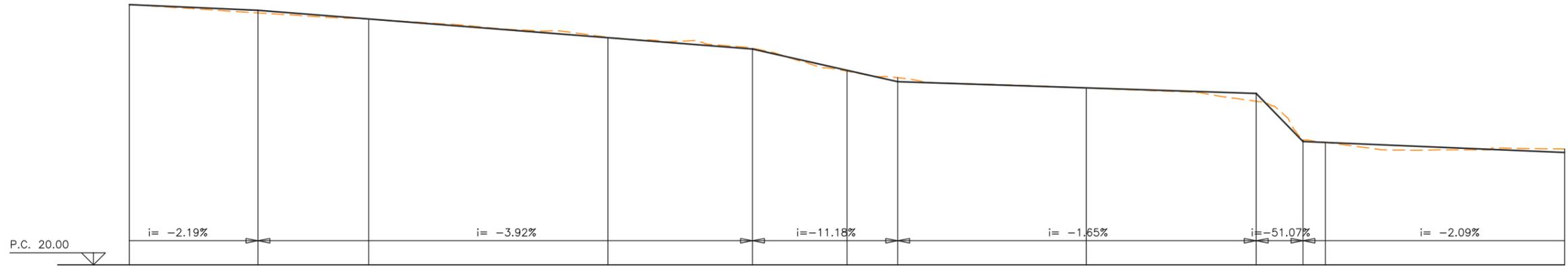


ARROYO LOS ANGELES



COTA ROJA		0.00		-0.01		0.00		0.18		0.01		0.00		-0.69
ORDENADAS	TERRENO	74.283		71.308		67.384		60.407		56.915		45.541		44.142
	RASANTE	74.29	73.11	71.30	67.38	65.01	60.59	58.22	56.92	55.75	45.73	45.54	43.45	
DISTANCIAS	AL ORIGEN	600.00	653.76	700.00	800.00	860.47	900.00	921.20	1000.00	1071.06	1090.67	1100.00	1200.00	
	PARCIALES	100.00	53.76	100.00	100.00	59.47	100.00	21.20	100.00	71.06	19.61	100.00	100.00	
N. DE PERFIL		7		8		9		10		11		12		13



CONSULTOR:

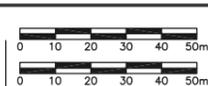
AUTOR:

ESCALAS

H:1/2000

V:1/1000

ORIGINALES A-3



PLANO N°:

5.4.3

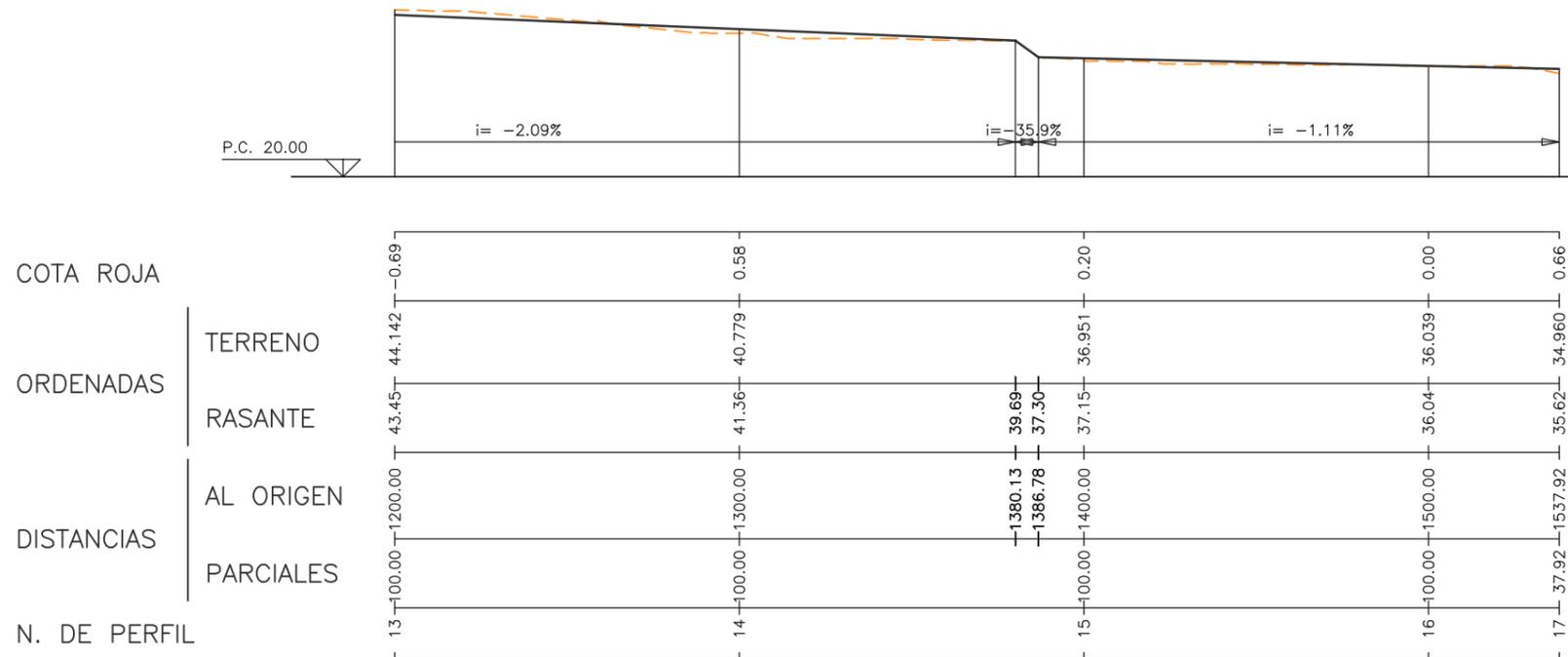
DESIGNACION:

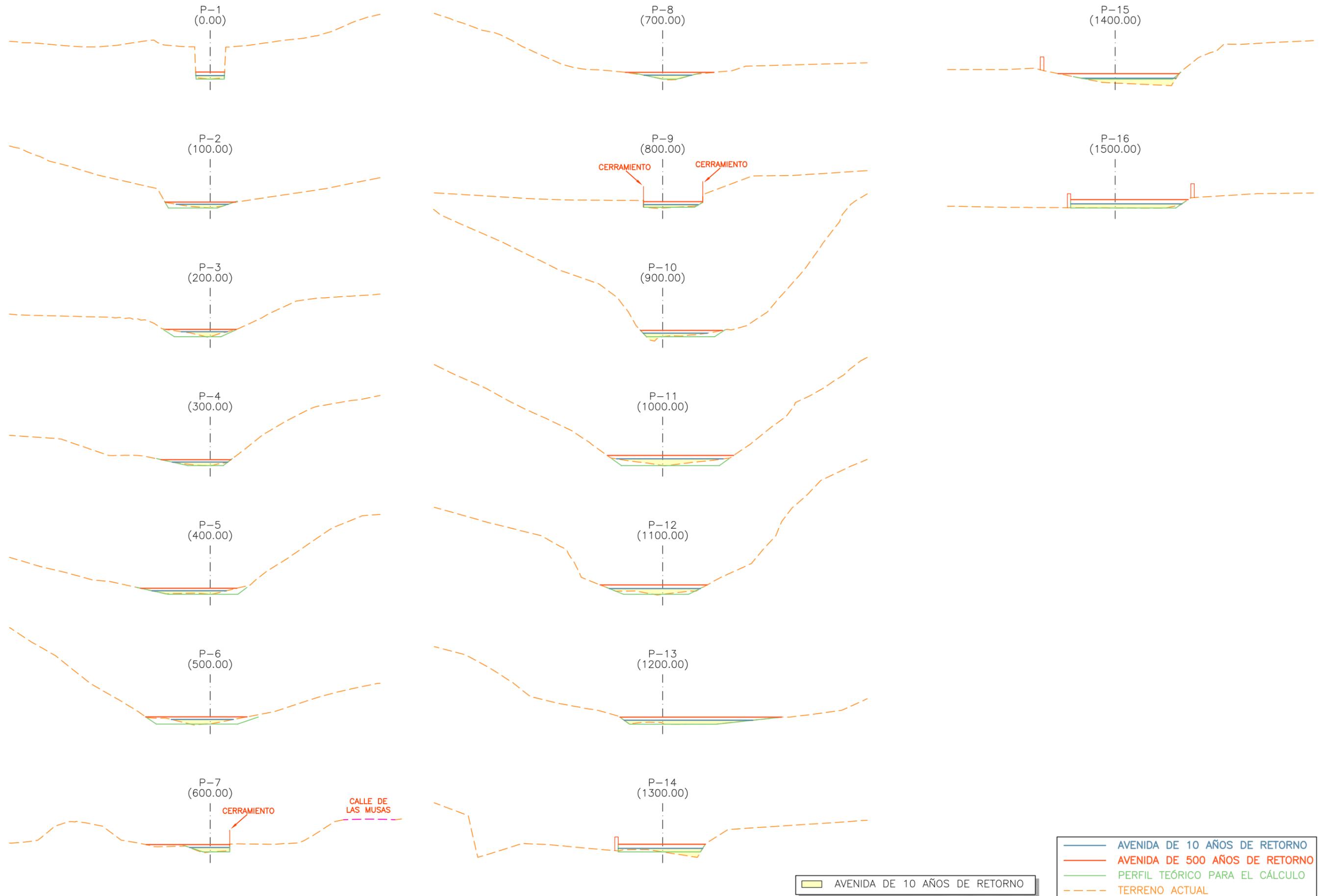
HOJA: DE:

2 3

FECHA:
ENERO 2.008

ARROYO LOS ANGELES





MEMORIA ESPECÍFICA DEL ARROYO LA PALMA

1.- DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA.

La configuración de la cuenca es muy sencilla dado que está, prácticamente en su totalidad, fuere del contexto urbano. En las dos primeras fotografías podemos ver la embocadura del embovedado, con las edificaciones de la barriada al fondo. En las siguientes el arroyo presenta una configuración normal, fácilmente accesible, hasta que llegamos al lugar en el que hemos tomado las fotografías nº 3 y 4; a partir de este punto el cauce se hace difícilmente transitable pero está bien definido en la cartografía que estamos utilizando.

2.- CONSIDERACIONES HIDROLÓGICAS.

Aportamos unas hojas de cálculo en las que casi siempre tenemos que hacer una corrección, que aumenta los caudales de cálculo. Tenemos que atender, para obtener la aprobación sin problemas del documento, los criterios establecidos por la Cuenca Mediterránea Andaluza, que recomienda la utilización (en base a criterios estadísticos de carácter genérico en la zona mediterránea, para cuencas de carácter rústico de extensión inferior a 20 Km² <> 2.000 Ha) de caudales específicos mínimos de 20 m³ / seg / km².

Atendemos esos criterios con la utilización de los procedimientos de cálculo genéricamente establecidos, con la modificación siguiente: aumentamos la velocidad media calculada de circulación del agua por el cauce principal de la cuenca desde 0,77 hasta 1,80 m/seg, con ello conseguimos aumentar el caudal específico del primer punto de control, con 500 años de periodo de retorno, desde 12,60 hasta 20,09 m³/seg. Con ello demostramos que nos quedamos claramente del lado de la seguridad.

En la hoja de cálculos hidráulicos con la que determinamos las láminas de agua que nos permiten determinar las ocupaciones en el arroyo, variamos el caudal de la forma siguiente:

- Con el periodo de retorno de 10 años entre 7,08 m³/seg en el P1 hasta 12,14 m³/seg en el P2. Ello supone aplicar una variación lineal al caudal de cálculo del P2 desde el 58,3 % hasta el 100 %.
- Con el periodo de retorno de 500 años entre 19,49 m³/seg en el P1 hasta 33,43 m³/seg en el P2. Ello supone aplicar una variación lineal al caudal de cálculo del P2 desde el 58,3 % hasta el 100 %.

3.- CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS.

El único lugar en el que hemos podemos verificar la capacidad hidráulica de obras de drenaje longitudinal existente es en punto final de la zona de estudio de este arroyo.

Verificamos en la hoja de cálculo en la que determinamos la capacidad de evacuación, que con un calado a la entrada de sólo 2,90 m, lo que ni siquiera llega a la clave del cajón, entra el caudal de cálculo con 500 años de periodo de retorno. La fotografía nº 1 nos deja constancia de la sobrada capacidad de la embocadura.

