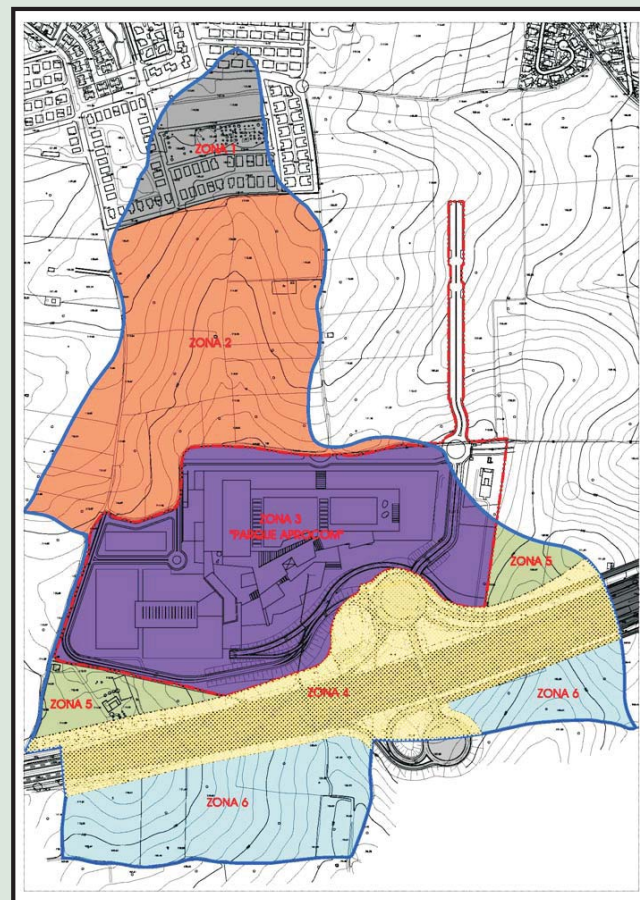


## 7. **ANEXO 2: ESTUDIO HIDROLÓGICO**

ESTUDIO HIDROLÓGICO PARQUE TERCIARIO,  
COMERCIAL Y DE OCIO APROCOM, T.M.  
ESPARTINAS(SEVILLA).



Autor: Javier Tavira Díaz  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



JUNIO 2011

Estudio Hidrológico "Parque Terciario, Comercial y de Ocio Aprocóm"

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ESTUDIO .....	2
2 CARACTERIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA.....	3
3. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO.....	10
3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS .....	12
3.2. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN .....	14
3.3. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA .....	14
3.4 INTENSIDAD MEDIA DE PRECIPITACIÓN .....	16
3.5 CÁLCULO DE CAUDALES .....	17
3.6 CÁLCULO DEL DRENAJE NECESARIO .....	19
4 CONCLUSIONES AL ESTUDIO .....	25
PLANOS .....	26

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ESTUDIO

El **objetivo** del estudio pluviométrico consiste en caracterizar las precipitaciones extremas que se producen en la subcuenca que afectan al denominado "Parque Terciario, Comercial y de Ocio Aprocóm" situado en el término municipal de Espartinas.

El Sector a desarrollar por APROCÓM se encuentra prácticamente en su totalidad en una pequeña subcuenca del Río Pudio en el Término Municipal de Espartinas. Su localización es al suroeste del término en el límite de las divisorias de la cuenca del Río Pudio y la del Arroyo Majalberraque, que constituyen los principales cauces de este T.M.

Se trata de la cabecera de una pequeña subcuenca, cuyo drenaje carece de cauce, produciéndose mediante una escorrentía intermitente por la zona de menor pendiente que llega hasta la Autopista del Quinto Centenario denominada A-49.

La Autopista A-49 dispone de una canalización de 2,5 m de diámetro para paso de dicha escorrentía. A partir de la autopista A-49 aparece un pequeño cauce natural.

La **caracterización** consiste en la estimación de los parámetros necesarios para definir las lluvias de proyecto, es decir, la distribución espacial de las precipitaciones máximas diarias y las intensidades de lluvia.

La ausencia de una red suficientemente densa de pluviógrafos en la zona de estudio con registros de longitud adecuada, obliga a centrar los trabajos de caracterización en el análisis de las observaciones puntuales realizadas en pluviómetros de lectura diaria -totalizadores-.

La caracterización se traduce en la realización de un análisis de frecuencia para relacionar la magnitud de cada fenómeno con su probabilidad de aparición o con el período de retorno.

Es práctica habitual componer la serie de datos extremos seleccionando en cada año el valor máximo observado de la precipitación en un día. De esta forma, existe la certeza casi absoluta de que los valores máximos de cada año son independientes, y no pertenecen al mismo episodio de lluvias (serie anual).

Suponiendo fija la frecuencia de presentación, el valor de la precipitación en un punto específico del territorio depende de la situación espacial del punto y de su cota.

Cuando se analiza la precipitación regional, se observa que las líneas de igual precipitación extrema (isomáximas) se asemejan a la altimetría mientras siguen otras tendencias debidas a las características de los flujos de humedad, efectos barrera, etc...

La forma óptima de abordar la caracterización pluviométrica de la zona de estudio es realizando un análisis regional de la pluviometría utilizando la información disponible en un amplio entorno.

Este análisis permite detectar las tendencias de variación de la precipitación en el área cubierta por el estudio, descartar los datos no representativos, y como consecuencia, estimar con la máxima fiabilidad la precipitación en las cuencas hidrográficas. Los resultados del análisis espacial de lluvias se resumen en un mapa de isolíneas específico para cada período de retorno adoptado.

## 2. CARACTERIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA

Para caracterizar la precipitación máxima diaria se analizan las propiedades regionales de este parámetro climático en una amplia zona que envuelve la cuenca vertiente a todo el área en estudio e incluye el recubrimiento necesario para tener en cuenta la pluviometría externa a la zona y disponer así de series largas que permitan corregir las asimetrías propias de las series con otras más consistentes con el conjunto.

El resultado más práctico de la caracterización se resume en los mapas de isolíneas de precipitación máxima diaria para diferentes períodos de retorno. Para llegar a ellos, se han realizado las siguientes tareas:

Estudio Hidrológico "Parque Terciario, Comercial y de Ocio Aprocóm"

- Inventario de estaciones pluviométricas existentes y recopilación de información sobre pluviometría extrema en el INM.
- Análisis de las series y selección de las estaciones pluviométricas que se van a utilizar para caracterizar la zona.
- Formación de las series anuales de precipitación máxima diaria.
- Estudio de frecuencias de presentación de las precipitaciones máximas diarias.
- Ajuste de las series de precipitaciones máximas diarias a la distribución estadística de Gumbel para periodos de retomo de 5, 25, 50, 100 y 500 años.
- Ajuste de las series de precipitaciones máximas diarias a la distribución estadística SQRT-ETmáx para los mismos periodos de retorno.
- Comparación con los planos de isólineas obtenidos por el CEDEX a partir de la distribución SQRT-ETmax, publicados por el Ministerio de Fomento en 1997, "Cálculo de precipitaciones máximas diarias en la España Peninsular".

**Selección de estaciones pluviométricas**

En este apartado se analiza el procedimiento seguido para seleccionar el conjunto de estaciones pluviométricas que se emplea para caracterizar la precipitación máxima diaria en el área de estudio.

Para realizar el estudio hidrológico se ha partido de un estudio de precipitaciones, tomando como base el libro "Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno en España. Volumen 9. Andalucía Occidental" editado por el Ministerio de Medio Ambiente en el año 1999. Según esta publicación se localizan 4 estaciones pluviométricas cercanas a Espartinas. Dichas estaciones son las siguientes:

Estudio Hidrológico "Parque Terciario, Comercial y de Ocio Aprocóm"

Estación:	Sanlúcar La Mayor (Sevilla)		
Indicativo:	5-828	Longitud:	06º13' W UTMX 746317
Periodo:	1953/1985	Latitud:	37º25 N UTMY 4144730
		Altitud:	30 m HUSO 29

Estación:	Bollullos de la Mitación (Sevilla)		
Indicativo:	5-819	Longitud:	06º08' W UTMX 753975
Periodo:	1953/1985	Latitud:	37º20 N UTMY 4135704
		Altitud:	91 m HUSO 29

Estación:	Aznalcazar "Juncosa" (Sevilla)		
Indicativo:	5-8330	Longitud:	06º15' W UTMX 743636
Periodo:	1976/1990	Latitud:	37º20 N UTMY 4135396
		Altitud:	20 m HUSO 29

Estación:	Benacazón "Montegranado" (Sevilla)		
Indicativo:	5-818	Longitud:	06º13' W UTMX 746590
Periodo:	1976/1990	Latitud:	37º20 N UTMY 4135483
		Altitud:	100 m HUSO 29

Con los datos de precipitaciones se realiza el cálculo regresivo mediante los métodos de Gumbel y SQRT-Etmax para los distintos periodos de retorno. Se toma el máximo de ambos métodos y se ponderan los resultados de las estaciones inversamente proporcional a la distancia de cada una con la zona de estudio.

