

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y LAS ZONAS INUNDABLES EN LA ZONA DE LOS GÁMEZ, EN LOS DESARROLLOS PREVISTOS POR EL P.G.O.U. EN REVISIÓN.



Ayuntamiento de Málaga

Gerencia Municipal de Urbanismo, Obras e Infraestructuras



EL CONSULTOR:



AUTOR DEL PROYECTO:

INMACULADA BARQUERO ZAFRA
Ingeniero Caminos, Canales y Puertos

JUNIO 2010

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO	2	4.4.- CÁLCULOS CON HEC-RAS	30
2.- DATOS DE PARTIDA	3	4.4.1.- Descripción del programa	30
2.1.- INTRODUCCIÓN	3	4.4.2.- Hipótesis y limitaciones del programa	31
2.2.- CARTOGRAFÍA EMPLEADA EN LA MODELIZACIÓN	3	4.4.3.- Resultados de la simulación.	32
2.3.- DATOS DE PRECIPITACIÓN	3	5.- CONCLUSIONES	32
2.4.- DATOS DE LA CUENCA	4	5.1.- ANÁLISIS DE RIESGOS	32
3.- ESTUDIO HIDROLÓGICO	4	5.1.1.- Problemas de funcionamiento de obras de fábrica y embovedados	32
3.1.- OBJETIVO DE LA SIMULACIÓN HIDROLÓGICA.....	4	5.1.2.- Problemas de inundación de márgenes	33
3.2.- DESCRIPCIÓN DE LAS CUENCAS OBJETO DE ESTUDIO.....	5	5.2.- DELIMITACIÓN DE ZONAS DE RIESGO POR INUNDACIÓN	33
3.2.1.- División en subcuencas.....	5	5.3.- MEDIDAS DE CONSERVACIÓN Y POLICÍA.....	34
3.2.2.- Caracterización morfológica.....	7	APENDICES:	35
3.2.3.- Tiempo de concentración.	7	1.- DATOS PREVIOS PGOU.....	36
3.3.- CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA.....	7	2.- ESTUDIO HIDROLOGICO	37
3.3.1.- Vegetación y usos del suelo.....	8	2.1.- Cuenca de aportación	38
3.3.2.- Litología y permeabilidades en la zona superficial	10	2.2.- Usos del suelo	39
3.3.3.- Pendientes medias.....	14	2.3.- Litología.....	40
3.3.4.- Determinación del umbral de escorrentía.....	16	2.4.- Permeabilidad superficial	41
3.4.- PRECIPITACION DE DISEÑO.....	19	2.5.- Pendientes medias	42
3.4.1.- Introducción.....	19	2.6.- Umbral de escorrentía	43
3.5.- CÁLCULO DE CAUDALES	20	3.- ESTUDIO HIDRAULICO. RESULTADOS	44
3.5.1.- Planteamiento general.....	20	3.1.- Vista 3D de la cuenca. T=10 años.....	45
3.5.2.- Fórmula de cálculo	20	3.2. Longitudinales. T=10 años	47
3.5.3.- Coeficiente de escorrentía.....	21	3.3. Transversales. T=10 años.....	56
3.5.4.- Intensidad media de precipitación	22	3.4. Tablas de resultados. T=10 años	82
3.5.5.- Superficie.....	23	3.5.- Vista 3D de la cuenca. T=500 años.....	89
3.5.6.- Factor reductor por área y coeficiente de uniformidad	23	3.6. Longitudinales. T=500 años	91
3.5.7.- Caudales de referencia	24	3.7. Transversales. T=500 años.....	100
3.5.8.- Caudales de cálculo	25	3.8. Tablas de resultados. T=500 años	126
4.- ESTUDIO HIDRAÚLICO	27	4.- DETERMINACION DE LAS ZONAS DE DOMINIO PUBLICO, ZONAS DE	
4.1.- OBJETO DEL ESTUDIO	27	SERVIDUMBRE Y ZONAS DE POLICIA	133
4.2.- CUMPLIMIENTO DE LA LEY DE AGUAS	27	5.- DETERMINACION DE LAS ZONAS CON PELIGRO DE INUNDACION	
4.3.- MODELO MATEMÁTICO DE CÁLCULO	28	PARA T=500 AÑOS.....	134
4.3.1.- Datos Hidráulicos	28		
4.3.2.- Proceso de cálculo hidráulico.....	29		

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El Ayuntamiento de Málaga está redactado la Revisión-Adaptación del Plan General de Ordenación Urbana de Málaga. El documento de Avance fue aprobado con fecha 1 de julio de 2.005. La Aprobación Inicial del PGOU tuvo lugar el 26 de julio de 2.006, tras un periodo de información pública. El Ayuntamiento de Málaga, en sesión extraordinaria en pleno celebrada el 14 de agosto de 2.008, aprobó provisionalmente el documento de Revisión-Adaptación del PGOU, fechado en julio de 2.008, con carácter previo a la resolución definitiva.

Tras la recavación de los correspondientes informes sectoriales, se procede a emitir la Modificación y Corrección de Determinaciones del Documento de Revisión-Adaptación del PGOU fechado julio del 2.008, que fue aprobada por el Ayuntamiento en Acuerdo Plenario el 9 de junio de 2.009.

Actualmente se está redactando un segundo documento de Revisión-Adaptación del del Plan General de Ordenación Urbana de Málaga, que contempla, entre otras, las modificaciones necesarias a consecuencia de los informes sectoriales recabados. El presente estudio complementa el nuevo Documento de Revisión del PGOU y su objeto es definir los límites del dominio público hidráulico y sus zonas asociadas en los tramos de los cauces afectados por los desarrollos previstos en el PGOU revisado, con objeto no sólo de proteger dicho dominio, sino también de poder evitar o disminuir riesgos potenciales en áreas contiguas de propiedad privada. Recoge también las determinaciones incluidas en el informe sectorial emitido por la Agencia Andaluza del Agua con fecha 9 de febrero de 2.009, realizando las correcciones necesarias al documento inicial, redactado en febrero de 2.008.

El estudio que se incluye en el presente documento, comprende las cuencas que afectan a la zona de Los Gámez, y se ha estructurado en los siguientes puntos:

- 1) Análisis de antecedentes, donde se tratan entre otros, los siguientes puntos:
 - Recopilación y análisis de información previa.
 - Análisis topográfico general de la cuenca de aportación.
 - Estudio de la geología general de la cuenca.
 - Recopilación de información relativa a usos del suelo, pendientes del terreno y vegetación natural.

- 2) Estudio hidrológico, donde se analizan en detalle los siguientes apartados:
 - Determinación de la precipitación de cálculo correspondiente para diferentes periodos de retorno, en función de las prescripciones técnicas de la Agencia Andaluza del Agua.
 - Determinación del umbral de escorrentía y del coeficiente de escorrentía, a partir de la información obtenida en el análisis de antecedentes anterior.
 - Estimación del caudal de avenida correspondiente para diferentes periodos de retorno, en función de las prescripciones de la Agencia Andaluza del Agua.

- 3) Estudio hidráulico donde se recogen los siguientes puntos de análisis:
 - Estudio hidráulico para los caudales determinados en el estudio hidrológico.
 - Delimitación del dominio público hidráulico, zona de servidumbre y zona de policía.
 - Delimitación de la zona con riesgo de inundación para un periodo de retorno de 500 años.

En los siguientes apartados de la presente memoria, se incluye el desarrollo completo de los diferentes puntos citados en la presente introducción.

2.- DATOS DE PARTIDA

2.1.- INTRODUCCIÓN

Para el correcto estudio hidrológico-hidráulico de los arroyos objeto del presente estudio se requiere previamente de la definición de los siguientes datos:

- Cartografía vectorial.
- Datos de precipitación.
- Datos de la cuenca: geomorfológicos y geológicos del lugar, (pendientes, permeabilidad), cultivos y usos del suelo.

Seguidamente describimos la definición de los datos anteriores.

2.2.- CARTOGRAFÍA EMPLEADA EN LA MODELIZACIÓN

Se ha contado con la cartografía en formato digital aportada por el ICA a escala 1:10.000 de todo el término municipal. También se ha empleado la cartografía a escala 1:2.000, con curvas de nivel elevadas, aportada por la Gerencia Municipal de Urbanismo del Ayuntamiento de Málaga. Esta cartografía ha sido empleada en la modelización tridimensional de los cauces y sus márgenes, para la posterior simulación hidráulica.

La cartografía de base está restituida sobre un vuelo, y tiene un exceso de información, que ha habido que depurar muy bien para evitar errores al generar los modelos 3D del terreno.

La cartografía es del año 2.004, por lo que hay muchas zonas que aparecen en la cartografía en un estado, que no se corresponde al observado en el momento de realizar el trabajo de campo. En las zonas no cubiertas por la cartografía del año 2.004, ha sido necesario recurrir a cartografía del año 2.002.

Vistas las limitaciones de la cartografía, se decide utilizar, para los modelos en 3D del terreno, únicamente las capas con información coherente.

De este modo, se ha optado por aislar por un lado las curvas de nivel, y por otro, las nubes de puntos. En un tercer archivo se incluyen las líneas de rotura extraídas de la cartografía que pueden ser válidas para generar un modelo 3D más acorde con la realidad, además de otras líneas de rotura, dibujadas a mano, que ayuden a generar un mejor modelo.

Así, para que los longitudinales de los arroyos salgan sin escalonar, se han dibujado polilíneas 3D por el eje del cauce, de curva a curva de nivel, y, en algunos casos, también en las márgenes.

Con estos 3 ficheros (curvas, puntos y rotura), mediante el uso del programa ARCMAP/GEORAS, se han generado los modelos 3D (ficheros TIN) sobre los que trabajar.

2.3.- DATOS DE PRECIPITACIÓN

El estudio de las precipitaciones máximas diarias se llevó a cabo inicialmente a partir de los registros existentes en las estaciones meteorológicas ubicadas en el interior o en las proximidades de las cuencas estudiadas. Los registros de precipitaciones máximas fueron obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología.

Además, para cotejar los datos de las estaciones pluviométricas, se consideraron los datos de precipitación de la publicación "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" elaborada por el CEDEX para el Ministerio de Fomento.

No obstante, en el presente estudio, y a petición expresa de la Gerencia Municipal de Urbanismo, sólo se han considerado los datos de precipitación de la publicación "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" elaborada por el CEDEX para el Ministerio de Fomento.

2.4.- DATOS DE LA CUENCA

Para la simulación hidrológica se ha partido de la siguiente información:

- Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 del Instituto Geológico y Minero de España.
- Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía, a escala 1:50.000.
- Instrucción de Drenaje 5.2-IC “Drenaje superficial”.
- Cartografía del ICA a escala 1:10.000 y la cartografía a escala 1:2.000 y 1:1.000, con curvas de nivel elevadas, aportada por la Gerencia Municipal de Urbanismo del Ayuntamiento de Málaga para determinación de pendientes, delimitación de cuencas y trazado de cauces.
- Primer Documento de Aprobación Provisional del Plan General de Ordenación Urbana.

3.- ESTUDIO HIDROLÓGICO

3.1.- OBJETIVO DE LA SIMULACIÓN HIDROLÓGICA

El principal objetivo de la presente simulación hidrológica, es el obtener los diferentes caudales de avenidas, según diferentes períodos de retorno, para los cauces identificados en el presente estudio.

Los períodos de retorno que se han considerado en el presente estudio han sido los siguientes:

- 2 años.
- 5 años.
- 10 años.
- 25 años.

- 50 años.
- 100 años.
- 500 años.
- 1.000 años.

Para la determinación de dichos caudales, se ha seguido la metodología propuesta por la Instrucción de Carreteras 5.2-IC “Drenaje Superficial”, con la modificación propuesta por Témez.

Para el caso de los caudales correspondientes al periodo de retorno de 500 años se ha adoptado el mayor de los siguientes valores:

- 1.- El obtenido aplicando el método racional de la Instrucción de carreteras 5.2-IC “Drenaje Superficial”, con la modificación propuesta por Témez.
- 2.- El obtenido teniendo en cuenta los siguientes valores de caudal, en función de la superficie de la cuenca:

Superficie (Km ²)	Q (m ³ /s/km ²)	Tipo de terreno
0-5	20	Rústicos y urbanos
5-20	20-15	Rústicos
20-30	20-15	Urbanos

- 3.- El obtenido considerando las siguientes fórmulas empíricas:

$$20 < S < 25 \text{ Km}^2 \Rightarrow Q = 45 \cdot S^{0,636}$$

$$S \geq 25 \text{ Km}^2 \Rightarrow Q = 65.54 \cdot S^{0,522}$$

En el caso de cuencas con más de 30 km², sólo se han considerado, a la hora de calcular el caudal de 500 años, los puntos 1 y 3.

Al mismo tiempo se han tenido también en las recomendaciones de la Agencia Andaluza del Agua para el cálculo del coeficiente de escurrimiento.

Los caudales determinados en la presente simulación hidrológica son los que posteriormente se emplean para calcular las líneas de ocupación del agua para cada período de retorno.

3.2.- DESCRIPCIÓN DE LAS CUENCAS OBJETO DE ESTUDIO

Mediante tratamiento cartográfico de los cauces considerados en el presente estudio, se han determinado un total de 2 cuencas diferenciadas. Estas son las siguientes:

- Cuenca 1. Arroyo Sin Nombre 1.
- Cuenca 2. Arroyo Sin Nombre 2.

Para la delimitación de las cuencas y subcuencas se ha partido de las cartografía a escala 1:10.000 del ICA, además de la cartografía a escala 1:2.000 y 1:1.000 aportada por la Gerencia Municipal de Urbanismo del Ayuntamiento de Málaga.

En lo que se refiere a las pendientes del terreno, prácticamente la totalidad de ambas cuencas se encuentra en una zona con pendientes elevadas, siendo éstas de entre un 45 y un 30% para la mitad superior de ambas cuencas, y de un 30 a un 15% para la mitad inferior de las mismas.

Por último, en lo que a cubierta vegetal se refiere, predominan los cultivos de tipo leñoso (cultivos leñosos y vegetación natural de tipo leñoso, mosaicos de cultivos leñosos en seco y otros cultivos leñosos en seco), las zonas de matorral denso, las de matorral disperso con arbolado de tipo disperso (quercíneas y coníferas), y las de matorral disperso con pastizal. Las zonas con afección por cauces, objeto del presente estudio, aparecen en los mapas de usos como urbanizaciones de tipo agrícola y residencial.

3.2.1.- División en subcuencas

Como se dijo en la introducción, se han identificado un total de 2 cuencas diferenciadas, con características hidrológicas homogéneas dentro de cada unidad. La subdivisión de cuencas y subcuencas se ha realizado sobre cartografía a escala 1:10.000 y 1:2.000.

La superficie total de las cuencas estudiadas es de 265,49 Has, distribuidas de la siguiente manera:

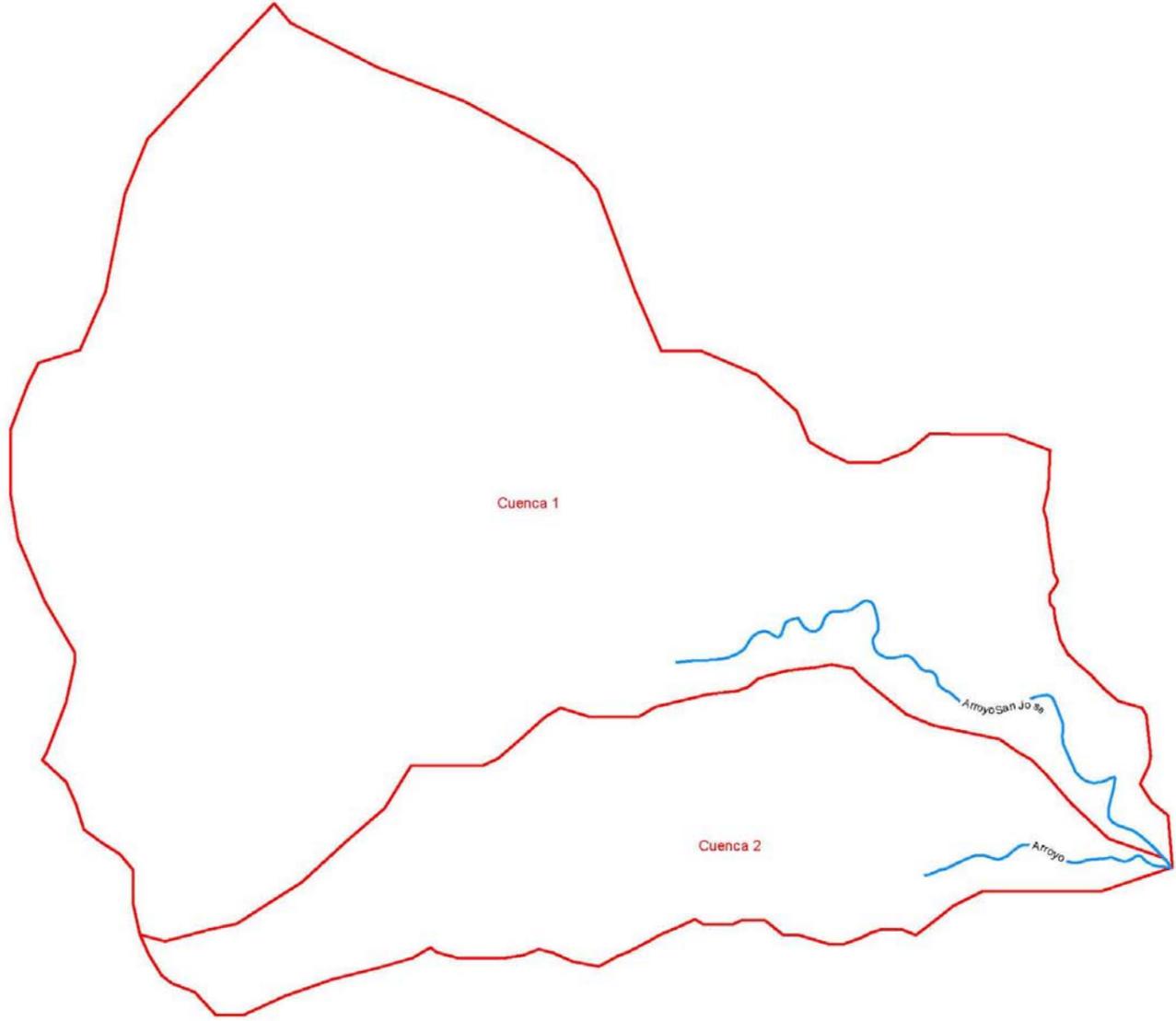
CUENCA	SUPERFICIE (Has)
1.1	201,80
1.2	63,69
Total	265,49

En la siguiente figura y en el apéndice 2 del presente anejo, se puede observar gráficamente la distribución espacial de las cuencas y subcuencas consideradas en el estudio, así como la denominación adoptada para cada una de ellas.

A continuación se recoge una tabla con la denominación de los arroyos así como el código identificativo que se ha empleado en el presente estudio. En el caso de los arroyos sin nombre definido se han designado con el código identificativo.

CÓDIGO			NOMBRE	S (Ha)
1	1	1.1	SN1	201.8
	2	1.2	SN2	63.69
SAN JOSÉ			TOTAL DE LA CUENCA	265.49

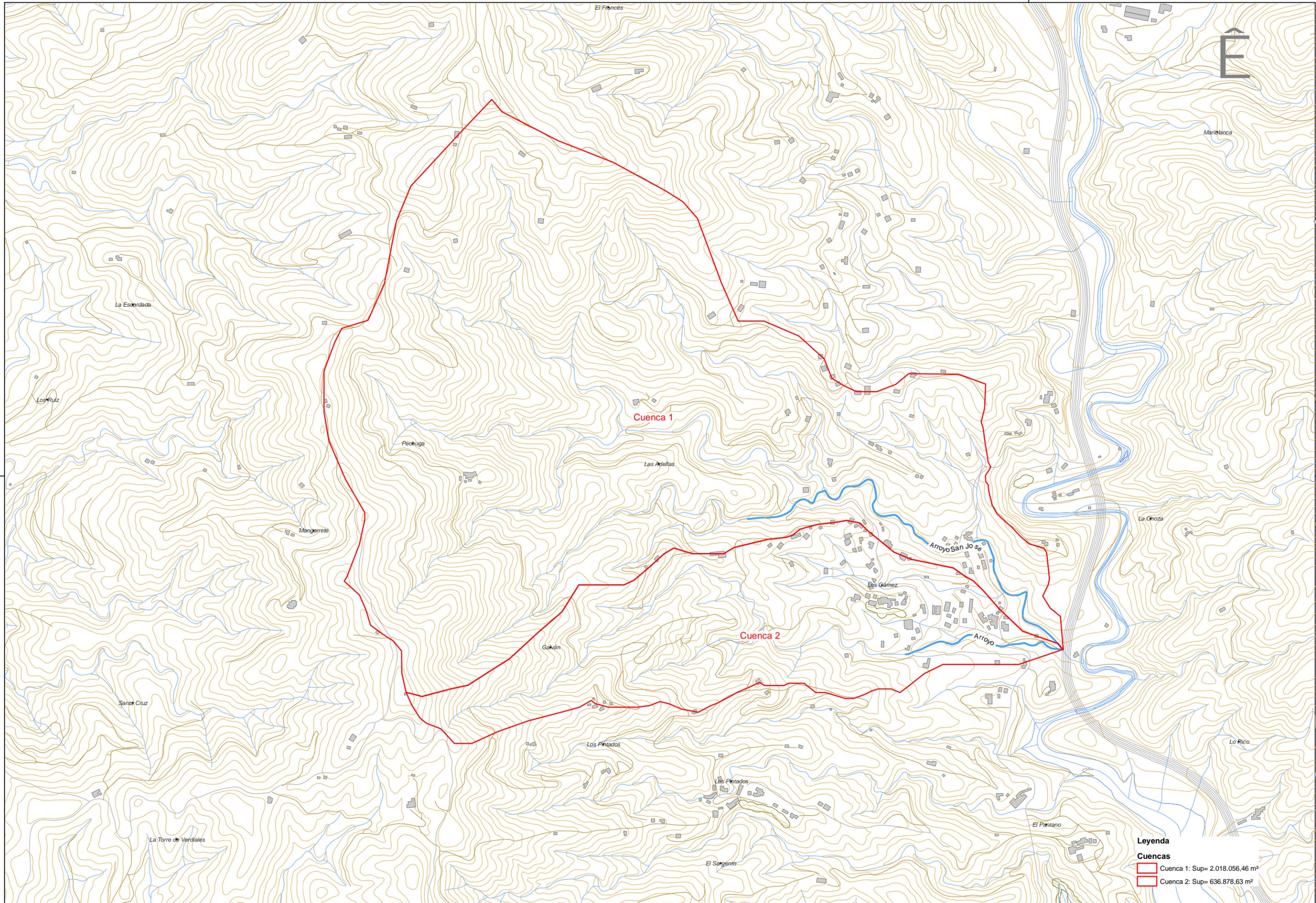
División en cuencas y subcuencas



Legenda

Cuencas

Cuenca 1	Sup= 2.018.056,46 m ²
Cuenca 2	Sup= 636.878,63 m ²



Leyenda

	Cuenca 1: Sup= 2.018.056,46 m ²
	Cuenca 2: Sup= 636.878,63 m ²

<p>TÍTULO: DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y LAS ZONAS INUNDABLES EN LA ZONA DE LOS GÁMEZ, EN LOS DESARROLLOS PREVISTOS POR EL P.G.O.U. EN REVISIÓN</p>	<p>FECHA: JUNIO 2010</p>	<p>ESCALA: 1:10.000</p>	<p>PLANO: 3.- ESTUDIO HIDROLÓGICO. 2.- DESCRIPCIÓN DE LAS CUENCAS OBJETO DE ESTUDIO 1.- DIVISIÓN EN SUBCUENCAS.</p>	<p>NUMERO DE PLANO: 1 HOJA: 1 DE 1</p>
---	------------------------------	-----------------------------	---	--

3.2.2.- Caracterización morfológica

Por otro lado, se han obtenido una serie de indicadores morfológicos para cada una de las cuencas y subcuencas analizadas. Los parámetros que se han determinado son los siguientes:

- **S:** Superficie en Has.
- **Pe:** Perímetro en km.
- **Zmáx:** Cota superior de la cuenca de aportación en m.
- **Zmín:** Cota inferior de la cuenca de aportación en m.
- **L:** Longitud del cauce principal en km.
- **J:** Pendiente media del cauce principal en tantos por uno.

