

ANEJO Nº 7: ESTUDIO HIDRÁULICO DE CAUDALES

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETO	1
2.	Aguas pluviales	1
2.1.	Determinación de caudal.....	1
2.2.	Intensidad media de precipitación	1
2.3.	Tiempo de concentración	3
2.4.	Coeficientes de escorrentía.....	4
2.5.	Caudal de aguas pluviales en Mombeltrán.....	4
2.5.1.	Intensidad media de precipitación	4
2.5.2.	Procedimiento de cálculo de los caudales de lluvia	7
2.5.3.	Tablas de resultados	7
2.6.	Caudal de aguas pluviales en San Esteban del Valle.....	7
2.6.1.	Intensidad media de precipitación	7
2.6.2.	Procedimiento de cálculo de los caudales de lluvia	10
2.6.3.	Tabla de resultados.....	10
2.7.	Caudal de aguas pluviales en Santa Cruz del Valle	10
2.7.1.	Intensidad media de precipitación	10
2.7.2.	Procedimiento de cálculo de los caudales de lluvia	12
2.7.3.	Tabla de resultados.....	13
2.8.	Caudal de aguas pluviales en Cuevas del Valle.....	13
2.8.1.	Intensidad media de precipitación	13
2.8.2.	Procedimientos de cálculo de los caudales de lluvia	15
2.8.3.	Tablas de resultados	16

2.9.	Caudal de aguas pluviales en Villarejo del Valle	17
2.9.1.	Intensidad media de precipitación	17
2.9.2.	Procedimiento de cálculo de los caudales de lluvia	19
2.9.3.	Tablas de resultados	19
3.	CÁLCULO DE CAUDALES DE AGUAS NEGRAS	20
3.1.	Dotación.....	20
3.2.	Cálculo de caudal.....	21
3.2.1.	Caudal de aguas domésticas	21
3.2.2.	Caudal de aguas industriales y servicios	24
3.2.3.	Caudal de aguas procedentes de explotaciones ganaderas.....	26
4.	CAUDALES DE PROYECTO	26

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

En este anejo se desarrolla el cálculo de los caudales de diseño a emplear en el dimensionamiento de las instalaciones de saneamiento objeto del presente proyecto.

A continuación se definen los criterios adoptados para la determinación de los caudales de cálculo correspondientes a las instalaciones de saneamiento proyectadas.

2. Aguas pluviales

Para el cálculo de los caudales de aguas pluviales, se adopta como base, un aguacero tipo correspondiente a un periodo de retorno de 10 años (T=10).

2.1. Determinación de caudal

Para la determinación del caudal se utilizará la fórmula racional:

$$Q_p = S \cdot I_c \cdot C_m,$$

donde,

Q_p = Caudal de aguas pluviales (l/s).

S = Superficie del área drenada (Ha).

I_c = Intensidad media de precipitación para el periodo de retorno de proyecto y duración del aguacero igual al tiempo de concentración del área drenada (L/s·Ha).

C_m = Coeficiente medio de escorrentía.

2.2. Intensidad media de precipitación

La intensidad media de precipitación se determinará mediante dos formas o procedimientos distintos:

- a) Aplicando la fórmula de *Intensidades Máximas* de Don Pedro Mateo González.

Dicha fórmula tiene la siguiente expresión:

$$I_c = \frac{39 - \frac{24,80}{T^{0,20}}}{t^{0,61}}$$

siendo

I_c = Intensidad en mm/h.

T = Periodo de retorno en años.

t = Duración del aguacero en horas.

b) A partir de los datos pluviométricos de la zona en estudio.

Con la utilización del *Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España peninsular*, el procedimiento de obtención de las máximas precipitaciones diarias se basa en la multiplicación del valor de la isoyeta correspondiente a la cuenca donde se quiere conocer el caudal por un coeficiente obtenido en una tabla de doble entrada: período de retorno elegido y coeficiente C_v correspondiente a la zona referida.

Se obtienen de esta manera, las precipitaciones por el método SQRT-Etmax con la aplicación MAXPLU de la publicación “Mapa de máximas lluvias diarias en la España peninsular”.

Con el dato obtenido de la intensidad media precipitación para un periodo de retorno determinado, la intensidad media de una precipitación de duración variable se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

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

siendo

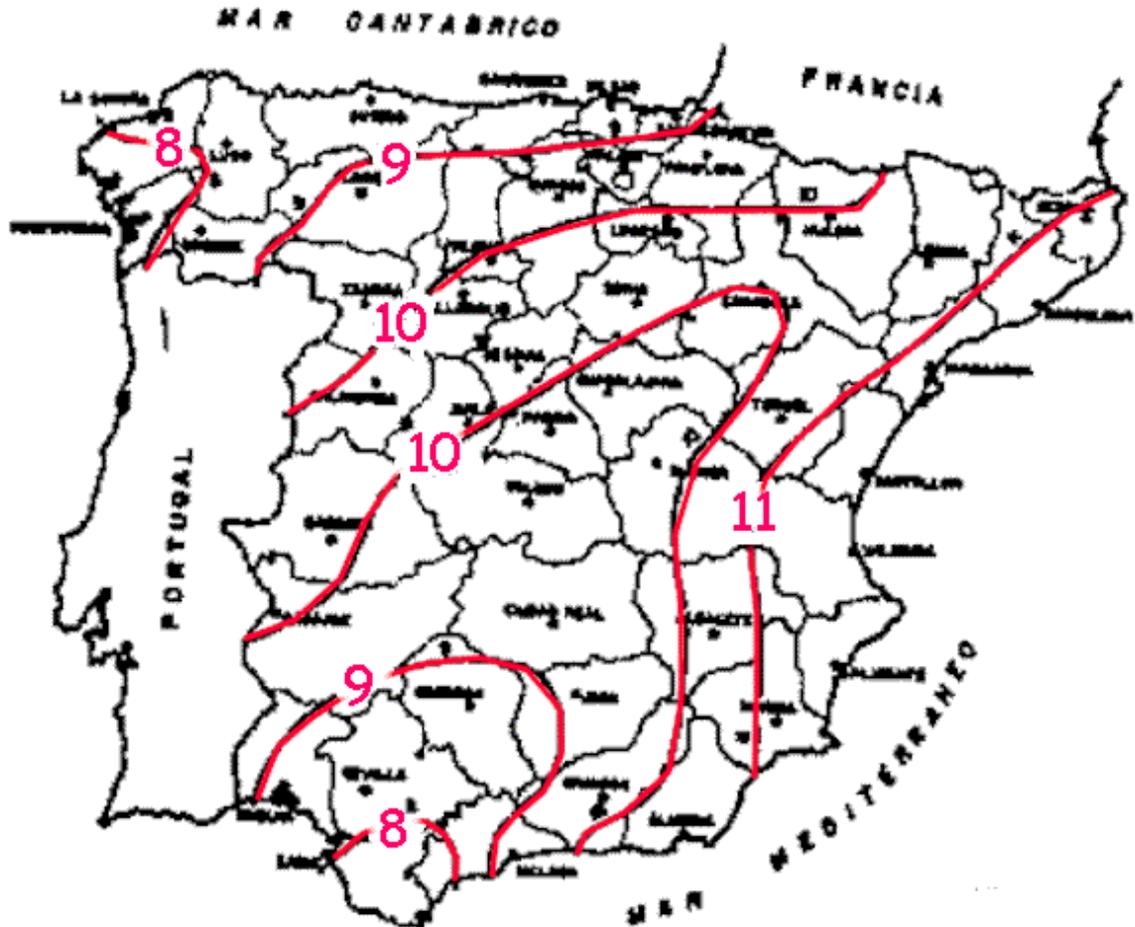
I_t : Intensidad media de precipitación de un aguacero de duración t_c para un periodo de retorno dado (mm/h).