Los datos de las precipitaciones obtenidos son los siguientes:

Mm	MEDIA
T = 5	71.7
T = 25	102.8
T = 50	117.8
T = 100	134.2
T = 500	174.1

Estudio Hidrológico "Parque Terciario, Comercial y de Ocio Aprocóm"

Se ha comprobado que estas precipitaciones están por debajo de las obtenidas por medio del uso del programa MAXPLUWIN (Máximas luvias diarias en la España Peninsular).

Se acompaña a continuación la tabla donde se recogen los cálculos necesarios para llegar al resultado anterior:

Estudio Hidrológico "Parque Terciario, Comercial y de Ocio Aprocóm"

C-1

i	5-828			5-819			5-833O			5-818		
	N = Distancia=			N = Distancia=			N = Distancia=			N = Distancia=		
	Año	Pd	y	Año	Pd	y	Año	Pd	y	Año	Pd	y
1	1953	52	-1.26	1953	52.1	-1.26	1976	63	-1.02	1972	50.5	-1.10
2	1954	24	-1.04	1954	32	-1.04	1977	63	-0.73	1973	48	-0.83
3	1955	55	-0.89	1955	71	-0.89	1978	39.2	-0.52	1974	30	-0.64
4	1956	35	-0.76	1956	32	-0.76	1979	78.1	-0.33	1975	46	-0.48
5	1957	34	-0.65	1957	32.5	-0.65	1980	28.5	-0.15	1976	58	-0.33
6	1958	47	-0.55	1958	67.5	-0.55	1981	40	0.02	1977	57	-0.19
7	1959	43.5	-0.46	1959	45	-0.46	1982	50	0.19	1978	37	-0.05
8	1960	78	-0.37	1960	84	-0.37	1983	112.5	0.37	1979	86	0.09
9	1961	76	-0.28	1961	85	-0.28	1984	88	0.55	1980	29	0.23
10	1962	63	-0.20	1962	82	-0.20	1985	49.7	0.76	1981	33	0.37
11	1963	39	-0.12	1963	72.5	-0.12	1986	47.8	0.98	1982	76	0.51
12	1964	45	-0.04	1964	61	-0.04	1987	67	1.25	1983	140	0.67
13	1965	59	0.04	1965	60	0.04	1988	53	1.57	1984	95	0.84
14	1966	29	0.12	1966	47	0.12	1989	57.1	2.01	1985	53	1.03
15	1967	33	0.20	1967	35.5	0.20	1990	29.3	2.74	1986	47	1.25
16	1968	58	0.28	1968	45	0.28				1987	70	1.50
17	1969	60	0.37	1969	85	0.37				1988	74	1.82
18	1970	50	0.45	1970	68.5	0.45				1989	52	2.25
19	1971	29.5	0.54	1971	34	0.54				1990	39	2.97
20	1972	42	0.63	1972	46	0.63						
21	1973	50	0.73	1973	40.3	0.73						
22	1974	23	0.83	1974	29.5	0.83						
23	1975	41	0.94	1975	41	0.94						
24	1976	52.5	1.05	1976	64	1.05						
25	1977	35	1.18	1977	49	1.18						
26	1978	70	1.32	1978	38.2	1.32						
27	1979	41.5	1.47	1979	58.2	1.47						
28	1980	43	1.64	1980	34.6	1.64						
29	1981	42.5	1.84	1981	33	1.84						
30	1982	64.5	2.08	1982	53.8	2.08						
31	1983	75	2.38	1983	85.7	2.38						
32	1984	56.3	2.80	1984	89.3	2.80						
33	1985	42.9	3.51	1985	45	3.51						
Media		48.16	0.54		54.52	0.54		57.75	0.51		58.97	0.52
Mediana		45.00	0.37		49.00	0.37		53.00	0.37		52.00	0.37
Desviación típica		14.69	1.14		19.08	1.14		22.42	1.06		27.00	1.08
Cv		0.30			0.35			0.39			0.46	
a		0.08			0.06			0.05			0.04	
u		41.21			45.50			46.86			45.99	
N		33			33			15			19	

Estudio Hidrológico "Parque Terciario, Comercial y de Ocio Aprocóm"

GUMBEL

T	kt	k	Pd	kt	k	Pd	kt	k	Pd	kt	k	Pd
500	6.2	5.0	121.3	6.2	5.0	149.5	6.2	5.4	178.7	6.2	5.2	200.6
100	4.6	3.6	100.5	4.6	3.6	122.5	4.6	3.9	144.5	4.6	3.8	160.5
50	3.9	3.0	91.5	3.9	3.0	110.8	3.9	3.2	129.7	3.9	3.1	143.1
25	3.2	2.3	82.4	3.2	2.3	99.1	3.2	2.5	114.8	3.2	2.5	125.6
5	1.5	0.8	60.5	1.5	0.8	70.6	1.5	0.9	78.7	1.5	0.9	83.3

SQRT-ET Máx

T	k	Pd	k	Pd	k	Pd	k	Pd
500	1.096	132.9	1.115	166.7	1.130	202.0	1.156	232.0
100	1.042	104.7	1.058	129.6	1.060	153.2	1.077	172.9
50	1.025	93.8	1.028	113.9	1.036	134.3	1.040	148.9
25	1.007	83.0	1.010	100.0	1.006	115.4	1.011	127.0
5	0.982	59.5	0.972	68.6	0.968	76.2	0.960	80.0

MÁXIMO

T	Pd	Pd	Pd	Pd
500	132.9	166.7	202.0	232.0
100	104.7	129.6	153.2	172.9
50	93.8	113.9	134.3	148.9
25	83.0	100.0	115.4	127.0
5	60.5	70.6	78.7	83.3

Suma de Dist.	36982 km	0.00050824 km-1	7.87273E-08 km-2
---------------	----------	-----------------	------------------

Factor Dist	0.12	0.67	0.08	0.13
-------------	------	------	------	------

Pd DE CÁLCULO

T	Pd
500	174.1
100	134.2
50	117.8
25	102.8
5	71.7

Estudio Hidrológico "Parque Terciario, Comercial y de Ocio Aprocóm"

Periodo		5-828	5-819	5-833O	5-818
		Promedio Pd	Promedio Pd	Promedio Pd	Promedio Pd
1953	1962	50.75	58.31		
1963	1972	44.45	55.45		50.5
1973	1982	46.30	44.16	51.69	50
1983	1992	58.07	73.33	63.05	71.25

Maximo Promedio Pd	58.07	73.33	63.05	71.25
--------------------	-------	-------	-------	-------

Factor Distancia	0.12	0.67	0.08	0.13
------------------	------	------	------	------

**Pd de DPH** **70.38** mm

<b>MAXPLUWIN</b> (Es menor en todos los casos)	
X	753000
Y	4130000
Huso	30
Pmedia	55 mm/día
Cv	0,363
<b>T</b>	<b>Pt</b>
(años)	(mm/día)
25	96
50	110
100	124
500	159

En el Apéndice 1 se ha incluido un Mapa de situación de estaciones pluviométricas, a escala 1:100.000.

Estudio Hidrológico "Parque Terciario, Comercial y de Ocio Aprocóm"

### 3. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

El objeto del estudio hidrológico consiste en obtener los caudales que servirán de base para el dimensionamiento de las obras de drenaje que se proyecten en el área para garantizar la seguridad de la urbanización proyectada.

Para caracterizar las tormentas y la precipitación en la cuenca, se han utilizado los resultados obtenidos en el estudio pluviométrico.

