.6	63.54	0.52	423
5975.725	948.7	441.51	447.54	445.75	448.08	0.010448	3.25	291.96	72.79	0.52	392.66
5948.16	948.7	441.48	447.45		447.86	0.006895	2.82	336.41	77.68	0.43	283.26
5914.705	948.7	441.03	447.18		447.57	0.007549	2.75	344.69	91.31	0.45	271.4
5875.55	948.7	440.53	446.59		446.97	0.007715	2.72	348.4	94.21	0.45	271.72
5846.204	948.7	440.55	446.07	444.72	446.52	0.011371	2.96	320.79	103.46	0.54	338.62
5795.29	948.7	440.83	446.01	444.04	446.21	0.00435	1.95	487.01	154.9	0.35	132.92
5766.139	948.7	439.74	445.69		445.9	0.005197	2.01	472.12	155.34	0.37	152.94
5745.292	948.7	440.36	445.5		445.67	0.004339	1.82	520.34	174.23	0.34	126.15
5708.598	948.7	439.62	445.16		445.32	0.004738	1.75	541.67	197.57	0.34	126.25
5682.497	948.7	438.92	444.87	442.81	444.98	0.00302	1.49	638.55	211.98	0.27	88.4
5648.599	948.7	440.18	444.6	442.94	444.72	0.003789	1.58	599.83	222.7	0.31	98.24
5623.808	948.7	438.83	444.45	442.82	444.58	0.004588	1.63	581.87	222.76	0.32	115.2
5596.462	948.7	439.76	444.04	443.37	444.17	0.004076	1.6	591.15	214.1	0.31	108.95
5577.455	948.7	439.18	443.43	442.14	443.63	0.007247	1.98	480.31	202.3	0.41	167.33
5532.154	948.7	438.96	442.9	441.36	443	0.00368	1.4	676.4	284.19	0.29	85.04
5508.111	948.7	437.32	442.77	440.89	442.87	0.002914	1.36	697.14	254.2	0.26	77.36
5480.274	948.7	436.97	442.5	440.96	442.63	0.004531	1.61	589.28	227.81	0.32	112.45
5455.563	948.7	437.46	442.2	440.99	442.39	0.007167	1.94	490.16	203.33	0.4	165.94
5426.6	948.7	437.51	441.98	440.66	442.2	0.00799	2.07	458.55	188.16	0.42	188.36
5413.274	948.7	437.44	441.53	440.94	441.9	0.01525	2.7	351	155.08	0.57	333.59
5349.584	948.7	435.99	441.77		441.79	0.000267	0.5	1899.58	521.22	0.08	9.48
5334.856	948.7	434.63	441.77	437.47	441.78	0.000195	0.51	1844.24	461.29	0.08	7.58
5310.182	948.7	435.1	441.77	436.86	441.78	0.000094	0.41	2296.82	470.89	0.06	4.44
5279.887	948.7	434.62	441.66	438.44	441.77	0.001756	1.47	646.81	154.46	0.23	68.88
5263.344	948.7	433.87	441.7		441.74	0.00036	0.88	1072.6	196.68	0.13	18.94
5244.615	948.7	433.77	441.61		441.73	0.001325	1.51	629.07	122.63	0.21	64.14
5233.806	948.7	433.76	441.6		441.72	0.001197	1.5	632.2	116.53	0.21	61.94
5225.706	948.7	433.73	441.56		441.7	0.001448	1.63	582.68	109.58	0.23	72.73
5203.235	948.7	432.29	441.54		441.69	0.001363	1.71	555.6	92.19	0.22	77.13
5184.435	948.7	434.42	441.39		441.66	0.003433	2.28	416.48	89.71	0.34	151.95

5167.813	948.7	431.58	441.37	437.97	441.62	0.002808	2.19	434.06	81.6	0.3	136.04
5150.631	948.7	431.16	441.33	437.58	441.58	0.002566	2.21	429.06	76.8	0.3	129.97
5138.034	948.7	431.47	441.25		441.56	0.003309	2.45	387.69	72.98	0.34	162.07
5125.104	948.7	431.07	441.16		441.51	0.003973	2.58	368.24	71.77	0.37	186.77
5115.882	948.7	431.52	441.17		441.47	0.003404	2.42	392.71	71.69	0.33	173.03
5103.016	948.7	432.04	441.15		441.44	0.003558	2.41	393.78	71.41	0.33	181.99
5095.651	948.7	431.67	441.05		441.41	0.004621	2.64	358.73	68.17	0.37	225.48
5084.417	948.7	430.95	440.92		441.38	0.006282	2.98	318.78	63.78	0.43	288.15
5073.55	948.7	432.24	440.66		441.31	0.009569	3.53	269.06	60.49	0.54	394.31
5062.22	948.7	432.4	439.19	439.19	441	0.041063	5.94	159.76	45.8	1.02	1309.77
5052.806	948.7	430.96	436.81	437.81	440.4	0.091333	8.4	112.92	32.26	1.43	2859.72
5043.433	948.7	429.83	436.31	437.23	439.69	0.092173	8.14	116.55	34.85	1.42	2733.74
5032.53	948.7	429.03	435.97	436.85	439.19	0.08676	7.95	119.4	36.3	1.4	2508.61
5020.43	948.7	429.12	434.84	436.04	438.78	0.109049	8.8	107.86	33.4	1.56	3202.52
5010.826	948.7	429.23	433.94	435.32	438.3	0.124538	9.25	102.6	32.31	1.66	3568.16
5001.008	948.7	429.83	434.06	435.01	437.41	0.090652	8.09	117.31	37.68	1.47	2602.02
4991.382	948.7	428.55	433.12	434.31	436.96	0.108136	8.63	109.93	38.03	1.63	2933.52
4981.608	948.7	429.25	434.3	434.3	436.17	0.042562	6.06	156.55	42.06	1	1447.54
4964.703	948.7	428.04	432.46	433.4	435.69	0.108964	7.96	119.24	44.35	1.55	2754.6
4953.82	948.7	426.79	431.47	432.57	435.19	0.108459	8.54	111.12	36.59	1.56	3058.27
4942.179	948.7	426.44	430.85	432.08	434.85	0.11354	8.87	107	34.34	1.6	3273.81
4925.862	948.7	425.67	430.22	431.31	434.15	0.16925	8.79	107.94	48.34	1.88	3570.13
4898.925	948.7	422.92	428.92	427.96	429.77	0.018651	4.08	232.77	62.29	0.67	649.57
4843.109	948.7	420.86	428.52		429.42	0.014235	4.21	225.56	45.59	0.6	636.5
4829.312	948.7	419.63	428.54		429.17	0.008265	3.54	267.93	45.8	0.47	429.18
4818.003	948.7	418.32	428.55		429.1	0.005687	3.24	292.38	51.65	0.44	286.18
4807.044	948.7	419.48	428.41		429.04	0.009147	3.51	270.17	51.67	0.49	434.72
4797.566	948.7	418.63	428.43		428.97	0.007233	3.25	291.78	51.68	0.44	364.99
4783.836	948.7	418.69	428.42		428.78	0.004195	2.67	355.5	56.69	0.34	237
4755.187	948.7	416.7	428.33		428.71	0.00402	2.75	345.61	48.15	0.33	244.64
4738.309	948.7	416.35	425.7	425.7	428.38	0.050328	7.25	130.88	24.6	1	1974.72
4708.474	948.7	414.14	420.22	422.15	426.56	0.187997	11.16	85.03	25.05	1.93	5242.09
4688.17	948.7	413.3	418.57	420.21	423.89	0.126748	10.22	92.84	23.08	1.63	4163.38
4652.84	948.7	411.4	418.5	418.5	421.22	0.048839	7.32	129.68	24	1	1987.06
4631.544	948.7	411.3	415.35	416.38	418.83	0.117071	8.27	114.75	42.78	1.61	2970.56
4602.417	948.7	411.29	413.99	415.2	418.03	0.215055	8.91	106.51	56.87	2.08	3867.28
4586.583	948.7	409.39	412.68	413.73	415.99	0.166235	8.05	117.78	60.55	1.84	3118.19
4561.031	948.7	408.14	410.89	411.91	414.32	0.191304	8.2	115.66	63.56	1.94	3319.01
4533.497	948.7	407.06	411.82	411.82	413.36	0.044972	5.51	172.25	56.78	1.01	1271.58
4510.754	948.7	405.86	411.82	410.8	412.64	0.017715	4.02	236.15	62.31	0.66	627.56
4489.376	948.7	405.26	411.81		412.27	0.007334	3.02	314.4	72.29	0.46	303.38
4458.76	948.7	404.42	411.83		412.22	0.005617	2.75	344.57	73.62	0.41	246.52



ALTERNATIVA SUR.

4416.533	948.7	403.93	411.6		412.11	0.008308	3.13	302.78	75.48	0.5	315.57
4371.998	948.7	403.65	410.95	409.17	411.64	0.011183	3.68	257.78	58.26	0.56	456.99
4337.43	948.7	403.91	410.66		411.23	0.009261	3.33	284.86	65.99	0.52	369.96
4297.706	948.7	402.76	409.66		410.41	0.013394	3.83	247.43	62.66	0.62	483.67
4255.439	948.7	402.41	409.38		409.94	0.008424	3.32	286.16	68.5	0.52	329.95
4212.546	948.7	402.67	409.14	406.83	409.54	0.006128	2.77	342.61	83.46	0.44	238.5
4171.184	948.7	402.18	409.2	406.06	409.31	0.001708	1.49	634.71	151.31	0.23	68.42
4133.669	948.7	402.29	408.98		409.21	0.003111	2.1	450.78	103	0.32	130.4
4094.336	948.7	401.14	408.26		408.89	0.017774	3.52	269.63	87.82	0.64	514.79
4058.861	948.7	401.44	406.22	406.13	407.43	0.03972	4.86	195.21	75.18	0.97	986.07
4028.277	948.7	401.14	406.19	405.41	406.94	0.015648	3.79	250.58	79.05	0.69	473.78
3990.836	948.7	400.25	405.93		406.46	0.008363	3.2	296.37	81.16	0.54	290.87
3952.087	948.7	400.34	405.79		406.26	0.007465	3.01	314.95	83.87	0.5	264.92
3909.327	948.7	398.99	405.63		406	0.005719	2.71	350.11	91.63	0.44	207.59
3867.304	948.7	398.2	405.53		405.81	0.004001	2.34	405.25	105.45	0.39	146.8
3831.688	948.7	398.07	405.36	403.14	405.7	0.004924	2.56	369.88	86	0.4	199.44
3802.142	948.7	397.73	405.13		405.53	0.006131	2.83	335.71	71.52	0.42	266.41
3758.115	948.7	397.53	404.31	402.83	405.11	0.013707	3.95	240.38	56.6	0.61	537.76
3721.689	948.7	397.78	404.29		404.66	0.005428	2.7	351.68	79.71	0.41	223.61
3686.409	948.7	396.38	404.03		404.34	0.004401	2.47	384.2	87.75	0.38	182.55
3645.639	948.7	397.79	403.73		404.09	0.005951	2.66	356.03	90.17	0.43	224.12
3615.335	948.7	396.03	403.59		403.94	0.004002	2.6	365.53	82.46	0.4	165.69
3583.011	948.7	396.6	403.16		403.71	0.007687	3.25	291.67	70.7	0.51	298.77
3561.862	948.7	396.61	402.92		403.38	0.006731	2.98	318.31	75.88	0.47	265.33
3546.414	948.7	395.55	402.91		403.34	0.005756	2.89	328.38	73.18	0.44	242.1
3531.01	948.7	396.49	402.78		403.28	0.007802	3.09	307.19	72.6	0.48	310.26
3510.382	948.7	395.24	402.59	400.95	403.21	0.01073	3.46	273.97	68.09	0.56	402.12
3488.25	948.7	395.36	402.4		403.03	0.010498	3.49	272.01	65.77	0.55	405.89
3467.39	948.7	396.31	402.29		402.84	0.009257	3.3	287.28	63.54	0.5	393.5
3437.604	948.7	395.35	402.34		402.75	0.005473	2.83	335.24	68.76	0.41	251.11
3407.485	948.7	394.49	402.24		402.68	0.005525	2.9	326.67	69.24	0.43	244.07
3373.908	948.7	394.04	402		402.61	0.008273	3.43	276.98	59.07	0.51	353.68
3345.616	948.7	393.81	402.03	399.5	402.48	0.006737	2.93	323.35	72.34	0.45	280.76
3307.997	948.7	393.64	401.74	398.57	402.06	0.00488	2.51	378.19	80.54	0.37	212.92
3275.122	948.7	392.86	401.52		401.88	0.004984	2.66	357.04	69.1	0.37	237.17
3245.746	948.7	392.1	401.46	398.89	401.85	0.006272	2.75	345.48	81.62	0.43	248.54
3191.643	948.7	391.48	401.34		401.73	0.004444	2.75	344.99	62.24	0.38	225.49
3162.357	948.7	391.49	400.76		401.41	0.008849	3.56	266.66	48.52	0.49	425.77
3131.006	948.7	390.91	400.03		400.93	0.010747	4.19	226.33	36.64	0.54	553.98
3101.946	948.7	390.21	399.83		400.56	0.006629	3.74	253.63	36.04	0.46	363.2
3068.84	948.7	391.12	399.03		400.18	0.016816	4.75	199.76	35.44	0.64	796.19
3040.843	948.7	390.57	397.23	396.89	398.88	0.03361	5.7	166.54	40.81	0.9	1243.57

3019.343	948.7	389.57	397.09		398.24	0.019596	4.75	199.66	42.77	0.7	827.84
3000.558	948.7	390.49	396.44		397.76	0.027663	5.09	186.26	48.3	0.83	1001.51
2970.792	948.7	389.46	396.79		397.45	0.010509	3.61	262.82	54.14	0.52	469.09
2951.245	948.7	389.5	396.11		396.87	0.012112	3.84	246.96	56.43	0.59	499.55
2918.043	948.7	389.42	396.09		396.73	0.00955	3.52	269.19	59.05	0.53	411.03
2891.694	948.7	389.49	394.11	394.11	395.67	0.041286	5.51	172.03	55.37	1	1204.88
2870.308	948.7	386.26	391.1	391.75	393.57	0.083998	6.96	136.23	51.02	1.36	2113.43
2847.163	948.7	385.26	389.3	390.45	392.97	0.11875	8.48	111.82	40.36	1.63	3099.04
2829.275	948.7	384.92	389.95	389.95	391.8	0.042186	6.01	157.8	43.42	1.01	1427.12
2806.509	948.7	382.37	387.51	388.39	390.58	0.087508	7.77	122.14	39	1.4	2515.1
2788.981	948.7	382.15	389.2	387.3	389.97	0.010896	3.88	244.81	48.3	0.55	505.28
2770.507	948.7	381.3	388.95		389.52	0.007436	3.32	285.49	54.32	0.47	358.12
2752.646	948.7	380.96	388.75		389.41	0.008833	3.58	265	50.67	0.5	420.81
2736.794	948.7	379.73	388.54		389.24	0.00987	3.72	254.79	46.52	0.51	480.53
2721.567	948.7	379.78	388.48		389.09	0.008316	3.47	273.65	49.21	0.47	416.42
2708.088	948.7	379.01	388.59		388.97	0.004186	2.73	348.1	55.04	0.35	239.26
2697.629	948.7	379.03	388.58		388.94	0.003949	2.66	356.16	54.21	0.33	226.4
2684.429	948.7	378.4	388.61		388.9	0.002861	2.4	394.68	60.9	0.3	165.52
2671.753	948.7	378.51	388.3		388.85	0.005865	3.23	293.48	50.57	0.43	299.3
2656.869	948.7	377.26	388.35		388.8	0.004183	2.95	322.02	47.02	0.36	244.25
2640.939	948.7	378.16	388.34		388.77	0.003574	2.87	330.45	46.17	0.35	213.06
2630.678	948.7	378.56	388.24		388.74	0.004573	3.1	305.81	44.5	0.38	261.45
2616.62	948.7	378.6	385.67	385.67	388.43	0.032954	7.17	132.27	24.82	1.02	1369.13
2602.4	948.7	377.51	383.68	384.75	387.84	0.059427	8.83	107.49	24.2	1.37	2094.07
2588.172	948.7	377.44	382.31	383.71	386.87	0.105324	9.34	101.6	31.92	1.69	3039.76
2573.278	948.7	377.6	382.49	383.36	385.66	0.084837	7.87	120.47	38.82	1.43	2457.32
2552.938	948.7	376.26	382.93	382.83	384.61	0.036608	5.71	166.22	46.8	0.97	1185.94
2532.41	948.7	376.08	382.79		384.02	0.020532	4.86	195.03	46.79	0.77	778.02
2509.884	948.7	376.11	382.57		383.5	0.019485	4.28	221.73	58.08	0.7	693.91
2481.901	948.7	375.77	382.24		383.08	0.016028	4.06	233.63	56.87	0.64	612.89
2464.14	948.7	376.09	382.23		382.86	0.010802	3.5	270.81	63.43	0.54	431.52
2447.237	948.7	375.5	382.12		382.79	0.011349	3.6	263.6	62.34	0.56	450.15
2426.968	948.7	374.9	381.9		382.57	0.012103	3.62	262.07	61.98	0.56	472.5
2405.927	948.7	375.34	381.32		382.08	0.014457	3.86	245.65	61.2	0.62	542.16
2387.834	948.7	374.37	381.22		381.86	0.011402	3.51	269.98	68.29	0.57	422.88
2369.684	948.7	374.75	381.15		381.72	0.009606	3.33	284.88	70.6	0.53	366.56
2353.606	948.7	374.06	381.18		381.65	0.007764	3	316.48	79.22	0.48	292.09
2343.825	948.7	374	381.02		381.56	0.009663	3.21	295.53	76.07	0.52	352.98
2328.091	948.7	373.64	380.84		381.34	0.00849	3.11	304.61	73.29	0.49	328.31
2311.892	948.7	373.67	380		380.72	0.014432	3.73	254.27	68.3	0.62	501.98
2296.485	948.7	373.93	379.26		380.32	0.028075	4.56	208.27	65.53	0.82	850.15
2283.792	948.7	373.19	379.07	378.28	379.92	0.017454	4.05	234.32	68.51	0.71	564.29



ALTERNATIVA SUR.

2271.456	948.7	373.29	378.89	377.98	379.79	0.017196	4.15	228.88	64.77	0.71	564.97
2252.699	948.7	372.8	378.57		379.64	0.020491	4.52	209.79	57.34	0.76	697.97
2234.537	948.7	372.64	378.18		379.49	0.025453	5.03	188.69	51.04	0.84	881.23
2219.497	948.7	373.02	378.31		379.24	0.018358	4.26	222.7	55.46	0.68	683.22
2204.965	948.7	372.7	378.27		379.12	0.016389	4.07	232.85	58.75	0.65	611.29
2189.363	948.7	372.95	377.7	377.33	378.97	0.030561	5	189.86	54.61	0.86	997.65
2173.434	948.7	372.62	377.58	377.2	378.78	0.030176	4.87	194.96	58.62	0.85	955.73
2159.877	948.7	371.4	377.68	376.77	378.61	0.020004	4.26	222.58	58.52	0.7	706.96
2147.661	948.7	371.43	377.67		378.53	0.014978	4.09	231.77	52.36	0.62	615.74
2135.859	948.7	370.96	376.54	376.54	378.36	0.044576	5.97	158.89	44.27	1.01	1432.16
2117.934	948.7	369.69	373.75	375.07	377.83	0.151115	8.95	106.04	41.42	1.78	3564.09
2101.923	948.7	369.5	373.76	374.67	376.67	0.091956	7.57	125.38	44.4	1.44	2448.42
2086.41	948.7	369.13	372.55	373.67	376.15	0.13657	8.41	112.79	45.51	1.71	3167.77
2072.483	948.7	368.26	372.66	373.49	375.65	0.090115	7.67	123.72	39.65	1.39	2485.26
2057.104	948.7	367.71	372.27	372.91	375.04	0.073158	7.38	128.63	38.74	1.29	2225.36
2042.33	948.7	366.42	372.7	372.7	374.72	0.043746	6.31	150.4	37.48	1.01	1547.85
2031.157	948.7	365.6	371.61	372.05	374.32	0.056921	7.3	129.97	31.22	1.14	2057.79
2020.033	948.7	365.45	368.85	370.32	373.61	0.21901	9.67	98.15	45.75	2.11	4391.56
2004.644	948.7	365.82	372.01	370.12	372.51	0.009455	3.13	302.66	71.24	0.49	369.68
1996.819	948.7	365.69	371.97		372.48	0.008862	3.16	300.68	67.61	0.48	366.62
1989.714	948.7	365.49	371.77		372.43	0.014103	3.58	265.22	71	0.59	498.03
1982.622	948.7	365.26	371.52		372.33	0.015472	3.99	237.83	56.74	0.62	600.27
1973.791	948.7	365.52	371.01		372.13	0.027134	4.69	202.48	59.71	0.81	879.33
1963.666	948.7	365.13	371.31		371.89	0.00946	3.36	282.02	65.33	0.52	389.2
1946.773	948.7	365	371.27		371.77	0.009085	3.14	301.78	71.21	0.49	367.61
1917.282	948.7	363.47	370.46		371.18	0.013841	3.75	252.82	62.19	0.59	532.63
1907.221	948.7	363.32	370.12		370.85	0.014014	3.78	251.3	61.96	0.6	539.15
1892.211	948.7	363.73	370.12		370.69	0.010876	3.34	283.97	70.05	0.53	421.26
1879.439	948.7	364.26	370.05		370.63	0.012123	3.39	280.2	73.93	0.56	441.61
1868.791	948.7	362.47	370.03	368.02	370.47	0.007842	2.92	325.13	83.42	0.47	292.81
1856.171	948.7	362.79	369.57	368.13	370.08	0.008868	3.17	299.33	79.36	0.52	318.6
1844.674	948.7	363.08	369.14	368.2	369.81	0.013404	3.6	263.54	77.55	0.62	432.83
1832.53	948.7	362.01	368.83		369.59	0.016695	3.87	244.97	80.81	0.71	483.74
1818.777	948.7	361.55	368.62	367.94	369.36	0.014968	3.69	257.06	91.66	0.72	400.45
1804.358	948.7	361.85	368.4		369.16	0.016983	3.83	247.79	86.83	0.73	462.91
1789.454	948.7	361.98	368.23		368.91	0.014305	3.63	261.02	86.37	0.67	413.92
1776.61	948.7	361.47	368.05	367.29	368.68	0.011986	3.46	274.47	89.98	0.64	346.65
1761.808	948.7	361.84	367.86	366.65	368.47	0.012024	3.41	278.14	91.97	0.64	344.58
1754.253	948.7	360.53	367.58	366.91	368.24	0.013473	3.51	270.18	91.55	0.67	373.27
1741.702	948.7	361.14	367.53	366.65	368.16	0.012948	3.46	274.12	92.61	0.65	360.19
1729.034	948.7	361.37	367.36	366.63	368	0.01457	3.48	272.45	93.94	0.66	402.82
1717.302	948.7	361.23	366.63	365.99	367.42	0.017297	3.91	242.79	76.57	0.71	518.07

1709.972	948.7	361.64	366.52		367.2	0.01444	3.54	267.66	102.09	0.72	359.34
1697.915	948.7	360.31	366.61	365.13	367.07	0.007357	2.92	324.74	94.04	0.52	236.22
1679.97	948.7	360.49	366.55	365.08	367	0.007424	2.88	329.28	104.12	0.54	220.58
1660.426	948.7	360.66	366.5		366.94	0.008621	2.88	329.84	107.53	0.54	252.18
1641.209	948.7	360.58	366.41	365.22	366.86	0.009311	2.9	327.05	110.72	0.55	263.38
1618.412	948.7	359.89	366.36	364.84	366.77	0.008624	2.8	338.39	106.03	0.51	257.3
1602.988	948.7	359.22	366.4	364.36	366.7	0.005606	2.39	396.36	106.49	0.4	197.98
1589.678	948.7	360.73	366.39		366.66	0.003495	2.25	420.87	108.27	0.38	129.6
1566.679	948.7	360.22	366.39		366.61	0.003568	2.06	459.57	123.36	0.34	127.08
1551.949	948.7	359.01	366.32		366.57	0.004035	2.22	428.07	114.26	0.37	145.54
1540.765	948.7	359.53	366.34	364.32	366.52	0.002776	1.9	499.01	139.57	0.32	95.35
1521.62	948.7	358.64	366.08	364.56	366.46	0.005417	2.72	349.28	97.93	0.46	183.39
1506.641	948.7	359.6	365.75		366.34	0.009788	3.33	284.89	97.43	0.64	272.14
1490.271	948.7	360.35	364.98	364.98	366.09	0.028216	4.59	206.52	95.22	1.02	580.6
1475.538	948.7	358.38	364.84	364.44	365.6	0.019207	3.83	247.69	101.17	0.79	434.39
1462.07	948.7	359.02	364.87		365.4	0.010584	3.22	294.8	106.91	0.62	279.04
1444.482	948.7	358.14	364.82		365.26	0.007415	2.92	325	109	0.54	208.5
1431.867	948.7	358.84	364.76		365.19	0.007497	2.9	327.11	110.26	0.54	210.69
1414.629	948.7	358.09	364.71		365.09	0.006092	2.73	347.68	110.91	0.49	181.45
1396.174	948.7	358.19	364.66		364.99	0.005074	2.54	374.09	113.76	0.45	158.35
1378.997	948.7	358.21	364.54		364.91	0.006484	2.67	355.19	116.01	0.49	188.71
1364.27	948.7	357.78	364.38		364.81	0.007792	2.92	325.05	109.69	0.54	221.32
1347.692	948.7	357.23	364.22		364.71	0.008992	3.08	308.32	103.67	0.57	252.84
1323.752	948.7	357.4	364.06		364.55	0.008396	3.07	309.39	102.5	0.57	240.17
1304.2	948.7	357.08	363.51		364.14	0.012062	3.5	271.35	93.65	0.66	332.71
1278.786	948.7	356.53	363.35		363.88	0.010447	3.25	292.13	94.94	0.59	306.99
1254.491	948.7	356.73	363.24		363.68	0.008758	2.92	325.23	103.04	0.52	266.58
1232.664	948.7	356.31	363.2	361.15	363.48	0.004473	2.32	409.62	114.86	0.4	152.47
1216.443	948.7	356.33	362.94		363.19	0.003277	2.17	436.4	111.71	0.35	122.56
1198.679	948.7	355.55	362.69		362.97	0.004459	2.34	404.64	94.13	0.36	180.56
1173.199	948.7	356.34	362.09		362.71	0.012872	3.47	273.17	74.19	0.58	442.92
1148.022	948.7	355.2	361.87	360.4	362.47	0.011223	3.42	277.46	67.19	0.54	428.37
1129.17	948.7	354.89	360.91	360.67	362.26	0.031341	5.1	186.16	56.93	0.91	947.9
1112.253	948.7	354.77	360.89		361.96	0.024214	4.59	206.81	56.37	0.76	827.93
1096.714	948.7	354.31	360.78		361.76	0.020312	4.34	218.76	60.19	0.73	670.44
1083.834	948.7	354.36	360.39	360	361.54	0.020325	4.64	204.29	66.07	0.86	591.85
1066.418	948.7	354.26	360.33	359.78	361.27	0.019302	4.28	221.7	72.76	0.79	556.97
1047.503	948.7	354.94	360.41		361.02	0.011116	3.44	275.47	85.92	0.62	340
1027.481	948.7	354.9	360.37		360.88	0.009524	3.14	302.02	94.05	0.56	292.77
1010.098	948.7	353.87	360.35		360.77	0.007548	2.86	331.4	99.44	0.5	240.61
993.4661	948.7	353.65	360.18		360.68	0.009748	3.15	301.24	96.77	0.57	289.85
973.8393	948.7	353.5	360.09		360.57	0.009394	3.08	308.19	100.18	0.56	274.31



ALTERNATIVA SUR.