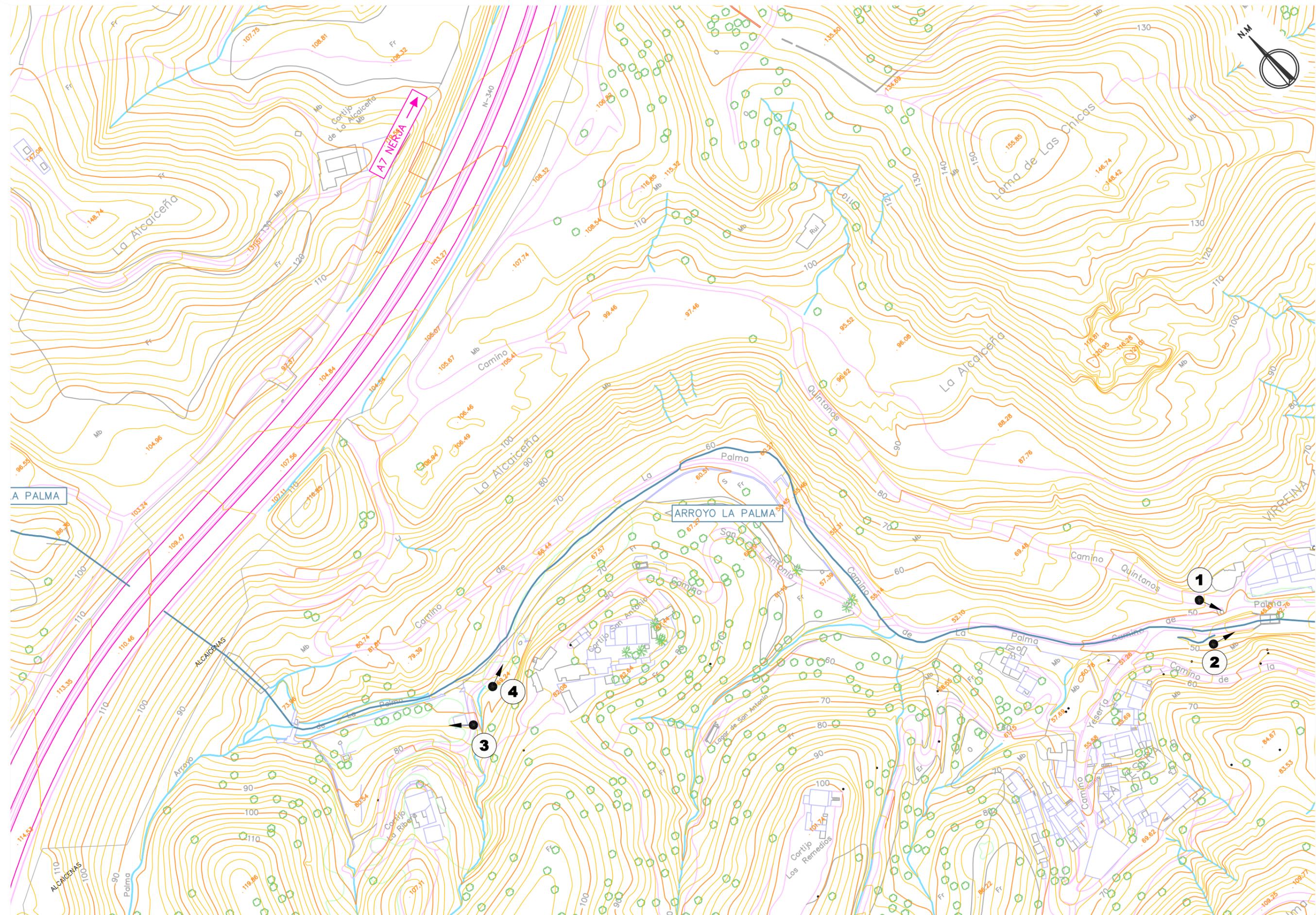
Respecto de la capacidad hidráulica del embovedado, en la parte inferior de la hoja determinamos que se precisa una pendiente de sólo el 0,25 % para que pueda transitar en caudal de cálculo con 500 años de periodo de retorno, pendiente que, sin duda, es superada por el marco.

Las hojas electrónicas con las que determinamos el dominio público hidráulico no nos han dado ningún problema en su elaboración. Los límites del Dominio Público Hidráulico y de la Zona de Inundación están bien definidos y

tienen una continuidad razonable. La superficie que hemos fijado con el primer deslinde, de 0,736 Ha, nos parece suficientemente exacta y representativa.

4.- CONCLUSIONES.

Entendemos que la información técnica aportada en este arroyo es suficiente para definir lo que se nos ha solicitado, no obstante quedamos a disposición de los Técnicos Municipales o de la A.A.A. para aclarar cualquier parte de su contenido.



c/ Manuel Azuaga (Conjunto Azucarera) 29740 Torre del Mar (Málaga) Aptdo. de Correos 145 tlf: 95 254 70 54 fax: 95 254 14 95 e-mail: ics@ics-es.com web: www.ics-es.com



Fotografía 1 – Vemos en primer plano la embocadura del embovedado del arroyo, detrás los edificios de la barriada de la Palma.



Fotografía 2 – La embocadura tiene una dimensión importante: 5,00 x 3,00 m.



Fotografía 3 – El cauce es perfectamente transitable hasta el punto en el que hemos tomado estas últimas fotografías. A partir de este punto, hasta la autovía tiene una topografía bien definida.



Fotografía 4 – Desde la embocadura hasta el punto en el que hemos tomado estas fotografías el cauce presenta un aspecto semejante al que reproducimos.

CÁLCULOS HIDROLÓGICOS.

1.- DOCUMENTACIÓN UTILIZADA.

Para la realización del presente estudio hidrológico hemos utilizado la documentación siguiente, que es la recomendada por los Técnicos del Departamento de Hidrología en la Cuenca Mediterránea Andaluza de la Agencia Andaluza del Agua:

- 1.- Criterios para la autorización de actuaciones en la zona de policía.
- 2.- Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (Dirección general de Carreteras del Ministerio de Fomento).
- 3.- Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno en España – Volumen 8 Andalucía Oriental (Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología del Ministerio de Medio Ambiente).

Dentro de la documentación que debe presentar cualquier solicitante en la Agencia Andaluza del Agua, se precisa un Estudio Hidrológico que se debe realizar atendiendo a las consideraciones siguientes:

Se deben determinar los caudales asociados a periodos de retorno de 100 y 500 años. Para cuencas que se puedan considerar unitarias, con superficie de hasta 3.000 km² y tiempos de concentración comprendidos entre 1 y 24 horas, se recomienda como método hidrometeorológico la variante del método racional reflejado en la Instrucción de Carreteras 5.2. IC "Drenaje Superficial". Este método resulta adecuado para una cuenca, como la que nos ocupa, con un suficiente grado de homogeneidad espacial tanto en sus características de escorrentía como en la estructura de las tormentas en la región.

Para la aplicación del método hay que determinar, en primer lugar, la precipitación máxima para los periodos de retorno considerados. Se recomienda utilizar el "Mapa para el cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" realizado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

2.- CÁLCULOS HIDROLÓGICOS UTILIZANDO EL MÉTODO REGIONAL.

Este procedimiento se basa en la determinación de los caudales de cálculo utilizando la publicación "Máximas lluvias en la España Peninsular" editada por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

Esta publicación nos permite obtener las máximas precipitaciones en un lugar de la España Peninsular con solo conocer sus coordenadas UTM. La determinación de precipitaciones se basa en cálculos hidrometeorológicos y en las nuevas tecnologías estadísticas.

El método regional adoptado, denominado tradicionalmente "índice de avenida", asume que la variable Y resultante de dividir, en cada estación, los valores máximos anuales por su media, sigue idéntica distribución de frecuencia en toda la región considerada. Es decir, se cumple que $Y = P_{max} / P_{med}$

Los parámetros de dicha distribución son obtenidos a partir del conjunto de datos de las estaciones de la región, mientras que el valor local de la media P_{med} se estima exclusivamente a partir de los datos de las estaciones.

La estimación de los cuantiles locales X_t en un determinado punto se reduce a reescalar los cuantiles regionales Y_t con la media local P_{med} según la siguiente expresión: $X_t = Y_t \times P_{med}$

Para realizar el cálculo, en principio, utilizamos el método gráfico. Incluimos al final de este anejo un plano elaborado a partir de los mapas incluidos en el anejo nº 1 de la publicación citada, pero con una información geográfica mayor de nuestra zona de estudio.

Las coordenadas del punto que tomamos como representativo de la cuenca y los valores de los parámetros que se obtienen, para los periodos de retorno consignados, los hemos consignado y calculado en la TABLA Nº 1 que consignamos en la hoja electrónica que figura en la última parte del anejo.

Hemos verificado que los valores obtenidos, aplicando el procedimiento gráfico, coinciden razonablemente con los que proporciona la aplicación informática MAXPLU que acompaña a esta publicación.

Los valores de Y_t se obtienen de la tabla 7.1 de la publicación, que reproducimos abreviadamente, con la denominación "TABLA Nº 2" en la hoja electrónica que adjuntamos al final de este anejo. Los valores de Y_t obtenidos los hemos utilizado en la TABLA Nº 1 para fijar los valores del citado cuantil.

3.- CÁLCULOS UTILIZANDO LA PUBLICACIÓN DEL INSTITUTO DE METEOROLOGÍA.

En la publicación - Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno en España; Volumen 8 Andalucía Oriental (Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología del Ministerio de Medio Ambiente) -, encontramos 3 estaciones pluviométricas que se puedan relacionar con nuestra cuenca. Sus valores de lluvia esperada en 24 h los reproducimos en la TABLA Nº 3.

4.- VALORES DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS ADOPTADOS.

El resumen de las precipitaciones máximas en periodos de 24 horas para los periodos de retorno consignados y los dos métodos de cálculo utilizados se recoge en el cuadrante siguiente, es decir en la TABLA Nº 4.

Hemos adoptado, para todos los periodos de retorno el valor máximo obtenido en los dos procedimientos de cálculo, con lo que nos quedamos claramente del lado de la seguridad. Esta información se consiga en la última fila de la citada TABLA Nº 4.

5.- CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

Utilizamos para el cálculo del tiempo de concentración de la cuenca el método generalmente aceptado. No obstante nos quedamos del lado de la seguridad mayorando la velocidad media de circulación del agua por parecernos baja la que se obtiene del cálculo realizado

6.- COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA UTILIZADO.

El coeficiente de escorrentía C define la proporción de la intensidad de lluvia, I, que genera escorrentía superficial. Se ha determinado el valor de los coeficientes de escorrentía en una tabla que también adjuntamos en este anejo, resultando los valores que se han consignado en la TABLA nº 6.

7.- CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA PARA CADA PERIODO DE RETORNO.

Utilizamos la fórmula de Nadal que es la que determina mejores ajustes en la zona considerada para lluvias de corta duración; su expresión es la siguiente: $I_t = 9.25 \times I_h \times t^{(-0.55)}$. Siendo:

I_t - la intensidad media horaria que corresponde a la precipitación de duración "t" minutos, expresada en mm / hora.

Ih - la intensidad media de la precipitación horaria máxima, también expresada en mm/hora.

t - es la duración de la precipitación expresada en minutos = Tc.

La intensidad media horaria de la precipitación correspondiente a 60 x 24 =1440 minutos, es el valor de Pd/24 determinado anteriormente para los diferentes periodos de retorno. De ello podemos deducir Ih en la formula anterior de la siguiente forma:

$$Pd / 24 = 9.25 \times Ih \times 1.440^{(-0.55)} - \text{De donde obtenemos: } Ih = 0.246 \times Pd$$

Es decir, que la precipitación del chubasco de una hora de duración es aproximadamente el 25% del valor de la precipitación máxima diaria del periodo de retorno correspondiente.

Aplicando nuevamente la formula de Nadal para el valor del Tiempo de Concentración obtenido anteriormente obtendremos las Intensidades máximas de lluvia para los distintos periodos de retorno considerados

Con la fórmula anterior y los valores de Pd antes consignados, obtenemos en la siguiente TABLA, la N° 5, para cada periodo de retorno, las intensidades horarias correspondientes al chubasco de una hora de duración y el de la lluvia de cálculo, con duración igual al tiempo de concentración.

8.- EXPRESIÓN A UTILIZAR PARA DETERMINAR LOS CAUDALES DE CÁLCULO.

La determinación de los caudales de cálculo, en el ámbito de este anejo, sólo tiene una razón de ser que es la obtención de los caudales específicos QE (escorrentía producida en 1 km2) que resultan para cada periodo de retorno en función de las hipótesis realizadas. Dichos caudales específicos nos permiten tener una idea fundamentada del nivel de corrección de nuestros cálculos. Para determinar estos caudales aplicamos la fórmula Racional a una superficie de 1 km2. La expresión es: $Q = C \times I \times A / 3,6$. Siendo:

C: Coeficiente de escorrentía del intervalo donde se produce I.

I (mm/h): Máxima intensidad media en el intervalo de duración igual a Tc.

A (Km2): Superficie de la cuenca; en este caso: A = 1.

Q (m3/seg): Caudal punta.

En la TABLA siguiente, es decir en la N° 6, calculamos los caudales de cálculo para los periodos de retorno que estamos utilizando. Dado que empleamos una superficie de 1 km2 coinciden con los caudales específicos (QE) que, como hemos comentado, son los valores medios generados por una superficie de cuenca de un kilómetro cuadrado.

9.- CONCLUSIÓN

Teniendo en cuenta que la Agencia Andaluza del Agua recomienda la utilización (en base a criterios estadísticos de carácter genérico en la zona mediterránea para cuencas de bastante extensión) de caudales específicos de 20 m3 / seg / km2, creemos que es correcta la utilización del periodo de retorno y caudal que hemos resaltado en la tabla anterior.

10.- CONSIDERACIONES PARTICULARES DE LA CUENCA DEL ARROYO DE LA PALMA.

