



ANEXO I: ESTUDIO DE INUNDABILIDAD



BARCENA  
DE CICERO



AXXI



TOMO III

DOCUMENTO Nº. 5: INFORME DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL.

ANEXO I: ESTUDIO DE INUNDABILIDAD

Índice:

ANEXO I: ESTUDIO DE INUNDABILIDAD .....3

1.- INTRODUCCIÓN .....5

2.- DEFINICIÓN DE CUENCAS VERTIENTES.....5

3.- DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE AVENIDA: CÁLCULOS HIDRÁULICOS .....5

4.- ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LAS ZONAS EN ESTUDIO.....7

4.1.- Descripción general de los programas empleados .....8

4.1.1.- Aplicación del Programa PERFHIDRA .....8

4.1.2.- Aplicación del Programa HEC-RAS .....8

4.2.- Estudio de Inundabilidad - Zona 1 .....8

4.3.- Estudio de Inundabilidad - Zona 2 .....12

4.4.- Estudio de Inundabilidad - Zona 3 .....18

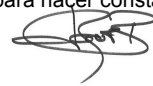
4.5.- Estudio de Inundabilidad - Zona 4 .....28



BARCENA  
DE CICERO



AXXI



ANEXO I: ESTUDIO DE INUNDABILIDAD

1.- INTRODUCCIÓN

En este apartado se pretende evaluar los riesgos de inundación correspondientes a las avenidas de 10 (máxima crecida ordinaria) y 500 años de periodo de retorno, en las zonas del municipio de Bárcena de Cicero clasificadas como urbanizables. Un análisis de la cartografía de la zona a escala 1:5.000 deja intuir como áreas de potencial riesgo de inundación las que seguidamente se listan:

- o Zona 1 - Barrios de Ambrosero, La Iglesia y zona suroeste de Madama.
- o Zona 2 - Zona sureste del barrio de Madama
- o Zona 3 – Zona entre el Barrio de Lamadrid y el poblado de Gama
- o Zona 4 - Barrio de La Bodega

Para poder evaluar el riesgo de inundación de las zonas anteriormente mencionadas hay que, previamente, determinar las cuencas hidrográficas vertientes y, con base a las mismas, estimar los caudales de avenida afluentes.

2.- DEFINICIÓN DE CUENCAS VERTIENTES

Teniendo en cuenta las zonas anteriormente identificadas se han delimitado las cuencas hidrográficas que engloban dichas zonas. Así, se han definido las siguientes cuencas:

- o Cuenca 1 – definida por el arroyo afluente del arroyo de Contijos por su margen izquierdo, que cruza los barrios de El Pendón, del Ambrosero y de la Iglesia, cerrada inmediatamente aguas arriba de la confluencia de dicho arroyo con el arroyo de Contijos.
- o Cuenca 2 – definida por el arroyo de Contijos, que atraviesa la zona sureste del barrio de Madama, cerrada junto al cruce de este arroyo con la carretera N-634, en Gama.
- o Cuenca 3 – definida por el regato de Lamadrid, que atraviesa los barrios de Lamadrid y del Manzanal, cerrada aguas arriba de la confluencia con el arroyo de Rugama.
- o Cuenca 4 – definida por el arroyo de Rugama, que atraviesa los barrios del Palacio y del Cristo, cerrada aguas arriba de la confluencia con el regato de Lamadrid.

Al final del presente estudio, se adjunta un plano conteniendo la delimitación de las cuencas anteriormente identificadas. Asimismo, en la tabla siguiente se identifican las cuencas estudiadas, las zonas en análisis incluidas en las mismas y la superficie total ocupada por cada una de las cuencas.

Superficies de Cuenca

Identificación de la cuenca	Zonas en análisis	Superficie Total de Cuenca Afluente (Km²)
C1	Zona 1 - Barrios de Ambrosero, La Iglesia y zona suroeste de Madama	0,838
C2	Zona 2 - Zona sureste del barrio de Madama	8,679
C3	Zona 3 - Barrio de Lamadrid	2,030
C4	Zona 4 - Barrio de La Bodega	3,729

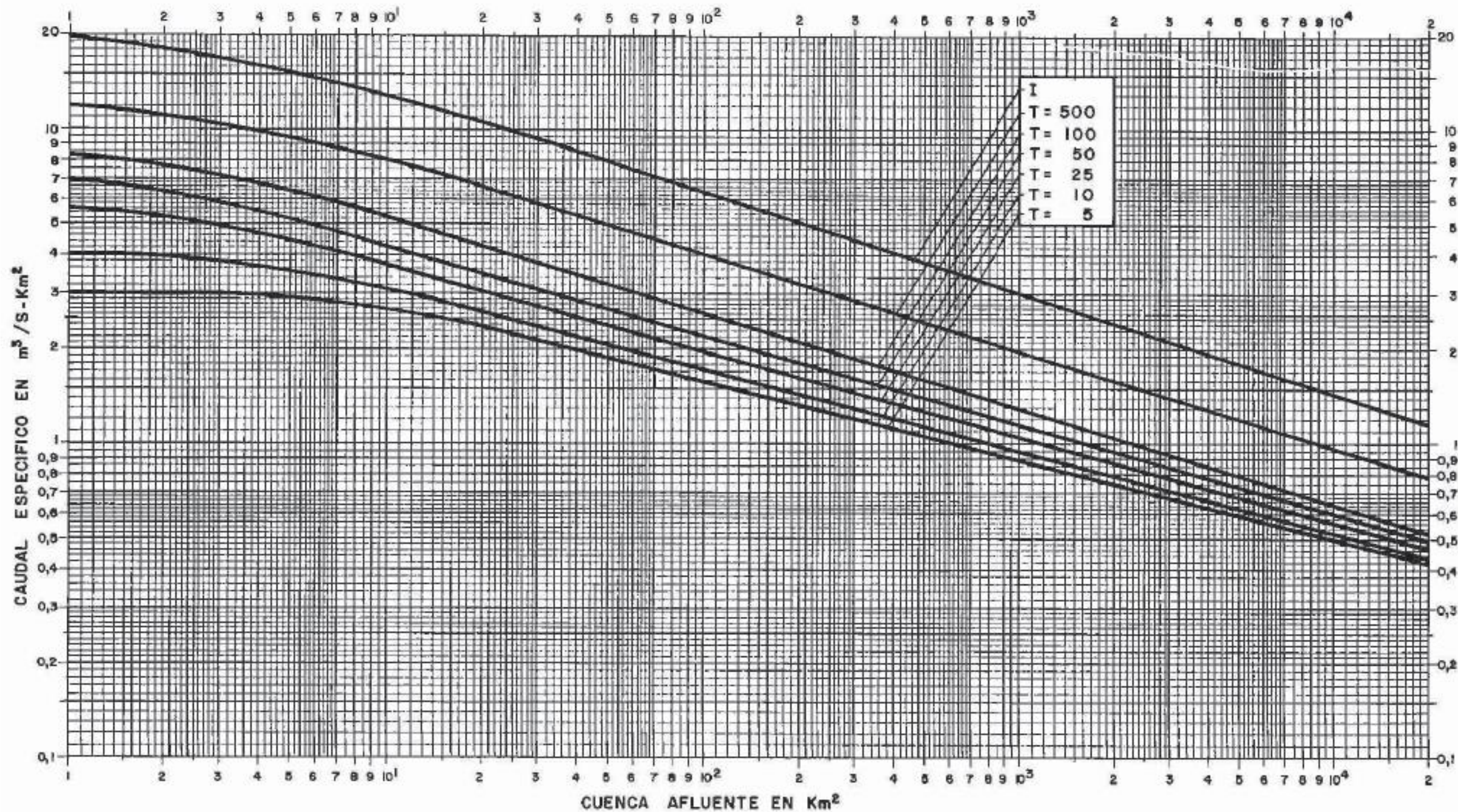
3.- DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE AVENIDA: CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Para estimar los caudales de avenida afluentes a las zonas en análisis, se ha utilizado el Ábaco de la Confederación Hidrográfica del Norte (gráfico “G.N.1.-Caudales de las Avenidas en función de la cuenca afluente y del periodo de retorno” del Anejo 1 del Plan Hidrológico del Norte II. Real Decreto 1664/1998 de 24 de julio de 1.998 y Orden de 13 de agosto de 1.999).

Mediante el citado ábaco o gráfico del Plan Hidrológico del Norte II (ver ábaco adjunto), pueden determinarse los caudales de avenida en función de la cuenca afluente y del periodo de retorno considerado.







CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL NORTE  
PLAN HIDROLOGICO NORTE II  
NORMAS

G.N.1.- CAUDALES ESPECIFICOS DE AVENIDAS EN  
FUNCION DE LA CUENCA AFLUENTE Y DEL  
PERIODO DE RETORNO T.  
I. AVENIDA MAXIMA PROBABLE

En la tabla que se adjunta a continuación, se incluye el cálculo de los caudales asociados a las avenidas de 10 y 500 años de periodo de retorno para las cuencas vertientes identificadas

anteriormente. En el proceso de cálculo se determina, en primer lugar, el caudal específico de avenida correspondiente a los periodos de retorno de 10 y 500 años para las superficies de



cuenca afluentes, haciendo uso del mencionado ábaco, y a continuación, se definen finalmente los caudales de avenida asociados a las superficies de cuenca en cuestión.

Caudales de avenida según el ábaco de Confederación Hidrográfica del Norte

Identificación de la zona	Superficie Cuenca Afluyente (Km²)	Caudal Específico (m³/s/ Km²)		Caudales de Avenida a adoptar (m³/s)	
		T = 10 años	T = 500 años	T = 10 años	T = 500 años
Zona 1 - Barrios de Ambrosero, La Iglesia y zona suroeste de Madama	C1=0,838	4,0	12,0	3,352	10,056
Zona 2 - Zona sureste del barrio de Madama	C2=8,679	3,1	8,3	26,905	72,036
Zona 3 - Barrio de Lamadrid	C3=2,030	3,9	11,0	7,917	22,330
Zona 4 - Barrio de La Bodega	C4=3,729	3,6	10,0	13,424	37,290

4.- ANÁLISIS DE INUNDABILIDAD DE LAS ZONAS EN ESTUDIO.

Para evaluar la cota máxima alcanzada por la lámina de agua y la llanura de inundación en cada una de las zonas del análisis, ante las avenidas de 10 y 500 años de período de retorno, es necesario conocer la geometría de los cauces que cruzan dichas zonas. Para ello, se han realizado trabajos topográficos en campo (levantamientos taquimétricos), mediante los cuales fue posible definir diversos perfiles transversales de los cauces, en una extensión capaz de garantizar cotas suficientemente altas en las dos márgenes para contener las avenidas.

Asimismo, se han identificado y definido la geometría de las estructuras existentes sobre los cauces, que afectan a las condiciones de flujo de los mismos.

Para modelizar el comportamiento hidráulico de los cauces que atraviesan las zonas citadas se han utilizado 13 perfiles transversales de los cauces. La ubicación de dichos perfiles se representa en el plano “Riesgos de inundación y avenidas. Ubicación de Perfiles transversales”. Así, para evaluar el riesgo de inundabilidad de cada una de las cuatro zonas anteriormente identificadas se han utilizado los siguientes perfiles:

- P1-C1, para la zona 1.
- P1-C2 hasta el P6-C2, para la zona 2.
- P1-C3, P2-C3 y P3-C3, para la zona 3.
- P1-C3, P2-C3 y P3-C3, para la zona 3.

Para caracterizar la rugosidad de los cauces en estudio se admitió que, en todos ellos, el coeficiente n de *Manning* sería de 0,040 en la zona del cauce principal (cauce formado por piedras e invadido por vegetación) y de 0,050 en las márgenes y riberas de inundación, donde es más elevada la presencia de vegetación.



Cauce del arroyo de Contijos en la zona del polígono industrial de Ambrosero

(P2-C2)



Cauce del arroyo de Rugama en la zona de “Casa Bernardinos”

(entre el P1-C4 y el P2-C4)

El análisis de inundabilidad de las zonas 1, 3 y 4, ante las avenidas de 10 y 500 años de periodo de retorno, fue realizado mediante utilización del programa “PERFHIDRA” desarrollado por APIA XXI, S.A, cuyo modo de funcionamiento se describe más adelante.

En la zona 2, que se puede considerar la más problemática de entre las analizadas en el presente PGOU, por ser atravesada por un arroyo de mayor entidad (el arroyo de Contijos o Irías), el análisis de inundabilidad ante las avenidas en estudio, se ha realizado mediante la modelización hidráulica del cauce utilizando el programa HEC-RAS Versión 4.0 (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers.

#### 4.1.- Descripción general de los programas empleados

##### 4.1.1.- Aplicación del Programa PERFHIDRA

La aplicación informática "PERFHIDRA", desarrollada por APIA XXI, permite aplicar la formulación de Manning a una sección de un cauce, y obtener, para cada una de las avenidas a modelizar, los diferentes parámetros hidráulicos asociados a la sección analizada, que resultan de interés en un estudio hidrológico.

La formulación empleada corresponde a la siguiente expresión:

$$V = \frac{1}{n} \times R_h^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I} = \frac{Q}{S}$$

$$R_h = \frac{S}{L}$$

donde:

- Q Caudal desaguado por la sección del río en estudio (m<sup>3</sup>/s).
- V Velocidad del agua en la sección analizada (m/s).
- S Sección hidráulica (m<sup>2</sup>).
- L Perímetro mojado (m).
- I Pendiente longitudinal del cauce (en tanto por uno).
- Rh Radio hidráulico (m).
- n Coeficiente de rugosidad de Manning.

##### 4.1.2.- Aplicación del Programa HEC-RAS

Este programa es el modelo matemático más utilizado en la actualidad para la resolución de regímenes permanentes (variados y uniformes) y permite simular el movimiento estacionario unidimensional (flujo unidireccional) de una corriente de agua. Esta aproximación de flujo unidireccional es válida puesto que la componente de la velocidad en la dirección del flujo es la componente principal en la práctica totalidad de las corrientes analizadas.

Además, el programa es válido para pendientes del lecho inferiores al 10% y ofrece la posibilidad de analizar distintos tipos de régimen: lento, crítico, rápido y mixto. Para la aplicación del modelo, se hace la suposición de que el lecho es fijo (cauce no erosionable de forma generalizada aunque sí de forma local).

El método de cálculo del HEC-RAS está basado en la ecuación de la continuidad (conservación de la masa) y en la ecuación de conservación de la energía (unidimensional).

No obstante, el método de cálculo requiere admitir la hipótesis de que la pérdida de carga por rozamiento en una sección es la que tendría un flujo uniforme de la misma velocidad y radio

hidráulico. Se consideran en el proceso las pérdidas de carga por fricción (Manning) y pérdidas de carga localizadas por contracción-expansión (coeficiente de pérdidas multiplicado por la variación de la carga de energía cinética entre secciones).

Los datos básicos de partida requeridos para la modelización con HEC-RAS son de dos tipos: datos geométricos y datos de flujo estacionario. Los principales se enumeran a continuación:

- o Geometría de las secciones transversales del cauce que definan los cambios representativos del mismo en el tramo analizado.
- o Distancia entre secciones o perfiles transversales del cauce utilizados en el estudio (longitud de los tramos: cauce, margen izquierda y margen derecha).
- o Caudal de diseño: avenidas de periodo de retorno de 10 y 500 años.
- o Rugosidad del cauce y de las márgenes (valores del coeficiente de rugosidad n de Manning).
- o Coeficientes de pérdidas de carga en expansiones y contracciones del cauce.
- o Datos de las estructuras hidráulicas que cruzan el cauce.
- o Condiciones de contorno: Éstas se definen mediante la cota de la lámina o calado crítico en la sección de aguas abajo, en la sección de aguas arriba o en ambas, según sean las condiciones del flujo (lento, rápido o mixto).

#### 4.2.- Estudio de Inundabilidad - Zona 1

En el presente punto se recogen los resultados obtenidos tras el análisis de las avenidas de periodo de retorno de 10 y 500 años sobre del área de estudio.