952.8464	948.7	354.34	360.03		360.45	0.008421	2.9	327.07	108.12	0.53	244.58
920.4407	948.7	353.13	359.96		360.33	0.006547	2.65	357.54	112.39	0.48	198.66
895.8195	948.7	352.42	359.36	358.04	360.13	0.012584	3.86	245.65	58.48	0.61	491.37
872.6897	948.7	352.25	359.4		359.85	0.007395	2.9	327.38	103.04	0.53	224.84
847.8216	948.7	352.57	359.02	357.94	359.7	0.012566	3.51	270	95.7	0.69	336.55
823.4204	948.7	351.54	358.94		359.4	0.008161	2.98	318.52	98.8	0.53	248.42
798.6263	948.7	352.62	358.85	357.83	359.21	0.006598	2.64	359.25	120.63	0.49	188.76
772.6391	948.7	352.71	358.71		359.11	0.007142	2.74	346.83	125.79	0.54	189.77
759.1162	948.7	352.41	358.66		359.05	0.00791	2.75	345.41	133.14	0.55	198.34
748.9258	948.7	352.51	358.6	357.87	358.98	0.008001	2.69	352.57	141.64	0.55	191.7
725.4112	948.7	350.71	358.52	357.58	358.85	0.005446	2.44	389.58	144.22	0.49	140.82
696.0782	948.7	351.21	358.41	357.49	358.76	0.006497	2.53	374.38	138.96	0.51	166.75
672.8058	948.7	350.54	356.73	356.73	358.43	0.037234	5.71	166.09	49.45	1	1156.26
637.3747	948.7	350.31	354.79	355.65	357.7	0.110505	7.53	125.93	53.96	1.58	2431.97
614.4183	948.7	350.63	355.45	355.45	356.95	0.038669	5.4	175.59	58.51	1	1098.16
566.5709	948.7	350.31	355.42	354.44	356	0.010339	3.32	285.53	91.47	0.61	309.72
517.657	948.7	350.9	355.42	353.91	355.72	0.005368	2.4	394.83	131.01	0.44	156.35
470.4671	948.7	349.57	355.08	353.6	355.39	0.005838	2.47	384.7	138.27	0.48	156.3
447.6177	948.7	348.98	355.03	353.34	355.28	0.004319	2.16	438.47	154.17	0.42	117.27
412.0964	948.7	349.06	354.9	353.46	355.15	0.004951	2.17	436.26	168.96	0.44	123.5
369.3065	948.7	348.68	354.49	353.36	354.87	0.007665	2.55	371.34	162.68	0.57	169.13
337.0799	948.7	348.75	354.23	352.53	354.56	0.00625	2.4	395.6	170.58	0.54	138.93
302.891	948.7	348	354	352.41	354.33	0.006536	2.33	407.22	199.36	0.57	129.31
267.2067	948.7	347.81	353.4	352.05	353.89	0.010444	2.96	320.2	133.71	0.64	241.07
224.1105	948.7	347.95	351.85	351.7	353.01	0.037082	4.77	198.96	72.83	0.92	976.13
185.6502	948.7	346.95	351.85	351.04	352.32	0.012001	3.01	315.17	115.86	0.59	312.91
147.1021	948.7	346.71	351.52	350.65	351.9	0.008885	2.71	349.52	133.63	0.54	224.2
112.6742	948.7	346.02	351.25		351.59	0.007059	2.58	367.96	133.02	0.5	187.98
91.2297	948.7	346.17	351.12		351.5	0.008647	2.75	345.24	128.02	0.53	225.23
66.98722	948.7	346.47	350.78		351.19	0.009673	2.84	334.24	129.51	0.57	242.2
34.48292	948.7	346.61	350.53	349.86	351.04	0.012077	3.15	301.43	120.61	0.64	293.11
2.471314	948.7	345.29	349.32	349.32	350.38	0.034707	4.55	208.73	97.12	0.99	723.6



APÉNDICE II: CÁLCULOS DE LA ALTERNATIVA SUR. RÍO CHELVA.



ALTERNATIVA SUR.

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Total	Flow Area	Top Width	Froude # XS	Shear Total
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(N/m2)
6166.036	948.7	442.93	449.53	447.8	450.27	0.011316	3.77	251.32	57.85	0.58	461.42
6141.655	948.7	442.41	449.66		450.11	0.006349	2.96	320.35	68.61	0.44	277.22
6123.925	948.7	442.12	449.27		449.81	0.007889	3.22	294.74	66.47	0.49	327.75
6112.415	948.7	442.03	449.08		449.63	0.007217	3.24	292.65	61.05	0.48	323.49
6093.411	948.7	441.73	448.51		449.14	0.008468	3.47	273.13	57.69	0.52	371.04
6076.786	948.7	441.95	448.3		448.95	0.010827	3.58	265.02	56.7	0.53	466.72
6057.184	948.7	441.2	448.08		448.64	0.008941	3.27	290.05	71.08	0.52	343.29
6034.614	948.7	441.06	447.93	445.73	448.41	0.007682	3.06	310.53	69.49	0.46	317.97
6012.572	948.7	440.79	447.7		448.28	0.009502	3.36	282.76	64.39	0.51	388.32
6001.447	948.7	441.01	447.6		448.2	0.010334	3.42	277.6	63.54	0.52	423
5975.725	948.7	441.51	447.54	445.75	448.08	0.010447	3.25	291.96	72.79	0.52	392.65
5948.16	948.7	441.48	447.45		447.86	0.006895	2.82	336.41	77.68	0.43	283.26
5914.705	948.7	441.03	447.18		447.57	0.007549	2.75	344.69	91.31	0.45	271.4
5875.55	948.7	440.53	446.59		446.97	0.007715	2.72	348.4	94.21	0.45	271.73
5846.204	948.7	440.55	446.07	444.72	446.52	0.011372	2.96	320.78	103.45	0.54	338.67
5795.29	948.7	440.83	446.01	444.04	446.21	0.00435	1.95	487	154.9	0.35	132.92
5766.139	948.7	439.74	445.69		445.9	0.005198	2.01	472.11	155.34	0.37	152.95
5745.292	948.7	440.36	445.5		445.67	0.004339	1.82	520.33	174.23	0.34	126.15
5708.598	948.7	439.62	445.16		445.32	0.004738	1.75	541.66	197.57	0.34	126.25
5682.497	948.7	438.92	444.87	442.81	444.98	0.00302	1.49	638.55	211.98	0.27	88.4
5648.599	948.7	440.18	444.6	442.94	444.72	0.003789	1.58	599.82	222.7	0.31	98.24
5623.808	948.7	438.83	444.45	442.82	444.58	0.004588	1.63	581.86	222.76	0.32	115.2
5596.462	948.7	439.76	444.04	443.37	444.17	0.004076	1.6	591.14	214.1	0.31	108.96
5577.455	948.7	439.18	443.43	442.14	443.63	0.007247	1.98	480.31	202.3	0.41	167.33
5532.154	948.7	438.96	442.9	441.36	443	0.00368	1.4	676.4	284.19	0.29	85.04
5508.111	948.7	437.32	442.77	440.89	442.87	0.002914	1.36	697.14	254.2	0.26	77.36
5480.274	948.7	436.97	442.5	440.96	442.63	0.004531	1.61	589.28	227.81	0.32	112.45
5455.563	948.7	437.46	442.2	440.99	442.39	0.007167	1.94	490.16	203.33	0.4	165.94
5426.6	948.7	437.51	441.98	440.66	442.2	0.00799	2.07	458.55	188.16	0.42	188.36
5413.274	948.7	437.44	441.53	440.94	441.9	0.01525	2.7	351	155.08	0.57	333.59
5349.584	948.7	435.99	441.77		441.79	0.000267	0.5	1899.58	521.22	0.08	9.48
5334.856	948.7	434.63	441.77	437.47	441.78	0.000195	0.51	1844.24	461.29	0.08	7.58
5310.182	948.7	435.1	441.77	436.86	441.78	0.000094	0.41	2296.82	470.89	0.06	4.44
5279.887	948.7	434.62	441.66	438.44	441.77	0.001756	1.47	646.81	154.46	0.23	68.88
5263.344	948.7	433.87	441.7		441.74	0.00036	0.88	1072.6	196.68	0.13	18.94
5244.615	948.7	433.77	441.61		441.73	0.001325	1.51	629.07	122.63	0.21	64.14
5233.806	948.7	433.76	441.6		441.72	0.001197	1.5	632.2	116.53	0.21	61.94
5225.706	948.7	433.73	441.56		441.7	0.001448	1.63	582.68	109.58	0.23	72.73
5203.235	948.7	432.29	441.54		441.69	0.001363	1.71	555.6	92.19	0.22	77.13
5184.435	948.7	434.42	441.39		441.66	0.003433	2.28	416.48	89.71	0.34	151.95

5167.813	948.7	431.58	441.37	437.97	441.62	0.002808	2.19	434.06	81.6	0.3	136.04
5150.631	948.7	431.16	441.33	437.58	441.58	0.002566	2.21	429.06	76.8	0.3	129.97
5138.034	948.7	431.47	441.25		441.56	0.003309	2.45	387.69	72.98	0.34	162.07
5125.104	948.7	431.07	441.16		441.51	0.003973	2.58	368.24	71.77	0.37	186.77
5115.882	948.7	431.52	441.17		441.47	0.003404	2.42	392.71	71.69	0.33	173.03
5103.016	948.7	432.04	441.15		441.44	0.003558	2.41	393.78	71.41	0.33	181.99
5095.651	948.7	431.67	441.05		441.41	0.004621	2.64	358.73	68.17	0.37	225.48
5084.417	948.7	430.95	440.92		441.38	0.006282	2.98	318.78	63.78	0.43	288.15
5073.55	948.7	432.24	440.66		441.31	0.009569	3.53	269.06	60.49	0.54	394.31
5062.22	948.7	432.4	439.19	439.19	441	0.041063	5.94	159.76	45.8	1.02	1309.77
5052.806	948.7	430.96	436.81	437.81	440.4	0.091333	8.4	112.92	32.26	1.43	2859.72
5043.433	948.7	429.83	436.31	437.23	439.69	0.092173	8.14	116.55	34.85	1.42	2733.74
5032.53	948.7	429.03	435.97	436.85	439.19	0.08676	7.95	119.4	36.3	1.4	2508.61
5020.43	948.7	429.12	434.84	436.04	438.78	0.109049	8.8	107.86	33.4	1.56	3202.52
5010.826	948.7	429.23	433.94	435.32	438.3	0.124538	9.25	102.6	32.31	1.66	3568.16
5001.008	948.7	429.83	434.06	435.01	437.41	0.090652	8.09	117.31	37.68	1.47	2602.02
4991.382	948.7	428.55	433.12	434.31	436.96	0.108136	8.63	109.93	38.03	1.63	2933.52
4981.608	948.7	429.25	434.3	434.3	436.17	0.042565	6.06	156.55	42.06	1	1447.6
4964.703	948.7	428.04	432.46	433.4	435.69	0.108964	7.96	119.24	44.35	1.55	2754.6
4953.82	948.7	426.79	431.47	432.57	435.19	0.108459	8.54	111.12	36.59	1.56	3058.27
4942.179	948.7	426.44	430.85	432.08	434.85	0.11354	8.87	107	34.34	1.6	3273.81
4925.862	948.7	425.67	430.22	431.31	434.15	0.16925	8.79	107.94	48.34	1.88	3570.13
4898.925	948.7	422.92	429.97	427.41	430.44	0.009436	3.05	311.19	80.17	0.49	343.68
4870	Bridge										
4843.109	948.7	420.95	428.55		429.49	0.014124	4.29	221.33	42.99	0.6	653.54
4829.312	948.7	419.63	428.54		429.17	0.008265	3.54	267.93	45.8	0.47	429.18
4818.003	948.7	418.32	428.55		429.1	0.005687	3.24	292.38	51.65	0.44	286.18
4807.044	948.7	419.48	428.41		429.04	0.009147	3.51	270.17	51.67	0.49	434.72
4797.566	948.7	418.63	428.43		428.97	0.007233	3.25	291.78	51.68	0.44	364.99
4783.836	948.7	418.69	428.42		428.78	0.004195	2.67	355.5	56.69	0.34	237
4755.187	948.7	416.7	428.33		428.71	0.00402	2.75	345.61	48.15	0.33	244.64
4738.309	948.7	416.35	425.7	425.7	428.38	0.050328	7.25	130.88	24.6	1	1974.72
4708.474	948.7	414.14	420.22	422.15	426.56	0.187978	11.16	85.04	25.05	1.93	5241.7
4688.17	948.7	413.3	418.57	420.21	423.89	0.126744	10.22	92.85	23.08	1.63	4163.29
4652.84	948.7	411.4	418.5	418.5	421.22	0.048839	7.32	129.68	24	1	1987.06
4631.544	948.7	411.3	415.35	416.38	418.83	0.117071	8.27	114.75	42.78	1.61	2970.56
4602.417	948.7	411.29	413.99	415.2	418.03	0.215055	8.91	106.51	56.87	2.08	3867.28
4586.583	948.7	409.39	412.68	413.73	415.99	0.166235	8.05	117.78	60.55	1.84	3118.19
4561.031	948.7	408.14	410.89	411.91	414.32	0.191304	8.2	115.66	63.56	1.94	3319.01
4533.497	948.7	407.06	411.82	411.82	413.36	0.044972	5.51	172.25	56.78	1.01	1271.58
4510.754	948.7	405.86	411.82	410.8	412.64	0.017713	4.02	236.15	62.31	0.66	627.52
4489.376	948.7	405.26	411.81		412.27	0.007334	3.02	314.4	72.29	0.46	303.37



ALTERNATIVA SUR.

4458.76	948.7	404.42	411.83		412.22	0.005617	2.75	344.57	73.62	0.41	246.52
4416.533	948.7	403.93	411.6		412.11	0.008308	3.13	302.78	75.48	0.5	315.56
4371.998	948.7	403.65	410.95	409.17	411.64	0.011182	3.68	257.78	58.26	0.56	456.96
4337.43	948.7	403.91	410.66		411.23	0.00926	3.33	284.87	65.99	0.52	369.93
4297.706	948.7	402.76	409.66		410.41	0.013394	3.83	247.43	62.66	0.62	483.67
4255.439	948.7	402.41	409.38		409.94	0.008424	3.32	286.16	68.5	0.52	329.95
4212.546	948.7	402.67	409.14	406.83	409.54	0.006128	2.77	342.61	83.46	0.44	238.5
4171.184	948.7	402.18	409.2	406.06	409.31	0.001708	1.49	634.71	151.31	0.23	68.42
4133.669	948.7	402.29	408.98		409.21	0.003111	2.1	450.78	103	0.32	130.4
4094.336	948.7	401.14	408.26		408.89	0.017773	3.52	269.64	87.82	0.64	514.78
4058.861	948.7	401.44	406.22	406.13	407.43	0.039722	4.86	195.2	75.18	0.97	986.11
4028.277	948.7	401.14	406.19	405.41	406.94	0.015649	3.79	250.58	79.05	0.69	473.81
3990.836	948.7	400.25	405.93		406.46	0.008363	3.2	296.36	81.16	0.54	290.89
3952.087	948.7	400.34	405.79		406.26	0.007466	3.01	314.94	83.87	0.5	264.93
3909.327	948.7	398.99	405.63		406	0.005719	2.71	350.11	91.63	0.44	207.59
3867.304	948.7	398.2	405.53		405.81	0.004001	2.34	405.25	105.45	0.39	146.8
3831.688	948.7	398.07	405.36	403.14	405.7	0.004924	2.56	369.89	86	0.4	199.44
3802.142	948.7	397.73	405.13		405.53	0.006131	2.83	335.71	71.52	0.42	266.4
3758.115	948.7	397.53	404.31	402.83	405.11	0.013707	3.95	240.37	56.6	0.61	537.77
3721.689	948.7	397.78	404.29		404.66	0.005428	2.7	351.68	79.71	0.41	223.61
3686.409	948.7	396.38	404.03		404.34	0.004402	2.47	384.2	87.75	0.38	182.56
3645.639	948.7	397.79	403.73		404.09	0.005951	2.66	356.03	90.17	0.43	224.12
3615.335	948.7	396.03	403.59		403.94	0.004002	2.6	365.53	82.46	0.4	165.69
3583.011	948.7	396.6	403.16		403.71	0.007687	3.25	291.67	70.7	0.51	298.77
3561.862	948.7	396.61	402.92		403.38	0.006731	2.98	318.31	75.88	0.47	265.33
3546.414	948.7	395.55	402.91		403.34	0.005756	2.89	328.38	73.18	0.44	242.1
3531.01	948.7	396.49	402.78		403.28	0.007802	3.09	307.19	72.6	0.48	310.26
3510.382	948.7	395.24	402.59	400.95	403.21	0.01073	3.46	273.97	68.09	0.56	402.12
3488.25	948.7	395.36	402.4		403.03	0.010498	3.49	272.01	65.77	0.55	405.89
3467.39	948.7	396.31	402.29		402.84	0.009257	3.3	287.28	63.54	0.5	393.5
3437.604	948.7	395.35	402.34		402.75	0.005473	2.83	335.24	68.76	0.41	251.11
3407.485	948.7	394.49	402.24		402.68	0.005525	2.9	326.67	69.24	0.43	244.07
3373.908	948.7	394.04	402		402.61	0.008273	3.43	276.98	59.07	0.51	353.68
3345.616	948.7	393.81	402.03	399.5	402.48	0.006737	2.93	323.35	72.34	0.45	280.76
3307.997	948.7	393.64	401.74	398.57	402.06	0.00488	2.51	378.19	80.54	0.37	212.91
3275.122	948.7	392.86	401.52		401.88	0.004984	2.66	357.04	69.1	0.37	237.16
3245.746	948.7	392.1	401.46	398.89	401.85	0.006271	2.75	345.49	81.62	0.43	248.53
3191.643	948.7	391.48	401.34		401.73	0.004444	2.75	344.99	62.24	0.38	225.48
3162.357	948.7	391.49	400.76		401.41	0.008849	3.56	266.67	48.52	0.49	425.75
3131.006	948.7	390.91	400.03		400.93	0.010747	4.19	226.33	36.64	0.54	553.94
3101.946	948.7	390.21	399.83		400.56	0.006628	3.74	253.63	36.04	0.46	363.18
3068.84	948.7	391.12	399.03		400.18	0.016814	4.75	199.77	35.44	0.64	796.1

3040.843	948.7	390.57	397.23	396.89	398.88	0.03361	5.7	166.54	40.81	0.9	1243.57
3019.343	948.7	389.57	397.09		398.24	0.019596	4.75	199.66	42.77	0.7	827.84
3000.558	948.7	390.49	396.44		397.76	0.027663	5.09	186.26	48.3	0.83	1001.51
2970.792	948.7	389.46	396.79		397.45	0.010509	3.61	262.82	54.14	0.52	469.09
2951.245	948.7	389.5	396.11		396.87	0.012112	3.84	246.96	56.43	0.59	499.55
2918.043	948.7	389.42	396.09		396.73	0.00955	3.52	269.19	59.05	0.53	411.03
2891.694	948.7	389.49	394.11	394.11	395.67	0.041286	5.51	172.03	55.37	1	1204.88
2870.308	948.7	386.26	391.1	391.75	393.57	0.083998	6.96	136.23	51.02	1.36	2113.43
2847.163	948.7	385.26	389.3	390.45	392.97	0.11875	8.48	111.82	40.36	1.63	3099.04
2829.275	948.7	384.92	389.95	389.95	391.8	0.042186	6.01	157.8	43.42	1.01	1427.12
2806.509	948.7	382.37	387.51	388.39	390.58	0.087508	7.77	122.14	39	1.4	2515.1
2788.981	948.7	382.15	389.2	387.3	389.97	0.010896	3.88	244.81	48.3	0.55	505.28
2770.507	948.7	381.3	388.95		389.52	0.007436	3.32	285.49	54.32	0.47	358.12
2752.646	948.7	380.96	388.75		389.41	0.008833	3.58	265	50.67	0.5	420.81
2736.794	948.7	379.73	388.54		389.24	0.00987	3.72	254.79	46.52	0.51	480.53
2721.567	948.7	379.78	388.48		389.09	0.008316	3.47	273.65	49.21	0.47	416.42
2708.088	948.7	379.01	388.59		388.97	0.004186	2.73	348.1	55.04	0.35	239.26
2697.629	948.7	379.03	388.58		388.94	0.003949	2.66	356.16	54.21	0.33	226.4
2684.429	948.7	378.4	388.61		388.9	0.002861	2.4	394.68	60.9	0.3	165.52
2671.753	948.7	378.51	388.3		388.85	0.005865	3.23	293.48	50.57	0.43	299.3
2656.869	948.7	377.26	388.35		388.8	0.004183	2.95	322.02	47.02	0.36	244.25
2640.939	948.7	378.16	388.34		388.77	0.003574	2.87	330.45	46.17	0.35	213.06
2630.678	948.7	378.56	388.24		388.74	0.004573	3.1	305.81	44.5	0.38	261.45
2616.62	948.7	378.6	385.67	385.67	388.43	0.032954	7.17	132.27	24.82	1.02	1369.13
2602.4	948.7	377.51	383.68	384.75	387.84	0.059427	8.83	107.49	24.2	1.37	2094.07
2588.172	948.7	377.44	382.31	383.71	386.87	0.105324	9.34	101.6	31.92	1.69	3039.76
2573.278	948.7	377.6	382.49	383.36	385.66	0.084837	7.87	120.47	38.82	1.43	2457.32
2552.938	948.7	376.26	382.93	382.83	384.61	0.036599	5.71	166.24	46.8	0.97	1185.73
2532.41	948.7	376.08	382.79		384.02	0.020529	4.86	195.04	46.79	0.77	777.92
2509.884	948.7	376.11	382.57		383.5	0.01948	4.28	221.74	58.08	0.7	693.8
2481.901	948.7	375.77	382.24		383.08	0.016028	4.06	233.63	56.87	0.64	612.89
2464.14	948.7	376.09	382.23		382.86	0.010802	3.5	270.81	63.43	0.54	431.52
2447.237	948.7	375.5	382.12		382.79	0.011349	3.6	263.6	62.34	0.56	450.15
2426.968	948.7	374.9	381.9		382.57	0.012103	3.62	262.07	61.98	0.56	472.5
2405.927	948.7	375.34	381.32		382.08	0.014457	3.86	245.65	61.2	0.62	542.16
2387.834	948.7	374.37	381.22		381.86	0.011402	3.51	269.98	68.29	0.57	422.88
2369.684	948.7	374.75	381.15		381.72	0.009606	3.33	284.88	70.6	0.53	366.56
2353.606	948.7	374.06	381.18		381.65	0.007764	3	316.48	79.22	0.48	292.09
2343.825	948.7	374	381.02		381.56	0.009663	3.21	295.53	76.07	0.52	352.98
2328.091	948.7	373.64	380.84		381.34	0.00849	3.11	304.61	73.29	0.49	328.31
2311.892	948.7	373.67	380		380.72	0.014432	3.73	254.27	68.3	0.62	501.98
2296.485	948.7	373.93	379.26		380.32	0.028075	4.56	208.27	65.53	0.82	850.15



ALTERNATIVA SUR.