CÓDIGO			NOMBRE	S (Ha)	Pe (m)	Pe (Km)	Z máx (m)	Z mín (m)	L (Km)	J (m/m)
1	1	1.1	SN1	201.8	7277.0	7.28	565.00	114.00	3.40	0.133
	2	1.2	SN2	63.7	4473.0	4.47	511.00	114.00	2.40	0.165
SAN JOSÉ			TOTAL DE LA CUENCA	265.49	13590.1	13.59	744.50	61.41	3.45	0.198

3.2.3.- Tiempo de concentración.

Otro concepto fundamental a la hora de analizar el caudal aportado por cada cuenca, es el tiempo de concentración de la misma, definido como el tiempo que tarda en llegar a la sección de salida la gota de agua de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca.

Este parámetro se determina mediante diferentes fórmulas empíricas. En nuestro caso, dada la enorme tradición existente, se ha empleado la fórmula de Témez que es además la que propone la instrucción de drenaje:

$$T_c = 0,3 \times \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

Los valores obtenidos son los siguientes, expresados en horas:

CÓDIGO			NOMBRE	Tc (h)
1	1	1.1	SN1	1.12
	2	1.2	SN2	0.82
SAN JOSÉ			TOTAL DE LA CUENCA	1.05

3.3.- CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

Para determinar la respuesta de una cuenca a un determinado episodio lluvioso, se hace necesario obtener la lluvia que genera dicha escorrentía, es decir, la lluvia neta o exceso de lluvia.

En el caso de la instrucción de drenaje se define el coeficiente de escorrentía, que es la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación diaria Pd, correspondiente a un determinado período de retorno, y el umbral de escorrentía Po a partir del cual se inicia ésta.

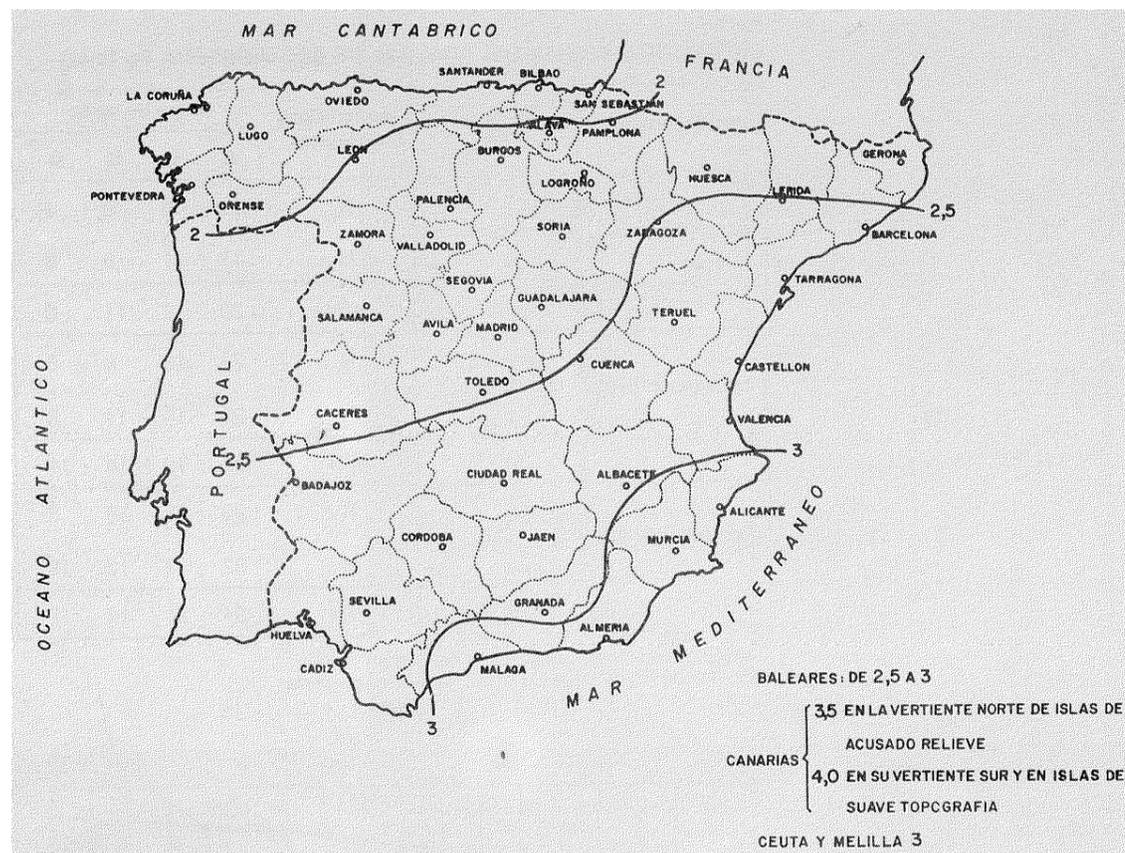
La fórmula propuesta por la instrucción es:

$$C = \frac{\left(\frac{P_d}{P_o} - 1 \right) \times \left(\frac{P_d}{P_o} + 23 \right)}{\left(\frac{P_d}{P_o} + 11 \right)^2}$$

siendo:

- C = coeficiente de escorrentía.
- P_d = precipitación máxima diaria.
- P_o = umbral de escorrentía.

Para estimar P_o se siguen las indicaciones recogidas en la citada instrucción, en función del grupo de suelo y uso del suelo. Dicho parámetro se afecta además por un coeficiente corrector en función de la situación geográfica de la cuenca, según la figura adjunta. En nuestro caso, se ha optado por tomar el valor 3,1 para dicho coeficiente corrector.



Coeficiente corrector para el umbral de escorrentía.

En cualquier caso, como paso previo y necesario para la definición del complejo hidrológico presente en el área de estudio, se hace necesario elaborar una serie de planos temáticos geográficos, con información de la vegetación y usos del suelo, la litología y permeabilidades del terreno, y las pendientes medias de las diferentes cuencas y subcuencas.

3.3.1.- Vegetación y usos del suelo

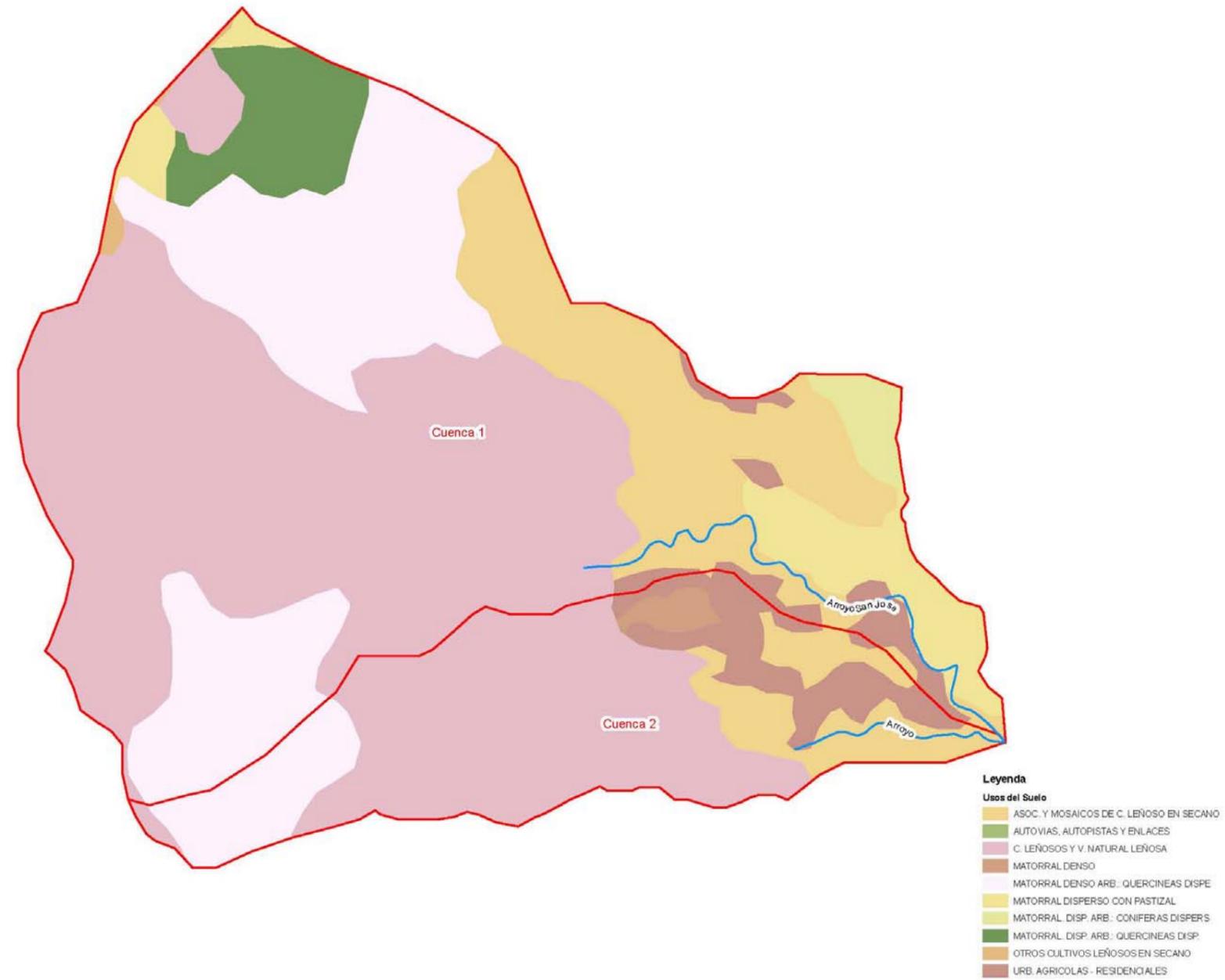
El aspecto fundamental considerado para la obtención del umbral de escorrentía es el tipo de cubierta del suelo, conjuntamente con el tipo de tratamiento en el caso de cultivos. La documentación básica de partida para la elaboración de este plano ha sido el “Mapa de Cultivos y Aprovechamientos” de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, a escala 1:50.000.

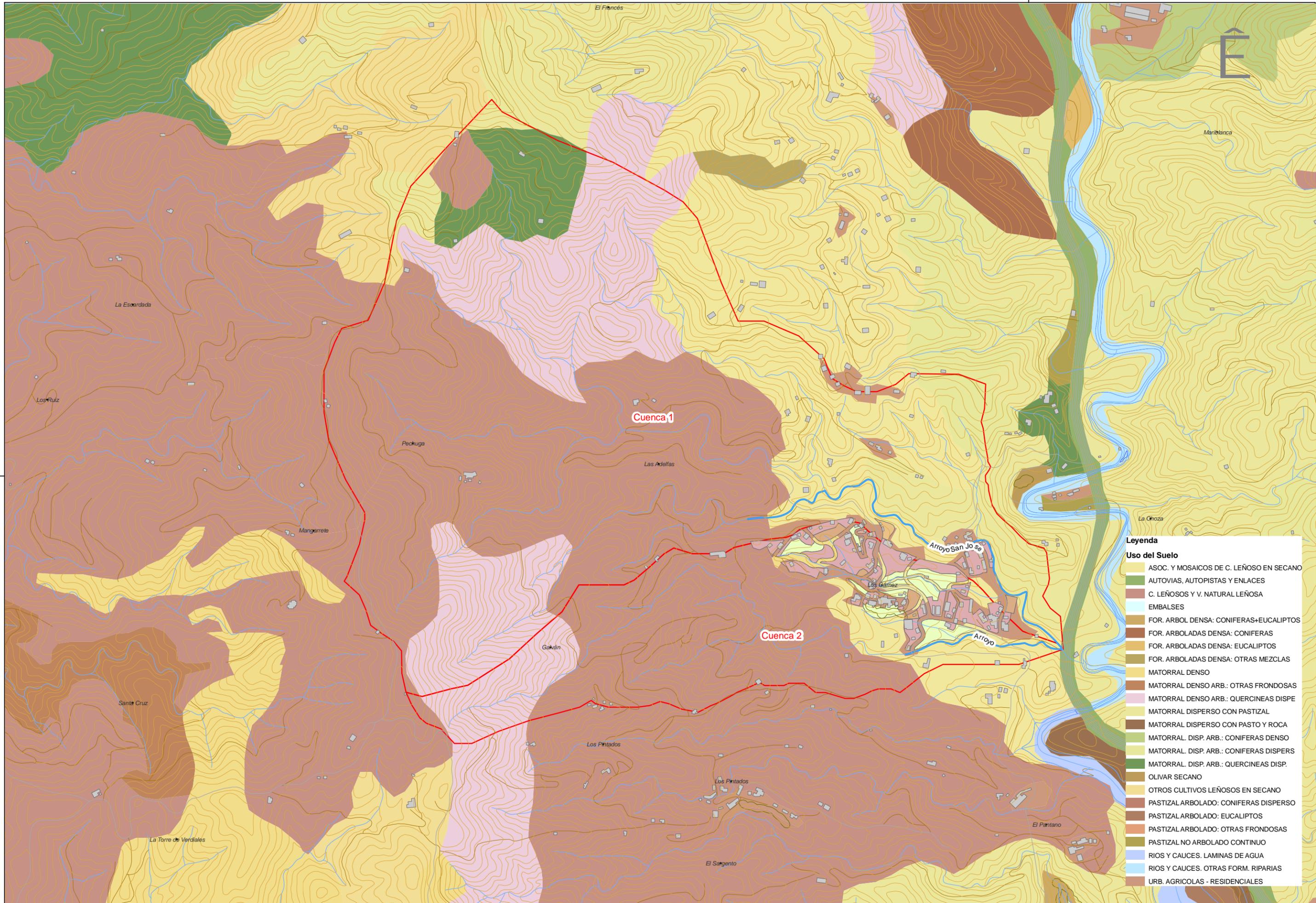
Según el Mapa de Cultivos mencionado, se han identificado los siguientes cultivos:

- Asociación y mosaicos de cultivos leñosos en secano.
- Cultivos leñosos y vegetación natural de naturaleza leñosa.
- Matorral denso.
- Matorral denso con arbolado (quercíneas disperso y coníferas disperso).
- Matorral disperso con pastizal.
- Matorral disperso con arbolado (quercíneas disperso).
- Urbanizaciones agrícolas y residenciales.

En las figuras adjuntas y en el apéndice 2 se muestra el plano de vegetación y usos de suelo que se ha utilizado en el presente estudio para obtener, conjuntamente con los planos de litología, permeabilidades y pendientes (analizados en sendos apartados a continuación), la distribución del umbral de escorrentía para cada subcuenca.

Mapa de usos del suelo





Leyenda

Uso del Suelo

- ASOC. Y MOSAICOS DE C. LEÑOSO EN SECANO
- AUTOVIAS, AUTOPISTAS Y ENLACES
- C. LEÑOSOS Y V. NATURAL LEÑOSA
- EMBALSES
- FOR. ARBOL DENSA: CONIFERAS+EUCALIPTOS
- FOR. ARBOLADAS DENSA: CONIFERAS
- FOR. ARBOLADAS DENSA: EUCALIPTOS
- FOR. ARBOLADAS DENSA: OTRAS MEZCLAS
- MATORRAL DENSO
- MATORRAL DENSO ARB.: OTRAS FRONDOSAS
- MATORRAL DENSO ARB.: QUERCINEAS DISPE
- MATORRAL DISPERSO CON PASTIZAL
- MATORRAL DISPERSO CON PASTO Y ROCA
- MATORRAL. DISP. ARB.: CONIFERAS DENSO
- MATORRAL. DISP. ARB.: CONIFERAS DISPERS
- MATORRAL. DISP. ARB.: QUERCINEAS DISP.
- OLIVAR SECANO
- OTROS CULTIVOS LEÑOSOS EN SECANO
- PASTIZAL ARBOLADO: CONIFERAS DISPERSO
- PASTIZAL ARBOLADO: EUCALIPTOS
- PASTIZAL ARBOLADO: OTRAS FRONDOSAS
- PASTIZAL NO ARBOLADO CONTINUO
- RIOS Y CAUCES. LAMINAS DE AGUA
- RIOS Y CAUCES. OTRAS FORM. RIPARIAS
- URB. AGRICOLAS - RESIDENCIALES

3.3.2.- Litología y permeabilidades en la zona superficial

Otro aspecto fundamental en el análisis de la lluvia neta en cada una de las subcuencas estudiadas es el análisis de la permeabilidad al agua que ofrecen los diferentes sustratos que conforman las cuencas de recepción.

La documentación básica de partida para la obtención de esta información ha sido el Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, elaborado por el instituto Geológico y Minero de España, fundamentalmente la hoja 1053/67 (Málaga-Torremolinos).

Desde un punto de vista hidrológico, nos interesa determinar la capacidad de infiltración del agua de lluvia, en función de la diferente naturaleza de los suelos presentes en las cuencas de estudio. Esta información se ha extraído del Mapa Hidrogeológico de España E = 1/200.000, hoja 83 Granada – Málaga. Además se ha consultado la bibliografía existente y el plano Medio Físico. Hidrogeología, del Documento de Aprobación Inicial del Plan General de Málaga.

Desde el punto de vista del comportamiento hidrológico se establecen cuatro tipos de sustrato distintos según sea su permeabilidad mayor o menor.

- TIPO DE SUELO A

Es el que ofrece menor escorrentía. Incluye los suelos que presentan mayor permeabilidad, incluso cuando están saturados. Comprenden los terrenos profundos, sueltos, con predominio de arena o grava y con muy poco limo o arcilla.

- TIPO DE SUELO B

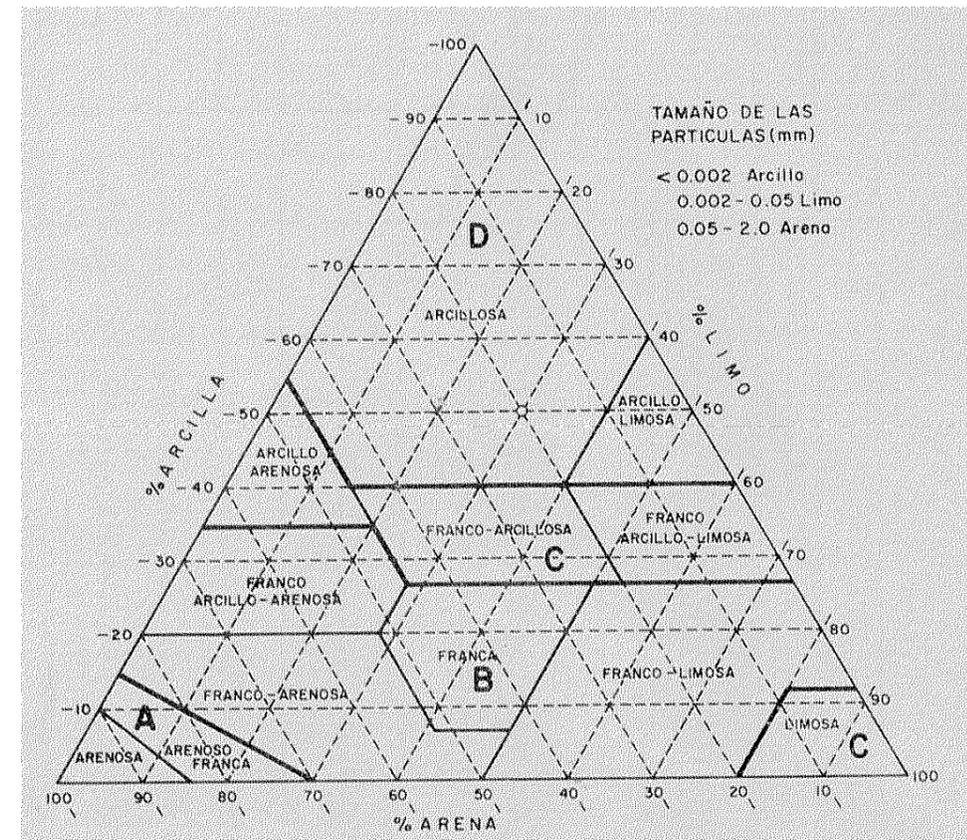
Incluye los suelos de moderada permeabilidad cuando están saturados, comprendiendo los terrenos arenosos menos profundos que los del grupo anterior, aquellos otros de textura franco-arenosa de mediana profundidad y los francos profundos.

- TIPO DE SUELO C

Incluye los suelos que ofrecen poca permeabilidad cuando están saturados, por presentar un estrato impermeable que dificulta la infiltración o porque, en conjunto, su textura es franco-arcillosa o arcillosa.

- TIPO DE SUELO D

Es el que ofrece mayor escorrentía. Incluye los suelos que presentan gran impermeabilidad, tales como los terrenos muy arcillosos profundos con alto grado de tumefacción, los terrenos que presentan en la superficie o cerca de la misma una carga de arcilla muy impermeable y aquellos otros con subsuelo muy impermeable próximo a la superficie.