I_d : Intensidad media diaria de precipitación para un cierto periodo de retorno (mm/h).

I_1 : Intensidad máxima previsible en una hora.

t_c : Tiempo de concentración (horas).

Para obtener I_1 se puede hacer uso del mapa de isólinas de la siguiente figura, en el que se obtienen los valores de (I_1/I_d) .



2.3. Tiempo de concentración

Se adopta como tiempo de concentración:

$$T_c = t_e + t_r$$

siendo

T_c = Tiempo de concentración.

t_e = Tiempo de escurrentía.

t_r = Tiempo de recorrido en conductos.

Con las siguientes restricciones:

$$t_e \geq 5 \text{ minutos}$$

$$T_c \geq 10 \text{ minutos}$$

2.4. Coeficientes de escorrentía

Para la determinación de caudales de aguas pluviales adoptaremos los siguientes coeficientes de escorrentía:

ZONIFICACION	COEF. C	DESCRIPCION
RECINTO PROTEGIDO	0,65	Casco antiguo
EDIF.ENTRE ALINEACIONES	0,80	Edificación en bloque o manzana
EDIF.EN HILERA	0,50	Vivienda unifamiliar agrupada
EDIF. AISLADA	0,25	Vivienda unifamiliar aislada
CENTROS Y S.PUBLICOS	0,50	Centros y Servicios públicos
PROTC. CAUCE DEL RIO	0,10	Zona verde de protección del río
EDIF. INDUSTRIAL Y TRANSPORTES	0,75	Edificios industriales
RED VIARIA	0,90	Calles, caminos, carreteras
ESPACIOS LIBRES PRIVADOS	0,20	Zonas residuales entre edificios
ZONAS VERDES	0,10	Zonas verdes, parques, jardines

El coeficiente medio de escorrentía C_m de cada zona, lo calcularemos como media ponderada de las distintas superficies que la integran afectadas del coeficiente de escorrentía correspondiente según la tabla anterior.

2.5. Caudal de aguas pluviales en Mombeltrán

2.5.1. Intensidad media de precipitación

Para la determinación de la Intensidad media de precipitación aplicaremos los dos criterios antes expuestos. Calcularemos su valor, en primer lugar, aplicando la fórmula de Mateo, comprobando el resultado así obtenido con los datos pluviométricos disponibles.

Tomando como valor mínimo del tiempo de escorrentía 5 minutos, resulta que puede adoptarse como valor mínimo del tiempo de concentración el de 10 minutos, equivalente a considerar un tiempo de recorrido en conductos también de 5 minutos, valores ampliamente sancionados en la práctica.

Para el periodo de retorno $T = 10$ años, y considerando una duración de aguacero igual al tiempo de concentración, resulta $t = 10$ minutos.

Aplicación de la fórmula de Mateo

Aplicando la fórmula de Mateo con los datos antes establecidos resulta:

$$I_c = \frac{39 - \frac{24,80}{10^{0,20}}}{\left(\frac{10}{60}\right)^{0,20}} = 69,66 \text{ mm/h}$$

A partir de datos pluviométricos

Aplicando la metodología expuesta en apartados anteriores, se obtiene en primer lugar la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 10 años, mediante la aplicación MAXPLU de la publicación “Mapa de máximas lluvias diarias en la España peninsular”.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los diferentes periodos de retorno considerados.

----- DATOS DE ENTRADA ----- DATOS DE SALIDA -----

'	X	Y	HUSO	T	longitud	latitud	Pm	Cv	Pt
	329471	4458684	H30	T2	-50019	401538	83	0.3540	76
	329471	4458684	H30	T5	-50019	401538	83	0.3540	101
	329471	4458684	H30	T10	-50019	401538	83	0.3540	120
	329471	4458684	H30	T25	-50019	401538	83	0.3540	144

329471	4458684	H30	T50	-50019	401538	83	0.3540	165
329471	4458684	H30	T100	-50019	401538	83	0.3540	185
329471	4458684	H30	T250	-50019	401538	83	0.3540	214
329471	4458684	H30	T500	-50019	401538	83	0.3540	237
329471	4458684	H30	T1000	-50019	401538	83	0.3540	263

De los datos anteriores se extrae que la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 10 años es:

$$P_{24} = 120 \text{ mm/h.}$$

Para un tiempo de concentración $T_c = 10$ minutos y una relación $(I_1/I_d) = 10$, se obtiene la siguiente intensidad media de precipitación para un aguacero de duración T_c .

$$I_t = 104,10 \text{ mm/h} = 289,18 \text{ l/s} \times \text{Ha}$$

Intensidad media de proyecto

De acuerdo con los cálculos anteriores, las intensidades medias obtenidas son:

- Según fórmula de Mateos $I_c = 69,66 \text{ mm/h}$
- Según datos pluviométricos $I_c = 141,87 \text{ mm/h}$

Las intensidades obtenidas por ambos métodos difieren sensiblemente, siendo superior la que proporcionan los datos pluviométricos.