Analizando la configuración hidrográfica de la zona, la cuenca es relativamente pequeña. El método que aquí se aplica, y que se expone a continuación, es válido, según su autor, para tiempos de concentración hasta 24 h. Este valor no se supera en la cuenca al ser el tiempo de 0,58 horas, la recomendación por parte de la Agencia Andaluza del Agua es de aplicarlo para tiempos inferiores a 6 horas.

El cálculo del caudal generado por las cuencas vertientes al trazado se ha determinado siguiendo un procedimiento más reciente que el desarrollado en la Instrucción 5.2-IC, basado en unas modificaciones del método racional, en su formulación original, deducidas de unos estudios llevados a cabo por la Dirección General de Carreteras.

Estas modificaciones fueron presentadas por su autor J.R. Témez en una comunicación al XXIV Congreso de la Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas (Madrid 1991) y se reproduce en el nº 82 de la revista "Ingeniería Civil" publicada por el CEDEX.

Este procedimiento considera dos factores que no tenía en cuenta el método propuesto en la Instrucción y permiten aproximarse más a la realidad física del fenómeno precipitación-escorrentía.

Una de las consideraciones se refiere a la introducción de un factor corrector de la precipitación obtenida de los planos de isóneas, considerando la no simultaneidad de las precipitaciones de un mismo período de retomo en todos los puntos de la cuenca.

Este factor se propone determinarlo con la siguiente expresión:



Estudio Hidrológico "Parque Terciario, Comercial y de Ocio Aprocóm"

$K_a = 1$  Si  $A < 1 \text{ Km}^2$

$$K_a = 1 - \frac{\log A}{15} \quad \text{Si } 1 \text{ Km}^2 < A < 3.000 \text{ Km}^2$$

donde A es el área de la cuenca en  $\text{Km}^2$ .

La expresión para el cálculo del caudal, que mantiene en este procedimiento la formulación original del método racional incorporándole el coeficiente de uniformidad K, queda de la forma:

$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = \frac{C \times I \times A}{3,6} \times K$$

El método propuesto en la Instrucción se basa en la hipótesis de suponer que la esorrentía se reparte uniformemente dentro del intervalo de cálculo, que se toma igual al tiempo de concentración. Esta simplificación, a medida que aumenta el tamaño de la cuenca, se aleja de la realidad por lo que se hace necesario introducir el concepto de coeficiente de uniformidad y corregir con él los caudales obtenidos. Este coeficiente puede calcularse con la expresión:

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

dónde  $T_c$  es el tiempo de concentración en horas.

Las expresiones para determinar el coeficiente de esorrentía y la intensidad de lluvia, son las mismas que propone la Instrucción con una consideración en la precipitación de cálculo:

$$C = \frac{[(P_d/P_o) - 1] \times [(P_d/P_o) + 23]}{[(P_d/P_o) + 11]^2} \quad \frac{I_t}{I_d} = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\left( \frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right)}$$

dónde:

$P_d$ : Es la precipitación diaria correspondiente al período de retorno. Se obtendrá directamente a partir de los mapas de isóneas, afectando de un coeficiente de mayoración del 13% de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial y del coeficiente corrector KA cuyo significado ya se ha comentado.

$P_o$ : El umbral de esorrentía a partir del cual se inicia ésta.

$I_t$ : Intensidad media correspondiente al intervalo de duración t deseado.

$I_d$ : Intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al período de retorno considerado ( $P_d/24$ ).

$I_t / I_d$ : Cociente entre la intensidad horaria ( $I_t$ ) y la diaria ( $I_d$ ).

11

Estudio Hidrológico "Parque Terciario, Comercial y de Ocio Aprocóm"

t(h): Duración del intervalo al que se refiere  $I_t$ , que se tomará igual al tiempo de concentración de la cuenca.

Los períodos de retorno que se utilizarán en el cálculo de caudales serán: 5, 25, 50, 100, y 500 años; de esta forma se cubren todas las posibilidades para el posterior dimensionamiento de las obras de drenaje conforme con la citada Instrucción.

### 3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA SUBCUENCA

El análisis de las superficies de la subcuenca estudiada diferencia las siguientes zonas:

#### A) ÁREA DE LA ACTUACIÓN "PARQUE APROCÓM":

**ZONA 1:** Se trata de una superficie de unas **4,59 Ha.** en la cabecera de la subcuenca y que está urbanizada en su totalidad. Por tanto no produce drenaje sobre la subcuenca de estudio.

**ZONA 2:** Se trata de una superficie de **18,29 Ha.** de terrenos de cultivo de olivar, pero que el PGOU-2006 aprobado inicialmente los clasifica dentro de un Sector de Suelo Urbanizable, por lo que son suelos con vocación a ser urbanizados en un futuro, ya que están colindantes con la trama urbana del núcleo de Espartinas.

**ZONA 3 "Sector Parque APROCÓM":** Se trata de una superficie de **21,04 Ha.** para el desarrollo y urbanización completa del "Parque Terciario y de Ocio APROCÓM".

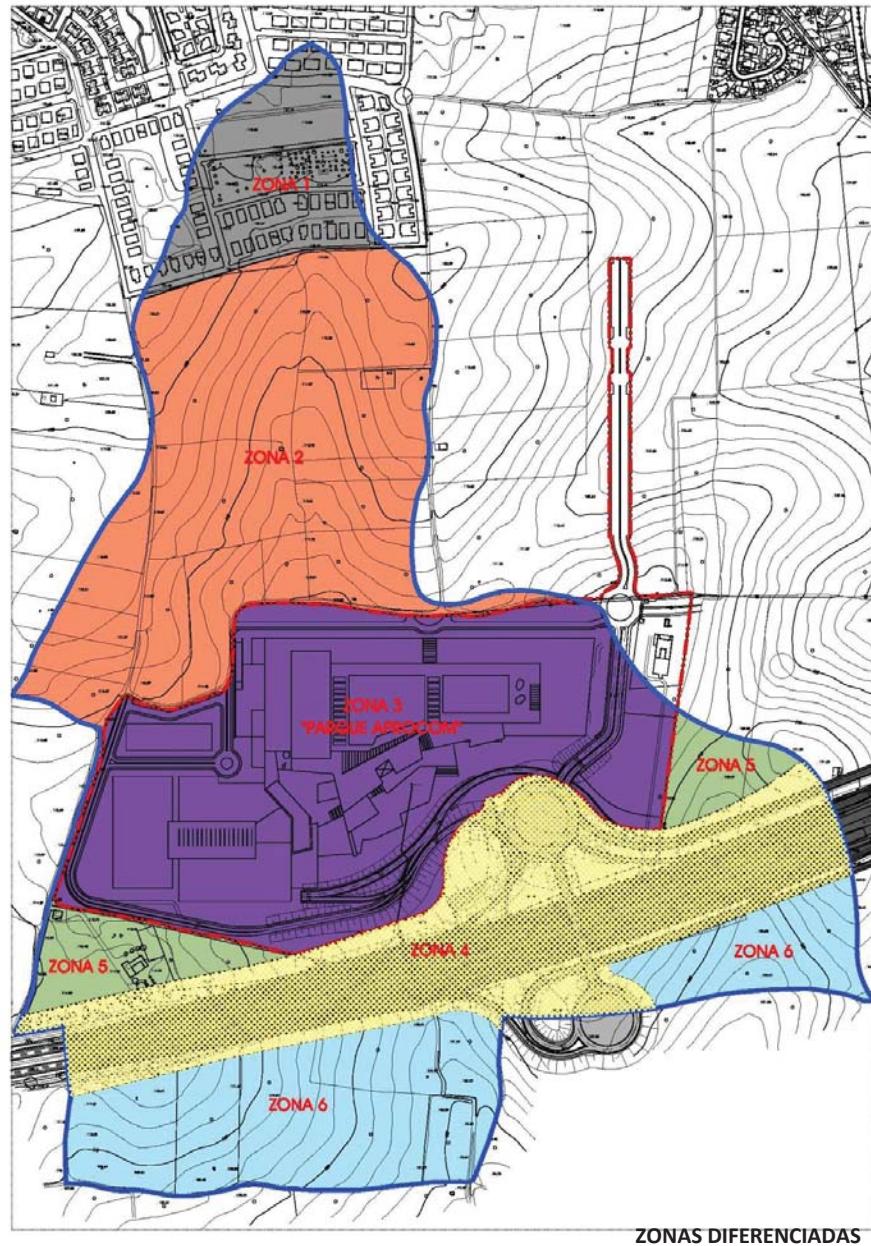
#### B) ÁREA EXTERIOR A LA ACTUACIÓN "PARQUE APROCÓM":

**ZONA 4 "Dominio Público de Carreteras":** Se trata de una superficie de **14,80 Ha.** ocupada por la autopista A-49 y su dominio público y los terrenos expropiados por Carreteras para la ejecución del nudo de conexión con Espartinas que también va a dar acceso al Parque APROCÓM. Por tanto, en esta zona se ha modificado considerablemente el terreno realizando los correspondientes taludes para la autopista y para la rotonda y carriles de conexión.

