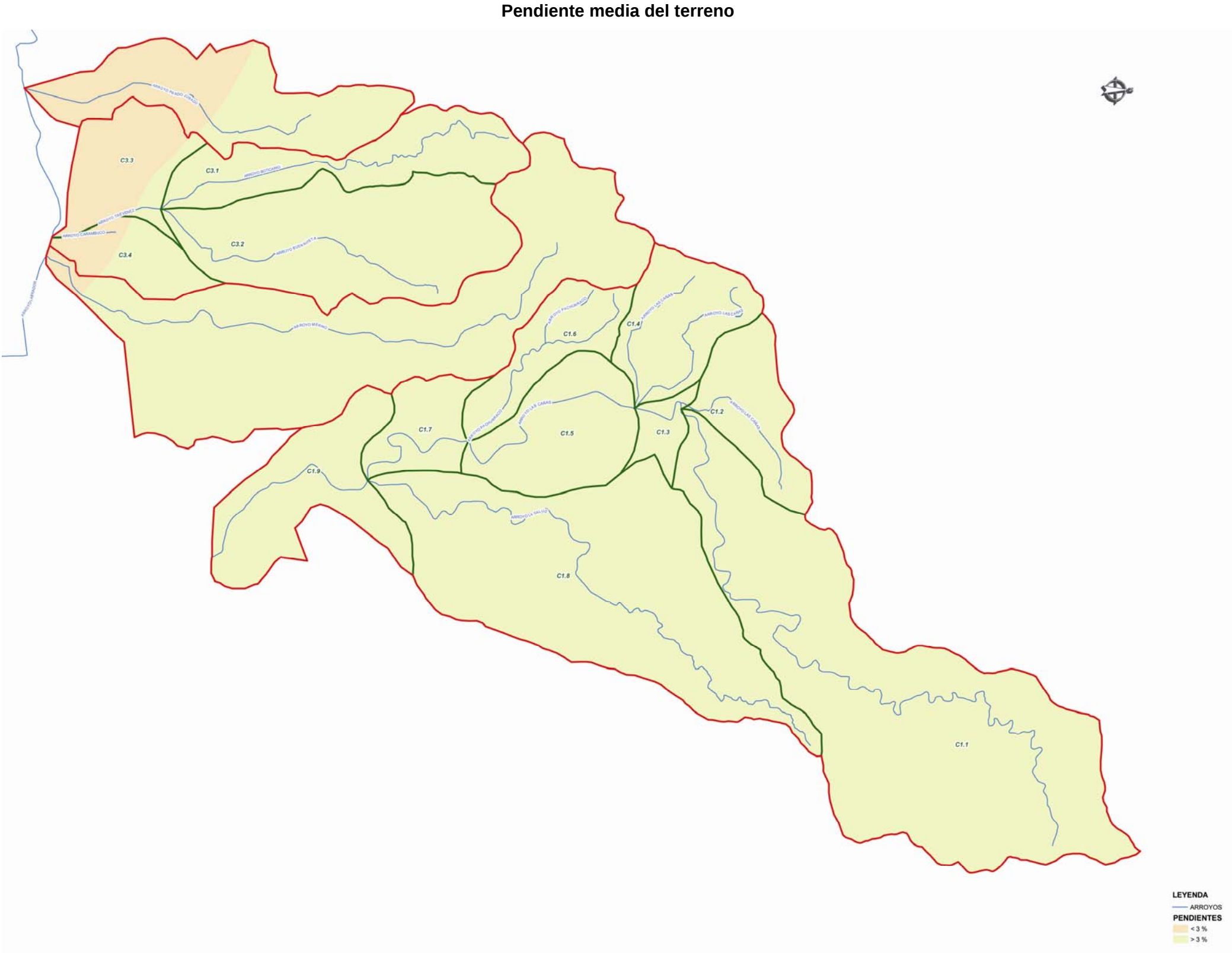


3.3.3.- Pendientes medias

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.



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 escorrentia (mm)			
Rocas permeables		≥ 3	3			
		< 3	5			
Rocas impermeables		≥ 3	2			
		< 3	4			
Firmes granulares sin pavimento Adoquinados Pavimentos bituminosos o de hormigón			2			
			1,5			
			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					
A	B	C	D	PTE	USO
1	1	1	1	>3%	Autovías, autopistas y enlaces
1	1	1	1	<3%	
1	1	1	1	>3%	Balsas de riego y ganaderas
1	1	1	1	<3%	
24	15	9	7	>3%	Cítricos
25	19	14	11	<3%	
25	17	8	5	>3%	Cultivos leñosos y vegetación natural leñosa
25	17	8	5	<3%	
25	17	8	5	>3%	Cultivos leñosos y pastizales
25	17	8	5	<3%	
1	1	1	1		Equipamiento deportivo y recreativo
1	1	1	1		
1.0	1.0	1.0	1.0	>3%	Improductivo
1.0	1.0	1.0	1.0	<3%	
25	17	8	5	>3%	Matorral denso
25	17	8	5	<3%	
25	17	8	5	>3%	Matorral denso y arbolado: quercíneas 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 arbolado: otras frondosas
25	17	8	5	<3%	
25	17	8	5	>3%	Matorral disperso con pastizal
25	17	8	5	<3%	
25	17	8	5	>3%	Matorral disperso con pasto y roca
25	17	8	5	<3%	
24	15	9	7	>3%	Olivar abandonado
25	19	14	11	<3%	
24	15	9	7	>3%	Olivar-Secano
25	19	14	11	<3%	
25	17	8	5	>3%	Otros cultivos leñosos en secano
25	17	8	5	<3%	
25	17	8	5	>3%	Otros cultivos leñosos en regadío
25	17	8	5	<3%	
24	14	8	6	>3%	Pastizal arbolado: coníferas denso
25	20	12	7	<3%	
24	14	8	6	>3%	Pastizal arbolado: otras frondosas
25	20	12	7	<3%	
24	14	8	6	>3%	Pastizal arbolado: quercíneas dispersas
25	20	12	7	<3%	

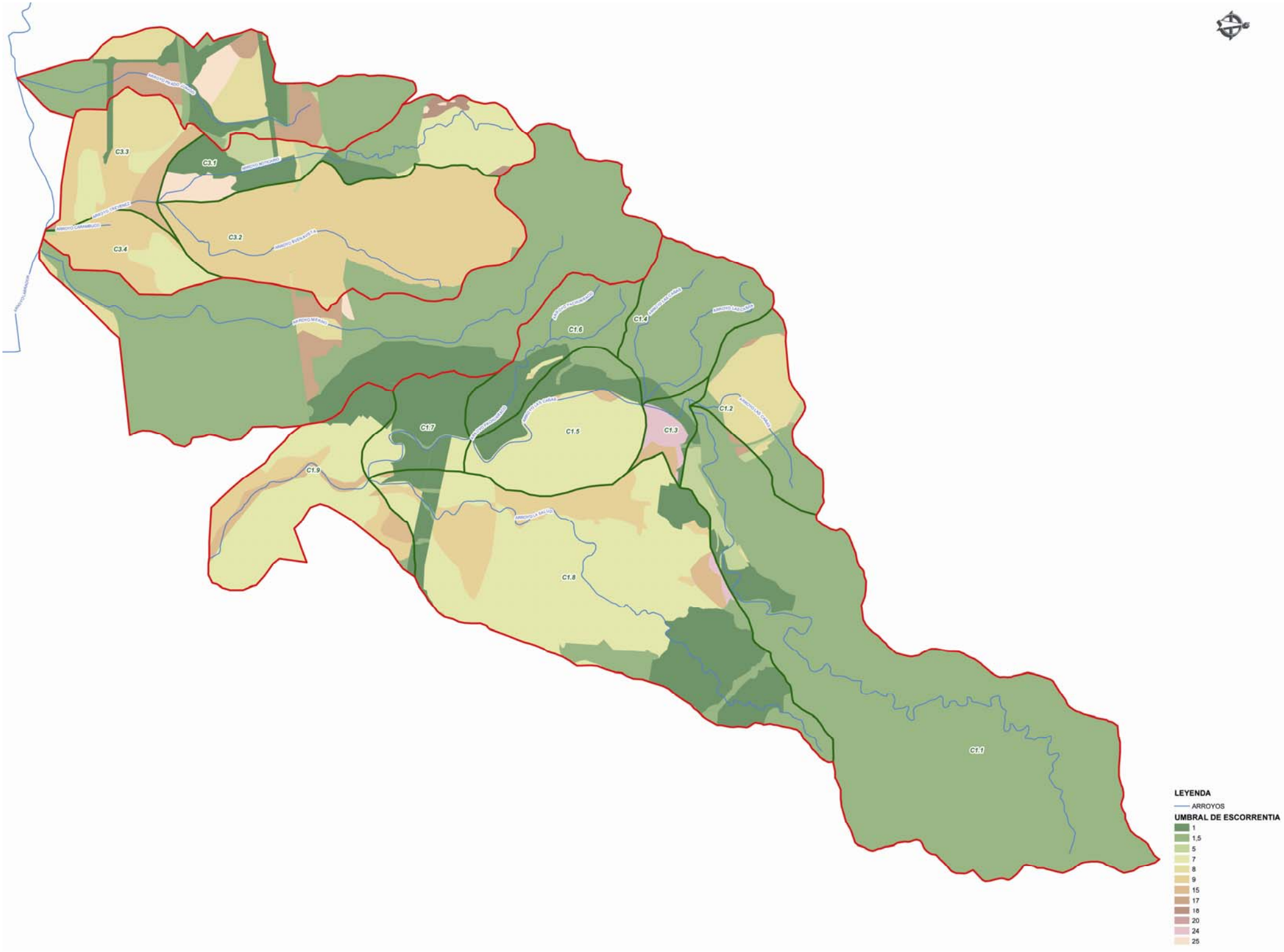
USOS DEL SUELO					
A	B	C	D	PTE	USO
24	14	8	6	>3%	Pastizal no arbolado con claros
25	20	12	7	<3%	
24	14	8	6	>3%	Pastizal no arbolado continuo
25	20	12	7	<3%	
1	1	1	1	>3%	Ríos y cauces. Otras formaciones riparias
1	1	1	1	<3%	
1.0	1.0	1.0	1.0	>3%	Urbanizaciones agrícolas y residenciales
1.0	1.0	1.0	1.0	<3%	
1.0	1.0	1.0	1.0	>3%	Urbano
1.0	1.0	1.0	1.0	<3%	
1	1	1	1	>3%	Zonas en construcción
1	1	1	1	<3%	
1	1	1	1	>3%	Zonas industriales y comerciales
1	1	1	1	<3%	
3	3	3	3	>3%	Zonas mineras
5	5	5	5	<3%	
25	14	9	6	>3%	Zonas verdes urbanas
25	19	13	10	<3%	
3	3	3	3	>3%	Zonas incendiadas
3	3	3	3	<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. Situación actual (PGOU vigente)