Teniendo en cuenta que la intensidad media obtenida a partir del ajuste SQRT-Etmax está basada en las precipitaciones reales recogidas a lo largo de los últimos treinta años, consideramos que proporciona un valor más ajustado a la realidad y, en consecuencia, adoptaremos dicha intensidad para el proyecto.

En consecuencia:

$$I_c = 104,10 \text{ mm/h} \cong 289,18 \text{ l/seg} \times \text{Ha}$$

2.5.2. Procedimiento de cálculo de los caudales de lluvia

Los caudales de aguas pluviales recogidos por la red de saneamiento se obtienen mediante la aplicación de la fórmula racional, expuesta con anterioridad, a las superficies que figuran en la normativa urbanística municipal, para los distintos tipos de suelo.

Se han utilizado los siguiente coeficientes de escorrentía para las distintas zonas analizadas:

Casco urbano	Cm = 0,5
Zona industrial	Cm = 0,5

2.5.3. Tablas de resultados

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en cada caso.

CLASIFICACION SUELO	SECTOR	SUPERFICIE (Ha)	COEF. ESCORRENTIA	Q (l/s)
SUELO URBANO CONSOLIDADO		19,38	0,5	2.801,50
SUELO URBANO NO CONSOLIDADO	S-1	1,57	0,5	227,44
	S-2	1,71	0,5	247,10
	S-3	2,31	0,5	334,58
	S-4	0,57	0,5	82,71
	S-5	0,91	0,5	131,72
	S-6	1,20	0,5	173,22
	S-7	1,88	0,5	271,83
	S-8	0,98	0,5	141,41
	S-9	1,04	0,5	150,81
SUELO URBANIZABLE	SU-1	5,94	0,5	858,86
	SU-2	1,77	0,5	255,92
	SU-3	6,56	0,5	948,51
	SU-4	5,44	0,5	786,57
	SU-5	4,38	0,5	633,30
	SU-6	3,00	0,5	433,77
	SU-7	1,35	0,5	195,20
		59,99		8.674,46

2.6. Caudal de aguas pluviales en San Esteban del Valle

2.6.1. Intensidad media de precipitación

Para la determinación de la Intensidad media de precipitación aplicaremos los dos criterios antes expuestos. Calcularemos su valor, en primer lugar, aplicando la fórmula de Mateo, comprobando el resultado así obtenido con los datos pluviométricos disponibles.

Tomando como valor mínimo del tiempo de escorrentía 5 minutos, resulta que puede adoptarse como valor mínimo del tiempo de concentración el de 10 minutos, equivalente a considerar un tiempo de recorrido en conductos también de 5 minutos, valores ampliamente sancionados en la práctica.

Para el periodo de retorno $T = 10$ años, y considerando una duración de aguacero igual al tiempo de concentración, resulta $t = 10$ minutos.

Aplicación de la fórmula de Mateo

Aplicando la fórmula de Mateo con los datos antes establecidos resulta:

$$I_c = \frac{39 - \frac{24,80}{10^{0,20}}}{\left(\frac{10}{60}\right)^{0,20}} = 69,66 \text{ mm/h}$$

A partir de datos pluviométricos

Aplicando la metodología expuesta en apartados anteriores, se obtiene en primer lugar la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 10 años, mediante la aplicación MAXPLU de la publicación "Mapa de máximas lluvias diarias en la España peninsular".

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los diferentes periodos de retorno considerados.

'----- DATOS DE ENTRADA -----'				----- DATOS DE SALIDA -----					
X	Y	HUSO	T	longitud	latitud	Pm	Cv	Pt	
331710	4460323	H30	T2	-45845	401632	86	0.3540	79	
331710	4460323	H30	T5	-45845	401632	86	0.3540	105	
331710	4460323	H30	T10	-45845	401632	86	0.3540	124	
331710	4460323	H30	T25	-45845	401632	86	0.3540	150	
331710	4460323	H30	T50	-45845	401632	86	0.3540	170	

331710	4460323	H30	T100	-45845	401632	86	0.3540	192
331710	4460323	H30	T250	-45845	401632	86	0.3540	222
331710	4460323	H30	T500	-45845	401632	86	0.3540	245
331710	4460323	H30	T1000	-45845	401632	86	0.3540	271

De los datos anteriores se extrae que la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 10 años es:

$$P_{24} = 124 \text{ mm/h.}$$

Para un tiempo de concentración $T_c = 10$ minutos y una relación $(I_1/I_d) = 10$, se obtiene la siguiente intensidad media de precipitación para un aguacero de duración T_c .

$$I_t = 106,70 \text{ mm/h} = 296,40 \text{ l/seg} \times \text{Ha}$$

Intensidad media de proyecto

De acuerdo con los cálculos anteriores, las intensidades medias obtenidas son:

- Según fórmula de Mateos $I_c = 69,66 \text{ mm/h}$
- Según datos pluviométricos $I_c = 296,40 \text{ mm/h}$

Las intensidades obtenidas por ambos métodos difieren sensiblemente, siendo superior la que proporcionan los datos pluviométricos.

Teniendo en cuenta que la intensidad media obtenida a partir del ajuste SQRT-Etmax está basada en las precipitaciones reales recogidas a lo largo de los últimos treinta años, consideramos que proporciona un valor más ajustado a la realidad y, en consecuencia, adoptaremos dicha intensidad para el proyecto.