**ZONA 5:** Se trata de dos pequeñas áreas residuales excluidas de las zonas anteriores y que en total suman una superficie de **3,56 Ha.** situadas en la margen derecha de la A-49 en dos extremos, afectadas por el trazado de esta vía y que suponen un mínimo aporte al drenaje de la subcuenca.

12

**ZONA 6:** Se trata de dos áreas que suman una superficie de **11,42 Ha.**, situadas al otro lado de la autopista A-4 separadas por el nudo de enlace de la misma. El drenaje de estas dos zonas se recoge en la siguiente subcuenca del término de Bormujos en un incipiente cauce que cada vez se va haciendo más importante hasta su vertido directo en el Río Pudio.



### 3.2. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración se ha calculado con la fórmula especificada en la normativa de drenaje de carreteras vigente 5.2-IC basada en la conocida fórmula del U.S. Corps of Engineers:

$$T_c = 0,3 \times \left( \frac{L}{J^4} \right)^{0,76}$$

donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración en h.

L = Longitud del cauce más largo en Km.

J = Pendiente del cauce en m/m.

### 3.3. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

La fórmula que propone la Instrucción 5.2-IC para determinar el valor del coeficiente de escorrentía es:

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \times [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2}$$

donde:

$P_d$ : Es la precipitación diaria correspondiente a un período de retorno.

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía aplicando el procedimiento de la Instrucción 5.2-IC, el valor de  $P_d$  se obtendrá directamente a partir de los mapas de isolinéas, afectando de un coeficiente de mayoración del 13% de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial y multiplicando, además, por el coeficiente de simultaneidad  $K_A$ .

$P_0$ : El umbral de escorrentía a partir del cual se inicia ésta.

Con el valor de  $P_d$  obtenido en el estudio pluviométrico parece, pues; que el único parámetro a determinar para conocer este coeficiente, es el umbral de escorrentía.

Para su determinación hay que clasificar los terrenos por la pendiente que tienen, por el uso que se da a la tierra, por sus condiciones hidrológicas y por el tipo de suelo. Para llegar a esta clasificación se ha utilizado como información básica:

Estudio Hidrológico “Parque Terciario, Comercial y de Ocio Aprocóm”

La obtención de la función de producción de escorrentía o parte de la lluvia que genera escorrentía superficial (lluvia neta) se ha realizado por el método Soil Conservation Service, del Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Este método, denominado como método del número de curva, parte de suponer un comportamiento hidrológico del complejo suelo-vegetación variable a lo largo de la tormenta, de manera que el coeficiente de escorrentía va aumentando paralelamente con el estado de saturación.

Los elementos esenciales del método del número de curva, que permite 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 forma de uso del suelo, y finalmente la pendiente media del terreno.

Por otra parte, es esencial también para la aplicación del método en una tormenta dada, el conocimiento del estado de saturación del suelo antes de dicha tormenta, a cuyos efectos se consideran tres condiciones características denominadas respectivamente AMC<sup>2</sup><sub>I</sub>, II ó III. La condición I, equivalente a un suelo muy seco, no es en absoluto habitual en estudios de avenidas, ya que reduce extraordinariamente el coeficiente de escorrentía, colocando los resultados del lado de la inseguridad. La condición tipo III representa la situación más adversa caracterizada por una situación de cinco días de precipitaciones significativas previamente a la presentación de la tormenta de diseño.

La situación tipo II responde a una situación intermedia equivalente a un estado medio de humedad con anterioridad a la presentación de la tormenta. En este escenario se ha centrado el presente estudio.

El cálculo del número de curva para las distintas cuencas que aparecen en este estudio se ha realizado mediante el análisis de la terna suelo/cubierta/pendiente y se le ha asociado un número de curva, en función de las tablas publicadas por el SCS y que quedan recogidas en la publicación “Restauración Hidrológico Forestal de Cuencas y Control de la Erosión” realizada por TRAGSA en el año 1994.

Escorrentía	PO	CN
Zona 2 (C-2)	9.68	84
Zona 3 (C-3)	5.64	90

Estudio Hidrológico “Parque Terciario, Comercial y de Ocio Aprocóm”

Para estar del lado de la seguridad se ha considerado que toda la ZONA 3 estará urbanizada en el caso de la ZONA 2 se ha considerado olivar.

C-2						
superficie	TIPO SUELO	COBERTURA	PENDIENTE CN	COEFICIENTE	Po	
-	C	CULTIVOS LEÑOSOS EN REGADÍOS	<3	72,00	-	-
-	C	MATORRALES DISPERSOS CON VEGETACIÓN ESCASA	<3	79,00	-	-
-	C	MOSAICO DE CULTIVOS	<3	84,00	-	-
-	C	MOSAICO DE CULTIVOS CON ESPACIOS DE VEGETACIÓN NATURAL	<3	84,00	-	-
-	C	NUCLEOS URBANOS	<3	90,00	-	-
182.900,00	C	CULTIVOS HERBÁCEOS EN SECANO	<3	84,00	1,00	84,00
-	C	PASTIZALES	<3	84,00	-	-
-	C	MATORRALES DISPERSOS	<3	77,00	-	-
-	C	ARROZALES	<3	85,00	-	-
-	C	OTROS CULTIVOS LEÑOSOS EN SECANO	<3	82,00	-	-
182.900,00				PROMEDIO	84,0	9,68

C-3						
superficie	TIPO SUELO	COBERTURA	PENDIENTE CN	COEFICIENTE	Po	
-	C	CULTIVOS LEÑOSOS EN REGADÍOS	<3	72,00	-	-
-	C	MATORRALES DISPERSOS CON VEGETACIÓN ESCASA	<3	79,00	-	-
-	C	MOSAICO DE CULTIVOS	<3	84,00	-	-
-	C	MOSAICO DE CULTIVOS CON ESPACIOS DE VEGETACIÓN NATURAL	<3	84,00	-	-
210.400,00	C	NUCLEOS URBANOS	<3	90,00	1,00	90,00
-	C	CULTIVOS HERBÁCEOS EN SECANO	<3	84,00	-	-
-	C	PASTIZALES	<3	84,00	-	-
-	C	MATORRALES DISPERSOS	<3	77,00	-	-
-	C	ARROZALES	<3	85,00	-	-
-	C	OTROS CULTIVOS LEÑOSOS EN SECANO	<3	82,00	-	-
210.400,00				PROMEDIO	90,0	5,64

3.4 INTENSIDAD MEDIA DE PRECIPITACIÓN

Para la obtención de la intensidad media de precipitación el método propuesto en la 5.2-1C utiliza una ley intensidad-duración que requiere la obtención previa de la precipitación diaria correspondiente al período de retorno considerado.

Las curvas intensidad-duración son aquellas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, para un mismo período de retorno.

En el método propuesto en la Instrucción la expresión de las curvas intensidad-duración es la siguiente:

$$\frac{I_r}{I_d} = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\left( \frac{28^{0.1-r-0.1}}{28^{0.1}-1} \right)}$$

donde:

It (mm/h): Intensidad media correspondiente al intervalo de duración t deseado.

Id (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al período de retorno considerado. Este valor se obtendrá dividiendo la precipitación de cálculo obtenida en el apartado 5.3.6 entre 24 h.

I1/Id: Cociente entre la intensidad horaria (I1) y la diaria (id). Se obtiene del mapa que aparece en la Figura 2.2 de la citada Instrucción. En la zona de estudio se ha considerado 8,0.

T(h): Duración del intervalo al que se refiere It, se tomará igual al tiempo de concentración de la cuenca.