Para ello, se ha trabajado sobre un perfil transversal del arroyo afluente del arroyo de Contijos, aguas abajo del cruce del mismo con la CA-672 (P1-C1), y se han calculado las cotas de la lámina de agua correspondientes a las avenidas de 10 y 500 años de periodo de retorno utilizando la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} \times R_h^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I} = \frac{Q}{S}$$

$$R_h = \frac{S}{L}$$

donde:

- Q Caudal desaguado por la sección del río en estudio (Q<sub>10</sub>=3,352m<sup>3</sup>/s y Q<sub>500</sub>=10,056m<sup>3</sup>/s).
- V Velocidad del agua en la sección analizada (m/s).
- S Sección hidráulica (m<sup>2</sup>).
- L Perímetro mojado (m).
- I Pendiente longitudinal del cauce (I = 0,0171 m/m).
- Rh Radio hidráulico (m).
- n Coeficiente de rugosidad de Manning (n=0,040 en el cauce y n=0,050 en las márgenes y riberas de inundación).



Como referido anteriormente, estos cálculos se han efectuado mediante la aplicación informática "PERFHIDRA" desarrollada por APIA XXI, S.A. A continuación se presentan las tablas de salida de resultados de la aplicación "PERFHIDRA", obtenidas para las avenidas en estudio.

En las páginas siguientes se incluye la representación grafica de la sección transversal en estudio, en la que se indica el nivel alcanzado por la lámina de agua ante las avenidas de 10 y 500 años de periodo de retorno.

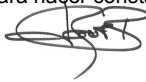
Al final del presente estudio se presenta, sobre la topografía a escala 1:5000, las llanuras de inundación obtenidas en esta zona para las avenidas en análisis. Además se presenta la delimitación de las zonas de servidumbre (franja de 5 m de anchura en las márgenes, exterior a los límites del cauce público, entendido este como el obtenido de la avenida T=10 años) y de policía (franja de 100 m de anchura en las márgenes, exterior a los límites del cauce público).

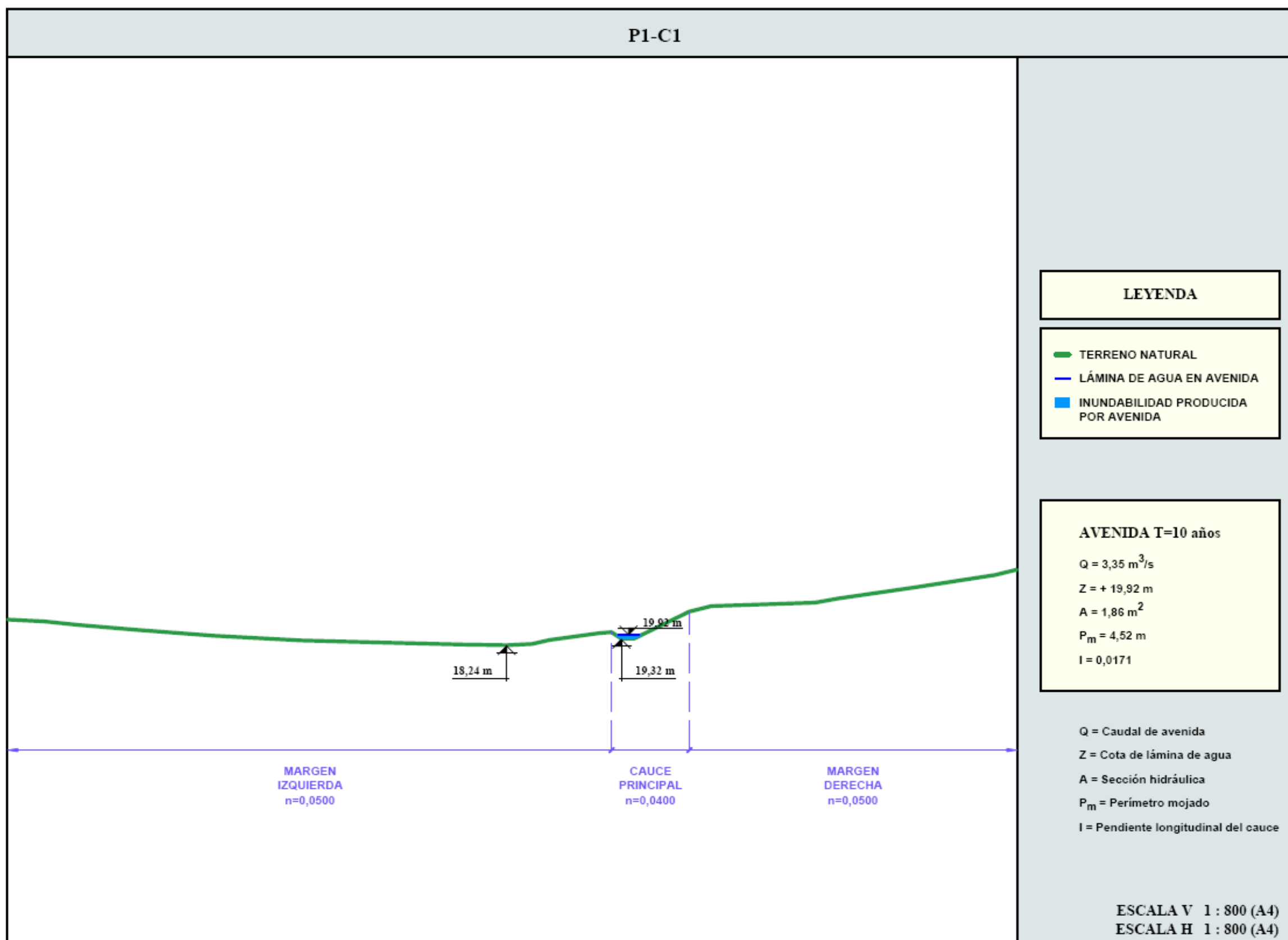
Afluente del arroyo de Contijos. Avenida T=10 años. Parámetros de funcionamiento hidráulico en la sección P1-C1

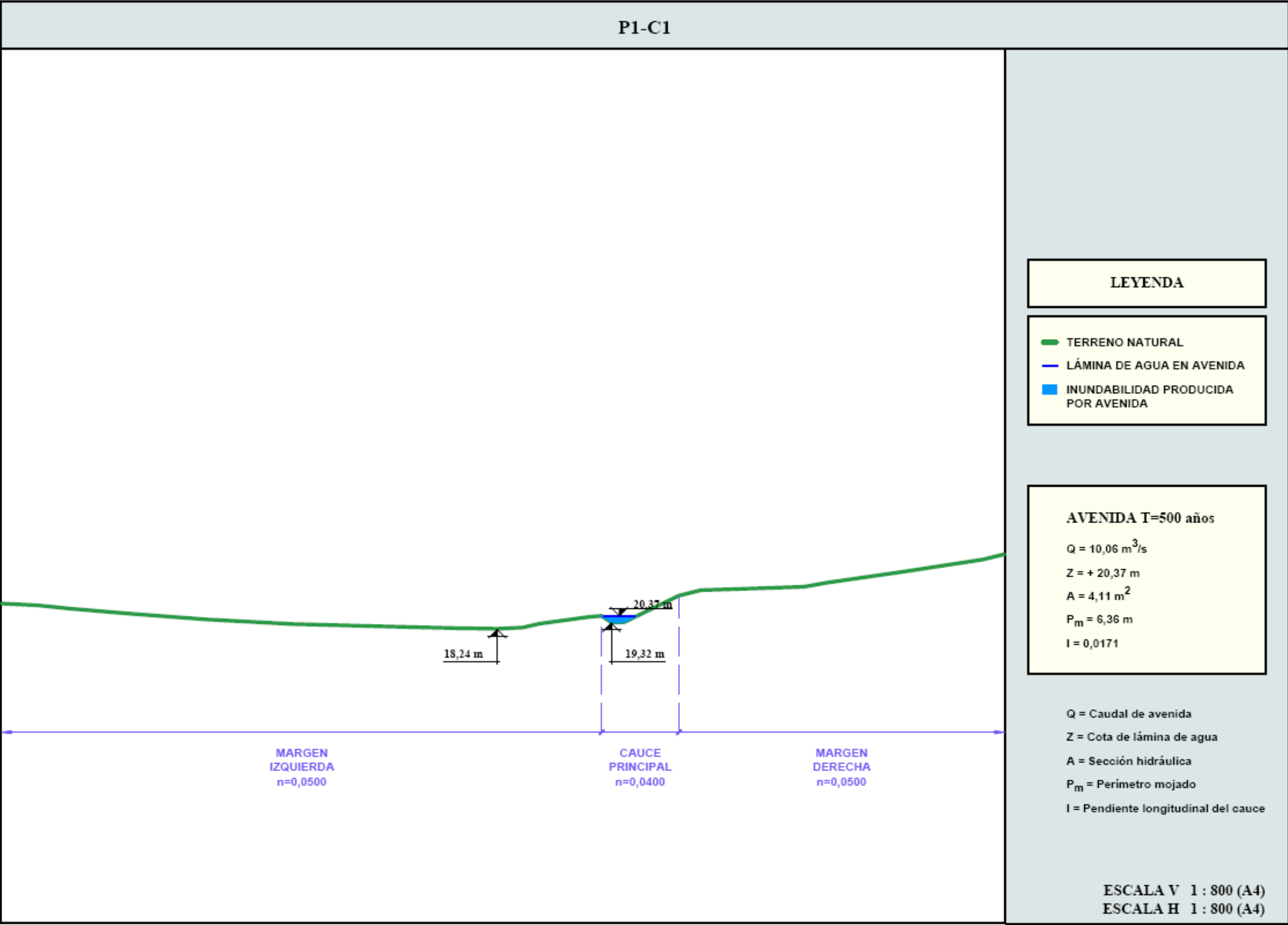
P1-C1		
AVENIDA T=10años		
CAUDAL DE AVENIDA= 3,35 m3/s		
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Total Sección
Coeficiente de rugosidad de Manning (cauce principal)	0,040	0,040
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen izquierda)	0,050	0,050
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen derecha)	0,050	0,050
Pendiente longitudinal del cauce o vaguada (tanto por uno)	0,017	0,017
Cota de lámina de agua (m)	19,923	19,923
Cota del fondo del cauce o vaguada (m)	19,323	19,323
Calado máximo en la sección (m)	0,600	0,600
Sección hidráulica (m²)	1,856	1,856
Perímetro mojado (m)	4,521	4,521
Caudal desaguado (m³/s)	3,351	3,351
Velocidad media (m/s)	1,806	1,806
Anchura ocupada por la avenida (m)	4,207	4,207
Número de Froude	0,868	0,868
Régimen de funcionamiento del cauce o vaguada	Lento	Lento

Afluente del arroyo de Contijos. Avenida T=10 años. Parámetros de funcionamiento hidráulico en la sección P1-C1

P1-C1		
AVENIDA T=500 años		
CAUDAL DE AVENIDA= 10,06 m3/s		
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Total Sección
Coeficiente de rugosidad de Manning (cauce principal)	0,040	0,040
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen izquierda)	0,050	0,050
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen derecha)	0,050	0,050
Pendiente longitudinal del cauce o vaguada (tanto por uno)	0,017	0,017
Cota de lámina de agua (m)	20,374	20,374
Cota del fondo del cauce o vaguada (m)	19,323	19,323
Calado máximo en la sección (m)	1,051	1,051
Sección hidráulica (m²)	4,114	4,114
Perímetro mojado (m)	6,364	6,364
Caudal desaguado (m³/s)	10,057	10,057
Velocidad media (m/s)	2,444	2,444
Anchura ocupada por la avenida (m)	5,810	5,810
Número de Froude	0,928	0,928
Régimen de funcionamiento del cauce o vaguada	Lento	Lento







BARCENA  
DE CICERO



ARXXI



4.3.- Estudio de Inundabilidad - Zona 2

En el modelo de cálculo HEC-RAS, utilizado para simular el comportamiento hidráulico del arroyo de Contijos en el tramo en que dicho arroyo cruza la zona 2, se han considerado 6 perfiles transversales al eje del cauce.

En el plano que se adjunta al final de este estudio se presenta la ubicación de dichos perfiles transversales, que se han enumerado en orden decreciente, desde aguas arriba (P6-C2) hacia aguas abajo (P1-C2).

Con base en estos 6 perfiles, obtenidos mediante trabajos topográficos en campo (levantamientos taquimétricos), se ha modelizado un tramo del arroyo de Contijos con prácticamente 1 000 m de longitud.

Además de los levantamientos taquimétricos mencionados, se ha efectuado un exhaustivo trabajo de campo, mediante el que se han identificado las estructuras existentes sobre el tramo de cauce en estudio y se han tomado las cotas y dimensiones asociadas a las mismas, así como diferentes fotografías ilustrativas de su ubicación sobre el cauce.

En concreto, a lo largo del tramo del arroyo de Contijos en estudio, se han identificado las siguientes estructuras:

- o Pontón de acceso a la cantera de Ambrosero (margen derecha) desde la N-634 (margen izquierda), con 3,2 m de longitud total (vano único) y 2 m de altura útil.
- o Pontón de acceso al Barrio Lamadrid (margen derecha) desde el Barrio de Madama (margen izquierda), con 2,9 m de longitud total (vano único) y altura útil variable entre 1,10 m y 1,55 m.



Pontón de acceso al Barrio Lamadrid desde el Barrio de Madama (Pontón 2).



Pontón de acceso a la cantera de Ambrosero desde la N-634 (Pontón 1).

Una vez que las estructuras anteriormente descritas se encuentran muy próximas de las fronteras del tramo modelizado, se ha optado por no incluirlas en el modelo HEC-RAS. Aun así, tras analizar el comportamiento hidráulico del tramo del arroyo de Contijos anteriormente definido, se ha evaluado el efecto de las avenidas sobre los pontones identificados.

Respecto a los caudales de diseño se ha considerado que, a lo largo de todo el tramo analizado, estos serían iguales a los previamente determinados para la cuenca 2. Así, para las avenidas de 10 y 500 años de periodo de retorno se han adoptado caudales de, respectivamente, 26,905 y 72,36m³/s.

La tramificación del modelo de cálculo utilizada fue así la que se indica en la tabla siguiente:

Arroyo de Contijos. Tramificación empleada en la simulación de las avenidas: distancias entre secciones, cotas de fondo del cauce y pendientes longitudinales.

Designación de las secciones transversales (de aguas arriba a aguas abajo)	Distancia entre secciones transversales (m)	Cota del fondo del cauce (m)	Pendiente longitudinal (m/m)	Pendiente media (m/m)
RS-P6-C2	160	13,85	0,0097	-
RS-P5-C2		12,30		0,0048
RS-P5-C2	115	12,30	0	
RS-P4-C2		12,30		
RS-P4-C2	150	12,30	0,0033	0,0038
RS-P3-C2		11,80		
RS-P3-C2	315,5	11,80	0,0042	0,0041
RS-P2-C2		10,46		
RS-P2-C2	235	10,46	0,0041	-
RS-P1-C2		9,50		

Para determinar las condiciones de contorno se ha efectuado una calibración del modelo, con el fin de determinar el régimen de funcionamiento del río en el tramo en estudio, ante las avenidas de 10 y de 500 años de periodo de retorno.

De dicha calibración previa se ha deducido que el régimen de funcionamiento del arroyo de Contijos es lento para todas las avenidas. Así, para ambas se adoptó como condición de contorno aguas abajo la pendiente del cauce.

Para caracterizar la rugosidad del arroyo de Contijos, se ha adoptado un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,040 en su cauce principal (cauce formado por piedras, invadido por vegetación) y de 0,050 en las márgenes, donde aparece una mayor presencia de vegetación, para estar del lado de la seguridad.

En lo que respecta a las pérdidas de carga localizadas por expansión y contracción de los cauces, se ha estimado que en el cauce no se producen cambios bruscos en la sección transversal de éste, y por tanto, se ha adoptado un coeficiente de contracción de 0,1 y un coeficiente de expansión de 0,3.

Los principales resultados de la simulación de la avenida de 10 años de periodo de retorno del tramo del arroyo de Contijos en análisis, obtenidos del programa HEC-RAS, son los que se presentan en las páginas siguientes.