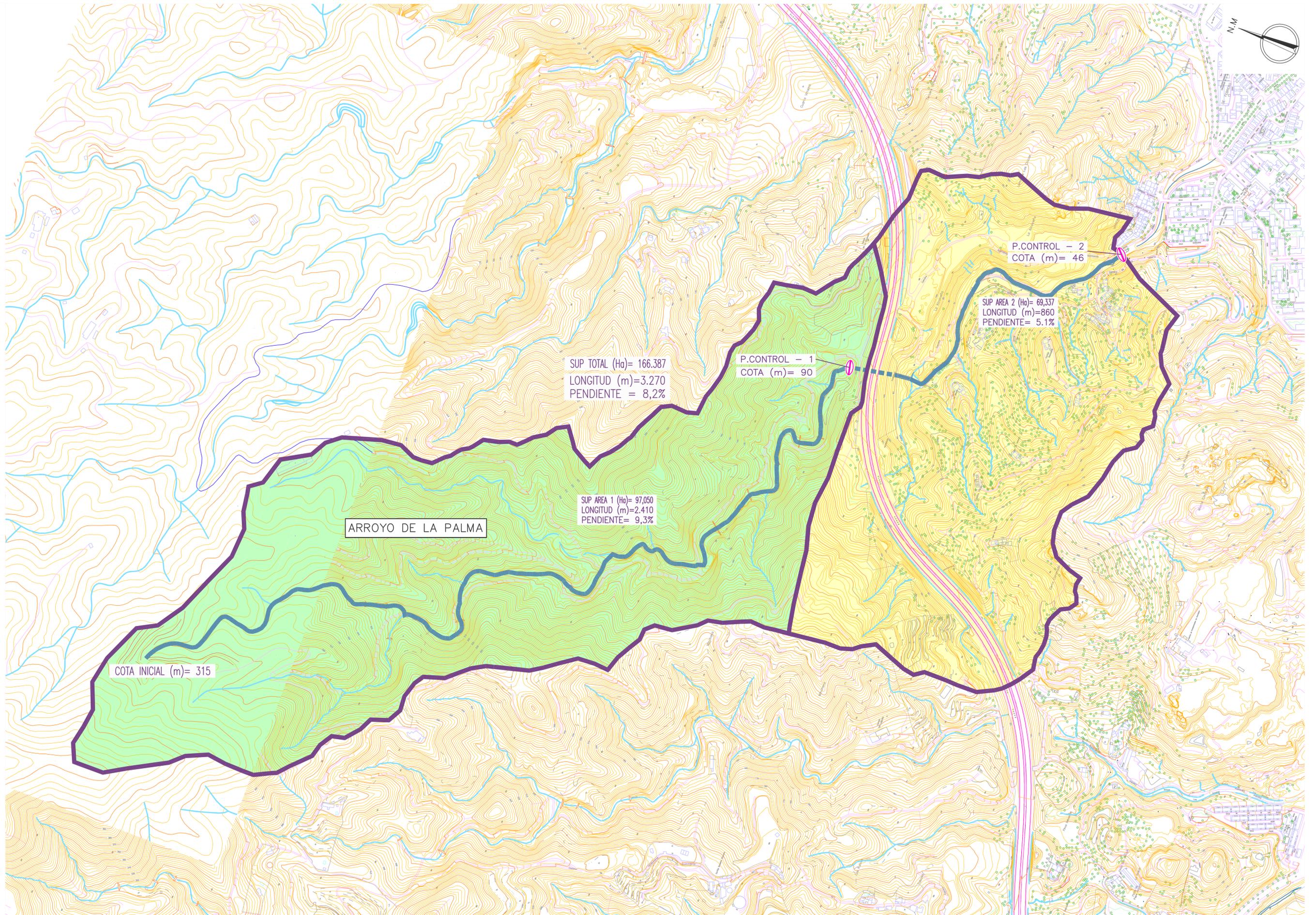
La cuenca del Arroyo de la Palma presenta una morfología bastante regular, por lo que hemos considerado que los coeficientes de escorrentía van a ser homogéneos para cada periodo de retorno en todo el área vertiente.

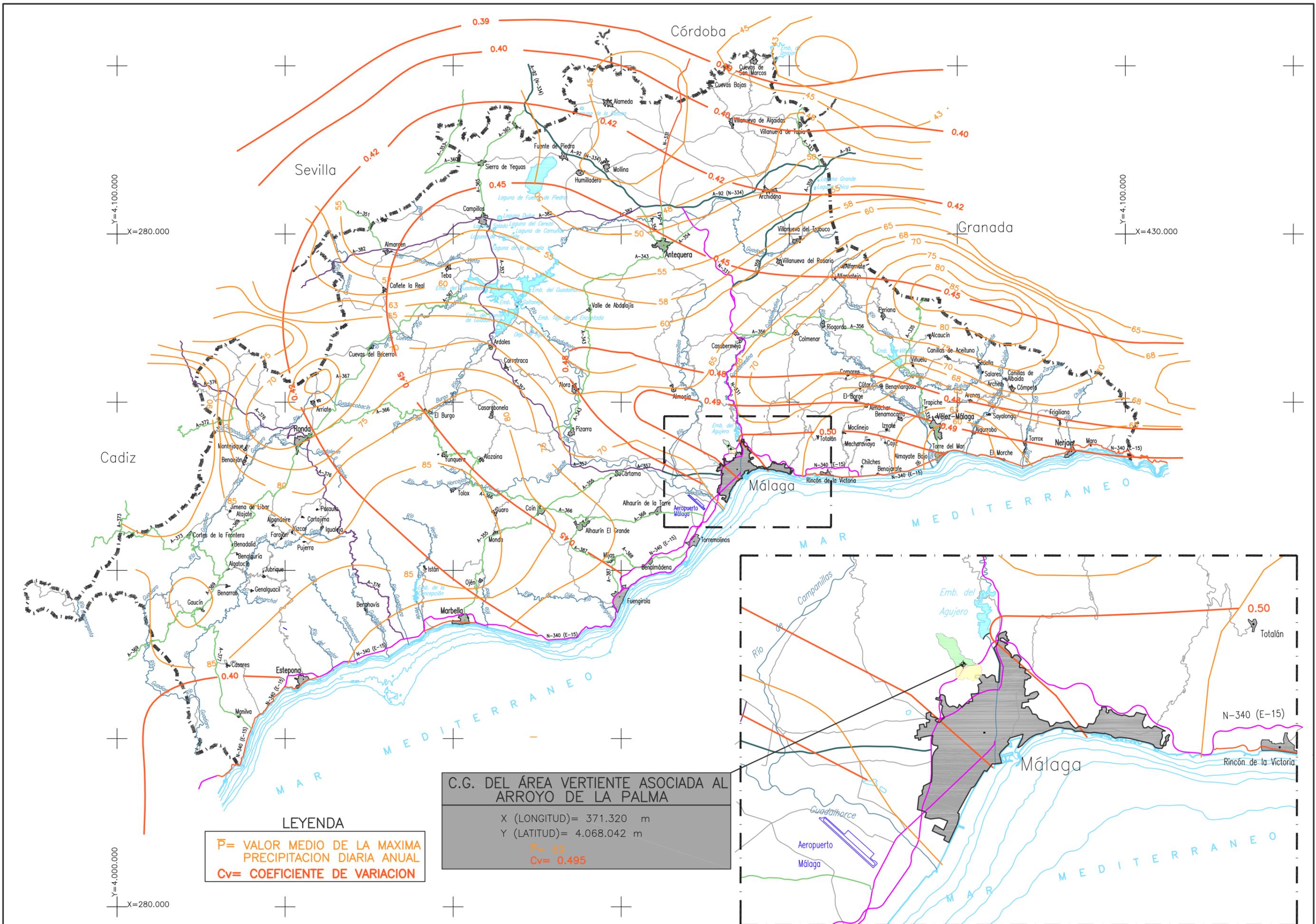
Partiendo de esta hipótesis hemos obtenido los coeficientes de escorrentía para cada periodo de retorno y el caudal específico considerando el área total, a partir del cual, obtenemos los caudales de cálculo para cada punto de control sin más que multiplicar el caudal específico por el área que recoge cada punto.

A continuación consignamos una tabla resumen con los caudales de cálculo de cada punto de control:

PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS			PERIODO DE RETORNO DE 500 AÑOS		
CAUDAL ESPECIFICO (m3/seg):	7.30		CAUDAL ESPECIFICO (m3/seg):	20.09	
TRAMO	AREA (Ha)	CAUDAL DE CÁLCULO (m3/seg)	TRAMO	AREA (Ha)	CAUDAL DE CÁLCULO (m3/seg)
P.C. 1	97.050	7.08	P.C. 1	97.050	19.50
P.C. 2	166.387	12.15	P.C. 2	166.387	33.43

Con los planos y las hojas electrónicas que complementan este anejo creemos que queda perfectamente claro el método de cálculo empleado.





Y=4.100.000
X=280.000

Y=4.100.000
X=430.000

Y=4.000.000
X=280.000

LEYENDA
 \bar{P} = VALOR MEDIO DE LA MAXIMA PRECIPITACION DIARIA ANUAL
 C_v = COEFICIENTE DE VARIACION

C.G. DEL ÁREA VERTIENTE ASOCIADA AL ARROYO DE LA PALMA
 X (LONGITUD) = 371.320 m
 Y (LATITUD) = 4.068.042 m
 \bar{P} = 69
 C_v = 0.495

CÁLCULO DE COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA - ARROYO DE LA PALMA

Utilizamos el contenido del capítulo 2 de la Instrucción 5.2-IC (Drenaje Superficial). En la misma, se reconoce que para pequeñas cuencas (tiempos de concentración inferiores a seis horas) son apropiados los métodos hidrometeorológicos.

El coeficiente de escorrentía se puede obtener de la aplicación de la fórmula siguiente, en el que las variables están referidas al tiempo de retorno considerado.

$$C = [(Pd/Po) - 1] \times [(Pd/Po) + 23] / [(Pd/Po) + 11]^2$$

Pd: Precipitación total diaria (mm)
Po: Umbral de escorrentía

En el proyecto que nos ocupa determinaremos los coeficientes a utilizar en la determinación del umbral de escorrentía. Utilizamos los valores de la tabla que se adjunta a continuación, clasificando los suelos en varios grupos que suman la superficie total

La superficie total de la cuenca es : 166.387 Ha.

Descripción de la zona		Tipo	Grupo	Po	Porc.	Ha.
Zonas de monte bajo con vegetación media		32	C	22	30.0%	49.9
Zonas próximas al núcleo urbano		34	C	43	20.0%	33.3
Zonas urbanizadas		41		1	50.0%	83.2
Totales: 100.0% 166.4						

	Periodo de Retorno	Precipitación en 24 h (Pd)	Umbral E. (Po)			Valores medios	
			22	43	1	C	Po
Utilizando los datos de precipitaciones en 24 horas, obtenidos con anterioridad, obtenemos los siguientes valores de C:	5	92.3	0.38	0.17	0.99	0.64	16.2
	10	112.7	0.45	0.22	0.99	0.67	16.7
	25	140.6	0.52	0.29	0.99	0.71	16.8
	50	164.8	0.58	0.35	1.00	0.74	16.8
	100	190.6	0.63	0.40	1.00	0.77	16.6
	200	218.0	0.67	0.44	1.00	0.79	17.1
	500	255.9	0.72	0.50	1.00	0.81	18

CLASIFICACIÓN DE SUELOS A EFECTOS DE LA TABLA SIGUIENTE				
Grupo	Infiltración	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa	Perfecto
			Areno-limosa	
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa	Bueno a moderado
			Franca	
			Franco-arcillo-arenosa	
			Franco-limosa	
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa	Imperfecto
			Franco-arcillo-limosa	
			Arcillo-arenosa	
			Arcillosa	
D	Muy lenta	Pequeña u Horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

ESTIMACIÓN INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA							
Uso de la tierra	Tipo	Pendiente (%)	Características hidrológicas	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
Barbecho	1	>=3	R	15	8	6	4
	2	<3	N	17	11	8	6
	3	<3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	4	>=3	R	23	13	8	6
	5	<3	N	25	16	11	8
	6	<3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	7	>=3	R	29	17	10	8
	8	<3	N	32	19	12	10
	9	<3	R/N	34	21	14	12
Rotación cultivos pobres	10	>=3	R	26	15	9	6
	11	<3	N	28	17	11	8
	12	<3	R/N	30	19	13	10
Rotación cultivos densos	13	>=3	R	37	20	12	9
	14	<3	N	42	23	14	11
	15	<3	R/N	47	25	16	13
Praderas	16	>=3	Pobre	24	14	8	6
	17		Media	53	23	14	9
	18		Buena	*	33	18	13
	19	Muy Buena	*	41	22	15	
	20	<3	Pobre	58	25	12	7
	21		Media	*	35	17	10
	22		Buena	*	*	22	14
	23		Muy Buena	*	*	25	16
	24		>=3	Pobre	62	26	15
25	Media	*		34	19	14	
26	Buena	*		42	22	15	
Plantaciones regulares (aprovechamiento forestal)	27	<3	Pobre	*	34	19	14
	28		Media	*	42	22	15
	29		Buena	*	50	25	16
	30		Muy clara	40	17	8	5
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc)	31		Clara	60	24	14	10
	32		Media	*	34	22	16
	33		Espesa	*	47	31	23
	34		Muy espesa	*	65	43	33
Tipo de terreno		Pendiente	Umbral de escorrentía				
Rocas permeables	35	>=3		3			
	36	<3		5			
Rocas impermeables	37	>=3		2			
	38	<3		4			
Firmes granu.sin pavimento	39			2			
Adoquinados	40			1.5			
Pavim. Bitumin./Hormigón	41			1			

Nota: N: Cultivo según líneas de nivel; R: cultivo según máxima pendiente

CÁLCULOS HIDROLÓGICOS (CUENCAS DE MENOS DE 3.000 Ha) - ARROYO DE LA PALMA

TABLA N° 1 - Estimación de los Cuantiles Locales Xt							
Longitud:	Latitud:	P. Retorno	Columna	Cv	Pmed	Yt	Xt
371,320	4,068,042	5	1	0.495	69.0	1.295	89.4
		10	2			1.607	110.9
		25	3			2.037	140.6
		50	4			2.388	164.8
		100	5			2.762	190.6
		200	6			3.159	218.0
		500	7			3.708	255.9
TABLA N° 2 - Determinación de Yt en función de Cv							
P.Retorno	5	10	25	50	100	200	500
Columna	1	2	3	4	5	6	7
0.30	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