Los valores de las intensidades medias de precipitación que se han obtenido para las diferentes cuencas son las que figuran en los cuadros resumen del cálculo de caudales.

### 3.5 CÁLCULO DE CAUDALES

La fórmula que determina el caudal de referencia Q en el punto en el que desagua una cuenca, como se ha indicado anteriormente, es la siguiente:

$$Q(m^3/s) = \frac{C \times I \times A}{3,6} \times K$$

- Como se ha expresado en el punto anterior, la subcuenca se ha dividido en distintas zonas atendiendo a las características actuales de los suelos. La ZONA 1 y la ZONA 4 ya están modificadas y constituyen suelo urbanizados, bien de carácter residencial o por la propia autopista A-49, por lo que se considera que en la actualidad sólo aporta drenaje a la misma la ZONA 2 y la ZONA 3 [Parque APROCÓM] y en estas se ha centrado el Estudio Hidrológico.

Los datos aportados en el Estudio Hidrológico, realizado a petición expresa de la Agencia Andaluza del Agua, han sido supervisados previamente en sus hipótesis de partida y métodos de cálculo y arrojan los siguientes datos para las distintas avenidas:

En apartados anteriores ya se han determinado todas las variables que intervienen en esta expresión, por lo que a continuación se incluye únicamente las tablas que resumen los resultados obtenidos.

#### ZONA 2: Suelos No Urbanizables con vocación urbanística

Cuenca		Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2
Área	m2	182.900	182.900	182.900	182.900	182.900
	Km2	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181
T	años	500	100	50	25	5
Pd	mm	174,1	134,2	117,8	102,8	71,7
Coef Corrector		1	1	1	1	1
Po inicial	mm	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
P0	mm	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
I1/Id		9	9	9	9	9
L	Km	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Desnivel	m	8	8	8	8	8
J	%	1,86%	1,86%	1,86%	1,86%	1,86%
I	mm/h	115,79	89,28	78,33	68,36	47,70
K		3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Pd/P0		17,99	13,87	12,17	10,62	7,41
Id	mm/h	7,25	5,59	4,91	4,28	2,99
Tc	h	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
C		0,83	0,77	0,73	0,69	0,58
Q	m3/s	4,87	3,48	2,91	2,40	1,39

#### ZONA 3: Sector "Parque Terciario y de Ocio APROCÓM"

Cuenca		Zona 3	Zona 3	Zona 3	Zona 3	Zona 3
Área	m2	212.045	212.045	212.045	212.045	212.045
	Km2	0,212	0,212	0,212	0,212	0,212
T	años	500	100	50	25	5
Pd	mm	174,1	134,2	117,8	102,8	71,7
Coef Corrector		1	1	1	1	1
Po inicial	mm	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
P0	mm	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
I1/Id		9	9	9	9	9
L	Km	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Desnivel	m	6	6	6	6	6
J	%	1,40%	1,40%	1,40%	1,40%	1,40%
I	mm/h	112,67	86,87	76,22	66,52	46,42
K		3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Pd/P0		30,87	23,80	20,88	18,22	12,72
Id	mm/h	7,25	5,59	4,91	4,28	2,99
Tc	h	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
C		0,92	0,88	0,86	0,83	0,74
Q	m3/s	6,09	4,51	3,85	3,26	2,03

Se puede observar que los caudales obtenidos para los distintos periodos de retorno son muy reducidos, lo que es debido a que la escorrentía estudiada tiene una superficie de aportación pequeña, inferior a los 0,25 kilómetros cuadrados, lo que hace perfectamente viable el drenar la zona con el saneamiento que posteriormente se diseñe en el Proyecto de Urbanización del

Sector. En los siguientes apartados se procede a dimensionar el drenaje necesario en la zona objeto de este Estudio Hidrológico.

### 3.6 CÁLCULO DEL DRENAJE NECESARIO

#### ▪ CAPACIDAD DE DESAGÜE

El caudal evacuable según la pendiente, material y calado se ha obtenido a partir de la fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = v \cdot S = S \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2} \cdot K$$

siendo:

- Q = Caudal desaguado (en m<sup>3</sup>/s)
- V = Velocidad media de la corriente (en m/s)
- S = Área de su sección mojada (en m<sup>2</sup>)
- p = El perímetro mojado (en m)
- Rh = S/p = radio hidráulico (en m)
- j = La pendiente en tanto por uno
- K = 1/n = coeficiente de rugosidad

Para obras de drenaje transversal de sección rectangular tipo cajón, el radio hidráulico (Rh) en función de la altura de la lámina libre viene determinado por la siguiente fórmula:

$$R_h = \frac{B \cdot h}{B + 2h}$$

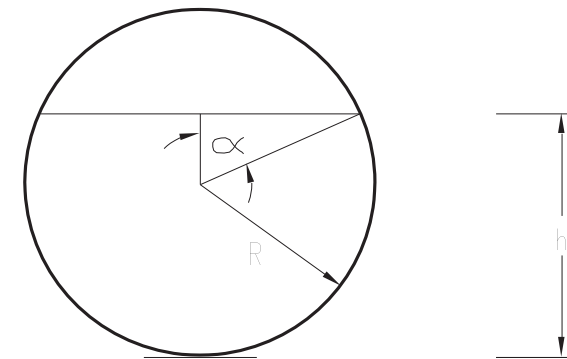
dónde B corresponde al ancho y h a la altura de agua.

Para obras de drenaje transversal de sección circular, el radio hidráulico (Rh) en función de la altura de la lámina libre viene determinado por la siguiente fórmula:

$$R_h = \frac{R^2 \cdot (\pi - \alpha) + \sqrt{h \cdot (2R - h)} \cdot (h - R)}{2R \cdot (\pi - \alpha)} \quad (\text{parah} \geq R)$$

$$R_h = \frac{\alpha \cdot R^2 - \sqrt{h \cdot (2R - h)} \cdot (R - h)}{2 \cdot \alpha \cdot R} \quad (\text{parah} < R)$$

dónde h, R y  $\alpha$  son los parámetros expresado en la siguiente figura:



dónde:

- h es la
- R es el radio de la sección interior del colector circular. Y donde el valor del ángulo central  $\alpha$  se puede obtener como:

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{|R - h|}{R} \right)$$

De la fórmula de Manning hemos de extraer las dimensiones de la obra de drenaje a partir del caudal de cálculo, el coeficiente de rugosidad de Manning, la pendiente de la obra de drenaje y la altura de la lámina libre, que son valores determinados mediante las características de la cuenca a desaguar, el tipo de material y la geometría de la obra de drenaje.

#### Coefficiente de rugosidad de Manning

Dado que todas las obras de drenaje proyectadas son de hormigón, se ha fijado como único coeficiente de rugosidad de Manning el valor de n = 0,014.

#### Sobreelevación del nivel del agua

Cada conducto tiene una curva característica, que relaciona el caudal que desagua a través de él con la cota que consigue la lámina de agua inmediatamente aguas arriba (normalmente medida a partir de la cota de la solera de su entrada). Si dicha cota sobrepasara la de la calzada

o la de alguna de las divisorias con las cuencas vecinas, el caudal de referencia se repartirá entre el conducto y aquellas derivaciones.

Para definir aquella curva característica se ha de diferenciar los dos tipos de control –o secciones determinantes- que pueden producirse en el régimen hidráulico del desagüe:

Si no se cumplieren todas las condiciones anteriores, será preciso calcular el valor mínimo del nivel del agua a la entrada del conducto exigido por el posible control de salida, adoptándolo como definitivo si fuese mayor que el correspondiente al control de entrada. Por eso será preciso en algunos casos recorrer al análisis de las curvas de remanso; pero para mayoría de los comprendidos en el ámbito de la presente Instrucción, se podrá aceptar el valor aproximado dado por la fórmula:

$$Hs = \left[ 1 + Ke + \frac{2 \cdot g \cdot L}{R^{4/3} \cdot K^2} \right] \times \frac{V^2}{2 \cdot g} - L \cdot J - \mu$$

siendo:

- L la longitud del conducto
- J la pendiente del conducto
- V la velocidad media (a sección llena)
- R el radio hidráulico (sección/perímetro) a sección llena
- g la aceleración de la gravedad
- K el coeficiente de rugosidad de Manning
- Ke el coeficiente de pérdida de carga a la embocadura dado por la siguiente tabla:

Para poder hacer unas previsiones a incluir en el Documento de la Innovación, se procede a calcular la tubería necesaria para el drenaje de las dos Zonas de estudio de esta manera establecer las hipótesis de los distintos periodos de avenidas en relación a cuáles sean finalmente la características urbanísticas de las dos Zonas.