Intersección entre el uso del suelo, pendiente y permeabilidad. Umbral de escorrentía. Situación futura (PGOU en revisión)



DETERMINACION DE LOS LIMITES DEL DOMUNIO PUBLICO HIDRAULICO Y LAS ZONAS INUNDABLES EN LAS CUENCAS DEL ARROYO DE LAS CAÑAS Y ZONA TREVENEZ-BUENAVISTA, EN LOS DESARROLLOS PREVISTOS POR EL P.G.O.U. EN REVISION

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 resume a continuación. Como se ha explicado anteriormente, se han realizado dos análisis:

1.- Situación actual. Con el PGOU vigente. Se aplicará para el cálculo de los caudales correspondientes al periodo de retorno de 10 años, así como para obtener los caudales correspondientes a T=2, T=5 y T=25 años.

CÓDIGO			NOMBRE	Umb Esc(mm)
1	1		Arroyo de Las Cañas	14.03
1	2		Sin nombre	10.31
1	3		Arroyo de Las Cañas	6.52
1	4	1	Arroyo Jimena	5.45
1	4	2	Arroyo Torino	5.10
1	5		Arroyo de Las Cañas	7.75
1	6		Arroyo Pachurraco	7.08
1	7		Arroyo de Las Cañas	7.17
1	8		Arroyo de La Salud	5.95
1	9		Arroyo de Las Cañas	2.26
		TOTAL	CUENCA 1. ARROYO DE LAS CAÑAS	8.93
2	2		Arroyo merino	2.47
		TOTAL	CUENCA 2. ARROYO MERINO	2.47
3	1		Arroyo Boticario	2.90
	2		Arroyo Buenavista	3.86
	3		Arroyo Trévenez	4.29
	4		Arroyo Carambuco	3.81
		TOTAL	CUENCA 3. ARROYO TRÉVENEZ	3.68
4		1	Arroyo Prado Jurado	8.56
		TOTAL	CUENCA 4. ARROYO PRADO JURADO	8.56

2.- Situación futurible, en la que se considera que se ha completado el desarrollo urbano previsto por la Revisión del Plan General de Ordenación Urbana. Se aplicará para el cálculo de los caudales correspondientes al periodo de retorno de 500 años, así como para obtener los caudales correspondientes a T=50, T=100 y T=1000 años.

CÓDIGO			NOMBRE	Umb Esc(mm)
1	1		Arroyo de Las Cañas	13.51
1	2		Sin nombre	3.72
1	3		Arroyo de Las Cañas	2.42
1	4	1	Arroyo Jimena	4.91
1	4	2	Arroyo Torino	4.94
1	5		Arroyo de Las Cañas	1.27
1	6		Arroyo Pachurraco	3.46
1	7		Arroyo de Las Cañas	1.00
1	8		Arroyo de La Salud	2.05
1	9		Arroyo de Las Cañas	1.00
		TOTAL	CUENCA 1. ARROYO DE LAS CAÑAS	6.26
2	2		Arroyo merino	1.95
		TOTAL	CUENCA 2. ARROYO MERINO	1.95
3	1		Arroyo Boticario	2.82
	2		Arroyo Buenavista	3.86
	3		Arroyo Trévenez	3.63
	4		Arroyo Carambuco	3.81
		TOTAL	CUENCA 3. ARROYO TRÉVENEZ	3.55
4		1	Arroyo Prado Jurado	3.94
		TOTAL	CUENCA 4. ARROYO PRADO JURADO	3.94

3.4.- PRECIPITACION DE DISEÑO

3.4.1.- Introducción

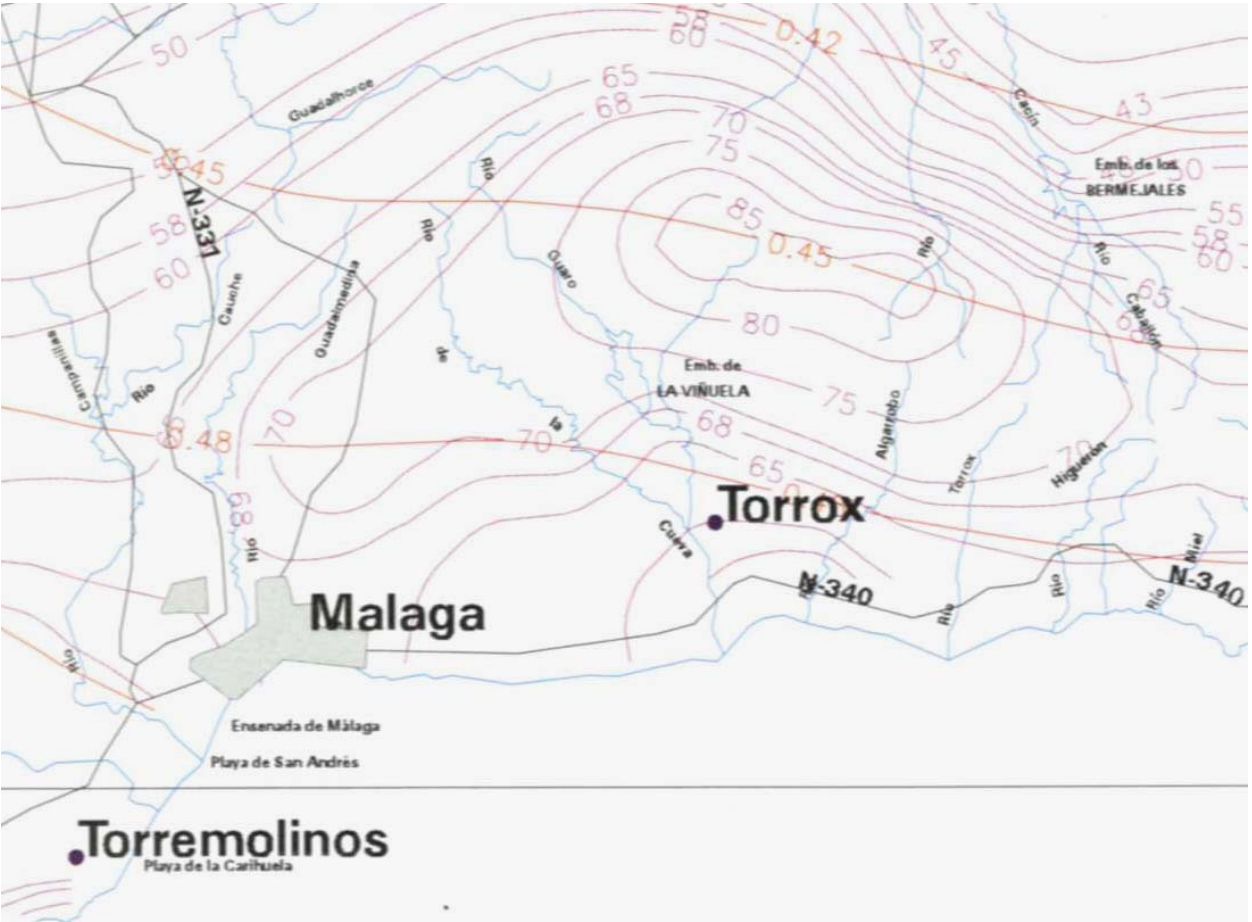
El estudio de las precipitaciones máximas diarias se llevó a cabo inicialmente a partir de los registros existentes en las estaciones meteorológicas ubicadas en el interior o en las proximidades de las cuencas estudiadas. Los registros de precipitaciones máximas fueron obtenidos del Instituto Nacional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

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		Pd (mm)							
						2	5	10	25	50	100	500	1000
1	1		Arroyo de Las Cañas	368,632	4,069,587	60.00	88.00	108.00	137.00	161.00	185.00	249.00	278.00
	2		Sin nombre	366,465	4,068,788	60.00	88.00	108.00	137.00	161.00	185.00	249.00	278.00
	3		Arroyo de Las Cañas	366,683	4,068,079	60.00	88.00	108.00	137.00	161.00	185.00	249.00	278.00
	4	1	Arroyo Jimena	365,897	4,068,397	61.00	89.00	110.00	139.00	163.00	187.00	251.00	282.00
	4	2	Arroyo Torino	365,669	4,067,992	61.00	89.00	110.00	139.00	163.00	187.00	251.00	282.00
	5		Arroyo de Las Cañas	366,705	4,067,216	60.00	88.00	108.00	137.00	161.00	185.00	249.00	278.00
	6		Arroyo Pachurraco	365,975	4,067,096	61.00	89.00	110.00	139.00	163.00	187.00	251.00	282.00
	7		Arroyo de Las Cañas	366,620	4,066,128	61.00	89.00	110.00	139.00	163.00	187.00	251.00	282.00
	8		Arroyo de La Salud	367,896	4,067,520	60.00	88.00	108.00	137.00	161.00	185.00	249.00	278.00
	9		Arroyo de Las Cañas	367,107	4,065,090	61.00	89.00	110.00	139.00	163.00	187.00	251.00	282.00
		TOTAL	CUENCA 1. ARROYO DE LAS CAÑAS	367,043	4,067,582	60.00	88.00	108.00	137.00	161.00	185.00	249.00	278.00
2	1		Arroyo merino	365,941	4,065,719	62.00	90.00	111.00	140.00	165.00	190.00	255.00	284.00
		TOTAL	CUENCA 2. ARROYO MERINO	365,941	4,065,719	62.00	90.00	111.00	140.00	165.00	190.00	255.00	284.00
3	1		Arroyo Boticario	364,490	4,065,364	62.00	90.00	111.00	140.00	165.00	190.00	255.00	284.00
	2		Arroyo Buenavista	365,071	4,065,449	62.00	90.00	111.00	140.00	165.00	190.00	255.00	284.00
	3		Arroyo Trévenez	364,455	4,063,629	63.00	92.00	113.00	142.00	167.00	192.00	257.00	288.00
	4		Arroyo Carambuco	365,241	4,063,698	63.00	92.00	113.00	142.00	167.00	192.00	257.00	288.00
		TOTAL	CUENCA 3. ARROYO TRÉVENEZ	364,929	4,064,859	62.00	90.00	111.00	140.00	165.00	190.00	255.00	284.00
4	1		Arroyo Prado Jurado	363,876	4,064,399	62.00	90.00	111.00	140.00	165.00	190.00	255.00	284.00
		TOTAL	CUENCA 4. ARROYO PRADO JURADO	363,876	4,064,399	62.00	90.00	111.00	140.00	165.00	190.00	255.00	284.00

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 P_d correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía P_o , a partir del cual se inicia ésta.