TABLA N° 3: Determinación de Pd - (INSTITUTO DE METEOROLOGÍA)							
Lluvia esperada en 24 horas según periodos de retorno (mm)							
Periodos	5	10	25	50	100	200	500
6-155A	106.3	133.1	166.9	192.1	217.0	241.8	274.6
Málaga Aeropuerto							
6-170	84.9	102.0	123.5	139.5	155.4	171.2	192.0
Málaga - Pantano del Agujero							
6-171A	85.8	102.9	124.4	140.4	156.3	172.1	193.0
Málaga Carmelita							
Valor medio	92.3	112.7	138.3	157.3	176.2	195.0	219.9
TABLA N° 4 - Determinación de los valores Pd de cálculo							
Precipitaciones máximas en 24 horas (mm)							
Periodos	5	10	25	50	100	200	500
M.Regional	89.4	110.9	140.6	164.8	190.6	218.0	255.9
I.Meteoro.	92.3	112.7	138.3	157.3	176.2	195.0	219.9
Adoptados	92.3	112.7	140.6	164.8	190.6	218.0	255.9
TABLA N° 5 - Determinación del Tiempo de Concentración y de las intensidad de lluvia							
$T_c = 60 \times 0.3 \times (L/J)^{0.25 \times 0.76}$	L (Km) =	3.27	J (m/m) =	0.082	Tc (minutos)	71.2	
$V_{med} (m/seg) =$	0.77	$V_{med} adoptada (m/seg) =$	1.80	Tc Propuesto (minutos) =	30.3		
Cálculo de la intensidad de lluvia para cada periodo de retorno (mm)							
Periodo	5	10	25	50	100	200	500
$P_d (mm/día)$	92.3	112.7	140.6	164.8	190.6	218.0	255.9
$P_o (mm/día)$	16.2	16.7	16.8	16.8	16.6	17.1	18
$I_h (mm/h)$	22.7	27.7	34.6	40.5	46.9	53.6	63
$I_t (mm/h)$	32.2	39.2	49	57.4	66.5	75.9	89.3
I_h : Intens.horaria del chubasco de una hora de duración; I_t : Intensidad horaria del de duración Tc							
TABLA N° 6 - Determinación de los caudales específicos y de cálculo						$S_{cuenc. (Ha)} =$	166.387
Caudales específicos para los distintos periodos de retorno (m^3/seg)							
Periodo R.	5	10	25	50	100	200	500
$I_t (mm/h)$	32.20	39.20	49.00	57.40	66.50	75.90	89.30
$C_{escorrentia}$	0.64	0.67	0.71	0.74	0.77	0.79	0.81
Q_e	5.72	7.30	9.66	11.80	14.22	16.66	20.09
$Q_{cálculo}$	9.52	12.14	16.08	19.63	23.67	27.71	33.43
Para los cálculos posteriores, dadas las condiciones de proyecto, seleccionamos como periodos de retorno (años)						10	500



OBRAS DE DRENAJE RECTANGULAR - CONTROL A LA ENTRADA - ARROYO DE LA PALMA (P.C.-2)

VALORES DE ENTRADA PARA REALIZAR EL CÁLCULO					CAUDAL DE CÁLCULO (m ³ /seg)	33.43
DIMENSIONES: A: Ancho (m) ...	5.00	F: Altura (m) ...	3.00	Tipo de material constitutivo del canal:	Hormigón	
S: Superficie a sección llena: (m ²)	15.00	Ht: Calado aguas arriba entrada	k: coefic. Strickler Recomendación TABLA 4.1 - 5.2-IC		60 - 75	
Pt: Perímetro a sección llena (m)	16.00	Ho: Calado a la entrada (se varia hasta obtener Q	Adoptado según criterio A.A.A. →		40	
H ₁ : Calado de sección mojada con J crítica	de cálculo); valor inicial (m) =		2.50	Ke: Coef. pérdida carga entrada .	0.50	

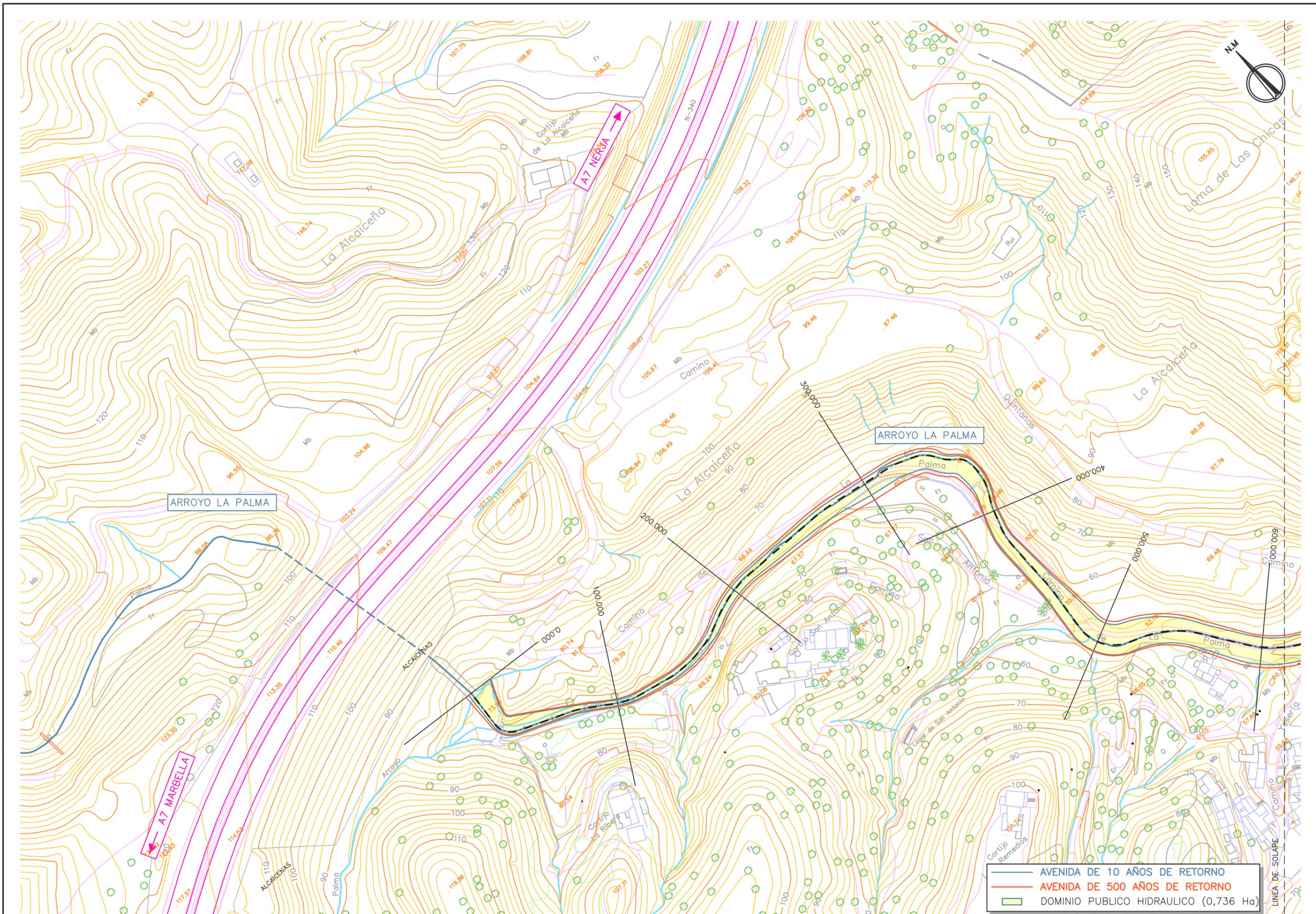
CÁLCULO DEL CAUDAL EN FUNCIÓN DEL CALADO H ₀ A LA ENTRADA						Utilizamos la expresión → →	H ₁ = 2 x H ₀ / 3	
Ho	H1	V	S	Q	P	Rh	J	Ht
2.50	1.67	3.29	8.350	27.47	8.34	1.001	0.00676	2.78
2.60	1.73	3.37	8.650	29.15	8.46	1.022	0.00690	2.89
2.70	1.80	3.43	9.000	30.87	8.60	1.047	0.00692	3.00
2.80	1.87	3.49	9.350	32.63	8.74	1.070	0.00696	3.11
2.90	1.93	3.56	9.650	34.35	8.86	1.089	0.00707	3.22
3.00	2.00	3.62	10.000	36.20	9.00	1.111	0.00712	3.33
3.10	2.07	3.67	10.350	37.98	9.14	1.132	0.00714	3.44
3.20	2.13	3.74	10.650	39.83	9.26	1.150	0.00726	3.56
3.30	2.20	3.79	11.000	41.69	9.40	1.170	0.00728	3.67
3.40	2.27	3.84	11.350	43.58	9.54	1.190	0.00731	3.78

DIMENSIONAMIENTO DEL CUERPO DE LA OBRA		J(%)	Las fórmulas a aplicar son:	V = k x R ^{2/3} x J ^{1/2}		Q = V x S
h	S	0.25		R _h ^{2/3}	V	Q
2.50	12.500	10.00	1.250	1.160	2.32	29.00
2.55	12.750	10.10	1.262	1.168	2.34	29.84
2.60	13.000	10.20	1.275	1.176	2.35	30.55
2.65	13.250	10.30	1.286	1.183	2.37	31.40
2.70	13.500	10.40	1.298	1.190	2.38	32.13
2.75	13.750	10.50	1.310	1.197	2.39	32.86
2.80	14.000	10.60	1.321	1.204	2.41	33.74
2.85	14.250	10.70	1.332	1.211	2.42	34.49
2.90	14.500	10.80	1.343	1.217	2.43	35.24
2.95	14.750	10.90	1.353	1.223	2.45	36.14

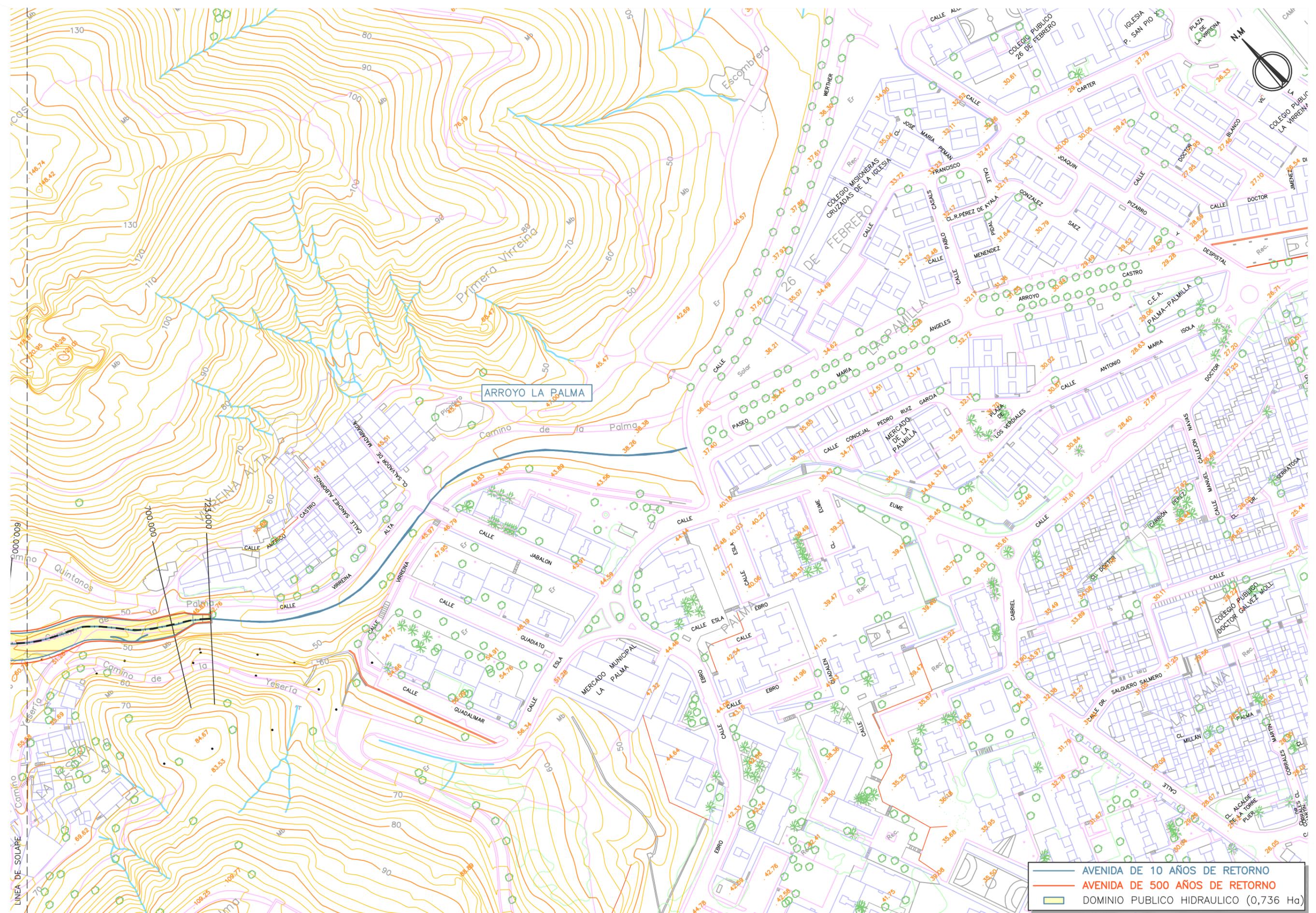
SITUACIÓN DE LA LÁMINA DE AGUA PARA LAS AVENIDAS CON DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO ARROYO DE LA PALMA