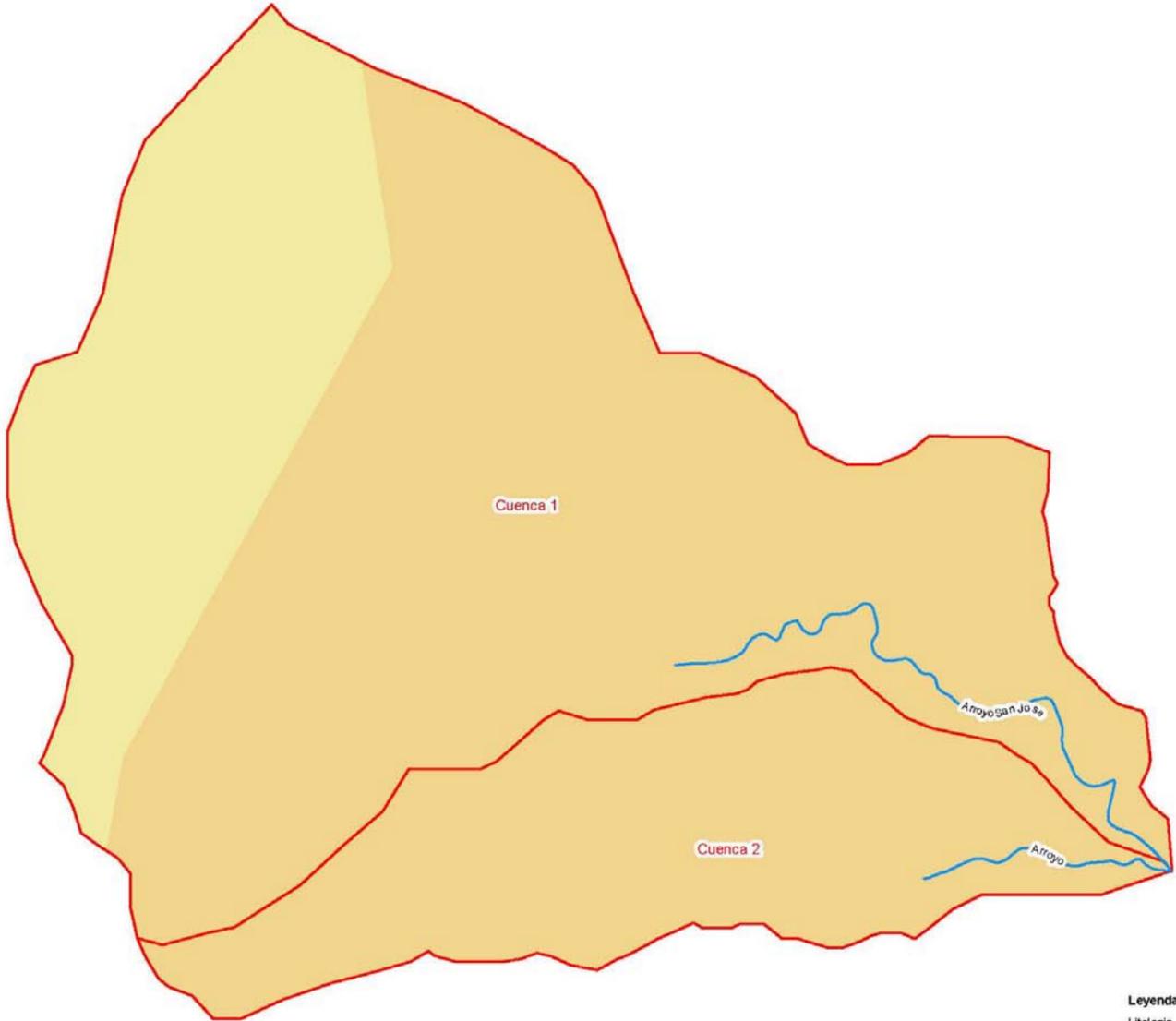
Textura de los diferentes tipos de suelo.

Para determinar que tipo de suelo se corresponde con cada grupo litológico, se ha empleado la correspondencia que aparece en el mapa hidrogeológico de España. De esta forma se establecen los siguientes grupos:

LITOLOGÍA	PERMEABILIDAD	CATEGORIA
Calizas y grauwacas (localmente filitas)	Media	C
Filitas, metarenisclas, metabasitas y grauwacas	Baja	D

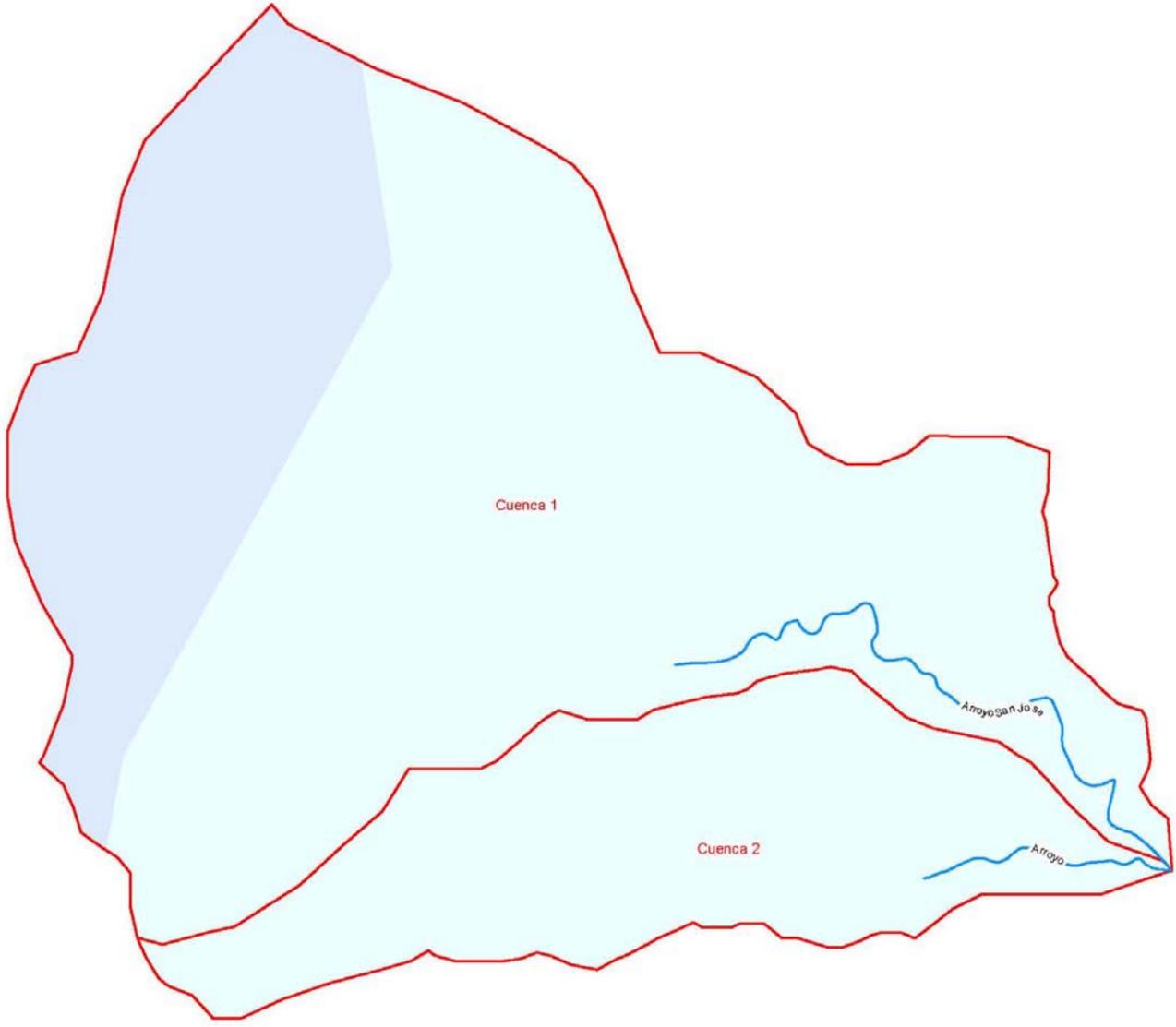
En las figuras adjuntas y en el apéndice 2 se muestran los planos de litología y de permeabilidades superficiales.

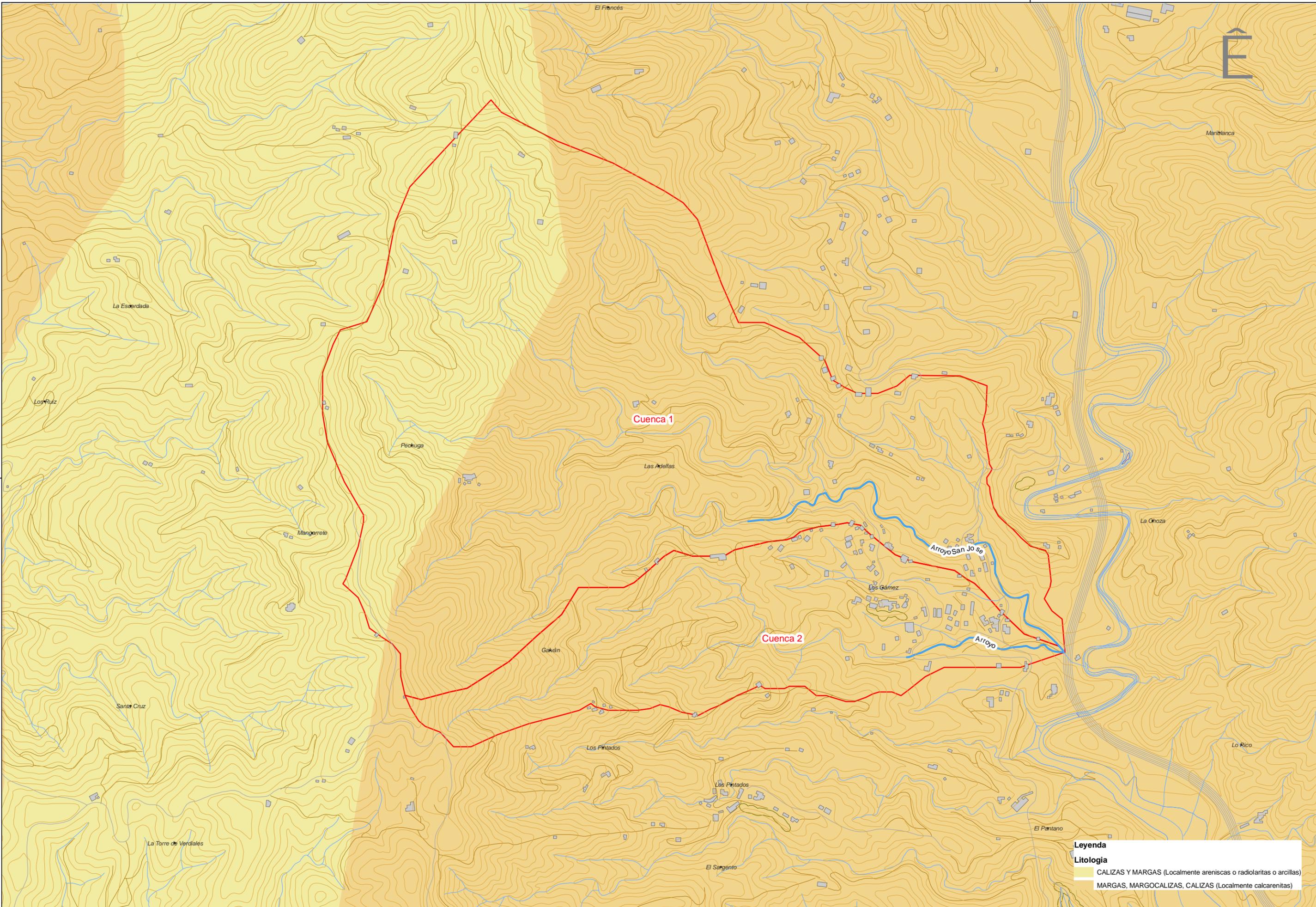
Litología



Leyenda
Litología
Calizas y grauwacas (localmente filitas)
Filitas, metareniscas, metabasicas y grauwacas

Permeabilidad superficial





TÍTULO: DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y LAS ZONAS INUNDABLES EN LA ZONA DE LOS GÁMEZ, EN LOS DESARROLLOS PREVISTOS POR EL P.G.O.U. EN REVISIÓN	FECHA: JUNIO 2010	ESCALA: 1:10.000	PLANO: 3.- ESTUDIO HIDROLOGICO. 3.- CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA. 2.- LITOLOGÍA Y PERMEABILIDADES EN LA ZONA SUPERFICIAL.	NÚMERO DE PLANO: 2 HOJA: 1 DE 1
--	-----------------------------	----------------------------	--	--

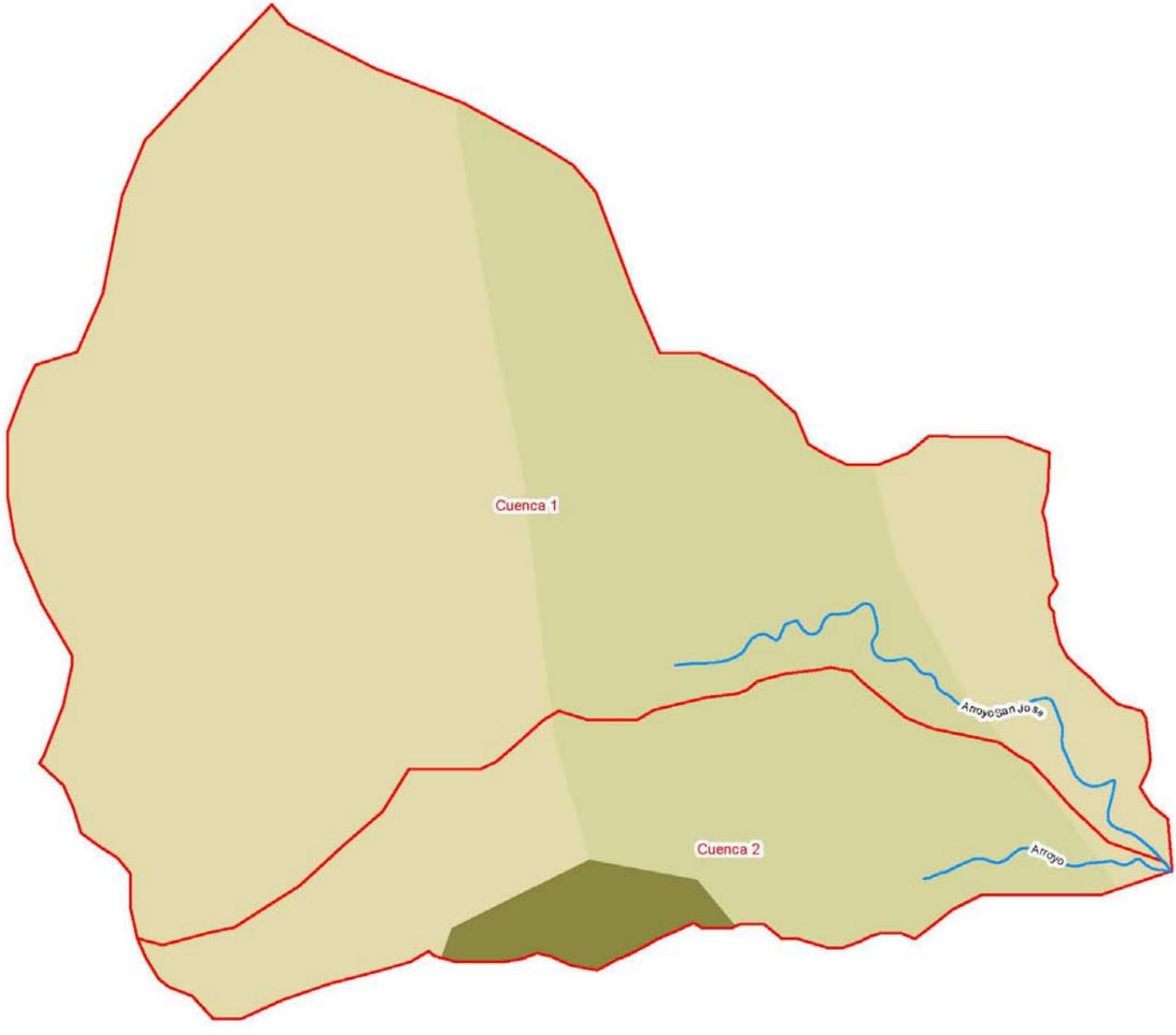
3.3.3.- Pendientes medias

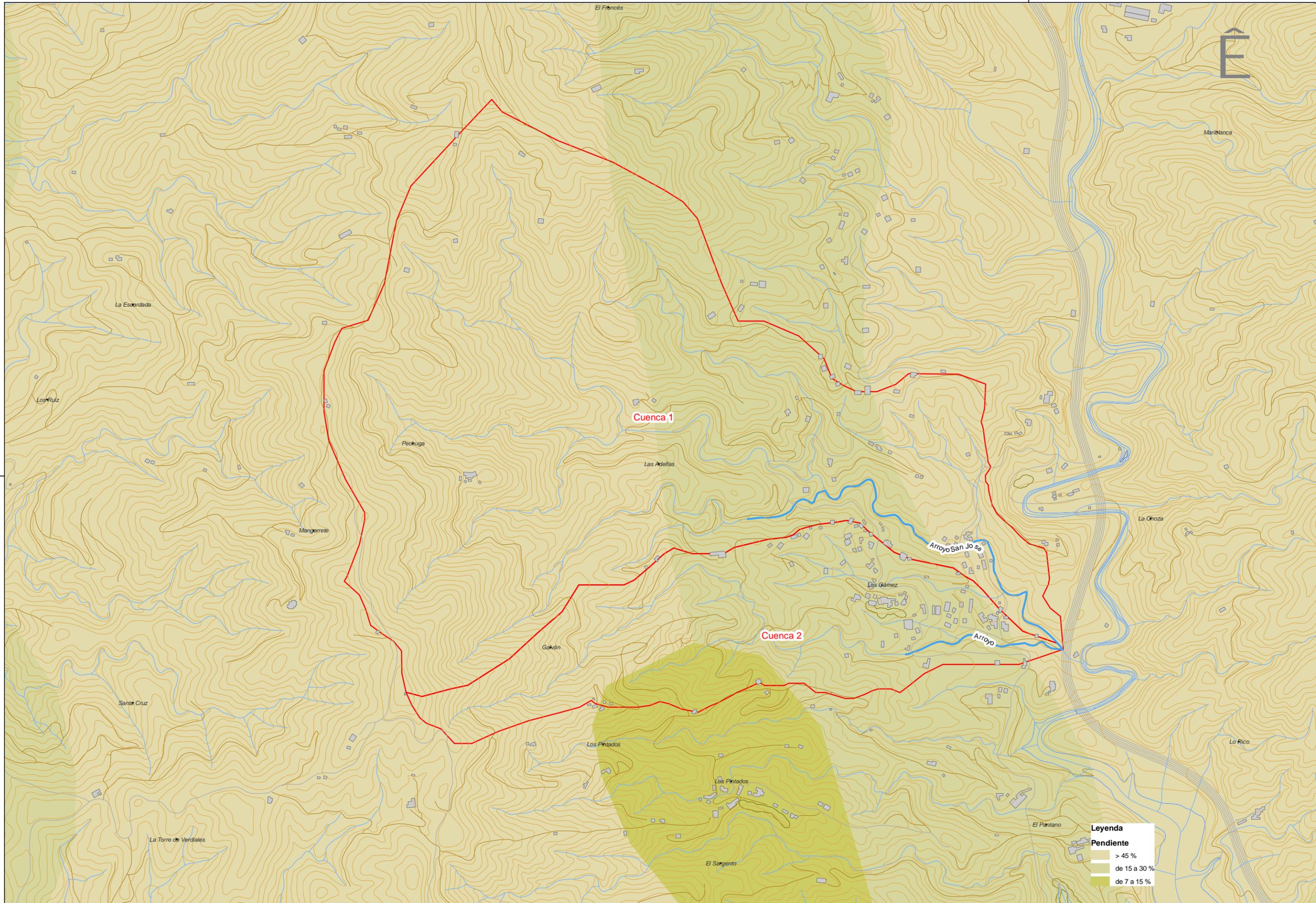
La pendiente es el tercer factor que actúa como condicionante de la respuesta del terreno frente a aguaceros. La incidencia de la pendiente presenta diversas facetas, siendo quizás las más importantes las relativas al control que ejerce sobre:

- El desarrollo de los suelos y, en consecuencia, su capacidad de retención de agua de lluvia, que es lógicamente mayor en las zonas llanas que en las inclinadas.
- La tasa de infiltración que, para suelos del mismo tipo, es mayor cuanto menor es la pendiente.
- La velocidad del flujo superficial en laderas y cauces y, por lo tanto, el tiempo de concentración de la cuenca.

La consideración de este parámetro se ha realizado por tratamiento de la cartografía vectorial a escala 1:10.000. En el tratamiento final de la información se ha tenido en cuenta solamente si la pendiente es superior o inferior al 3%, valor límite propuesto por la Instrucción para pasar de un tramo a otro en la determinación del umbral de escorrentía. Dicha información se muestra en la figura adjunta y en el apéndice 2.

Pendiente media del terreno





TITULO:
 DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO
 Y LAS ZONAS INUNDABLES EN LA ZONA DE LOS GÁMEZ, EN LOS
 DESARROLLOS PREVISTOS POR EL P.G.O.U. EN REVISIÓN

FECHA:
 JUNIO 2010

ESCALA:
 1:10.000

PLANO:
 3.- ESTUDIO HIDROLOGICO.
 3.- CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA.
 3.- PENDIENTES MEDIAS

NUMERO DE PLANO:
 3
 HOJA:
 1 DE 1

3.3.4.- Determinación del umbral de escorrentía

Como ya se ha indicado anteriormente, los elementos esenciales que permiten cuantificar la intercepción, la retención, la infiltración y finalmente la escorrentía, son la permeabilidad del suelo, dependiente sobre todo de sus características litológicas y edafológicas, las características de la cubierta vegetal, esencialmente la vegetación y la forma de uso del terreno, y finalmente la pendiente media del terreno.

Una vez establecidos sobre la cartografía los límites de las áreas homogéneas en lo que se refiere a la combinación suelo/cubierta, se ha procedido a realizar una triple intersección de los planos de usos del suelo, permeabilidad y pendiente. En dicha intersección se han generado varios polígonos, a cada uno de los cuales le corresponde un umbral de escorrentía. Dicho número está especificado en las tablas publicadas por la Instrucción de Drenaje y quedan recogidas en la publicación del CEDEX “Recomendaciones para el cálculo hidrometeorológico de avenidas”.

En las tablas adjuntas se muestra la forma de asignar el parámetro correspondiente según el tipo de complejo suelo-vegetación, el estado de la cubierta vegetal, las labores agrícolas y la humedad del suelo. En cuanto a la cubierta vegetal, se establecen distintas clases en sus condiciones hidrológicas, con graduaciones de pobres a buenas para la infiltración.

Cuanto más denso es el cultivo, mejor es su condición hidrológica para la infiltración, y en consecuencia, menor es el valor del número representativo de la escorrentía. Y en cuanto a la forma de tratar la tierra, si la pendiente es superior al 3 % y las faenas agrícolas se ejecutan sin tener en cuenta la misma, la escorrentía será más elevada, mientras que si se labra por curvas de nivel o la pendientes es inferior al 3 %, la escorrentía será moderada, y si además, los cultivos se disponen en terrazas abiertas con buen drenaje y buena conservación del suelo, se favorecerá la infiltración.