**CÁLCULO DE TUBERÍA DE DRENAJE DE LAS ZONAS DE ESTUDIO**

El diámetro de tubería necesaria para los distintos periodos de retorno en la **ZONA 2**, se obtiene del siguiente cuadro:

periodo avenida	años	500	100	50	25
P.K.					
Cuenca		Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2
Qnec	m3/s	4,87	3,48	2,91	2,40
nº tubos		1	1	1	1
Diámetro	m	1,2	1,1	1	1
alfa		2,16	2,01	2,12	1,88
Llenado		84%	76%	81%	69%
H	m	0,93	0,78	0,75	0,65
Pm	m	2,58	2,20	2,10	1,88
S	m2	0,94	0,72	0,63	0,54
n		0,014	0,014	0,014	0,014
Rh	m	0,36	0,33	0,30	0,29
j		2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
Q	m3/s	4,87	3,48	2,91	2,40

El diámetro de tubería necesaria para los distintos periodos de retorno en la **ZONA 3**, se obtiene del siguiente cuadro:

periodo avenida	años	500	100	50	25
P.K.					
Cuenca		Zona 3	Zona 3	Zona 3	Zona 3
Qnec	m3/s	6,09	4,51	3,85	3,26
nº tubos		1	1	1	1
Diámetro	m	1,3	1,2	1,1	1,1
alfa		2,18	2,05	2,16	1,94
Llenado		84%	78%	83%	72%
H	m	1,02	0,87	0,86	0,75
Pm	m	2,84	2,45	2,37	2,13
S	m2	1,12	0,88	0,79	0,69
n		0,014	0,014	0,014	0,014
Rh	m	0,39	0,35	0,32	0,27
Longitud	m	100,00	100,00	100,00	100,00
Cota Inicial	m				
Cota Final	m				
j		2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
v	m/s	5,44	5,11	4,86	4,75
Q	m3/s	6,09	4,51	3,85	3,26

**HIPÓTESIS REAL PARA EL CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE LAS ZONAS 2 Y 3**

**HIPÓTESIS 1:**

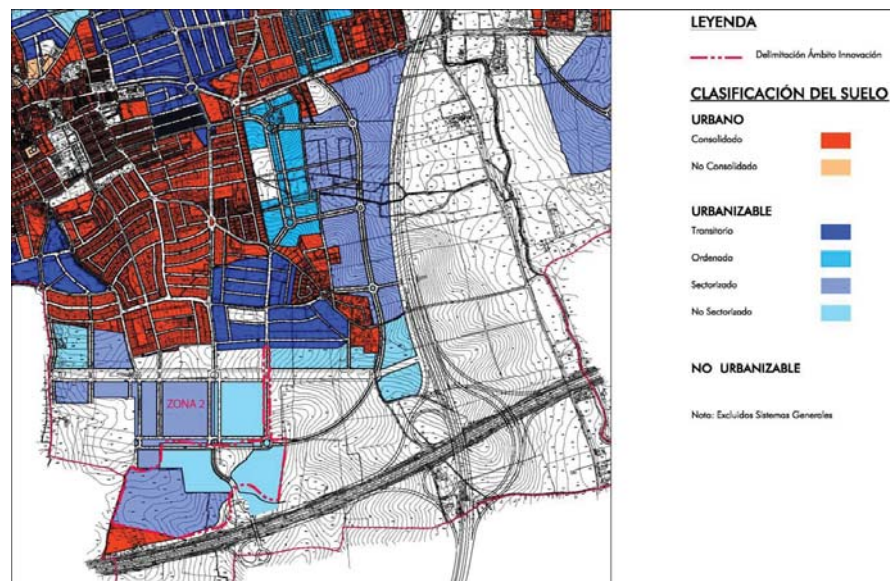
La ZONA 2 al considerarse en el momento actual de este estudio como Suelo no Urbanizable tiene como período de avenida de agua más desfavorable el de 500 años por lo que, se toma éste como Hipótesis 1 para el estudio. El caudal calculado para la avenida de 500 años es de 4,87 m3/seg.

La ZONA 3 "PARQUE APROCOM", se considera como un Sector Urbanizado y por tanto se toma como Período de avenida de agua más desfavorable el de 25 años por lo que, se toma éste para el estudio en las dos Hipótesis 1 y 2. El caudal calculado para la avenida de 25 años es de 3,26 m3/seg.

**HIPÓTESIS 2**

Pero no se puede olvidar la vocación urbanística de los terrenos de la ZONA 2 que han sido clasificados como Suelos Urbanizables en la Aprobación Inicial de la Revisión del PGOU- 2006, por lo que podemos considerar para esta zona como Hipótesis 2, un período de avenida de 25 años. El caudal calculado para la avenida de 25 años es de 2,4 m3/seg.

La ZONA 3, como se ha dicho, mantiene su consideración de Suelo Urbanizable con período de avenida de 25 años y caudal de 3,26 m3/seg.



**SUMA DE HIPÓTESIS PARA LAS ZONAS 2 Y 3**

		HIPÓTESIS 1	HIPÓTESIS 2
periodo avenida	años	500+25	25 + 25
P.K.			
Cuenca		Z.2 + Z.3	Z.2 + Z.3
Qnec	m3/s	8,13	5,66
nº tubos		1	1
Diámetro	m	1,5	1,3
alfa		2,04	2,06
Llenado		78%	79%
H	m	1,09	0,96
Pm	m	3,06	2,68
S	m2	1,37	1,05
n		0,014	0,014
Rh	m	0,45	0,39
j		2,00%	2,00%
Q	m3/s	8,13	5,66

#### 4. CONCLUSIONES DEL CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE DRENAJE

- A. La ZONA 2, localizada por encima del Sector "Parque Terciario y de Ocio APROCÓM", se evacua a través de éste y para ello se considera necesario incorporar en el Proyecto de Urbanización de la ZONA 3 una tubería de drenaje específico de la ZONA 2 en la consideración de su Hipótesis más desfavorable, es decir, la Hipótesis 1 de período de avenida 500 años. Para esta hipótesis y en relación al caudal calculado de 4,87 m<sup>3</sup>/seg. **resulta una tubería de 1,2 metros de diámetro**. Dicha tubería discurriría bajo el viario de la ZONA 3 perimetral a la gran manzana del Parque Terciario hasta conectar con la tubería de paso de la autopista A-4 que tiene un diámetro de 2,5 m.
- B. Por otra parte, se puede considerar que los caudales que aportan la ZONA 3 deben sumarse a esta tubería de 1,2 m. de diámetro de drenaje de la ZONA 2. Ello en base a que el aporte de las aguas pluviales que se recojan en la ZONA 3, que se consideran limpias ya que esta zona ha sido urbanizada, puede ser beneficioso para el arrastre de sedimentos que puedan aportar los terrenos de la ZONA 2. En este supuesto podemos considerar los valores de la Tabla que suma las dos Zonas en la Hipótesis 1: ZONA 2 con período de avenida de 500 años y caudal de 4,87 m<sup>3</sup>/seg más ZONA 3 con con período de avenida de 25 años y caudal de 3,26 m<sup>3</sup>/seg.

EL resultado para esta Hipótesis 1 es que el drenaje de las dos ZONAS 2 y 3 de estudio se puede conseguir con una tubería que podría iniciarse con un diámetro de 1,2 m en su cabecera como corresponde a la recogida exclusiva de agua de la ZONA 2 y puede aumentarse progresivamente con el aporte de pluviales de la ZONA 3 **hasta un máximo de 1,5 m de diámetro** en su extremo donde conectaría con la mencionada tubería de paso de la autopista A-4 que tiene un diámetro de 2,5 m. Una vez pasada la autopista el vertido del caudal recogido se realizaría al incipiente cauce de la subcuenca siguiente en Bormujos que sí tiene vertido directo al Río Pudio.

El Ingeniero de Caminos Canales y Puertos  
Colegiado Nº 18126.