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO						$V = k \times R^{2/3} \times J^{1/2}$			$Q = V \times S$			
Para el dimensionamiento utilizaremos la formula de Manning - Strickler, que tiene la expresión y la interpretación siguientes:						P : perímetro mojado en m.			J : pendiente en tanto por uno			
Tipo de material constitutivo del canal:		Tierra con ligera vegetación				S : Sección mojada en m ² .			V : Velocidad en m./seg.			
k: coefic. Recomendado TABLA 4.1 DE LA 5.2-IC:		25-30	Adoptado →	28.5		R : Radio hidráulico en m. (S/P)			Q : Caudal en m3/seg.			
DETERMINACIÓN DE LAS INTENSIDADES					Periodo →	5	10	25	50	100	200	500
Coeficientes de escorrentía para cada periodo de retorno					0.64	0.67	0.71	0.74	0.77	0.79	0.81	
Lluvia esperada →	Periodo→	5	10	25	50	100	200	500	$T_c = 60 \times 0.3 \times (L/J)^{0.25 \times 0.76}$			
	lh (mm/h) →	22.7	27.7	34.6	40.5	46.9	53.6	63.0				
	lt (mm/h) →	32.2	39.2	49.0	57.4	66.5	75.9	89.3				
Superficie (Ha)	Long.cauce(Km)	Cota superior	Cota Inferior	Pendiente (m/m)	Tc (minutos)	Veloc.calculada	Veloc.adoptada	Tc utilizado→	Utilizamos 30.3 minutos para calcular las Intensidades horarias de las lluvias de cálculo			
166.387	3.270	315.00	46.00	0.082	71.2	0.77	1.80	30.3				
DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE CÁLCULO						Carácter de la lluvia:			Habitual	Media	Excepcional	Caudales a aproximar en ← los campos siguientes
Carácter de la lluvia:						Habitual	Medio	Excepcional	Intensidades de lluvia (mm/h):			
Periodo de retorno (años):						10	100	500	Caudal Cálculo C x l x A / 360.....			
Coeficientes de escorrentía:						0.670	0.770	0.810	Q específicos (m ³ /seg/Km ²):			
CÁLCULO DE CALADOS PARA UNA LLUVIA DE CARÁCTER HABITUAL CON 10 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO Y CAUDAL TOTAL DE CÁLCULO IGUAL A											12.14	
NºPerfil	%	Q en la Sección	Pendiente (%)	Anchura inferior	Talud (H/V) izq.	Talud derecho	Calado	Perímetro (m)	Sección (m ²)	Radio Hidra.(m)	Velocidad(m/seg)	Caudal (m ³ /seg)
1	58.3%	7.08	8.59%	18.34	1.65	2.67	0.16	19.10	2.97	0.16	2.46	7.31
2	64.2%	7.79	8.59%	1.26	1.33	1.33	0.73	3.69	1.63	0.44	4.83	7.87
3	70.0%	8.50	1.84%	3.79	2.17	1.47	0.68	6.62	3.42	0.52	2.50	8.55
4	75.9%	9.21	1.84%	0.68	2.25	2.89	1.05	6.48	3.55	0.55	2.60	9.23
5	81.7%	9.92	2.32%	6.28	1.51	1.38	0.54	8.18	3.81	0.47	2.62	9.98
6	87.6%	10.63	2.32%	5.39	8.26	1.66	0.55	11.05	4.49	0.41	2.40	10.78
7	93.4%	11.34	2.32%	10.80	3.92	6.33	0.41	15.09	5.29	0.35	2.16	11.43
8	99.3%	12.05	5.70%	10.67	0.93	1.31	0.34	11.70	3.79	0.32	3.18	12.05
9	100.0%	12.14	34.62%	4.18	0.00	0.00	0.37	4.92	1.55	0.32	7.85	12.17
CÁLCULO DE CALADOS PARA UNA LLUVIA DE CARÁCTER EXCEPCIONAL CON 500 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO Y CAUDAL TOTAL DE CÁLCULO IGUAL A											33.43	
NºPerfil	%	Q en la Sección	Pendiente (%)	Anchura inferior	Talud (H/V) izq.	Talud derecho	Calado	Perímetro (m)	Sección (m ²)	Radio Hidra.(m)	Velocidad(m/seg)	Caudal (m ³ /seg)
1	58.30%	19.49	8.59%	18.34	1.65	2.67	0.29	19.72	5.48	0.28	3.58	19.62
2	64.15%	21.45	8.59%	1.26	1.33	1.33	1.20	5.25	3.43	0.65	6.27	21.51
3	70.02%	23.41	1.84%	3.79	2.17	1.47	1.18	8.72	7.02	0.81	3.36	23.59
4	75.86%	25.36	1.84%	0.68	2.25	2.89	1.60	9.48	7.62	0.80	3.33	25.37
5	81.71%	27.32	2.32%	6.28	1.51	1.38	0.98	9.72	7.52	0.77	3.65	27.45
6	87.56%	29.27	2.32%	5.39	8.26	1.66	0.93	14.93	9.30	0.62	3.16	29.39
7	93.40%	31.22	2.32%	10.80	3.92	6.33	0.72	18.36	10.49	0.57	2.98	31.26
8	99.25%	33.18	5.70%	10.67	0.93	1.31	0.63	12.55	7.11	0.57	4.68	33.27
9	100.00%	33.43	34.62%	4.18	0.00	0.00	0.72	5.62	3.01	0.54	11.12	33.47

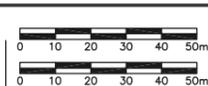
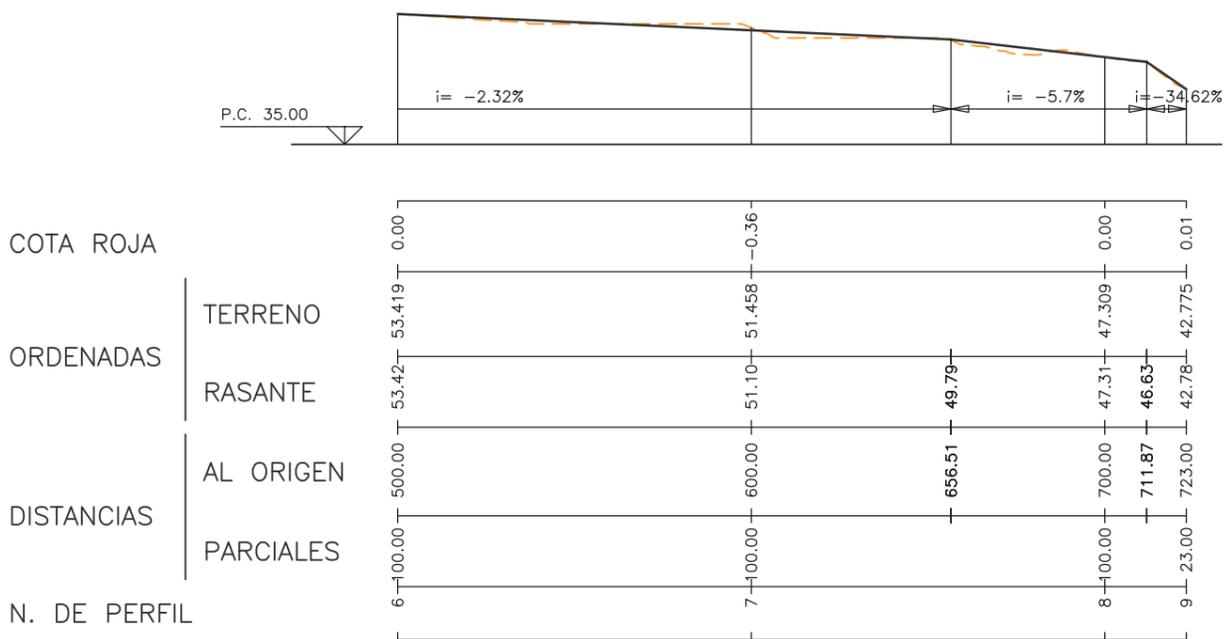
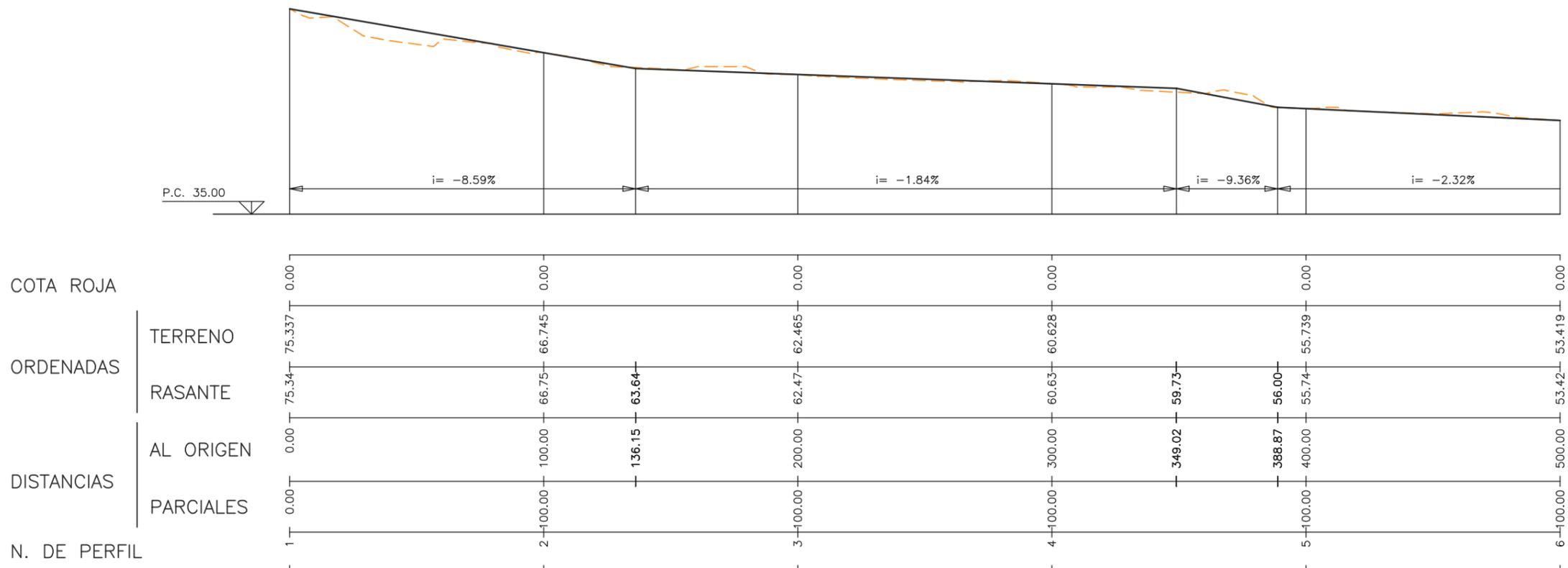


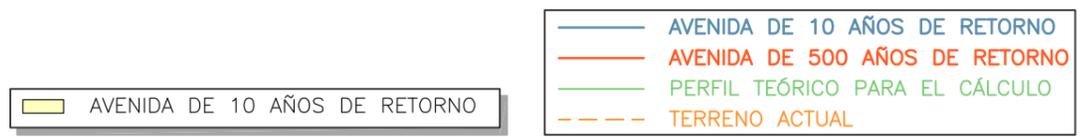
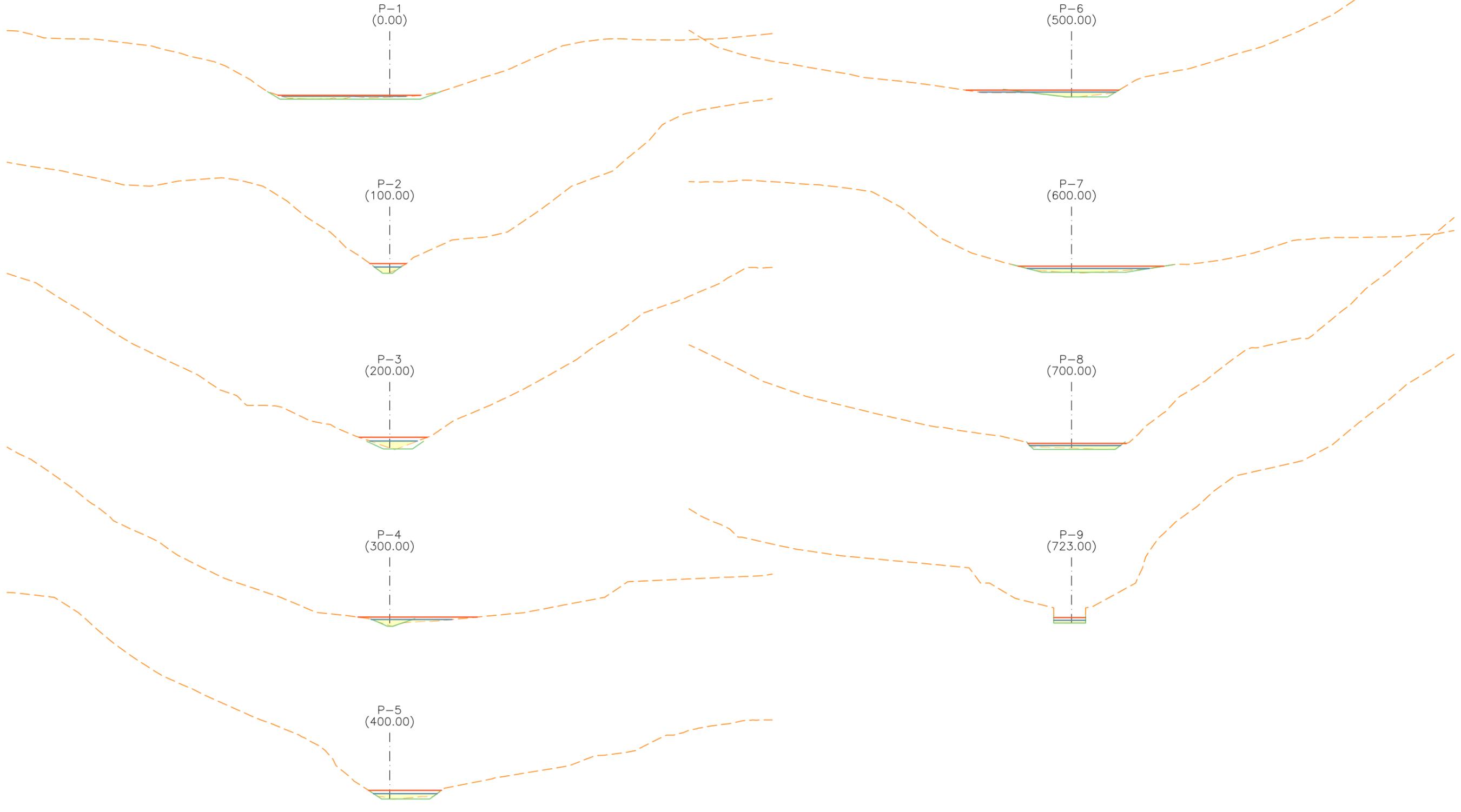


- AVENIDA DE 10 AÑOS DE RETORNO
- AVENIDA DE 500 AÑOS DE RETORNO
- DOMINIO PUBLICO HIDRAULICO (0,736 Ha)



ARROYO LA PALMA





MEMORIA ESPECÍFICA DEL ARROYO SASTRE

1.- DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA.