En consecuencia:

$$I_c = 106,70 \text{ mm/h} \cong 296,40 \text{ l/seg} \times \text{Ha}$$

2.6.2. Procedimiento de cálculo de los caudales de lluvia

Los caudales de aguas pluviales recogidos por la red de saneamiento se obtienen mediante la aplicación de la fórmula racional, expuesta con anterioridad, a las superficies que figuran en la normativa urbanística municipal, para los distintos tipos de suelo.

Se han utilizado los siguiente coeficientes de escorrentía para las distintas zonas analizadas:

Casco urbano	Cm = 0,5
Zona industrial	Cm = 0,5

2.6.3. Tabla de resultados

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en cada caso.

- Superficie total de parcelas edificadas = Suelo urbano = 10,43 Has.
- Superficie total de suelo industrial = 0 Has. (no hay zonas industriales)

CLASIFICACION SUELO	SECTOR	SUPERFICIE (Ha)	COEF. ESCORRENTIA	Q (l/s)
SUELO URBANO CONSOLIDADO		10,43	0,5	1.545,73
				1.545,73

2.7. Caudal de aguas pluviales en Santa Cruz del Valle

2.7.1. Intensidad media de precipitación

Para la determinación de la Intensidad media de precipitación aplicaremos los dos criterios antes expuestos. Calcularemos su valor, en primer lugar, aplicando la fórmula de Mateo, comprobando el resultado así obtenido con los datos pluviométricos disponibles.

Tomando como valor mínimo del tiempo de escorrentía 5 minutos, resulta que puede adoptarse como valor mínimo del tiempo de concentración el de 10 minutos,

equivalente a considerar un tiempo de recorrido en conductos también de 5 minutos, valores ampliamente sancionados en la práctica.

Para el periodo de retorno $T = 10$ años, y considerando una duración de aguacero igual al tiempo de concentración, resulta $t = 10$ minutos.

Aplicación de la fórmula de Mateo

Aplicando la fórmula de Mateo con los datos antes establecidos resulta:

$$I_c = \frac{39 - \frac{24,80}{10^{0,20}}}{\left(\frac{10}{60}\right)^{0,20}} = 69,66 \text{ mm/h}$$

A partir de datos pluviométricos

Aplicando la metodología expuesta en apartados anteriores, se obtiene en primer lugar la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 10 años, mediante la aplicación MAXPLU de la publicación “Mapa de máximas lluvias diarias en la España peninsular”.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los diferentes periodos de retorno considerados.

'----- DATOS DE ENTRADA -----'				----- DATOS DE SALIDA -----				
X	Y	HUSO	T	longitud	latitud	Pm	Cv	Pt
329874	4457883	H30	T2	-50001	401512	83	0.3540	76
329874	4457883	H30	T5	-50001	401512	83	0.3540	101
329874	4457883	H30	T10	-50001	401512	83	0.3540	120
329874	4457883	H30	T25	-50001	401512	83	0.3540	144
329874	4457883	H30	T50	-50001	401512	83	0.3540	165
329874	4457883	H30	T100	-50001	401512	83	0.3540	185
329874	4457883	H30	T250	-50001	401512	83	0.3540	214
329874	4457883	H30	T500	-50001	401512	83	0.3540	237
329874	4457883	H30	T1000	-50001	401512	83	0.3540	263

De los datos anteriores se extrae que la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 10 años es:

$$P_{24} = 120 \text{ mm/h.}$$

Para un tiempo de concentración $T_c = 10$ minutos y una relación $(I_1/I_d) = 10$, se obtiene la siguiente intensidad media de precipitación para un aguacero de duración T_c .

$$I_t = 103,26 \text{ mm/h} = 286,84 \text{ l/seg} \times \text{Ha}$$

Intensidad media de proyecto

De acuerdo con los cálculos anteriores, las intensidades medias obtenidas son:

- Según fórmula de Mateos $I_c = 69,66 \text{ mm/h}$
- Según datos pluviométricos $I_c = 286,84 \text{ mm/h}$

Las intensidades obtenidas por ambos métodos difieren sensiblemente, siendo superior la que proporcionan los datos pluviométricos.

Teniendo en cuenta que la intensidad media obtenida a partir del ajuste SQRT-Etmax está basada en las precipitaciones reales recogidas a lo largo de los últimos treinta años, consideramos que proporciona un valor más ajustado a la realidad y, en consecuencia, adoptaremos dicha intensidad para el proyecto.

En consecuencia:

$$I_c = 103,26 \text{ mm/h} \cong 286,84 \text{ l/seg} \times \text{Ha}$$

2.7.2. Procedimiento de cálculo de los caudales de lluvia

Los caudales de aguas pluviales recogidos por la red de saneamiento se obtienen mediante la aplicación de la fórmula racional, expuesta con anterioridad, a las superficies que figuran en la normativa urbanística municipal, para los distintos tipos de suelo.

Se han utilizado los siguiente coeficientes de escorrentía para las distintas zonas analizadas:

Casco urbano	$C_m = 0,5$
Zona industrial	$C_m = 0,5$

2.7.3. Tabla de resultados

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en cada caso.

- Superficie total de Suelo Urbano Consolidado = 22,03 Has.
- Superficie total de Suelo Urbano No Consolidado = 3,66 Has.
- Superficie total de Suelo Urbanizable = 22,12 Has.

CLASIFICACION SUELO	ZONA	SUPERFICIE (Ha)	COEF. ESCORRENTIA	Q (l/s)
SUELO URBANO CONSOLIDADO	1	5,00	0,5	717,10
	2	1,17	0,5	167,80
	3,1	1,20	0,5	172,10
	3,2	3,35	0,5	480,46
	3,3	1,36	0,5	195,05
	4	8,18	0,5	1.173,18
	5,1	0,32	0,5	45,89
	5,2	0,81	0,5	116,17
SUELO URBANO NO CONSOLIDADO	5,3	0,64	0,5	91,79
	Sector 1	0,92	0,5	131,95
	Sector 2	1,41	0,5	202,22
	Sector 3	1,33	0,5	190,75
SUELO URBANIZABLE	Ámbito 1	18,41	0,5	2.640,36
	Ámbito 2	2,78	0,5	398,71
	Ámbito 3	0,93	0,5	133,38
		47,81		6.856,91

2.8. Caudal de aguas pluviales en Cuevas del Valle

2.8.1. Intensidad media de precipitación

Para la determinación de la Intensidad media de precipitación aplicaremos los dos criterios antes expuestos. Calcularemos su valor, en primer lugar, aplicando la fórmula de Mateo, comprobando el resultado así obtenido con los datos pluviométricos disponibles.