El valor representativo de la escorrentía para cada subcuenca ha de ser único, por lo que se ha realizado una media ponderada de dicha característica en función del área de cada polígono individual que se generó anteriormente y que pertenecen a la misma subcuenca.

A continuación se exponen las tablas que permiten seleccionar el valor representativo de la escorrentía. En cualquier caso, se han seguido las recomendaciones de la Agencia Andaluza del Agua, no considerándose valores superiores a 20-25 mm para el umbral de escorrentía.

Uso de la tierra	Pendiente (%)	Características hidrológicas	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	≥ 3	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	6
	< 3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	≥ 3	R	23	13	8	6
		N	25	16	11	8
	< 3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	≥ 3	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	< 3	R/N	34	21	14	12

Nota: N: denota cultivo según las curvas de nivel.
R: denota cultivo según la línea de máxima pendiente.

Obtención del umbral de escorrentía según la instrucción de drenaje.

Uso de la tierra	Pendiente (%)	Características hidrológicas	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Rotación de cultivos pobres	≥ 3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	< 3	R/N	30	19	13	10
Rotación de cultivos densos	≥ 3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	< 3	R/N	47	25	16	13
Praderas	≥ 3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	*	33	18	13
		Muy buena	*	41	22	15
	< 3	Pobre	58	25	12	7
		Media	*	35	17	10
		Buena	*	*	22	14
		Muy buena	*	*	25	16
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal	≥ 3	Pobre	62	26	15	10
		Media	*	34	19	14
		Buena	*	42	22	15
	< 3	Pobre	*	34	19	14
		Media	*	42	22	15
		Buena	*	50	25	16
Masas forestales (bosques, Monte bajo, etc.)		Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	*	34	22	16
		Espesa	*	47	31	23
		Muy espesa	*	65	43	33

Notas: 1. N: denota cultivo según las curvas de nivel.
 R: denota cultivo según la línea de máxima pendiente.
 2. *: denota que esa parte de cuenca debe considerarse inexistente a efectos de cálculo de caudales de avenida.
 3. Las zonas abancaladas se incluirán entre las de pendiente menor del 3 por 100.

Tipo de terreno	Pendiente (%)	Umbral de escorrentía (mm)
Rocas permeables	≥ 3	3
	< 3	5
Rocas impermeables	≥ 3	2
	< 3	4
Firmes granulares sin pavimento		2
Adoquinados		1,5
Pavimentos bituminosos o de hormigón		1

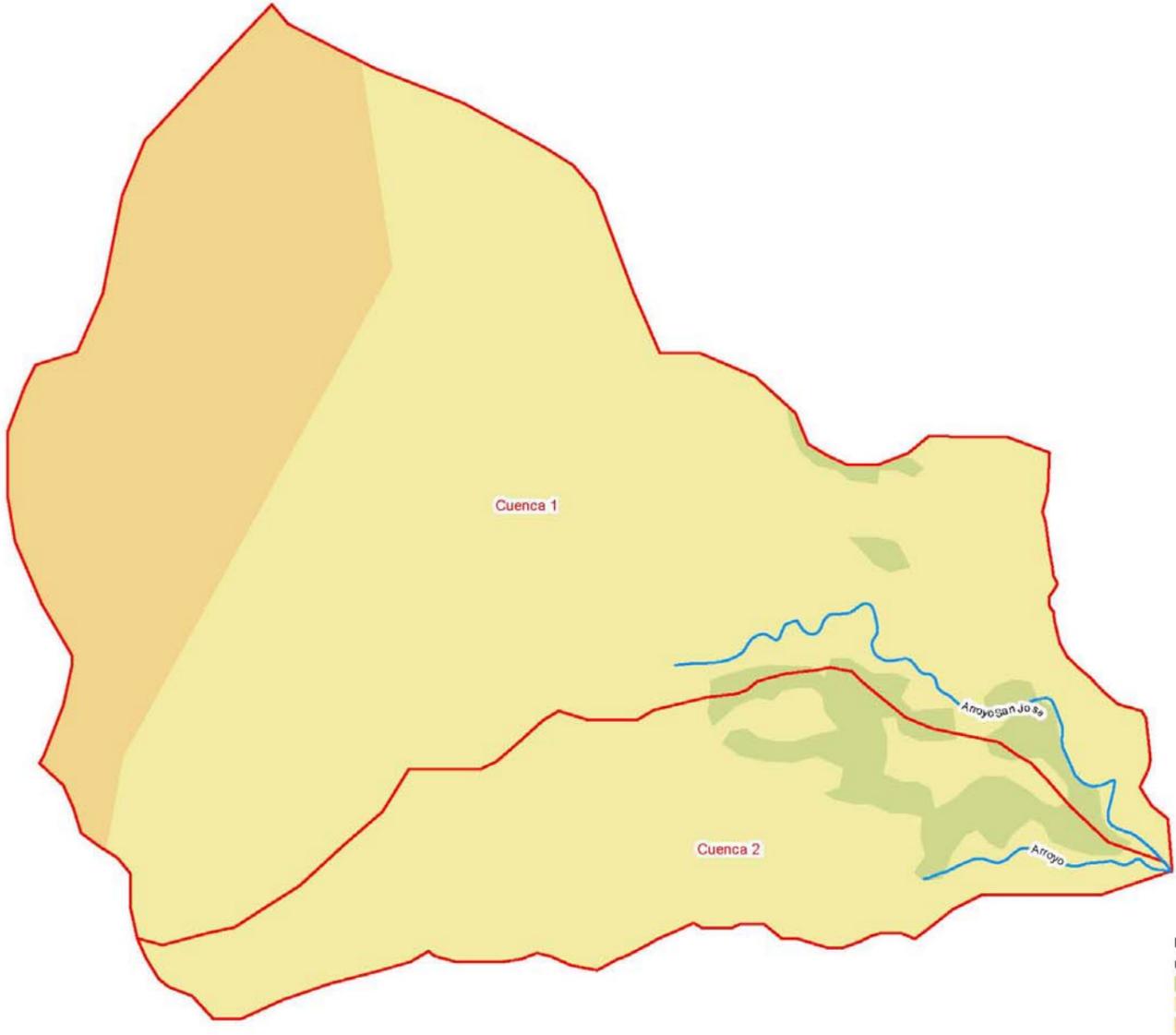
Obtención del umbral de escorrentía según la instrucción de drenaje (continuación).

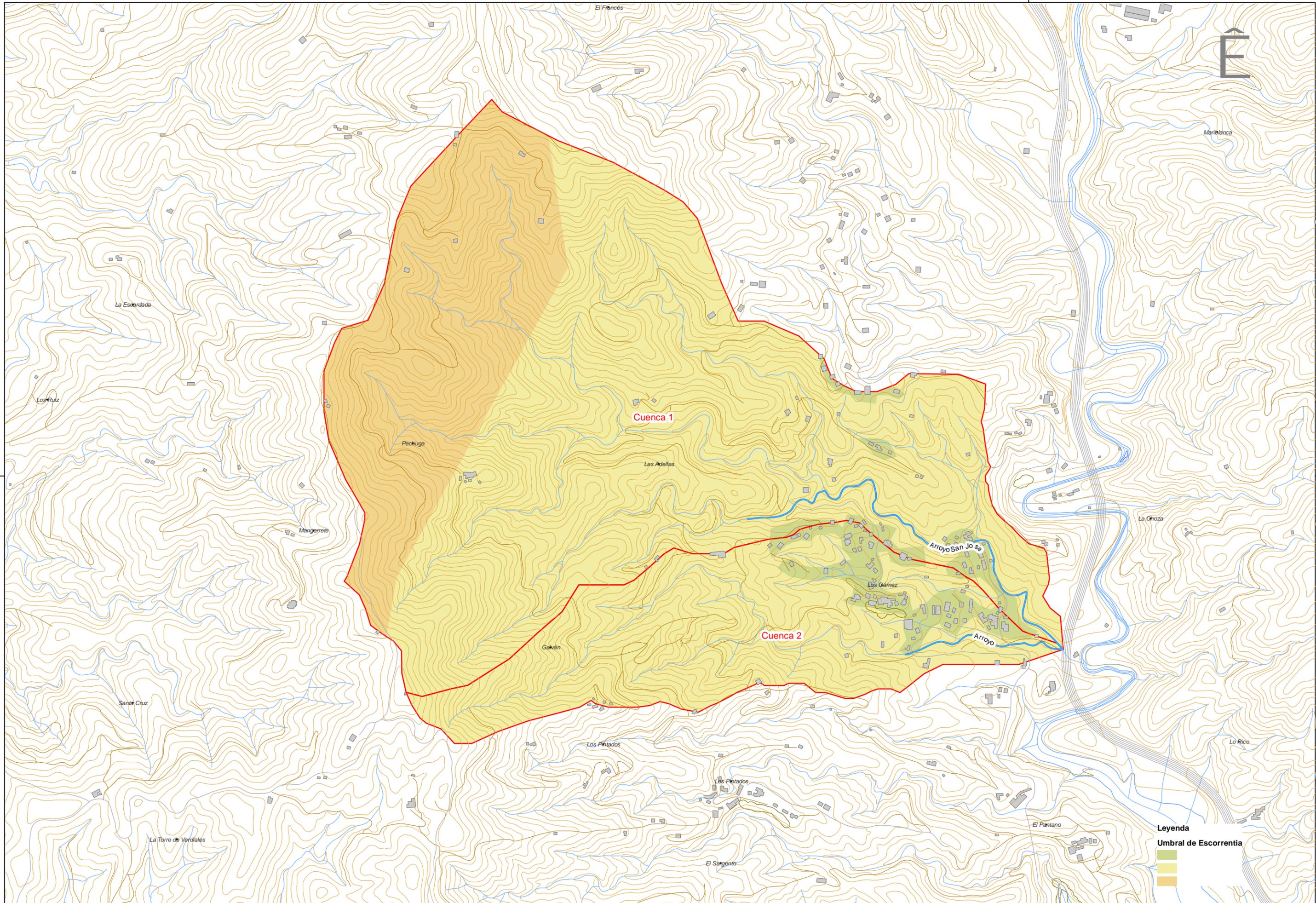
Los coeficientes empleados en nuestro caso, extraídos de las tablas anteriores, antes de aplicar el coeficiente corrector, han sido los siguientes:

USOS DEL SUELO					USO
A	B	C	D	PTE	
1	1	1	1	>3%	Autovías, autopistas y enlaces
1	1	1	1	<3%	
25	17	8	5	>3%	Cultivos leñosos y vegetación natural leñosa
25	17	8	5	<3%	
25	17	8	5	>3%	Matorral denso
25	17	8	5	<3%	
25	17	8	5	>3%	Matorral denso y arbolado: quercíneas dispersas dispersas
25	17	8	5	<3%	
25	17	8	5	>3%	Matorral disperso con arbolado: coníferas dispersas
25	17	8	5	<3%	
25	17	8	5	>3%	Matorral disperso con arbolado: quercíneas dispersas
25	17	8	5	<3%	
25	17	8	5	>3%	Matorral disperso con pastizal
25	17	8	5	<3%	
25	17	8	5	>3%	Mosaicos de cultivos leñosos en secano
25	17	8	5	<3%	
25	17	8	5	>3%	Otros cultivos leñosos en secano
25	17	8	5	<3%	
1.0	1.0	1.0	1.0	>3%	Urbanizaciones agrícolas y residenciales
1.0	1.0	1.0	1.0	<3%	

La siguiente figura muestra la intersección entre los mapas temáticos considerados: uso del suelo, pendiente y permeabilidad superficial, es decir, el valor del umbral de escorrentía sin corregir.

Intersección entre el uso del suelo, pendiente y permeabilidad. Umbral de escorrentía.





Leyenda

Umbral de Escorrentia

-
-

<p>TITULO: DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y LAS ZONAS INUNDABLES EN LA ZONA DE LOS GÁMEZ, EN LOS DESARROLLOS PREVISTOS POR EL P.G.O.U. EN REVISIÓN</p>	<p>FECHA: JUNIO 2010</p>	<p>ESCALA: 1:10.000</p>	<p>PLANO: 3.- ESTUDIO HIDROLOGICO. 3.- CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA. 4.- UMBRAL DE ESCORRENTIA.</p>	<p>NUMERO DE PLANO: 4</p> <p>HOJA: 1 DE 1</p>
---	--------------------------------------	-------------------------------------	--	---

El último paso es obtener el umbral de escorrentía ponderado para cada subcuenca, que se empleará finalmente para el cálculo del caudal en cada caso.

Los resultados finales obtenidos tras la ponderación areal de cada polígono individual identificado para cada subcuenca se resumen a continuación.

3.4.- PRECIPITACION DE DISEÑO

3.4.1.- Introducción

El estudio de las precipitaciones máximas diarias se llevó a cabo inicialmente a partir de los registros existentes en las estaciones meteorológicas ubicadas en el interior o en las proximidades de las cuencas estudiadas. Los registros de precipitaciones máximas fueron obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología.

Además, para cotejar los datos de las estaciones pluviométricas, se consideraron los datos de precipitación de la publicación “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” elaborada por el CEDEX para el Ministerio de Fomento.

No obstante, en el presente estudio, y a petición expresa de la Gerencia Municipal de Urbanismo, sólo se han considerado los datos de precipitación de la publicación “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” elaborada por el CEDEX para el Ministerio de Fomento.

Dicha publicación contiene una serie de mapas de de isolíneas de precipitación que cubren todo el territorio español. Según dichos mapas, las isolíneas representan el coeficiente de variación C_v y el valor promedio P de la precipitación máxima diaria anual. Para un período de retorno dado T y el valor regional de C_v , se obtiene el factor de amplificación K_T según la tabla que se incluye en la publicación. Por último se obtiene la precipitación máxima diaria para el período de retorno deseado, sin más que multiplicar el valor medio de la precipitación P por el factor de amplificación K_T .

La siguiente figura reproduce la hoja con los valores de C_v y P correspondiente a la zona de proyecto.



Mapa de isolíneas de P y C_v

Se incluye a continuación el resumen con los valores obtenidos para los diferentes períodos de retorno analizados. Se ha realizado el análisis considerando las coordenadas UTM del centroide de cada cuenca.

CÓDIGO	NOMBRE	COORDENADAS UTM CENTRO APROX. CUENCA		SEGÚN INSTRUCCIÓN 5.2-IC								
				T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T1000	
1 1 1.1	SN1	370,935	4,072,939	59.00	87.00	107.00	135.00	158.00	182.00	245.00	274.00	
2 1.2	SN2	371,320	4,072,233	60.00	88.00	108.00	137.00	161.00	185.00	249.00	278.00	
SAN JOSÉ	TOTAL DE LA CUENCA	370,931	4,072,868	59.00	87.00	107.00	135.00	158.00	182.00	245.00	274.00	

3.5.- CÁLCULO DE CAUDALES

3.5.1.- Planteamiento general.

La instrucción de carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial", propone un método hidrometeorológico para estimar los caudales asociados a diferentes períodos de retorno basado en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de la estimación de la escorrentía. Este método es válido para cuencas cuyo tiempo de concentración no supere las seis horas.

Para cuencas muy grandes el método propuesto por la Instrucción pierde precisión, empleando en estos casos el Método Racional que se estudia en la monografía publicada por el CEDEX "Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas" a partir del cual se desarrolla el método de la instrucción 5.2-IC, y que difiere de éste en ciertos parámetros.

3.5.2.- Fórmula de cálculo

El cálculo de caudales de referencia se realiza según la metodología expuesta en la instrucción 5.2-IC y la publicación del CEDEX "Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas". Según la instrucción 5.2-IC, el caudal de referencia Q en el punto en el que desagua una cuenca o superficie, se obtiene según la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{K}$$

siendo:

- C: el coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie drenada.
- A: su área, salvo que tenga aportaciones o pérdidas importantes, tales como resurgencias o sumideros, en cuyo caso el cálculo del caudal Q deberá justificarse debidamente.
- I: la intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.
- K: un coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un aumento del 20 por 100 en Q para tener en cuenta el efecto de las puntas de precipitación.

Para el caso del método propuesto en la publicación "Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas", la expresión de cálculo queda de la siguiente forma:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6} \times K$$

siendo:

- Q (m3/s): caudal punta.
- I (mm/h): máxima intensidad media en el intervalo de duración Tc. En este caso se admite un coeficiente reductor para el cálculo de la precipitación (factor reductor por área), para tener en cuenta la diferente distribución areal de la lluvia. El valor del mencionado coeficiente corrector es, para el valor de A en km²:

$$K_s = 1 - \frac{\log A}{15}$$

- A (km²): superficie de la cuenca.
- C: coeficiente de escorrentía de la cuenca del intervalo donde se produce I.
- K: coeficiente de uniformidad, función del tiempo de concentración.

A continuación se detallan los cálculos que se han realizado con el ánimo de determinar los parámetros básicos a introducir en ambas expresiones.

3.5.3.- Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación diaria Pd correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía P₀, a partir del cual se inicia ésta.

Por tanto, el coeficiente de escorrentía, depende del período de retorno, a través del valor de Pd. El cálculo se realiza partiendo de la distribución del umbral de escorrentía que presenta cada cuenca y del valor de Pd. La fórmula de cálculo es la siguiente:

Se ha calculado el coeficiente de escorrentía mediante la expresión:

$$C = \frac{\left(\frac{P_d}{P_0} - 1\right) \times \left(\frac{P_d}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d}{P_0} + 11\right)^2}$$

siendo:

C = coeficiente de escorrentía.

P_d = precipitación máxima diaria.

P₀ = umbral de escorrentía.

La estimación del umbral de escorrentía, en función de los diferentes usos del suelo, la pendiente media y la permeabilidad superficial, ya fue realizada en el apartado 3.3.4. En este caso, nos falta únicamente determinar el coeficiente de escorrentía para cada cuenca en función del período de retorno considerado. El cálculo realizado se resume en la siguiente tabla:

CÓDIGO			NOMBRE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA							
				T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T1000
1	1	1.1	SN1	0.30	0.43	0.50	0.58	0.63	0.68	0.76	0.79
	2	1.2	SN2	0.39	0.52	0.59	0.67	0.72	0.76	0.83	0.85
SAN JOSÉ			TOTAL DE LA CUENCA	0.31	0.45	0.52	0.60	0.65	0.70	0.78	0.81

3.5.4.- Intensidad media de precipitación

La intensidad media de precipitación a emplear en la estimación de caudales de referencia por el método hidrometeorológico, se obtiene de la siguiente expresión:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1-T_c^{0,1}}}{28^{0,1}-1}}$$

siendo:

T_c = duración de la lluvia, igual al tiempo de concentración de la cuenca en horas.

I_t = intensidad de lluvia media en un intervalo de duración t , para un período de retorno dado.

I_d = intensidad media diaria, para ese mismo período de retorno (igual a $P_d/24$).

I_1/I_d = relación entre la intensidad de lluvia horaria y diaria, independiente del período de retorno considerado.

En nuestro caso, la relación I_1/I_d adopta el valor 9.2, para la zona de estudio, según el siguiente gráfico:



Según la anterior expresión y para los tiempos de concentración ya determinados, quedan los siguientes valores de la intensidad media en función del período de retorno considerado:

CÓDIGO	NOMBRE	It									
		T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T1000		
1	1	1.1	SN1	21.26	31.34	38.55	48.64	56.92	65.57	88.27	98.72
	2	1.2	SN2	25.66	37.63	46.18	58.58	68.85	79.11	106.48	118.88
SAN JOSÉ			TOTAL DE LA CUENCA	22.05	32.52	39.99	50.46	59.06	68.03	91.57	102.41

3.5.5.- Superficie

El último parámetro que interviene en la fórmula propuesta para el cálculo de caudales es la superficie de la cuenca. Estos valores ya fueron indicados en el apartado 3.2.2., pero volvemos a recordarlos de nuevo:

CÓDIGO			NOMBRE	S (Ha)
1	1	1.1	SN1	201.8
	2	1.2	SN2	63.7
SAN JOSÉ			TOTAL DE LA CUENCA	265.49

3.5.6.- Factor reductor por área y coeficiente de uniformidad

En este caso nos ocupamos de los dos últimos parámetros que intervienen en la expresión de la publicación “Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas”.

En primer lugar, se considera el factor reductor de la precipitación para tener en cuenta la diferente distribución espacial de la lluvia sobre la superficie de la cuenca. La expresión que propone Témez para este parámetro es la siguiente:

$$K_s = 1 - \frac{\log A}{15}$$

siendo:

- A (km²): Superficie de la cuenca considerada.

Este factor reductor adopta valores inferiores a la unidad para aquellas cuencas de tamaño superior a 1 km².

En segundo lugar, el coeficiente de uniformidad se calcula según la expresión:

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

siendo:

- T_c (h): Tiempo de concentración de la cuenca.

Los valores que se obtienen son los de la siguiente tabla.

CÓDIGO			NOMBRE	K _s	K
1	1	1.1	SN1	0.98	1.08
	2	1.2	SN2	1.00	1.05
SAN JOSÉ			TOTAL DE LA CUENCA	0.97	1.07

3.5.7.- Caudales de referencia

Una vez determinados los valores del coeficiente de escorrentía, intensidad media de precipitación, área de las cuencas y demás parámetros, se calculan finalmente los siguientes caudales de referencia para cada una de las cuencas y subcuencas, en función del período de retorno considerado:

Caudales de referencia (m³/s) según la Instrucción 5.2.I.C

CÓDIGO			NOMBRE	SEGÚN INSTRUCCIÓN 5.2-IC							
				T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T1000
1	1	1.1	SN1	4.22	9.01	12.97	19.00	24.25	29.92	45.33	52.57
	2	1.2	SN2	2.11	4.17	5.81	8.34	10.51	12.73	18.74	21.48
SAN JOSÉ			TOTAL DE LA CUENCA	6.12	12.87	18.41	26.80	34.06	41.88	63.06	72.98

Caudales de referencia (m³/s) según la Publicación “Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas”

CÓDIGO			NOMBRE	SEGÚN MÉTODO MODIFICADO DE TÉMEZ							
				T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T1000
1	1	1.1	SN1	3.71	7.91	11.39	16.69	21.30	26.28	39.81	46.17
	2	1.2	SN2	1.85	3.66	5.10	7.32	9.22	11.17	16.44	18.85
SAN JOSÉ			TOTAL DE LA CUENCA	5.31	11.15	15.95	23.22	29.52	36.30	54.65	63.25

En este caso se obtienen valores inferiores a los propuestos por la Instrucción 5.2-IC, debido fundamentalmente al coeficiente mayorador del 20% que emplea la fórmula de la Instrucción.