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

Se ha calculado el coeficiente de escorrentía mediante la expresión:

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

siendo:

C = coeficiente de escorrentía.

P_d = precipitación máxima diaria.

P_o = umbral de escorrentía.

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:

				COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA							
CÓDIGO			NOMBRE	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T1000
1	1		Arroyo de Las Cañas	0.20	0.32	0.39	0.47	0.53	0.57	0.67	0.71
	2		Sin nombre	0.13	0.32	0.30	0.38	0.77	0.80	0.86	0.88
	3		Arroyo de Las Cañas	0.26	0.39	0.46	0.54	0.86	0.89	0.93	0.94
	4	1	Arroyo Jimena	0.33	0.46	0.53	0.61	0.69	0.73	0.81	0.83
	4	2	Arroyo Torino	0.35	0.48	0.55	0.63	0.69	0.73	0.81	0.83
	5		Arroyo de Las Cañas	0.21	0.33	0.40	0.48	0.95	0.96	0.97	0.98
	6		Arroyo Pachurraco	0.24	0.36	0.44	0.52	0.79	0.82	0.88	0.90
	7		Arroyo de Las Cañas	0.24	0.36	0.43	0.52	0.96	0.97	0.98	0.99
	8		Arroyo de La Salud	0.29	0.42	0.49	0.58	0.89	0.91	0.94	0.95
	9		Arroyo de Las Cañas	0.63	0.74	0.80	0.85	0.96	0.97	0.98	0.99
		TOTAL	CUENCA 1. ARROYO DE LAS CAÑAS	0.17	0.32	0.35	0.43	0.61	0.66	0.75	0.78
2	1		Arroyo merino	0.61	0.72	0.78	0.83	0.90	0.92	0.95	0.96
		TOTAL	CUENCA 2. ARROYO MERINO	0.61	0.72	0.78	0.83	0.90	0.92	0.95	0.96
3	1		Arroyo Boticario	0.55	0.67	0.74	0.80	0.84	0.87	0.91	0.92
	2		Arroyo Buenavista	0.45	0.58	0.65	0.72	0.77	0.80	0.86	0.88
	3		Arroyo Trévez	0.42	0.55	0.62	0.69	0.78	0.82	0.87	0.89
	4		Arroyo Carambuco	0.46	0.59	0.66	0.73	0.77	0.81	0.87	0.88
		TOTAL	CUENCA 3. ARROYO TRÉVEZ	0.47	0.60	0.66	0.73	0.79	0.82	0.88	0.89
4	1		Arroyo Prado Jurado	0.19	0.32	0.38	0.46	0.76	0.80	0.86	0.88
	TOTAL	TOTAL	CUENCA 4. ARROYO PRADO JURADO	0.19	0.32	0.38	0.46	0.76	0.80	0.86	0.88

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:

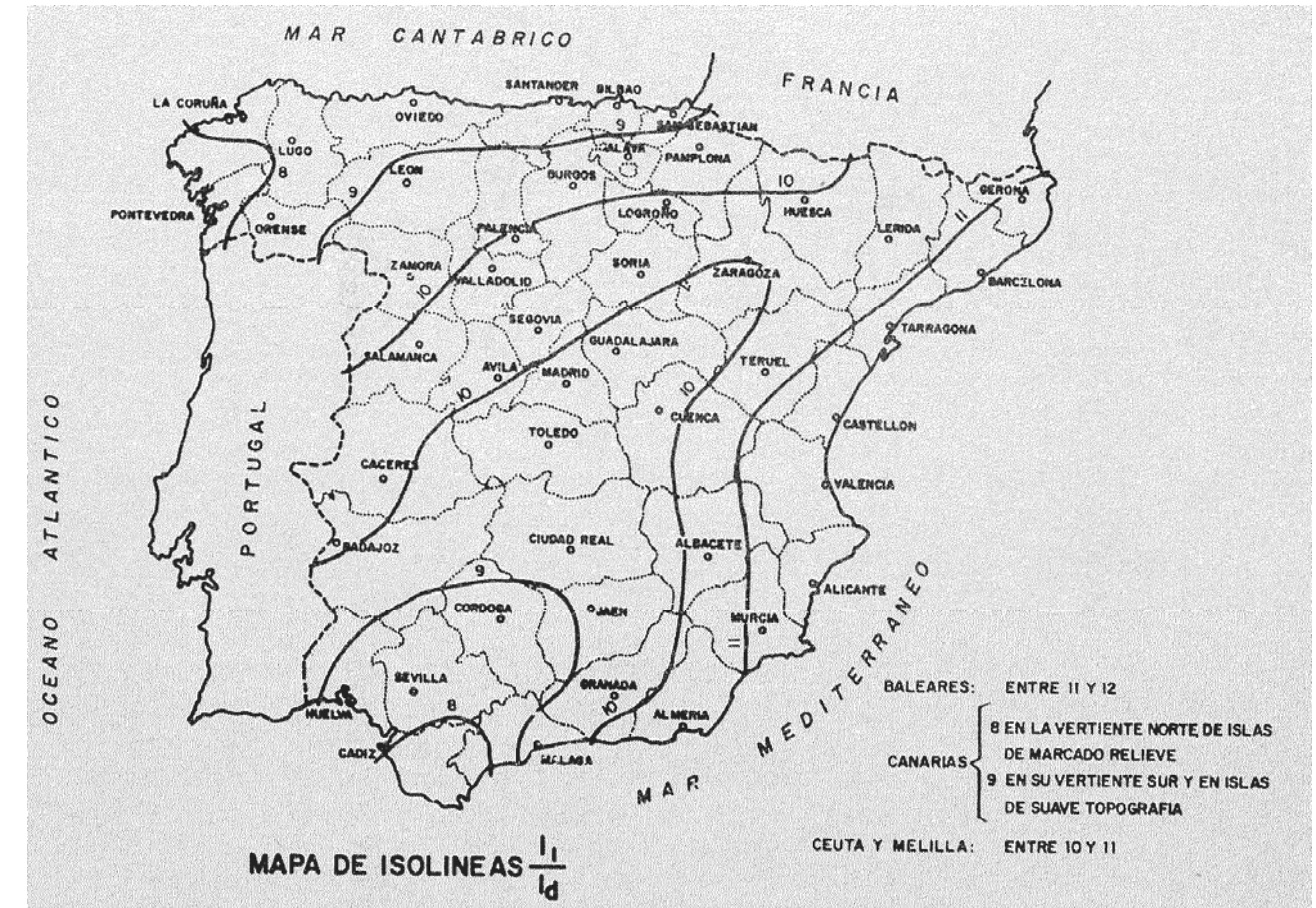
T_c = duración de la lluvia, igual al tiempo de concentración de la cuenca en horas.

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:

				It							
CÓDIGO			NOMBRE	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T1000
1	1		Arroyo de Las Cañas	13.85	20.31	24.92	31.62	37.16	42.69	57.46	64.16
	2		Sin nombre	29.83	43.74	53.69	68.10	80.03	91.96	123.78	138.19
	3		Arroyo de Las Cañas	38.13	55.92	68.63	87.06	102.31	117.56	158.23	176.66
	4	1	Arroyo Jimena	24.95	36.40	44.99	56.85	66.67	76.48	102.66	115.34
	4	2	Arroyo Torino	28.02	40.88	50.52	63.84	74.87	85.89	115.28	129.52
	5		Arroyo de Las Cañas	22.89	33.58	41.21	52.27	61.43	70.59	95.01	106.08
	6		Arroyo Pachurraco	24.61	35.90	44.37	56.07	65.75	75.43	101.25	113.76
	7		Arroyo de Las Cañas	23.03	33.60	41.52	52.47	61.53	70.59	94.75	106.45
	8		Arroyo de La Salud	15.37	22.54	27.66	35.09	41.23	47.38	63.77	71.20
	9		Arroyo de Las Cañas	21.92	31.98	39.53	49.95	58.57	67.19	90.19	101.33
		TOTAL	CUENCA 1. ARROYO DE LAS CAÑAS	10.50	15.39	18.89	23.96	28.16	32.36	43.55	48.63
2	1		Arroyo merino	15.02	21.80	26.89	33.92	39.97	46.03	61.77	68.80
		TOTAL	CUENCA 2. ARROYO MERINO	15.02	21.80	26.89	33.92	39.97	46.03	61.77	68.80
3	1		Arroyo Boticario	20.43	29.65	36.57	46.13	54.36	62.60	84.02	93.57
	2		Arroyo Buenavista	20.40	29.61	36.52	46.06	54.29	62.51	83.90	93.44
	3		Arroyo Trévenez	24.89	36.35	44.65	56.11	65.99	75.87	101.55	113.80
	4		Arroyo Carambuco	26.70	38.99	47.89	60.18	70.77	81.37	108.91	122.05
		TOTAL	CUENCA 3. ARROYO TRÉVENEZ	17.84	25.90	31.95	40.29	47.49	54.68	73.39	81.74
4	1		Arroyo Prado Jurado	19.61	28.47	35.11	44.28	52.19	60.10	80.66	89.84
	TOTAL	TOTAL	CUENCA 4. ARROYO PRADO JURADO	19.61	28.47	35.11	44.28	52.19	60.10	80.66	89.84