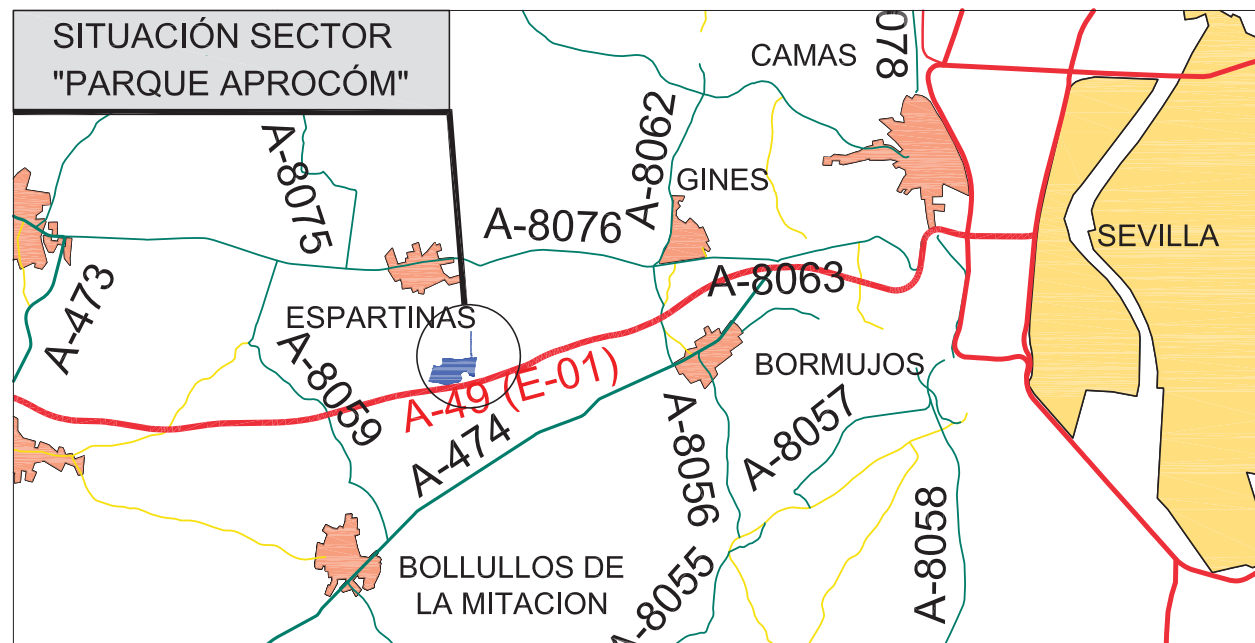


Fdo.: Javier Tavira Díaz

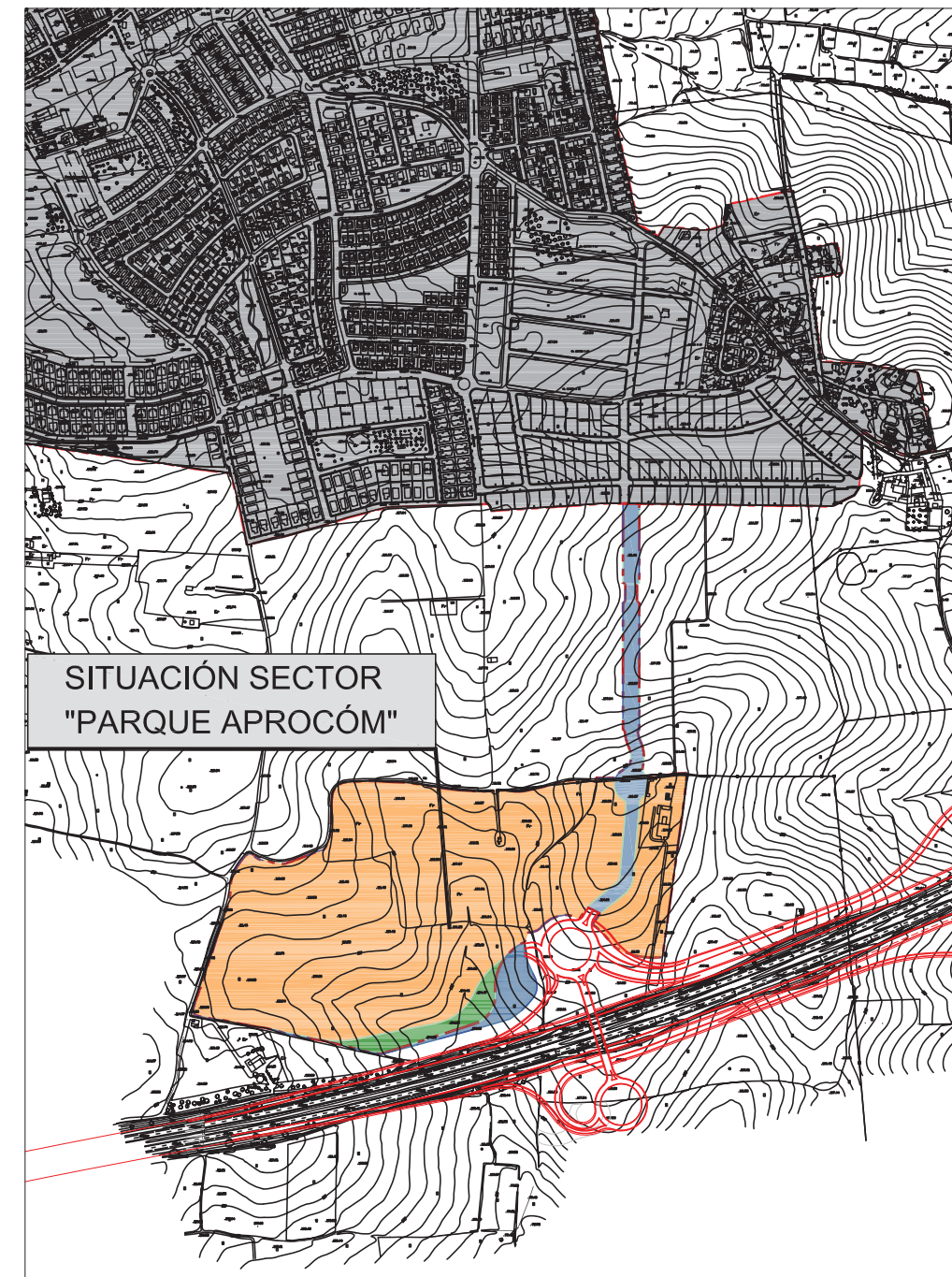
#### APENDICE Nº1 PLANOS



ÍNDICE DE PLANOS		
Nº de plano	Denominación	Nº de hojas
1	UBICACIÓN DEL SECTOR "PARQUE APROCÓM"	1
2	SUBCUENCA DE ESTUDIO	1
3	USOS DEL SUELO DE LA SUBCUENCA DE ESTUDIO	1