En primer lugar, se adjunta una tabla resumen de resultados numéricos en todo el tramo modelizado, donde se recoge el caudal de avenida considerado, las cotas de la lámina de agua y de la línea de energía, las cotas asociadas al calado crítico, las pendientes de la línea de energía, las velocidades efectivas del flujo y otros parámetros que definen el flujo de agua en el cauce (área efectiva del flujo y número de Froude).

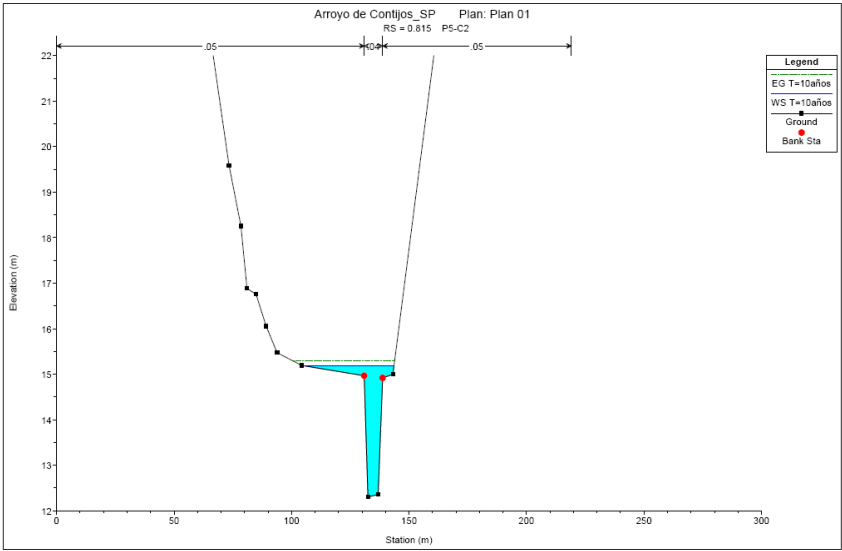
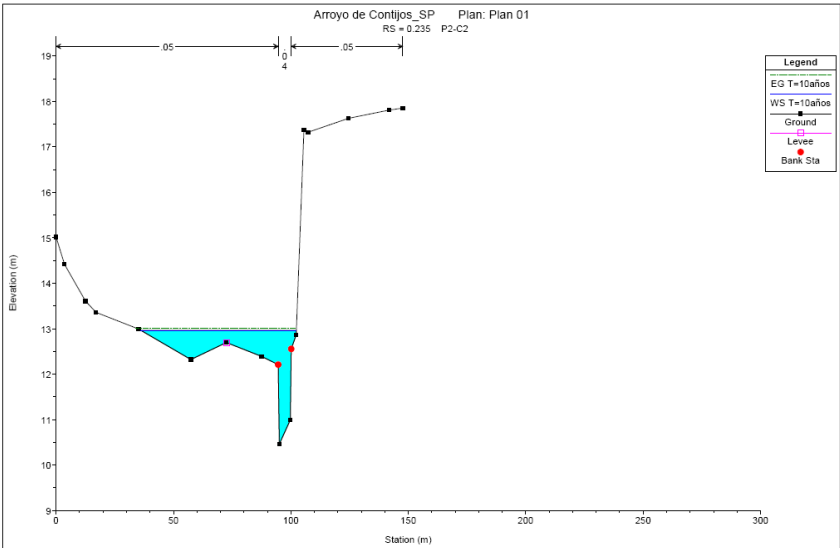
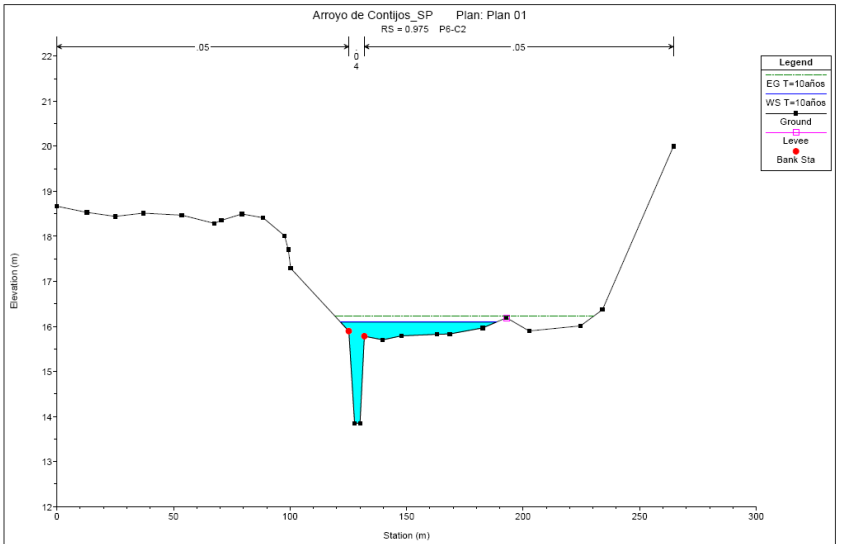
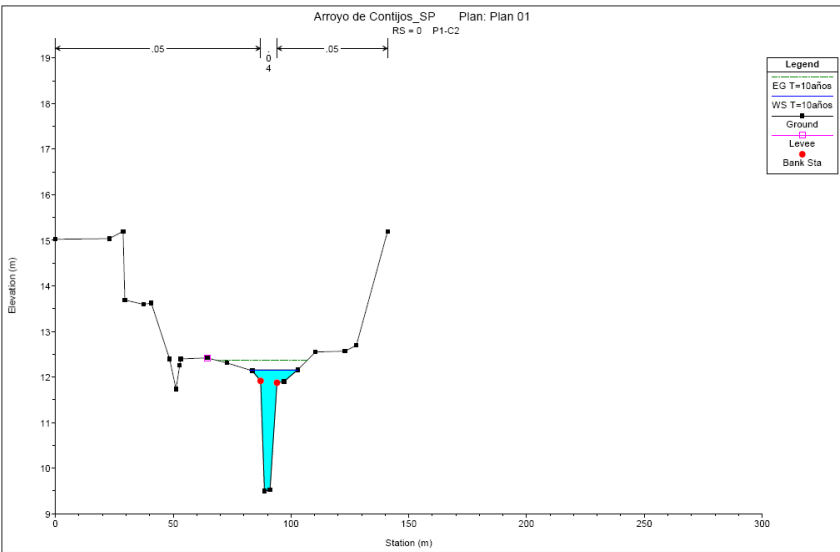
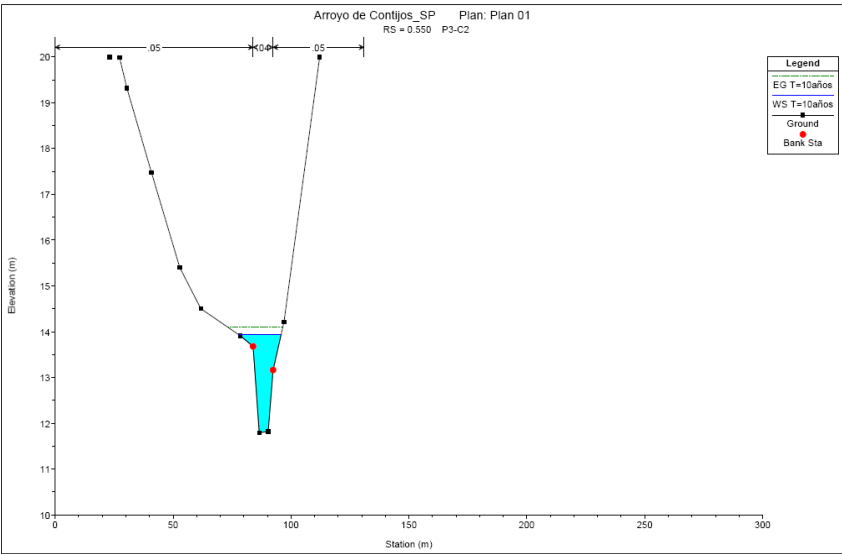
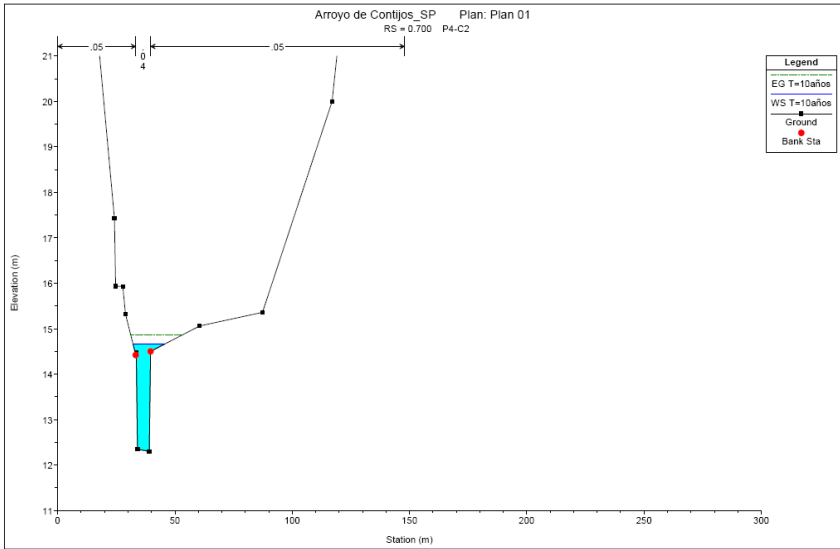
Asimismo, se incluyen los perfiles o secciones transversales resultantes del cálculo y el perfil longitudinal del cauce en el tramo con prácticamente 1 000 m estudiado con la representación de la cota de la lámina de agua, la cota de la línea de energía y el calado crítico para el caudal de cálculo.

Arroyo de Contijos: Resumen de resultados de la modelización de la avenida T=10 años (HEC-RAS).

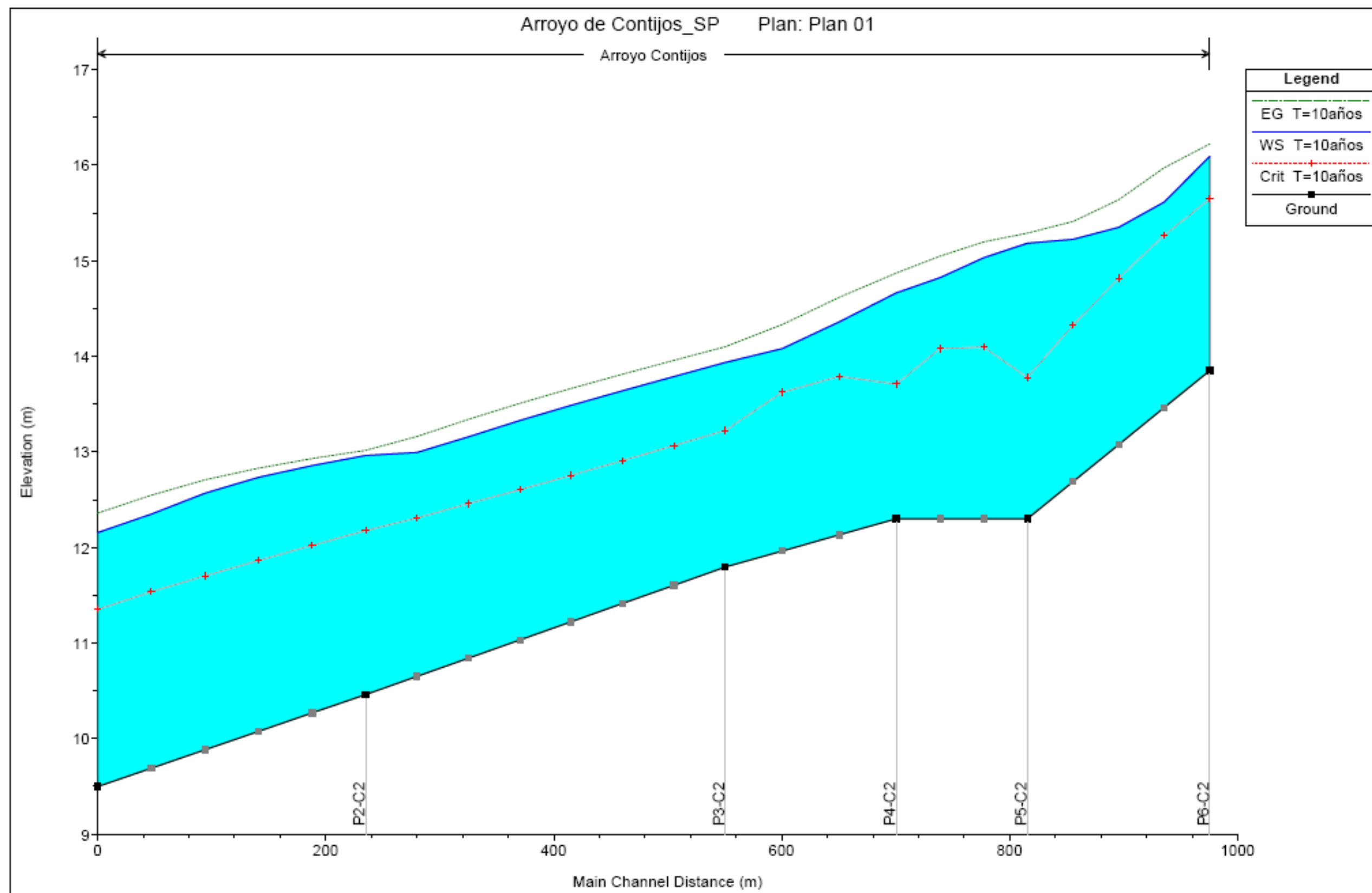
HEC-RAS Plan: 01 River: Arroyo Reach: Contijos Profile: T=10años																	
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Vel Left	Vel Right	Flow Area	Flow Area L	Flow Area R	W.P. Total	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m2)	(m2)	(m2)	(m)	(m)	
Contijos	0.975	T=10años	26.91	13.65	16.09	15.65	16.22	0.003829	1.84	0.26	0.50	25.52	0.35	14.53	68.36	66.79	0.46
Contijos	0.815	T=10años	26.91	12.30	15.18	13.78	15.29	0.001717	1.46	0.19	0.29	21.65	2.77	1.03	41.02	38.19	0.31
Contijos	0.700	T=10años	26.91	12.30	14.66	13.71	14.67	0.004331	2.02	0.32	0.25	13.87	0.15	0.50	17.03	13.61	0.45
Contijos	0.550	T=10años	26.91	11.60	13.94	13.22	14.10	0.003117	1.83	0.28	0.58	16.28	0.77	1.32	19.11	18.01	0.45
Contijos	0.235	T=10años	26.91	10.46	12.96	12.18	13.02	0.001695	1.31	0.46	0.32	36.85	24.62	0.53	68.82	66.14	0.29
Contijos	0	T=10años	26.91	9.50	12.16	11.35	12.36	0.004102	2.03	0.28	0.40	14.91	0.47	1.54	22.60	20.48	0.48

Identificación de variables:

	<u>River Sta:</u>	Perfil transversal analizado.
	<u>Q. Total (m³/s):</u>	Caudal total en la sección.
	<u>Min. Ch. El. (m):</u>	Cota mínima del fondo del cauce.
	<u>W.S. Elev. (m):</u>	Cota de la lámina de agua.
	<u>Critical W.S. (m):</u>	Cota asociada al calado crítico.
	<u>E.G. Elev. (m):</u>	Altura de energía.
	<u>E.G. Slope (m/m):</u>	Pendiente de la línea de energía.
	<u>Vel Chnl (m/s):</u>	Velocidad media del agua en el cauce principal.
de inundación izquierda.	<u>Vel Left (m/s):</u>	Velocidad media del agua en la margen y llanura
de inundación derecha.	<u>Vel Right (m/s):</u>	Velocidad media del agua en la margen y llanura
	<u>Flow Area (m²):</u>	Área de flujo activo de toda la sección.
	<u>Flow Area Ch (m²):</u>	Área de flujo activo en el cauce principal.
inundación izquierda.	<u>Flow Area L (m²):</u>	Área de flujo activo en la margen y llanura de
inundación derecha.	<u>Flow Area R (m²):</u>	Área de flujo activo en la margen y llanura de
	<u>Top Width (m):</u>	Altura de la superficie libre del flujo en la sección.
	<u>Froude # Chl:</u>	Número de Froude en el cauce principal.