Caudales de referencia (m³/s) según criterios de la Agencia Andaluza del Agua

Por último, según los criterios expuestos por la Agencia Andaluza del Agua para un periodo de retorno de 500 años, se deben considerar los siguientes valores de caudal en función de la superficie de la cuenca:

SUPERFICIE (Km²)	Q (m³/s/Km²)	Características de los terrenos
0-5	20.00	Rústicos y urbanos
5-20	15-20	Rústicos
5-30	15-20	Urbanos

Además, se debe también calcular el caudal con las siguientes fórmulas empíricas:

Si $20 < S < 25 \text{ Km}^2$ $Q = 45 \cdot S^{0,636}$

Si $S > 25 \text{ Km}^2$ $Q = 65,54 \cdot S^{0,522}$

Según dicho criterio los caudales a considerar para T=500 años no deben ser inferiores a los siguientes:

CAUDALES SEGÚN LA AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA			TABLAS	FÓRMULAS EMPÍRICAS
CÓDIGO	NOMBRE		Q (m³/sg)	Q (m³/sg)
1	1	1.1	40.36	NO PROCEDE
	2	1.2	12.74	NO PROCEDE
SAN JOSÉ			TOTAL DE LA CUENCA	53.10

3.5.8.- Caudales de cálculo

Para la determinación del caudal de la cuenca vertiente para el periodo de retorno de 500 años se considerará la situación futura (con los desarrollos previstos en el nuevo PGOU).

Se adoptará el mayor valor de los siguientes:

- El obtenido por el método racional propuesto en al Instrucción de Drenaje 5.2 I.C del Ministerio de Fomento, con la modificación introducida por Témez.
- El valor de caudal obtenido aplicando la tabla en función de la superficie propuesta por la Agencia Andaluza del Agua.
- El valor de caudal obtenido con las fórmulas empíricas dependientes de la superficie propuestas por la Agencia Andaluza del Agua.

Finalmente los valores de cálculo del presente estudio para un periodo de retorno de 500 años se recogen en la siguiente tabla.

T500

SEGÚN LA INSTRUCCIÓN 5.2-IC																SEGÚN MÉTODO MODIFICADO DE TÉMEZ					SEGÚN AAA (tabla)	SEGÚN AAA (fórmulas)	Qmax (m3/s)		
CÓDIGO	NOMBRE			Tc (h)	Pd (mm)	l1/l2	ld	lt (mm/h)	Corr.	Umb Esc(mm)	Po (mm)	Po corr (mm)	Pd/Po	C	AREA (Ha)	Q (m3/sg)	Ks	AREA (m2)	AREA (Km2)	K	Q (m3/sg)	Q (m3/sg)		Q (m3/sg)	
1	1	1.1	SN1	1.12	245.00	9.20	10.21	88.27	3.10	5.78	17.92	17.92	13.67	0.76	201.81	45.33	0.98	2018057.00	2.02	1.08	39.81	40.36	NO PROCEDE	40.36	
	2	1.2	SN2	0.82	249.00	9.20	10.38	106.48	3.10	4.46	13.83	13.83	18.01	0.83	63.69	18.74	1.00	636879.00	0.64	1.05	16.44	12.74	NO PROCEDE	16.44	
SAN JOSÉ		TOTAL DE LA CUENCA			1.05	245.00	9.20	10.21	91.57	3.10	5.46	16.93	16.93	14.47	0.78	265.49	63.06	0.97	2654936.00	2.65	1.07	54.65	53.10	NO PROCEDE	54.65

En el caso del periodo de retorno de 10 años, tomaremos como el caudal de referencia el obtenido el obtenido por el método racional propuesto en al Instrucción de Drenaje 5.2-IC del Ministerio de Fomento, con la modificación introducida por Témez, tal y como prescribe la Agencia Andaluza del Agua. No obstante, indicar que, aplicando estrictamente la Instrucción 5.2-IC, sin la modificación de Témez, se observan en el caso de las cuencas que nos ocupan, valores ligeramente superiores a los obtenidos aplicando la modificación de Témez, si bien las diferencias no son significativas.

T10

SEGÚN LA INSTRUCCIÓN 5.2-IC														SEGÚN MÉTODO MODIFICADO DE TÉMEZ							
CÓDIGO			NOMBRE	Tc (h)	Pd (mm)	I1/Id	Id	It (mm/h)	Corr.	Umb Esc(mm)	Po (mm)	Po corr (mm)	Pd/Po	C	AREA (Ha)	Q (m3/sg)	Ks	AREA (m2)	AREA (Km2)	K	Q (m3/sg)
	1	1.1	SN1	1.12	107.00	9.20	4.46	38.55	3.10	5.78	17.92	17.92	5.97	0.50	201.81	12.97	0.98	2018057.00	2.02	1.08	11.39
	2	1.2	SN2	0.82	108.00	9.20	4.50	46.18	3.10	4.46	13.83	13.83	7.81	0.59	63.69	5.81	1.00	636879.00	0.64	1.05	5.10
SAN JOSÉ			TOTAL DE LA CUENCA	1.05	107.00	9.20	4.46	39.99	3.10	5.46	16.93	16.93	6.32	0.52	265.49	18.41	0.97	2654936.00	2.65	1.07	15.95

4.- ESTUDIO HIDRAÚLICO

4.1.- OBJETO DEL ESTUDIO

Con el presente estudio hidráulico se pretende analizar las condiciones hidráulicas de flujo de los principales cauces que atraviesan las zonas urbanas o urbanizables según el Documento de Aprobación Provisional del Plan General de Ordenación Urbana.

El análisis se hace para los caudales correspondientes a los períodos de retorno de 10 y 500 años. Se determinarán las cotas de agua en cada sección del cauce en agua clara. El presente estudio nos permitirá determinar las zonas de riesgo de inundación así como el deslinde del dominio público hidráulico, zona de servidumbre y policía.

4.2.- CUMPLIMIENTO DE LA LEY DE AGUAS

Comenzaremos por definir los siguientes términos, según establece la ley de Aguas, así como el Reglamento de Dominio Público Hidráulico:

- **Cauce:** terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias.
- **Caudal de máxima crecida ordinaria:** media de los máximos caudales anuales, en su régimen natural, producidos durante diez años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente.
- **Riberas:** fajas laterales de los cauces públicos situadas por encima del nivel de aguas bajas.

- **Márgenes:** terrenos que lindan con los cauces. Las márgenes están sujetas, en toda su extensión longitudinal a las siguientes restricciones:
 - a) A una zona de servidumbre de 5 m de anchura para uso público.
 - b) A una zona de policía de 100 metros de anchura en la que se condiciona el uso del suelo.
- **Zonas inundables:** las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período de retorno sea de quinientos años.

El concepto de caudal de M.C.O. es fundamental para la delimitación del cauce y por tanto de los bordes y zonificaciones del Dominio Público Hidráulico que establece la Ley de Aguas, y más ampliamente su Reglamento. Sin embargo la propia definición de la M.C.O. que se establece en la Ley de Aguas no representa un caudal concreto, sino que constituye una serie temporal de medias de valores máximos.

ZONIFICACIÓN DEL CAUCE Y MÁRGENES INUNDABLES



Para resolver los aspectos prácticos que conlleva la aplicación de la definición recogida en la Ley de Aguas sobre la M.C.O., en la delimitación de los cauces y , consecuentemente, en la definición del Dominio Público Hidráulico, se efectuó un estudio en el CEDEX en 1.994 para la D.G.C.A. en el que se establece de forma aproximada el valor del caudal de M.C.O., $Q_{M.C.O.}$, en función de la media, Q_m , y el coeficiente de variación, C_v , de la distribución de máximos caudales anuales mediante la expresión:

$$\frac{Q_{M.C.O.}}{Q_m} = 0,7 + 0,6 \cdot C_v$$

O bien el valor de su periodo de retorno por la expresión alternativa:

$$T(Q_{M.C.O.}) = 5 \cdot C_v$$

El coeficiente de variación, C_v , de la mayoría de los cursos de agua españoles está comprendido en el intervalo $0,3 \leq C_v \leq 1,4$, que según la expresión anterior conduce a periodos de retorno entre 1,5 y 7 años. Los valores bajos corresponden a regímenes de hidrología moderada y los altos a las corrientes con hidrología extrema.

Siguiendo los criterios de la Agencia Andaluza del Agua, se ha optado finalmente por considerar un periodo de retorno de diez años para delimitar el Dominio Público Hidráulico, tomado el mismo del lado de la seguridad.

4.3.- MODELO MATEMÁTICO DE CÁLCULO

4.3.1.- Datos Hidráulicos

La simulación matemática del flujo requiere de un trabajo intenso preliminar que determine de la forma más real posible las condiciones geométricas del cauce, las condiciones de contorno y afinen al máximo las variables hidráulicas que determinan la cota absoluta de la lámina de agua. Seguidamente se analiza la información de la que se parte:

- Geometría

1. Para la elaboración de los cálculos hidráulicos se ha partido de la cartografía a escala 1:2.000 aportada por la Gerencia Municipal de Urbanismo del Ayuntamiento de Málaga, por estar más actualizada (año 2.004) que la 1:1.000. En dicha cartografía además de existir curvas de nivel cada 2 m en cota, algunos elementos gráficos se hayan elevados (con cota absoluta), mientras que otros no. Por dicho motivo la primera fase del trabajo ha consistido en depurar la información de partida eligiendo las capas con información relevante para la geometrización del cauce y descartando aquellas que pudieran introducir errores en la modelización del cauce y sus márgenes.
2. Con los datos anteriores se ha realizado la conversión de la cartografía depurada a un modelo en formato GIS (TIN), modelizando así el terreno en tres dimensiones, para después, aplicando el programa GEO-RAS, obtener secciones transversales de los cauces cada 20 m aproximadamente. Tales secciones se han importado posteriormente al programa de modelización HEC-RAS.

- Condiciones hidráulicas de contorno

Las pendientes existentes en algunos tramos de los arroyos estudiados, las confluencias y otras incidencias, tales como la existencia de puntos de estrangulamiento con sección insuficiente, nos inducen a realizar los cálculos en régimen mixto, obteniendo los cruces de la lámina de agua con la línea de calado crítico y conociendo por tanto los tramos en régimen rápido y lento.

Se supone el régimen uniforme en el inicio y final de los arroyos; dicha condición impondrá errores en los extremos del cauce por lo general poco significativos.

- Variables de cálculo hidráulico

La asignación de valores de n de Manning inicialmente se realizaron de acuerdo a la bibliografía existente y conforme a la experiencia de los modelos físicos elaborados por el CEDEX, con modelizaciones físicas y matemáticas de procesos tormentosos, con datos conocidos de precipitación y láminas de agua en cauces o llanuras de inundación de la cuenca sur mediterránea, lo que ha permitido obtener los valores de rugosidad de los cauces. No obstante, puesto que los valores que recomienda la Agencia Andaluza del Agua son mayores, finalmente se han tenido asimismo en cuenta las Recomendaciones de la Agencia Andaluza del Agua para la Realización de los Estudios Hidrológico-Hidráulicos. Con estas premisas, se han considerado los siguientes valores de Manning:

- Encauzamientos en escollera y obras de drenaje transversal en hormigón armado: 0,035.
- Encauzamientos y embovedados de hormigón: 0,025.
- Cauces naturales normales: 0,045.

Finalmente debe indicarse que el cálculo se hace en régimen permanente.

4.3.2.- Proceso de cálculo hidráulico.

Se ha seguido la siguiente metodología de cálculo:

- 1º. Introducción de la geometría de los cauces independientes.
- 2º. Establecimiento de nudos de confluencia para que las condiciones de contorno en los cauces, den cotas de aguas congruentes en los arroyos convergentes aguas arriba y aguas abajo de dichas confluencias.
- 3º. Establecimiento de las condiciones de contorno en los extremos de los cauces.
- 4º. Introducción de los caudales obtenidos en la modelización hidrológica para T-10, y 500. Los caudales se han graduado a lo largo del cauce según el siguiente criterio: se establecen valores de caudal proporcionales a la superficie aguas arriba del punto del cauce, creando dos o tres tramos de cauce con caudales crecientes desde aguas arriba a aguas abajo.

Para la elaboración de los cálculos anteriores se han empleado las siguientes herramientas:

- Programa HEC-RAS v 3.1.2.

4.4.- CÁLCULOS CON HEC-RAS

4.4.1.- Descripción del programa

Para los cálculos del flujo en los arroyos incluidos en el presente estudio en la situación futura de desarrollo urbano del municipio se ha empleado el software HEC-RAS que fue desarrollado en el Hydrologic Engineering Center (HEC). HEC-RAS es un paquete de programas de análisis hidráulico, en el cual el usuario interactúa con el sistema a través de un interface gráfico (GUI). El sistema está capacitado para realizar cálculos de flujo continuo y discontinuo, así como otros cálculos de diseño hidráulico.

El programa para cada uno de los proyectos gestiona la siguiente información :

- Datos del Plan
- Datos geométricos
- Datos de flujo continuo
- Datos de flujo discontinuo
- Datos de diseño hidráulico

Durante el transcurso de un estudio el modelador puede realizar varios planes diferentes. Cada plan representa un conjunto específico de datos geométricos y de datos de flujo. Una vez que los datos básicos son introducidos, el modelador puede fácilmente desarrollar nuevos planes. Después de que el programa ha realizado los cálculos para los diferentes planes, los resultados pueden compararse simultáneamente mediante tablas y gráficos.

Para desarrollar un modelo hidráulico con HEC – RAS hay que completar los siguientes pasos:

- Entrada de datos geométricos.
- Entrada de datos del flujo.

- Realización de los cálculos hidráulicos.
- Visión e impresión de los resultados.

Una vez establecida la geometría en planta del cauce o canal, se pueden introducir las secciones transversales. Se puede incluso también establecer uniones de flujos en el sistema.

Para introducir los datos de flujo continuo hay que especificar los siguientes parámetros:

- El número de perfiles para ser calculados, entre 1 y 500.
- Los datos del flujo.
- Condiciones de borde del sistema del río.
- Al menos un flujo debe ser introducido para cada segmento dentro del sistema.
- Los valores del flujo deben ser introducidos para todos los contornos.

Si se va a hacer un análisis en régimen subcrítico sólo son necesarias las condiciones de borde en el extremo de aguas abajo del arroyo.

En un análisis en régimen supercrítico sólo son necesarias las condiciones de borde en el extremo de aguas arriba del arroyo.

En un análisis en régimen mixto son necesarias las condiciones de borde tanto en los extremos aguas arriba como aguas abajo.

El programa permite la entrada de las siguientes condiciones de borde:

- Elevaciones de la superficie de agua conocidas.
- Profundidad crítica: El usuario no tiene que introducir ninguna información. El programa calculará la profundidad crítica para cada uno de los perfiles.

- Profundidad normal: El usuario debe introducir la pendiente de la línea de energía que deberá ser usada en los cálculos de profundidad normal (en la ecuación de Manning). Si la pendiente de la línea de energía es desconocida, el usuario podría aproximarla introduciendo la pendiente de la superficie de agua o la pendiente del fondo del canal. (Se recomienda que estas condiciones de contorno, cuando se desconocen, se den en extremos lo suficientemente alejadas de los tramos de cálculo, ya que con la longitud se disipan los errores; incluso para secciones lo suficientemente alejadas puede ocurrir que la condición de contorno no afecte al flujo en el tramo objeto del cálculo).

Una vez elaborado el cálculo el programa permite la impresión de los resultados obtenidos mediante diferentes tipos de tablas y gráficos, con opciones de generación de perfiles y vistas en tres dimensiones.

4.4.2.- Hipótesis y limitaciones del programa

El modelo matemático HEC-RAS 3.1.2 está basado en la ecuación de conservación de la energía, con las pérdidas de carga valoradas según la ecuación de Manning y las siguientes hipótesis:

1. Pueden hacerse los cálculos en régimen permanente o variable según una tabla de valores, Q / t .
2. El flujo es gradualmente variado: la curvatura de las líneas de corriente es despreciable, de manera que se puede suponer una distribución hidrostática de la presión.

3. El flujo se supone unidimensional, considerándose en la distribución horizontal de la velocidad las zonas de cauce y llanuras de inundación por ambos márgenes. La altura de la energía es igual para todos los puntos de la sección.
4. La pendiente del cauce ha de ser pequeña (menor a un 10 %), debido a que la altura de presión se supone equivalente a la cota de agua medida verticalmente.
5. Se admite cambio de régimen (de lento a rápido o viceversa) en un mismo cálculo.
6. La pendiente de la línea de energía es constante entre dos secciones transversales.
7. El lecho del cauce es fijo. No tiene en cuenta los procesos de acreción o erosión en el lecho.

El modelo matemático resuelve de forma iterativa la ecuación de conservación de la energía para calcular el nivel del agua en una sección a partir del nivel conocido de otra. Para calcular las pérdidas por fricción se utiliza la fórmula de Manning, pudiendo usarse diferentes procedimientos, tanto para asignar el valor del coeficiente, que varía de sección en sección, y en cada una horizontal o verticalmente, como para calcular el valor medio en cada tramo (media aritmética, geométrica y armónica...).

4.4.3.- Resultados de la simulación.

Siguiendo la metodología de cálculo expuesta en el apartado anterior se han obtenido los siguientes resultados para cada sección:

- Caudal.
- Calado.
- Cota de rasante.
- Cota agua.
- Cota crítica.
- Cota energía.
- Pendiente de energía.
- Velocidad del canal
- Sección hidráulica.
- Número de Froude.

En los apéndices se aportan gráficos de vista en tres dimensiones del flujo, secciones transversales, y perfil longitudinal con cotas de agua para T-10 y T-500 y listado de las variables hidráulicas anteriores para T-10 y T-500.

Finalmente se han elaborado planos definiendo la zona de dominio público hidráulico, zonas de servidumbre y policía así como las zonas con peligro de inundación para T= 500 años.

5.- CONCLUSIONES

Una vez conocida la cota de la lámina de agua en los diferentes cauces objeto de estudio, estamos en disposición de analizar y determinar los posibles riesgos inherentes a cada cauce y sus márgenes, y proponer las soluciones pertinentes que mejoren el grado de protección o establecer las restricciones convenientes al uso del suelo para evitar riesgos.

5.1.- ANÁLISIS DE RIESGOS

Del estudio hidráulico elaborado al efecto podemos distinguir los siguientes tipos de riesgo:

1. Sección hidráulica insuficiente de obras de drenaje transversal y embovedados longitudinales, lo que conlleva la inundación de la carretera, camino o plataforma superior.
2. Inundación de las márgenes de los cauces.

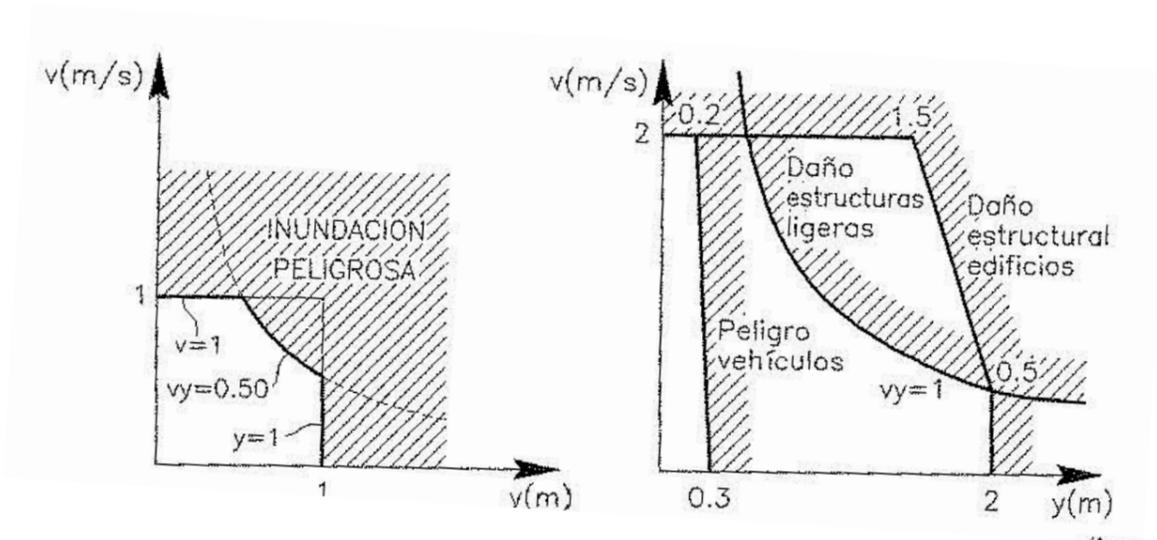
Seguidamente vamos a analizar los diferentes tipos de riesgo.

5.1.1.- Problemas de funcionamiento de obras de fábrica y embovedados

En el estudio hidráulico que nos ocupa no se ha realizado trabajo de campo ni estudio de puntos de estrangulamiento a petición de la Gerencia Municipal de Urbanismo del Ayuntamiento de Málaga.

5.1.2.- Problemas de inundación de márgenes

En este apartado determinaremos los intervalos de cauce con inundación de sus márgenes. Atenderemos a los criterios de inundación peligrosa. De acuerdo a experimentos sobre la resistencia y estabilidad de personas ante el flujo del agua, se considera a nivel internacional como peligrosas las condiciones hidráulicas (calado y velocidad) del diagrama adjunto, es decir, calado mayor de 1 m, velocidad mayor de 1 m/s y producto de ambas mayor de 0.5 m²/s.



En nuestro caso, se cumplen la condición de velocidad y velocidad por calado, por lo que podemos concluir que la zona de riesgo coincide con la de ocupación del agua para un periodo de retorno de 500 años.

5.2.- DELIMITACIÓN DE ZONAS DE RIESGO POR INUNDACIÓN

De acuerdo a las consideraciones del apartado 5.1.2 se delimitan las zonas de riesgo por inundación con los resultados del flujo para 500 años en todos los casos con cotas obtenidas en agua clara sin considerar esponjamiento por transporte sólido. Las zonas de riesgo por inundación serán por tanto:

- Las obras de drenaje y encauzamientos con sección hidráulica insuficiente que producen la inundación del viario o plataforma superior. En este sentido debe considerarse que un alto porcentaje de las víctimas producidas en inundaciones y de los vehículos arrastrados en los últimos años han tenido su origen en el corte del viario por la lámina de la crecida; la subestimación de la capacidad de arrastre del agua con calados escasos, ha aventurado a numerosas víctimas al uso de los viales inundados, provocando pérdidas humanas y económicas considerables. En nuestro caso no ha sido posible determinarlas.
- Las zonas urbanas o urbanizables según el Documento de Aprobación Provisional del Plan General de Ordenación Urbana en redacción, que se inunden.

5.3.- MEDIDAS DE CONSERVACIÓN Y POLICÍA

Se refieren a la totalidad de los cauces. Estas labores corresponden al organismo de cuenca, si bien desde la administración municipal puede prestarse un apoyo importante en la gestión de las afecciones a los dominios públicos hidráulicos. En particular parecerían adecuadas las siguientes medidas preventivas:

- Prohibir las obras de embovedados de cauces o las modificaciones de trazado de cauces integrados en urbanizaciones, salvo que no exista otra posibilidad de integración.
- En las urbanizaciones que se desarrollen junto a cauces principales exigir a los promotores las correspondientes obras de encauzamiento.
- Coordinación con el Organismo de Cuenca, a efectos de planificar los proyectos de encauzamientos necesarios.