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	Arroyo de Las Cañas	543.58
1	2	Sin nombre	89.65
1	3	Arroyo de Las Cañas	20.89
1	4	1 Arroyo Jimena	55.82
1	4	2 Arroyo Torino	44.93
1	5	Arroyo de Las Cañas	116.46
1	6	Arroyo Pachurraco	72.80
1	7	Arroyo de Las Cañas	55.75
1	8	Arroyo de La Salud	409.92
1	9	Arroyo de Las Cañas	132.17
	TOTAL	CUENCA 1. ARROYO DE LAS CAÑAS	1541.97
2	2	Arroyo merino	451.09
	TOTAL	CUENCA 2. ARROYO MERINO	451.09
3	1	Arroyo Boticario	125.42
	2	Arroyo Buenavista	233.39
	3	Arroyo Trévenez	84.35
	4	Arroyo Carambuco	53.31
	TOTAL	CUENCA 3. ARROYO TRÉVENEZ	496.48
4	1	Arroyo Prado Jurado	168.02
	TOTAL	CUENCA 4. ARROYO PRADO JURADO	168.02

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	Ks	K
1	1		Arroyo de Las Cañas	0.95	1.17
1	2		Sin nombre	1.00	1.04
1	3		Arroyo de Las Cañas	1.05	1.02
1	4	1	Arroyo Jimena	1.02	1.06
1	4	2	Arroyo Torino	1.02	1.05
1	5		Arroyo de Las Cañas	1.00	1.07
1	6		Arroyo Pachurraco	1.01	1.06
1	7		Arroyo de Las Cañas	1.02	1.07
1	8		Arroyo de La Salud	0.96	1.15
1	9		Arroyo de Las Cañas	0.99	1.08
		TOTAL	CUENCA 1. ARROYO DE LAS CAÑAS	0.92	1.27
2	2		Arroyo merino	0.96	1.16
		TOTAL	CUENCA 2. ARROYO MERINO	0.96	1.16
3	1		Arroyo Boticario	0.99	1.09
	2		Arroyo Buenavista	0.98	1.09
	3		Arroyo Trévenez	1.00	1.06
	4		Arroyo Carambuco	1.02	1.05
		TOTAL	CUENCA 3. ARROYO TRÉVENEZ	0.95	1.12
4	1		Arroyo Prado Jurado	0.98	1.10
		TOTAL	CUENCA 4. ARROYO PRADO JURADO	0.98	1.10

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

				SEGÚN INSTRUCCIÓN 5.2-IC (m³/s)							
CÓDIGO			NOMBRE	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T1000
1	1		Arroyo de Las Cañas	4.97	11.66	17.45	26.91	35.45	44.46	69.99	82.03
	2		Sin nombre	1.17	4.14	4.87	7.81	18.39	22.07	31.98	36.47
	3		Arroyo de Las Cañas	0.70	1.52	2.20	3.30	6.15	7.26	10.20	11.53
	4	1	Arroyo Jimena	1.51	3.09	4.44	6.46	8.61	10.45	15.46	17.92
	4	2	Arroyo Torino	1.46	2.93	4.19	6.05	7.77	9.42	13.95	16.17
	5		Arroyo de Las Cañas	1.86	4.30	6.40	9.82	22.57	26.23	35.92	40.29
	6		Arroyo Pachurraco	1.44	3.18	4.72	7.09	12.61	15.05	21.58	24.75
	7		Arroyo de Las Cañas	1.02	2.25	3.35	5.03	11.03	12.75	17.31	19.51
	8		Arroyo de La Salud	6.11	12.97	18.64	27.61	50.19	58.94	82.15	92.61
	9		Arroyo de Las Cañas	6.08	10.48	13.90	18.67	24.88	28.77	39.06	44.02
		TOTAL	CUENCA 1. ARROYO DE LAS CAÑAS	9.14	25.08	34.13	53.44	88.77	109.52	167.10	193.82
2	1		Arroyo merino	13.67	23.67	31.48	42.43	54.20	63.67	88.16	99.02
		TOTAL	CUENCA 2. ARROYO MERINO	13.67	23.67	31.48	42.43	54.20	63.67	88.16	99.02
3	1		Arroyo Boticario	4.70	8.35	11.25	15.35	19.06	22.65	31.99	36.14
	2		Arroyo Buenavista	7.14	13.37	18.46	25.82	32.34	38.94	56.27	64.01
	3		Arroyo Trévenez	2.93	5.64	7.80	10.94	14.55	17.43	24.96	28.56
	4		Arroyo Carambuco	2.18	4.10	5.61	7.79	9.71	11.66	16.76	19.19
		TOTAL	CUENCA 3. ARROYO TRÉVENEZ	13.79	25.57	35.15	48.95	61.84	74.19	106.48	120.89
4	1		Arroyo Prado Jurado	2.09	5.17	7.38	11.32	22.22	26.79	38.77	44.14
	TOTAL	TOTAL	CUENCA 4. ARROYO PRADO JURADO	2.09	5.17	7.38	11.32	22.22	26.79	38.77	44.14

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

				SEGÚN MÉTODO MODIFICADO DE TÉMEZ							
CÓDIGO			NOMBRE	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T1000
1	1		Arroyo de Las Cañas	4.62	10.85	16.24	25.04	32.98	41.36	65.12	76.33
	2		Sin nombre	1.02	3.60	4.23	6.78	15.96	19.15	27.75	31.65
	3		Arroyo de Las Cañas	0.62	1.35	1.96	2.94	5.47	6.46	9.08	10.26
	4	1	Arroyo Jimena	1.35	2.77	3.98	5.79	7.72	9.37	13.86	16.06
	4	2	Arroyo Torino	1.30	2.61	3.73	5.39	6.92	8.40	12.43	14.41
	5		Arroyo de Las Cañas	1.65	3.81	5.67	8.69	19.99	23.23	31.81	35.67
	6		Arroyo Pachurraco	1.29	2.83	4.21	6.32	11.24	13.41	19.24	22.06
	7		Arroyo de Las Cañas	0.92	2.04	3.03	4.56	9.99	11.55	15.68	17.67
	8		Arroyo de La Salud	5.60	11.87	17.06	25.28	45.95	53.96	75.21	84.78
	9		Arroyo de Las Cañas	5.40	9.32	12.36	16.61	22.14	25.59	34.74	39.16
		TOTAL	CUENCA 1. ARROYO DE LAS CAÑAS	8.90	24.41	33.22	52.01	86.39	106.58	162.63	188.63
2	1		Arroyo merino	12.64	21.88	29.11	39.24	50.12	58.88	81.52	91.56
		TOTAL	CUENCA 2. ARROYO MERINO	12.64	21.88	29.11	39.24	50.12	58.88	81.52	91.56
3	1		Arroyo Boticario	4.24	7.54	10.16	13.86	17.21	20.45	28.88	32.63
	2		Arroyo Buenavista	6.33	11.85	16.37	22.90	28.67	34.53	49.89	56.76
	3		Arroyo Trévenez	2.61	5.02	6.94	9.74	12.95	15.51	22.21	25.41
	4		Arroyo Carambuco	1.95	3.67	5.02	6.96	8.68	10.42	14.98	17.16
		TOTAL	CUENCA 3. ARROYO TRÉVENEZ	12.24	22.70	31.22	43.47	54.92	65.88	94.56	107.36
4	1		Arroyo Prado Jurado	1.88	4.66	6.65	10.20	20.03	24.14	34.95	39.78
	TOTAL	TOTAL	CUENCA 4. ARROYO PRADO JURADO	1.88	4.66	6.65	10.20	20.03	24.14	34.95	39.78

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 AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA				SEGÚN TABLAS	FÓRMULAS EMPÍRICAS
CÓDIGO			NOMBRE	Q (m3/sg)	Q (m3/sg)
1	1		Arroyo de Las Cañas	81.54	NO PROCEDE
1	2		Sin nombre	17.93	NO PROCEDE
1	3		Arroyo de Las Cañas	4.18	NO PROCEDE
1	4	1	Arroyo Jimena	11.16	NO PROCEDE
1	4	2	Arroyo Torino	8.99	NO PROCEDE
1	5		Arroyo de Las Cañas	23.29	NO PROCEDE
1	6		Arroyo Pachurraco	14.56	NO PROCEDE
1	7		Arroyo de Las Cañas	11.15	NO PROCEDE
1	8		Arroyo de La Salud	81.98	NO PROCEDE
1	9		Arroyo de Las Cañas	26.43	NO PROCEDE
		TOTAL	CUENCA 1. ARROYO DE LAS CAÑAS	231.30	NO PROCEDE
2	2		Arroyo merino	90.22	NO PROCEDE
		TOTAL	CUENCA 2. ARROYO MERINO	90.22	NO PROCEDE
3	1		Arroyo Boticario	25.08	NO PROCEDE
	2		Arroyo Buenavista	46.68	NO PROCEDE
	3		Arroyo Trévez	16.87	NO PROCEDE
	4		Arroyo Carambuco	10.66	NO PROCEDE
		TOTAL	CUENCA 3. ARROYO TRÉVEZ	99.30	NO PROCEDE
4		1	Arroyo Prado Jurado	33.60	NO PROCEDE
		TOTAL	CUENCA 4. ARROYO PRADO JURADO	33.60	NO PROCEDE

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 la 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.