Los principales resultados de la simulación de la avenida de 500 años de período de retorno del tramo del arroyo de Contijos en análisis, obtenidos del programa HEC-RAS, son los que se presentan en las páginas siguientes.

En primer lugar, se adjunta una tabla resumen de resultados numéricos en todo el tramo modelizado, donde se recoge el caudal de avenida considerado, las cotas de la lámina de agua y de la línea de energía, las cotas asociadas al calado crítico, las pendientes de la línea de energía, las velocidades efectivas del flujo y otros parámetros que definen el flujo de agua en el cauce (área efectiva del flujo y número de Froude).

Asimismo, se incluyen los perfiles o secciones transversales resultantes del cálculo y el perfil longitudinal del cauce en el tramo con prácticamente 1.000 m estudiados con la representación de la cota de la lámina de agua, la cota de la línea de energía y el calado crítico para el caudal de cálculo.

Identificación de variables:

- River Sta:

Q. Total (m³/s):

Min. Ch. El. (m):

W.S. Elev. (m):

Critical W.S. (m):

E.G. Elev. (m):

E.G. Slope (m/m):

Vel Chnl (m/s):

Perfil transversal analizado.

Caudal total en la sección.

Cota mínima del fondo del cauce.

Cota de la lámina de agua.

Cota asociada al calado crítico.

Altura de energía.

Pendiente de la línea de energía.

Velocidad media del agua en el cauce

principal.

- Vel Left (m/s):

Vel Right (m/s):

Flow Area (m²):

Flow Area Ch (m²):

Flow Area L (m²):

Flow Area R (m²):

Top Width (m):

Velocidad media del agua en la margen y llanura de inundación izquierda.

Velocidad media del agua en la margen y llanura de inundación derecha.

Área de flujo activo de toda la sección.

Área de flujo activo en el cauce principal.

Área de flujo activo en la margen y llanura de inundación izquierda.

Área de flujo activo en la margen y llanura de inundación derecha.

Altura de la superficie libre del flujo en la sección.
- Froude # Chl:

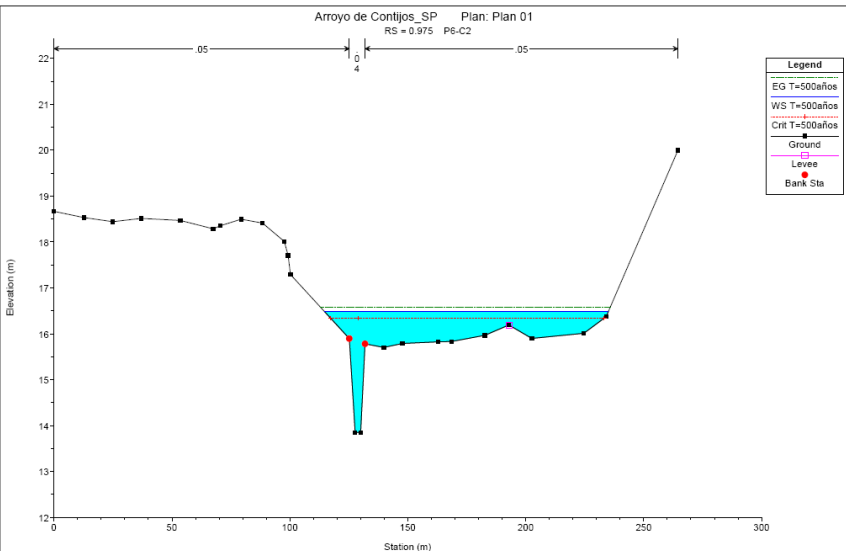
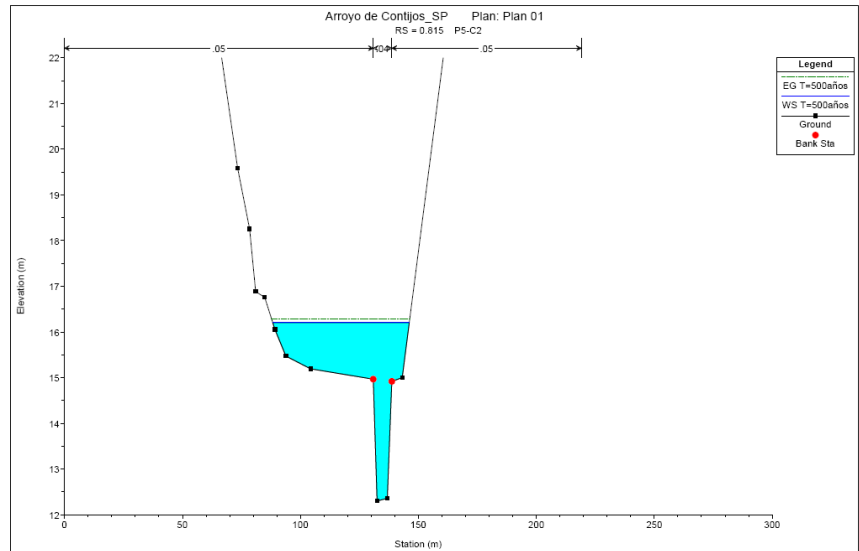
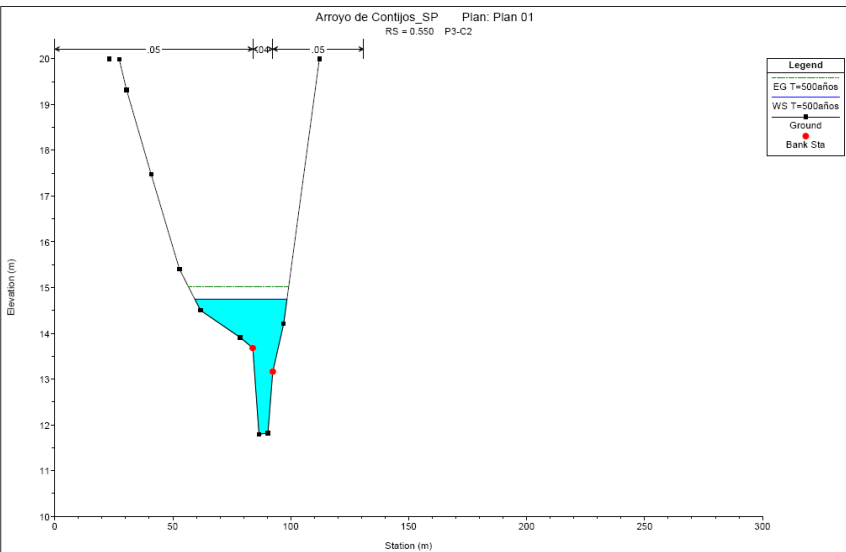
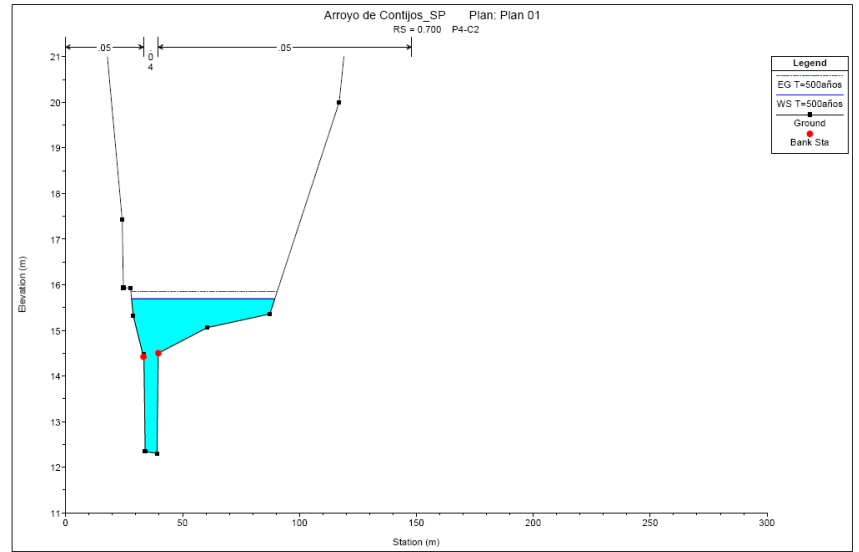
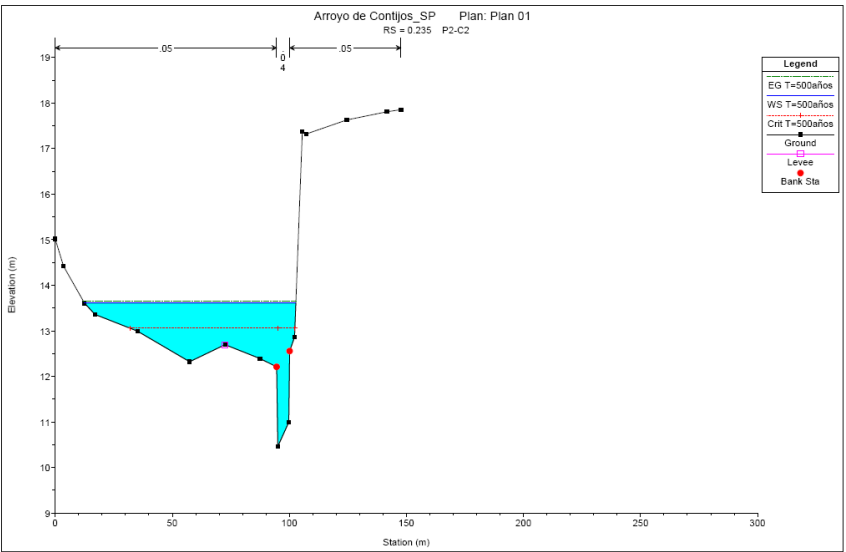
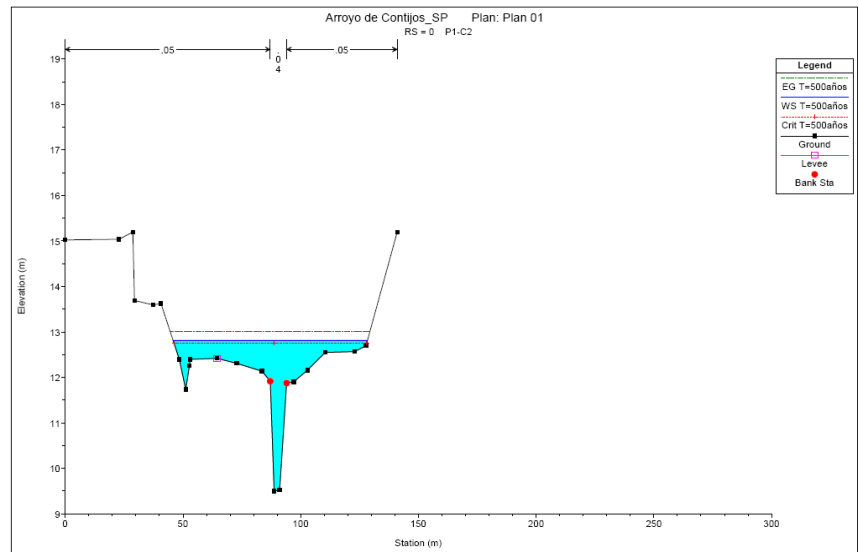
Número de Froude en el cauce principal.

Arroyo de Contijos: Resumen de resultados de la modelización de la avenida T=500 años (HEC-RAS).

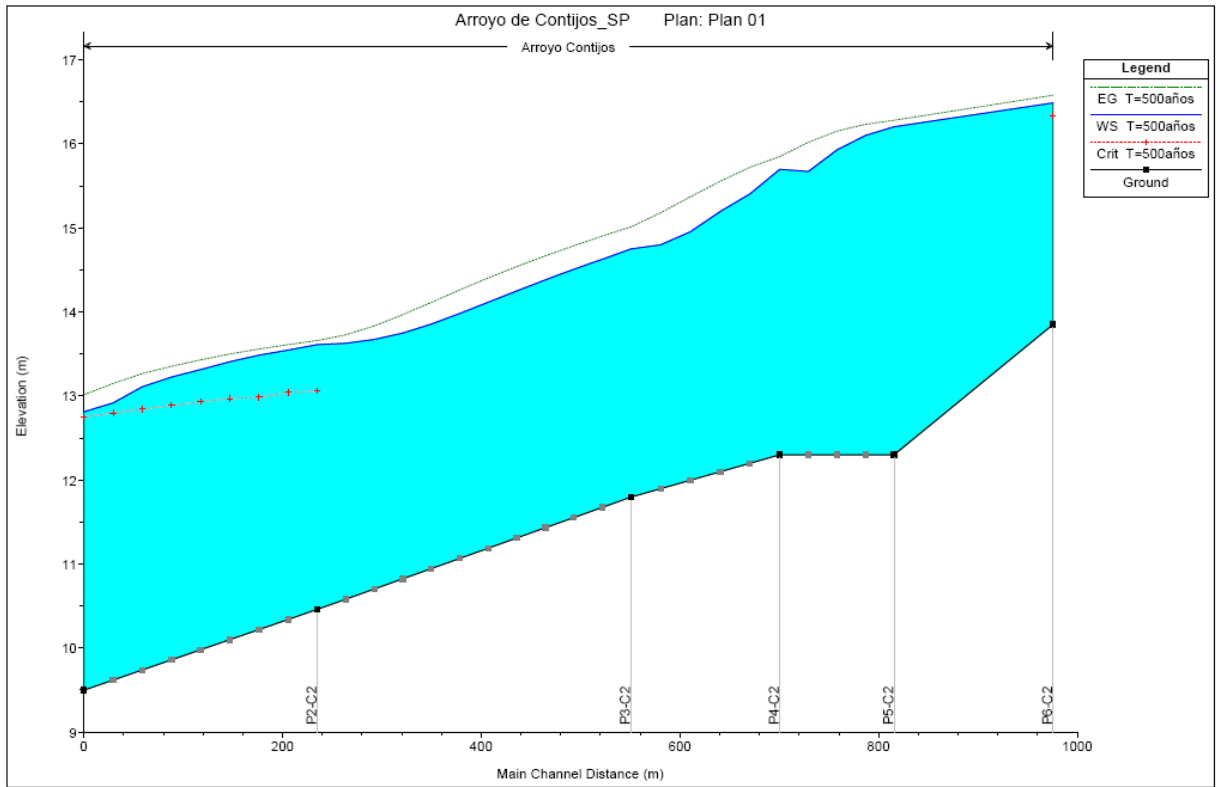
HEC-RAS Plan: 01 River: Arroyo Reach: Contijos Profile: T=500años

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Vel Left	Vel Right	Flow Area	Flow Area L	Flow Area R	W.P. Total	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m2)	(m2)	(m2)	(m)	(m)	
Contijos	0.975	T=500años	72.04	13.85	16.49	16.34	16.58	0.003288	1.97	0.51	0.77	73.61	3.13	57.21	122.00	120.40	0.45
Contijos	0.815	T=500años	72.04	12.30	16.20		16.28	0.001163	1.54	0.67	0.66	74.28	41.14	7.28	60.96	57.87	0.27
Contijos	0.700	T=500años	72.04	12.30	15.70		15.85	0.002878	2.15	0.85	0.81	56.08	3.76	32.58	64.88	61.27	0.39
Contijos	0.550	T=500años	72.04	11.80	14.75		15.01	0.003620	2.56	0.85	1.08	40.92	14.55	5.30	40.36	39.11	0.52
Contijos	0.235	T=500años	72.04	10.46	13.61	13.06	13.66	0.001404	1.43	0.68	0.58	89.01	71.61	2.09	93.30	90.28	0.27
Contijos	0	T=500años	72.04	9.50	12.81	12.75	13.01	0.004101	2.48	0.83	0.73	53.87	21.52	14.90	84.91	82.54	0.50









Con base en los resultados obtenidos, anteriormente presentados, se concluye que el pontón 2 no tiene capacidad suficiente para desaguar la avenida de 10 años de periodo de retorno. Esta suposición está basada en la verificación de la ecuación de Bernoulli:  $E=Z+h+Q^2/[(Bxh)2x2g]$ . En la zona en cuestión (junto al perfil P5-C2), la cota del cauce (Z) y de la línea de energía (E) son iguales a 12,30 y 15,29, respectivamente, donde, resolviendo de modo iterativo la expresión anterior (con  $Q=26,905m^3/s$  y  $B=2,9m$ ) se obtiene un calado  $h\approx 2,0$  m y una velocidad  $v\approx 4,4$  m/s. Además, utilizando la ecuación de Manning, con  $K=80m^{1/3}s^{-1}$  (hormigón, lo que es una hipótesis favorable) e  $i= 0,0097m/m$ , se ha comprobado que la capacidad de desagüe de esta estructura se sitúa en torno a los 25,5 m<sup>3</sup>/s.

