

ANEJO N° 06. HIDROLOGÍA

TÍTULO DEL TRABAJO:

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE INTEGRACION DEL
FERROCARRIL EN SANT FELIU DE LLOBREGAT.
ALTERNATIVA EN SUPERFICIE.
GEOLOGÍA, MATERIALES, CLIMATOLOGÍA E
HIDROLOGÍA

TÍTULO DEL DOCUMENTO:

ANEJO Nº 06. HIDROLOGÍA.

	Nombre	Firma	Fecha
Realizado por:	RAMÓN CÓRDOBA BAVIERA		Junio - 2014

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	OBTENCIÓN DE LOS CAUDALES DE DISEÑO.....	4
2.1.	Delimitación de las cuencas hidrográficas.....	4
2.1.	Cálculo de los caudales punta.....	4
2.1.1.	Evaluación de las características físicas de las cuencas y tiempo de concentración.....	4
2.1.2.	Cálculo del cuantil de precipitación diaria máxima anual de retorno	5
2.1.3.	Cálculo de la intensidad de la lluvia	6
2.1.4.	Cálculo del umbral de escorrentía	7
2.1.5.	Cálculo del coeficiente de escorrentía.....	10
2.1.6.	Cálculo del coeficiente de uniformidad temporal	10
2.1.7.	Obtención de los caudales punta.....	11

1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se pretende determinar los caudales de las cuencas hidrográficas interceptadas por el trazado del ferrocarril por su paso por el municipio de Sant Feliu de Llobregat (Barcelona). Estos resultados servirán como datos base para el estudio y diseño del drenaje longitudinal y transversal de la plataforma del ferrocarril.

El núcleo urbano del municipio se encuentra en el parque natural de Collserola, al margen izquierdo del río Llobregat, dentro de la comarca del Baix Llobregat. Esta enclavación hace que sea atravesado por diferentes rieras, que transporta los recursos hídricos recogidos en el parque natural, a través del núcleo urbano para desaguar en el río.

Estas rieras que discurren por el municipio son la riera Pahissa y la riera de la Salud, que actualmente estos caudales están canalizados prácticamente en toda su extensión y estas han sido reconvertidas en calle y cruzan perpendicularmente la infraestructura del ferrocarril.

La topografía del terreno hace que sea importante el estudio hidrológico, ya que en la zona de montaña existe una gran pendiente, convirtiendo el caudal principal de estas cuencas como elementos fundamentales del desagüe de las aguas en periodos de lluvia, que una vez que llega a estructura, las pendientes son prácticamente nulas, siendo un terreno totalmente llano.

Por estos motivos se han obtenido las subcuencas que afectan a la parte del tramo, estudiando sus características físicas y obteniendo el caudal punta para diferentes periodos de retorno con el fin de evitar avenidas e inundaciones que afecten tanto al núcleo urbano como a la infraestructura.

Para el presente anejo se ha utilizado la siguiente normativa y recomendaciones:

- "Cálculos Hidrometeorológicos de Caudales Máximos en Pequeñas Cuencas Naturales", publicada por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Dirección General de Carreteras, Orden del 14 de Mayo de 1.990.
- "Instrucción 5.2.-I.C.: Drenaje Superficial" publicada por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Dirección General de Carreteras, Mayo 1.987.
- "Máximas lluvias diarias en la España peninsular", publicada por el Ministerio de Fomento, Dirección General de Carreteras, 1.999.

2. OBTENCIÓN DE LOS CAUDALES DE DISEÑO

2.1. Delimitación de las cuencas hidrográficas

Las cuencas hidrográficas se han obtenido a partir de un Modelo Digital del Terreno (MDT), descargado del proyecto STER GDEM, un proyecto desarrollado por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), que radia la superficie del terreno con gran detalle, se podría definir como una representación falsa en 3d. Es importante destacar que este archivo raster se encuentra georeferenciado.

A continuación, con el programa informático Arcgis y sus herramientas de cálculo se han delimitado las cuencas hidrográficas quedando el resultado plasmado en el plano 7.2 *Cuencas hidrográficas*.