Tomando como valor mínimo del tiempo de escorrentía 5 minutos, resulta que puede adoptarse como valor mínimo del tiempo de concentración el de 10 minutos,

equivalente a considerar un tiempo de recorrido en conductos también de 5 minutos, valores ampliamente sancionados en la práctica.

Para el periodo de retorno $T = 10$ años, y considerando una duración de aguacero igual al tiempo de concentración, resulta $t = 10$ minutos.

Aplicación de la fórmula de Mateo

Aplicando la fórmula de Mateo con los datos antes establecidos resulta:

$$I_c = \frac{39 - \frac{24,80}{10^{0,20}}}{\left(\frac{10}{60}\right)^{0,20}} = 69,66 \text{ mm/h}$$

A partir de datos pluviométricos

Aplicando la metodología expuesta en apartados anteriores, se obtiene en primer lugar la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 10 años, mediante la aplicación MAXPLU de la publicación “Mapa de máximas lluvias diarias en la España peninsular”.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los diferentes periodos de retorno considerados.

----- DATOS DE ENTRADA ----- ----- DATOS DE SALIDA -----

X	Y	HUSO	T	longitud	latitud	Pm	Cv	Pt
329269	4462448	H30	T2	-50031	401739	86	0.3550	79
329269	4462448	H30	T5	-50031	401739	86	0.3550	105
329269	4462448	H30	T10	-50031	401739	86	0.3550	124
329269	4462448	H30	T25	-50031	401739	86	0.3550	150
329269	4462448	H30	T50	-50031	401739	86	0.3550	170
329269	4462448	H30	T100	-50031	401739	86	0.3550	192
329269	4462448	H30	T250	-50031	401739	86	0.3550	222
329269	4462448	H30	T500	-50031	401739	86	0.3550	247
329269	4462448	H30	T1000	-50031	401739	86	0.3550	272

De los datos anteriores se extrae que la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 10 años es:

$$P_{24} = 124 \text{ mm/h.}$$

Para un tiempo de concentración $T_c = 10$ minutos y una relación $(I_1/I_d) = 10$, se obtiene la siguiente intensidad media de precipitación para un aguacero de duración T_c .

$$I_t = 106,70 \text{ mm/h} = 296,40 \text{ l/seg} \times \text{Ha}$$

Intensidad media de proyecto

De acuerdo con los cálculos anteriores, las intensidades medias obtenidas son:

- Según fórmula de Mateos $I_c = 69,66 \text{ mm/h}$
- Según datos pluviométricos $I_c = 106,70 \text{ mm/h}$

Las intensidades obtenidas por ambos métodos difieren sensiblemente, siendo superior la que proporcionan los datos pluviométricos.

Teniendo en cuenta que la intensidad media obtenida a partir del ajuste SQRT-Etmax está basada en las precipitaciones reales recogidas a lo largo de los últimos treinta años, consideramos que proporciona un valor más ajustado a la realidad y, en consecuencia, adoptaremos dicha intensidad para el proyecto.

En consecuencia:

$$I_c = 106,70 \text{ mm/h} \cong 296,40 \text{ l/seg} \times \text{Ha}$$

2.8.2. Procedimientos de cálculo de los caudales de lluvia

Los caudales de aguas pluviales recogidos por la red de saneamiento se obtienen mediante la aplicación de la fórmula racional, expuesta con anterioridad, a las superficies que figuran en la normativa urbanística municipal, para los distintos tipos de suelo.

Se han utilizado los siguiente coeficientes de escorrentía para las distintas zonas analizadas:

Casco urbano $C_m = 0,5$

Zona industrial $C_m = 0,5$

2.8.3. Tablas de resultados

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en cada caso.

- Superficie total de Zonas Homogéneas = 32,20 Has.
- Superficie total de Unidades de ejecución = 6,97 Has.
- Superficie total de Suelo Apto para urbanizar = 3,88 Has.

CLASIFICACION SUELO	ZONA	SUPERFICIE (Ha)	COEF. ESCORRENTIA	Q (l/s)
SUELO URBANO ZONAS HOMOGÉNEAS	1	5,91	0,5	875,86
	2,1	0,44	0,5	65,21
	2,2	0,29	0,5	42,98
	2,3	0,17	0,5	25,19
	2,4	0,35	0,5	51,87
	3	1,51	0,5	223,78
	4,1	0,44	0,5	65,21
	4,2	1,31	0,5	194,14
	4,3	1,44	0,5	213,41
	4,4	1,63	0,5	241,57
	4,5	1,14	0,5	168,95
	4,6	0,61	0,5	90,40
	5,1	1,60	0,5	237,12
	5,2	3,13	0,5	463,87
	5,3	0,93	0,5	137,83
	5,4	0,86	0,5	127,45
	6,1	4,07	0,5	603,17
	6,2	1,53	0,5	226,75
	6,3	1,08	0,5	160,06
	6,4	1,26	0,5	186,73
7	0,53	0,5	78,55	
8	0,21	0,5	31,12	
9,1	0,19	0,5	28,16	
9,2	0,18	0,5	26,68	
9,3	0,65	0,5	96,33	
9,4	1,46	0,5	216,37	
SUELO URBANO UNIDADES DE EJECUCIÓN	UE-1	2,93	0,5	433,93
	UE-2	0,75	0,5	110,88
	UE-3	1,47	0,5	218,30
	UE-4	0,62	0,5	91,69
	UE-5	0,57	0,5	84,90
	UE-6	0,61	0,5	90,42
	UE-7	0,81	0,5	119,75
SUELO APTO PARA URBANIZAR	Ámbito	3,88	0,5	575,02
		44,56		6.603,63

2.9. Caudal de aguas pluviales en Villarejo del Valle

2.9.1. Intensidad media de precipitación

Para la determinación de la Intensidad media de precipitación aplicaremos los dos criterios antes expuestos. Calcularemos su valor, en primer lugar, aplicando la fórmula de Mateo, comprobando el resultado así obtenido con los datos pluviométricos disponibles.