Aplicando el mismo procedimiento al pontón 1, se ha comprobado que el mismo tiene capacidad suficiente para desaguar la avenida de 10 años de periodo de retorno. En la zona de ubicación de este pontón (junto al perfil P1-C2), la cota del cauce (Z) y de la línea de energía (E) son iguales a 9,50 y 12,36, respectivamente, donde, resolviendo de modo iterativo la expresión de Bernoulli (con  $Q=26,905m^3/s$  y  $B=3,2m$ ) se obtiene un calado  $h\approx 1,98$  m y una velocidad  $v\approx 4,3$  m/s. Señalar todavía que el calado obtenido es prácticamente igual a la altura libre del pontón, por lo que es probable que, sobre lo mismo, ocurran desbordamientos puntuales.

Estos dos pontones, que para la avenida de 10 años de periodo de retorno ya demostraban una capacidad de desagüe insuficiente o ajustada, en el caso de los pontones 2 y 1, respectivamente, no presentan capacidad para asimilar la avenida de 500 años de periodo de retorno.

Al final del presente estudio se presenta, sobre la topografía a escala 1:5.000, las llanuras de inundación obtenidas para las avenidas de 10 y 500 años de periodo de retorno. Además se presenta la delimitación de las zonas de servidumbre (franja de 5 m de anchura en las márgenes, exterior a los límites del cauce público, entendido este como el obtenido de la avenida T=10 años) y de policía (franja de 100 m de anchura en las márgenes, exterior a los límites del cauce público).

4.4.- Estudio de Inundabilidad - Zona 3

En el presente punto se recogen los resultados obtenidos tras el análisis de las avenidas de periodo de retorno de 10 y 500 años sobre del área de estudio.

Para ello, se ha trabajado, independientemente, sobre 3 perfiles transversales del regato de Lamadrid, designados como P1-C3, P2-C3 y P3-C3, desde aguas abajo hacia aguas arriba.

Se han calculado las cotas de la lámina de agua correspondientes a las avenidas de 10 y 500 años de periodo de retorno, en cada uno de los perfiles, utilizando la aplicación "PERFHIDRA", ya anteriormente descrita.

En esta aplicación informática que, como referido anteriormente, utiliza la fórmula de Manning para determinar los parámetros hidráulicos asociados a una determinada sección y caudal, se han tomado los siguientes valores:

- o  $Q_{10} = 7,917m^3/s$  y  $Q_{500} = 22,330m^3/s$ .
- o n Coeficiente de rugosidad de Manning ( $n=0,040$  en el cauce y  $n=0,050$  en las márgenes y riberas de inundación).
- o Pendiente longitudinal del cauce en la zona de ubicación de los perfiles:  $I=0,018$  en la zona del P1-C3,  $I=0,010$  en la zona del P2-C3 y  $I=0,005$  en la zona del P3-C3.

A continuación se presentan las tablas de salida de resultados de la aplicación "PERFHIDRA", obtenidas para los perfiles y avenidas en estudio.

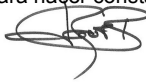
Regato de Lamadrid. Avenida T=10 años. Parámetros de funcionamiento hidráulico en la sección P1-C3

P1-C3		
AVENIDA T=10 años		
CAUDAL DE AVENIDA= 7,92 m³/s		
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Total Sección
Coeficiente de rugosidad de Manning (cauce principal)	0,040	0,040
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen izquierda)	0,050	0,050
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen derecha)	0,050	0,050
Pendiente longitudinal del cauce o vaguada (tanto por uno)	0,018	0,018
Cota de lámina de agua (m)	8,047	8,047
Cota del fondo del cauce o vaguada (m)	6,792	6,792

P1-C3		
AVENIDA T=10 años		
CAUDAL DE AVENIDA= 7,92 m³/s		
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Total Sección
Calado máximo en la sección (m)	1,255	1,255
Sección hidráulica (m²)	3,180	3,180
Perímetro mojado (m)	5,749	5,749
Caudal desaguado (m³/s)	7,921	7,921
Velocidad media (m/s)	2,491	2,491
Anchura ocupada por la avenida (m)	4,562	4,562
Número de Froude	0,953	0,953
Régimen de funcionamiento del cauce o vaguada	Lento	Lento

Regato de Lamadrid. Avenida T=500 años. Parámetros de funcionamiento hidráulico en la sección P1-C3

P1-C3		
AVENIDA T=500 años		
CAUDAL DE AVENIDA= 22,33 m³/s		
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Total Sección
Coeficiente de rugosidad de Manning (cauce principal)	0,040	0,040
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen izquierda)	0,050	0,050
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen derecha)	0,050	0,050
Pendiente longitudinal del cauce o vaguada (tanto por uno)	0,018	0,018
Cota de lámina de agua (m)	8,480	8,480
Cota del fondo del cauce o vaguada (m)	6,792	6,792
Calado máximo en la sección (m)	1,688	1,688
Sección hidráulica (m²)	12,007	12,007
Perímetro mojado (m)	36,915	36,915
Caudal desaguado (m³/s)	22,334	22,334
Velocidad media (m/s)	1,860	1,860
Anchura ocupada por la avenida (m)	35,629	35,629
Número de Froude	1,024	1,024
Régimen de funcionamiento del cauce o vaguada	Rápido	Rápido



Regato de Lamadrid. Avenida T=10 años. Parámetros de funcionamiento hidráulico en la sección P2-C3

P2-C3		
AVENIDA T=10 años		
CAUDAL DE AVENIDA= 7,92 m³/s		
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Total Sección
Coeficiente de rugosidad de Manning (cauce principal)	0,040	0,040
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen izquierda)	0,050	0,050
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen derecha)	0,050	0,050
Pendiente longitudinal del cauce o vaguada (tanto por uno)	0,010	0,010
Cota de lámina de agua (m)	9,974	9,974
Cota del fondo del cauce o vaguada (m)	8,679	8,679
Calado máximo en la sección (m)	1,295	1,295
Sección hidráulica (m²)	5,498	5,498
Perímetro mojado (m)	14,228	14,228
Caudal desaguado (m³/s)	7,920	7,920
Velocidad media (m/s)	1,441	1,441
Anchura ocupada por la avenida (m)	13,369	13,369
Número de Froude	0,718	0,718
Régimen de funcionamiento del cauce o vaguada	Lento	Lento

Regato de Lamadrid. Avenida T=500 años. Parámetros de funcionamiento hidráulico en la sección P2-C3

P2-C3		
AVENIDA T=500 años		
CAUDAL DE AVENIDA= 22,33 m³/s		
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Total Sección
Coeficiente de rugosidad de Manning (cauce principal)	0,040	0,040
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen izquierda)	0,050	0,050
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen derecha)	0,050	0,050
Pendiente longitudinal del cauce o vaguada (tanto por uno)	0,010	0,010
Cota de lámina de agua (m)	10,397	10,397
Cota del fondo del cauce o vaguada (m)	8,679	8,679
Calado máximo en la sección (m)	1,718	1,718
Sección hidráulica (m²)	15,624	15,624
Perímetro mojado (m)	39,397	39,397
Caudal desaguado (m3/s)	22,331	22,331
Velocidad media (m/s)	1,429	1,429
Anchura ocupada por la avenida (m)	38,514	38,514
Número de Froude	0,717	0,717
Régimen de funcionamiento del cauce o vaguada	Lento	Lento



Regato de Lamadrid. Avenida T=10 años. Parámetros de funcionamiento hidráulico en la sección P3-C3

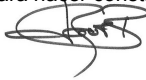
P3-C3		
AVENIDA T=10años		
CAUDAL DE AVENIDA= 7,92 m³/s		
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Total Sección
Coeficiente de rugosidad de Manning (cauce principal)	0,040	0,040
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen izquierda)	0,050	0,050
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen derecha)	0,050	0,050
Pendiente longitudinal del cauce o vaguada (tanto por uno)	0,005	0,005
Cota de lámina de agua (m)	10,774	10,774
Cota del fondo del cauce o vaguada (m)	9,077	9,077
Calado máximo en la sección (m)	1,697	1,697
Sección hidráulica (m²)	6,016	6,016
Perímetro mojado (m)	14,904	14,904
Caudal desaguado (m³/s)	7,919	7,919
Velocidad media (m/s)	1,316	1,316
Anchura ocupada por la avenida (m)	13,484	13,484
Número de Froude	0,630	0,630
Régimen de funcionamiento del cauce o vaguada	Lento	Lento

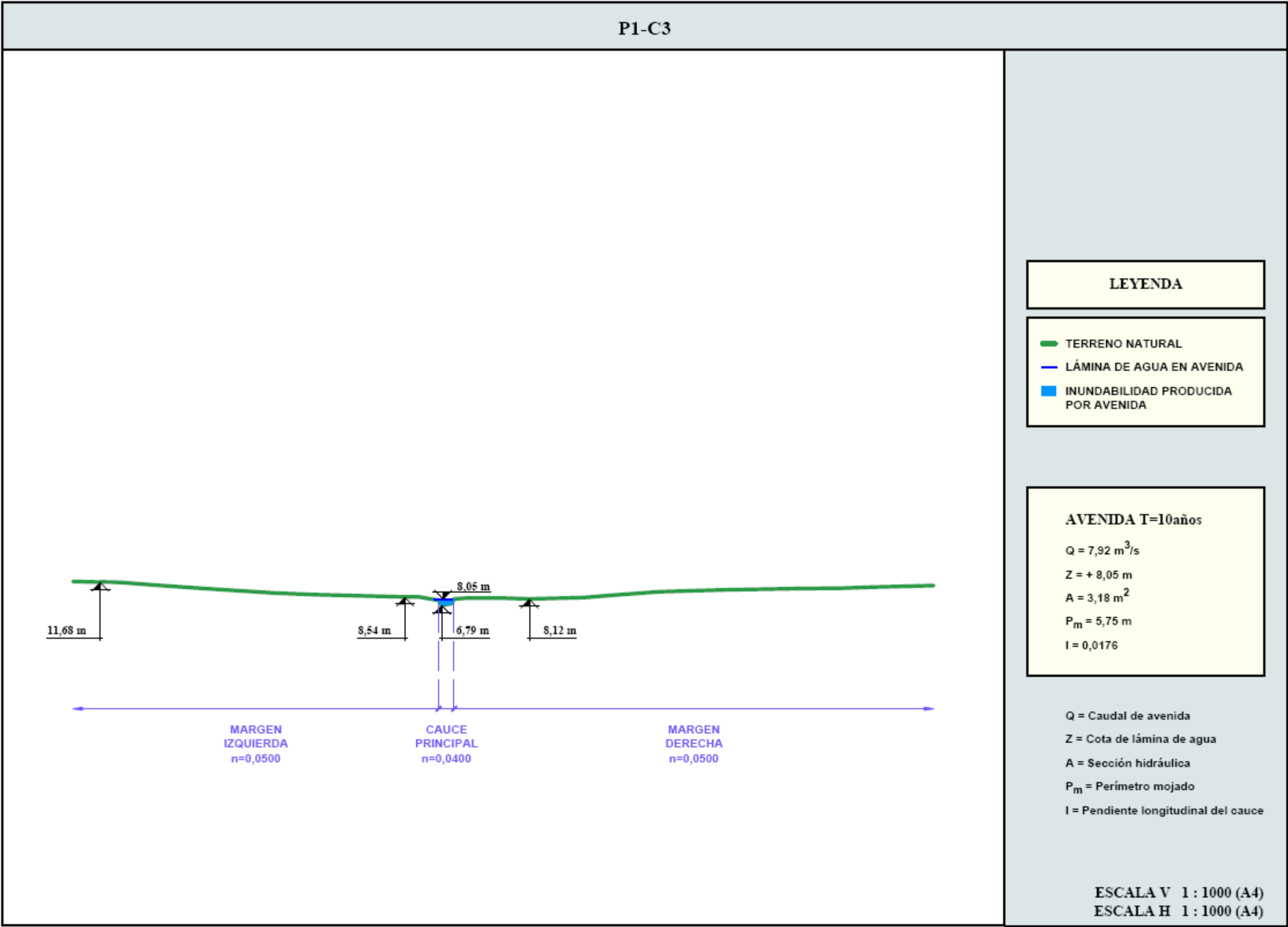
Al final del presente estudio se presenta, sobre la topografía a escala 1:5.000, las llanuras de inundación obtenidas para las avenidas en análisis en la zona 3. Además se presenta la delimitación de las zonas de servidumbre (franja de 5 m de anchura en las márgenes, exterior a los límites del cauce público, entendido este como el obtenido de la avenida T=10 años) y de policía (franja de 100 m de anchura en las márgenes, exterior a los límites del cauce público).

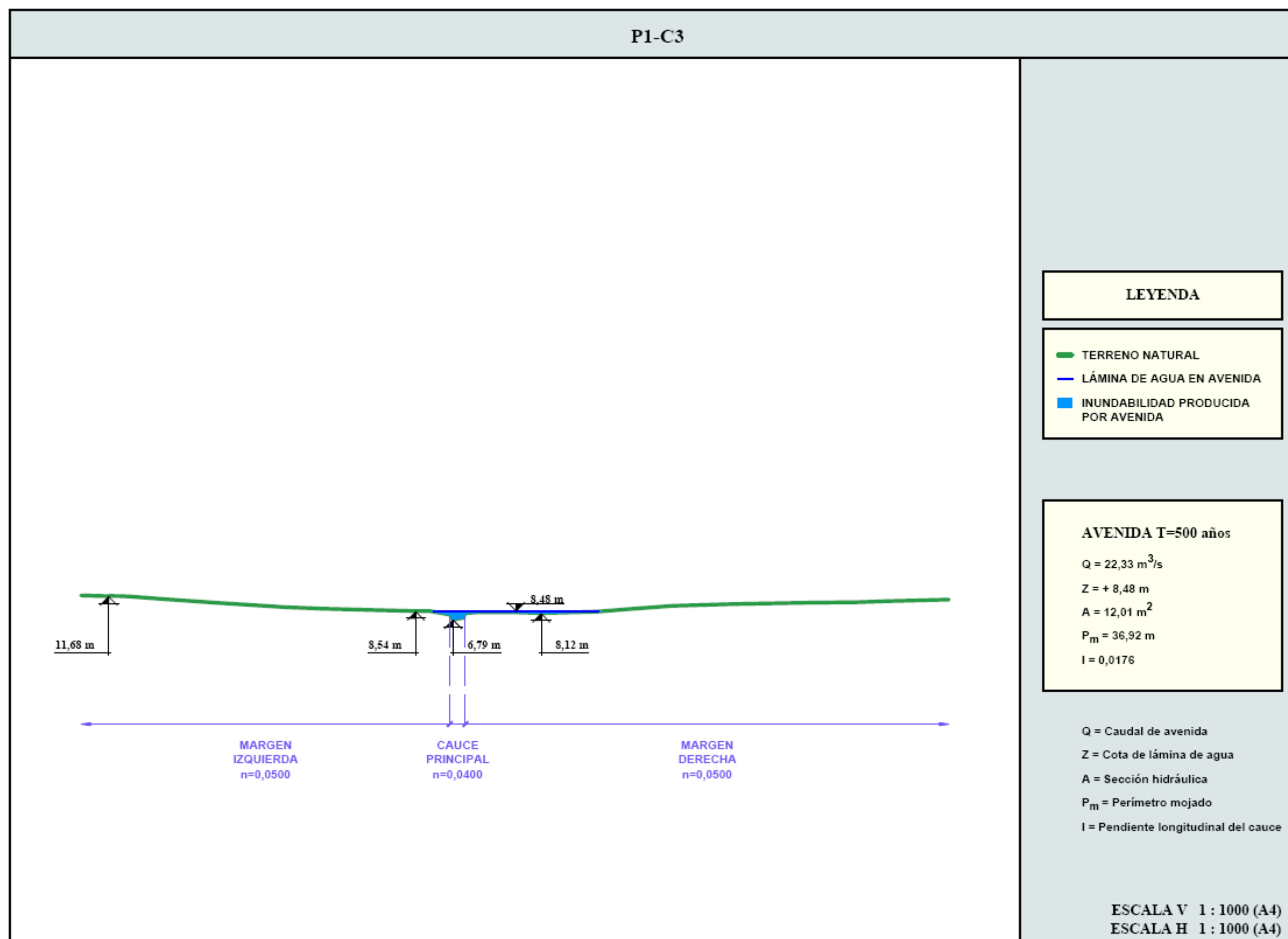
Regato de Lamadrid. Avenida T=500 años. Parámetros de funcionamiento hidráulico en la sección P3-C3

P3-C3		
AVENIDA T=500 años		
CAUDAL DE AVENIDA= 22,33 m³/s		
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Total Sección
Coeficiente de rugosidad de Manning (cauce principal)	0,040	0,040
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen izquierda)	0,050	0,050
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen derecha)	0,050	0,050
Pendiente longitudinal del cauce o vaguada (tanto por uno)	0,005	0,005
Cota de lámina de agua (m)	11,320	11,320
Cota del fondo del cauce o vaguada (m)	9,077	9,077
Calado máximo en la sección (m)	2,243	2,243
Sección hidráulica (m²)	19,925	19,925
Perímetro mojado (m)	48,430	48,430
Caudal desaguado (m³/s)	22,341	22,341
Velocidad media (m/s)	1,121	1,121
Anchura ocupada por la avenida (m)	46,983	46,983
Número de Froude	0,550	0,550
Régimen de funcionamiento del cauce o vaguada	Lento	Lento

En las páginas siguientes se incluyen las 3 secciones transversales del cauce en la zona en estudio, en las que se representa el nivel alcanzado por la lámina de agua ante las avenidas de 10 y 500 años de periodo de retorno.