Málaga, Junio de 2.010

El Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Autor del Estudio

Vº Bº
Director del Estudio

Fdo.: Inmaculada Barquero Zafra

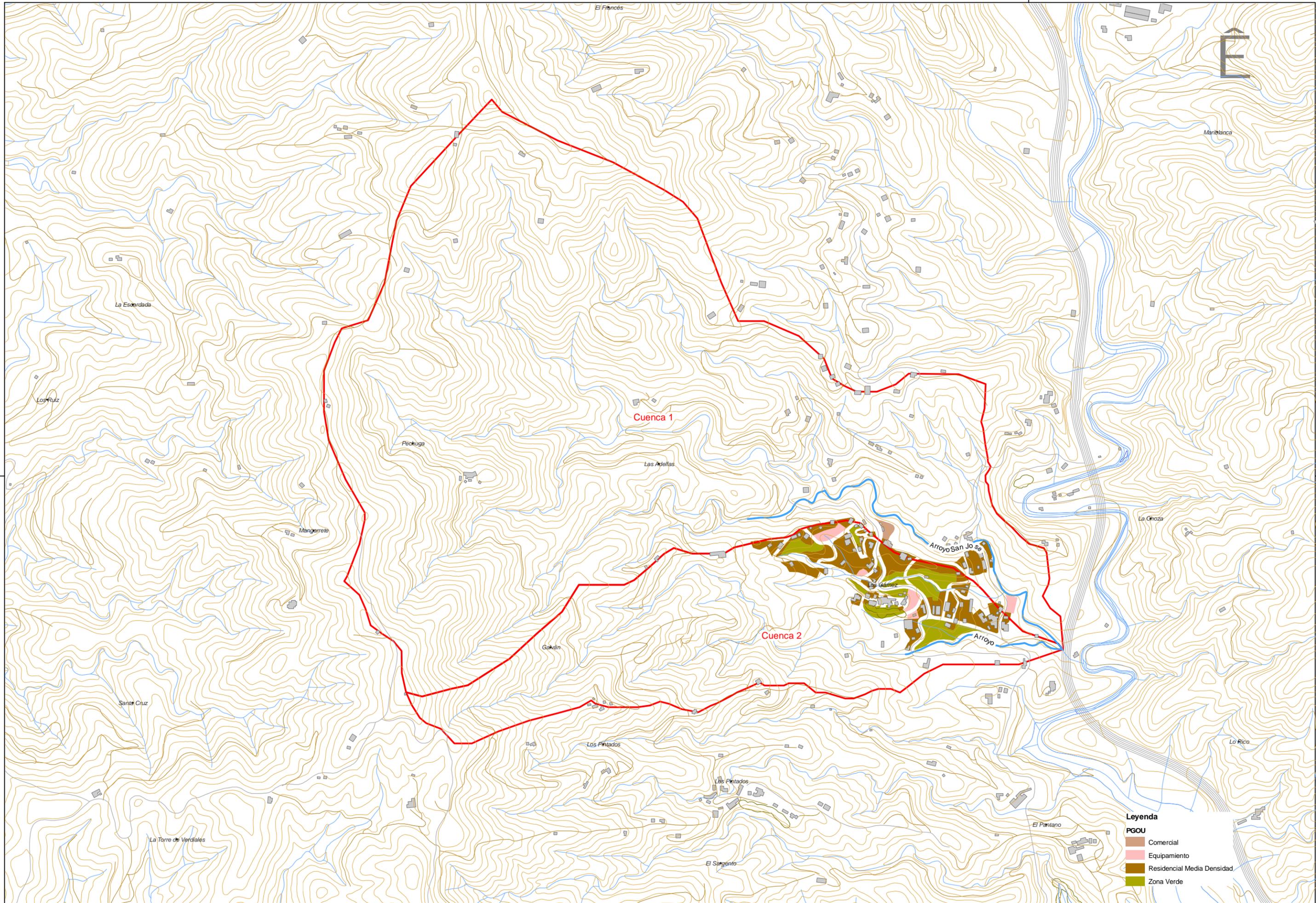
Fdo.: Julio García Villanova

APENDICES:

- 1.- DATOS PREVIOS PGOU
- 2.- ESTUDIO HIDROLOGICO
 - 2.1.- Cuenca de aportación
 - 2.2.- Usos del suelo
 - 2.3.- Litología
 - 2.4.- Permeabilidad superficial
 - 2.5.- Pendientes medias
 - 2.6.- Umbral de escorrentía
- 3.- ESTUDIO HIDRAULICO. RESULTADOS
 - 3.1.- Vista 3D de la cuenca. T=10 años
 - 3.2. Longitudinales. T=10 años
 - 3.3. Transversales. T=10 años
 - 3.4. Tablas de resultados. T=10 años
 - 3.5.- Vista 3D de la cuenca. T=500 años
 - 3.6. Longitudinales. T=500 años
 - 3.7. Transversales. T=500 años
 - 3.8. Tablas de resultados. T=500 años
- 4.- DETERMINACION DE LAS ZONAS DE DOMINIO PUBLICO, ZONAS DE SERVIDUMBRE Y ZONAS DE POLICIA
- 5.- DETERMINACION DE LAS ZONAS CON PELIGRO DE INUNDACION PARA T=500 AÑOS.

APENDICE:

- 1.- DATOS PREVIOS PGOU

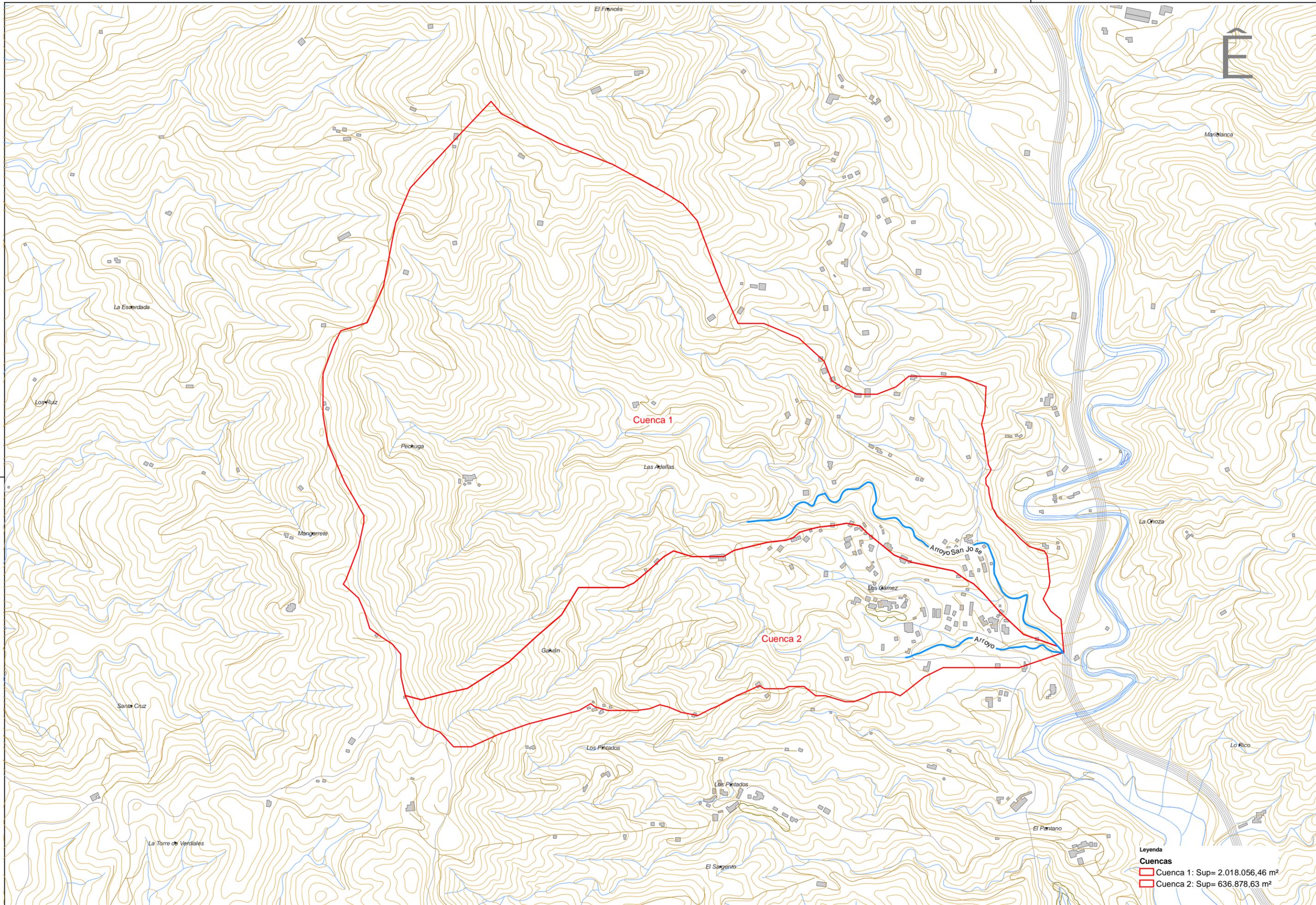


- Leyenda**
- PGOU**
- Comercial
 - Equipamiento
 - Residencial Media Densidad
 - Zona Verde

APENDICE:

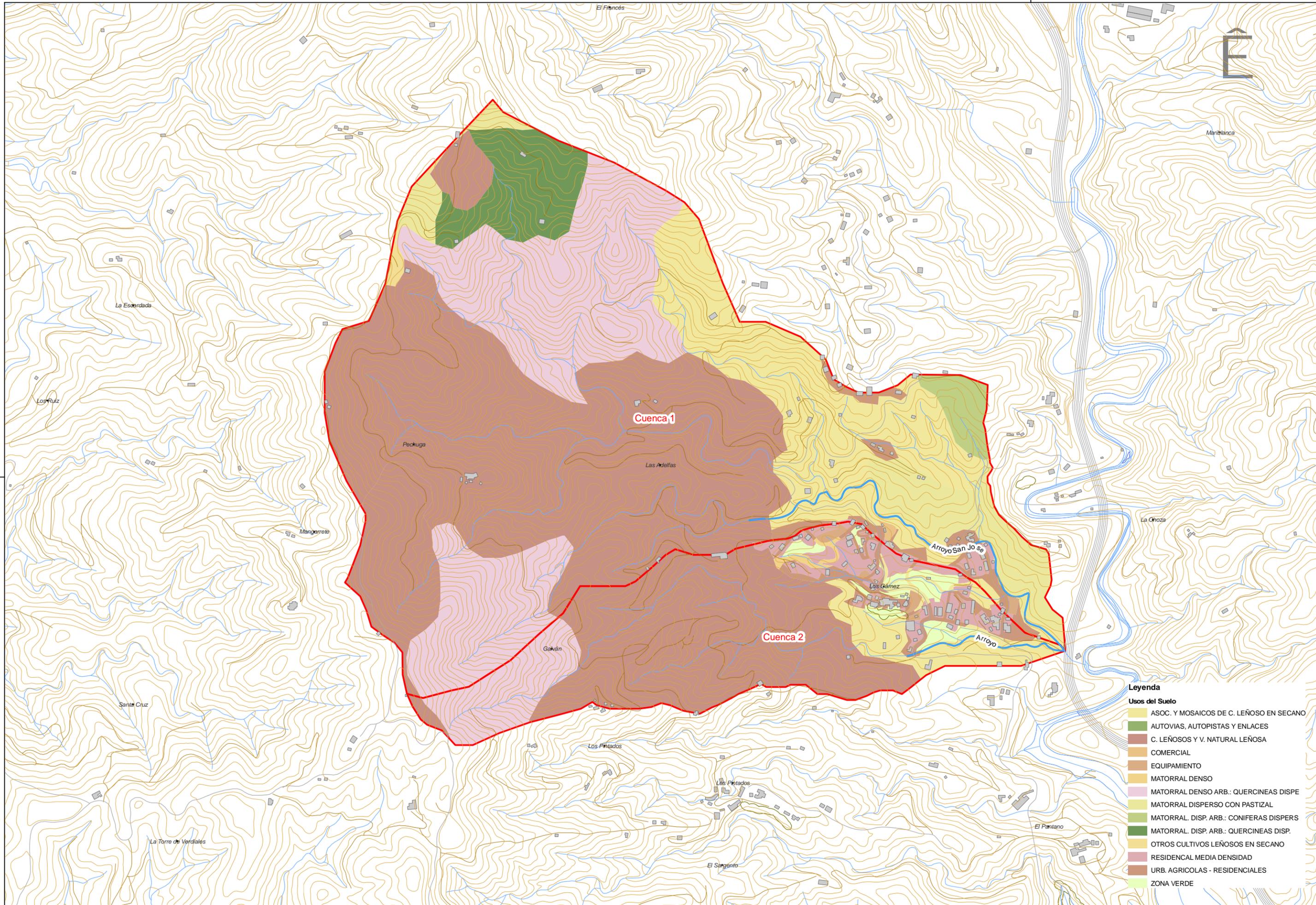
- 2.- ESTUDIO HIDROLOGICO
 - 2.1.- Cuenca de aportación
 - 2.2.- Usos del suelo
 - 2.3.- Litología
 - 2.4.- Permeabilidad superficial
 - 2.5.- Pendientes medias
 - 2.6.- Umbral de escorrentía

2.1.- Cuenca de aportación



Legenda
Cuencas
 Cuenca 1: Sup= 2.018.056,46 m²
 Cuenca 2: Sup= 636.878,63 m²

2.2.- Usos del suelo

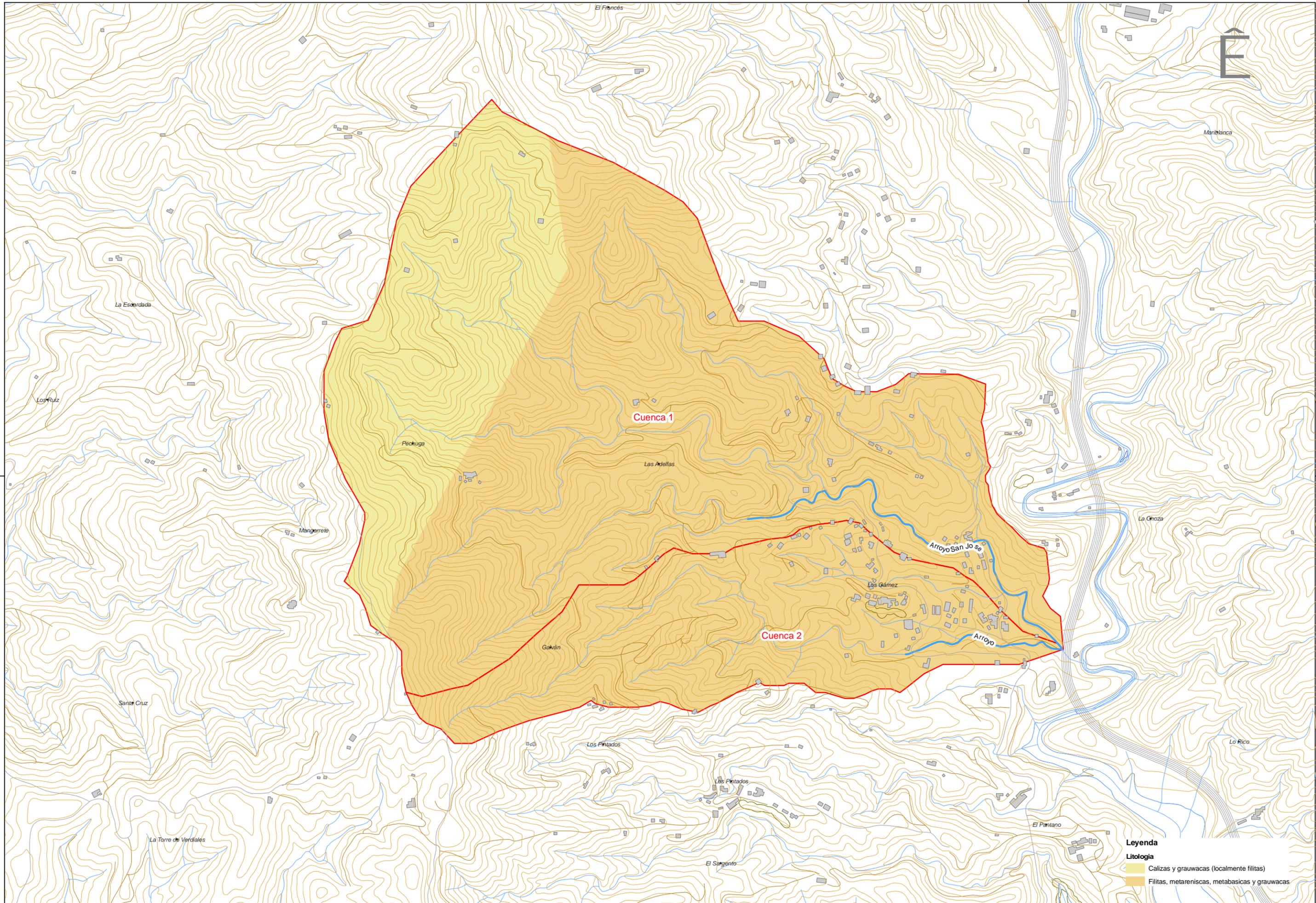


Leyenda

Usos del Suelo

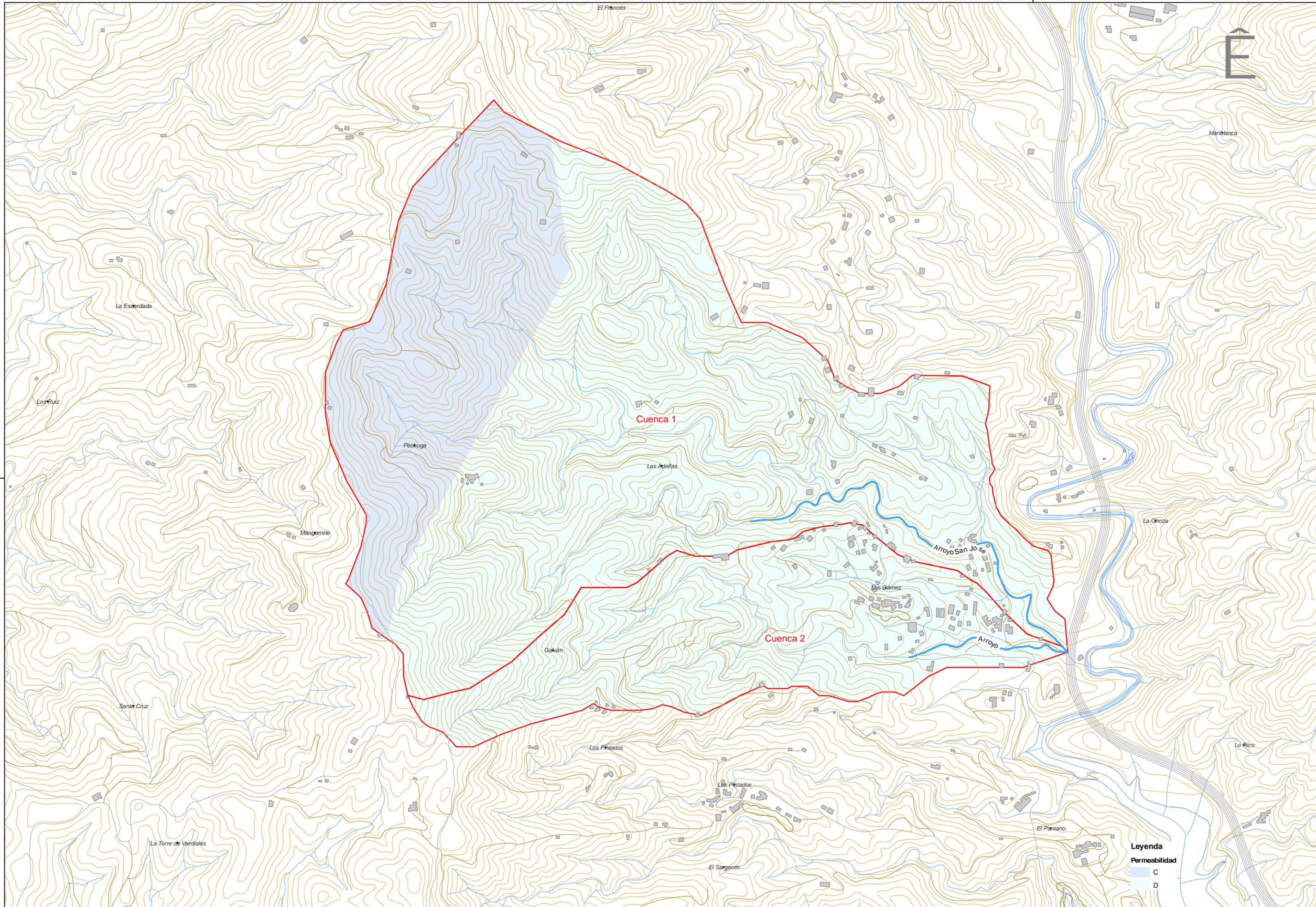
[Yellow]	ASOC. Y MOSAICOS DE C. LEÑOSO EN SECANO
[Green]	AUTOVIAS, AUTOPISTAS Y ENLACES
[Brown]	C. LEÑOSOS Y V. NATURAL LEÑOSA
[Light Brown]	COMERCIAL
[Orange]	EQUIPAMIENTO
[Light Yellow]	MATORRAL DENSO
[Pink]	MATORRAL DENSO ARB.: QUERCINEAS DISPE
[Light Green]	MATORRAL DISPERSO CON PASTIZAL
[Dark Green]	MATORRAL. DISP. ARB.: CONIFERAS DISPERS
[Light Green]	MATORRAL. DISP. ARB.: QUERCINEAS DISP.
[Yellow]	OTROS CULTIVOS LEÑOSOS EN SECANO
[Light Brown]	RESIDENCIAL MEDIA DENSIDAD
[Dark Brown]	URB. AGRICOLAS - RESIDENCIALES
[Light Green]	ZONA VERDE