Tomando como valor mínimo del tiempo de escorrentía 5 minutos, resulta que puede adoptarse como valor mínimo del tiempo de concentración el de 10 minutos, equivalente a considerar un tiempo de recorrido en conductos también de 5 minutos, valores ampliamente sancionados en la práctica.

Para el periodo de retorno $T = 10$ años, y considerando una duración de aguacero igual al tiempo de concentración, resulta $t = 10$ minutos.

Aplicación de la fórmula de Mateo

Aplicando la fórmula de Mateo con los datos antes establecidos resulta:

$$I_c = \frac{39 - \frac{24,80}{10^{0,20}}}{\left(\frac{10}{60}\right)^{0,20}} = 69,66 \text{ mm/h}$$

A partir de datos pluviométricos

Aplicando la metodología expuesta en apartados anteriores, se obtiene en primer lugar la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 10 años, mediante la aplicación MAXPLU de la publicación "Mapa de máximas lluvias diarias en la España peninsular".

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los diferentes periodos de retorno considerados.

'----- DATOS DE ENTRADA -----'				----- DATOS DE SALIDA -----				
' X	Y	HUSO	T	longitud	latitud	Pm	Cv	Pt
330447	4461684	H30	T2	-45941	401716	86	0.3550	79
330447	4461684	H30	T5	-45941	401716	86	0.3550	105
330447	4461684	H30	T10	-45941	401716	86	0.3550	124
330447	4461684	H30	T25	-45941	401716	86	0.3550	150
330447	4461684	H30	T50	-45941	401716	86	0.3550	170
330447	4461684	H30	T100	-45941	401716	86	0.3550	192
330447	4461684	H30	T250	-45941	401716	86	0.3550	222
330447	4461684	H30	T500	-45941	401716	86	0.3550	247
330447	4461684	H30	T1000	-45941	401716	86	0.3550	272

De los datos anteriores se extrae que la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 10 años es:

$$P_{24} = 124 \text{ mm/h.}$$

Para un tiempo de concentración $T_c = 10$ minutos y una relación $(I_1/I_d) = 10$, se obtiene la siguiente intensidad media de precipitación para un aguacero de duración T_c .

$$I_t = 106,70 \text{ mm/h} = 296,40 \text{ l/seg} \times \text{Ha}$$

Intensidad media de proyecto

De acuerdo con los cálculos anteriores, las intensidades medias obtenidas son:

- Según fórmula de Mateos $I_c = 69,66 \text{ mm/h}$
- Según datos pluviométricos $I_c = 296,40 \text{ mm/h}$

Las intensidades obtenidas por ambos métodos difieren sensiblemente, siendo superior la que proporcionan los datos pluviométricos.

Teniendo en cuenta que la intensidad media obtenida a partir del ajuste SQRT-Etmax está basada en las precipitaciones reales recogidas a lo largo de los últimos treinta años, consideramos que proporciona un valor más ajustado a la realidad y, en consecuencia, adoptaremos dicha intensidad para el proyecto.

En consecuencia:

$$I_c = 106,70 \text{ mm/h} \cong 296,40 \text{ l/seg*Ha}$$

2.9.2. Procedimiento de cálculo de los caudales de lluvia

Los caudales de aguas pluviales recogidos por la red de saneamiento se obtienen mediante la aplicación de la fórmula racional, expuesta con anterioridad, a las superficies que figuran en la normativa urbanística municipal, para los distintos tipos de suelo.

Se han utilizado los siguiente coeficientes de escorrentía para las distintas zonas analizadas:

Casco urbano	Cm = 0,5
Zona industrial	Cm = 0,5

2.9.3. Tablas de resultados

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en cada caso.

- Superficie total de Zonas Homogéneas = 20,485 Has.
- Superficie total de Unidades de ejecución = 6,082 Has.
- Superficie total de Suelo Apto para urbanizar = 4,58 Has.

CLASIFICACION SUELO	ZONA	SUPERFICIE (Ha)	COEF. ESCORRENTIA	Q (l/s)
SUELO URBANO ZONAS HOMOGÉNEAS	1,1	1,55	0,5	230,30
	1,2	0,92	0,5	136,79
	2,1	0,77	0,5	114,41
	2,2	0,35	0,5	51,43
	3,1	2,66	0,5	394,80
	3,2	0,75	0,5	111,00
	3,3	1,29	0,5	190,59
	3,4	2,49	0,5	369,61
	4,1	1,69	0,5	250,90
	4,2	3,23	0,5	478,54
	4,3	1,02	0,5	150,57
	4,4	1,20	0,5	177,10
	5	0,13	0,5	18,53
	6	0,10	0,5	14,82
	7,1	0,14	0,5	21,04
	7,2	0,19	0,5	27,42
7,3	1,43	0,5	211,33	
7,4	0,59	0,5	86,70	
SUELO URBANO UNIDADES DE EJECUCIÓN	UE-1	1,79	0,5	265,13
	UE-2	1,20	0,5	177,10
	UE-3	0,34	0,5	50,39
	UE-4	0,24	0,5	35,27
	UE-5	0,80	0,5	117,97
	UE-6	0,49	0,5	72,62
	UE-7	0,89	0,5	131,31
	UE-8	0,35	0,5	51,57
SUELO APTO PARA URBANIZAR	Ámbito 1	2,91	0,5	431,26
	Ámbito 2	1,67	0,5	247,49
		31,15		4.615,99

3. CÁLCULO DE CAUDALES DE AGUAS NEGRAS

El caudal de aguas negras que circula por las redes de saneamiento, es función de las necesidades servidas con la red de abastecimiento. Este caudal de aguas residuales es suma de los caudales de aguas domésticas, aguas industriales y ganaderas.

El caudal de aguas residuales domésticas es, aproximadamente, igual al caudal de abastecimiento para estos usos, y el caudal de aguas residuales industriales, generado por las industrias existentes, es del mismo orden que el caudal de abastecimiento a las mismas. Para el caudal generado por la ganadería se puede razonar de manera análoga.