Situación futura (con los desarrollos previstos en el nuevo PGOU). T500

SEGÚN LA INSTRUCCIÓN 5.2-IC															SEGÚN MÉTODO MODIFICADO DE TÉMEZ					SEGÚN AAA (tabla)	SEGÚN AAA (fórmulas)	Qmax (m3/s)
CÓDIGO		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	2.38	249.00	9.20	10.38	57.46	3.10	13.51	41.88	25.00	9.96	0.67	543.58	69.99	0.95	5435758.15	5.44	1.17	65.12	81.54	NO PROCEDE	81.54
	2	0.62	249.00	9.20	10.38	123.78	3.10	3.72	11.53	11.53	21.59	0.86	89.65	31.98	1.00	896526.06	0.90	1.04	27.75	17.93	NO PROCEDE	27.75
	3	0.39	249.00	9.20	10.38	158.23	3.10	2.42	7.50	7.50	33.19	0.93	20.89	10.20	1.05	208873.02	0.21	1.02	9.08	4.18	NO PROCEDE	9.08
	4	0.89	251.00	9.20	10.46	102.66	3.10	4.91	15.22	15.22	16.49	0.81	55.82	15.46	1.02	558191.51	0.56	1.06	13.86	11.16	NO PROCEDE	13.86
		0.72	251.00	9.20	10.46	115.28	3.10	4.94	15.31	15.31	16.39	0.81	44.93	13.95	1.02	449258.40	0.45	1.05	12.43	8.99	NO PROCEDE	12.43
	5	1.01	249.00	9.20	10.38	95.01	3.10	1.27	3.94	3.94	63.25	0.97	116.46	35.92	1.00	1164557.47	1.16	1.07	31.81	23.29	NO PROCEDE	31.81
	6	0.91	251.00	9.20	10.46	101.25	3.10	3.46	10.73	10.73	23.40	0.88	72.80	21.58	1.01	728037.81	0.73	1.06	19.24	14.56	NO PROCEDE	19.24
	7	1.03	251.00	9.20	10.46	94.75	3.10	1.00	3.10	3.10	80.97	0.98	55.75	17.31	1.02	557546.42	0.56	1.07	15.68	11.15	NO PROCEDE	15.68
	8	2.00	249.00	9.20	10.38	63.77	3.10	2.05	6.36	6.36	39.18	0.94	409.92	82.15	0.96	4099220.67	4.10	1.15	75.21	81.98	NO PROCEDE	81.98
	9	1.12	251.00	9.20	10.46	90.19	3.10	1.00	3.10	3.10	80.97	0.98	132.17	39.06	0.99	1321704.72	1.32	1.08	34.74	26.43	NO PROCEDE	34.74
	TOTAL	3.70	249.00	9.20	10.38	43.55	3.10	6.26	19.41	19.41	12.83	0.75	1541.97	167.10	0.92	15419674.22	15.42	1.27	162.63	231.30	NO PROCEDE	231.30
2	1	2.19	255.00	9.20	10.63	61.77	3.10	1.95	6.05	6.05	42.18	0.95	451.09	88.16	0.96	4510852.73	4.51	1.16	81.52	90.22	NO PROCEDE	90.22
	TOTAL	2.19	255.00	9.20	10.63	61.77	3.10	1.95	6.05	6.05	42.18	0.95	451.09	88.16	0.96	4510852.73	4.51	1.16	81.52	90.22	NO PROCEDE	90.22
3	1	1.30	255.00	9.20	10.63	84.02	3.10	2.82	8.74	8.74	29.17	0.91	125.42	31.99	0.99	1254207.02	1.25	1.09	28.88	25.08	NO PROCEDE	28.88
	2	1.31	255.00	9.20	10.63	83.90	3.10	3.86	11.97	11.97	21.31	0.86	233.39	56.27	0.98	2333923.19	2.33	1.09	49.89	46.68	NO PROCEDE	49.89
	3	0.95	257.00	9.20	10.71	101.55	3.10	3.63	11.25	11.25	22.84	0.87	84.35	24.96	1.00	843539.47	0.84	1.06	22.21	16.87	NO PROCEDE	22.21
	4	0.83	257.00	9.20	10.71	108.91	3.10	3.81	11.81	11.81	21.76	0.87	53.31	16.76	1.02	533094.27	0.53	1.05	14.98	10.66	NO PROCEDE	14.98
	TOTAL	1.65	255.00	9.20	10.63	73.39	3.10	3.55	11.01	11.01	23.17	0.88	496.48	106.48	0.95	4964763.94	4.96	1.12	94.56	99.30	NO PROCEDE	99.30
4	1	1.40	255.00	9.20	10.63	80.66	3.10	3.94	12.21	12.21	20.88	0.86	168.02	38.77	0.98	1680170.22	1.68	1.10	34.95	33.60	NO PROCEDE	34.95
	TOTAL	1.40	255.00	9.20	10.63	80.66	3.10	3.94	12.21	12.21	20.88	0.86	168.02	38.77	0.98	1680170.22	1.68	1.10	34.95	33.60	NO PROCEDE	34.95

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, aunque 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.

Indicar también que, para el periodo de retorno de 10 años se ha considerado únicamente la situación actual, puesto que su finalidad es la obtención de la zona ocupada por la lámina de agua sobre el cauce natural, con el fin de realizar una estimación del Dominio Público Hidráulico.

SEGÚN LA INSTRUCCIÓN 5.2-IC																SEGÚN MÉTODO MODIFICADO DE TÉMEZ				
CÓDIGO			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)
1	1		2.38	60.00	9.20	2.50	13.85	3.10	14.03	43.49	25.00	2.40	0.20	543.58	4.97	0.95	5435758.15	5.44	1.17	4.62
	2		0.62	60.00	9.20	2.50	29.83	3.10	10.31	31.96	25.00	1.88	0.13	89.65	1.17	1.00	896526.06	0.90	1.04	1.02
	3		0.39	60.00	9.20	2.50	38.13	3.10	6.52	20.21	20.21	2.97	0.26	20.89	0.70	1.05	208873.02	0.21	1.02	0.62
	4		0.89	61.00	9.20	2.54	24.95	3.10	5.45	16.90	16.90	3.61	0.33	55.82	1.51	1.02	558191.51	0.56	1.06	1.35
			0.72	61.00	9.20	2.54	28.02	3.10	5.10	15.81	15.81	3.86	0.35	44.93	1.46	1.02	449258.40	0.45	1.05	1.30
	5		1.01	60.00	9.20	2.50	22.89	3.10	7.75	24.03	24.03	2.50	0.21	116.46	1.86	1.00	1164557.47	1.16	1.07	1.65
	6		0.91	61.00	9.20	2.54	24.61	3.10	7.08	21.95	21.95	2.78	0.24	72.80	1.44	1.01	728037.81	0.73	1.06	1.29
	7		1.03	61.00	9.20	2.54	23.03	3.10	7.17	22.23	22.23	2.74	0.24	55.75	1.02	1.02	557546.42	0.56	1.07	0.92
	8		2.00	60.00	9.20	2.50	15.37	3.10	5.95	18.45	18.45	3.25	0.29	409.92	6.11	0.96	4099220.67	4.10	1.15	5.60
	9		1.12	61.00	9.20	2.54	21.92	3.10	2.26	7.01	7.01	8.71	0.63	132.17	6.08	0.99	1321704.72	1.32	1.08	5.40
		TOTAL	3.70	60.00	9.20	2.50	10.50	3.10	8.93	27.68	25.00	2.17	0.17	1541.97	9.14	0.92	15419674.22	15.42	1.27	8.90
2	1		2.19	62.00	9.20	2.58	15.02	3.10	2.47	7.66	7.66	8.10	0.61	451.09	13.67	0.96	4510852.73	4.51	1.16	12.64
		TOTAL	2.19	62.00	9.20	2.58	15.02	3.10	2.47	7.66	7.66	8.10	0.61	451.09	13.67	0.96	4510852.73	4.51	1.16	12.64
3	1		1.30	62.00	9.20	2.58	20.43	3.10	2.90	8.99	8.99	6.90	0.55	125.42	4.70	0.99	1254207.02	1.25	1.09	4.24
	2		1.31	62.00	9.20	2.58	20.40	3.10	3.86	11.97	11.97	5.18	0.45	233.39	7.14	0.98	2333923.19	2.33	1.09	6.33
	3		0.95	63.00	9.20	2.63	24.89	3.10	4.29	13.30	13.30	4.74	0.42	84.35	2.93	1.00	843539.47	0.84	1.06	2.61
	4		0.83	63.00	9.20	2.63	26.70	3.10	3.81	11.81	11.81	5.33	0.46	53.31	2.18	1.02	533094.27	0.53	1.05	1.95
		TOTAL	1.65	62.00	9.20	2.58	17.84	3.10	3.68	11.41	11.41	5.43	0.47	496.48	13.79	0.95	4964763.94	4.96	1.12	12.24
4	1		1.40	62.00	9.20	2.58	19.61	3.10	8.56	26.54	25.00	2.34	0.19	168.02	2.09	0.98	1680170.22	1.68	1.10	1.88
		TOTAL	1.40	62.00	9.20	2.58	19.61	3.10	8.56	26.54	25.00	2.34	0.19	168.02	2.09	0.98	1680170.22	1.68	1.10	1.88