La casi totalidad de la cuenca que afecta al arroyo Sastre se sitúa al norte de la A-7. Las fotografías que adjuntamos demuestran perfectamente que existe un claro emboquillado del arroyo, que mostramos en las fotografías nº 2 y 4, situado al norte de la A-7, y que a partir de este punto el arroyo ya está perfectamente encauzado con distintas secciones de embovedado.

Hay un vial de reciente construcción que conecta la circunvalación este, antes de entrar en el túnel, con Ciudad Jardín que ha podido reconfigurar un poco la cuenca. De cualquier forma la importancia porcentual que tiene la superficie situada al norte de la Circunvalación, respecto de la superficie que podamos determinar al sur de la misma, hace que esta última resulte irrelevante, por lo que los cálculos hidrológicos o hidráulicos que realizamos tienen total fiabilidad, con independencia de que sean exactos los límites del área grafiada en nuestros planos al sur del área considerada.

Como explicamos en la memoria general, entendemos que debe ser criterio básico de este estudio la determinación de la propiedad que se deduce del dominio público hidráulico, que se determina a partir de las condiciones naturales que tenía el cauce antes de cualquier tipo de actuación sobre el mismo. Los planos que aportamos son anteriores a la reciente construcción del vial de conexión con Ciudad Jardín de la Circunvalación, por lo que resulta posible la determinación, por lo menos teórica, de dichos límites entre la A-7 y la antigua carretera de Casabermeja. De esta forma podemos fijar esa zona de carácter público entre el vial de conexión comentado y las viviendas situadas al norte del embovedado actual. Al norte de la A-7 la determinación de los deslindes es totalmente fiable.

2.- CONSIDERACIONES HIDROLÓGICAS.

Aportamos unas hojas de cálculo en las que casi siempre tenemos que hacer una corrección, que aumenta los caudales de cálculo. Tenemos que atender, para obtener la aprobación sin problemas del documento, los criterios establecidos por la Cuenca Mediterránea Andaluza, que recomienda la utilización (en base a criterios estadísticos de carácter genérico en la zona mediterránea, para cuencas de carácter rústico de extensión inferior a 20 Km² <> 2.000 Ha) de caudales específicos mínimos de 20 m³ / seg / km².

Atendemos esos criterios con la utilización de los procedimientos de cálculo genéricamente establecidos, con la modificación siguiente: aumentamos la velocidad media calculada de circulación del agua por el cauce principal de la cuenca desde 0,74 hasta 1,45 m/seg, con ello conseguimos aumentar el caudal específico del primer punto de control, con 500 años de periodo de retorno, desde 14,02 hasta 20,32 m³/seg. Con ello demostramos que nos quedamos claramente del lado de la seguridad.

En la hoja de cálculos hidráulicos con la que determinamos las láminas de agua que nos permiten determinar las ocupaciones en el arroyo, variamos el caudal de la forma siguiente:

- Con el periodo de retorno de 10 años entre 7,76 m³/seg en el P1 hasta 8,32 m³/seg en el P2. Ello supone aplicar una variación lineal al caudal de cálculo del P2 desde el 93,3 % hasta el 100 %.
- Con el periodo de retorno de 500 años entre 21,84 m³/seg en el P1 hasta 23,41 m³/seg en el P2. Ello supone aplicar una variación lineal al caudal de cálculo del P2 desde el 93,3 % hasta el 100 %.

3.- CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS.

El único lugar en el que hemos podido verificar la capacidad hidráulica de obras de drenaje longitudinal existente es en la embocadura norte de la A-7; en este punto hemos podido determinar perfectamente las dimensiones del marco que atraviesa por debajo de la autovía.

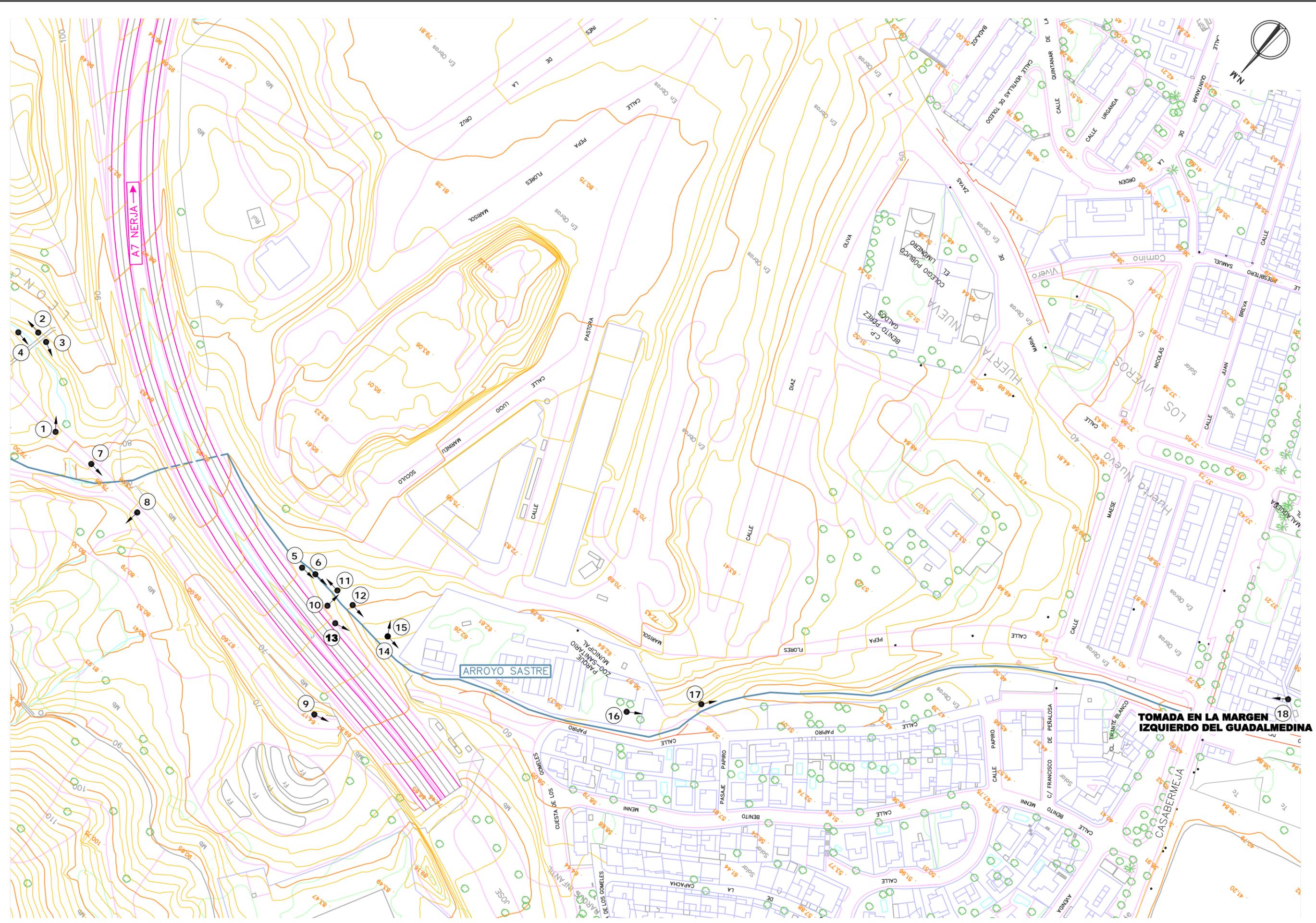
Verificamos en la hoja de cálculo en la que determinamos la capacidad de evacuación, que con un calado a la entrada de sólo 2,90 m, lo que ni siquiera llega a la clave del cajón, entra el caudal de cálculo con 500 años de periodo de retorno.

Respecto de la capacidad hidráulica del embovedado, en la parte inferior de la hoja determinamos que se precisa una pendiente de sólo el 0,35 % para que pueda transitar en caudal de cálculo con 500 años de periodo de retorno, pendiente que, sin duda, es superada por el marco.

Las hojas electrónicas con las que determinamos el dominio público hidráulico no nos han dado ningún problema en su elaboración. Los límites del Dominio Público Hidráulico y de la Zona de Inundación están bien definidos y tienen una continuidad razonable. La superficie que hemos fijado con el primer deslinde, de 0,214 Ha, nos parece suficientemente exacta y representativa.

4.- CONCLUSIONES.

Entendemos que la información técnica aportada en este arroyo es suficiente para definir lo que se nos ha solicitado, no obstante quedamos a disposición de los Técnicos Municipales o de la A.A.A. para aclarar cualquier parte de su contenido.



TOMADA EN LA MARGEN IZQUIERDO DEL GUADALMEDINA



Fotografía nº 1. - Por un paso inferior, que posteriormente mostramos en la fotografía nº 9, hemos ascendido hasta la zona del arroyo situada al norte de la A-7. El acueducto que muestra la fotografía nos ayuda a situarnos en el entorno.



Fotografía nº 2. - Situados sobre el acueducto miramos hacia aguas arriba y vemos el cauce que, inexplicablemente, se encuentra taponado con la escollera que muestra la fotografía.



Fotografía nº 3. - Mirando, desde la misma posición hacia aguas abajo vemos la embocadura del marco rectangular de 3,00 x 3,00 m, que cruza por debajo de la autovía que circunvala Málaga.



Fotografía nº 4. - Hemos descendido hasta el arroyo y a través del acueducto nos dirigimos a la obra de drenaje transversal de la autovía.



Fotografía nº 5. - Hemos entrado en el marco y transitado por él hasta su límite inferior. Nos sorprenden unas vayas y un puntal que habría que retirar. Finalmente observamos un gran arquetón en el que vemos una tubería superior que realizará algún vertido y una tajea que dará continuidad a la evacuación.



Fotografía nº 6. - Nos acercamos y mostramos con más detalle la referida tajea.



Fotografía nº 7. - Vamos a regresar a la zona sur de la autovía y lo hacemos por el vial que muestra la fotografía en el que los únicos elementos de desagüe longitudinal son las cunetas revestidas que aparecen a ambos lados.



Fotografía nº 8. - Existen pequeños cauces transversales al vial, como el que mostramos, cuya escorrentía discurre por las cunetas antes comentadas.



Fotografía nº 9. - Esta es la obra de paso bajo la autovía. Verificamos que el único elemento de desagüe existente en este entorno es el que da continuidad a las cunetas.



Fotografía nº 10. - En la zona sur de la autovía es difícil mostrar con claridad el discurrir del encauzamiento. Por el agujero que muestra la fotografía hemos introducido nuestra cámara y hemos tomado las dos fotografías siguientes:



Fotografía nº 11. - Hacia aguas arriba vemos la misma tajea que mostrábamos en la fotografía nº 6.



Fotografía nº 12. - Hacia aguas abajo continua la tajea que termina en un arquetón tapado con un tramex metálico. Hacia aguas abajo, desde ese punto, observamos la existencia de un marco rectangular.



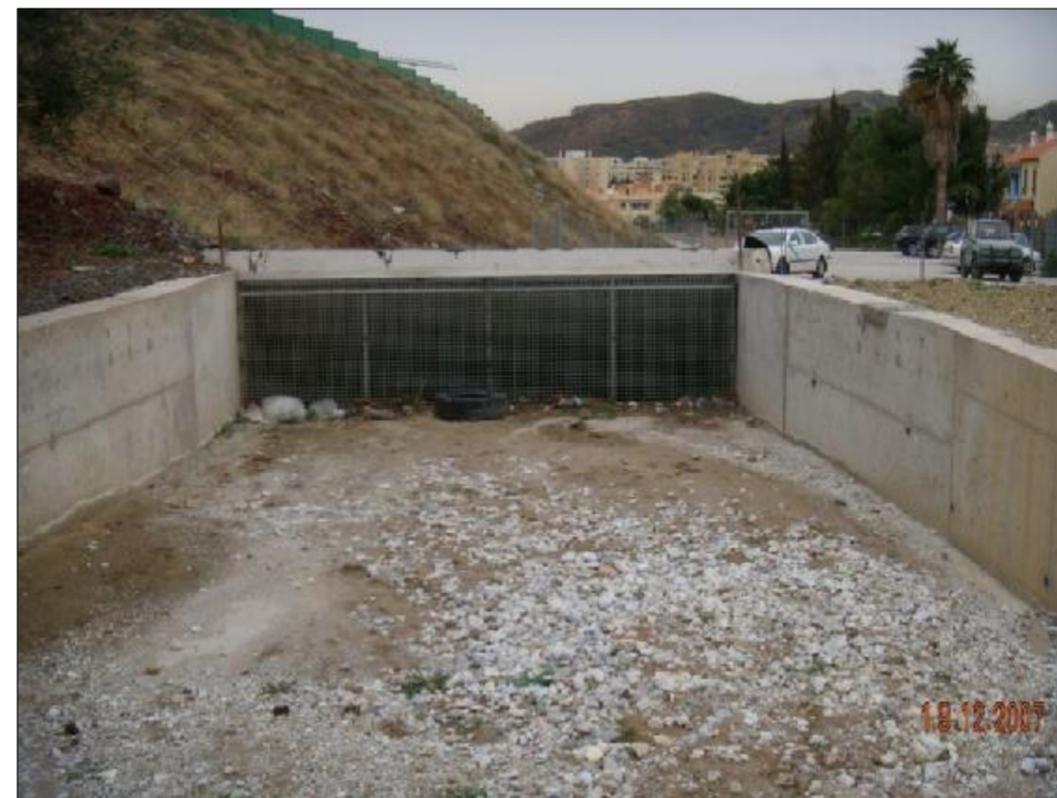
Fotografía nº 13. - Vemos desde el exterior lo que hemos comentado en la fotografía anterior.