2283.792	948.7	373.19	379.07	378.28	379.92	0.017454	4.05	234.32	68.51	0.71	564.29
2271.456	948.7	373.29	378.89	377.98	379.79	0.017196	4.15	228.88	64.77	0.71	564.97
2252.699	948.7	372.8	378.57		379.64	0.020491	4.52	209.79	57.34	0.76	697.97
2234.537	948.7	372.64	378.18		379.49	0.025453	5.03	188.69	51.04	0.84	881.23
2219.497	948.7	373.02	378.31		379.24	0.018358	4.26	222.7	55.46	0.68	683.22
2204.965	948.7	372.7	378.27		379.12	0.016389	4.07	232.85	58.75	0.65	611.29
2189.363	948.7	372.95	377.7	377.33	378.97	0.030561	5	189.86	54.61	0.86	997.65
2173.434	948.7	372.62	377.58	377.2	378.78	0.030176	4.87	194.96	58.62	0.85	955.73
2159.877	948.7	371.4	377.68	376.77	378.61	0.020004	4.26	222.58	58.52	0.7	706.96
2147.661	948.7	371.43	377.67		378.53	0.014978	4.09	231.77	52.36	0.62	615.74
2135.859	948.7	370.96	376.54	376.54	378.36	0.044576	5.97	158.89	44.27	1.01	1432.16
2117.934	948.7	369.69	373.75	375.07	377.83	0.151115	8.95	106.04	41.42	1.78	3564.09
2101.923	948.7	369.5	373.76	374.67	376.67	0.091956	7.57	125.38	44.4	1.44	2448.42
2086.41	948.7	369.13	372.55	373.67	376.15	0.13657	8.41	112.79	45.51	1.71	3167.77
2072.483	948.7	368.26	372.66	373.49	375.65	0.090115	7.67	123.72	39.65	1.39	2485.26
2057.104	948.7	367.71	372.27	372.91	375.04	0.073158	7.38	128.63	38.74	1.29	2225.36
2042.33	948.7	366.42	372.7	372.7	374.72	0.043746	6.31	150.4	37.48	1.01	1547.85
2031.157	948.7	365.6	371.61	372.05	374.32	0.056921	7.3	129.97	31.22	1.14	2057.79
2020.033	948.7	365.45	368.85	370.32	373.61	0.21901	9.67	98.15	45.75	2.11	4391.56
2004.644	948.7	365.82	372.17	370.12	372.64	0.008468	3.02	313.86	71.77	0.46	340.55
1996.819	948.7	365.69	372.13		372.6	0.007935	3.05	311.54	68.43	0.46	336
1989.714	948.7	365.49	371.97		372.56	0.012197	3.4	279.36	72.49	0.55	444.28
1982.622	948.7	365.26	371.75		372.48	0.013312	3.78	250.74	57.82	0.58	534.03
1973.791	948.7	365.52	371.46		372.33	0.018634	4.13	229.64	61.79	0.68	660.19
1963.666	948.7	365.13	371.66		372.16	0.007444	3.11	305.35	66.79	0.47	323.74
1946.773	948.7	365	371.61	369.44	372.07	0.007517	3.02	314.18	67.44	0.45	330.06
1940	Bridge										
1917.282	948.7	363.47	370.47		371.29	0.019402	4.01	236.45	67.68	0.69	640.77
1907.221	948.7	363.32	370.12		370.85	0.014014	3.78	251.3	61.96	0.6	539.15
1892.211	948.7	363.73	370.12		370.69	0.010876	3.34	283.97	70.05	0.53	421.26
1879.439	948.7	364.26	370.05		370.63	0.012123	3.39	280.2	73.93	0.56	441.61
1868.791	948.7	362.47	370.03	368.02	370.47	0.007842	2.92	325.13	83.42	0.47	292.81
1856.171	948.7	362.79	369.57	368.13	370.08	0.008868	3.17	299.33	79.36	0.52	318.6
1844.674	948.7	363.08	369.14	368.2	369.81	0.013404	3.6	263.54	77.55	0.62	432.83
1832.53	948.7	362.01	368.83		369.59	0.016695	3.87	244.97	80.81	0.71	483.74
1818.777	948.7	361.55	368.62	367.94	369.36	0.014966	3.69	257.07	91.66	0.72	400.41
1804.358	948.7	361.85	368.4		369.16	0.016983	3.83	247.79	86.83	0.73	462.91
1789.454	948.7	361.98	368.23		368.91	0.014305	3.63	261.02	86.37	0.67	413.92
1776.61	948.7	361.47	368.05	367.29	368.68	0.011986	3.46	274.47	89.98	0.64	346.64
1761.808	948.7	361.84	367.86	366.65	368.47	0.012024	3.41	278.14	91.97	0.64	344.57
1754.253	948.7	360.53	367.58	366.91	368.24	0.013473	3.51	270.18	91.55	0.67	373.27
1741.702	948.7	361.14	367.53	366.65	368.16	0.012948	3.46	274.12	92.61	0.65	360.19

1729.034	948.7	361.37	367.36	366.63	368	0.01457	3.48	272.45	93.94	0.66	402.82
1717.302	948.7	361.23	366.63	365.99	367.42	0.017297	3.91	242.79	76.57	0.71	518.07
1709.972	948.7	361.64	366.52		367.2	0.01444	3.54	267.66	102.09	0.72	359.34
1697.915	948.7	360.31	366.61	365.13	367.07	0.007357	2.92	324.74	94.04	0.52	236.22
1679.97	948.7	360.49	366.55	365.08	367	0.007424	2.88	329.28	104.12	0.54	220.58
1660.426	948.7	360.66	366.5		366.94	0.008621	2.88	329.84	107.53	0.54	252.18
1641.209	948.7	360.58	366.41	365.22	366.86	0.009311	2.9	327.05	110.72	0.55	263.38
1618.412	948.7	359.89	366.36	364.84	366.77	0.008624	2.8	338.39	106.03	0.51	257.3
1602.988	948.7	359.22	366.4	364.36	366.7	0.005606	2.39	396.36	106.49	0.4	197.98
1589.678	948.7	360.73	366.39		366.66	0.003495	2.25	420.87	108.27	0.38	129.6
1566.679	948.7	360.22	366.39		366.61	0.003568	2.06	459.57	123.36	0.34	127.08
1551.949	948.7	359.01	366.32		366.57	0.004035	2.22	428.07	114.26	0.37	145.54
1540.765	948.7	359.53	366.34	364.32	366.52	0.002776	1.9	499.01	139.57	0.32	95.35
1521.62	948.7	358.64	366.08	364.56	366.46	0.005417	2.72	349.28	97.93	0.46	183.39
1506.641	948.7	359.6	365.75		366.34	0.009788	3.33	284.89	97.43	0.64	272.14
1490.271	948.7	360.35	364.98	364.98	366.09	0.028216	4.59	206.52	95.22	1.02	580.6
1475.538	948.7	358.38	364.84	364.44	365.6	0.019206	3.83	247.69	101.17	0.79	434.38
1462.07	948.7	359.02	364.87		365.4	0.010585	3.22	294.8	106.91	0.62	279.04
1444.482	948.7	358.14	364.82		365.26	0.007415	2.92	324.99	109	0.54	208.51
1431.867	948.7	358.84	364.76		365.19	0.007497	2.9	327.1	110.26	0.54	210.7
1414.629	948.7	358.09	364.71		365.09	0.006092	2.73	347.68	110.91	0.49	181.46
1396.174	948.7	358.19	364.66		364.99	0.005075	2.54	374.08	113.76	0.45	158.35
1378.997	948.7	358.21	364.54		364.91	0.006484	2.67	355.19	116.01	0.49	188.71
1364.27	948.7	357.78	364.38		364.81	0.007793	2.92	325.04	109.69	0.54	221.34
1347.692	948.7	357.23	364.22		364.71	0.008993	3.08	308.31	103.67	0.57	252.86
1323.752	948.7	357.4	364.06		364.55	0.008397	3.07	309.38	102.5	0.57	240.19
1304.2	948.7	357.08	363.51		364.14	0.012063	3.5	271.34	93.65	0.66	332.73
1278.786	948.7	356.53	363.35		363.88	0.010448	3.25	292.12	94.94	0.59	307.01
1254.491	948.7	356.73	363.24		363.68	0.008759	2.92	325.22	103.04	0.52	266.59
1232.664	948.7	356.31	363.2	361.15	363.48	0.004473	2.32	409.61	114.86	0.4	152.47
1216.443	948.7	356.33	362.94		363.19	0.003277	2.17	436.39	111.71	0.35	122.56
1198.679	948.7	355.55	362.69		362.97	0.004459	2.34	404.64	94.13	0.36	180.57
1173.199	948.7	356.34	362.09		362.71	0.012872	3.47	273.17	74.19	0.58	442.92
1148.022	948.7	355.2	361.87	360.4	362.47	0.011223	3.42	277.46	67.19	0.54	428.37
1129.17	948.7	354.89	360.91	360.67	362.26	0.031341	5.1	186.16	56.93	0.91	947.9
1112.253	948.7	354.77	360.89		361.96	0.024214	4.59	206.81	56.37	0.76	827.93
1096.714	948.7	354.31	360.78		361.76	0.020312	4.34	218.76	60.19	0.73	670.44
1083.834	948.7	354.36	360.39	360	361.54	0.020325	4.64	204.29	66.07	0.86	591.85
1066.418	948.7	354.26	360.33	359.78	361.27	0.019302	4.28	221.7	72.76	0.79	556.97
1047.503	948.7	354.94	360.41		361.02	0.011116	3.44	275.47	85.92	0.62	340
1027.481	948.7	354.9	360.37		360.88	0.009524	3.14	302.02	94.05	0.56	292.77
1010.098	948.7	353.87	360.35		360.77	0.007548	2.86	331.4	99.44	0.5	240.61



ALTERNATIVA SUR.

993.4661	948.7	353.65	360.18		360.68	0.009748	3.15	301.24	96.77	0.57	289.85
973.8393	948.7	353.5	360.09		360.57	0.009394	3.08	308.19	100.18	0.56	274.31
952.8464	948.7	354.34	360.03		360.45	0.008421	2.9	327.07	108.12	0.53	244.58
920.4407	948.7	353.13	359.96		360.33	0.006547	2.65	357.54	112.39	0.48	198.66
895.8195	948.7	352.42	359.36	358.04	360.13	0.012584	3.86	245.65	58.48	0.61	491.37
872.6897	948.7	352.25	359.4		359.85	0.007395	2.9	327.38	103.04	0.53	224.84
847.8216	948.7	352.57	359.02	357.94	359.7	0.012566	3.51	270	95.7	0.69	336.55
823.4204	948.7	351.54	358.94		359.4	0.008161	2.98	318.52	98.8	0.53	248.42
798.6263	948.7	352.62	358.85	357.83	359.21	0.006598	2.64	359.25	120.63	0.49	188.76
772.6391	948.7	352.71	358.71		359.11	0.007142	2.74	346.83	125.79	0.54	189.77
759.1162	948.7	352.41	358.66		359.05	0.00791	2.75	345.41	133.14	0.55	198.34
748.9258	948.7	352.51	358.6	357.87	358.98	0.008001	2.69	352.57	141.64	0.55	191.7
725.4112	948.7	350.71	358.52	357.58	358.85	0.005446	2.44	389.58	144.22	0.49	140.82
696.0782	948.7	351.21	358.41	357.49	358.76	0.006497	2.53	374.38	138.96	0.51	166.75
672.8058	948.7	350.54	356.73	356.73	358.43	0.037234	5.71	166.09	49.45	1	1156.26
637.3747	948.7	350.31	354.79	355.65	357.7	0.110505	7.53	125.93	53.96	1.58	2431.97
614.4183	948.7	350.63	355.45	355.45	356.95	0.038669	5.4	175.59	58.51	1	1098.16
566.5709	948.7	350.31	355.42	354.44	356	0.010339	3.32	285.53	91.47	0.61	309.72
517.657	948.7	350.9	355.42	353.91	355.72	0.005368	2.4	394.83	131.01	0.44	156.35
470.4671	948.7	349.57	355.08	353.6	355.39	0.005838	2.47	384.7	138.27	0.48	156.3
447.6177	948.7	348.98	355.03	353.34	355.28	0.004319	2.16	438.47	154.17	0.42	117.27
412.0964	948.7	349.06	354.9	353.46	355.15	0.004951	2.17	436.26	168.96	0.44	123.51
369.3065	948.7	348.68	354.49	353.36	354.87	0.007665	2.55	371.32	162.67	0.57	169.14
337.0799	948.7	348.75	354.23	352.53	354.56	0.006251	2.4	395.58	170.58	0.54	138.95
302.891	948.7	348	354	352.41	354.33	0.006537	2.33	407.19	199.36	0.57	129.32
267.2067	948.7	347.81	353.4	352.05	353.89	0.010444	2.96	320.2	133.71	0.64	241.07
224.1105	948.7	347.95	351.85	351.7	353.01	0.037082	4.77	198.96	72.83	0.92	976.13
185.6502	948.7	346.95	351.85	351.04	352.32	0.012001	3.01	315.17	115.86	0.59	312.91
147.1021	948.7	346.71	351.52	350.65	351.9	0.008885	2.71	349.52	133.63	0.54	224.2
112.6742	948.7	346.02	351.25		351.59	0.007059	2.58	367.95	133.02	0.5	187.99
91.2297	948.7	346.17	351.12		351.5	0.008648	2.75	345.24	128.02	0.53	225.24
66.98722	948.7	346.47	350.78		351.19	0.009674	2.84	334.24	129.51	0.57	242.21
34.48292	948.7	346.61	350.53	349.86	351.04	0.012077	3.15	301.43	120.61	0.64	293.11
2.471314	948.7	345.29	349.32	349.32	350.38	0.034707	4.55	208.73	97.12	0.99	723.6
3952.087	545.1	400.34	404.4		404.79	0.010054	2.71	201.46	79.87	0.55	242.06
3952.087	948.7	400.34	405.79		406.26	0.007466	3.01	314.94	83.87	0.5	264.93

En la siguiente tabla se muestran los resultados para el puente 1:

Plan: SPR tuesday sur RS: 1940 Profile: T500				
E.G. US. (m)	372.07	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	371.61	E.G. Elev (m)	371.98	371.71
Q Total (m3/s)	948.7	W.S. Elev (m)	371.49	371.1
Q Bridge (m3/s)	948.7	Crit W.S. (m)	369.45	369.3
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	6.5	7.63
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	3.1	3.45
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	306.49	274.84
Weir Submerg		Froude # Chl	0.46	0.54
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	1093.79	1063.3
Min El Weir Flow (m)	418.77	Hydr Depth (m)	4.56	4.24
Min El Prs (m)	425.87	W.P. Total (m)	69.8	70.01
Delta EG (m)	0.79	Conv. Total (m3/s)	10536.8	8768.5
Delta WS (m)	1.14	Top Width (m)	67.15	64.85
BR Open Area (m2)	7345.64	Frctn Loss (m)		
BR Open Vel (m/s)	3.45	C & E Loss (m)		
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	349.09	450.65
Br Sel Method	Momentum	Power Total (N/m s)	0	0

En la siguiente tabla se muestran los resultados para el puente 2:

Plan: SPR tuesday sur RS: 4870 Profile: T500				
E.G. US. (m)	430.44	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	429.97	E.G. Elev (m)	430.38	429.54
Q Total (m3/s)	948.7	W.S. Elev (m)	429.83	428.62
Q Bridge (m3/s)	948.7	Crit W.S. (m)	427.42	426.76
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	6.92	7.67
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	3.27	4.23
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	289.89	224.36
Weir Submerg		Froude # Chl	0.5	0.59
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	1175.21	1131.7
Min El Weir Flow (m)	482.95	Hydr Depth (m)	4.31	5.19
Min El Prs (m)	488.99	W.P. Total (m)	74.15	47.19
Delta EG (m)	0.95	Conv. Total (m3/s)	9416	8132.8
Delta WS (m)	1.41	Top Width (m)	67.28	43.23
BR Open Area (m2)	7282.64	Frctn Loss (m)		
BR Open Vel (m/s)	4.23	C & E Loss (m)		
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	389.17	634.41
Br Sel Method	Momentum	Power Total (N/m s)	0	0



En el siguiente cuadro se puede observar el cálculo de socavación potencial para la pila 2 del puente 1:

Hydraulic Design Data	
Pier Scour	
Pier: #2 (CL = 249.99)	
Input Data	
Pier Shape:	Square nose
Pier Width (m):	4.77
Grain Size D50 (mm):	20.00000
Depth Upstream (m):	4.66
Velocity Upstream (m/s):	3.02
K1 Nose Shape:	1.00
Pier Angle:	14.00
Pier Length (m):	5.99
K2 Angle Coef:	1.17
K3 Bed Cond Coef:	1.10
Grain Size D90 (mm):	50.00000
K4 Armouring Coef:	0.40
Set K1 value to 1.0 because angle > 5 degrees	
Results	
Scour Depth Ys (m):	3.44
Froude #:	0.45
Equation:	CSU equation

En los siguientes cuadros se pueden observar los cálculos de socavación potencial para las pilas del puente 2 (cálculo con datos máximos):

Hydraulic Design Data		Pier: #2 (CL = 201.7044)	
Pier Scour		Input Data	
Pier: #1 (CL = 135.7844)		Pier Shape:	Square nose
Input Data		Pier Width (m):	6.32
Pier Shape:	Square nose	Grain Size D50 (mm):	20.00000
Pier Width (m):	6.23	Depth Upstream (m):	3.99
Grain Size D50 (mm):	20.00000	Velocity Upstream (m/s):	3.06
Depth Upstream (m):	3.99	K1 Nose Shape:	1.00
Velocity Upstream (m/s):	3.06	Pier Angle:	43.00
K1 Nose Shape:	1.00	Pier Length (m):	6.46
Pier Angle:	43.00	K2 Angle Coef:	1.26
Pier Length (m):	6.34	K3 Bed Cond Coef:	1.10
K2 Angle Coef:	1.26	Grain Size D90 (mm):	50.00000
K3 Bed Cond Coef:	1.10	K4 Armouring Coef:	0.40
Grain Size D90 (mm):	50.00000	Set K1 value to 1.0 because angle > 5 degrees	
K4 Armouring Coef:	0.40	Results	
Set K1 value to 1.0 because angle > 5 degrees		Scour Depth Ys (m):	4.38
Results		Froude #:	0.49
Scour Depth Ys (m):	4.34	Equation:	CSU equation
Froude #:	0.49		
Equation:	CSU equation		



En los siguientes cuadros se pueden observar los cálculos de socavación potencial para las pilas del puente 2 (cálculo con datos locales):

<p>Hydraulic Design Data</p> <p>Pier Scour</p> <p>Pier: #1 (CL = 135.7844)</p> <p>Input Data</p> <p>Pier Shape: Square nose</p> <p>Pier Width (m): 6.23</p> <p>Grain Size D50 (mm): 20.00000</p> <p>Depth Upstream (m): 0.97</p> <p>Velocity Upstream (m/s): 3.06</p> <p>K1 Nose Shape: 1.00</p> <p>Pier Angle: 43.00</p> <p>Pier Length (m): 6.34</p> <p>K2 Angle Coef: 1.26</p> <p>K3 Bed Cond Coef: 1.10</p> <p>Grain Size D90 (mm): 50.00000</p> <p>K4 Armouring Coef: 0.40</p> <p>Set K1 value to 1.0 because angle > 5 degrees</p> <p>Results</p> <p>Scour Depth Ys (m): 3.59</p> <p>Froude #: 0.99</p> <p>Equation: CSU equation</p>	<p>Pier: #2 (CL = 201.7044)</p> <p>Input Data</p> <p>Pier Shape: Square nose</p> <p>Pier Width (m): 6.32</p> <p>Grain Size D50 (mm): 20.00000</p> <p>Depth Upstream (m): 0.98</p> <p>Velocity Upstream (m/s): 3.06</p> <p>K1 Nose Shape: 1.00</p> <p>Pier Angle: 43.00</p> <p>Pier Length (m): 6.46</p> <p>K2 Angle Coef: 1.26</p> <p>K3 Bed Cond Coef: 1.10</p> <p>Grain Size D90 (mm): 50.00000</p> <p>K4 Armouring Coef: 0.40</p> <p>Set K1 value to 1.0 because angle > 5 degrees</p> <p>Results</p> <p>Scour Depth Ys (m): 3.63</p> <p>Froude #: 0.99</p> <p>Equation: CSU equation</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



APÉNDICE III: CÁLCULOS DE LA SITUACIÓN INICIAL. BARRANCO DEL CONVENTO.



ALTERNATIVA SUR.

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Total	Flow Area	Top Width	Froude # XS	Shear Total
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(N/m2)
2805.856	149.5	550.04	555.3	556.27	558.03	0.062653	7.26	20.6	8.59	1.51	922.21
2802.01	149.5	550.04	554.19	555.33	557.67	0.09816	8.26	18.1	9.08	1.87	1370.06
2799.672	149.5	549.68	553.15	554.56	557.35	0.110422	9.08	16.47	7.96	2.02	1626.43
2795.956	149.5	549.68	552.31	553.57	556.85	0.145116	9.44	15.84	10.88	2.5	1844.92
2792.354	149.5	548.82	552.01	553.31	556.29	0.123942	9.17	16.3	9.72	2.26	1699.36
2789.138	149.5	548.82	551.7	552.85	555.83	0.138616	9.01	16.6	11.75	2.42	1700.96
2784.5	149.5	549.79	551.98	552.9	554.97	0.089843	7.66	19.52	13.34	2.02	1196.85
2780.439	149.5	549.22	551.72	552.57	554.55	0.095745	7.46	20.04	14.72	2.04	1168.47
2775.11	149.5	549.59	551.98	552.56	553.9	0.053967	6.13	24.38	16.07	1.59	754.97
2770.241	149.5	549.14	551.56	552.21	553.62	0.059636	6.35	23.53	15.88	1.67	816.2
2764.731	149.5	547.39	550.19	551.1	553.13	0.088559	7.6	19.68	13.2	1.99	1177.85
2759.088	149.5	546.86	548.66	549.71	552.42	0.142722	8.6	17.38	14.2	2.48	1598.56
2751.534	149.5	545.87	547.94	548.88	551.27	0.132838	8.09	18.48	16.17	2.42	1432.66
2746.834	149.5	544.1	546.74	547.74	550.5	0.18262	8.59	17.4	16.42	2.66	1697.99
2741.888	149.5	543.84	546	547.06	549.74	0.131117	8.57	17.44	13.48	2.41	1557.68
2736.29	149.5	543.84	545.58	546.46	548.84	0.141112	8	18.68	17.41	2.47	1430.69
2728.973	149.5	541.95	544.59	545.46	547.75	0.149354	7.88	18.97	18.34	2.47	1418.37
2721.769	149.5	540.73	543.22	544.25	546.76	0.119291	8.33	17.94	13.46	2.3	1458.2
2715.045	149.5	539.69	541.56	542.72	545.8	0.150571	9.12	16.39	12.84	2.58	1769.06
2709.039	149.5	538.86	541.44	542.45	544.77	0.109296	8.08	18.51	13.5	2.2	1361.22
2703.742	149.5	538.84	541.49	542.28	544.04	0.080726	7.07	21.15	14.48	1.87	1033.04
2697.432	149.5	538.41	541.52	542.11	543.47	0.047862	6.19	24.15	13.71	1.49	743.12
2690.705	149.5	537.94	540.44	541.2	543.03	0.069472	7.13	20.97	12.78	1.78	1008.03
2684.493	149.5	537.36	540.16	540.92	542.56	0.065283	6.85	21.81	13.64	1.73	935.35
2676.027	149.5	536.44	539.39	540.23	541.99	0.064858	7.14	20.93	11.65	1.7	993.23
2669.535	149.5	536.93	539.5	540.09	541.41	0.051007	6.13	24.41	15.39	1.55	742.93
2662.09	149.5	536.58	538.75	539.48	540.95	0.065014	6.58	22.73	15.46	1.73	878.21
2653.588	149.5	535.68	540.26	539.19	540.56	0.004537	2.41	62.01	25.74	0.5	100.2
2646.451	149.5	535.4	540.16		540.51	0.005611	2.62	57.06	24.27	0.55	119.71
2635.738	149.5	535.97	540.22		540.43	0.002684	2.03	73.6	26.71	0.39	67.95
2629.198	149.5	535.41	540.17		540.41	0.002859	2.17	68.8	22.48	0.4	76.39
2621.401	149.5	535.4	539.87		540.35	0.007543	3.08	48.56	19.31	0.62	164.18
2614.856	149.5	535.34	539.28	539.28	540.23	0.022457	4.32	34.6	18.14	1	358.62
2607.848	149.5	534.75	538.15	538.66	539.93	0.045422	5.9	25.32	14.89	1.45	683.07
2600.646	149.5	534.89	538.54	538.54	539.6	0.021143	4.55	32.86	15.7	1	381.64
2595.962	149.5	534.1	537.44	538	539.37	0.045061	6.16	24.28	13.06	1.44	726.1
2592.507	149.5	534.1	538.43	537.99	539.18	0.01254	3.84	38.92	15.67	0.78	259.84
2586.776	149.5	533.8	537.9	537.9	539.05	0.022142	4.74	31.53	13.88	1	410.79
2579.987	149.5	533.5	536.97	537.48	538.79	0.044115	5.99	24.98	13.37	1.4	692.03
2574.135	149.5	532.95	536.47	537.05	538.52	0.047001	6.34	23.57	11.47	1.41	767.25

2568.22	149.5	532.95	537.52	536.19	537.92	0.004955	2.78	53.85	17.15	0.5	126.58
2564.034	149.5	531.78	537.52		537.89	0.004621	2.68	55.69	17.61	0.48	118.25
2557.191	149.5	532.1	537.61		537.82	0.002167	2.06	72.6	19.18	0.34	65.75
2550.945	149.5	531.38	537.56		537.81	0.002514	2.19	68.13	17.56	0.36	75.07
2542.695	149.5	531.41	537.08		537.73	0.009141	3.56	41.95	12.34	0.62	214.5
2535.834	149.5	531.65	536.24	536.24	537.57	0.023917	5.1	29.33	11.1	1	466.64
2526.536	149.5	531.27	534.05	534.98	537.05	0.080424	7.66	19.51	11.73	1.9	1164.69
2520.457	149.5	530.01	533.04	534.11	536.47	0.096099	8.2	18.24	10.68	2	1347.69
2514.33	149.5	528.71	531.44	532.66	535.7	0.132425	9.15	16.34	10.76	2.37	1721.22
2508.701	149.5	528.29	530.63	531.86	534.97	0.137022	9.23	16.2	11.05	2.43	1759.19
2501.454	149.5	528.09	531.07	531.96	533.83	0.070597	7.37	20.29	11.6	1.78	1063.39
2494.313	149.5	527.58	532.89	531.44	533.28	0.005043	2.78	53.7	17.48	0.51	127.66
2488.311	149.5	527.39	532.86		533.25	0.005116	2.76	54.07	18.02	0.51	126.8
2479.751	149.5	527.73	532.13	532.13	533.11	0.021758	4.39	34.09	17.49	1	363.78
2472.704	149.5	527.35	530.22	530.99	532.71	0.069353	7	21.36	13.33	1.77	980.17
2465.352	149.5	526.63	531.36	530.09	531.75	0.005066	2.76	54.23	18.51	0.51	125.95
2453.452	149.5	527.27	531.13		531.66	0.008122	3.21	46.57	18.47	0.65	178.08
2445.017	149.5	526.61	530.4	530.4	531.49	0.021513	4.63	32.29	14.91	1	393.53
2438.897	149.5	527.45	529.74	530.11	531.28	0.036293	5.5	27.18	14.67	1.29	580.77
2430.646	149.5	526.33	528.88	529.53	530.89	0.05263	6.28	23.79	14.59	1.57	778.2
2420.244	149.5	524.99	527.77	528.59	530.24	0.066711	6.96	21.48	13.16	1.74	962.5
2412.745	149.5	524.68	527.28	528.06	529.71	0.070765	6.91	21.63	14.29	1.79	966.74
2405.84	149.5	524.37	527.02	527.7	529.18	0.059505	6.52	22.93	14.61	1.66	847.83
2396.929	149.5	524.32	526.7	527.28	528.63	0.050943	6.15	24.29	15.12	1.55	748.04
2387.505	149.5	523.73	527.7	526.63	528.07	0.00527	2.7	55.47	21.24	0.53	122.94
2379.671	149.5	523.38	527.67		528.03	0.004936	2.68	55.77	20.2	0.51	119.97
2368.266	149.5	522.97	527.45		527.95	0.007616	3.12	47.89	19.13	0.63	168.04
2360.591	149.5	524.33	526.89	526.89	527.82	0.020701	4.26	35.08	19.1	1	344.21
2349.009	149.5	518.52	521.55	523.01	526.87	0.16891	10.22	14.62	9.24	2.59	2161.26
2340.875	149.5	516.7	519.31	520.87	525.34	0.190997	10.88	13.74	8.81	2.78	2446.22
2328.279	149.5	515.68	518.45	519.73	522.94	0.133188	9.39	15.93	10.04	2.38	1791.28
2320.358	149.5	515.52	518.64	519.62	521.76	0.075731	7.83	19.09	9.34	1.75	1185.4
2310.493	149.5	513.71	518.04	518.99	520.96	0.074379	7.57	19.75	9.42	1.67	1121.88
2300.767	149.5	514.31	517.74	518.51	520.21	0.054943	6.96	21.48	9.26	1.46	916.55
2286.471	149.5	513.05	516.86	517.63	519.41	0.056059	7.07	21.13	9.07	1.48	944.24
2267.729	149.5	511.92	514.8	515.83	518.06	0.085459	7.99	18.72	10.73	1.93	1258.9
2251.189	149.5	510.66	513.67	514.61	516.66	0.076163	7.67	19.5	10.63	1.81	1150.1
2236.416	149.5	509.75	512.96	513.72	515.46	0.067475	7	21.36	12.66	1.72	973.42
2222.145	149.5	507.4	510.37	511.41	514.15	0.114866	8.62	17.34	11.11	2.2	1519.46
2201.133	149.5	504.8	507.98	509.2	511.83	0.109352	8.69	17.21	10.1	2.12	1518.68
2184.908	149.5	504.62	506.71	507.62	509.8	0.112549	7.78	19.21	15.67	2.24	1296.96
2167.011	149.5	502.43	504.29	505.19	507.58	0.136	8.04	18.6	16.77	2.44	1426.61



ALTERNATIVA SUR.