2.3.- Litología

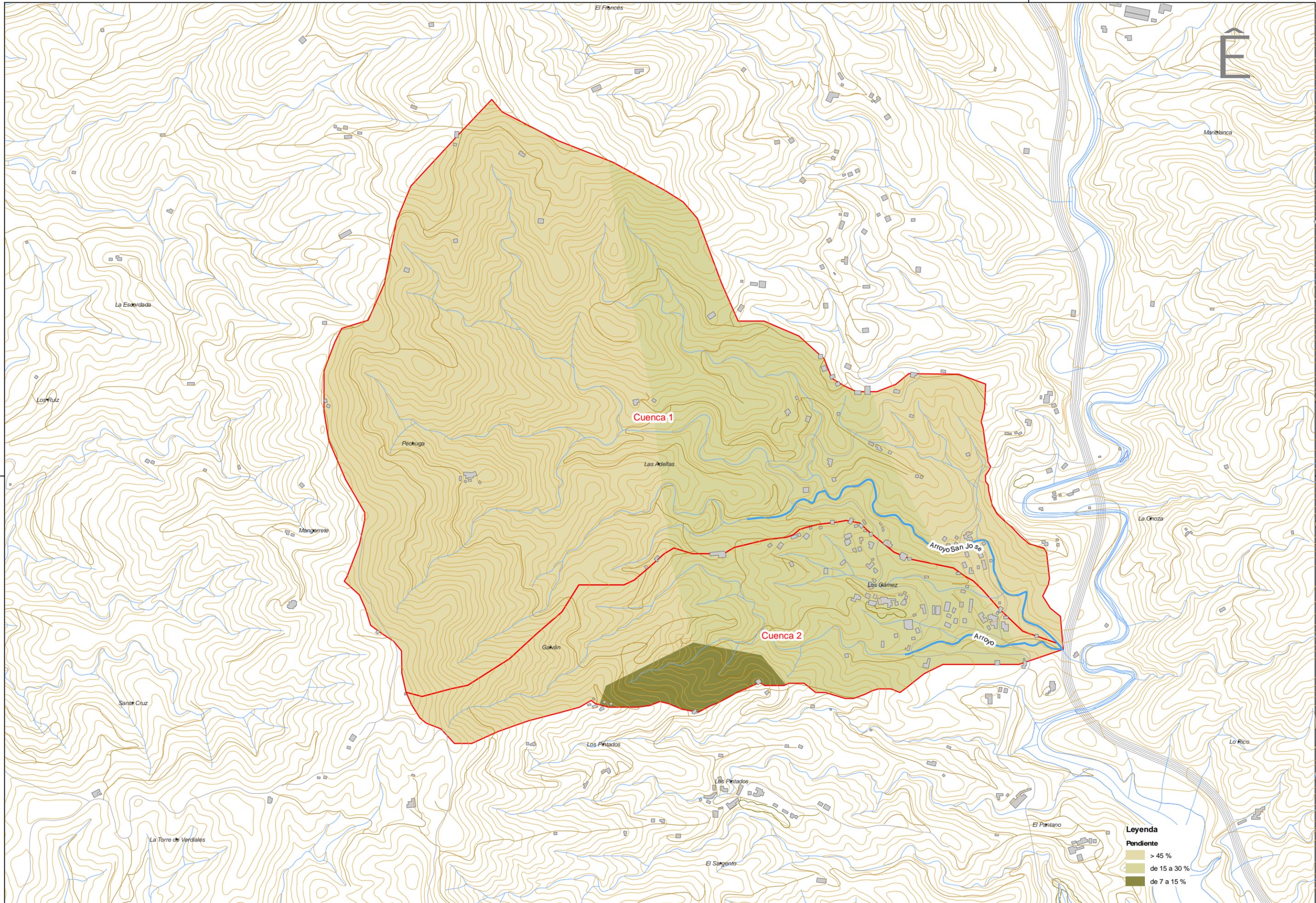


- Leyenda**
- Litología**
- Calizas y grauwacas (localmente fiitas)
 - Fiitas, metareniscas, metabasicas y grauwacas

2.4.- Permeabilidad superficial



2.5.- Pendientes medias

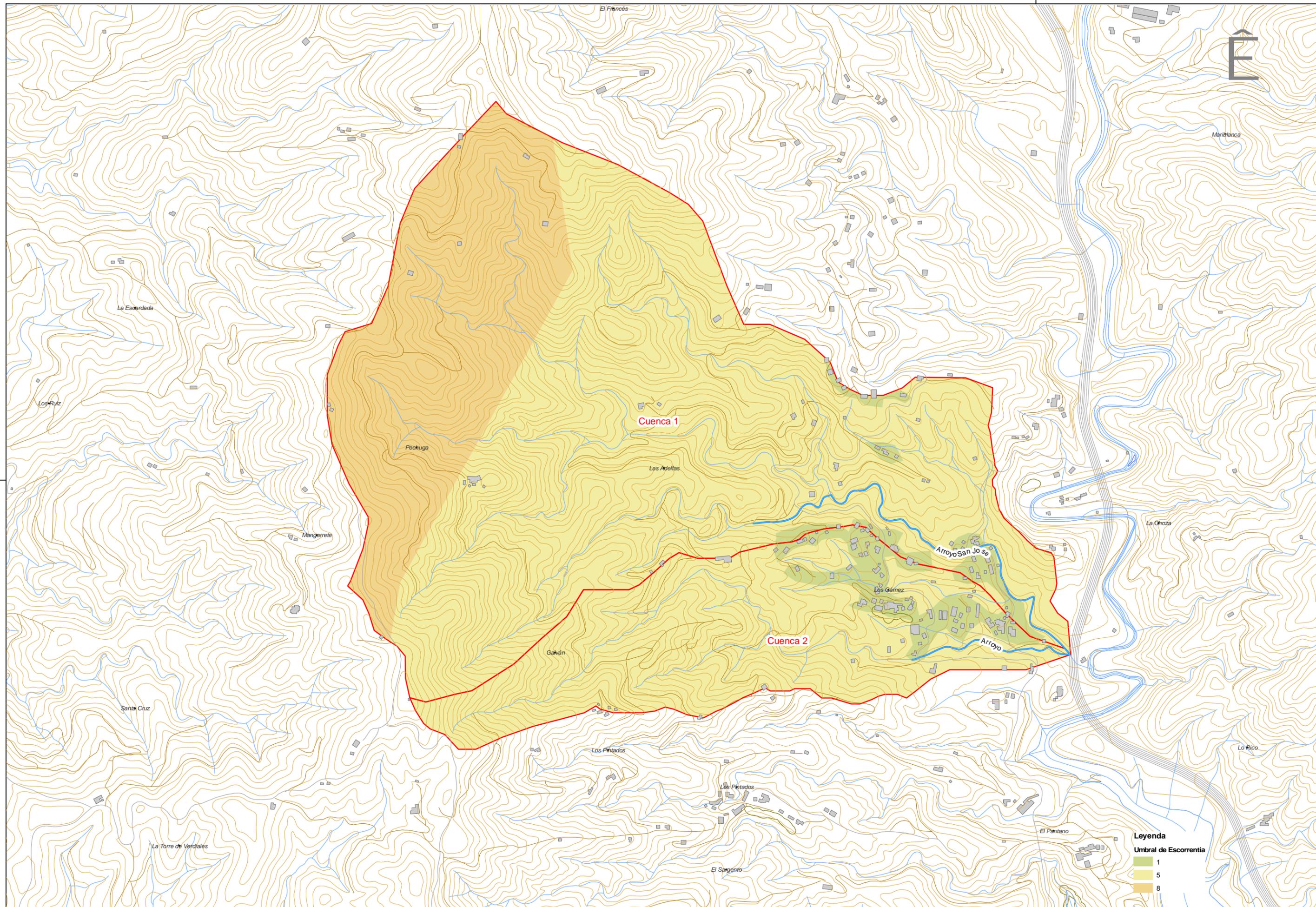


Leyenda

Pendiente

[Light Yellow-Green Box]	> 45 %
[Light Green Box]	de 15 a 30 %
[Dark Green Box]	de 7 a 15 %

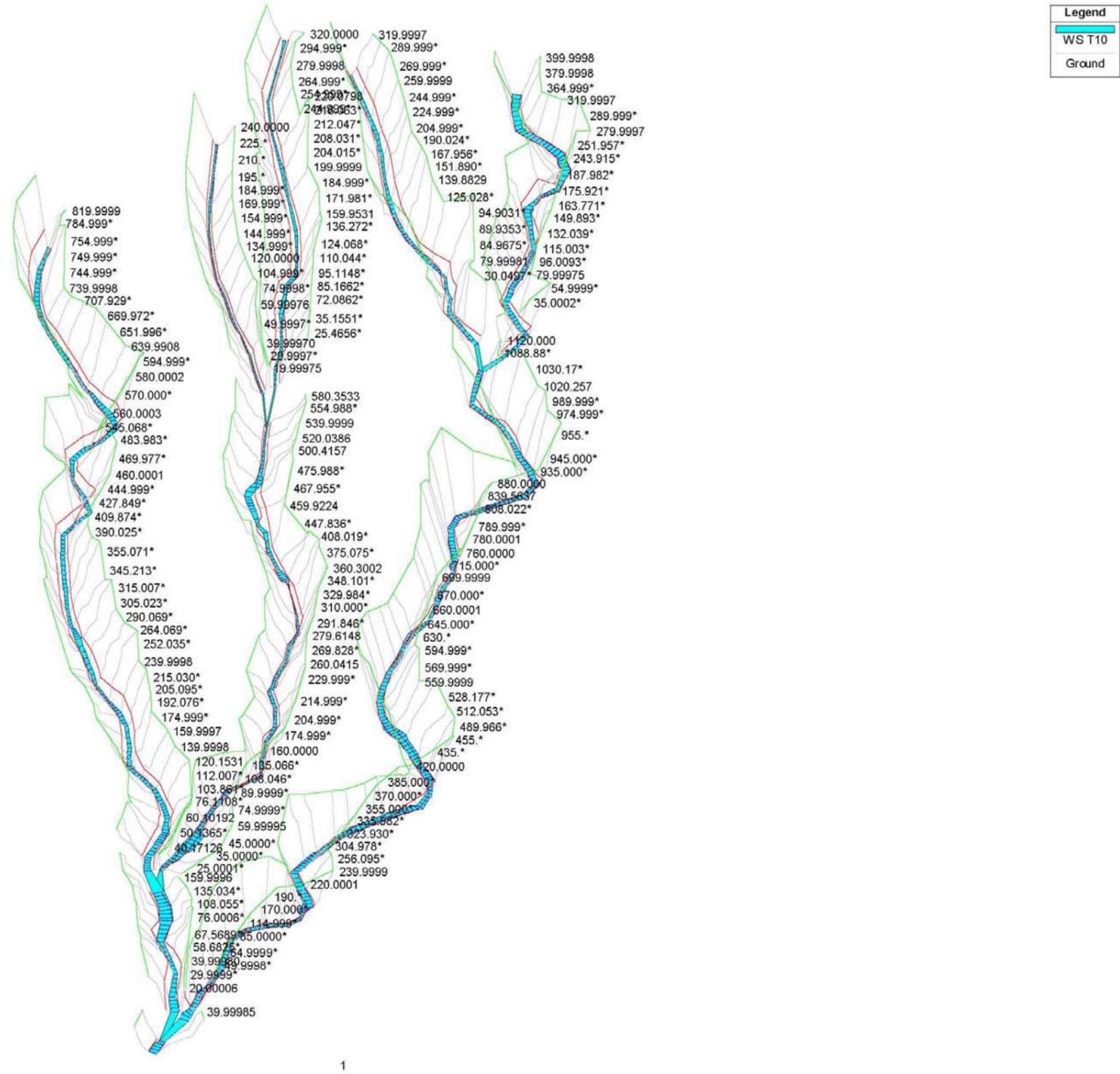
2.6.- Umbral de escorrentía



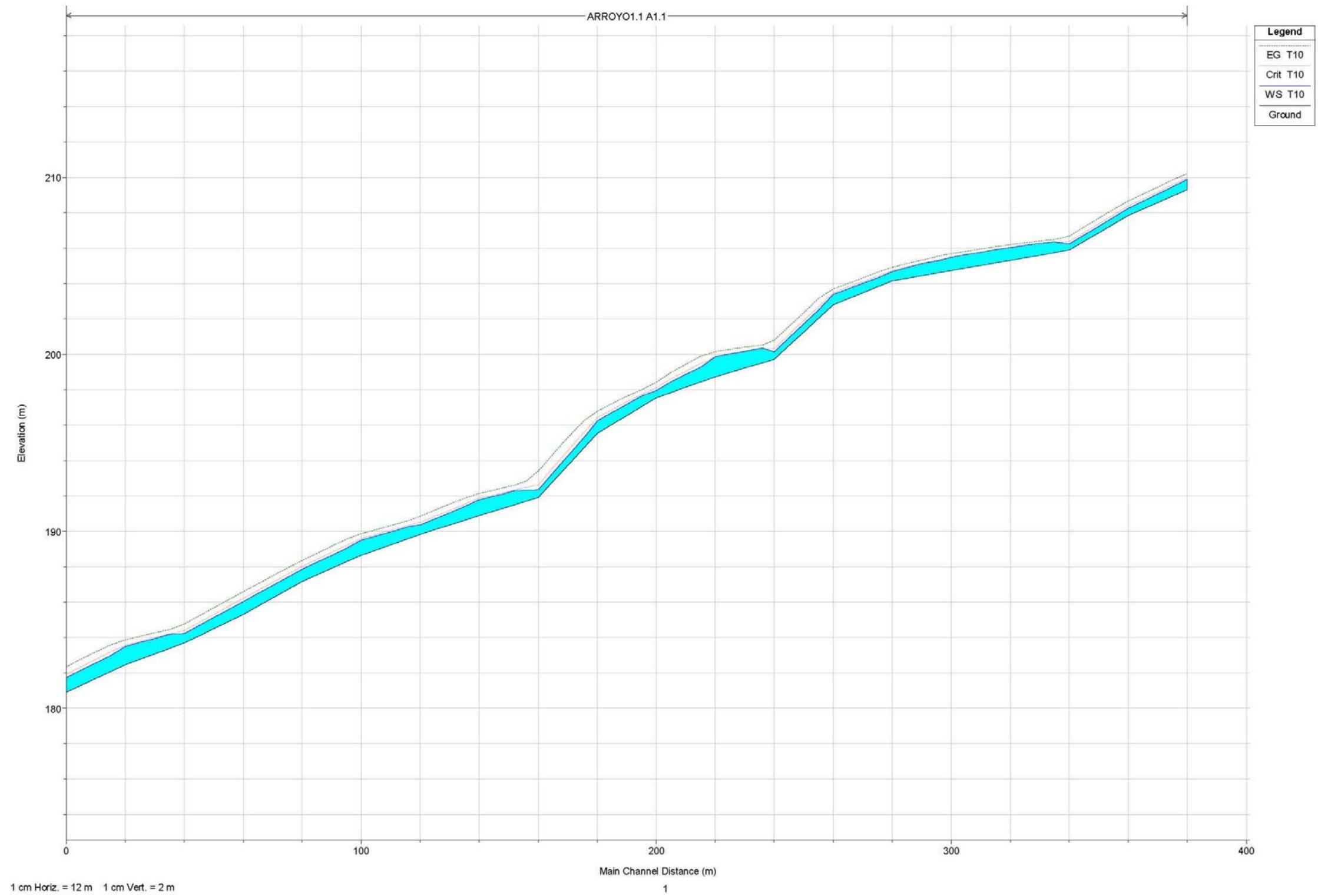
APENDICE:

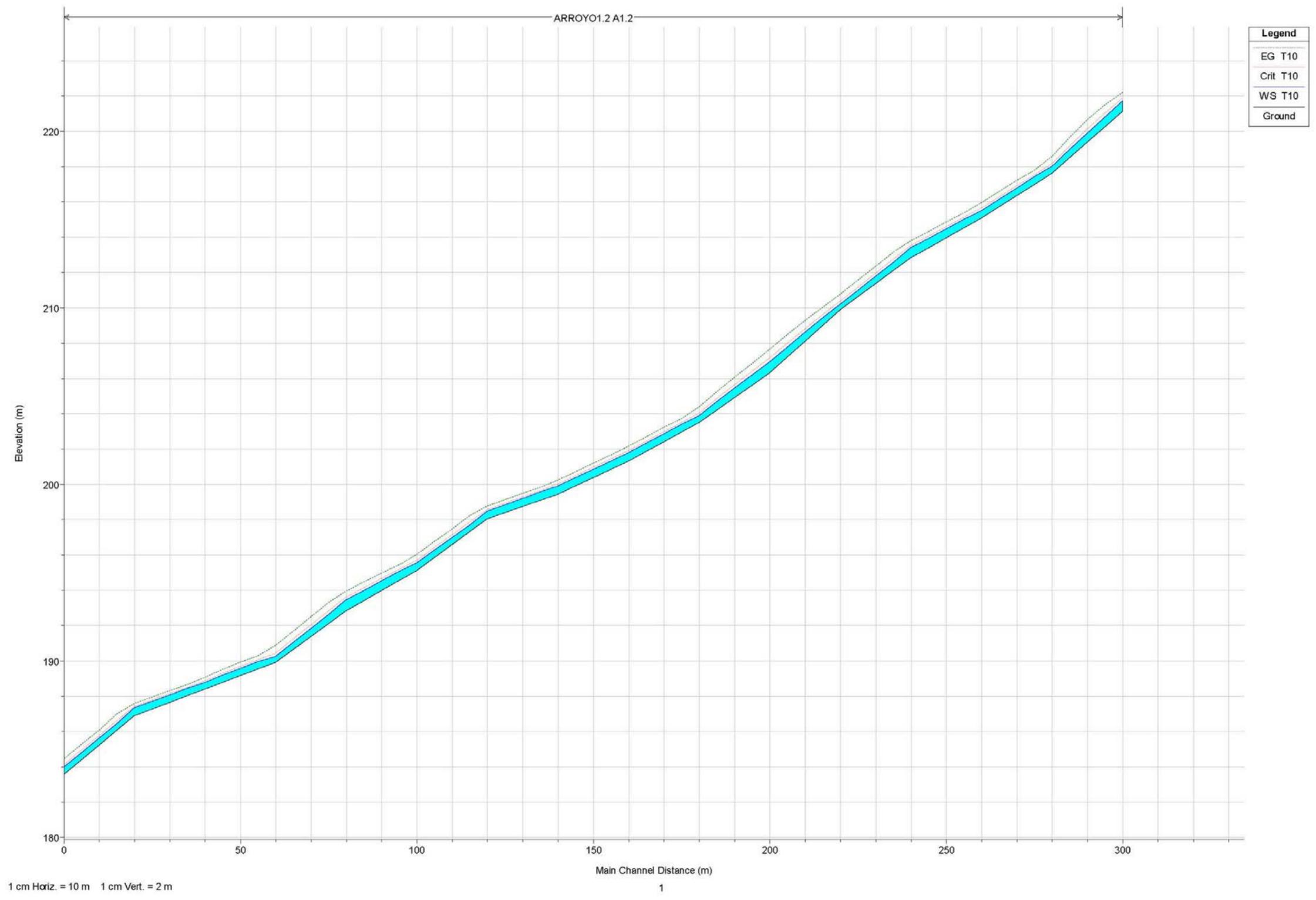
- 3.- ESTUDIO HIDRAULICO. RESULTADOS
 - 3.1.- Vista 3D de la cuenca. T=10 años
 - 3.2. Longitudinales. T=10 años
 - 3.3. Transversales. T=10 años
 - 3.4. Tablas de resultados. T=10 años
 - 3.5.- Vista 3D de la cuenca. T=500 años
 - 3.6. Longitudinales. T=500 años
 - 3.7. Transversales. T=500 años
 - 3.8. Tablas de resultados. T=500 años