Fotografía nº 14. - A la arqueta, a la que nos referíamos en la fotografía nº 10, llega la cuneta revestida que ahora observamos.



Fotografía nº 15. - Mirando hacia la zona por la que debe discurrir el encauzamiento no se observa ningún elemento de evacuación de pluviales.



Fotografía nº 16. - A poca distancia del punto en el que tomamos la anterior fotografía vemos este potente elemento de captación de pluviales que ahora no tiene sentido; entendemos que estaría construido antes de que se acometieran las obras que antes hemos mostrado.



Fotografía nº 17. - Hacia aguas abajo ya no se observa ningún elemento de evacuación de pluviales si exceptuamos la cuneta revestida existente al pie del vial que recientemente se ha construido.



Fotografía nº 18. - Desde la margen izquierda del Guadalmedina mostramos, en la otra margen, lo que entendemos debe ser el elemento final de desagüe del arroyo Sastre.

CÁLCULOS HIDROLÓGICOS.

1.- DOCUMENTACIÓN UTILIZADA.

Para la realización del presente estudio hidrológico hemos utilizado la documentación siguiente, que es la recomendada por los Técnicos del Departamento de Hidrología en la Cuenca Mediterránea Andaluza de la Agencia Andaluza del Agua:

- 1.- Criterios para la autorización de actuaciones en la zona de policía.
- 2.- Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (Dirección general de Carreteras del Ministerio de Fomento).
- 3.- Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno en España – Volumen 8 Andalucía Oriental (Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología del Ministerio de Medio Ambiente).

Dentro de la documentación que debe presentar cualquier solicitante en la Agencia Andaluza del Agua, se precisa un Estudio Hidrológico que se debe realizar atendiendo a las consideraciones siguientes:

Se deben determinar los caudales asociados a periodos de retorno de 100 y 500 años. Para cuencas que se puedan considerar unitarias, con superficie de hasta 3.000 km² y tiempos de concentración comprendidos entre 1 y 24 horas, se recomienda como método hidrometeorológico la variante del método racional reflejado en la Instrucción de Carreteras 5.2. IC "Drenaje Superficial". Este método resulta adecuado para una cuenca, como la que nos ocupa, con un suficiente grado de homogeneidad espacial tanto en sus características de escorrentía como en la estructura de las tormentas en la región.

Para la aplicación del método hay que determinar, en primer lugar, la precipitación máxima para los periodos de retorno considerados. Se recomienda utilizar el "Mapa para el cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" realizado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

2.- CÁLCULOS HIDROLÓGICOS UTILIZANDO EL MÉTODO REGIONAL.

Este procedimiento se basa en la determinación de los caudales de cálculo utilizando la publicación "Máximas lluvias en la España Peninsular" editada por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

Esta publicación nos permite obtener las máximas precipitaciones en un lugar de la España Peninsular con solo conocer sus coordenadas UTM. La determinación de precipitaciones se basa en cálculos hidrometeorológicos y en las nuevas tecnologías estadísticas.

El método regional adoptado, denominado tradicionalmente "índice de avenida", asume que la variable Y resultante de dividir, en cada estación, los valores máximos anuales por su media, sigue idéntica distribución de frecuencia en toda la región considerada. Es decir, se cumple que $Y = P_{max} / P_{med}$

Los parámetros de dicha distribución son obtenidos a partir del conjunto de datos de las estaciones de la región, mientras que el valor local de la media P_{med} se estima exclusivamente a partir de los datos de las estaciones.

La estimación de los cuantiles locales X_t en un determinado punto se reduce a reescalar los cuantiles regionales Y_t con la media local P_{med} según la siguiente expresión: $X_t = Y_t \times P_{med}$

Para realizar el cálculo, en principio, utilizamos el método gráfico. Incluimos al final de este anejo un plano elaborado a partir de los mapas incluidos en el anejo nº 1 de la publicación citada, pero con una información geográfica mayor de nuestra zona de estudio.

Las coordenadas del punto que tomamos como representativo de la cuenca y los valores de los parámetros que se obtienen, para los periodos de retorno consignados, los hemos consignado y calculado en la TABLA Nº 1 que consignamos en la hoja electrónica que figura en la última parte del anejo.

Hemos verificado que los valores obtenidos, aplicando el procedimiento gráfico, coinciden razonablemente con los que proporciona la aplicación informática MAXPLU que acompaña a esta publicación.

Los valores de Y_t se obtienen de la tabla 7.1 de la publicación, que reproducimos abreviadamente, con la denominación "TABLA Nº 2" en la hoja electrónica que adjuntamos al final de este anejo. Los valores de Y_t obtenidos los hemos utilizado en la TABLA Nº 1 para fijar los valores del citado cuantil.

3.- CÁLCULOS UTILIZANDO LA PUBLICACIÓN DEL INSTITUTO DE METEOROLOGÍA.

En la publicación - Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno en España; Volumen 8 Andalucía Oriental (Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología del Ministerio de Medio Ambiente) -, encontramos 3 estaciones pluviométricas que se puedan relacionar con nuestra cuenca. Sus valores de lluvia esperada en 24 h los reproducimos en la TABLA Nº 3.

4.- VALORES DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS ADOPTADOS.

El resumen de las precipitaciones máximas en periodos de 24 horas para los periodos de retorno consignados y los dos métodos de cálculo utilizados se recoge en el cuadrante siguiente, es decir en la TABLA Nº 4.

Hemos adoptado, para todos los periodos de retorno el valor máximo obtenido en los dos procedimientos de cálculo, con lo que nos quedamos claramente del lado de la seguridad. Esta información se consiga en la última fila de la citada TABLA Nº 4.

5.- CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

Utilizamos para el cálculo del tiempo de concentración de la cuenca el método generalmente aceptado. No obstante nos quedamos del lado de la seguridad mayorando la velocidad media de circulación del agua por parecernos baja la que se obtiene del cálculo realizado

6.- COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA UTILIZADO.

El coeficiente de escorrentía C define la proporción de la intensidad de lluvia, I, que genera escorrentía superficial. Se ha determinado el valor de los coeficientes de escorrentía en una tabla que también adjuntamos en este anejo, resultando los valores que se han consignado en la TABLA nº 6.

7.- CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA PARA CADA PERIODO DE RETORNO.

Utilizamos la fórmula de Nadal que es la que determina mejores ajustes en la zona considerada para lluvias de corta duración; su expresión es la siguiente: $I_t = 9.25 \times I_h \times t^{(-0.55)}$. Siendo:

I_t - la intensidad media horaria que corresponde a la precipitación de duración "t" minutos, expresada en mm / hora.

Ih - la intensidad media de la precipitación horaria máxima, también expresada en mm/hora.

t - es la duración de la precipitación expresada en minutos = Tc.

La intensidad media horaria de la precipitación correspondiente a 60 x 24 =1440 minutos, es el valor de Pd/24 determinado anteriormente para los diferentes periodos de retorno. De ello podemos deducir Ih en la formula anterior de la siguiente forma:

$$Pd / 24 = 9.25 \times Ih \times 1.440^{(-0.55)} - \text{De donde obtenemos: } Ih = 0.246 \times Pd$$

Es decir, que la precipitación del chubasco de una hora de duración es aproximadamente el 25% del valor de la precipitación máxima diaria del periodo de retorno correspondiente.

Aplicando nuevamente la formula de Nadal para el valor del Tiempo de Concentración obtenido anteriormente obtendremos las Intensidades máximas de lluvia para los distintos periodos de retorno considerados

Con la fórmula anterior y los valores de Pd antes consignados, obtenemos en la siguiente TABLA, la N° 5, para cada periodo de retorno, las intensidades horarias correspondientes al chubasco de una hora de duración y el de la lluvia de cálculo, con duración igual al tiempo de concentración.

8.- EXPRESIÓN A UTILIZAR PARA DETERMINAR LOS CAUDALES DE CÁLCULO.

La determinación de los caudales de cálculo, en el ámbito de este anejo, sólo tiene una razón de ser que es la obtención de los caudales específicos QE (escorrentía producida en 1 km2) que resultan para cada periodo de retorno en función de las hipótesis realizadas. Dichos caudales específicos nos permiten tener una idea fundamentada del nivel de corrección de nuestros cálculos. Para determinar estos caudales aplicamos la fórmula Racional a una superficie de 1 km2. La expresión es: $Q = C \times I \times A / 3,6$. Siendo:

C: Coeficiente de escorrentía del intervalo donde se produce I.

I (mm/h): Máxima intensidad media en el intervalo de duración igual a Tc.

A (Km2): Superficie de la cuenca; en este caso: A = 1.

Q (m3/seg): Caudal punta.

En la TABLA siguiente, es decir en la N° 6, calculamos los caudales de cálculo para los periodos de retorno que estamos utilizando. Dado que empleamos una superficie de 1 km2 coinciden con los caudales específicos (QE) que, como hemos comentado, son los valores medios generados por una superficie de cuenca de un kilómetro cuadrado.

9.- CONCLUSIÓN

Teniendo en cuenta que la Agencia Andaluza del Agua recomienda la utilización (en base a criterios estadísticos de carácter genérico en la zona mediterránea para cuencas de bastante extensión) de caudales específicos de 20 m3 / seg / km2, creemos que es correcta la utilización del periodo de retorno y caudal que hemos resaltado en la tabla anterior.

10.- CONSIDERACIONES PARTICULARES DE LA CUENCA DEL ARROYO SASTRE.

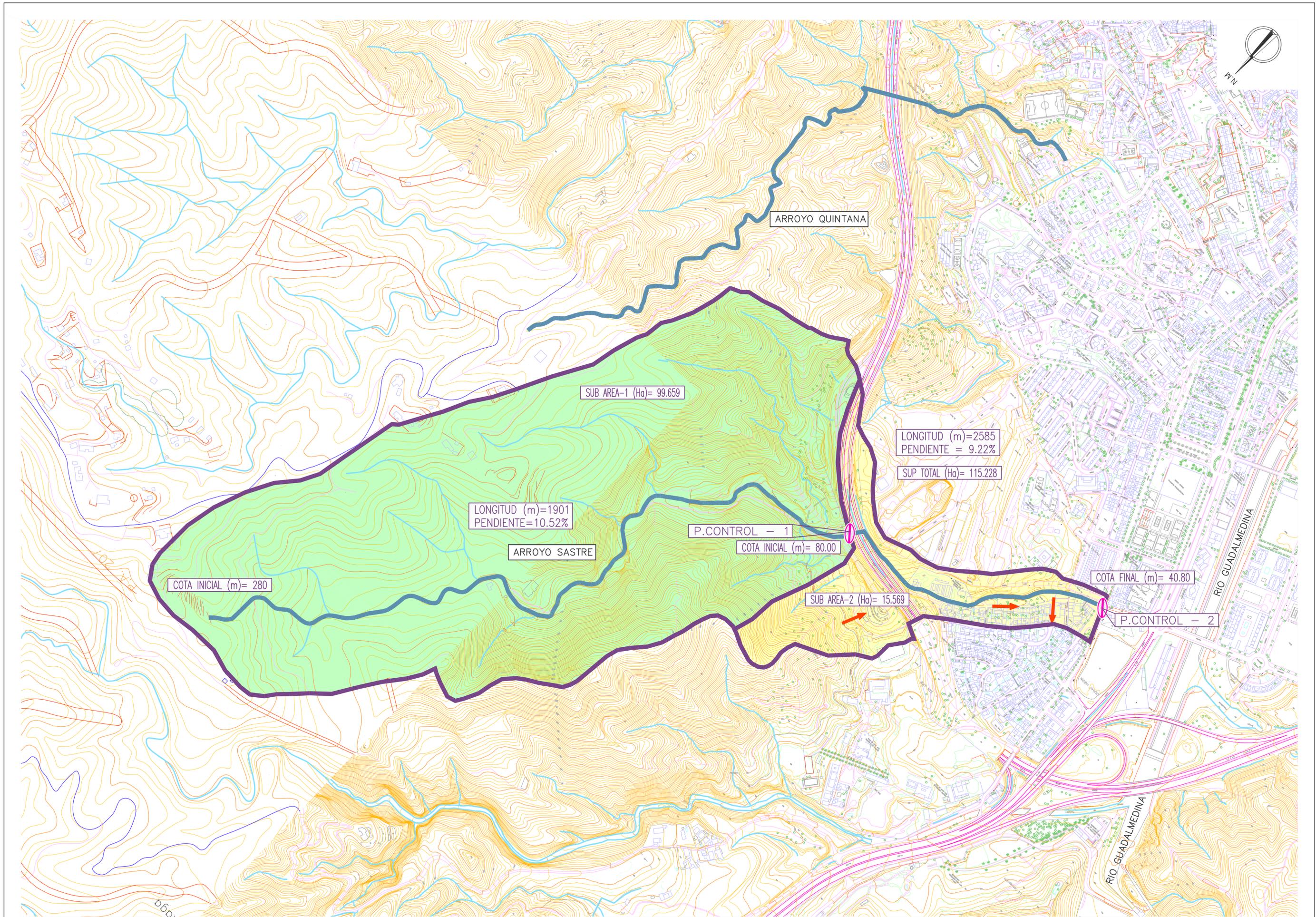
La cuenca del Arroyo Sastre presenta una morfología bastante regular, por lo que hemos considerado que los coeficientes de escorrentía van a ser homogéneos para cada periodo de retorno en todo el área vertiente.