3.1. Dotación

Según los datos de consumo existentes aportados por cada uno de los Servicios Municipales de aguas, se establece un consumo medio aproximado de 200l/hab/día.

El “libro Blanco del Agua en España” recomienda una tasa de variación anual de la dotación de 1,2%, por lo que el coeficiente de variación será de: $1,012^{25}=1,347$

3.2. Cálculo de caudal

Población equivalente (hab-eq.)			CUEVAS DEL VALLE	VILLAREJO DEL VALLE	SAN ESTEBAN DEL VALLE	MOMBELTRÁN	SANTA CRUZ DEL VALLE
Año 2017	HABITUAL	DOMÉSTICA	496	382	770	1.074	385
		INDUSTRIAL y SERVICIOS	123	24	105	248	28
		GANADERA	1	1	-	-	-
		TOTAL	620	407	875	1.322	413
	ESTIVAL	DOMÉSTICA	2.250	2.000	1.300	2.700	2.000
		INDUSTRIAL y SERVICIOS	123	24	105	248	28
		GANADERA	1	1	-	-	-
		TOTAL	2.374	2.025	1.405	2.948	2.028
Año 2042	HABITUAL	DOMÉSTICA	412	379	657	1.071	225
		INDUSTRIAL y SERVICIOS	123	24	105	248	28
		GANADERA	1	1	-	-	-
		TOTAL	536	404	762	1.319	253
	ESTIVAL	DOMÉSTICA	2.166	1.997	1.187	2.697	1.840
		INDUSTRIAL y SERVICIOS	123	24	105	248	28
		GANADERA	1	1	-	-	-
		TOTAL	2.290	2.022	1.007	2.945	1.868

3.2.1. Caudal de aguas domésticas

Partiendo de los habitantes calculados en el anejo nº 4 de población equivalente y la dotación indicada en la tabla adjunta, se obtienen los caudales aportados a la red.

	DOTACIÓN (L/hab/día)
Actual (2017)	200
Año horizonte (2042)	$1,347 \times 200 = 270$

Cuevas del Valle

EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN		CUEVAS DEL VALLE	Dotación (l/hab·día)	Consumo diario (m³/día)
2017	Habitual	496	200	99,20
	Estival	2.250	200	450,00
2042	Habitual	412	$1,347 \times 200 = 270$	111,24
	Estival	2.166	$1,347 \times 200 = 270$	584,82

Villarejo del Valle

EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN		VILLAREJO DEL VALLE	Dotación (l/hab·día)	Consumo diario (m ³ /día)
2017	Habitual	382	200	76,40
	Estival	2.000	200	400,00
2042	Habitual	379	1,347 x 200 = 270	102,33
	Estival	1.997	1,347 x 200 = 270	539,19

San Esteban del Valle

EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN		VILLAREJO DEL VALLE	Dotación (l/hab·día)	Consumo diario (m ³ /día)
2017	Habitual	770	200	154,00
	Estival	1.300	200	260,00
2042	Habitual	657	1,347 x 200 = 270	177,39
	Estival	1.187	1,347 x 200 = 270	320,49

Mombeltrán

EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN		VILLAREJO DEL VALLE	Dotación (l/hab·día)	Consumo diario (m ³ /día)
2017	Habitual	1.074	200	214,80
	Estival	2.700	200	540,00
2042	Habitual	1.071	1,347 x 200 = 270	289,17
	Estival	2.697	1,347 x 200 = 270	728,19

Santa Cruz del Valle

EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN		SANTA CRUZ DEL VALLE	Dotación (l/hab·día)	Consumo diario (m ³ /día)
2017	Habitual	385	200	77,00
	Estival	2.000	200	400,00
2042	Habitual	225	1.347 x 200 = 270	60,75
	Estival	1.840	1.347 x 200 = 270	496,80

Como puede observarse, los volúmenes de aguas negras diarias de año horizonte son superiores a los actuales en todos los municipios.

Los consumos de agua potable, están sometidas a variaciones estacionales diarias. Se define así el coeficiente de caudal punta y mínimo.

Para la determinación de ambos caudales se utilizarán las fórmulas de Harman, W.G.

$$Q_M = Q_m \cdot \left(1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \right) \quad Q_{\min} = 0.2 \cdot Q_m$$

Siendo:

Q_m : caudal medio horario (m³/h)

Q_M : caudal punta horario (m³/h)

Q_{\min} : caudal mínimo horario (m³/h)

P: población en miles de habitantes

Cuevas del Valle

Año actual (2017)						Año horizonte (2042)					
Habitual			Estival			Habitual			Estival		
Q_m	Q_{\min}	Q_M	Q_m	Q_{\min}	Q_M	Q_m	Q_{\min}	Q_M	Q_m	Q_{\min}	Q_M
4,133	0,827	16,433	18,750	3,750	66,477	4,635	0,927	18,614	24,368	4,874	86,716

Villarejo del Valle

Año actual (2017)						Año horizonte (2042)					
Habitual			Estival			Habitual			Estival		
Q_m	Q_{\min}	Q_M	Q_m	Q_{\min}	Q_M	Q_m	Q_{\min}	Q_M	Q_m	Q_{\min}	Q_M
3,183	0,637	12,833	16,667	3,333	59,764	4,264	0,853	17,197	22,466	4,493	80,570

San Esteban del Valle

Año actual (2017)						Año horizonte (2042)					
Habitual			Estival			Habitual			Estival		
Q_m	Q_{\min}	Q_M	Q_m	Q_{\min}	Q_M	Q_m	Q_{\min}	Q_M	Q_m	Q_{\min}	Q_M
6,417	1,283	24,836	10,833	2,167	40,338	7,391	1,478	28,902	13,354	2,671	50,088

Mombeltrán

Año actual (2017)						Año horizonte (2042)					
Habitual			Estival			Habitual			Estival		
Q_m	Q_{\min}	Q_M	Q_m	Q_{\min}	Q_M	Q_m	Q_{\min}	Q_M	Q_m	Q_{\min}	Q_M
8,950	1,790	33,829	22,500	4,500	78,320	12,049	2,410	45,552	30,341	6,068	105,625

Santa Cruz del Valle

Año actual (2017)						Año horizonte (2042)					
Habitual			Estival			Habitual			Estival		
Q _m	Q _{min}	Q _M	Q _m	Q _{min}	Q _M	Q _m	Q _{min}	Q _M	Q _m	Q _{min}	Q _M
3,208	0,642	12,928	16,667	3,333	59,764	2,531	0,506	10,450	20,700	4,140	74,803

3.2.2. Caudal de aguas industriales y servicios

- *Caudal medio*

Para el cálculo del caudal medio de aguas residuales correspondientes a la industria y al sector servicios, se adopta el caudal medio de abastecimiento (dotación x hab-eq). El caudal así calculado se aplica tanto al año actual como para el año horizonte.