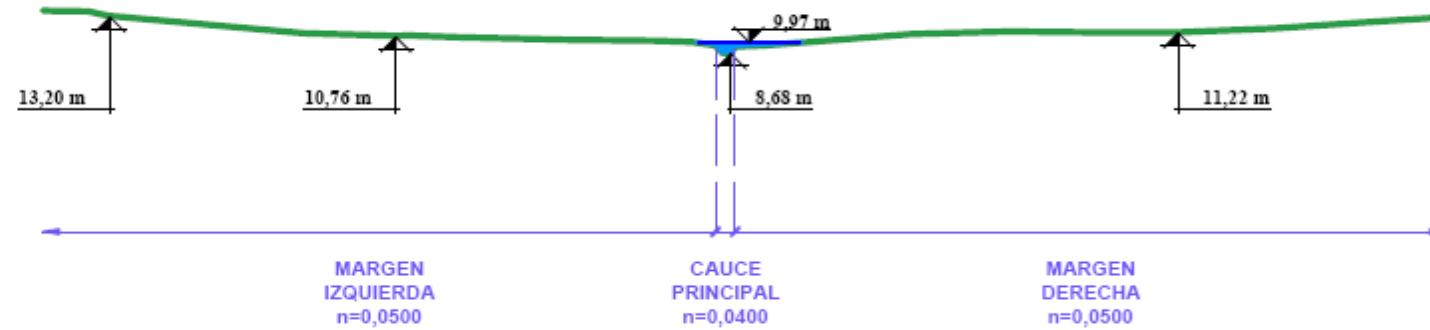


BARCENA  
DE CICERO



ARXXI

## P2-C3



## LEYENDA

- TERRENO NATURAL
- LÁMINA DE AGUA EN AVENIDA
- INUNDABILIDAD PRODUCIDA POR AVENIDA

## AVENIDA T=10 años

$$Q = 7,92 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Z = + 9,97 \text{ m}$$

$$A = 5,50 \text{ m}^2$$

$$P_m = 14,23 \text{ m}$$

$$I = 0,0100$$

Q = Caudal de avenida

Z = Cota de lámina de agua

A = Sección hidráulica

$P_m$  = Perímetro mojado

I = Pendiente longitudinal del cauce

ESCALA V 1 : 1000 (A4)

ESCALA H 1 : 1000 (A4)

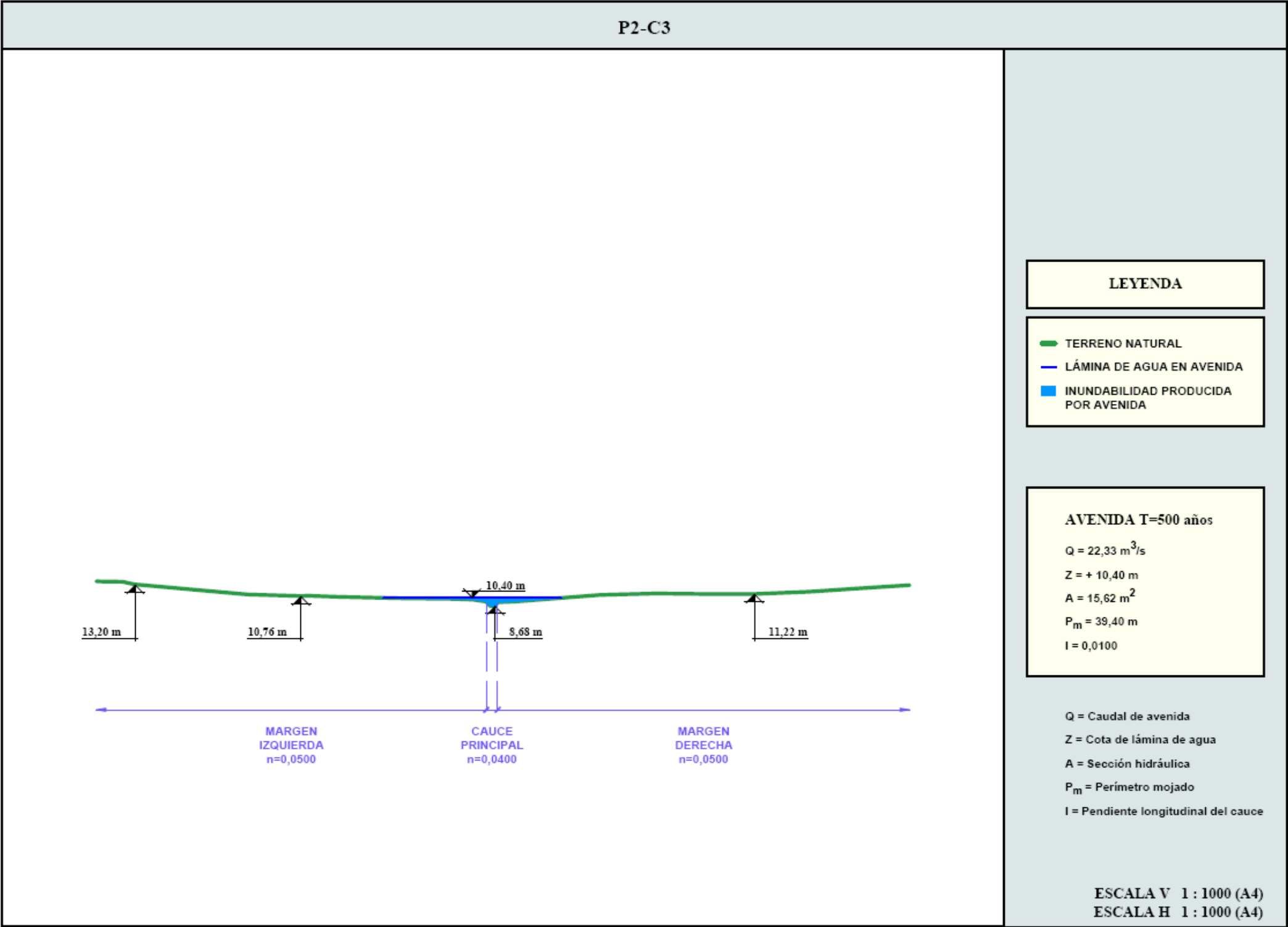


BARCENA  
DE CICERO



PAXXI

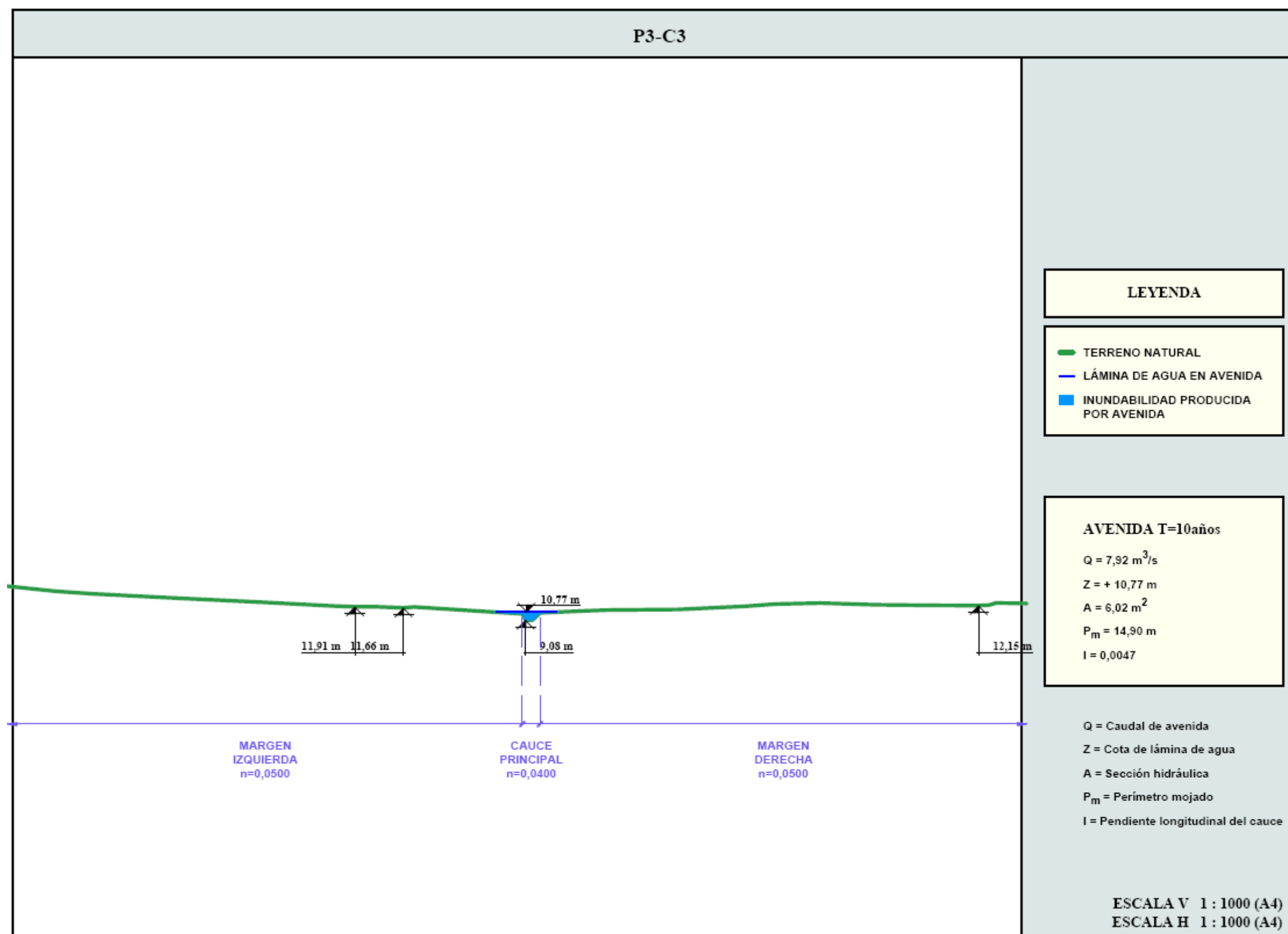


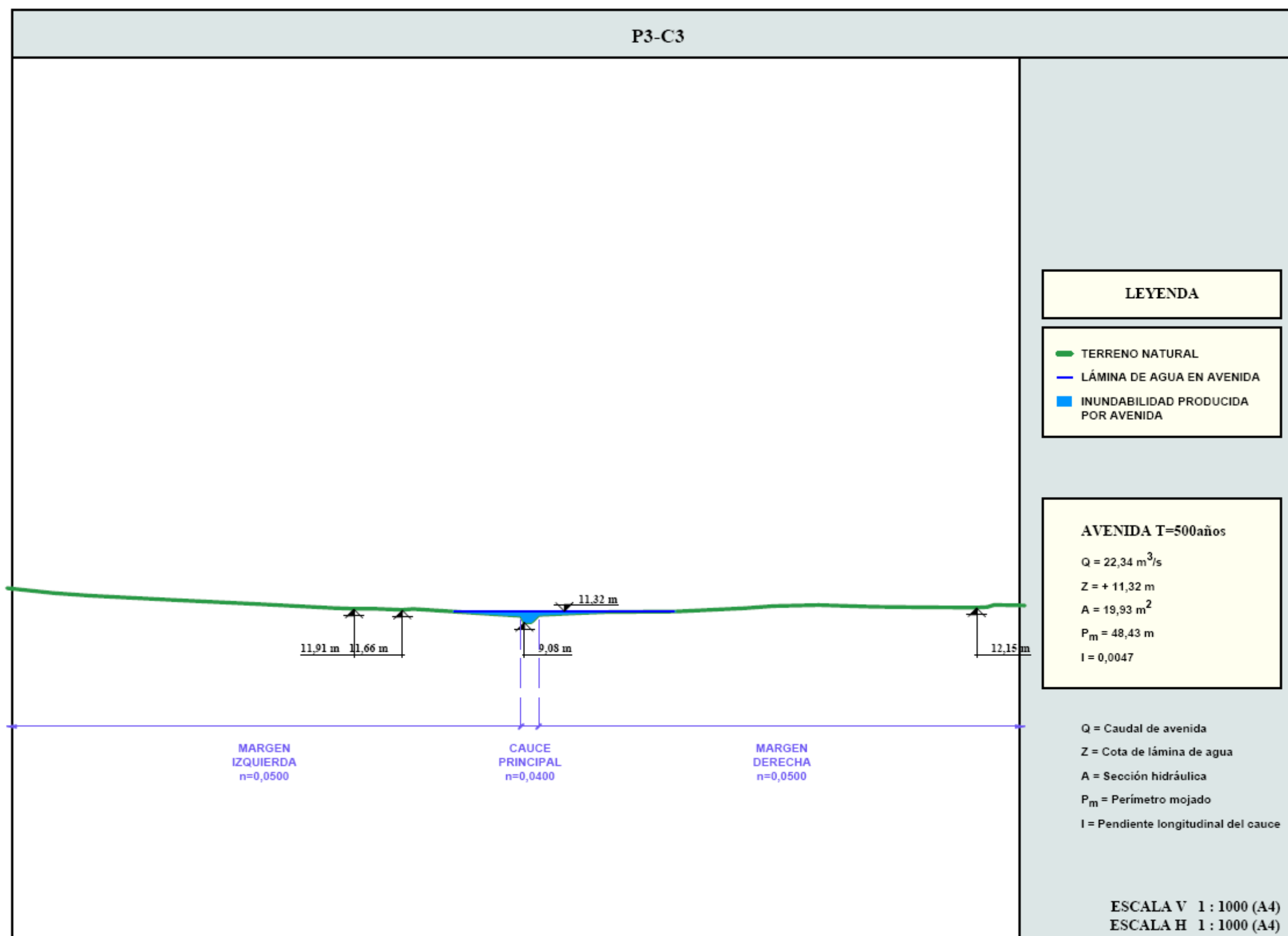


BARCENA  
DE CICERO



ARXXI





BARCENA  
DE CICERO



ARXXI

# 28

## 4.5.- Estudio de Inundabilidad - Zona 4

En el presente punto se recogen los resultados obtenidos tras el análisis de las avenidas de periodo de retorno de 10 y 500 años sobre del área de estudio.