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

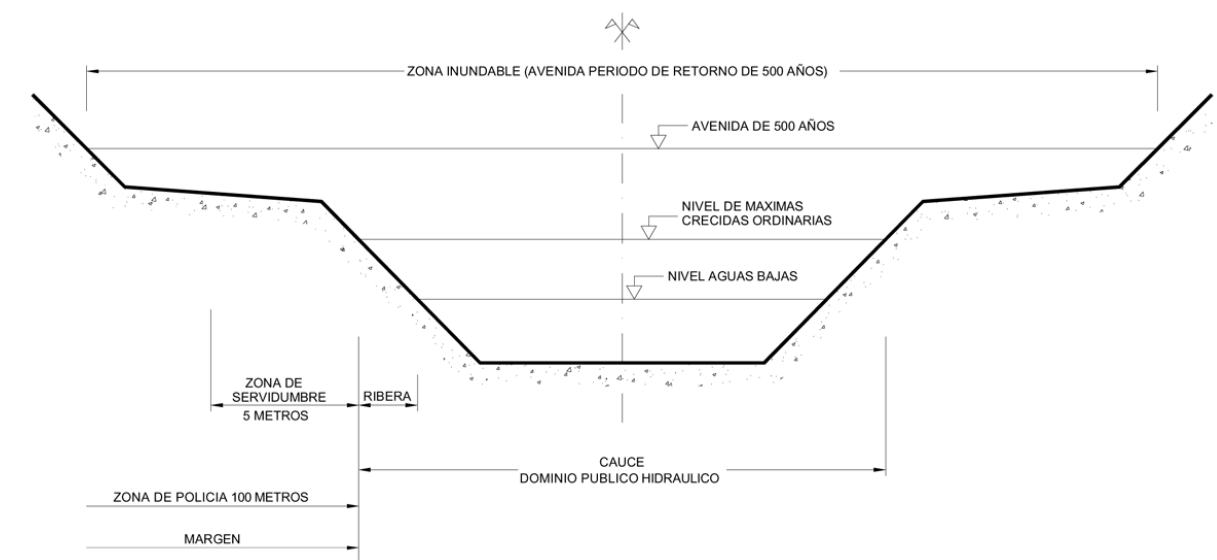
Comenzaremos por definir los siguientes términos, según establece la ley de Aguas, así como el Reglamento de Dominio Público Hidráulico:

- 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:

¡Error! No se pueden crear objetos modificando códigos de campo.

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 ambas 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

Del estudio hidráulico elaborado al efecto se detecta el fallo de las obras de drenaje y embovedados que figuran en el siguiente cuadro:

Obras de Drenaje que no cumplen:

CUENCA	SUB-CUENCA	FICHA	ARROYO	OBRA	T	
					10	500
1	1.1	02-C1.1	Cañas	3 tubos de 1 m	x	x
	1.1	03-C.1.1	Cañas	Marco bicelular de 5x2.5 m		x
	1.1	04-C1.1	Cañas	2 tubos de 1.5 m y 1 tubo de 1.20 m	x	x
	1.1	06-C1.1	Cañas	Bóveda de 7x4 m		
	1.2	01-C1.2	Sin nombre	Cajón de 0.60x1.0 m	x	x
	1.2	02-C1.2	Sin nombre	Tubo de Φ 1.0 m	x	x
	1.2	03-C1.2	Sin nombre	Tubo de Φ 1.2 m	x	x
	1.2	04-C1.2	Sin nombre	Tubo de Φ 400 mm	x	x
	1.2	06-C1.2	Sin nombre	Cajón de 7.0x3.5		
	1.4	02-C1.4	Jimena	Tubo de Φ 800 mm	x	x
	1.4	03-C1.4	Jimena	Cajón de 3.0x3.0		
	1.4	04-C1.4	Jimena	Cajón de 3.0x3.0		
	1.4	03-C1.4	Torino	Tubo de Φ 800 mm	x	x
	1.4	04-C1.4	Torino	Tubo de Φ 800 mm	x	x
	1.9	11-C1.9	Cañas	Marco bicelular de 5x5 m		x
	1.9	12-C1.9	Cañas	Marco de 14x5 m		
	1.9	13-C1.9	Cañas	Marco bicelular de 7x5		
	1.9	15-C1.9	Cañas	Doble bóveda de 7x5 m		
	1.9	16-C1.9	Cañas	Marco bicelular de 8x3.5		
	1.8	03-01.8	Salud	2 Tubos de 0.80 m	x	x
	1.8	05-C1.8	Salud	Marco de 3x2 m		x
	1.8	06-C1.8	Salud	Marco de 4.5x2 m		x
	1.8	07-C1.9	Salud	Paso superior sección 4.0x2.5 m		x
	1.8	08-C1.8	Salud	Marco bicelular sección total 5.0x2.0		x
	1.8	09-C1.8	Salud	Marco de 4.5x2 m		x
	1.8	10-C1.8	Salud	Bóveda de 4.5x3 m		x
	1.8	11-C1.8	Salud	Estructura 6x5 m		
	1.8	12-C1.8	Salud	Cajón bicelular de 4x4		
2	-	02-C2	Merino	Tubo de 1.5 m	x	x
	-	03-C2	Merino	Bóveda de 3x2 m		
	-	04-C2	Merino	Tubo de 1.0 m	x	x
	-	05-C2	Merino	Bóveda de 5.8x3.0 m		x
	-	07-C2	Merino	Cajón de 5x1.5 m	x	x
	-	08-C2	Merino	Cajón de 5x1.5 m	x	x
	-	09-C2	Merino	Cajón bicelular de 3x2 m	x	x
	-	10-C2	Merino	Cajón de 4x1.5 m	x	x
3	3.1	01-C3.1	Boticario	Cajón de 3x1.5 m		x
	3.1	02-C3.1	Boticario	Cajón de 3x1.5 m		x
	3.1	03-C3.1	Boticario	Cajón de 3x1.5 m		x
	3.1	04-C3.1	Boticario	Cajón de 3x1.5 m		x

CUENCA	SUB-CUENCA	FICHA	ARROYO	OBRA	T	
					10	500
	3.1	05-C3.1	Boticario	Cajón de 4x2.0 m		x
	3.1	06-C3.1	Boticario	Cajón de 3x1.8 m		x
	3.1	07-C3.1	Boticario	Bóveda de 3x2 m		x
	3.1	08-C3.1	Boticario	Cajón de 4x2 m		x
	3.2	01-C3.2	Buenavista	Bóveda de 3x2 m		x
	3.2	02-C3.2	Buenavista	Bóveda de 6x3.5		x
	3.2	03-C3.2	Buenavista	Bóveda de 6x5 m		
	3.3	01-C3.3	Trévenez	Cajón de 3x1 m	x	x
	3.3	02-C3.3	Trévenez	Cajón de 3x1 m	x	x
	3.3	03-C3.3	Trévenez	Cajón de 4x2 m		
4	-	01-C4	Prado Jurado	ODT Entrada Marco de 3x0.8 Salida Bóveda de 2x1		x
	-	02.1-C4	Prado Jurado	Cajón de 3x1.2		x
	-	02.2-C4	Prado Jurado	Dos tubos de 1.2 m	x	x
	-	03-C4	Prado Jurado	Dos tubos de 1.0 m	x	x
	-	04-C4	Prado Jurado	Embovedado Entrada tubo 1.0 m Salida Cajón de 3x1.5 m	x	x
	-	05-C4	Prado Jurado	Cajón de 5x2 m		x

Con una x se ha marcado el período de retorno en el que se produce el fallo. Como fallo entendemos la inundación de la carretera o camino que cruza el cauce.

En particular la Instrucción de Carreteras para las obras de fábrica sólo exige el cumplimiento del drenaje para los caudales correspondientes a un período de 100 años, y en ferrocarriles se suelen dimensionar para 300 años. En nuestro caso se han comprobado para un periodo de retorno de 500 años. Cabe destacar la falta de capacidad de alguna de estas obras de drenaje para un periodo de retorno de 10 años. La falta de capacidad de las obras se traduce en la inundación de las vías y consecuentemente de las márgenes por la sobreelevación que se produce aguas arriba. Por este motivo y considerando la ubicación de tales obras de fábrica en un espacio principalmente urbano o urbanizable, parece recomendable exigir capacidades de desagüe superiores. Cabe destacar los efectos de sobreelevación aguas arriba en muchas de las obras de drenaje transversal estudiadas.

Por otro lado se localizan diversos encauzamientos, que si bien algunos presentan sección hidráulica suficiente, requieren de un intensa conservación a efectos de evitar mermas en su capacidad de desagüe, además de exigir una importante labor de policía para evitar afecciones a sus embocaduras.

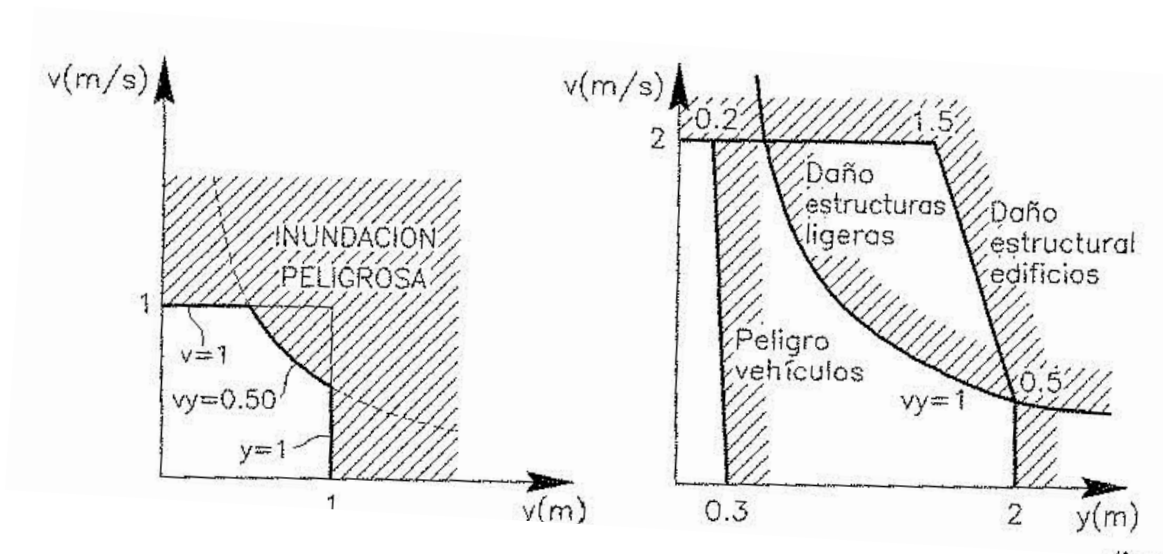
En particular los encauzamientos estudiados son:

- Cuenca 1. Subcuenca 1.9: Arroyo de las Cañas. Zona de El Cónsul. Sección trapecial en escollera con unos 14 m de anchura. Presenta riesgo de desbordamiento para el periodo de retorno de 500 años. Además, sería conveniente una adecuada conservación, evitando el crecimiento de vegetación.
- Cuenca 1. Subcuenca 1.8. Arroyo de la Salud. Zona de El Chaparral-El Ventorrillo-Santa Isabel. Alternancia de tramos encauzados con sección rectangular en hormigón y tramos sin encauzar en una zona claramente urbana. La sección del encauzamiento es suficiente para T=10 años. Sin embargo, para 500 años resulta escasa. Destaca la existencia de una serie de pasos superiores de 2 m de altura libre, insuficientes para 500 años, lo que provoca la salida del agua fuera del encauzamiento, y que para 10 años presentan sobreelevación en la entrada. Aunque se trata de una zona urbana ya consolidada, sería conveniente aumentar la profundidad del encauzamiento o recrecer el mismo, y encauzar aquellos tramos que carecen del mismo, así como un adecuado mantenimiento, evitando la presencia de vegetación.
- Cuenca 2: Arroyo Merino. Zona Polígono Industrial La Huertecilla. Encauzamiento en hormigón con sección rectangular de sección insuficiente para T=10 y T=500 años. Existen una serie de pasos superiores con gálibo de aproximadamente 1,5 m, claramente insuficiente, que provocan la salida del agua fuera del encauzamiento, y sobreelevaciones a la entrada. Sería conveniente aumentar la sección del encauzamiento, dándole más profundidad o recreciendo sus muros, así como evitar el crecimiento de vegetación.

- Cuenca 3. Subcuenca 3.1. Arroyo Boticario. Zona Centro de Transporte de Mercancías. Encauzamiento con sección trapecial en escollera. La sección resulta insuficiente para el caudal correspondiente al periodo de retorno de 500 años. Además, es necesaria una adecuada conservación del encauzamiento, ya que presenta vegetación, que habría que retirar.
- Cuenca 3. Subcuenca 3. Arroyo Trévez. Zona Polígono Industrial La Huertecilla. Zona situada entre naves industriales. Se recomienda un adecuado encauzamiento del arroyo en esta zona ya que la sección es insuficiente para 10 y 500 años. Existen una serie de pasos con 1 m de altura libre que son claramente insuficientes. Además, la presencia de abundante vegetación empeora aún más las condiciones.
- Cuenca 4. Arroyo Prado Jurado. Zona Mercamálaga. Sería conveniente aumentar la sección del embovedado.

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 el caso de la cuenca 1, se cumplen las tres condiciones para los arroyos de la Salud, arroyo de las Cañas y arroyo Sin Nombre. En el caso de los arroyos Pachurraco, Jimena y Torino la velocidad es mayor de 1 m/s, así como el producto 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.

En el caso de la cuenca 2, se cumplen condición de velocidad, calado 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.

En el caso de la cuenca 3, se cumple principalmente en la mayoría de los tramos la condición de velocidad mayor que 1 m/s, en el caso de los arroyos Boticario y Buenavista. En el caso del arroyo Trévenez, no se cumple la condición de velocidad mayor que 1 m/s pero sí la de calado mayor que 1 m y la del producto velocidad por calado, por lo que en esta cuenca también podemos concluir que la zona de riesgo coincide con la ocupación del agua para un periodo de retorno de 500 años.

En el caso de la cuenca 4, bien se cumple una o varias de las condiciones, por lo que en esta cuenca también podemos concluir que la zona de riesgo coincide con la 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.
- 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

Los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Autores del Estudio



Fdo.: Inmaculada Barquero Zafra



Fdo.: Rafael Gallego López

Vº Bº

Director del Estudio

Fdo.: Julio García Villanova

APENDICES:

- 1.- DATOS PREVIOS
 - 1.1.- Situación de fotografías
 - 1.2.- PGOU
 - 1.2.1.- PGOU vigente
 - 1.2.2.- Aprobación provisional
- 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.- Cuenca 1. Arroyo de Las Cañas. T=10 años
 - 3.2.- Cuenca 2. Arroyo Merino. T=10 años
 - 3.3.- Cuenca 3. Arroyo Trévenez (A. Boticario). T=10 años
 - 3.4.- Cuenca 4. Arroyo Prado Jurado. T=10 años
 - 3.5.- Cuenca 1. Arroyo de Las Cañas. T=500 años
 - 3.6.- Cuenca 2. Arroyo Merino. T=500 años
 - 3.7.- Cuenca 3. Arroyo Trévenez (A. Boticario) . T=500 años
 - 3.8.- Cuenca 4. Arroyo Prado Jurado. 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
 - 1.1.- Situación de fotografías
 - 1.2.- PGOU
 - 1.2.1.- PGOU vigente
 - 1.2.2.- Aprobación provisional

1.1.- Situación de fotografías

FICHA DE CAUCE FLUVIAL N°:		01-C3.3	FECHA:	15-01-08	CUENCA:	C3.3
NOMBRE DEL CAUCE:	Arroyo Trévez	TIPO:	PRINCIPAL		X	
			SECUNDARIO		-	

SITUACION



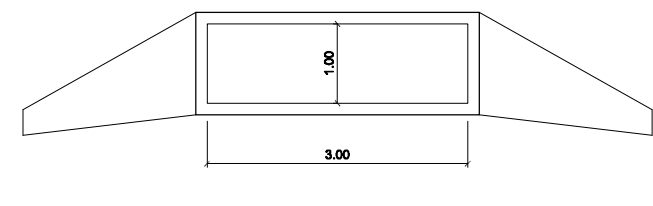
AFECCIONES:

**Arroyo Trévez con Avenida Ortega y Gasset mediante cajón.
Sección insuficiente tanto para T=10 años como para T=500 años**

• GEOMETRIA:	Trapecial
• REGULARIDAD DE LA SECCION:	Buena
• REVESTIMIENTO:	Cauce en tierra con vegetación abundante
• n (ESTIMADO):	0.045