2143.658	149.5	499.24	503.58	504.08	505.21	0.054875	5.66	26.43	18.02	1.49	671.31
2120.427	149.5	499.38	502.08	502.66	503.97	0.05055	6.09	24.54	15.47	1.54	735.16
2091.253	149.5	498.33	500.18	500.75	502.04	0.090163	6.03	24.79	25.69	1.96	836.79
2060.854	149.5	494.55	497.29	498.11	499.73	0.063016	6.92	21.61	12.68	1.69	940.29
2012.037	149.5	491.92	495.25	495.78	497.02	0.045131	5.9	25.33	15.03	1.45	681.73
1973.61	149.5	490.91	492.44	493.13	494.67	0.084255	6.61	22.63	19.23	1.94	943.3
1940	149.5	488.65	491.42	491.69	492.53	0.040039	4.67	32.03	25.82	1.34	465.19
1921.554	149.5	488.12	490.84	491.07	491.78	0.036136	4.3	34.76	29.55	1.27	400.98
1899.354	149.5	487.92	490.28	490.38	491.02	0.028875	3.82	39.18	34.31	1.14	316.86
1872.161	149.5	486.5	488.62	489	490.02	0.043148	5.23	28.58	20.56	1.42	562.33
1841.773	149.5	483.28	486.54	487.23	488.6	0.049342	6.36	23.49	12.87	1.5	780.37
1817.564	149.5	482.44	484.85	484.85	485.44	0.022538	3.41	43.87	37.52	1.01	251.41
1788.803	149.5	482.55	484.73	484.33	484.95	0.007495	2.09	71.47	55.83	0.59	91.79
1765.098	149.5	482.78	484.15	484.15	484.65	0.022456	3.15	47.43	46.27	0.99	223.39
1735.665	149.5	479.08	481.96	482.41	483.48	0.0828	5.47	27.35	30.33	1.84	706.88
1706.869	149.5	479.56	482.25	482.26	482.87	0.022459	3.47	43.05	35.65	1.01	258.37
1680.559	149.5	476.5	478.65	479.45	481.52	0.115672	7.5	19.94	17.03	2.21	1234.69
1652.848	149.5	476.45	479.24	479.24	479.99	0.021535	3.83	39.07	26.49	1.01	295.72
1634.362	149.5	475.67	478.84	478.9	479.55	0.026409	3.75	39.91	32.6	1.08	301.38
1618.834	149.5	474.76	477.89	478.21	478.97	0.052524	4.6	32.52	33.05	1.48	486.64
1601.184	149.5	474.13	477.29	477.48	478.19	0.033928	4.2	35.62	29.93	1.23	380.63
1584.456	149.5	472.55	475.95	476.49	477.46	0.049219	5.44	27.48	19.75	1.47	616.25
1569.929	149.5	472.38	476.3	475.91	476.77	0.011433	3.03	49.42	29.74	0.75	177.42
1554.744	149.5	472.68	475.88	475.88	476.52	0.021834	3.55	42.13	33.05	1	264.99
1537.724	149.5	471.79	475.16	475.38	475.98	0.046591	4.01	37.29	42.84	1.37	384.64
1523.435	149.5	471.06	475.58	475.06	475.79	0.005898	1.99	75.07	53.09	0.54	79.14
1513.83	149.5	472.31	475.17	475.17	475.66	0.024089	3.1	48.22	49.9	1.01	221.8
1504.226	149.5	471.49	473.97	474.35	475.22	0.070942	4.95	30.19	34.49	1.69	586.48
1495.442	149.5	469.86	472.5	473.54	474.6	0.051835	6.43	23.25	13.05	1.54	802.16
1488.798	149.5	470.19	473.51	473.51	474.14	0.022691	3.54	42.25	33.02	1	266.42
1473.969	149.5	469.58	472.25	472.62	473.62	0.04363	5.19	28.82	20.79	1.41	556.97
1437.437	149.5	467.47	471.58	471.6	472.55	0.02169	4.36	34.3	18.2	1.01	360.13
1424.472	149.5	466.38	469.21	470.21	471.92	0.07255	7.29	20.5	12.41	1.81	1054.29
1413.603	149.5	465.91	470.58	470.58	471.2	0.023184	3.48	42.91	34.4	1	261.73
1401.483	149.5	465.57	470.02	469.07	470.46	0.008033	2.94	50.88	23.48	0.64	155.52
1391.487	149.5	465.8	469.17	469.17	470.27	0.020655	4.66	32.1	14.55	1	393.03
1380.675	149.5	465.07	467.45	468.13	469.74	0.098652	6.7	22.32	20.18	2.03	1001.88
1369.059	149.5	466.11	468.53	468.53	469.09	0.022948	3.33	44.89	40.46	1.01	243.95
1360.336	149.5	465.45	468.04	468.22	468.81	0.045387	3.89	38.48	46.04	1.36	364.54
1351.932	149.5	463.95	468.44	467.9	468.63	0.006133	1.93	77.31	57.15	0.53	77.6
1343.937	149.5	464.52	468.02	468.02	468.52	0.024129	3.12	47.96	49.15	1.01	223.71
1332.039	149.5	464.6	467.34	467.55	468.12	0.037469	3.92	38.14	37.32	1.24	352.16

1322.103	149.5	463.26	466.07	466.52	467.53	0.078602	5.36	27.9	28.8	1.74	677.3
1311.651	149.5	462.41	466.67	465.06	466.83	0.002161	1.79	83.35	30.5	0.35	53.41
1302.53	149.5	461.28	466.63		466.81	0.002543	1.9	78.57	29.86	0.37	60.79
1294.462	149.5	461.96	465.78	465.78	466.69	0.020901	4.24	35.3	19.32	1	341.75
1278.978	149.5	461.17	464.14	464.78	466.11	0.059404	6.22	24.04	16.72	1.65	789.34
1263.919	149.5	460.53	464.48	464.48	465.29	0.022094	3.99	37.45	23.91	1.02	317.09
1247.934	149.5	460.5	463.26	463.68	464.78	0.042464	5.47	27.31	17.71	1.41	599.71
1240.633	149.5	460.88	463.56	463.56	464.53	0.020147	4.35	34.36	17.95	1	352.55
1229.481	149.5	459.71	462.97	463.17	464.24	0.02746	4.99	29.99	15.75	1.15	467.3
1214.709	149.5	458.82	462.01	462.48	463.78	0.038722	5.89	25.39	12.93	1.34	653.5
1201.715	149.5	458	461.3	461.84	463.24	0.043085	6.18	24.21	11.94	1.38	721.18
1187.546	149.5	456.11	459.89	460.71	462.49	0.066451	7.14	20.93	10.87	1.64	999.72
1173.952	149.5	457.62	460.5	460.53	461.6	0.021677	4.64	32.19	15.27	1.02	396.09
1160.186	149.5	455.18	459.86	459.98	461.25	0.027168	5.21	28.69	12.01	1.08	498.1
1148.754	149.5	454.95	458.37	459.09	460.7	0.071372	6.77	22.09	14.01	1.72	938.28
1130.178	149.5	454.81	457.54	458.28	459.61	0.051929	6.37	23.46	13.21	1.53	792.14
1116.364	149.5	453.88	458.25	457.37	458.73	0.007136	3.07	48.74	19.04	0.61	161
1095.047	149.5	454.77	457.58	457.58	458.46	0.020493	4.16	35.94	20.69	1.01	331.04
1068.905	149.5	453.75	455.8	456.36	457.53	0.06687	5.83	25.66	22.41	1.74	737.31
1041.975	149.5	450.92	453.72	454.36	455.74	0.065636	6.3	23.73	17.48	1.73	825.46
1017.999	149.5	449.51	453.6	453.63	454.64	0.022253	4.51	33.14	16.83	1.03	381.58
989.8269	149.5	449.21	451.78	452.32	453.68	0.04723	6.11	24.48	14.05	1.48	725.66
970.174	149.5	448.98	452.45	452.45	453.18	0.022198	3.78	39.52	27.06	1	292.84
953.4162	149.5	448.3	451.25	451.61	452.62	0.043164	5.18	28.86	20.67	1.4	554.16
942.2886	149.5	447.29	451.52	450.4	451.79	0.004216	2.31	64.71	26.7	0.47	92.27
929.1555	149.5	448.67	451.51		451.73	0.0036	2.1	71.11	31.16	0.44	77
917.2912	149.5	448.48	451.24		451.65	0.007243	2.84	52.6	24	0.61	144.17
892.6869	149.5	446.63	450.24	450.24	451.33	0.021332	4.63	32.28	14.88	1	392.87
865.9244	149.5	445.35	448.6	449.17	450.44	0.049867	6.01	24.88	15.52	1.51	717.78
843.2998	149.5	444.93	447.18	447.74	449.03	0.085816	6.03	24.81	24.24	1.9	825.75
826.4618	149.5	442.85	445.67	446.54	447.88	0.053169	6.6	22.66	12.43	1.56	839.12
813.3055	149.5	443.01	444.89	445.59	447.15	0.063925	6.66	22.43	14.31	1.7	892.01
788.46	149.5	441.48	446.02	445.36	446.56	0.011762	3.28	45.63	24.01	0.76	201.41
767.444	149.5	441.45	445.11	445.11	446.19	0.021051	4.6	32.49	15.15	1	387.8
748.097	149.5	439.05	442.38	443.48	445.31	0.078169	7.57	19.74	11.34	1.83	1136.49
727.0045	149.5	438.69	442.66	442.93	443.68	0.035017	4.46	33.49	24.02	1.21	420.72
707.0879	149.5	436.26	439.4	440.38	442.46	0.08126	7.74	19.3	11.26	1.89	1186.79
685.3503	149.5	436.44	438.98	439.55	440.75	0.050315	5.89	25.4	16.75	1.53	697.48
667.4541	149.5	435.47	439.4	438.79	439.82	0.007913	2.86	52.25	25.53	0.64	148.88
639.5977	149.5	434.87	438.63	438.63	439.44	0.0213	4	37.41	22.91	1	314.71
615.6191	149.5	433.53	436.67	437.27	438.59	0.063473	6.14	24.33	16.21	1.6	788.3
595.1709	149.5	433.05	435.85	436.35	437.54	0.039355	5.76	25.96	14.24	1.36	634.67



ALTERNATIVA SUR.

566.1141	149.5	431.68	434.51	435.13	436.41	0.049493	6.1	24.52	14.82	1.51	732.43
543.8379	149.5	429.45	431.87	432.73	434.79	0.107895	7.57	19.75	15.96	2.17	1230.92
513.266	149.5	427.38	431.21	431.55	432.53	0.036508	5.09	29.39	18.45	1.29	517.27
483.9224	149.5	426.41	429.87	430.34	431.4	0.040407	5.47	27.31	16.12	1.34	592.23
456.7417	149.5	425.43	428.37	429.05	430.27	0.042618	6.1	24.5	12.31	1.38	706.44
419.699	149.5	423.07	425.51	426.32	428.12	0.079889	7.16	20.87	14.3	1.89	1051.34
390.6957	149.5	421.96	425.68	425.68	426.61	0.020544	4.27	35	18.92	1	344.7
358.4105	149.5	419.22	421.32	422.37	424.99	0.132566	8.49	17.61	13.97	2.41	1539.67
330.5784	149.5	416.77	420.02	420.73	422.22	0.057624	6.57	22.76	13.47	1.61	850.74
301.7799	149.5	414.79	418.23	418.97	420.54	0.058756	6.73	22.22	12.6	1.62	886.35
264.8656	149.5	413.78	415.97	416.58	417.99	0.080078	6.3	23.74	20.69	1.88	866.7
231.6721	149.5	412.8	414.69	414.97	415.72	0.045813	4.49	33.26	32.12	1.41	454.58
204.6591	149.5	410.42	412.56	412.92	413.78	0.125725	4.9	30.53	56.38	2.12	665.53
185.3207	149.5	410.58	412.64	412.48	412.89	0.01317	2.21	67.61	76.61	0.76	111.79
166.6983	149.5	409.86	412.16	412.16	412.55	0.024568	2.79	53.52	66.73	1	190.11
148.4647	149.5	408.79	410.79	411.12	411.82	0.069124	4.48	33.36	43.45	1.63	501.69
131.1678	149.5	407.37	408.83	409.33	410.41	0.088871	5.57	26.82	30.93	1.91	741.13
113.6449	149.5	406.43	409.05	409.06	409.73	0.021973	3.65	41	30.71	1.01	276.43
91.74214	149.5	405.62	408.67	408.07	409.03	0.007169	2.66	56.17	29.12	0.61	130.29
62.44463	149.5	406.07	407.92	407.92	408.66	0.021025	3.8	39.31	27.01	1.01	291.22
38.44409	149.5	404.87	407.37	407.46	408.07	0.027553	3.72	40.21	35.69	1.12	295.21
3.722285	149.5	403.34	405.92	405.92	406.28	0.023841	2.66	56.29	77.41	1	166.13



APÉNDICE IV: CÁLCULOS DE LA ALTERNATIVA SUR. BARRANCO DEL CONVENTO



ALTERNATIVA SUR.

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Total	Flow Area	Top Width	Froude # XS	Shear Total
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(N/m2)
2805.856	149.5	550.04	555.3	556.27	558.03	0.062653	7.26	20.6	8.59	1.51	922.21
2802.01	149.5	550.04	554.19	555.33	557.67	0.09816	8.26	18.1	9.08	1.87	1370.06
2799.672	149.5	549.68	553.15	554.56	557.35	0.110422	9.08	16.47	7.96	2.02	1626.43
2795.956	149.5	549.68	552.31	553.57	556.85	0.145116	9.44	15.84	10.88	2.5	1844.92
2792.354	149.5	548.82	552.01	553.31	556.29	0.123942	9.17	16.3	9.72	2.26	1699.36
2789.138	149.5	548.82	551.7	552.85	555.83	0.138616	9.01	16.6	11.75	2.42	1700.96
2784.5	149.5	549.79	551.98	552.9	554.97	0.089843	7.66	19.52	13.34	2.02	1196.85
2780.439	149.5	549.22	551.72	552.57	554.55	0.095745	7.46	20.04	14.72	2.04	1168.47
2775.11	149.5	549.59	551.98	552.56	553.9	0.053967	6.13	24.38	16.07	1.59	754.97
2770.241	149.5	549.14	551.56	552.21	553.62	0.059636	6.35	23.53	15.88	1.67	816.2
2764.731	149.5	547.39	550.19	551.1	553.13	0.088559	7.6	19.68	13.2	1.99	1177.85
2759.088	149.5	546.86	548.66	549.71	552.42	0.142722	8.6	17.38	14.2	2.48	1598.56
2751.534	149.5	545.87	547.94	548.88	551.27	0.132838	8.09	18.48	16.17	2.42	1432.66
2746.834	149.5	544.1	546.74	547.74	550.5	0.18262	8.59	17.4	16.42	2.66	1697.99
2741.888	149.5	543.84	546	547.06	549.74	0.131117	8.57	17.44	13.48	2.41	1557.68
2736.29	149.5	543.84	545.58	546.46	548.84	0.141112	8	18.68	17.41	2.47	1430.69
2728.973	149.5	541.95	544.59	545.46	547.75	0.149354	7.88	18.97	18.34	2.47	1418.37
2721.769	149.5	540.73	543.22	544.25	546.76	0.119291	8.33	17.94	13.46	2.3	1458.2
2715.045	149.5	539.69	541.56	542.72	545.8	0.150622	9.12	16.39	12.84	2.58	1769.52
2709.039	149.5	538.86	541.44	542.45	544.77	0.109328	8.08	18.51	13.5	2.2	1361.54
2703.742	149.5	538.84	541.49	542.28	544.04	0.080744	7.07	21.15	14.48	1.87	1033.22
2697.432	149.5	538.41	541.52	542.11	543.47	0.047873	6.19	24.14	13.71	1.49	743.26
2690.705	149.5	537.94	540.44	541.2	543.03	0.069476	7.13	20.97	12.78	1.78	1008.08
2684.493	149.5	537.36	540.16	540.92	542.56	0.065236	6.85	21.82	13.64	1.73	934.83
2676.027	149.5	536.44	539.39	540.23	541.99	0.064847	7.14	20.94	11.65	1.7	993.1
2669.535	149.5	536.93	539.5	540.09	541.41	0.051001	6.12	24.41	15.39	1.55	742.85
2662.09	149.5	536.58	538.75	539.48	540.95	0.065009	6.58	22.73	15.46	1.73	878.16
2653.588	149.5	535.68	540.26	539.19	540.56	0.004537	2.41	62.01	25.74	0.5	100.2
2646.451	149.5	535.4	540.16		540.51	0.005611	2.62	57.06	24.27	0.55	119.71
2635.738	149.5	535.97	540.22		540.43	0.002684	2.03	73.6	26.71	0.39	67.95
2629.198	149.5	535.41	540.17		540.41	0.002859	2.17	68.8	22.48	0.4	76.39
2621.401	149.5	535.4	539.87		540.35	0.007543	3.08	48.56	19.31	0.62	164.18
2614.856	149.5	535.34	539.28	539.28	540.23	0.022457	4.32	34.6	18.14	1	358.62
2607.848	149.5	534.75	538.15	538.66	539.93	0.045422	5.9	25.32	14.89	1.45	683.07
2600.646	149.5	534.89	538.54	538.54	539.6	0.021143	4.55	32.86	15.7	1	381.64
2595.962	149.5	534.1	537.44	538	539.37	0.045061	6.16	24.28	13.06	1.44	726.1
2592.507	149.5	534.1	538.43	537.99	539.18	0.01254	3.84	38.92	15.67	0.78	259.84
2586.776	149.5	533.8	537.9	537.9	539.05	0.022142	4.74	31.53	13.88	1	410.79
2579.987	149.5	533.5	536.97	537.48	538.79	0.044115	5.99	24.98	13.37	1.4	692.03
2574.135	149.5	532.95	536.47	537.05	538.52	0.047001	6.34	23.57	11.47	1.41	767.25

2568.22	149.5	532.95	537.52	536.19	537.92	0.004955	2.78	53.85	17.15	0.5	126.58
2564.034	149.5	531.78	537.52		537.89	0.004621	2.68	55.69	17.61	0.48	118.25
2557.191	149.5	532.1	537.61		537.82	0.002167	2.06	72.6	19.18	0.34	65.75
2550.945	149.5	531.38	537.56		537.81	0.002514	2.19	68.13	17.56	0.36	75.07
2542.695	149.5	531.41	537.08		537.73	0.009141	3.56	41.95	12.34	0.62	214.5
2535.834	149.5	531.65	536.24	536.24	537.57	0.023917	5.1	29.33	11.1	1	466.64
2526.536	149.5	531.27	534.05	534.98	537.05	0.080424	7.66	19.51	11.73	1.9	1164.69
2520.457	149.5	530.01	533.04	534.11	536.47	0.096099	8.2	18.24	10.68	2	1347.69
2514.33	149.5	528.71	531.44	532.66	535.7	0.132425	9.15	16.34	10.76	2.37	1721.22
2508.701	149.5	528.29	530.63	531.86	534.97	0.137022	9.23	16.2	11.05	2.43	1759.19
2501.454	149.5	528.09	531.07	531.96	533.83	0.070597	7.37	20.29	11.6	1.78	1063.39
2494.313	149.5	527.58	532.89	531.44	533.28	0.005043	2.78	53.7	17.48	0.51	127.66
2488.311	149.5	527.39	532.86		533.25	0.005116	2.76	54.07	18.02	0.51	126.8
2479.751	149.5	527.73	532.13	532.13	533.11	0.021758	4.39	34.09	17.49	1	363.78
2472.704	149.5	527.35	530.22	530.99	532.71	0.069353	7	21.36	13.33	1.77	980.17
2465.352	149.5	526.63	531.36	530.09	531.75	0.005066	2.76	54.23	18.51	0.51	125.95
2453.452	149.5	527.27	531.13		531.66	0.008122	3.21	46.57	18.47	0.65	178.08
2445.017	149.5	526.61	530.4	530.4	531.49	0.021513	4.63	32.29	14.91	1	393.53
2438.897	149.5	527.45	529.74	530.11	531.28	0.036293	5.5	27.18	14.67	1.29	580.77
2430.646	149.5	526.33	528.88	529.53	530.89	0.052611	6.28	23.79	14.59	1.57	777.94
2420.244	149.5	524.99	527.77	528.59	530.24	0.066699	6.96	21.48	13.16	1.74	962.36
2412.745	149.5	524.68	527.28	528.06	529.71	0.070749	6.91	21.63	14.29	1.79	966.58
2405.84	149.5	524.37	527.02	527.7	529.18	0.059548	6.52	22.93	14.61	1.66	848.31
2396.929	149.5	524.32	526.7	527.28	528.63	0.050963	6.16	24.29	15.12	1.55	748.27
2387.505	149.5	523.73	527.7	526.63	528.07	0.00527	2.69	55.47	21.24	0.53	122.93
2379.671	149.5	523.38	527.67		528.03	0.004936	2.68	55.77	20.2	0.51	119.97
2368.266	149.5	522.97	527.45		527.95	0.007616	3.12	47.89	19.13	0.63	168.04
2360.591	149.5	524.33	526.89	526.89	527.82	0.020701	4.26	35.08	19.1	1	344.21
2349.009	149.5	518.52	521.55	523.01	526.87	0.16891	10.22	14.62	9.24	2.59	2161.26
2340.875	149.5	516.7	519.31	520.87	525.34	0.190997	10.88	13.74	8.81	2.78	2446.22
2328.279	149.5	515.68	518.45	519.73	522.94	0.133188	9.39	15.93	10.04	2.38	1791.28
2320.358	149.5	515.52	518.64	519.62	521.76	0.075788	7.83	19.09	9.34	1.75	1186.11
2310.493	149.5	513.71	518.04	518.99	520.96	0.074403	7.57	19.74	9.42	1.67	1122.18
2300.767	149.5	514.31	517.74	518.51	520.21	0.054997	6.96	21.48	9.26	1.46	917.3
2286.471	149.5	513.05	516.86	517.63	519.41	0.056107	7.08	21.13	9.07	1.48	944.9
2267.729	149.5	511.92	514.8	515.83	518.06	0.085449	7.99	18.72	10.73	1.93	1258.78
2251.189	149.5	510.66	513.67	514.61	516.66	0.076202	7.67	19.5	10.63	1.81	1150.57
2236.416	149.5	509.75	512.96	513.72	515.46	0.06748	7	21.36	12.66	1.72	973.46
2222.145	149.5	507.4	510.37	511.41	514.15	0.114905	8.62	17.34	11.11	2.2	1519.86
2201.133	149.5	504.8	507.98	509.2	511.83	0.109315	8.69	17.21	10.1	2.12	1518.25
2184.908	149.5	504.62	506.71	507.62	509.8	0.112605	7.78	19.21	15.67	2.24	1297.48
2167.011	149.5	502.43	504.29	505.19	507.58	0.136013	8.04	18.6	16.77	2.44	1426.71



ALTERNATIVA SUR.

2143.658	149.5	499.24	503.58	504.08	505.21	0.054879	5.66	26.43	18.01	1.49	671.35
2120.427	149.5	499.38	502.08	502.66	503.97	0.050533	6.09	24.55	15.47	1.54	734.97
2091.253	149.5	498.33	500.18	500.75	502.04	0.090321	6.03	24.78	25.69	1.96	837.88
2060.854	149.5	494.55	497.29	498.11	499.73	0.062979	6.92	21.61	12.68	1.69	939.84
2012.037	149.5	491.92	495.25	495.78	497.02	0.045139	5.9	25.32	15.03	1.45	681.83
1973.61	149.5	490.91	492.44	493.13	494.67	0.084255	6.61	22.63	19.23	1.94	943.3
1940	149.5	488.65	491.42	491.69	492.53	0.040039	4.67	32.03	25.82	1.34	465.19
1921.554	149.5	488.12	490.84	491.07	491.78	0.036163	4.3	34.75	29.53	1.27	401.38
1899.354	149.5	487.92	490.28	490.38	491.02	0.028915	3.82	39.16	34.31	1.14	317.19
1872.161	149.5	486.5	488.62	489	490.02	0.043111	5.23	28.59	20.56	1.42	561.96
1841.773	149.5	483.28	486.54	487.23	488.6	0.049342	6.36	23.49	12.87	1.5	780.37
1817.564	149.5	482.44	484.85	484.85	485.44	0.022538	3.41	43.87	37.52	1.01	251.41
1788.803	149.5	482.55	484.73	484.33	484.95	0.007495	2.09	71.47	55.83	0.59	91.79
1765.098	149.5	482.78	484.15	484.15	484.65	0.022456	3.15	47.43	46.27	0.99	223.39
1735.665	149.5	479.08	481.96	482.41	483.48	0.082779	5.47	27.35	30.33	1.84	706.75
1706.869	149.5	479.56	482.25	482.26	482.87	0.022459	3.47	43.05	35.65	1.01	258.37
1680.559	149.5	476.5	478.65	479.45	481.52	0.11566	7.5	19.94	17.03	2.21	1234.48
1652.848	149.5	476.45	479.24	479.24	479.99	0.021535	3.83	39.07	26.49	1.01	295.72
1634.362	149.5	475.67	478.84	478.9	479.55	0.026453	3.75	39.89	32.6	1.08	301.75
1618.834	149.5	474.76	477.89	478.21	478.96	0.052519	4.6	32.53	33.06	1.48	486.49
1601.184	149.5	474.13	477.29	477.48	478.19	0.033922	4.2	35.62	29.93	1.23	380.58
1584.456	149.5	472.55	475.95	476.49	477.46	0.049239	5.44	27.48	19.75	1.47	616.46
1569.929	149.5	472.38	476.3	475.91	476.77	0.011434	3.03	49.42	29.74	0.75	177.43
1554.744	149.5	472.68	475.88	475.88	476.52	0.021831	3.55	42.13	33.05	1	264.96
1537.724	149.5	471.79	475.16	475.38	475.98	0.046591	4.01	37.29	42.84	1.37	384.64
1523.435	149.5	471.06	475.58	475.06	475.79	0.005908	1.99	75.03	53.08	0.54	79.23
1513.83	149.5	472.31	475.17	475.17	475.66	0.023862	3.09	48.36	49.92	1	220.28
1504.226	149.5	471.49	473.97	474.35	475.22	0.070942	4.95	30.19	34.49	1.69	586.48
1495.442	149.5	469.86	472.5	473.54	474.6	0.051835	6.43	23.25	13.05	1.54	802.16
1488.798	149.5	470.19	473.51	473.51	474.14	0.022691	3.54	42.25	33.02	1	266.42
1473.969	149.5	469.58	473.53	472.62	473.87	0.005377	2.58	57.84	23.96	0.53	116.05
1450	Bridge										
1437.437	149.5	468.08	471.37	471.69	472.67	0.042343	5.05	29.59	21.29	1.37	531.36
1424.472	149.5	466.38	469.31	470.2	471.7	0.060781	6.84	21.87	12.76	1.67	915.25
1413.603	149.5	465.91	470.58	470.58	471.2	0.023184	3.48	42.91	34.4	1	261.73
1401.483	149.5	465.57	470.02	469.07	470.46	0.008033	2.94	50.88	23.48	0.64	155.52
1391.487	149.5	465.8	469.17	469.17	470.27	0.020655	4.66	32.1	14.55	1	393.03
1380.675	149.5	465.07	467.45	468.12	469.74	0.098804	6.7	22.33	20.22	2.03	1001.76
1369.059	149.5	466.11	468.53	468.54	469.09	0.022924	3.33	44.9	40.46	1.01	243.77
1360.336	149.5	465.45	468.04	468.22	468.81	0.045477	3.89	38.45	46.04	1.36	365.06
1351.932	149.5	463.95	468.44	467.9	468.63	0.006133	1.93	77.31	57.15	0.53	77.6
1343.937	149.5	464.52	468.02	468.02	468.52	0.024129	3.12	47.96	49.15	1.01	223.71