Partiendo de esta hipótesis hemos obtenido los coeficientes de escorrentía para cada periodo de retorno y el caudal específico considerando el área total, a partir del cual, obtenemos los caudales de cálculo para cada punto de control sin más que multiplicar el caudal específico por el área que recoge cada punto.

A continuación consignamos una tabla resumen con los caudales de cálculo de cada punto de control:

PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS			PERIODO DE RETORNO DE 500 AÑOS		
CAUDAL ESPECIFICO (m3/seg):	7.22		CAUDAL ESPECIFICO (m3/seg):	20.32	
TRAMO	AREA (Ha)	CAUDAL DE CÁLCULO (m3/seg)	TRAMO	AREA (Ha)	CAUDAL DE CÁLCULO (m3/seg)
P.C. 1	99.659	7.20	P.C. 1	99.659	20.25
P.C. 2	115.228	8.32	P.C. 2	115.228	23.41

Con los planos y las hojas electrónicas que complementan este anejo creemos que queda perfectamente claro el método de cálculo empleado.



COTA INICIAL (m)= 280

LONGITUD (m)=1901
PENDIENTE=10.52%

ARROYO SASTRE

SUB AREA-1 (Ha)= 99.659

P.CONTROL - 1

COTA INICIAL (m)= 80.00

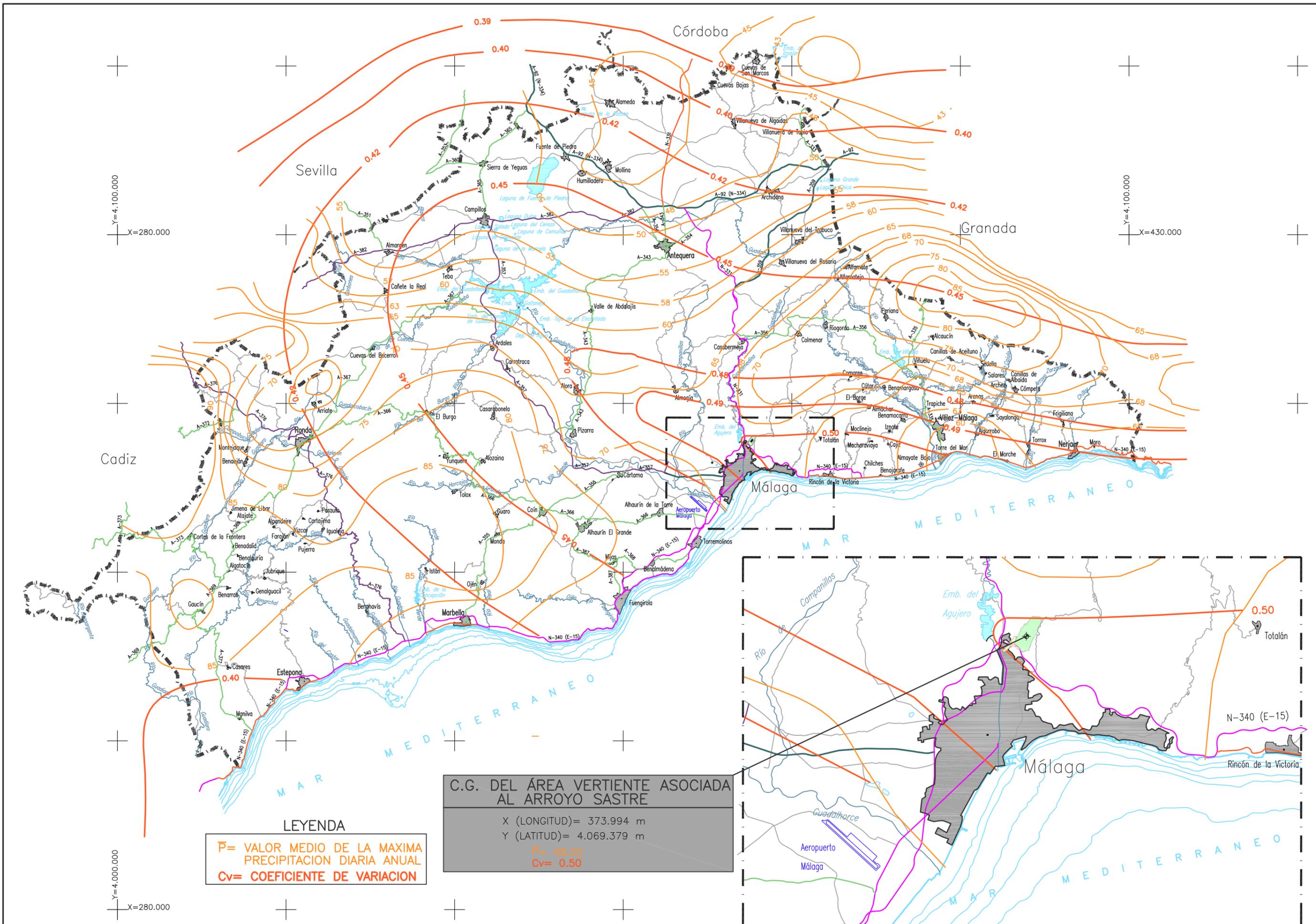
LONGITUD (m)=2585
PENDIENTE = 9.22%

SUP TOTAL (Ha)= 115.228

SUB AREA-2 (Ha)= 15.569

COTA FINAL (m)= 40.80

P.CONTROL - 2



LEYENDA
 \bar{P} = VALOR MEDIO DE LA MAXIMA PRECIPITACION DIARIA ANUAL
 C_v = COEFICIENTE DE VARIACION

C.G. DEL ÁREA VERTIENTE ASOCIADA AL ARROYO SASTRE
 X (LONGITUD) = 373.994 m
 Y (LATITUD) = 4.069.379 m
 \bar{P} = 68.50
 C_v = 0.50

CÁLCULO DE COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA - ARROYO SASTRE

Utilizamos el contenido del capítulo 2 de la Instrucción 5.2-IC (Drenaje Superficial). En la misma, se reconoce que para pequeñas cuencas (tiempos de concentración inferiores a seis horas) son apropiados los métodos hidrometeorológicos.

El coeficiente de escorrentía se puede obtener de la aplicación de la fórmula siguiente, en el que las variables están referidas al tiempo de retorno considerado.

$$C = [(Pd/Po) - 1] \times [(Pd/Po) + 23] / [(Pd/Po) + 11]^2$$

Pd: Precipitación total diaria (mm)
Po: Umbral de escorrentía

En el proyecto que nos ocupa determinaremos los coeficientes a utilizar en la determinación del umbral de escorrentía. Utilizamos los valores de la tabla que se adjunta a continuación, clasificando los suelos en varios grupos que suman la superficie total

La superficie total de la cuenca es : 115.228 Ha.

Descripción de la zona		Tipo	Grupo	Po	Porc.	Ha.	
Zonas de monte bajo con vegetación media		32	C	22	30.0%	34.6	
Zonas próximas al núcleo urbano		34	C	43	20.0%	23	
Zonas urbanizadas		41		1	50.0%	57.6	
Totales: 100.0% 115.2							
	Periodo de Retorno	Precipitación en 24 h (Pd)	Umbral E. (Po)			Valores medios	
			22	43	1	C	Po
Utilizando los datos de precipitaciones en 24 horas, obtenidos con anterioridad, obtenemos los siguientes valores de C:	5	88.8	0.36	0.16	0.99	0.63	16.5
	10	110.3	0.44	0.22	0.99	0.67	16.3
	25	140.6	0.52	0.29	0.99	0.71	16.8
	50	164.6	0.58	0.35	1.00	0.74	16.8
	100	190.8	0.63	0.40	1.00	0.77	16.6
	200	218.4	0.67	0.44	1.00	0.79	17.1
	500	256.1	0.72	0.50	1.00	0.81	18

CLASIFICACIÓN DE SUELOS A EFECTOS DE LA TABLA SIGUIENTE				
Grupo	Infiltración	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa	Perfecto
			Areno-limosa	
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa	Bueno a moderado
			Franca	
			Franco-arcillo-arenosa	
			Franco-limosa	
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa	Imperfecto
			Franco-arcillo-limosa	
			Arcillo-arenosa	
			Arcillosa	
D	Muy lenta	Pequeña u Horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

ESTIMACIÓN INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA							
Uso de la tierra	Tipo	Pendiente (%)	Características hidrológicas	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
Barbecho	1	>=3	R	15	8	6	4
	2	<3	N	17	11	8	6
	3	<3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	4	>=3	R	23	13	8	6
	5	<3	N	25	16	11	8
	6	<3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	7	>=3	R	29	17	10	8
	8	<3	N	32	19	12	10
	9	<3	R/N	34	21	14	12
Rotación cultivos pobres	10	>=3	R	26	15	9	6
	11	<3	N	28	17	11	8
	12	<3	R/N	30	19	13	10
Rotación cultivos densos	13	>=3	R	37	20	12	9
	14	<3	N	42	23	14	11
	15	<3	R/N	47	25	16	13
Praderas	16	>=3	Pobre	24	14	8	6
	17		Media	53	23	14	9
	18		Buena	*	33	18	13
	19		Muy Buena	*	41	22	15
	20	<3	Pobre	58	25	12	7
	21		Media	*	35	17	10
	22		Buena	*	*	22	14
	23		Muy Buena	*	*	25	16
Plantaciones regulares (aprovechamiento forestal)	24	>=3	Pobre	62	26	15	10
	25		Media	*	34	19	14
	26		Buena	*	42	22	15
	27	<3	Pobre	*	34	19	14
	28		Media	*	42	22	15
29	Buena	*	50	25	16		
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc)	30		Muy clara	40	17	8	5
	31		Clara	60	24	14	10
	32		Media	*	34	22	16
	33		Espesa	*	47	31	23
	34		Muy espesa	*	65	43	33
Tipo de terreno		Pendiente	Umbral de escorrentía				
Rocas permeables	35	>=3		3			
	36	<3		5			
Rocas impermeables	37	>=3		2			
	38	<3		4			
Firmes granu.sin pavimento	39			2			
Adoquinados	40			1.5			
Pavim. Bitumin./Hormigón	41			1			

Nota: N: Cultivo según líneas de nivel; R: cultivo según máxima pendiente

CÁLCULOS HIDROLÓGICOS (CUENCAS DE MENOS DE 3.000 Ha) - ARROYO SASTRE

TABLA N° 1 - Estimación de los Cuantiles Locales Xt							
Longitud:	Latitud:	P. Retorno	Columna	Cv	Pmed	Yt	Xt
373,994	4,069,379	5	1	0.500	68.5	1.297	88.8
		10	2			1.610	110.3
		25	3			2.052	140.6
		50	4			2.403	164.6
		100	5			2.785	190.8
		200	6			3.189	218.4
		500	7			3.738	256.1

TABLA N° 2 - Determinación de Yt en función de Cv							
P.Retorno	5	10	25	50	100	200	500
Columna	1	2	3	4	5	6	7
0.30	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

TABLA N° 3: Determinación de Pd - (INSTITUTO DE METEOROLOGÍA)							
Lluvia esperada en 24 horas según periodos de retorno (mm)							
Periodos	5	10	25	50	100	200	500
6-168	94.4	116.5	144.4	165.1	185.6	206.1	233.1
Málaga - El Boticario							
6-170	84.9	102.0	123.5	139.5	155.4	171.2	192.0
Málaga - Pantano del Agujero							
6-171A	85.8	102.9	124.4	140.4	156.3	172.1	193.0
Málaga Carmelita							
Valor medio	88.4	107.1	130.8	148.3	165.8	183.1	206.0

TABLA N° 4 - Determinación de los valores Pd de cálculo							
Precipitaciones máximas en 24 horas (mm)							
Periodos	5	10	25	50	100	200	500
M.Regional	88.8	110.3	140.6	164.6	190.8	218.4	256.1
I.Meteoro.	88.4	107.1	130.8	148.3	165.8	183.1	206.0
Adoptados	88.8	110.3	140.6	164.6	190.8	218.4	256.1

TABLA N° 5 - Determinación del Tiempo de Concentración y de las intensidad de lluvia							
$T_c = 60 \times 0.3 \times (L/J)^{0.25 \times 0.76}$	L (Km) =	2.59	J (m/m) =	0.092	Tc (minutos)	58.3	
$V_{med} (m/seg) =$	0.74	$V_{med} adoptada (m/seg) =$	1.45	Tc Propuesto (minutos) =	29.7		

Cálculo de la intensidad de lluvia para cada periodo de retorno (mm)							
Periodo	5	10	25	50	100	200	500
$P_d (mm/día)$	88.8	110.3	140.6	164.6	190.8	218.4	256.1
$P_o (mm/día)$	16.5	16.3	16.8	16.8	16.6	17.1	18
$I_h (mm/h)$	21.8	27.1	34.6	40.5	46.9	53.7	63
$I_t (mm/h)$	31.2	38.8	49.6	58	67.2	76.9	90.3

I_h : Intens.horaria del chubasco de una hora de duración; I_t : Intensidad horaria del de duración Tc

TABLA N° 6 - Determinación de los caudales específicos y de cálculo							
Caudales específicos para los distintos periodos de retorno (m^3/seg)							
Periodo R.	5	10	25	50	100	200	500
$I_t (mm/h)$	31.20	38.80	49.60	58.00	67.20	76.90	90.30
$C_{escorrentia}$	0.63	0.67	0.71	0.74	0.77	0.79	0.81
Q_e	5.46	7.22	9.78	11.92	14.37	16.88	20.32
$Q_{cálculo}$	6.29	8.32	11.27	13.74	16.56	19.45	23.41

Para los cálculos posteriores, dadas las condiciones de proyecto, seleccionamos como periodos de retorno (años) 10 500