En el Anejo nº 4 “Estudio de Población” se detallan para cada uno de los municipios la población equivalente de tipo industrial y servicios.

- *Caudal punta*

Como caudal punta industrial se adopta el 160 % del caudal medio, tanto para el año actual como para el año horizonte.

- *Caudal mínimo*

Se adopta como caudal mínimo el 25 % del caudal medio, tanto para el año actual como para el año horizonte.

Cuevas del Valle

	Población equivalente (hab-eq.)	Dotación (l/hab-día)	Consumo diario (m ³ /día)	Distribución de caudales (m ³ /h)		
				Q _{med}	Q _{min}	Q _{máx}
2017	123	200	24,60	1,025	0,26	1,64
2042	123	1,347 x 200 = 270	33,21	1,38	0,345	2,208

Villarejo del Valle

	Población equivalente (hab-eq.)	Dotación (l/hab·día)	Consumo diario (m ³ /día)	Distribución de caudales (m ³ /h)		
				Q _{med}	Q _{min}	Q _{máx}
2017	24	200	4,80	0,20	0,05	0,32
2042	24	1,347 x 200 = 270	6,48	0,27	0,07	0,43

San Esteban del Valle

	Población equivalente (hab-eq.)	Dotación (l/hab·día)	Consumo diario (m ³ /día)	Distribución de caudales (m ³ /h)		
				Q _{med}	Q _{min}	Q _{máx}
2017	105	200	21,00	0,875	0,22	1,40
2042	105	1,347 x 200 = 270	28,35	1,18	0,30	1,89

Mombeltrán

	Población equivalente (hab-eq.)	Dotación (l/hab·día)	Consumo diario (m ³ /día)	Distribución de caudales (m ³ /h)		
				Q _{med}	Q _{min}	Q _{máx}
2017	248	200	49,60	2,07	0,52	3,31
2042	248	1,347 x 200 = 270	66,96	2,79	0,70	4,46

Santa Cruz del Valle

	Población equivalente (hab-eq.)	Dotación (l/hab·día)	Consumo diario (m ³ /día)	Distribución de caudales (m ³ /h)		
				Q _{med}	Q _{min}	Q _{máx}
2017	28	200	5,60	0,23	0,06	0,368
2042	28	1,347 x 200 = 270	7,56	0,315	0,08	0,50

3.2.3. Caudal de aguas procedentes de explotaciones ganaderas

El caudal proveniente de la ganadería se calcula aplicando una determinada dotación por cabeza de ganado en función del tipo de ganado, tanto para el año actual como para el año horizonte.

Los criterios de obtención de los caudales medios, puntas y mínimos, son idénticos a los definidos para aguas residuales domésticas, con la única diferencia de la dotación considerada.

En el Anejo nº 4 “Estudio de población equivalente” se presentan los datos de cabezas de ganado existentes en cada uno de los municipios considerados y los cálculos de los valores para el año horizonte.

Cuevas del Valle

	Población equivalente (hab-eq.)	Dotación (l/hab-día)	Consumo diario (m ³ /día)	Distribución de caudales (m ³ /h)		
				Q _{med}	Q _{min}	Q _{máx}
2017	1	200	0,2	0,008	0,002	0,036
2042	1	200	0,2	0,008	0,002	0,036

Villarejo del Valle

	Población equivalente (hab-eq.)	Dotación (l/hab-día)	Consumo diario (m ³ /día)	Distribución de caudales (m ³ /h)		
				Q _{med}	Q _{min}	Q _{máx}
2017	1	200	0,2	0,008	0,002	0,036
2042	1	200	0,2	0,008	0,002	0,036

4. CAUDALES DE PROYECTO

A continuación se presentan las tablas con los caudales de proyecto obtenidos en los apartados anteriores para cada uno de los municipios considerados en este estudio:

Distribución de caudales de aguas pluviales (m ³ /s)	
SANTA CRUZ DEL VALLE	6,86
CUEVAS DEL VALLE	6,60
VILLAREJO DEL VALLE	4,61
MOMBELTRÁN	8,67
SAN ESTEBAN DEL VALLE	1,56

Distribución de caudales de aguas negras en vertido (m ³ /h)								
	Actual (2017)				Año horizonte (2042)			
	Habitual		Estival		Habitual		Estival	
	Q _{med}	Q _{máx}	Q _{med}	Q _{máx}	Q _{med}	Q _{máx}	Q _{med}	Q _{máx}
CUEVAS DEL VALLE	5,17	18,109	19,79	68,16	6,02	20,86	25,76	88,96
VILLAREJO DEL VALLE	3,39	13,19	16,88	60,12	4,54	17,66	22,74	81,04
SAN ESTEBAN DEL VALLE	7,29	26,24	11,71	41,74	8,57	30,79	14,53	51,99
MOMBELTRÁN	11,02	37,14	24,57	81,63	14,84	50,01	33,131	110,09
SANTA CRUZ DEL VALLE	3,44	13,30	16,90	60,13	2,85	10,95	21,02	75,30

Caudal punta (dilución 1/10)

Cuevas del Valle:	0,072 m ³ /s
Villarejo del Valle:	0,063 m ³ /s
San Esteban del Valle:	0,040 m ³ /s
Mombeltrán:	0,092 m ³ /s
Santa Cruz del Valle:	0,058 m ³ /s