1332.039	149.5	464.6	467.34	467.55	468.12	0.037444	3.92	38.15	37.32	1.24	351.97
1322.103	149.5	463.26	466.07	466.52	467.54	0.078649	5.36	27.9	28.8	1.74	677.6
1311.651	149.5	462.41	466.67	465.06	466.83	0.002161	1.79	83.35	30.5	0.35	53.41
1302.53	149.5	461.28	466.63		466.81	0.002543	1.9	78.57	29.86	0.37	60.79
1294.462	149.5	461.96	465.78	465.78	466.69	0.020901	4.24	35.3	19.32	1	341.75
1278.978	149.5	461.17	464.14	464.78	466.11	0.059404	6.22	24.04	16.72	1.65	789.34
1263.919	149.5	460.53	464.48	464.48	465.29	0.022094	3.99	37.45	23.91	1.02	317.09
1247.934	149.5	460.5	463.26	463.68	464.78	0.042464	5.47	27.31	17.71	1.41	599.71
1240.633	149.5	460.88	463.56	463.56	464.53	0.020147	4.35	34.36	17.95	1	352.55
1229.481	149.5	459.71	462.97	463.17	464.24	0.02746	4.99	29.99	15.75	1.15	467.3
1214.709	149.5	458.82	462.01	462.48	463.78	0.038722	5.89	25.39	12.93	1.34	653.5
1201.715	149.5	458	461.3	461.84	463.24	0.043111	6.18	24.2	11.94	1.38	721.52
1187.546	149.5	456.11	459.89	460.71	462.49	0.066465	7.14	20.93	10.87	1.64	999.89
1173.952	149.5	457.62	460.5	460.53	461.6	0.021673	4.64	32.19	15.27	1.02	396.04
1160.186	149.5	455.18	459.86	459.98	461.25	0.027151	5.21	28.69	12.01	1.08	497.85
1148.754	149.5	454.95	458.37	459.09	460.7	0.071377	6.77	22.09	14.01	1.72	938.33
1130.178	149.5	454.81	457.54	458.28	459.61	0.051897	6.37	23.46	13.21	1.53	791.75
1116.364	149.5	453.88	458.25	457.37	458.73	0.007136	3.07	48.74	19.04	0.61	161
1095.047	149.5	454.77	457.58	457.58	458.46	0.020493	4.16	35.94	20.69	1.01	331.04
1068.905	149.5	453.75	455.8	456.36	457.53	0.06687	5.83	25.66	22.41	1.74	737.31
1041.975	149.5	450.92	453.72	454.36	455.74	0.065661	6.3	23.73	17.48	1.73	825.71
1017.999	149.5	449.51	453.6	453.63	454.64	0.022251	4.51	33.14	16.83	1.03	381.55
989.8269	149.5	449.21	451.78	452.32	453.68	0.047242	6.11	24.48	14.04	1.48	725.8
970.174	149.5	448.98	452.45	452.45	453.18	0.022198	3.78	39.52	27.06	1	292.84
953.4162	149.5	448.3	451.25	451.61	452.62	0.043164	5.18	28.86	20.67	1.4	554.16
942.2886	149.5	447.29	451.52	450.4	451.79	0.004216	2.31	64.71	26.7	0.47	92.27
929.1555	149.5	448.67	451.51		451.73	0.0036	2.1	71.11	31.16	0.44	77
917.2912	149.5	448.48	451.24		451.65	0.007244	2.84	52.59	24	0.61	144.19
892.6869	149.5	446.63	450.24	450.24	451.33	0.021332	4.63	32.28	14.88	1	392.87
865.9244	149.5	445.35	448.6	449.17	450.44	0.049867	6.01	24.88	15.52	1.51	717.78
843.2998	149.5	444.93	447.18	447.74	449.03	0.085816	6.03	24.81	24.24	1.9	825.75
826.4618	149.5	442.85	445.67	446.54	447.88	0.053169	6.6	22.66	12.43	1.56	839.12
813.3055	149.5	443.01	444.89	445.59	447.15	0.063925	6.66	22.43	14.31	1.7	892.01
788.46	149.5	441.48	446.02	445.36	446.56	0.011758	3.28	45.63	24.01	0.76	201.36
767.444	149.5	441.45	445.11	445.11	446.19	0.021051	4.6	32.49	15.15	1	387.8
748.097	149.5	439.05	442.38	443.48	445.31	0.078186	7.57	19.74	11.34	1.83	1136.7
727.0045	149.5	438.69	442.66	442.93	443.68	0.035022	4.46	33.49	24.02	1.21	420.84
707.0879	149.5	436.26	439.4	440.38	442.46	0.08126	7.74	19.3	11.26	1.89	1186.79
685.3503	149.5	436.44	438.98	439.55	440.75	0.05034	5.89	25.39	16.75	1.53	697.77
667.4541	149.5	435.47	439.4	438.79	439.82	0.007911	2.86	52.25	25.53	0.64	148.86
639.5977	149.5	434.87	438.63	438.63	439.44	0.0213	4	37.41	22.91	1	314.71
615.6191	149.5	433.53	436.67	437.27	438.59	0.063454	6.14	24.34	16.21	1.6	788.12



ALTERNATIVA SUR.

595.1709	149.5	433.05	435.85	436.35	437.54	0.03938	5.76	25.96	14.24	1.36	635.03
566.1141	149.5	431.68	434.51	435.13	436.41	0.049499	6.1	24.52	14.82	1.51	732.5
543.8379	149.5	429.45	431.87	432.73	434.79	0.107856	7.57	19.75	15.96	2.17	1230.58
513.266	149.5	427.38	431.21	431.55	432.52	0.036471	5.09	29.4	18.46	1.29	516.83
483.9224	149.5	426.41	429.87	430.34	431.4	0.040409	5.47	27.31	16.12	1.34	592.25
456.7417	149.5	425.43	428.37	429.05	430.27	0.042632	6.1	24.49	12.31	1.38	706.61
419.699	149.5	423.07	425.51	426.32	428.12	0.079883	7.16	20.87	14.3	1.89	1051.28
390.6957	149.5	421.96	425.65	425.68	426.61	0.021609	4.35	34.37	18.79	1.03	358.67
358.4105	149.5	419.22	421.33	422.37	424.96	0.130506	8.44	17.71	14	2.4	1520.56
330.5784	149.5	416.77	420.02	420.73	422.22	0.057455	6.56	22.78	13.48	1.61	848.71
301.7799	149.5	414.79	418.23	418.97	420.54	0.058727	6.73	22.22	12.6	1.62	885.99
264.8656	149.5	413.78	415.97	416.58	417.99	0.08016	6.3	23.74	20.69	1.88	867.35
231.6721	149.5	412.8	414.69	414.97	415.72	0.045823	4.49	33.26	32.12	1.41	454.66
204.6591	149.5	410.42	412.56	412.92	413.78	0.125772	4.9	30.52	56.38	2.12	665.73
185.3207	149.5	410.58	412.63	412.48	412.9	0.01401	2.3	65.09	71.49	0.77	122.93
166.6983	149.5	409.86	412.16	412.16	412.55	0.024568	2.79	53.52	66.73	1	190.11
148.4647	149.5	408.79	410.79	411.12	411.82	0.069157	4.48	33.35	43.45	1.63	501.86
131.1678	149.5	407.37	408.83	409.33	410.41	0.088812	5.57	26.82	30.94	1.91	740.76
113.6449	149.5	406.43	409.05	409.06	409.73	0.021973	3.65	41	30.71	1.01	276.43
91.74214	149.5	405.62	408.67	408.07	409.03	0.007169	2.66	56.17	29.12	0.61	130.29
62.44463	149.5	406.07	407.92	407.92	408.66	0.021025	3.8	39.31	27.01	1.01	291.22
38.44409	149.5	404.87	407.37	407.46	408.07	0.027521	3.72	40.23	35.69	1.12	294.94
3.722285	149.5	403.34	405.92	405.92	406.28	0.023877	2.66	56.27	77.41	1	166.23

En la siguiente tabla se muestran los resultados para el puente 3:

Plan: PREG		Barranco Sur		Barranco Sur RS: 1450		Profile: T500	
E.G. US. (m)	473.87	Element	Inside BR US	Inside BR DS			
W.S. US. (m)	473.53	E.G. Elev (m)	473.75	472.8			
Q Total (m3/s)	149.5	W.S. Elev (m)	473.36	471.85			
Q Bridge (m3/s)	149.5	Crit W.S. (m)	472.61	471.85			
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	3.78	3.77			
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.78	4.3			
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	53.69	34.76			
Weir Submerg		Froude # Chl	0.59	1			
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	113.36	105.81			
Min El Weir Flow (m)	497.07	Hydr Depth (m)	2.27	1.9			
Min El Prs (m)	495.79	W.P. Total (m)	25.8	23.29			
Delta EG (m)	1.04	Conv. Total (m3/s)	1823.5	945.7			
Delta WS (m)	2.17	Top Width (m)	23.62	18.34			
BR Open Area (m2)	2388.27	Frctn Loss (m)					
BR Open Vel (m/s)	4.3	C & E Loss (m)					
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	137.2	365.79			
Br Sel Method	Momentum	Power Total (N/m s)	0	0			

En los siguientes cuadros se pueden observar los cálculos de socavación potencial para la pila afectada del puente 3 (cálculo con datos máximos):

<p>Hydraulic Design Data</p> <p>Pier Scour</p> <p>Pier: #2 (CL = 120.8792)</p> <p>Input Data</p> <p>Pier Shape: Round nose</p> <p>Pier Width (m): 3.98</p> <p>Grain Size D50 (mm): 25.00000</p> <p>Depth Upstream (m): 2.41</p> <p>Velocity Upstream (m/s): 2.58</p> <p>K1 Nose Shape: 1.00</p> <p>Pier Angle: 44.00</p> <p>Pier Length (m): 4.06</p>	<p>K2 Angle Coef: 1.26</p> <p>K3 Bed Cond Coef: 1.10</p> <p>Grain Size D90 (mm): 75.00000</p> <p>K4 Armouring Coef: 0.40</p> <p>Set K1 value to 1.0 because angle > 5 degrees</p> <p>Results</p> <p>Scour Depth Ys (m): 2.82</p> <p>Froude #: 0.53</p> <p>Equation: CSU equation</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



DOCUMENTO N°3

PLANOS

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA).
ALTERNATIVA SUR

ÍNDICE DE PLANOS

1. Localización
2. Situación actual
3. Adecuación de la travesía
4. Diseño geométrico
 - 4.1. Planta general
 - 4.2. Planta y perfil
 - 4.3. Sección tipo
 - 4.4. Secciones transversales
5. Estructuras
 - 5.1. Primer puente sobre el río Chelva
 - 5.1.1. Fase 1
 - 5.1.1.1. Puente cajón prefabricado (1 de 2)
 - 5.1.1.2. Puente cajón prefabricado (2 de 2)
 - 5.1.1.3. Puente prefabricado doble T (1 de 2)
 - 5.1.1.4. Puente prefabricado doble T (2 de 2)
 - 5.1.1.5. Puente artesa (1 de 2)
 - 5.1.1.6. Puente artesa (2 de 2)
 - 5.1.1.7. Puente empujado (1 de 2)
 - 5.1.1.8. Puente empujado (2 de 2)
 - 5.1.1.9. Puente arco (1 de 2)
 - 5.1.1.10. Puente arco (2 de 2)
 - 5.1.1.11. Puente atirantado (1 de 2)
 - 5.1.1.12. Puente atirantado (2 de 2)
 - 5.1.1.13. Puente extradadosado (1 de 2)
 - 5.1.1.14. Puente extradadosado (2 de 2)
 - 5.1.1.15. Puente mediante voladizos sucesivos (1 de 2)
 - 5.1.1.16. Puente mediante voladizos sucesivos (2 de 2)
 - 5.1.2. Fase 2
 - 5.1.2.1. Puente cajón prefabricado
 - 5.1.2.1.1. Alzado y sección
 - 5.1.2.1.2. Pilas
 - 5.1.2.1.3. Estribos
 - 5.1.2.2. Puente prefabricado doble T
 - 5.1.2.2.1. Alzado y sección
 - 5.1.2.2.2. Pilas
 - 5.1.2.2.3. Capitel
 - 5.1.2.2.4. Estribos
 - 5.1.2.3. Puente artesa
 - 5.1.2.3.1. Alzado y sección
 - 5.1.2.3.2. Pilas
 - 5.1.2.3.3. Capitel
 - 5.1.2.3.4. Estribos
 - 5.1.2.4. Puente arco
 - 5.1.2.4.1. Alzado y sección
 - 5.1.2.4.2. Pila y sección
 - 5.1.2.4.3. Estribos
 - 5.1.2.5. Puente extradadosado
 - 5.1.2.5.1. Alzado y sección
 - 5.1.2.5.2. Pilas
 - 5.1.2.5.3. Detalle
 - 5.1.2.5.4. Estribos.
 - 5.1.2.6. Puente mediante voladizos sucesivos
 - 5.1.2.6.1. Alzado y sección
 - 5.1.2.6.2. Pilas
 - 5.1.2.6.3. Secciones
 - 5.1.2.6.4. Estribos
 - 5.1.3. Fase 3



- 5.1.3.1. Emplazamiento.
- 5.1.3.2. Planta y alzado.
- 5.1.3.3. Secciones tipo.
- 5.1.3.4. Geometría de las secciones del tablero
- 5.1.3.5. Armado de las secciones del tablero
- 5.1.3.6. Geometría y armado de las pilas
- 5.1.3.7. Definición geométrica y armado de zapatas
- 5.1.3.8. Geometría del estribo 1
- 5.1.3.9. Armado del estribo 1
- 5.1.3.10. Geometría del estribo 2 (con neopreno)
- 5.1.3.11. Armado del estribo 2
- 5.1.3.12. Geometría de los cables de pretensado (1 de 2)
- 5.1.3.13. Geometría de los cables de pretensado (2 de 2)
- 5.1.3.14. Proceso constructivo (1 de 9)
- 5.1.3.15. Proceso constructivo (2 de 9)
- 5.1.3.16. Proceso constructivo (3 de 9)
- 5.1.3.17. Proceso constructivo (4 de 9)
- 5.1.3.18. Proceso constructivo (5 de 9)
- 5.1.3.19. Proceso constructivo (6 de 9)
- 5.1.3.20. Proceso constructivo (7 de 9)
- 5.1.3.21. Proceso constructivo (8 de 9)
- 5.1.3.22. Proceso constructivo (9 de 9)

5.2. Segundo puente sobre el río Chelva

5.2.1. Fase 1

- 5.2.1.1.1. Puente prefabricado doble T (1 de 2)
- 5.2.1.1.2. Puente prefabricado doble T (2 de 2)
- 5.2.1.2.1. Puente cajón prefabricado (1 de 2)
- 5.2.1.2.2. Puente cajón prefabricado (2 de 2)
- 5.2.1.3.1. Puente artesa (1 de 2)
- 5.2.1.3.2. Puente artesa (2 de 2)
- 5.2.1.4.1. Puente arco (1 de 2)
- 5.2.1.4.2. Puente arco (2 de 2)

- 5.2.1.5.1. Puente mediante voladizos sucesivos (1 de 2)
- 5.2.1.5.2. Puente mediante voladizos sucesivos (2 de 2)
- 5.2.1.6.1. Puente extradosado (1 de 2)
- 5.2.1.6.2. Puente extradosado (2 de 2)
- 5.2.1.7.1. Puente empujado (1 de 2)
- 5.2.1.7.2. Puente empujado (2 de 2)
- 5.2.1.8.1. Puente atirantado (1 de 3)
- 5.2.1.8.2. Puente atirantado (2 de 3)
- 5.2.1.8.3. Puente atirantado (3 de 3)

5.2.2. Fase 2

5.2.2.1. Puente prefabricado doble T

- 5.2.2.1.1. Sección longitudinal y planta
- 5.2.2.1.2. Sección en tablero
- 5.2.2.1.3. Pilas
- 5.2.2.1.4. Estribo 1
- 5.2.2.1.5. Estribo 2

5.2.2.2. Puente cajón prefabricado

- 5.2.2.2.1. Sección longitudinal y tablero
- 5.2.2.2.2. Planta y detalles
- 5.2.2.2.3. Pilas
- 5.2.2.2.4. Estribos

5.2.2.3. Puente artesa

- 5.2.2.3.1. Sección longitudinal y tablero
- 5.2.2.3.2. Planta y detalles
- 5.2.2.3.3. Pilas
- 5.2.2.3.4. Estribos

5.2.2.4. Puente arco

- 5.2.2.4.1. Sección longitudinal y tablero
- 5.2.2.4.2. Planta y detalles
- 5.2.2.4.3. Estribo 1
- 5.2.2.4.4. Estribo 2

5.2.2.5. Puente mediante voladizos sucesivos



- 5.2.2.5.1. Sección longitudinal y planta
- 5.2.2.5.2. Secciones en tablero
- 5.2.2.5.3. Pilas
- 5.2.2.5.4. Estribo 1
- 5.2.2.5.5. Estribo 2
- 5.2.2.6. Puente extradorado
 - 5.2.2.6.1. Sección longitudinal
 - 5.2.2.6.2. Planta
 - 5.2.2.6.3. Secciones en tablero
 - 5.2.2.6.4. Secciones torres
 - 5.2.2.6.5. Estribo 1
 - 5.2.2.6.6. Estribo 2
- 5.2.3. Fase 3
 - 5.2.3.1. Emplazamiento.
 - 5.2.3.2. Alzado y planta.
 - 5.2.3.3. Sección longitudinal y transversal
 - 5.2.3.4. Geometría de las dovelas
 - 5.2.3.5. Armado de las dovelas
 - 5.2.3.6. Estribo 1. Geometría
 - 5.2.3.7. Estribo 2. Geometría
 - 5.2.3.8. Estribos. Muro frontal. Armado
 - 5.2.3.9. Estribos. Muro en vuelta. Geometría y armado
 - 5.2.3.10. Pilas y cimentaciones. Geometría
 - 5.2.3.11. Pilas y cimentaciones. Armado
 - 5.2.3.12. Cable pretensado. Geometría 1
 - 5.2.3.13. Cable pretensado. Geometría 2
 - 5.2.3.14. Proceso constructivo (1 de 7)
 - 5.2.3.14. Proceso constructivo (2 de 7)
 - 5.2.3.14. Proceso constructivo (3 de 7)
 - 5.2.3.14. Proceso constructivo (4 de 7)
 - 5.2.3.14. Proceso constructivo (5 de 7)
 - 5.2.3.14. Proceso constructivo (6 de 7)



- 5.2.3.15. Proceso constructivo (7 de 7)
- 5.3. Puente sobre el barranco del Convento
 - 5.3.1. Fase 1
 - 5.3.1.1.1. Puente prefabricado artesa (1 de 1)
 - 5.3.1.2.1. Puente cajón in situ (1 de 2)
 - 5.3.1.2.2. Puente cajón in situ (2 de 2)
 - 5.3.1.3.1. Puente prefabricado doble T (1 de 2)
 - 5.3.1.3.2. Puente prefabricado doble T (2 de 2)
 - 5.3.1.4.1. Puente losa in situ (1 de 1)
 - 5.3.1.5.1. Puente cajón prefabricado (1 de 2)
 - 5.3.1.5.2. Puente cajón prefabricado (2 de 2)
 - 5.3.2. Fase 2
 - 5.3.2.1. Puente cajón in situ de 45 metros de luz
 - 5.3.2.1.1. Alzado y planta
 - 5.3.2.1.2. Sección en tablero
 - 5.3.2.1.3. Pilas
 - 5.3.2.1.4. Estribos
 - 5.3.2.2. Puente cajón in situ de 40 metros de luz
 - 5.3.2.2.1. Alzado y planta
 - 5.3.2.2.2. Sección en tablero
 - 5.3.2.2.3. Pilas
 - 5.3.2.2.4. Estribos
 - 5.3.2.3. Puente losa in situ
 - 5.3.2.3.1. Alzado y planta
 - 5.3.2.3.2. Sección en tablero
 - 5.3.2.3.3. Pilas
 - 5.3.2.3.4. Estribos
 - 5.3.2.4. Puente cajón prefabricado
 - 5.3.2.4.1. Alzado y planta
 - 5.3.2.4.2. Sección en tablero
 - 5.3.2.4.3. Pilas
 - 5.3.2.4.4. Estribos
 - 5.3.2.5. Puente prefabricado artesa
 - 5.3.2.5.1. Alzado y planta



5.3.2.5.2. Secciones en tablero

5.3.2.5.3. Pilas

5.3.2.5.4. Estribos

5.3.2.6. Puente prefabricado doble T

5.3.2.6.1. Alzado y planta

5.3.2.6.2. Sección en tablero

5.3.2.6.3. Pilas

5.3.2.6.4. Estribos

5.3.3. Fase 3

5.3.3.1. Emplazamiento.

5.3.3.2. Alzado y planta.

5.3.3.3. Sección en tablero. Armado y geometría del tablero

5.3.3.4. Estribos. Muro frontal geometría.

5.3.3.5. Estribos. Muro frontal armado.

5.3.3.6. Pilas. Geometría y armado

5.3.3.7. Cimentación pila 3. Geometría y armado

5.3.3.8. Cimentación pilas 1,2 y 4. Geometría y armado.

6. Protección hidráulica de las estructuras

6.1. Primer puente sobre el río Chelva

6.1.1. Alzado con regularización del cauce

6.1.2. Alzado y detalles protección local y general

6.1.3. Planta y detalle de las protecciones

6.2. Segundo puente sobre el río Chelva

6.2.1. Alzado con regularización del cauce

6.2.2. Alzado y detalles protección local y general

6.2.3. Planta y detalle de las protecciones

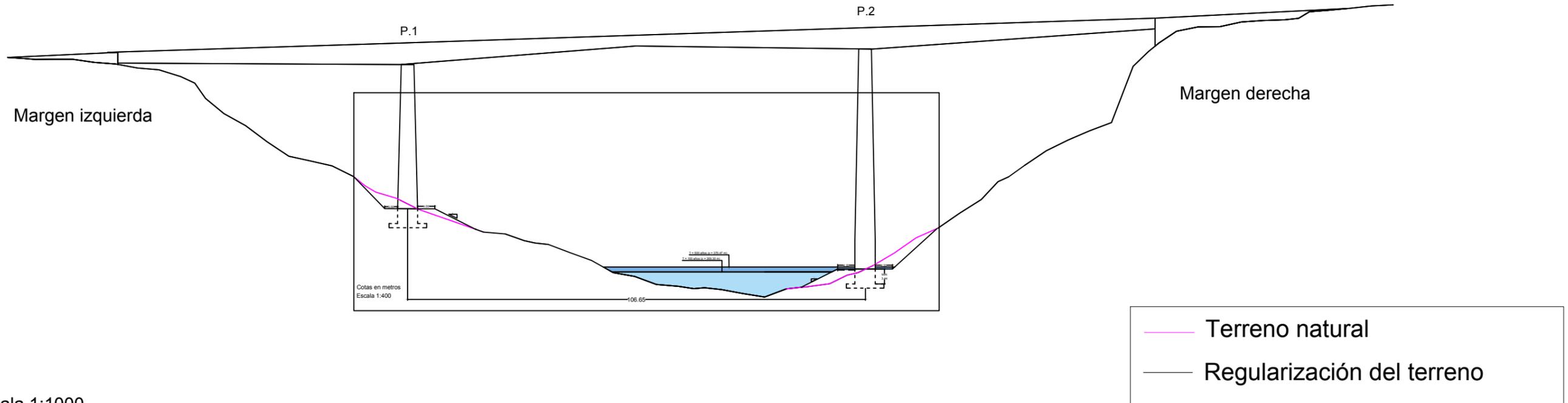
6.3. Puente sobre el barranco del Convento

6.3.1. Alzado con regularización del cauce

6.3.2. Alzado y detalles protección local y general

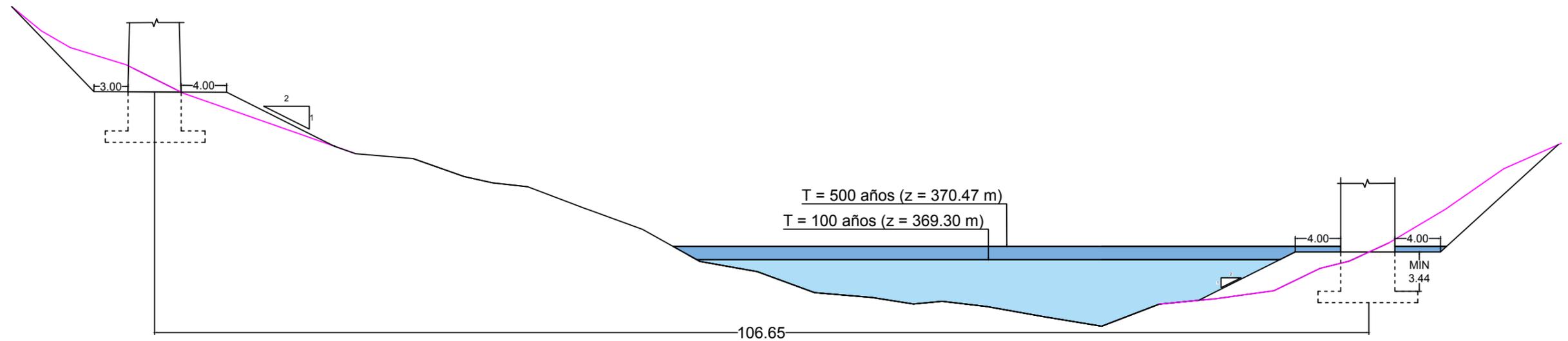
6.3.3. Planta y detalle de las protecciones

Alzado de la sección transversal perpendicular al flujo



Escala 1:1000

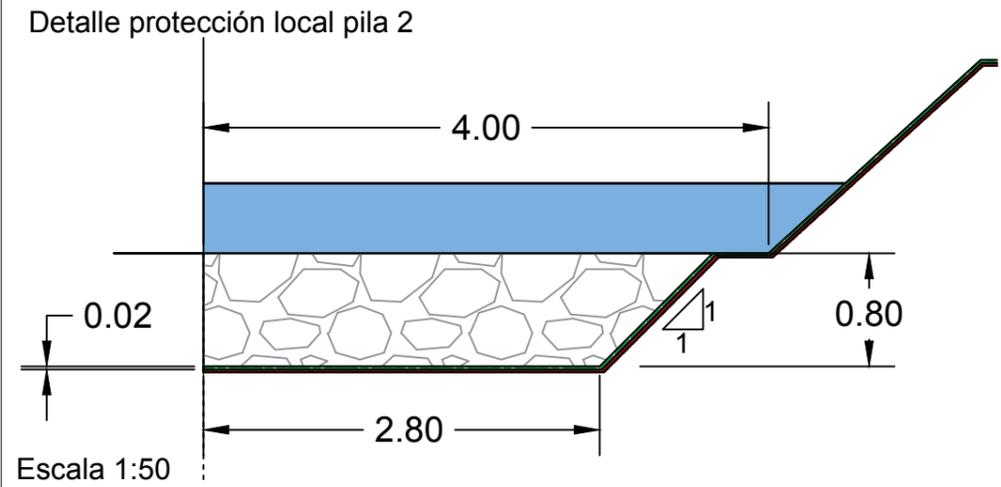
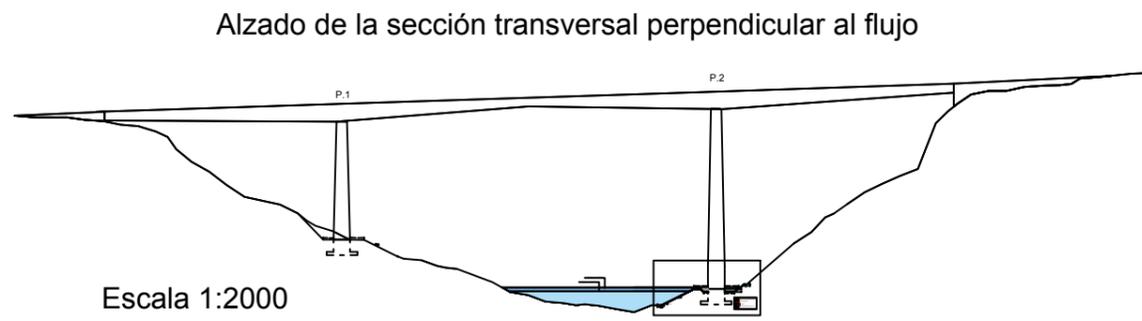
Detalle regularización cauce