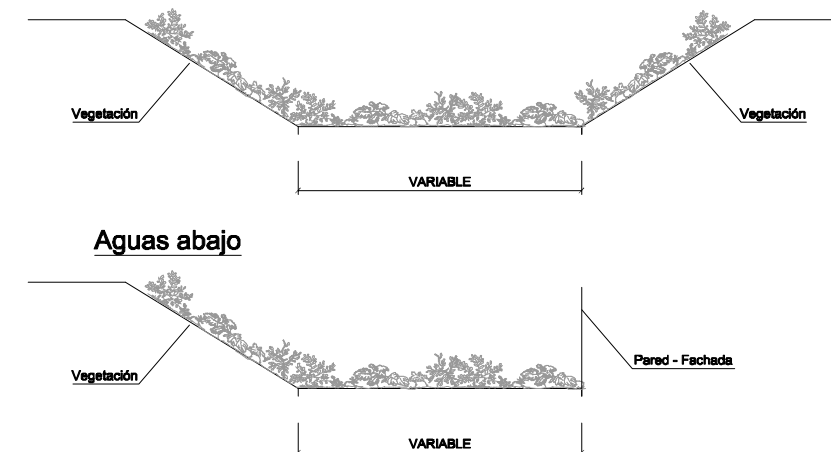
CROQUIS DEL CAUCE

OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL



SECCION DEL CAUCE

Aguas arriba



Aguas abajo

Pared - Fachada

FOTOS DEL CAUCE



F1
Sección cauce aguas abajo



F2
Sección obra de drenaje
transversal aguas abajo

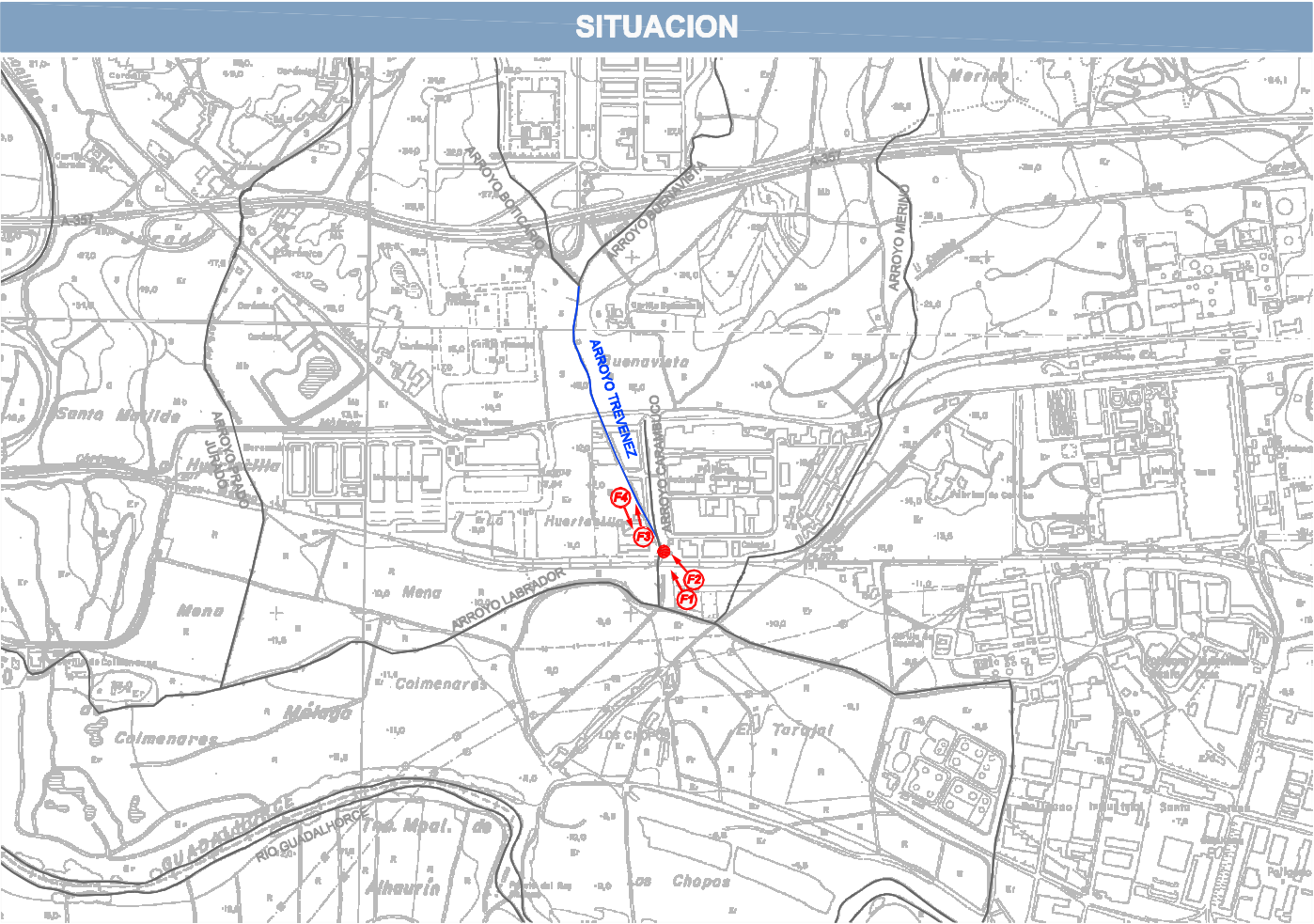


F3
Sección cauce aguas arriba



F4
Marco aguas arriba

FICHA DE CAUCE FLUVIAL N°:		02-C3.3	FECHA:	15-01-08	CUENCA:	C3.3
NOMBRE DEL CAUCE:	Arroyo Trévez		TIPO:	PRINCIPAL		X
				SECUNDARIO		-



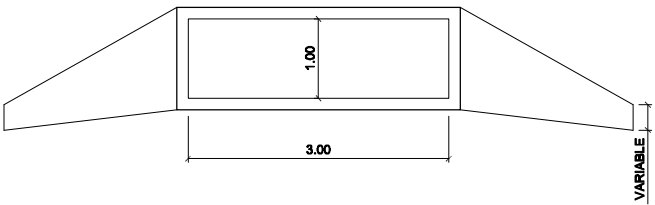
AFECCIONES:

Unión arroyo Carambuco con arroyo Trévez.
Cruce mediante cajón.
Sección insuficiente tanto para T=10 años como para T=500 años

DESCRIPCION DEL CAUCE:	
• GEOMETRIA:	Rectangular
• REGULARIDAD DE LA SECCION:	Media
• REVESTIMIENTO:	Hormigón y vegetación en fondo aguas arriba Tierra con vegetación aguas abajo
• n (ESTIMADO):	0.035-0.045

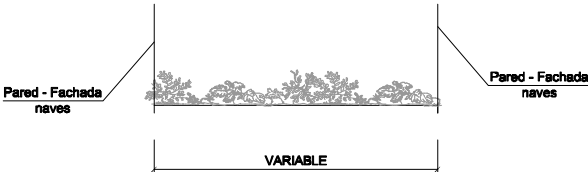
CROQUIS DEL CAUCE

OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL

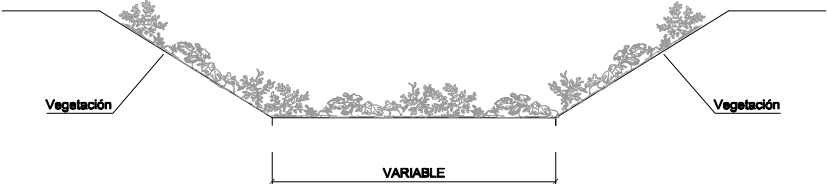


SECCION DEL CAUCE

Aguas arriba



Aguas abajo



FOTOS DEL CAUCE



F1
Sección cauce aguas arriba



F2
Obra de drenaje transversal aguas abajo

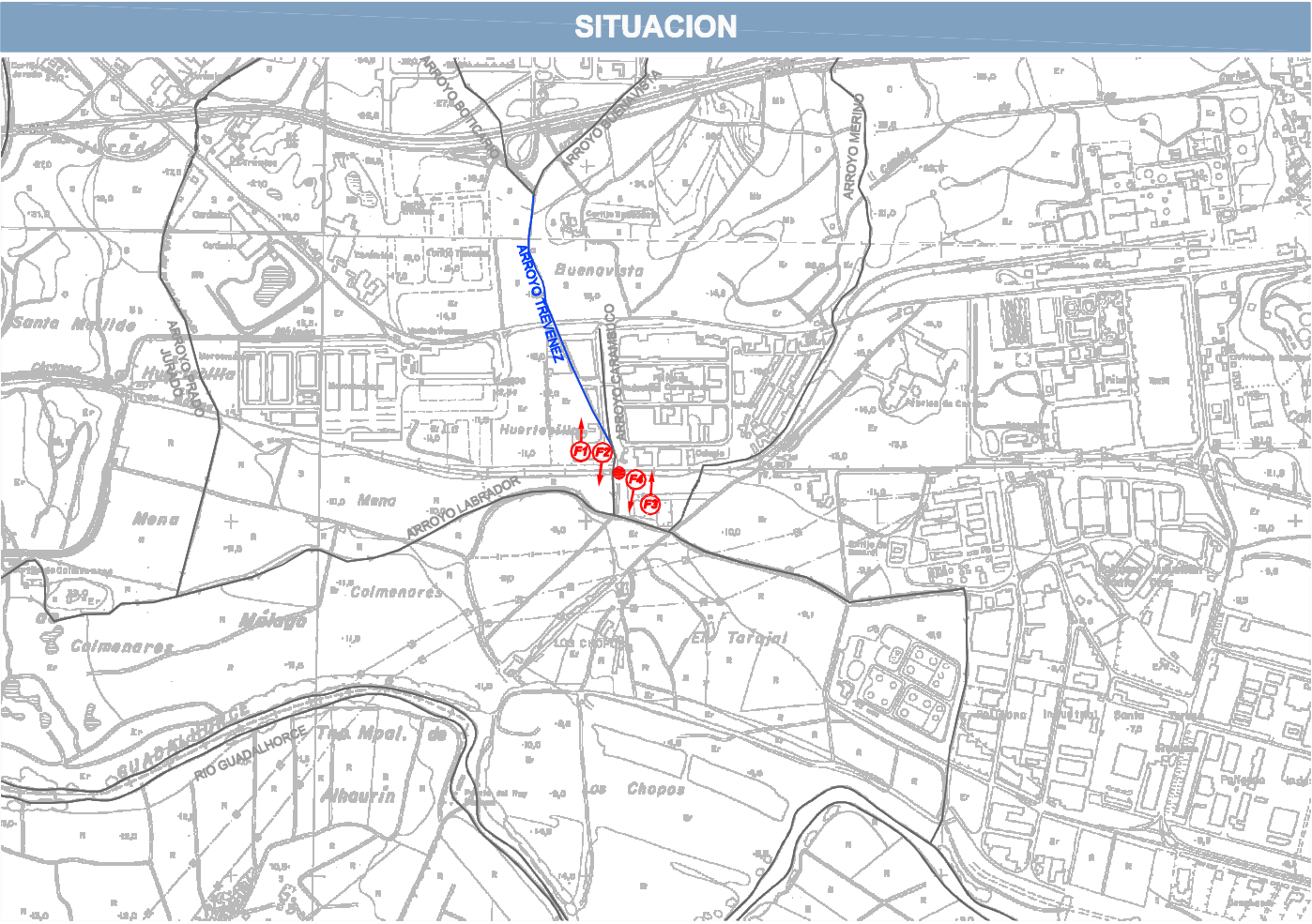


F3
Sección cauce aguas arriba



F4
Obra de drenaje transversal aguas arriba

FICHA DE CAUCE FLUVIAL N°:		03-C3.3	FECHA:	15-01-08	CUENCA:	C3.3
NOMBRE DEL CAUCE:	Arroyo Trévez		TIPO:	PRINCIPAL		X
				SECUNDARIO		-



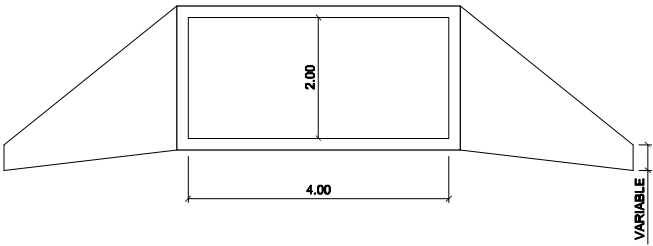
AFECCIONES:

Cruce arroyo Trévez con vías del tren de cercanías y AVE Córdoba-Málaga mediante cajón.
Sección suficiente tanto para T=10 años como para T=500 años

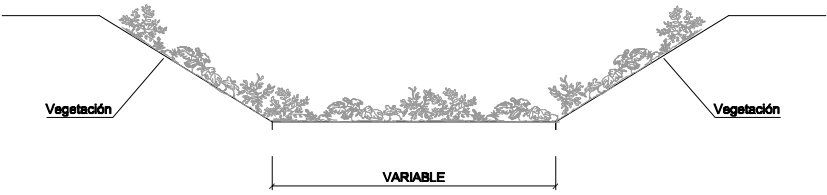
DESCRIPCION DEL CAUCE:	
• GEOMETRIA:	Trapezial
• REGULARIDAD DE LA SECCION:	Mala
• REVESTIMIENTO:	Cauce en tierra con vegetación y algunos bloques de escollera
• n (ESTIMADO):	0.045

CROQUIS DEL CAUCE

OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL



SECCION DEL CAUCE



FOTOS DEL CAUCE



F1
Sección cauce aguas abajo



F2
Sección cauce obra de drenaje transversal aguas arriba



F3
Sección cauce obra de drenaje transversal aguas abajo



F4
Sección cauce aguas abajo