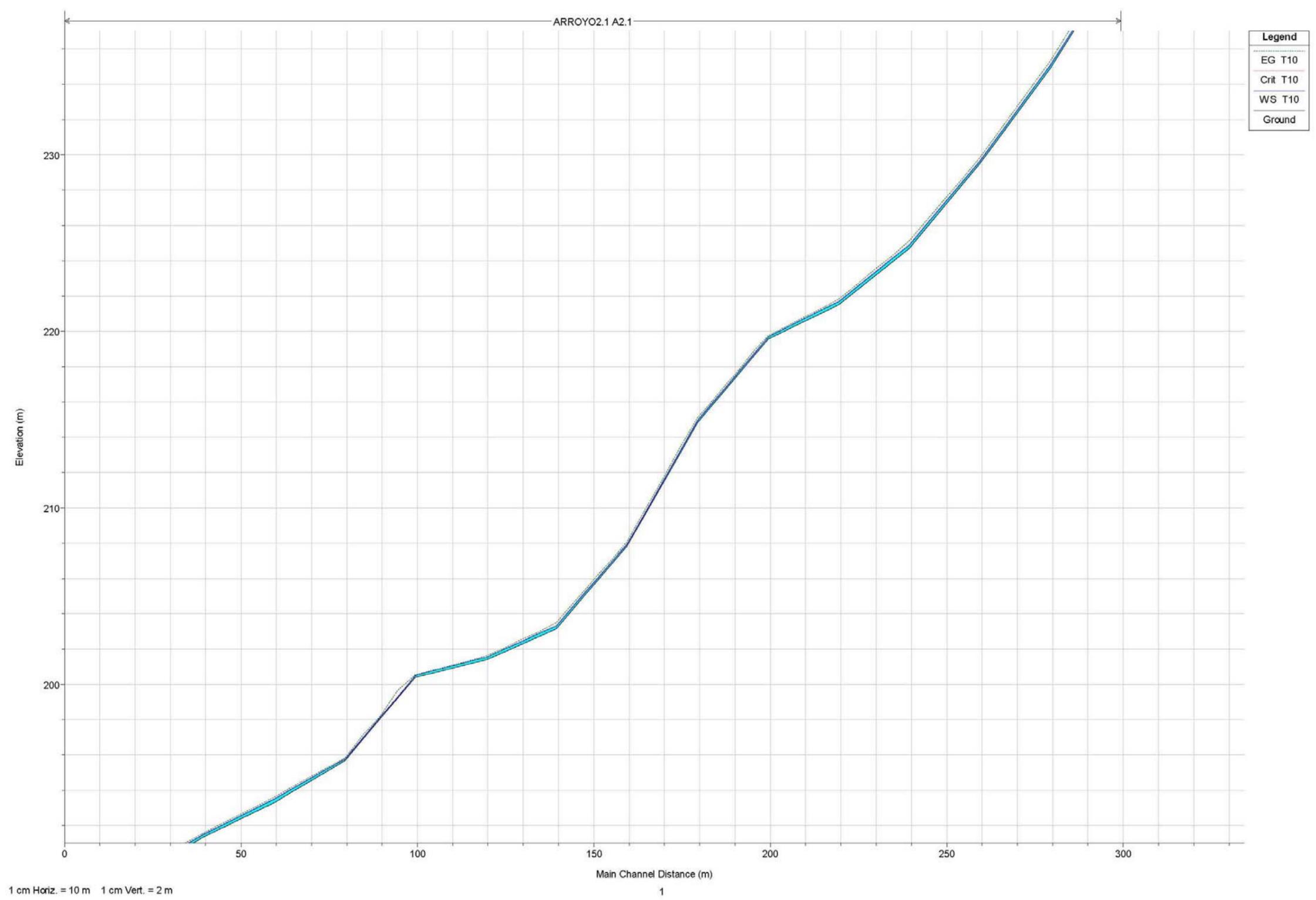
3.1.- Vista 3D de la cuenca. T=10 años

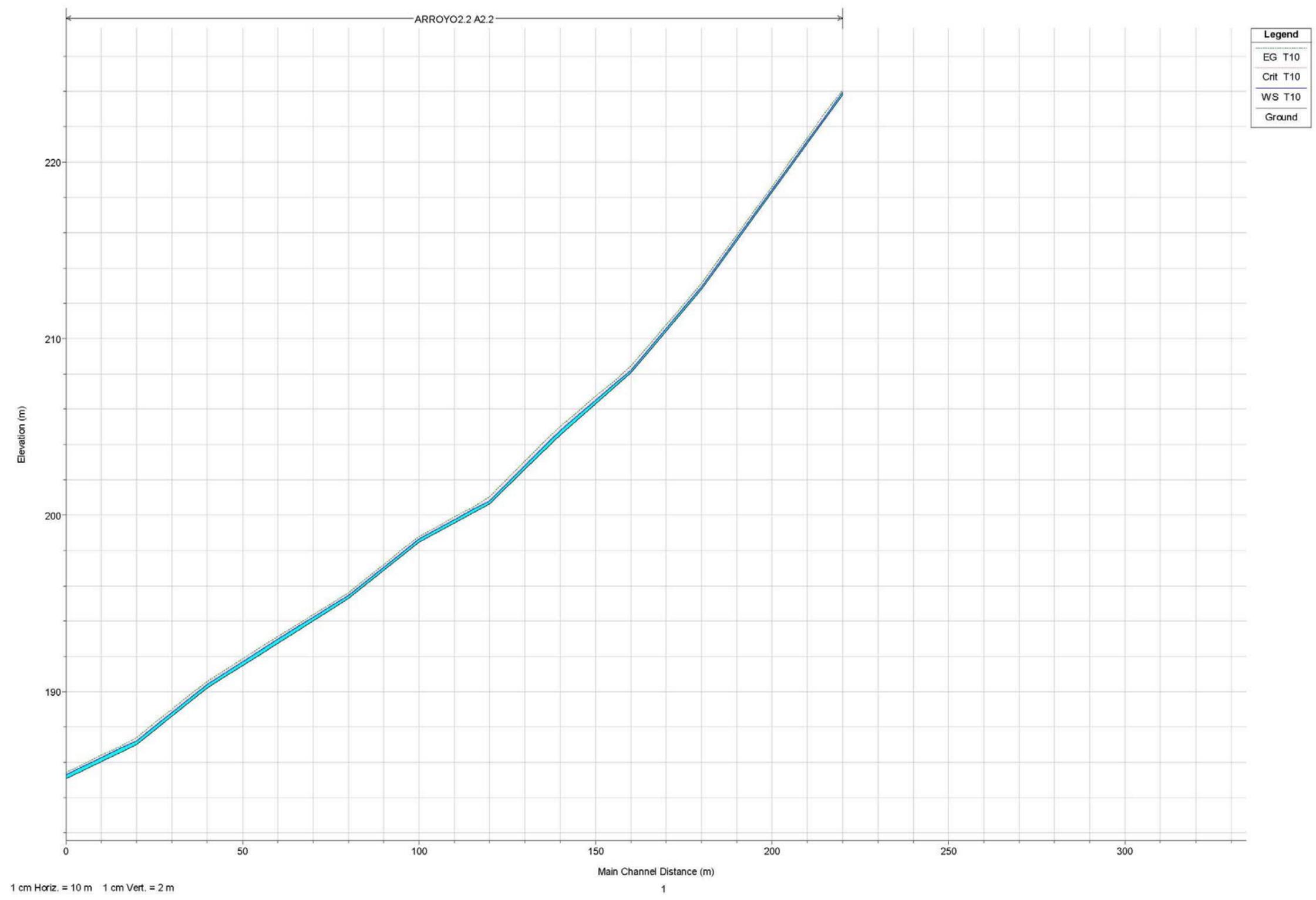


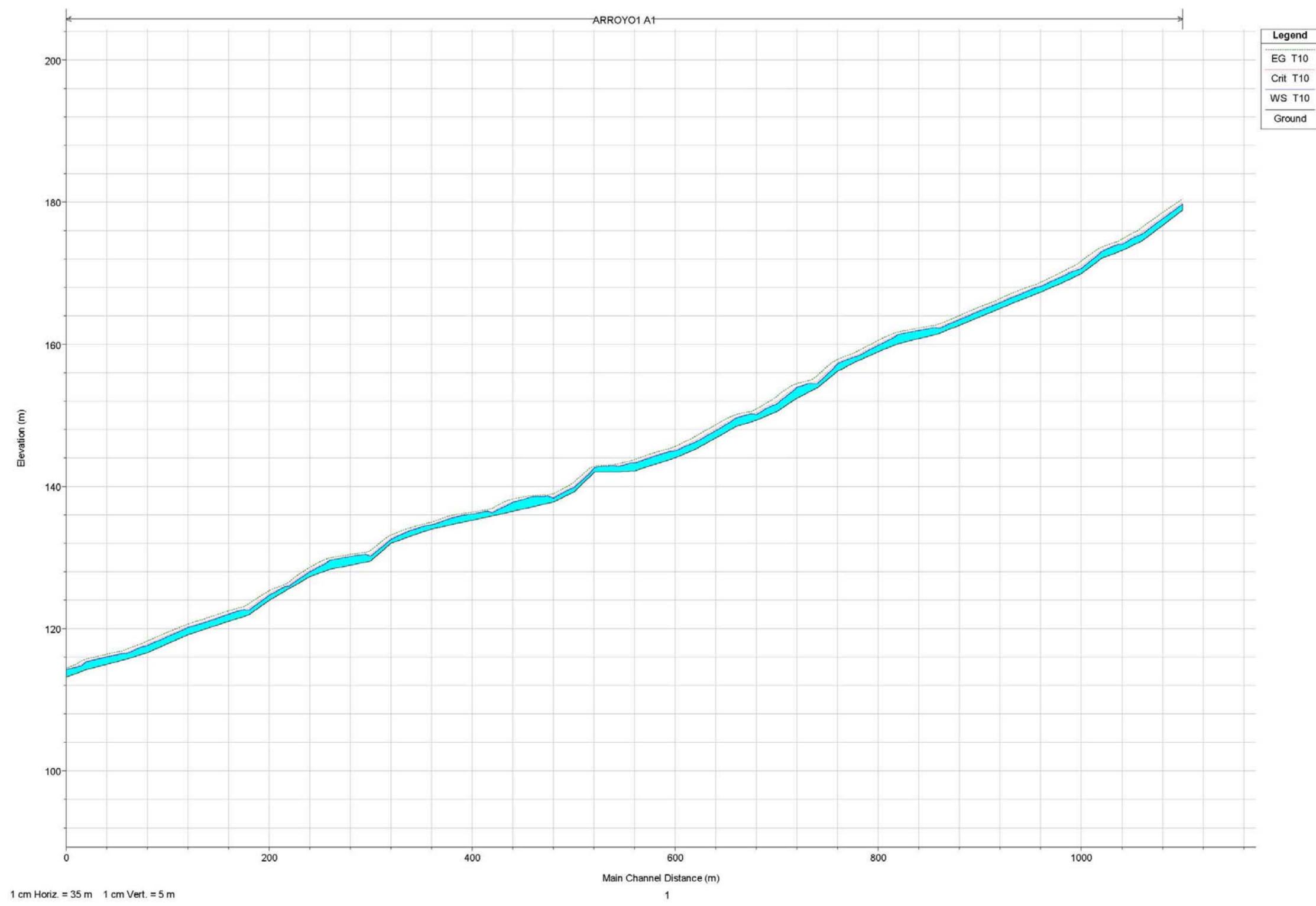
3.2. Longitudinales. T=10 años

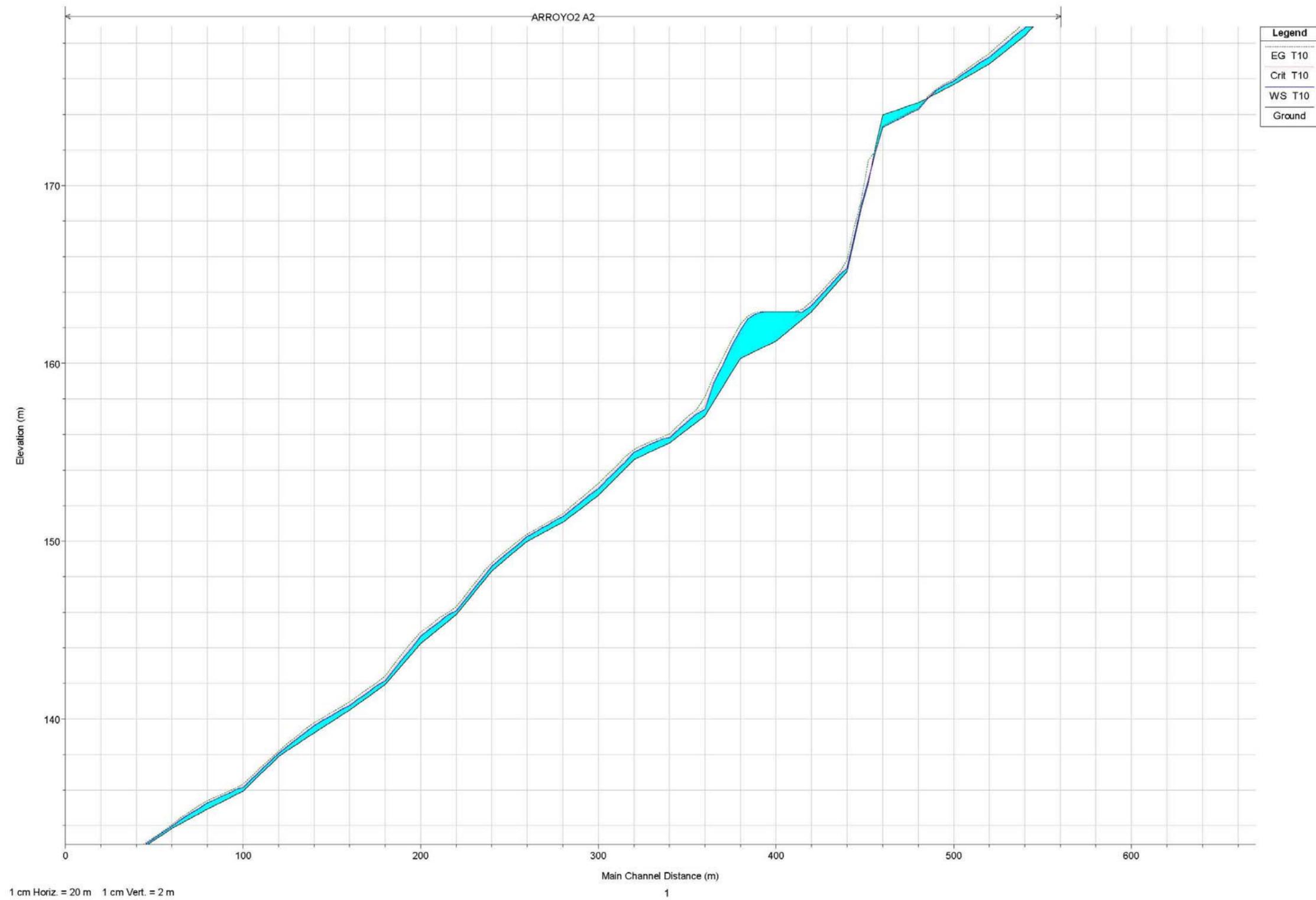


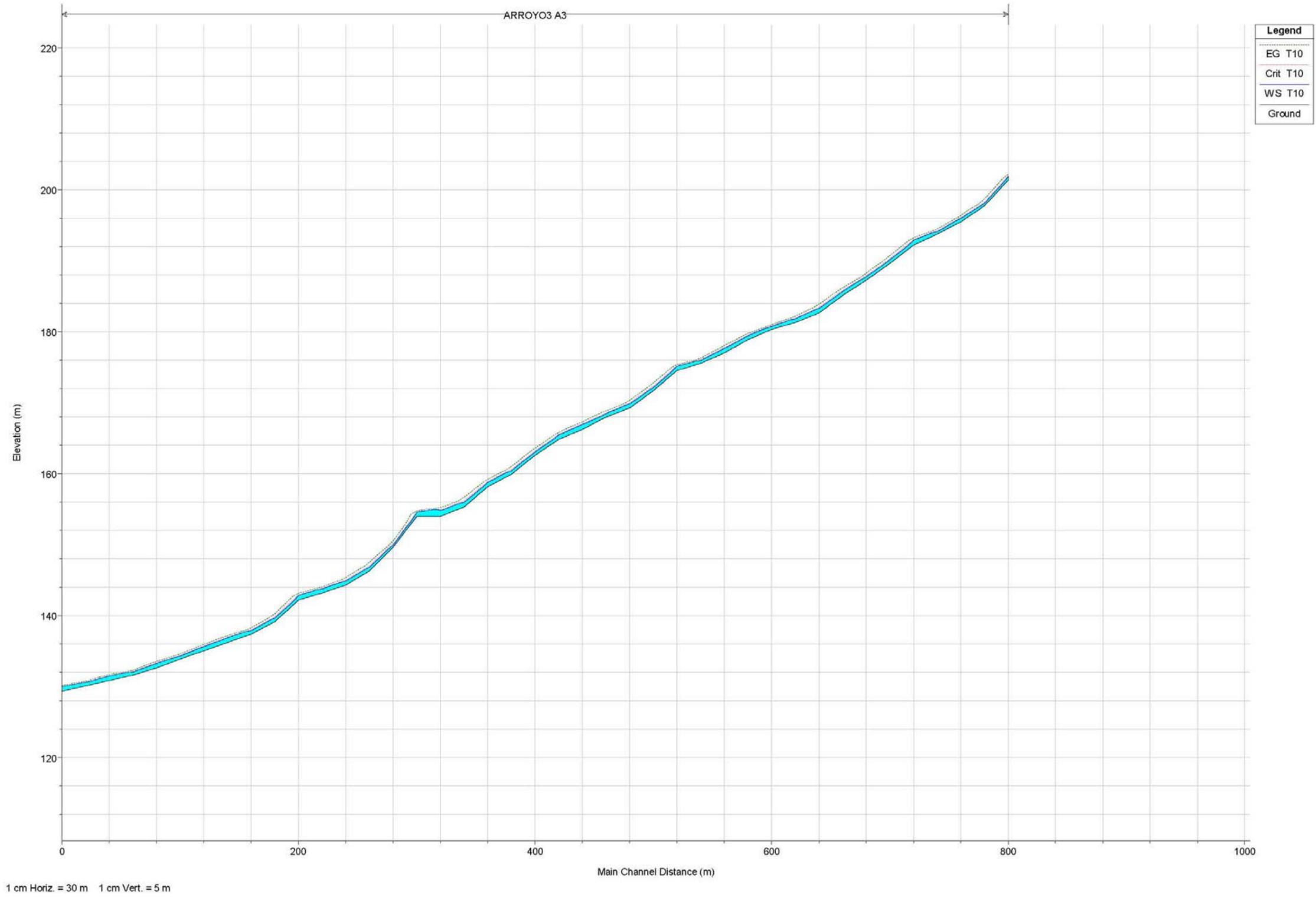


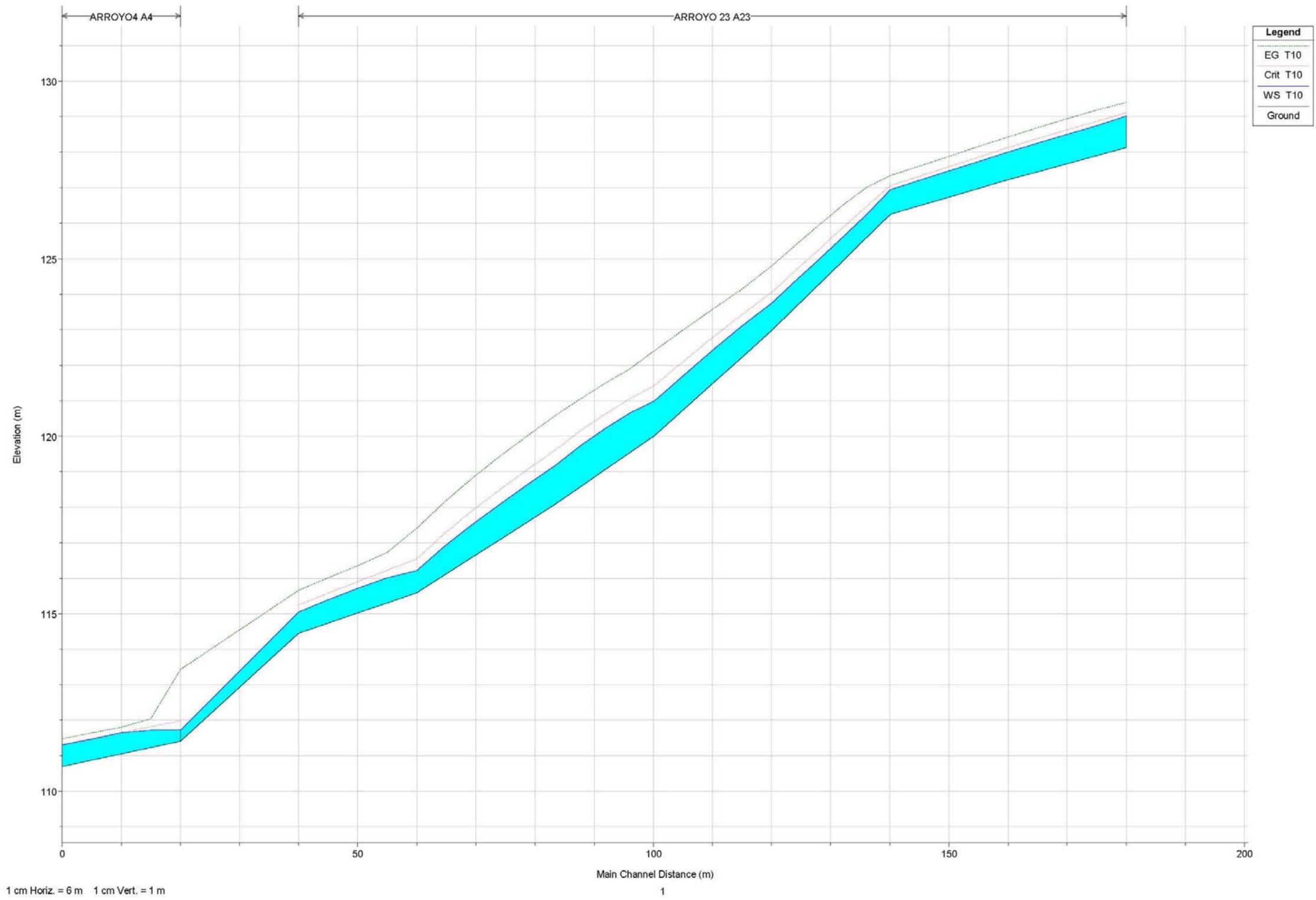




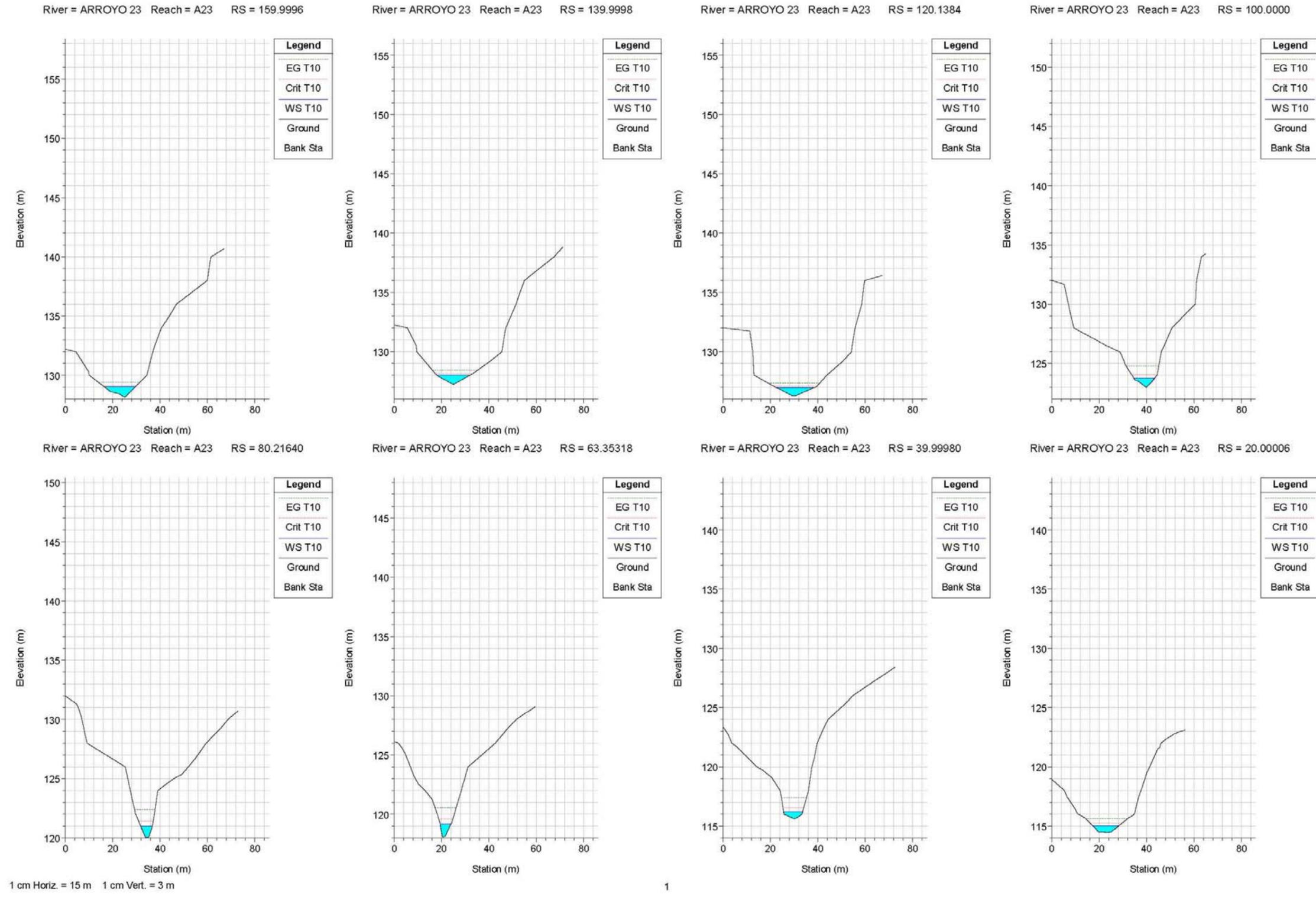








3.3. Transversales. T=10 años



1