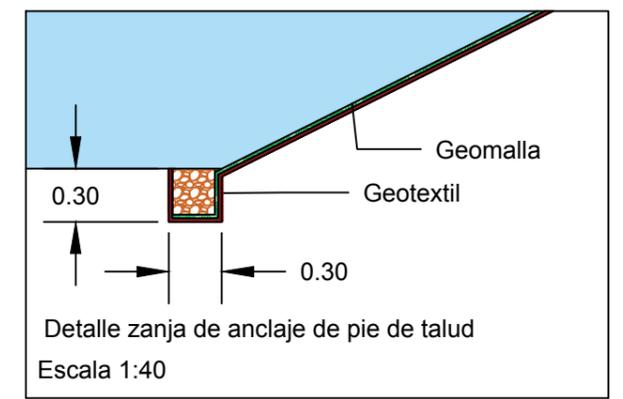
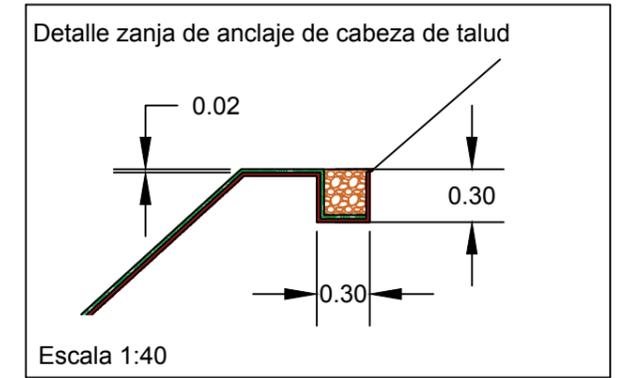
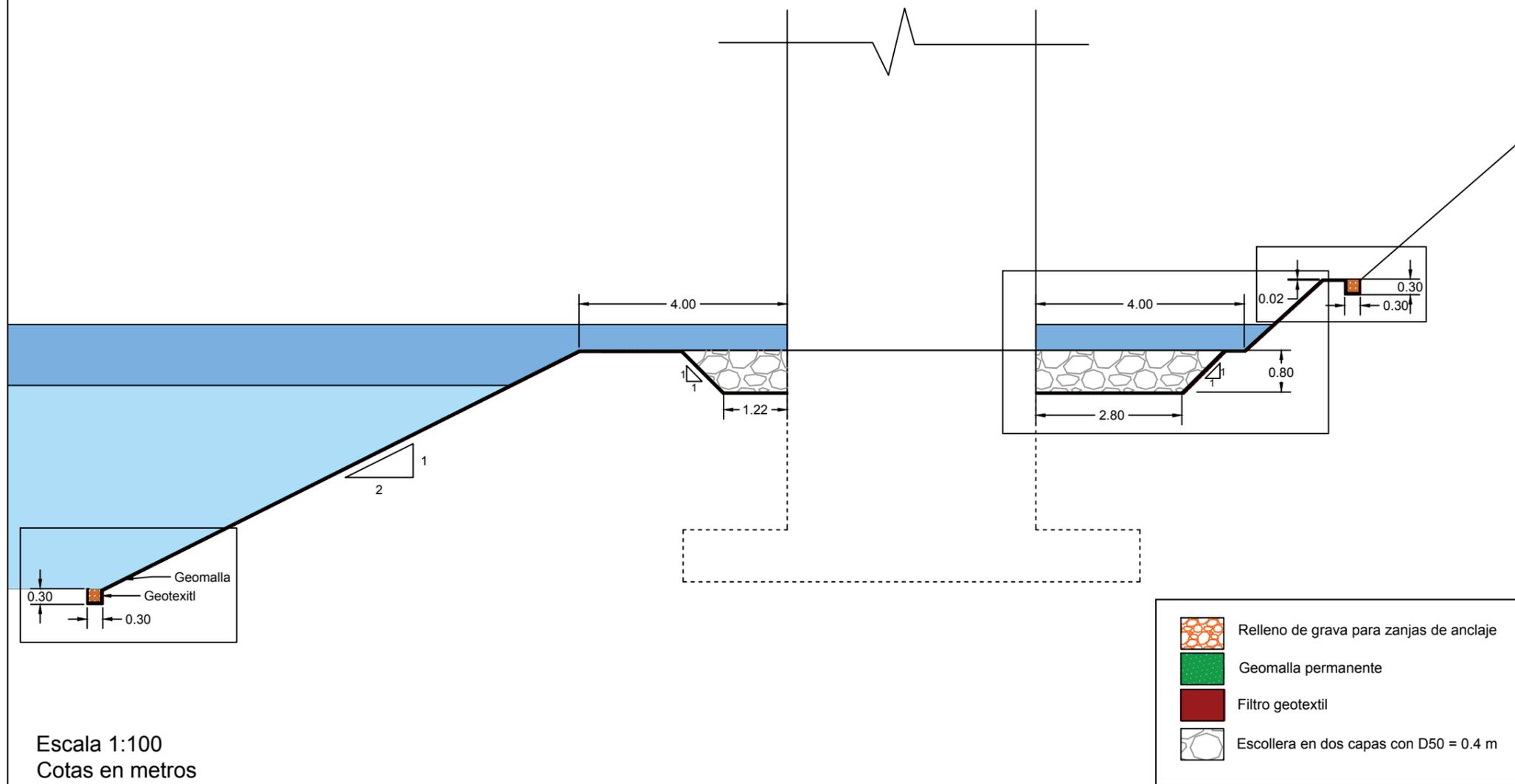
Escala 1:400

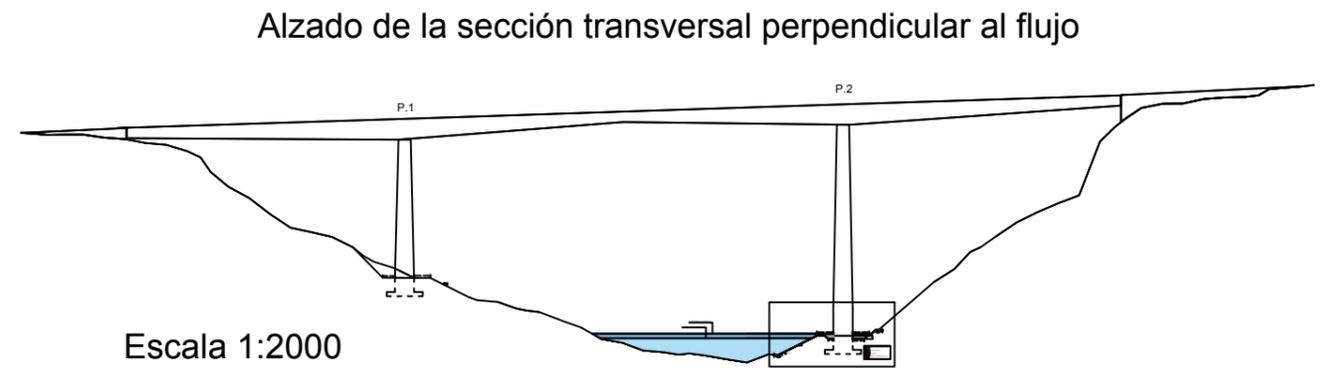
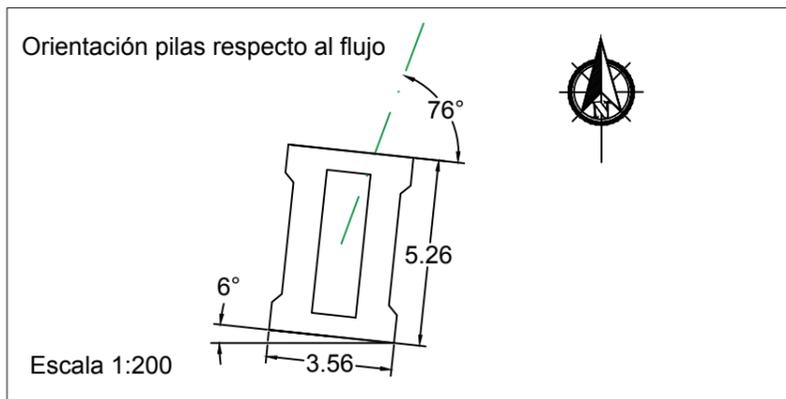
Cotas en metros

	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS	AUTOR DEL PROYECTO MARIA ARENAS HUERTA	FECHA JUNIO 2016	TÍTULO DEL PROYECTO ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALÈNCIA). ALTERNATIVA SUR	ESCALA: VARIAS	TÍTULO DEL PLANO PROTECCIÓN HIDRÁULICA DE LAS ESTRUCTURAS PRIMER PUENTE SOBRE EL RÍO CHELVA ALZADO CON REGULARIZACIÓN DEL CAUCE	Nº DE PLANO 6.1.1
							HOJA 1 DE 1

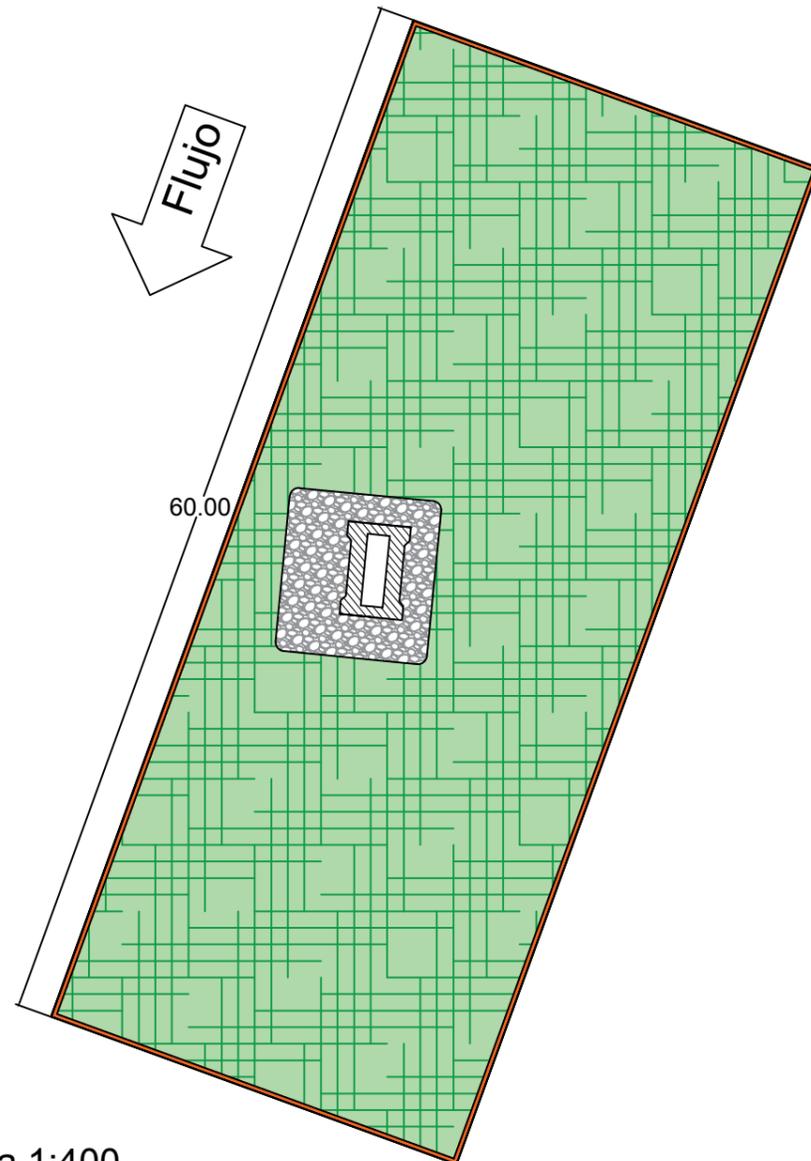


Detalle protección local y general





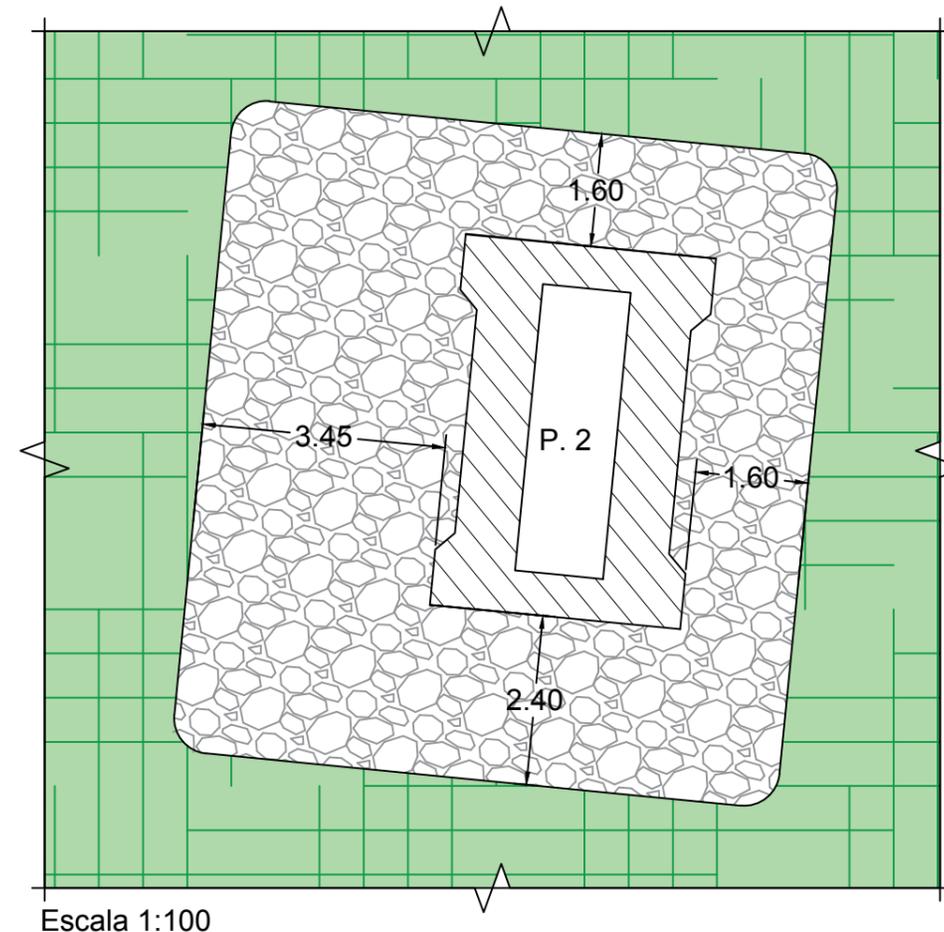
Planta de la zona protegida



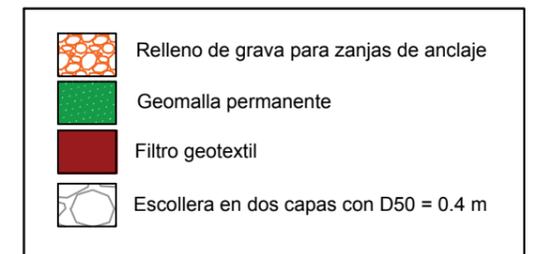
Escala 1:400

Cotas en metros

Detalle en planta de la protección local de la pila 2



Escala 1:100



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



AUTOR DEL PROYECTO
MARIA ARENAS HUERTA

FECHA
JUNIO 2016

TÍTULO DEL PROYECTO
ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA
VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE
CHELVA (PROVINCIA DE VALÈNCIA). ALTERNATIVA SUR

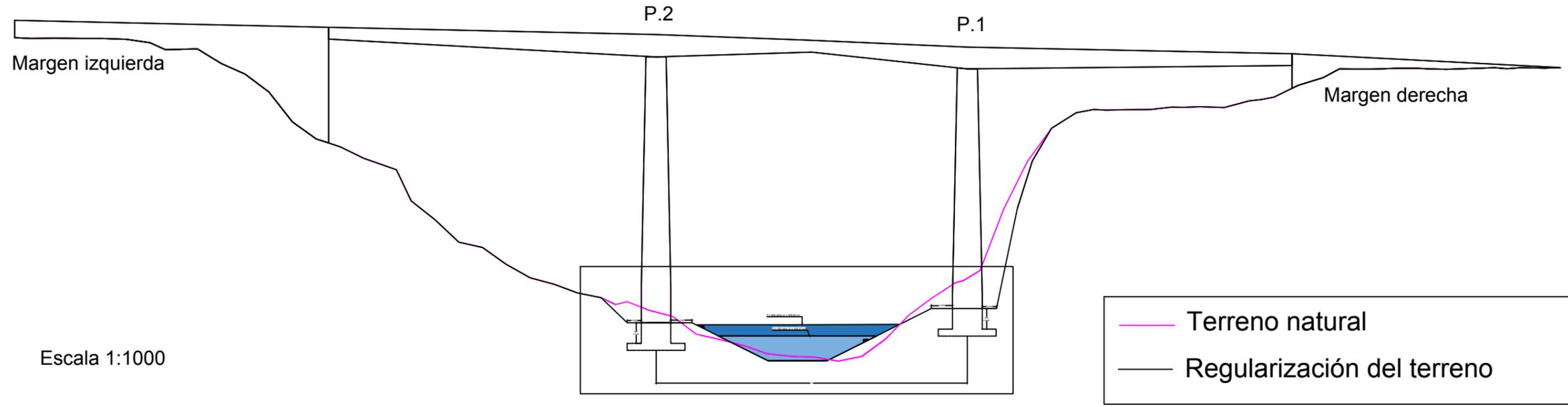
ESCALA:
VARIAS

TÍTULO DEL PLANO
PROTECCIÓN HIDRÁULICA DE LAS ESTRUCTURAS.
PRIMER PUEBTE SOBRE EL RÍO CHELVA
PLANTA Y DETALLE DE LAS PROTECCIONES

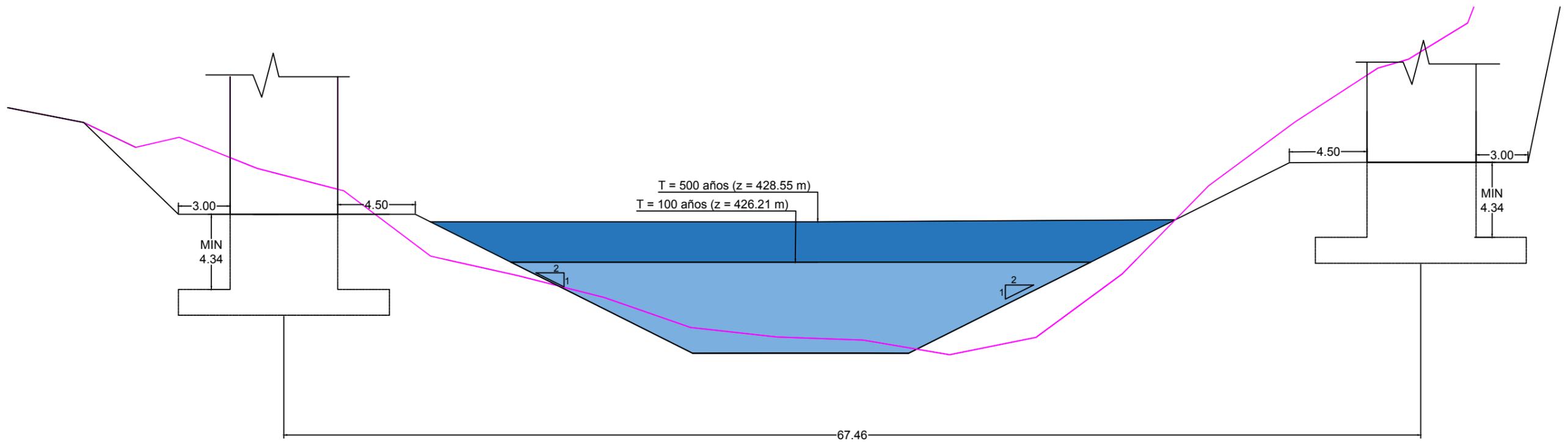
Nº DE PLANO
6.1.3

HOJA 1 DE 1

Alzado de la sección transversal perpendicular al flujo

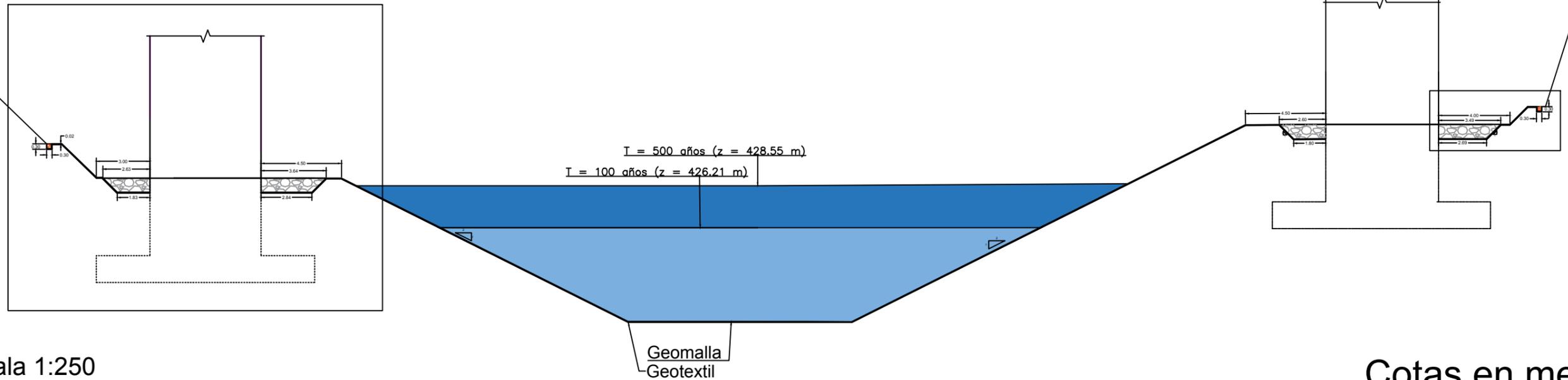


Detalle regularización del terreno



Escala 1:250
Cotas en metros

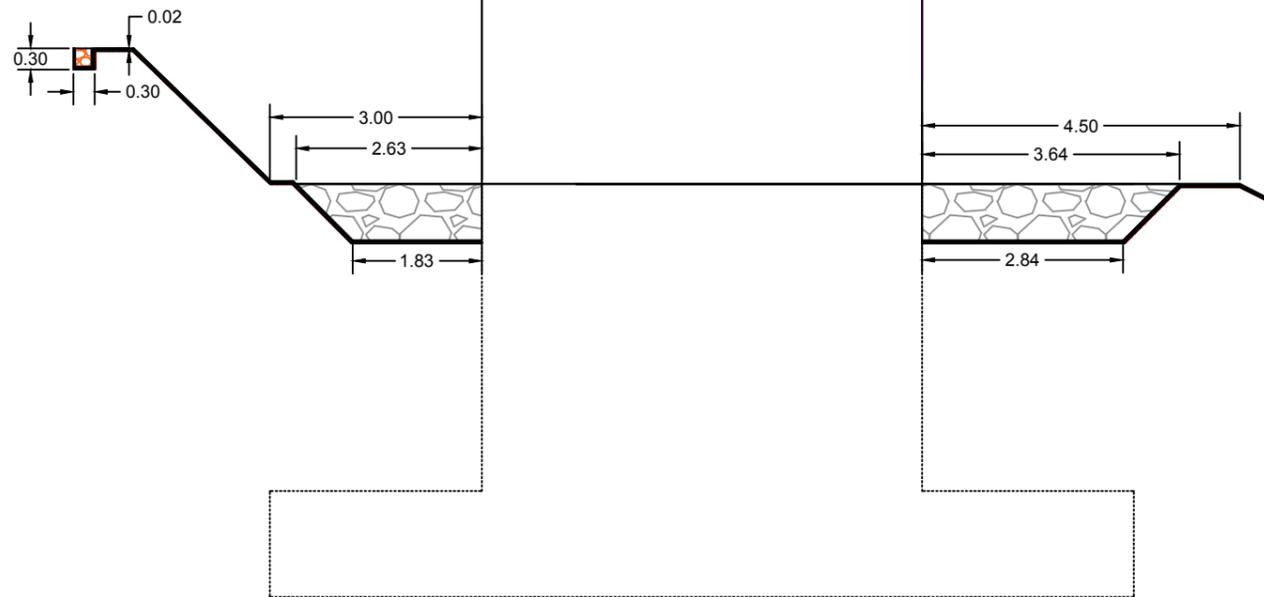
Detalle protecciones locales y generales