Para ello, se ha trabajado independientemente sobre 3 perfiles transversales del regato de Lamadrid, designados como P1-C4, P2-C4 y P3-C4, desde aguas abajo hacia aguas arriba.

En el presente punto se recogen los resultados obtenidos tras el análisis de las avenidas de periodo de retorno de 10 y 500 años sobre del área de estudio.

Se han calculado las cotas de la lámina de agua correspondientes a las avenidas de 10 y 500 años de periodo de retorno, en cada uno de los perfiles, utilizando la aplicación "PERFHIDRA", ya anteriormente descrita.

En esta aplicación informática que, como se ha referido anteriormente, utiliza la fórmula de Manning para determinar los parámetros hidráulicos asociados a una determinada sección y caudal, se han tomado los siguientes valores:

- o  $Q_{10} = 13,424 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $Q_{500} = 37,290 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- o n Coeficiente de rugosidad de Manning ( $n=0,040$  en el cauce y  $n=0,050$  en las márgenes y riberas de inundación).
- o Pendiente longitudinal del cauce en la zona de ubicación de los perfiles:  $I=0,014$  en la zona del P1-C4,  $I=0,014$  en la zona del P2-C4 y  $I=0,020$  en la zona del P3-C4.

A continuación se presentan las tablas de salida de resultados de la aplicación "PERFHIDRA", obtenidas para los perfiles y avenidas en estudio.

Arroyo de Rugama. Avenida T=10 años. Parámetros de funcionamiento hidráulico en la sección P1-C4

P1-C4		
AVENIDA T=10 años		
CAUDAL DE AVENIDA= 13,42 m3/s		
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Total Sección
Coeficiente de rugosidad de Manning (cauce principal)	0,040	0,040
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen izquierda)	0,050	0,050
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen derecha)	0,050	0,050
Pendiente longitudinal del cauce o vaguada (tanto por uno)	0,014	0,014
Cota de lámina de agua (m)	3,595	3,595
Cota del fondo del cauce o vaguada (m)	2,800	2,800
Calado máximo en la sección (m)	0,795	0,795
Sección hidráulica (m²)	6,038	6,038
Perímetro mojado (m)	9,263	9,263
Caudal desaguado (m³/s)	13,429	13,429
Velocidad media (m/s)	2,224	2,224
Anchura ocupada por la avenida (m)	8,515	8,515
Número de Froude	0,844	0,844
Régimen de funcionamiento del cauce o vaguada	Lento	Lento



Arroyo de Rugama. Avenida T=500 años. Parámetros de funcionamiento hidráulico en la sección P1-C4

P1-C4		
AVENIDA T=500 años		
CAUDAL DE AVENIDA= 37,29 m³/s		
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Total Sección
Coeficiente de rugosidad de Manning (cauce principal)	0,040	0,040
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen izquierda)	0,050	0,050
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen derecha)	0,050	0,050
Pendiente longitudinal del cauce o vaguada (tanto por uno)	0,014	0,014
Cota de lámina de agua (m)	4,246	4,246
Cota del fondo del cauce o vaguada (m)	2,800	2,800
Calado máximo en la sección (m)	1,446	1,446
Sección hidráulica (m²)	11,953	11,953
Perímetro mojado (m)	11,034	11,034
Caudal desaguado (m³/s)	37,297	37,297
Velocidad media (m/s)	3,120	3,120
Anchura ocupada por la avenida (m)	9,659	9,659
Número de Froude	0,896	0,896
Régimen de funcionamiento del cauce o vaguada	Lento	Lento

Arroyo de Rugama. Avenida T=10 años. Parámetros de funcionamiento hidráulico en la sección P2-C4

P2-C4		
AVENIDA T=10 años		
CAUDAL DE AVENIDA= 13,42 m³/s		
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Total Sección
Coeficiente de rugosidad de Manning (cauce principal)	0,040	0,040
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen izquierda)	0,050	0,050
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen derecha)	0,050	0,050
Pendiente longitudinal del cauce o vaguada (tanto por uno)	0,014	0,014
Cota de lámina de agua (m)	5,887	5,887
Cota del fondo del cauce o vaguada (m)	4,600	4,600
Calado máximo en la sección (m)	1,287	1,287
Sección hidráulica (m²)	5,175	5,175
Perímetro mojado (m)	6,303	6,303
Caudal desaguado (m³/s)	13,421	13,421
Velocidad media (m/s)	2,594	2,594
Anchura ocupada por la avenida (m)	4,991	4,991
Número de Froude	0,814	0,814
Régimen de funcionamiento del cauce o vaguada	Lento	Lento

Arroyo de Rugama. Avenida T=500 años. Parámetros de funcionamiento hidráulico en la sección P2-C4

P2-C4		
AVENIDA T=500 años		
CAUDAL DE AVENIDA= 37,29 m³/s		
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Total Sección
Coeficiente de rugosidad de Manning (cauce principal)	0,040	0,040
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen izquierda)	0,050	0,050
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen derecha)	0,050	0,050
Pendiente longitudinal del cauce o vaguada (tanto por uno)	0,014	0,014
Cota de lámina de agua (m)	6,455	6,455
Cota del fondo del cauce o vaguada (m)	4,600	4,600
Calado máximo en la sección (m)	1,855	1,855
Sección hidráulica (m²)	20,461	20,461
Perímetro mojado (m)	61,202	61,202
Caudal desaguado (m³/s)	37,294	37,294
Velocidad media (m/s)	1,823	1,823
Anchura ocupada por la avenida (m)	59,507	59,507
Número de Froude	0,993	0,993
Régimen de funcionamiento del cauce o vaguada	Lento	Lento

Arroyo de Rugama. Avenida T=10 años. Parámetros de funcionamiento hidráulico en la sección P3-C4

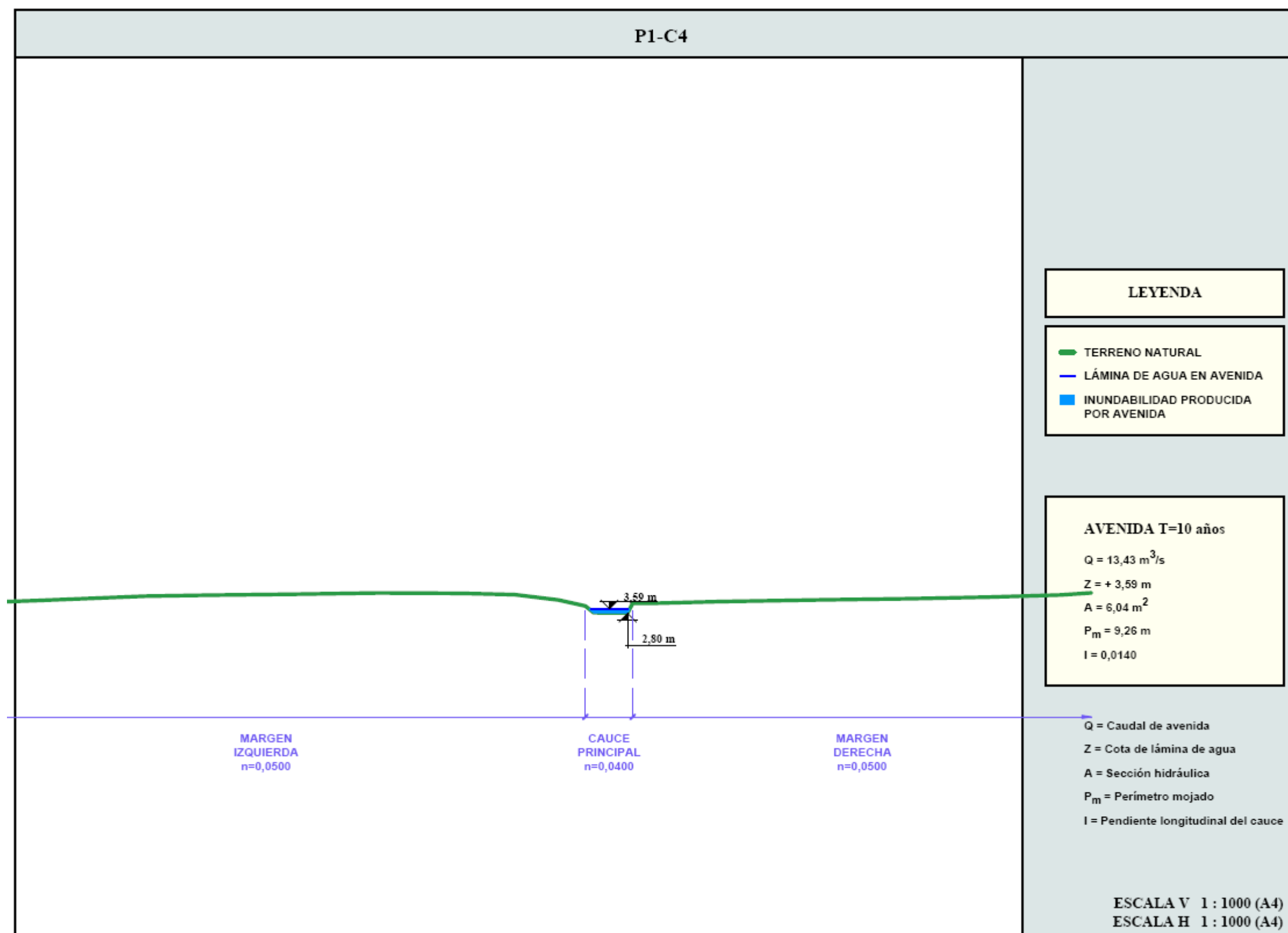
P3-C4		
AVENIDA T=10 años		
CAUDAL DE AVENIDA= 13,42 m³/s		
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Total Sección
Coeficiente de rugosidad de Manning (cauce principal)	0,040	0,040
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen izquierda)	0,050	0,050
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen derecha)	0,050	0,050
Pendiente longitudinal del cauce o vaguada (tanto por uno)	0,020	0,020
Cota de lámina de agua (m)	6,808	6,808
Cota del fondo del cauce o vaguada (m)	4,770	4,770
Calado máximo en la sección (m)	2,038	2,038
Sección hidráulica (m²)	4,484	4,484
Perímetro mojado (m)	8,538	8,538
Caudal desaguado (m³/s)	13,426	13,426
Velocidad media (m/s)	2,994	2,994
Anchura ocupada por la avenida (m)	5,883	5,883
Número de Froude	1,096	1,096
Régimen de funcionamiento del cauce o vaguada	Rápido	Rápido

Arroyo de Rugama. Avenida T=500 años. Parámetros de funcionamiento hidráulico en la sección P3-C4

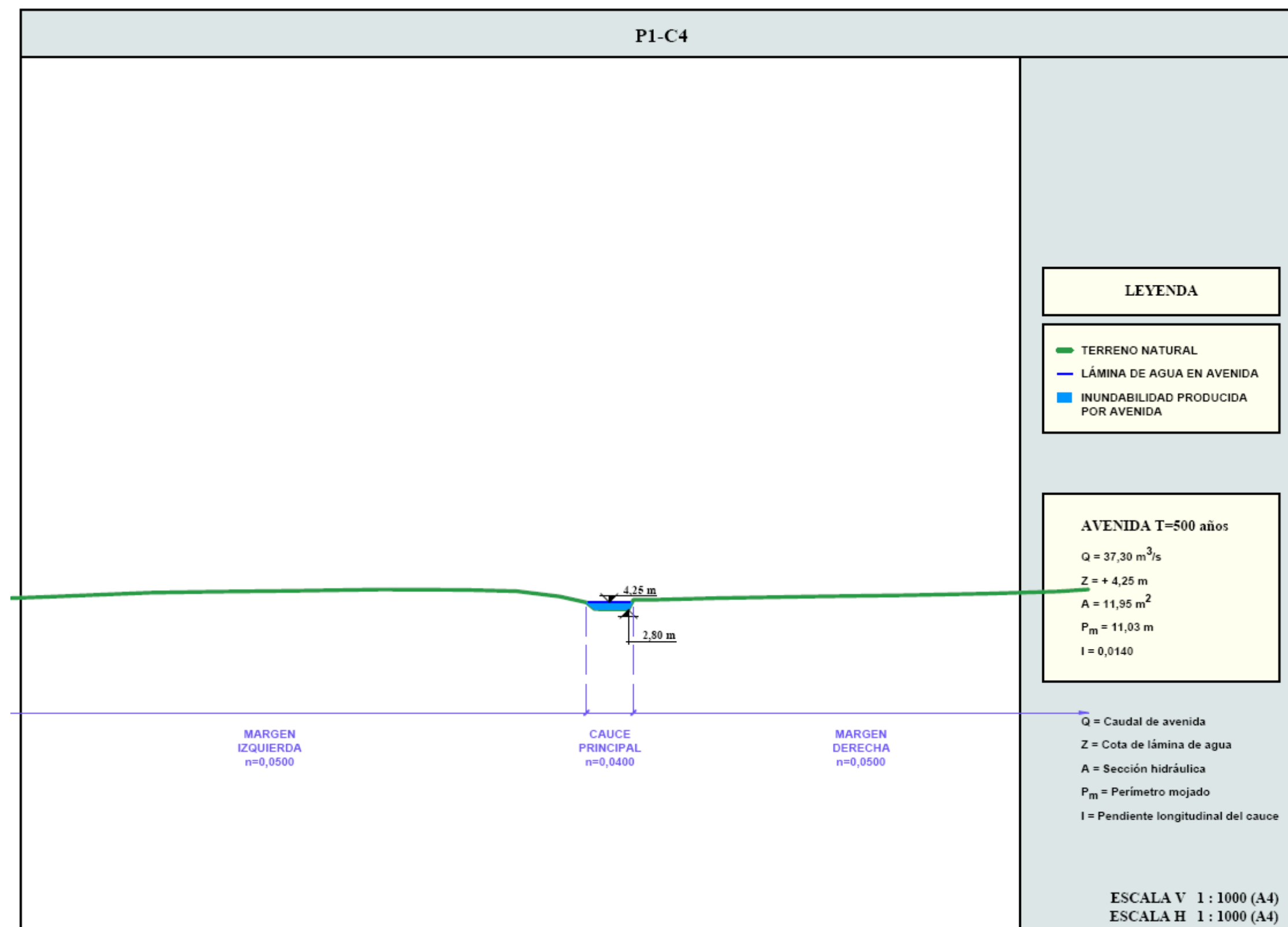
P3-C4			
AVENIDA T=500 años			
CAUDAL DE AVENIDA= 37,29 m³/s			
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO	Cauce Principal	Vía de desagüe 1	Total Sección
Coeficiente de rugosidad de Manning (cauce principal)	0,040	-	0,040
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen izquierda)	0,050	0,050	0,050
Coeficiente de rugosidad de Manning (margen derecha)	0,050	-	0,050
Pendiente longitudinal del cauce o vaguada (tanto por uno)	0,020	0,020	0,020
Cota de lámina de agua (m)	7,299	7,070	7,299
Cota del fondo del cauce o vaguada (m)	4,770		4,770
Calado máximo en la sección (m)	2,529		2,529
Sección hidráulica (m2)	18,050	0,954	19,004
Perímetro mojado (m)	47,636	6,077	53,713
Caudal desaguado (m3/s)	36,516	0,785	37,301
Velocidad media (m/s)	2,023	0,043	1,963
Anchura ocupada por la avenida (m)	44,966	5,668	50,634
Número de Froude	1,020	0,641	0,641
Régimen de funcionamiento del cauce o vaguada	Rápido	Lento	Lento

En las páginas siguientes se incluyen las 3 secciones transversales del cauce en la zona en estudio, en las que se representa el nivel alcanzado por la lámina de agua ante las avenidas de 10 y 500 años de periodo de retorno.