ESCALA 1:100.000



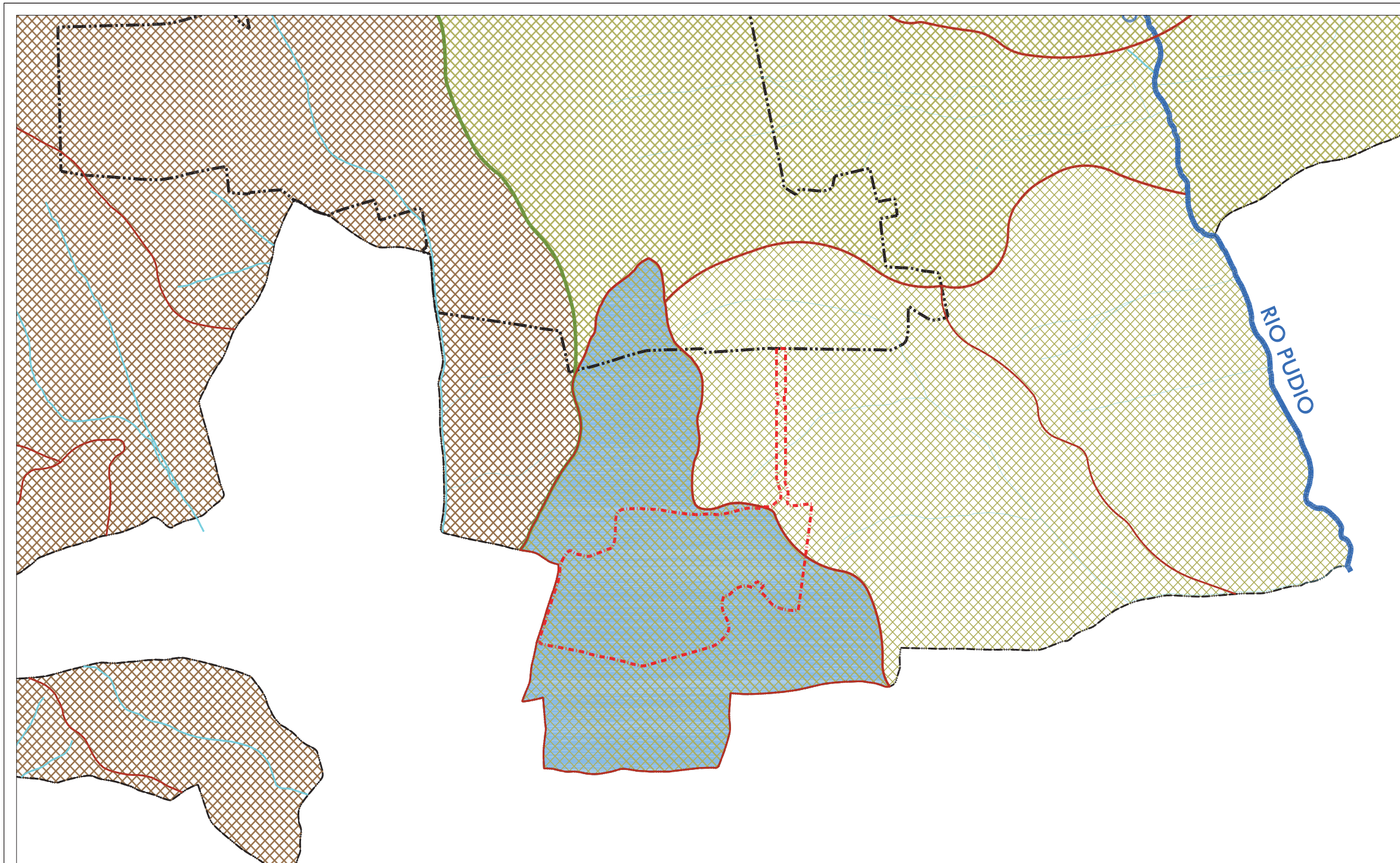
ESCALA 1:20.000

ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL ENTORNO DEL SECTOR "APROCOM" ESPARTINAS (SEVILLA)




PLANO	Nº DE PLANO	Nº DE HOJA	ESCALA
UBICACIÓN DEL SECTOR "PARQUE APROCÓM"	1	1 de 1	VARIAS

*Ju*  
 Javier Tavira Díaz  
 Ingeniero de C.C. y Puertos





JUNIO 2011






**CUENCAS Y SUBCUENCAS**

-  Rio Pudio y su cuenca
-  Arroyo Majalberaque y su cuenca
-  Subcuenca de estudio

**SÍMBOLOGÍA**

-  Cauces principales
-  Arroyos y cauces intermitentes
-  Divisoria de cuencas
-  Divisoria de subcuencas

**DELIMITACIONES**

-  Límite de Ámbito APROCÓM
-  Límite de Suelo Urbano
-  Límite Término Municipal

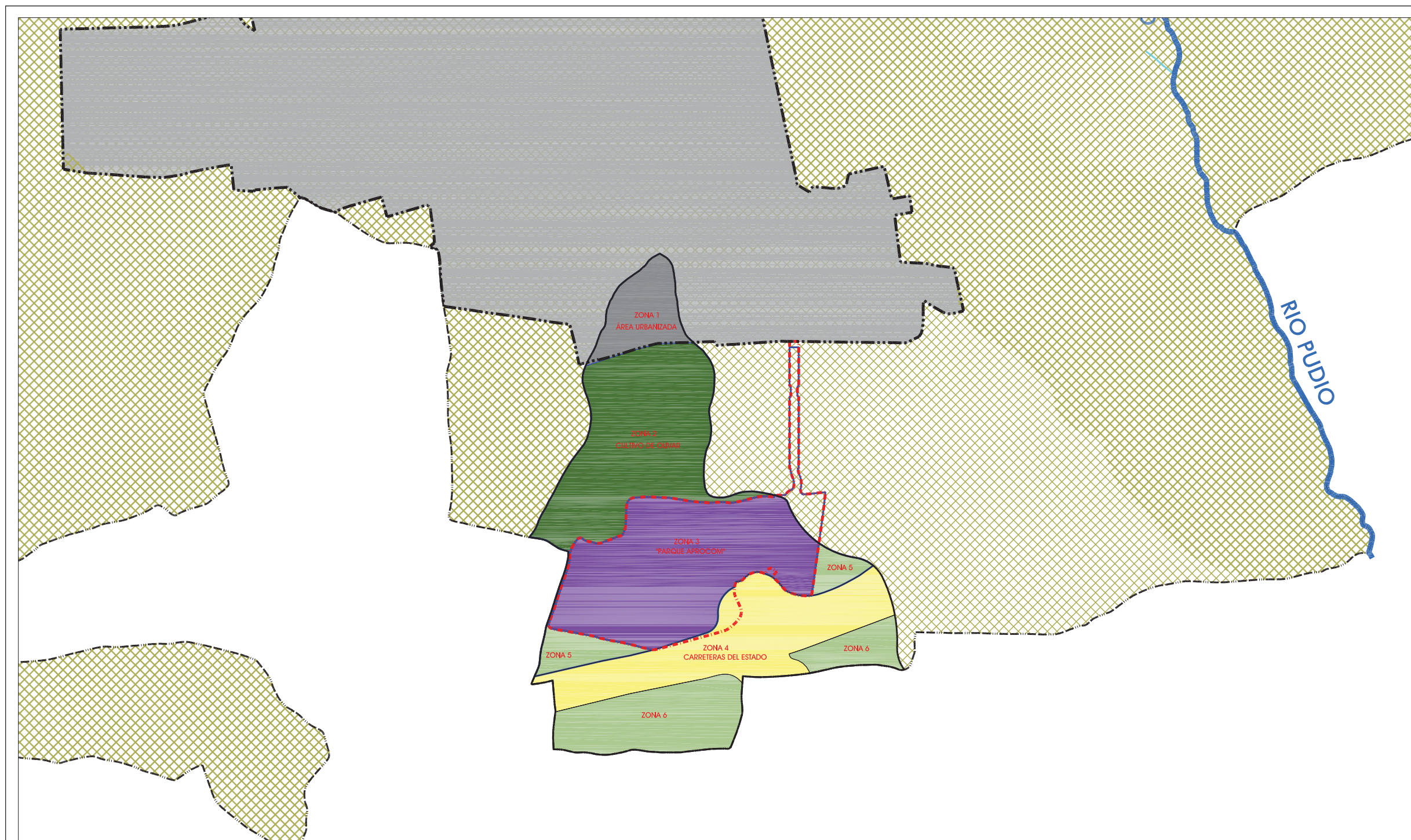
**ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL ENTORNO DEL SECTOR "APROCOM" ESPARTINAS (SEVILLA)**

PLANO	Nº DE PLANO	Nº DE HOJA	ESCALA
SUBCUENCA DE ESTUDIO	2	1 de 1	1:10.000



*Ju*  
 Javier Tavera Díaz  
 Ingeniero de C.C. y Puertos



JUNIO 2011






**USOS DEL SUELO SUBCUENCA**

-  Área Urbanizada
-  Cultivo de Olivar
-  Parque Terciario "APROCÓM"
-  Afección Carreteras del Estado
-  Cultivo leñoso

**USOS DEL SUELO T.M.**

-  Suelo Urbano de Espartinas
-  Suelo de cultivo

**DELIMITACIONES**

-  Límite de Ámbito APROCÓM
-  Límite de Suelo Urbano
-  Límite Término Municipal

**ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL ENTORNO DEL SECTOR "APROCÓM" ESPARTINAS (SEVILLA)**

PLANO	Nº DE PLANO	Nº DE HOJA	ESCALA
USOS DEL SUELO DE LA SUBCUENCA DE ESTUDIO	3	1 de 1	1:10.000



*JCD*  
 Javier Tavira Díaz  
 Ingeniero de C.C. y Puertos

JUNIO 2011