Escala 1:250

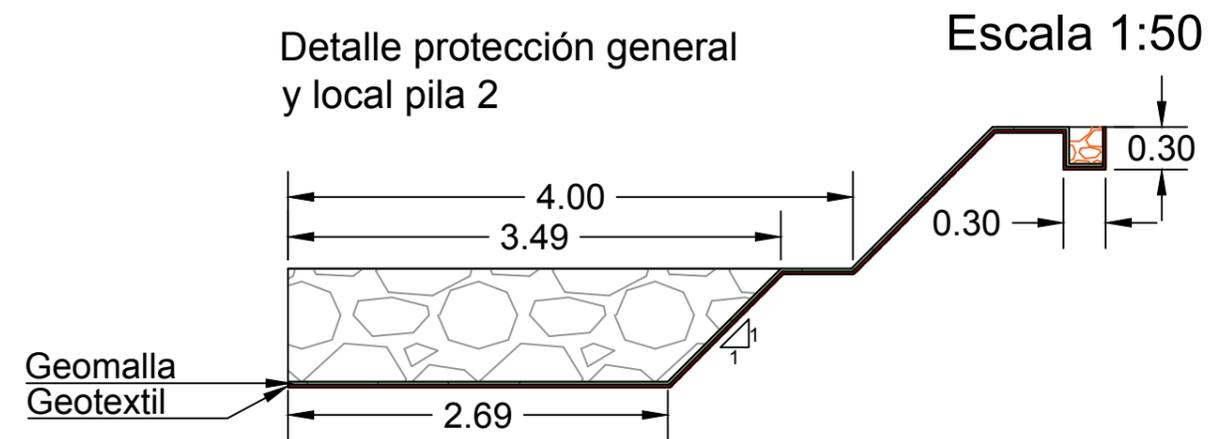
Cotas en metros

Detalle protección general y local pila 2



Escala 1:100

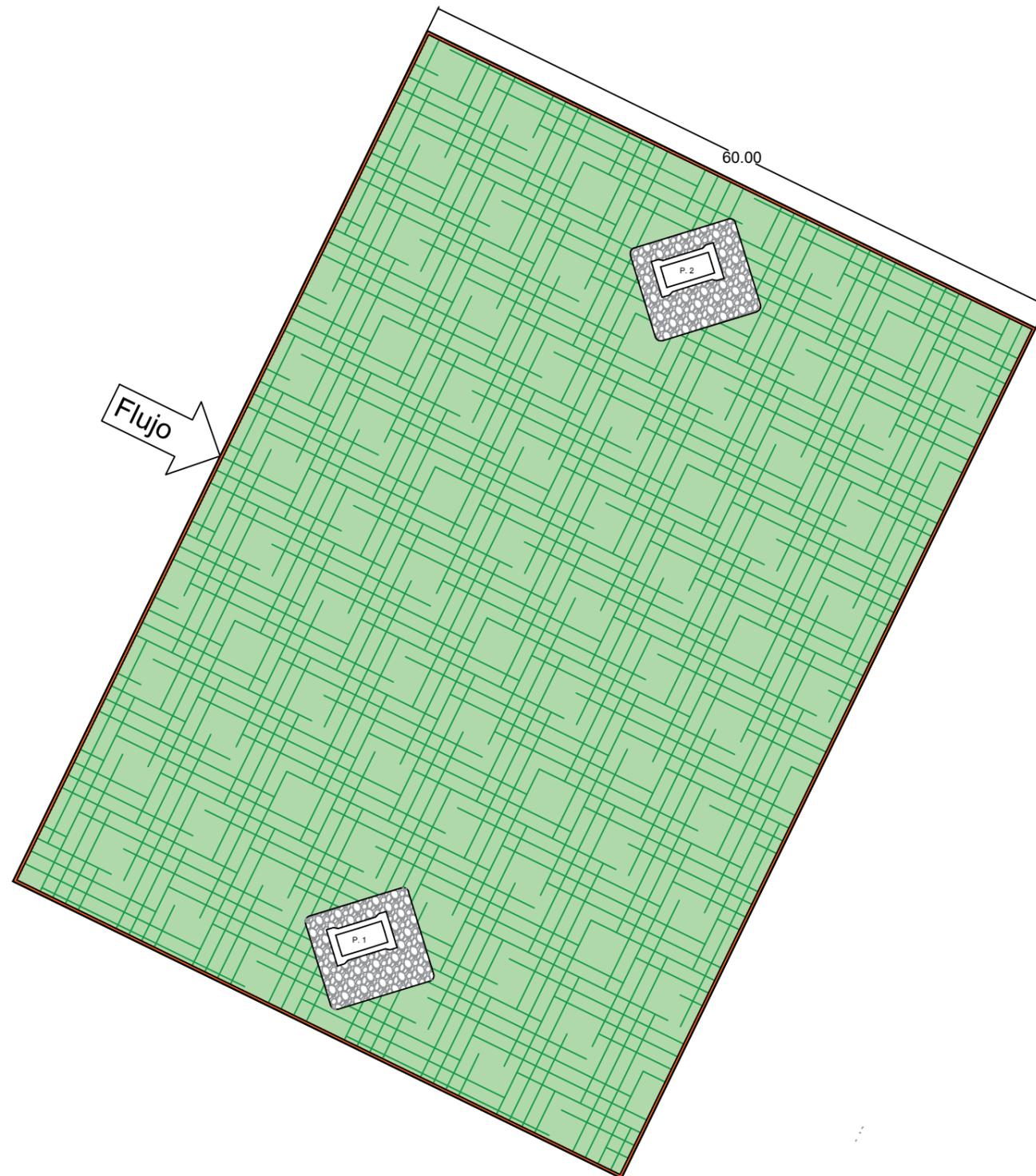
Detalle protección general y local pila 2



Escala 1:50

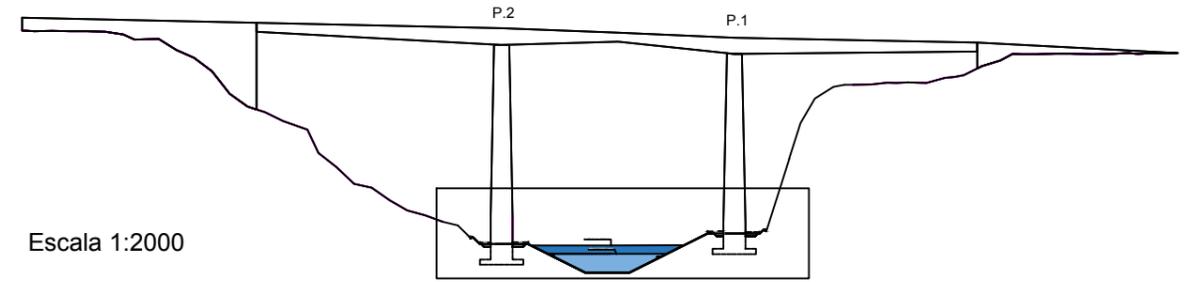
-  Relleno de grava para zanjas de anclaje
-  Geomalla permanente
-  Filtro geotextil
-  Escollera en dos capas con D50 = 0.4 m

Planta de las protecciones locales y generales



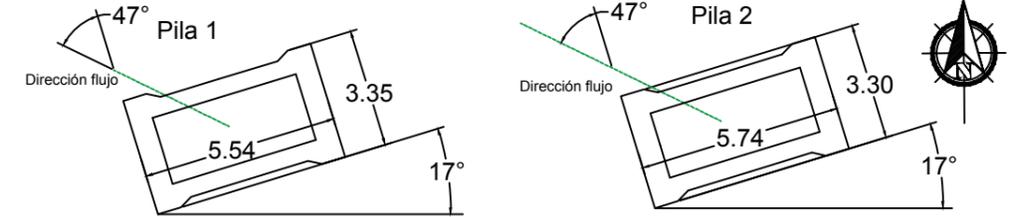
Escala 1:500
Cotas en metros

Alzado de la sección transversal perpendicular al flujo



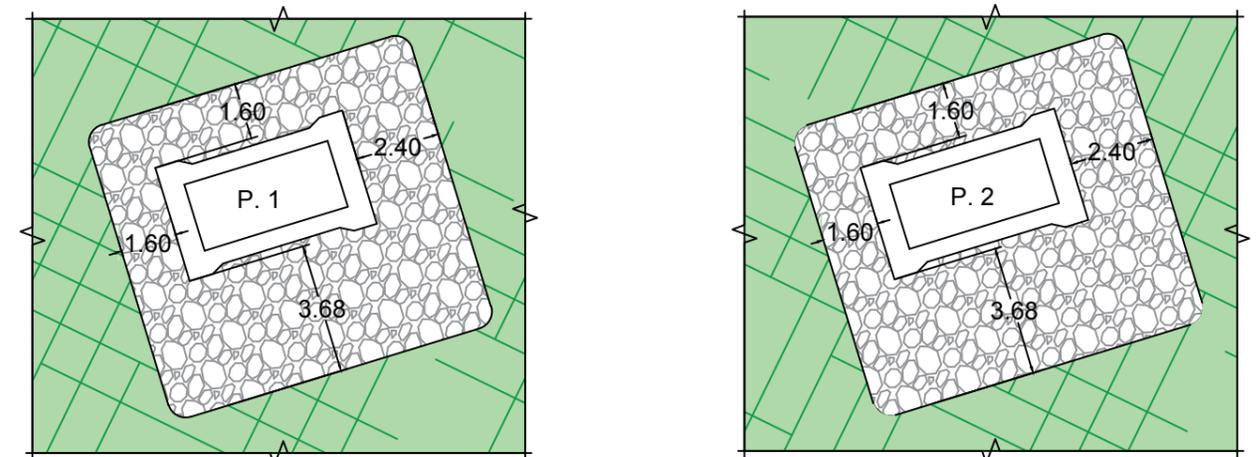
Escala 1:2000

Orientación de las pilas respecto al flujo



Escala 1:200

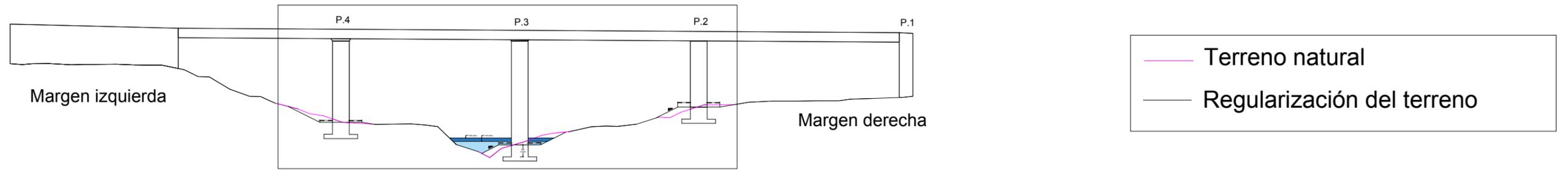
Detalle en planta de las protecciones locales de las pilas



Escala 1:200

-  Relleno de grava para zanjas de anclaje
-  Geomalla permanente
-  Filtro geotextil
-  Escollera en dos capas con D50 = 0.4 m

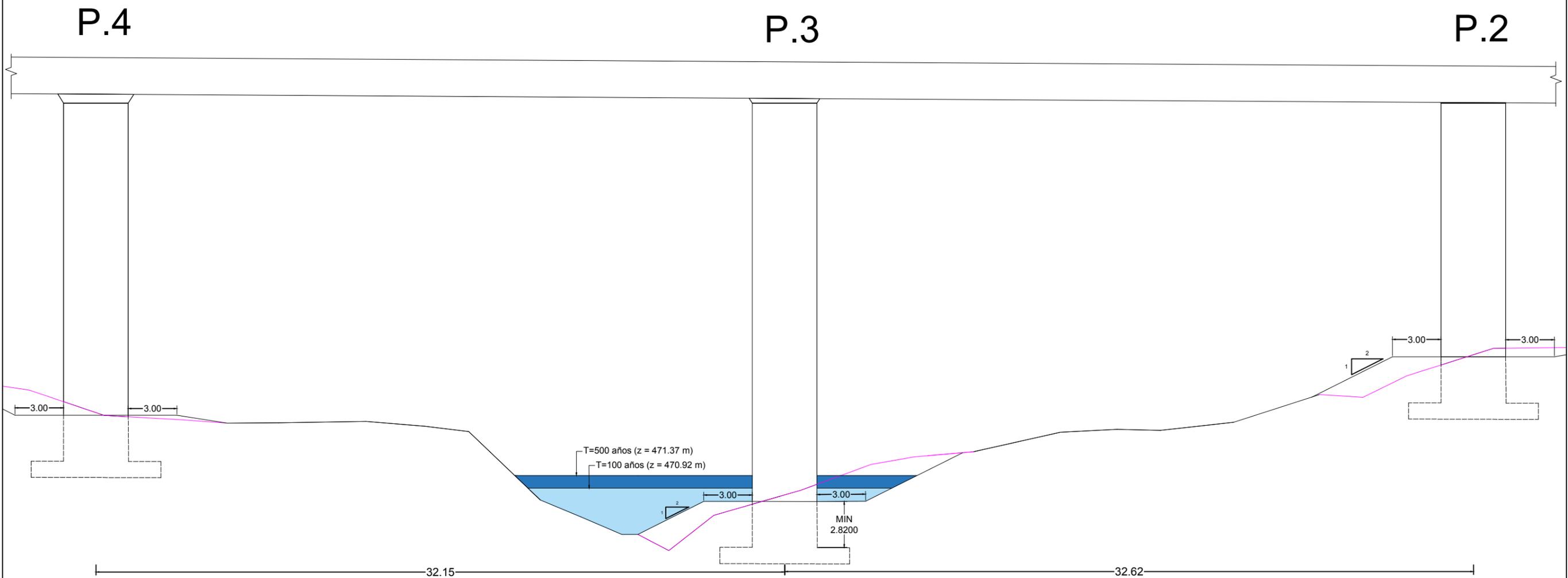
Alzado de la sección transversal perpendicular al flujo



Escala 1:1000

Cotas en metros

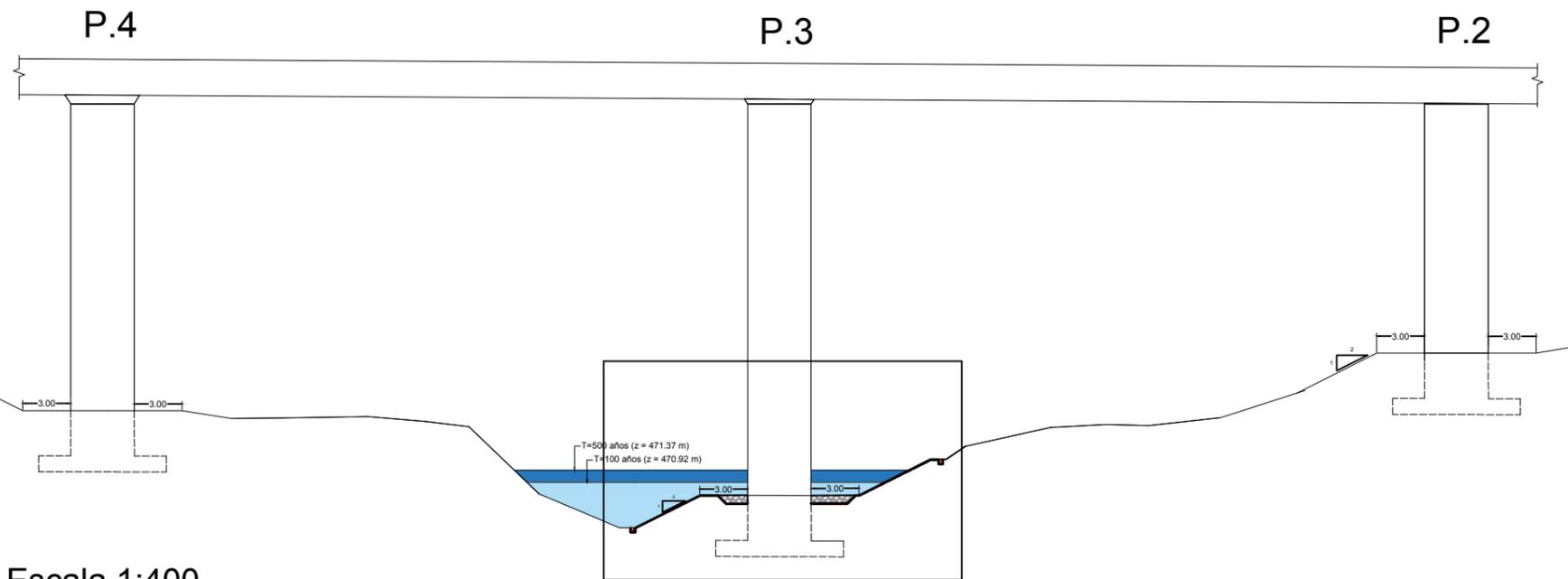
Detalle regularización del cauce



Escala 1:250

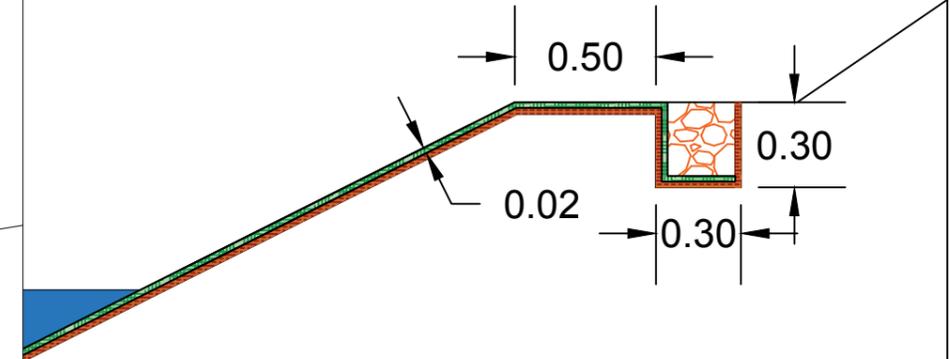
	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS	AUTOR DEL PROYECTO MARIA ARENAS HUERTA	FECHA JUNIO 2016	TÍTULO DEL PROYECTO ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALÈNCIA). ALTERNATIVA SUR	ESCALA: VARIAS	TÍTULO DEL PLANO PROTECCIÓN HIDRÁULICA DE LAS ESTRUCTURAS PUENTE SOBRE EL BARRANCO DEL CONVENTO ALZADO CON REGULARIZACIÓN DEL CAUCE	Nº DE PLANO 6.3.1
							HOJA 1 DE 1

Detalle protección local y general



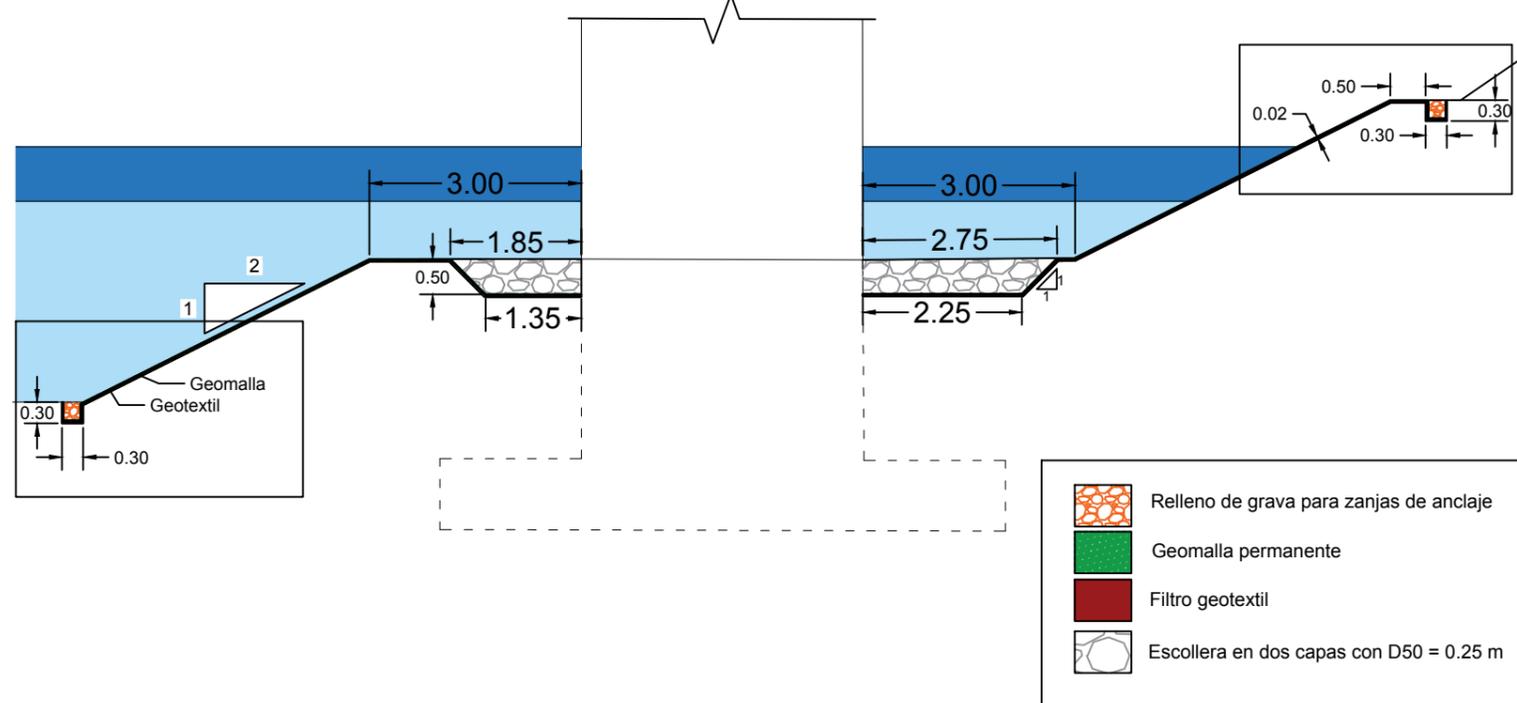
Escala 1:400
Cotas en metros

Detalle protección cabeza de talud



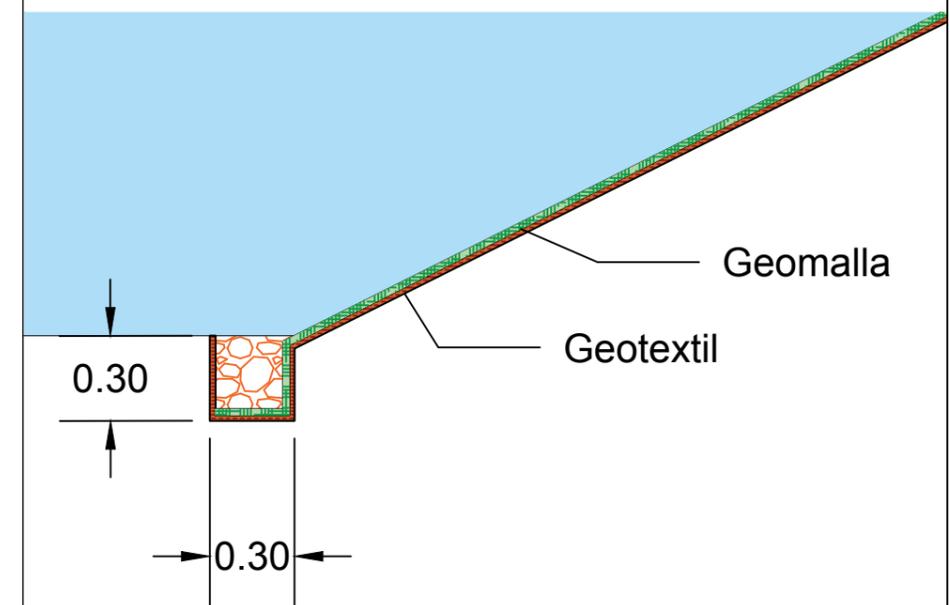
Escala 1:25

Detalle protección local y general de la pila 3



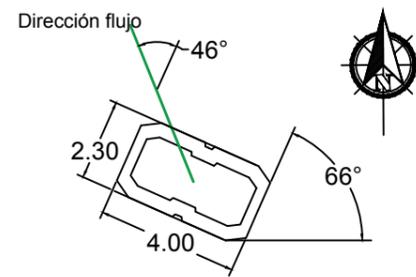
Escala 1:100

Detalle protección pie de talud



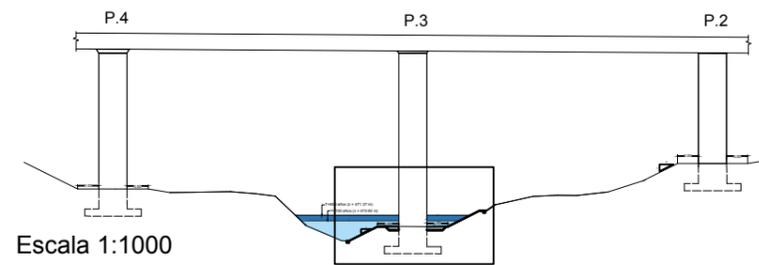
Escala 1:25

Orientación pilas respecto al flujo



Escala 1:200

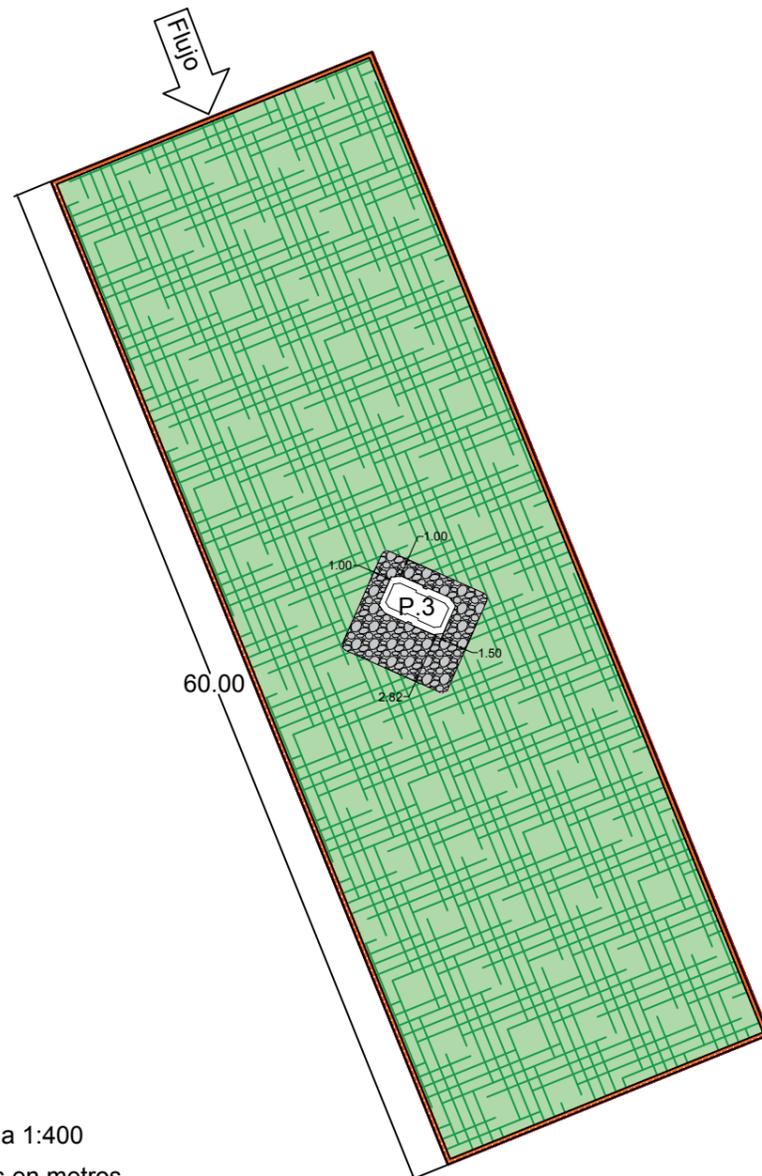
Alzado de la sección perpendicular al flujo



Escala 1:1000

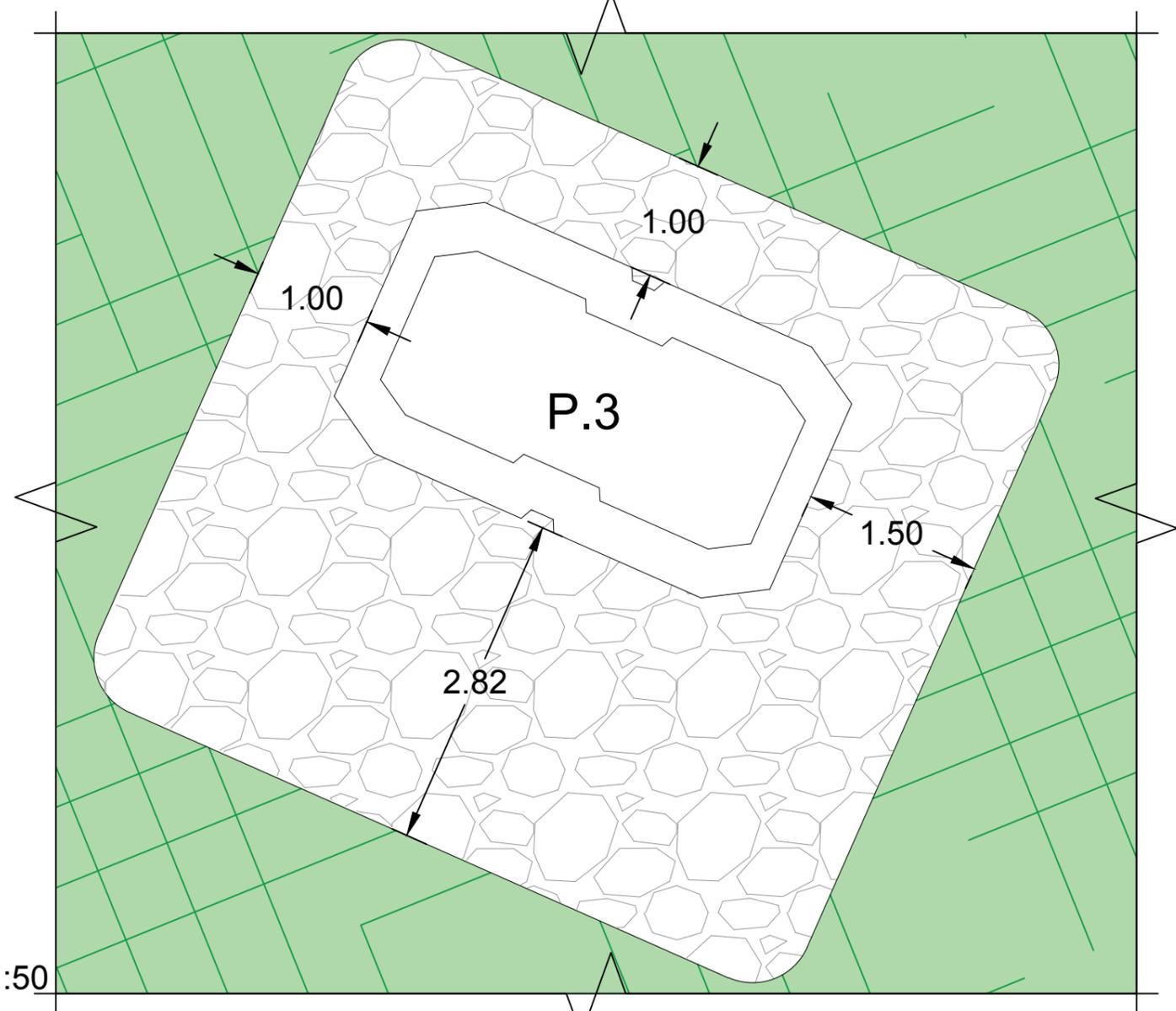
-  Relleno de grava para zanjas de anclaje
-  Geomalla permanente
-  Filtro geotextil
-  Escollera en dos capas con D50 = 0.25 m

Detalle en planta de la zona protegida



Escala 1:400
Cotas en metros

Detalle en planta de la protección de la pila 3



Escala 1:50



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



AUTOR DEL PROYECTO
MARÍA ARENAS HUERTA

FECHA
JUNIO 2016

TÍTULO DEL PROYECTO
ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA
VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE
CHELVA (PROVINCIA DE VALÈNCIA). ALTERNATIVA SUR

ESCALA:
VARIAS

TÍTULO DEL PLANO
PROTECCIÓN HIDRÁULICA DE LAS ESTRUCTURAS
PUENTE SOBRE EL BARRANCO DEL CONVENTO
PLANTA Y DETALLE DE LAS PROTECCIONES

Nº DE PLANO
6.3.3
HOJA 1 DE 1



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



DOCUMENTO N°4

VALORACIÓN ECONÓMICA

ESTUDIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO BÁSICO DE LA VARIANTE DE LA CARRETERA CV-35 A SU PASO POR EL MUNICIPIO DE CHELVA (PROVINCIA DE VALENCIA).
ALTERNATIVA SUR



ALTERNATIVA SUR

VALORACIÓN DE LAS OBRAS

En el presente apartado se lleva a cabo una valoración del coste económico asociado al conjunto de las unidades de obra previstas a ejecutar en el estudio de soluciones.