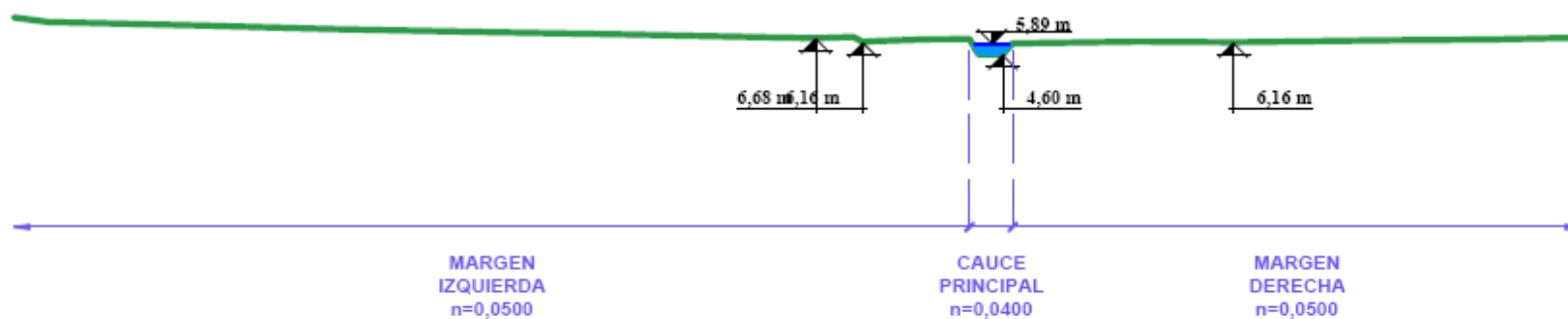


BARCENA  
DE CICERO



ARXXI

## P2-C4



## LEYENDA

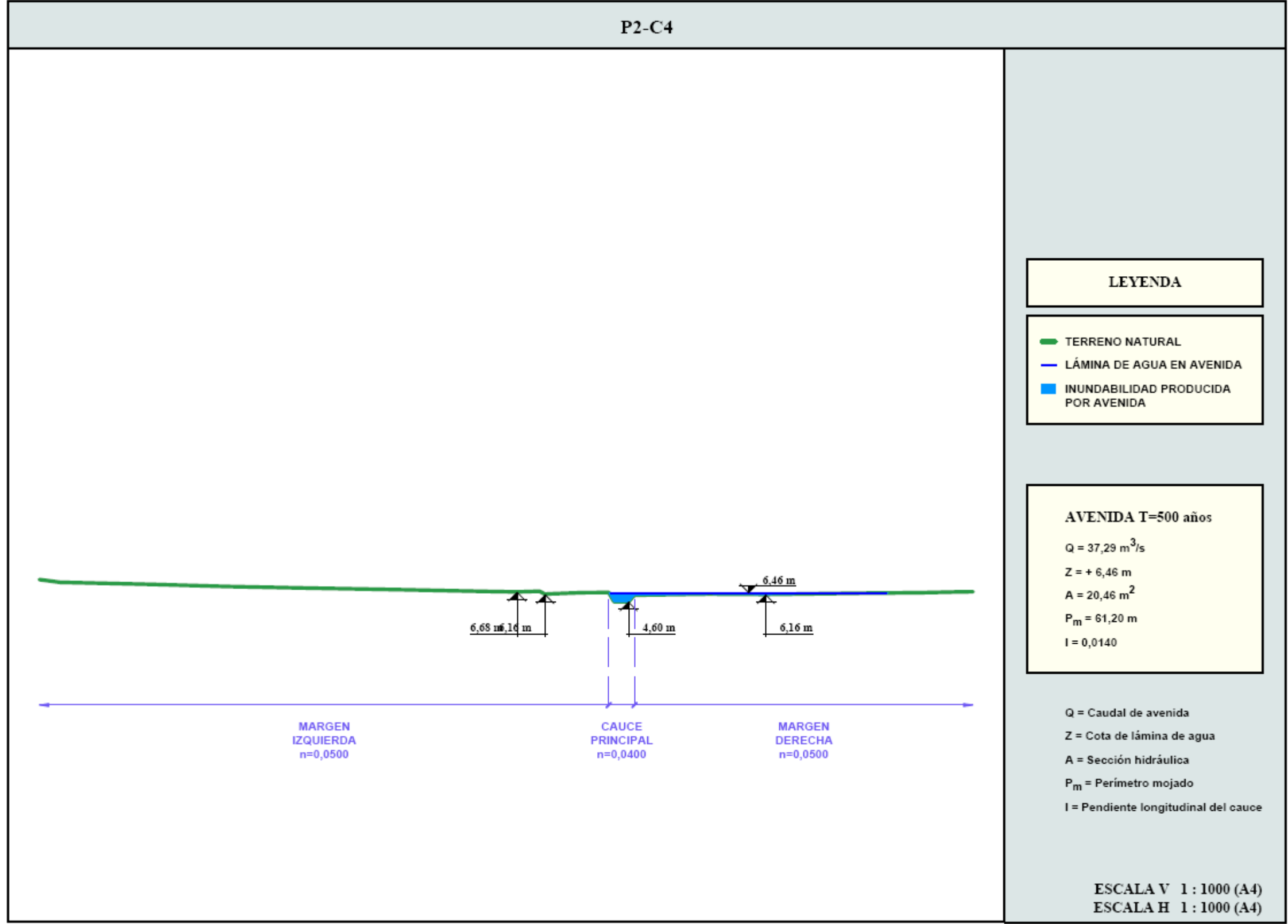
- TERRENO NATURAL
- LÁMINA DE AGUA EN AVENIDA
- INUNDABILIDAD PRODUCIDA POR AVENIDA

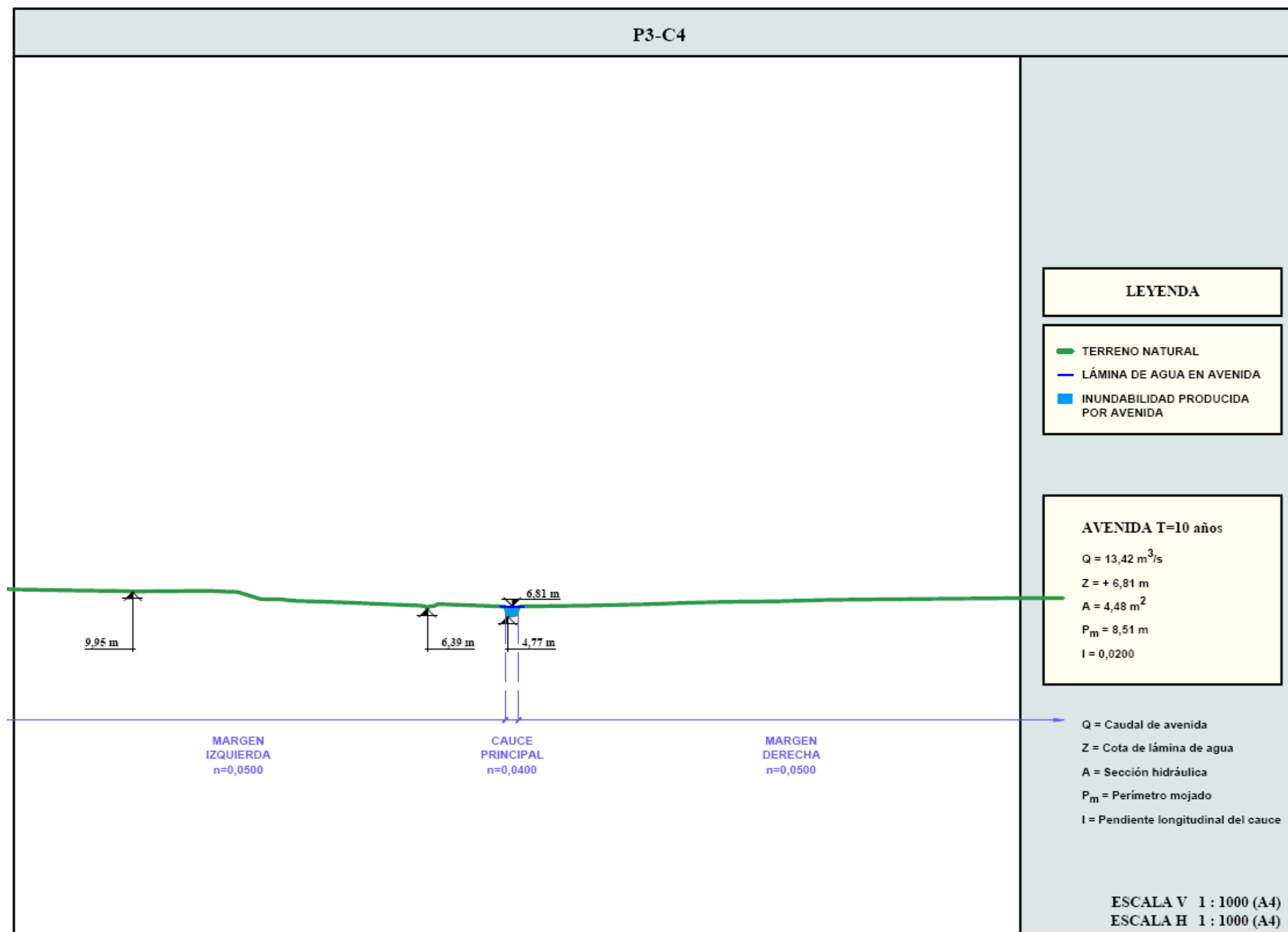
## AVENIDA T=10 años

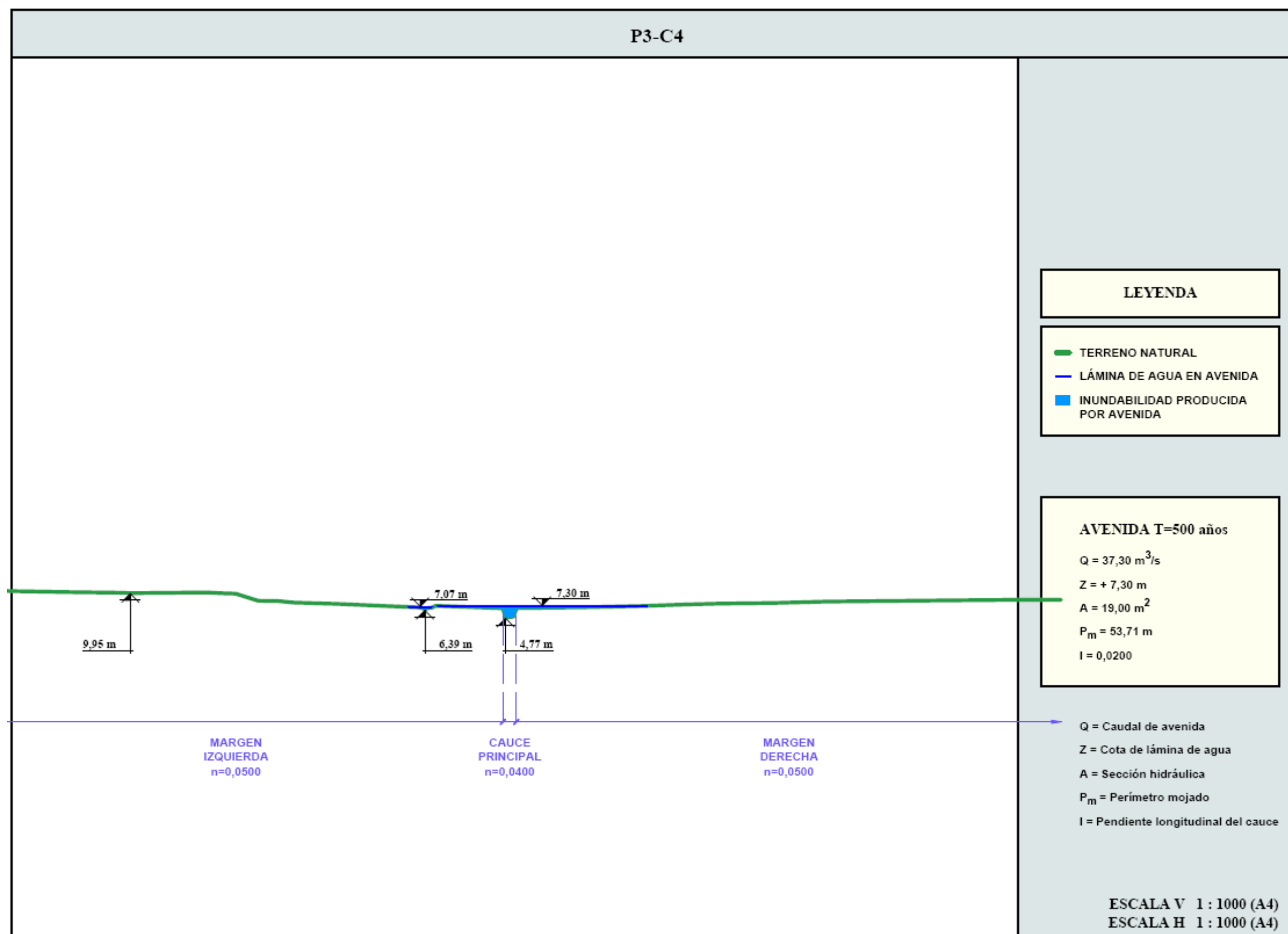
$Q = 13,42 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $Z = + 5,89 \text{ m}$   
 $A = 5,17 \text{ m}^2$   
 $P_m = 6,30 \text{ m}$   
 $I = 0,0140$

$Q$  = Caudal de avenida  
 $Z$  = Cota de lámina de agua  
 $A$  = Sección hidráulica  
 $P_m$  = Perímetro mojado  
 $I$  = Pendiente longitudinal del cauce

ESCALA V 1 : 1000 (A4)  
 ESCALA H 1 : 1000 (A4)







BARCENA  
DE CICERO



ARXXI



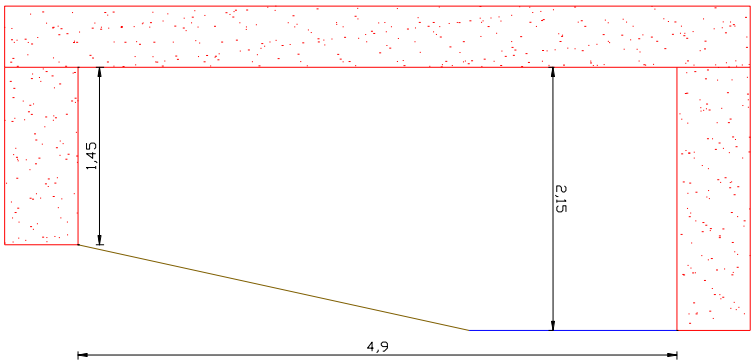
En la zona 4, con base en los trabajos de campo realizados fue posible identificar dos pontones que cruzan el arroyo de Rugama (junto al P2-C4) y que sirven de acceso a dos fincas ("casa Bernardinos"). La geometría de dichos pontones es la que se ilustra a adjuntos

Utilizando el procedimiento descrito anteriormente, se ha comprobado que estos dos pontones tienen capacidad para desaguar la avenida de 10 años de periodo de retorno (13,424m³/s). Sin embargo, se ha confirmado que el pontón 2 no dispone de una sección útil capaz de asimilar la avenida de 500 años de periodo de retorno (37,290 m³/s) y que el pontón 1, aunque pueda asimilar esta avenida, puede ver su capacidad comprometida por la cantidad de vegetación que la ocupa.

Al final del presente estudio se presenta, sobre la topografía a escala 1:5000, las llanuras de inundación obtenidas en la zona 4 para las avenidas en análisis. Además se presenta la delimitación de las zonas de servidumbre (franja de 5 m de anchura en las márgenes, exterior a los límites del cauce público, entendido este como el obtenido de la avenida T=10 años) y de policía (franja de 100 m de anchura en las márgenes exteriores del cauce público).

Pontón sobre el Cauce del arroyo de Rugama en la zona de "Casa Bernardinos" (Pontón 1)

pa-10



Pontón sobre el Cauce del arroyo de Rugama en la zona de "Casa Bernardinos" (Pontón 2)

pa-9