La valoración de la obra se realiza mediante la definición de las unidades de obra correspondientes, que serán en su gran mayoría comunes a las tres alternativas, siendo su resultado el producto del precio unitario de cada una por su medición.

Se muestran las mediciones valoradas sobre la alternativa Sur.

Valoración económica						
Código	Naturaleza	Uds.	Resumen	Uds.	Precio Unitario	Importe €
1	Capítulo		MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICIONES	1.00	1360156.72	1360156.72
P001	Partida	m ²	Despeje y desbroce del terreno	15889.50	0.58	9215.91
			M2 Despeje y desbroce del terreno por medios mecánicos i/ destoconado, arranque, carga y transporte a vertedero o gestor autorizado hasta una distancia de 60 km retirada de tierra vegetal de cualquier espesor, incluso retirada de tocones, talado, retirada y limpieza de raíces, con carga, canon y transporte a vertedero o lugar de empleo.			
P002	Partida	m ³	Excavación tierra vegetal	26482.50	1.98	52435.35
			M3 Excavación de tierra vegetal i/ carga y transporte a vertedero hasta una distancia de 10 km o acopio dentro de la obra, depósito de tierra vegetal en zona adecuada para su reutilización y acondicionamiento y mantenimiento de acopios, formación y mantenimiento de los caballeros y pago de los cánones de ocupación.			
P003	Partida	m ³	Excavación desmonte en todo tipo de terreno incluso en roca	92069.38	5.73	527557.55
			M3 Excavación en desmonte en todo tipo de terreno, incluso en roca con empleo de medios mecánicos, explosivos, i/ agotamiento y drenaje durante la ejecución, saneo de desprendimientos, formación y perfilado de cunetas, carga y transporte a vertedero hasta una distancia de 10 km o al lugar de reutilización dentro de la obra sea cual sea la distancia, perforación del terreno, colocación de explosivos y voladura y limpieza de fondo de excavación. Excepto precorte.			
P005	Partida	m ³	Terraplen de suelo	74403.00	6.67	496268.01
			M3 Relleno de suelo seleccionado procedente de préstamo, yacimiento granular o cantera para la formación de explanada en coronación de terraplén y en el fondo de desmonte i/ canon de cantera, excavación del material, carga y transporte al lugar de empleo, hasta una distancia de 30 km, extendido, humectación, compactación, terminación y refino de la superficie de la coronación.			
P006	Partida	m ³	Rellenos de explanada	40997.00	6.70	274679.90
			M3 Relleno, extendido y compactado de tierras, por medios mecánicos, en tongadas de 15 cm de espesor, incluso aporte de las mismas.			

			1	1.00	1360156.72	1360156.72
2	Capítulo		FIRMES Y PAVIMENTOS	1.00	661824.16	661824.16
P007	Partida	m ³	Zahorra artificial	19532.57	18.19	355297.45
			M3 Zahorra artificial i/ transporte, extensión y compactación. Medido sobre perfil teórico			
P008	Partida	t	M.B.C tipo AC22 base G	4287.68	26.47	113494.89
			Tn Mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 base G (G-20 base) extendida y compactada, excepto betún y polvo mineral de aportación.			
P009	Partida	t	M.B.C tipo AC22 bin S	2678.80	26.44	70827.47
			Tn Mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 bin S (S-20 intermedia), extendida y compactada, excepto betún y polvo mineral de aportación			
P010	Partida	t	M.B.C tipo AC 16 surf S	1607.88	26.52	42640.98
			Tn Mezcla bituminosa en caliente AC16 surf S (D-12 rodadura) extendida y compactada, excepto betún y polvo mineral de aportación			
P011	Partida	t	Betún asfáltico tipo B50/70	157.13	440.00	69137.20
			Tn Betún asfáltico en mezclas bituminosas B 50/70			
P012	Partida	t	Polvo mineral	167.47	49.27	8251.25
			Tn Polvo mineral o carbonato (triclase o similar) empleado como polvo mineral de aportación en mezclas bituminosas en caliente puesto a pie de obra o planta.			
P013	Partida	t	Riego de adherencia C60B3-ADH	5.87	369.70	2170.14
			Tn Emulsión C60B3-ADH en riegos de adherencia o C60B3-CUR en riegos de curado i/ barrido y preparación de la superficie, totalmente terminado.			
P014	Partida	t	Despeje y desbroce del terreno	8.24	0.58	4.78
			Tn Emulsión C60BF5-IMP en riegos de imprimación i/ barrido y preparación de la superficie, totalmente terminado.			
			2	1.00	661824.16	661824.16
3	Capítulo		OBRAS HIDRÁULICAS	1.00	251750.94	251750.94
P015	Partida	m ²	Despeje y desbroce del terreno	7144.84	0.70	5001.39
			Despeje y desbroce del terreno hasta una profundidad de 0.20 m por medios mecánicos, con corte y retirada de arbustos, arrancando las raíces y destoconado en caso necesario, incluso la carga y transporte de la tierra vegetal a las zonas de acopio y carga de productos y transporte a vertedero.			
P016	Partida	m ³	Excavación a cielo abierto	18722.00	5.81	108774.82
			Excavación a cielo abierto, en tierras, con medios mecánicos, incluso compactación del fondo de la excavación, carga, transporte de tierras procedentes de la excavación a vertedero y/o acopio en obra.			
P017	Partida	m ³	Relleno, extendido y compactado de tierras,	4968.36	6.42	31896.87
			Relleno, extendido y compactado de tierras, por medios mecánicos, en tongadas de 16 cm de espesor, incluso aporte de las mismas.			
P18	Partida	m ²	Geotextil tejido a base de polipropileno	7210.78	4.76	34323.31



ALTERNATIVA SUR

			Geotextil tejido a base de polipropileno para filtro, [con una resistencia a la tracción longitudinal de 55 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 55 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según UNE-EN ISO 13433 inferior a 10 mm, resistencia CBR a punzonamiento 5 kN y una masa superficial de 215 g/m². Según UNE-EN 13252.]			
P019	Partida	m³	Geomalla permanente con matriz plástica	7144.00	9.02	64438.88
			Geomalla permanente con matriz plástica, 100% propileno, con un peso de 687 gr/m² y una resistencia a la tensión tangencial de 672 Pa.			
P020	Partida	m³	Relleno de grava para zanjas de anclaje	37.47	4.21	157.75
			Relleno de grava para zanjas de anclaje			
P021	Partida	m³	Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio 0.40 m	110.68	54.20	5998.86
			Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio 0.40 m en protección local de pilas, completamente terminada, incluso el transporte.			
P022	Partida	m³	Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio 0.25 m	16.99	68.24	1159.06
			Escollera de piedras sueltas, de tamaño medio 0.25 m en protección local de pilas, completamente terminada, incluso el transporte.			
			3	1.00	251750.94	251750.94
4	Capítulo		ESTRUCTURAS	1.00	5997459.68	5997459.68
4.1	Subcapítulo		Primer puente sobre el río Chelva	1.00		3049168.85
P023	Partida	m³	Hormigón de limpieza HL-150/P/25	62.30	52.06	3243.34
			M3 Hormigón en masa para capa de regularización y limpieza, tipo HL-15/P/25/IIB, incluso fabricación, suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P024	Partida	m3	Hormigón armado tipo HP-40/B/20/Ila	2194.68	72.00	158016.96
			M3 Hormigón para pretensar en estructuras, tipo HA-40/B/20/Ila, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P025	Partida	m³	Hormigón armado tipo HA-30/B/20/IIB	717.85	67.00	48095.95
			M3 Hormigón para armar en estructuras, tipo HA-30/B/20/IIB, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P026	Partida	m³	Hormigón armado tipo HA-35/B/20/Qb	928.56	60.00	55713.60
			M3 Hormigón para armar en estructuras, tipo HA-35/B/20/Qb, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P027	Partida	m³	Hormigón armado tipo HA-25/B/20/Qb	556.60	57.00	31726.20
			M3 Hormigón para armar en estructuras, tipo HA-25/B/20/Qb, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P028	Partida	kg	Acero corrugado B-500-S	586714.15	0.72	422434.19
			Kg Acero corrugado B-500-S en barras para armadura incluso suministro, cortado, doblado, atado, colocación, solapes, patillas, alambre de atar, exceso de peso y p.p. de mermas, despuntes, separadores y rigidizadores.			
P029	Partida	u	Neopreno zunchado	4.00	2120.00	8480.00
			u Neopreno zunchado según anejo de estructuras para apoyo de vigas prefabricadas en subestructuras, incluso mortero de nivelación, totalmente acabado.			
P030	Partida	ml	Pretel metálico	540.00	250.00	135000.00

			MI Pretel metálico resistente a impactos galvanizado en caliente por inmersión según planos, incluso galvanizado y pintado de elementos metálicos, suministro, anclaje y colocación totalmente terminado			
P031	Partida	ml	Junta de dilatación	21.00	230.00	4830.00
			MI Junta de dilatación de calzada entre 15 y 250 mm de desplazamiento incluso formación de cajetines, colocación de anclajes, fijado de la junta y posterior sellado totalmente colocada.			
P032	Partida	kg	Acero activo y-1860-7	199969.79	7.21	1441782.15
			Acero superestabilizado para pretensar tipo BY 1860 S7 de 1860 N/mm2 de carga de rotura mínima, incluso p.p. de andamios, grúas, vainas, culatas, anclajes, inyecciones de protección, sellado de los cajetines de anclaje, así como todas las operaciones de tesado parciales y totales. Incluso anclajes y elementos auxiliares			
P033	Partida	m2	Encofrado madera	627.97	22.58	14179.56
			Encofrado de madera para elementos estructurales de paramentos vistos. Mediante tablero de madera incluyendo soportes y apuntalamiento. Incluso desencofrado limpieza y almacenamiento.			
P034	Partida	ud	Carro de avance	600000.00	1.00	600000.00
			Alquiler durante la ejecución del tablero, incluido transporte, montaje, cimbrado y desmontaje			
P035	Partida	m2	Encofrado trepante	2093.37	52.21	109294.85
			Encofrado trepante para elementos estructurales de paramentos vistos. Mediante trepador incluyendo soportes y apuntalamiento. Incluso desencofrado limpieza y almacenamiento.			
P036	Partida	m3	Cimbra	1063.12	15.40	16372.05
			m3 de cimbra metálica, preparada para encofrado, incluido transporte, montaje, desmontaje y limpieza.			
			4.1	1.00	3049168.85	3049168.85
4.2	Subcapítulo		Segundo puente sobre el río Chelva	1.00		2118471.57
P023	Partida	m³	Hormigón de limpieza HL-150/P/25	53.60	52.06	2790.42
			M3 Hormigón en masa para capa de regularización y limpieza, tipo HL-15/P/25/IIB, incluso fabricación, suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P024	Partida	m3	Hormigón armado tipo HP-40/B/20/Ila	1853.69	72.00	133465.68
			M3 Hormigón para pretensar en estructuras, tipo HA-40/B/20/Ila, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P025	Partida	m³	Hormigón armado tipo HA-30/B/20/IIB	901.49	67.00	60399.83
			M3 Hormigón para armar en estructuras, tipo HA-30/B/20/IIB, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P026	Partida	m³	Hormigón armado tipo HA-35/B/20/Qb	1177.80	60.00	70668.00
			M3 Hormigón para armar en estructuras, tipo HA-35/B/20/Qb, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P027	Partida	m³	Hormigón armado tipo HA-25/B/20/Qb	400.00	57.00	22800.00
			M3 Hormigón para armar en estructuras, tipo HA-25/B/20/Qb, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P028	Partida	kg	Acero corrugado B-500-S	278394.35	0.72	200443.93



ALTERNATIVA SUR

			Kg Acero corrugado B-500-S en barras para armadura incluso suministro, cortado, doblado, atado, colocación, solapes, patillas, alambre de atar, exceso de peso y p.p. de mermas, despuntes, separadores y rigidizadores.			
P029	Partida	u	Neopreno zunchado	4.00	1860.00	7440.00
			u Neopreno zunchado según anejo de estructuras para apoyo de vigas prefabricadas en subestructuras, incluso mortero de nivelación, totalmente acabado.			
P030	Partida	ml	Pretil metálico	489.20	250.00	122300.00
			MI Pretil metálico resistente a impactos galvanizado en caliente por inmersión según planos, incluso galvanizado y pintado de elementos metálicos, suministro, anclaje y colocación totalmente terminado			
P031	Partida	ml	Junta de dilatación	21.00	230.00	4830.00
			MI Junta de dilatación de calzada entre 15 y 250 mm de desplazamiento incluso formación de cajetines, colocación de anclajes, fijado de la junta y posterior sellado totalmente colocada.			
P032	Partida	kg	Acero activo y-1860-7	115859.00	7.21	835343.39
			Acero superestabilizado para pretensar tipo BY 1860 S7 de 1860 N/mm2 de carga de rotura mínima, incluso p.p. de andamios, grúas, vainas, culatas, anclajes, inyecciones de protección, sellado de los cajetines de anclaje, así como todas las operaciones de tesado parciales y totales. Incluso anclajes y elementos auxiliares			
P033	Partida	m2	Encofrado madera	648.35	22.58	14639.74
			Encofrado de madera para elementos estructurales de paramentos vistos. Mediante tablero de madera incluyendo soportes y apuntalamiento. Incluso desencofrado limpieza y almacenamiento.			
P034	Partida	ud	Carro de avance	500000.00	1.00	500000.00
			Alquiler durante la ejecución del tablero, incluido transporte, montaje, encofrado y desmontaje			
P035	Partida	m2	Encofrado trepante	2230.14	52.21	116435.61
			Encofrado trepante para elementos estructurales de paramentos vistos. Mediante trepador incluyendo soportes y apuntalamiento. Incluso desencofrado limpieza y almacenamiento.			
P036	Partida	m3	Cimbra	1747.73	15.40	26914.97
			m3 de cimbra metálica, preparada para encofrado, incluido transporte, montaje, desmontaje y limpieza.			
			4.2	1.00	2118471.57	2118471.57
4.3	Subcapítulo		Puente sobre el Barranco del Convento	1.00		829819.26
P023	Partida	m³	Hormigón de limpieza HL-150/P/25	67.23	52.06	3499.99
			M3 Hormigón en masa para capa de regularización y limpieza, tipo HL-15/P/25/IIB, incluso fabricación, suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P036	Partida	m3	Hormigón armado tipo HP-40/B/20/Ila	1378.60	68.21	94034.31
			M3 Hormigón para pretensar en estructuras, tipo HA-40/B/20/Ila, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P025	Partida	m³	Hormigón armado tipo HA-30/B/20/IIB	376.64	67.00	25234.88
			M3 Hormigón para armar en estructuras, tipo HA-30/B/20/IIB, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			

P026	Partida	m³	Hormigón armado tipo HA-35/B/20/Qb	1606.19	60.00	96371.40
			M3 Hormigón para armar en estructuras, tipo HA-35/B/20/Qb, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P027	Partida	m³	Hormigón armado tipo HA-25/B/20/Qb	605.44	57.00	34510.08
			M3 Hormigón para armar en estructuras, tipo HA-25/B/20/Qb, incluso fabricación suministro, vertido, nivelación, vibrado y curado.			
P028	Partida	kg	Acero corrugado B-500-S	254022.00	0.72	182895.84
			Kg Acero corrugado B-500-S en barras para armadura incluso suministro, cortado, doblado, atado, colocación, solapes, patillas, alambre de atar, exceso de peso y p.p. de mermas, despuntes, separadores y rigidizadores.			
P037	Partida	u	Neopreno zunchado	12.00	700.00	8400.00
			u Neopreno zunchado según anejo de estructuras para apoyo de vigas prefabricadas en subestructuras, incluso mortero de nivelación, totalmente acabado.			
P031	Partida	ml	Pretil metálico	250.00	250.00	62500.00
			MI Pretil metálico resistente a impactos galvanizado en caliente por inmersión según planos, incluso galvanizado y pintado de elementos metálicos, suministro, anclaje y colocación totalmente terminado			
P038	Partida	ml	Junta de dilatación	21.00	230.00	4830.00
			MI Junta de dilatación de calzada entre 6 y 106 mm de desplazamiento incluso formación de cajetines, colocación de anclajes, fijado de la junta y posterior sellado totalmente colocada.			
P039	Partida	m2	Encofrado madera	5117.04	22.58	115542.76
			Encofrado de madera para elementos estructurales de paramentos vistos. Mediante tablero de madera incluyendo soportes y apuntalamiento. Incluso desencofrado limpieza y almacenamiento.			
P042	Partida	ml	Cimbra autoportante.	202.00	1000.00	202000.00
			m3 de cimbra metálica, preparada para encofrado, incluido transporte, montaje, desmontaje y limpieza.			
			4.3	1.00	829819.26	829819.26
5	Capítulo		ADECUACIÓN AMBIENTAL	1.00	194179.02	194179.02
MC01	Partida	ud	Gavión de 1x1,50x2.	180.00	85.20	15336.00
			M2. Gavión formado por malla (de triple torsión) de alambre de acero de 2.7 mm al que se le dan tres capas de galvanizado, con 270 gramos de zinc, rellena en obra con material de zona, de dimensiones 1.00x1.50x2m. incluso construcción y colocación y todas aquellas partidas necesarias para su correcta ejecución			
MC02	Partida	m	Muro verde	80.00	115.00	9200.00
			MI. Muro verde. Muro de gravedad, mediante el sistema Deltalock . Compuesto por sacos de 0,55 x 0.13 m. de 100% de polipropileno y 2,2 l/s de permeabilidad			
MC03	Partida	m2	Entramado de madera viva	70.00	164.50	11515.00



ALTERNATIVA SUR

			Estructura celular de troncos de madera combinado con inserción de plantas vivas. Los materiales a utilizar serán: Troncos de especies con madera duradera de 4 m. de longitud y 25 cm de diámetro. Se aconseja utilizar madera de castaño. Troncos de 2,5 m. de longitud y 0,25 m de diámetro. Clavos de acero con adherencia mejorada de diámetro 12-14 cm. Estaca vivas y plantas enraizadas de caducifolias. Fajinas vivas de sauce de 20 m. Piedra y material de relleno inerte.			
MC04	Partida	m2	Hidrosiembra	140.00	226.69	31736.60
			Aplicación de medidas de hidrosiembra sobre taludes finales de restauración, a fin de conseguir un rápido recubrimiento de los mismos.			
MC05	Partida	m2	Cartel lamas de acero reflexivos nivel 1	2.00	315.96	631.92
			. Cartel en lamas de acero reflexivo nivel 1, con parte proporcional de IPN, i/p.p. poste galvanizado, tornillería, cimentación y anclaje, totalmente colocada.			
MC06	Partida	ud	Marco de hormigón armado para paso de fauna	12.00	476.60	5719.20
			Marcos De hormigón armado HA-35 con acero B-500 y machiembreado de 2,00x2,00x2,00 para paso de fauna incluso colocación y todas aquellas partidas necesarias para su correcta ejecución.			
MC07	Partida	m	Jalonamiento temporal de protección del perímetro de la obra.	4400.00	0.43	1892.00
			jalonamiento temporal de protección formado por soportes angulares metálicos de 30 mm y 1 m de longitud unidos entre sí mediante una cinta de señalización de obra y colocados cada 8 metros.			
MC08	Partida	m	Jalonamiento temporal de protección de la vegetación.	3300.00	0.43	1419.00
			Constituido por soportes angulares metálicos de 30 mm y 1 m de longitud, estando los 20 cm superiores cubiertos por una pintura roja y los 30 cm inferiores clavados al terreno. Soportes colocados cada 8 metros y unidos entre sí mediante una cinta de señalización de obra.			
MC09	Partida	m	Jalonamiento temporal de protección perímetro de elementos etnológicos.	400.00	0.43	172.00
			Jalonamiento temporal de protección formado por soportes angulares de 30 mm y 1m de longitud unidos entre si mediante una cinta de señalización de obra y colocados cada 8 metros.			
MC10	Partida	ud	Señal zona de obras.	2.00	380.63	761.26
			Cartelería de aviso de zonas de obras.			
MC11	Partida	ud	Señal vía pecuaria.	2.00	171.60	343.20
			Señal vertical homologada de vía pecuaria			
MC12	Partida	ud	Análisis de la calidad de aguas.	12.00	160.00	1920.00
			Análisis de aguas concurrentes del río Chelva lo largo de la duración de las obras.			
MC13	Partida	ud	Visita arqueológica de media jornada.	12.00	713.00	8556.00
			Visita arqueológica de media jornada durante la ejecución de obras, efectuada por un arqueólogo, incluso permisos, redacción de informes y documentación gráfica de todas las estructuras etnológicas detectadas.			
MC14	Partida	ud	Visita inspección de afección natural pasos de fauna.	25.00	350.00	8750.00

			Visita de media jornada durante la fase de explotación de la carretera, efectuada por un profesional, incluso redacción de informes y documentación gráfica de todas las estructuras etnológicas detectadas.			
PR1	Partida	ud	MÓDULO DE ESPECIES HERBÁCEAS	750.00	3.14	2355.00
			Módulo de especies arbustivas, según las especies establecidas en el propio Plan de Restauración			
PR2	Partida	ud	MÓDULO DE ESPECIES ARBÓREAS	40.00	449.85	17994.00
			Módulo de especies coníferas arbóreas, las especies establecidas por el propio Plan de Restauración.			
PR3	Partida	ud	MÓDULO DE ESPECIES CONÍFERAS	20.00	1748.02	34960.40
			Módulo de especies de coníferas, según establecidas por el propio Plan de restauración			
PR4	Partida	ud	MÓDULO DE ESPECIES FRONDOSAS	75.00	440.24	33018.00
			Módulo de especies frondosas, según establecidas por el propio Plan de restauración.			
PR5	Partida	ud	MÓDULO DE ESPECIES GIPSÍCOLAS	38.00	207.88	7899.44
			Módulo de especies gipsícolas, según las especies establecidas por el propio Plan de restauración			
			5	1.00	194179.02	194179.02
6	Capítulo		SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO	1.00	6082.33	6082.33
	Partida	u	Señalización horizontal	4.8	4000	19600
			Señalización horizontal por kilómetro lineal de carretera, incluso transporte y colocación			
	Partida	u	Señalización vertical	4.8	10000	48000
			Señalización vertical por kilómetro lineal de carretera, incluso transporte y colocación			
	Partida	u	Balizamiento y defensas	4.8	10000	19600
			Balizamiento y defensas por kilómetro lineal de carretera, incluso transporte y colocación			
			6	1.00	72000	72000
7	Capítulo		Drenaje	1.00	89100.00	89100.00
UO-X	Partida	m3	m³ de hormigón HM-20/P/20/IIB	89.10	1000.00	89100.00
			m³ de hormigón HM-20/P/20 (hormigón en masa de resistencia característica 20 Mpa, de consistencia plástica y tamaño máximo de árido de 20 mm) para formación de cunetas incluso encofrado, fratasado, acabados y juntas.			
				1.00	89100.00	89100.00
8	Capítulo		Seguridad y Salud	1.00	171694.94	171694.94
PA01	Partida	ud	P.A a justificar para seguridad y salud	1.00	171694.94	171694.94
			u Partida alzada a justificar para presupuesto de seguridad y salud (estimado 2.5% actuación)			
9	Capítulo		Gestión de residuos.	1.00	171694.94	171694.94
PA02	Partida	ud	P.A a justificar para gestión residuos	1.00	171694.94	171694.94
				1.00		
			ALTERNATIVA SUR CHELVA	TOTAL €	8916942.73	8916942.73