2.1. Cálculo de los caudales punta

Para este estudio se ha decidido utilizar el Método Racional Modificado, que fue propuesto por el profesor J.R. Temez en el XXIV Congreso de la Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas (Madrid, 1991).

Este método supone un aguacero con las siguientes características:

- Intensidad de la lluvia neta constante que se modifica con un coeficiente corrector.
- Duración del aguacero igual al tiempo de concentración, la condición más desfavorable, ya que una menor duración provocaría que no se estuviera generando escorrentía en toda la cuenca y una duración mayor equivaldría a una menor intensidad de lluvia.
- Simultaneidad de la lluvia en la cuenca, que se corrige este aspecto con un coeficiente corrector.

2.1.1. Evaluación de las características físicas de las cuencas y tiempo de concentración

Una vez delimitada las cuencas como se indican en el plano 7.2 *Cuencas hidrográficas*, se va a proceder a estudiar los parámetros geométricos necesarios para el cálculo de los caudales de escorrentía de las cuencas, que son los siguientes:

- Longitud del cauce principal de la cuenca: Distancia que recorre una gota de agua desde el punto de mayor cota hasta el punto de cota más baja.
- Superficie: Área de la cuenca.
- Pendiente media: Pendiente de la cuenca obtenida a partir de la diferencia de altimetría, entre el punto más alto y el más bajo.

Todos estos parámetros se han obtenido a partir del programa ArcGis.

El tiempo de concentración se define como el tiempo necesario para que las precipitaciones caídas en las zonas más alejadas lleguen hasta el punto de desagüe.

Calculo del tiempo de concentración:

A partir de fórmula propuesta por J.R. Témez ::

$$Tc = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{J^{1/4}}\right)^{0,76}$$

Tc = Tiempo de concentración de la cuenca (h)

L = Longitud del cauce principal de la cuenca (Km)

J = Pendiente media de la cuenca (m/m)

En la siguiente tabla se muestran todos los tiempos de concentración de cada cuenca y los parámetros geométricos calculados:

Tabla 1. Cálculo tiempo de concentración.

Cuencas	Área (KM²)	Cota mínima (m)	Cota máxima (m)	Desnivel (m)	Longitud (Km)	Pendiente(m/m)	TC (h)
1	0,164	31	115	84	0,5738	146,396	0,283
2	1,474	23	414	391	3,2737	119,437	1,106
3	0,291	22	164	142	0,7143	198,804	0,316
4	3,062	17	322	305	3,6691	83,127	1,293
5	0,117	13	28	15	0,4728	31,729	0,327
6	0,059	12	30	18	0,1654	108,857	0,116
7	0,109	12	27	15	0,3857	38,894	0,269
8	6,630	12	460	448	5,8502	76,579	1,871
9	0,235	11	56	45	1,2953	34,741	0,691
10	0,071	9	28	19	0,1849	102,772	0,128
11	0,033	9	29	20	0,2126	94,063	0,145
12	0,283	10	61	51	1,2468	40,904	0,651
13	0,703	12	97	85	2,0337	41,796	0,941
14	0,270	12	32	20	0,5999	33,338	0,388
15	7,109	15	407	392	5,7286	68,429	1,882
16	0,143	17	69	52	0,5117	101,618	0,278

2.1.2. Cálculo del cuantil de precipitación diaria máxima anual de retorno

En primer lugar se calcula un factor de reducción areal, también llamado coeficiente de simultaneidad debido a la no uniformidad espacial de la lluvia en cuencas superiores a 1 km². Viene definida por la siguiente expresión:

$$K_A = \frac{1 - \log_{10} A}{15}$$

Dónde:

A: Área de la cuenca en Km².

Este coeficiente corrige el cuantil de precipitación diaria máxima anual de retorno (P(d)_T), que en este caso se ha calculado a partir de la publicación de la Dirección General de Carreteras “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” editada en 1999. El documento tiene su origen en un Convenio entre la Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento y el Centro de Estudios Hidrográficos del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del mismo Ministerio.

La precipitación diaria máxima anual de retorno se calcula a partir de la siguiente formula:

$$P(d)_T = \bar{P} \cdot K_T$$

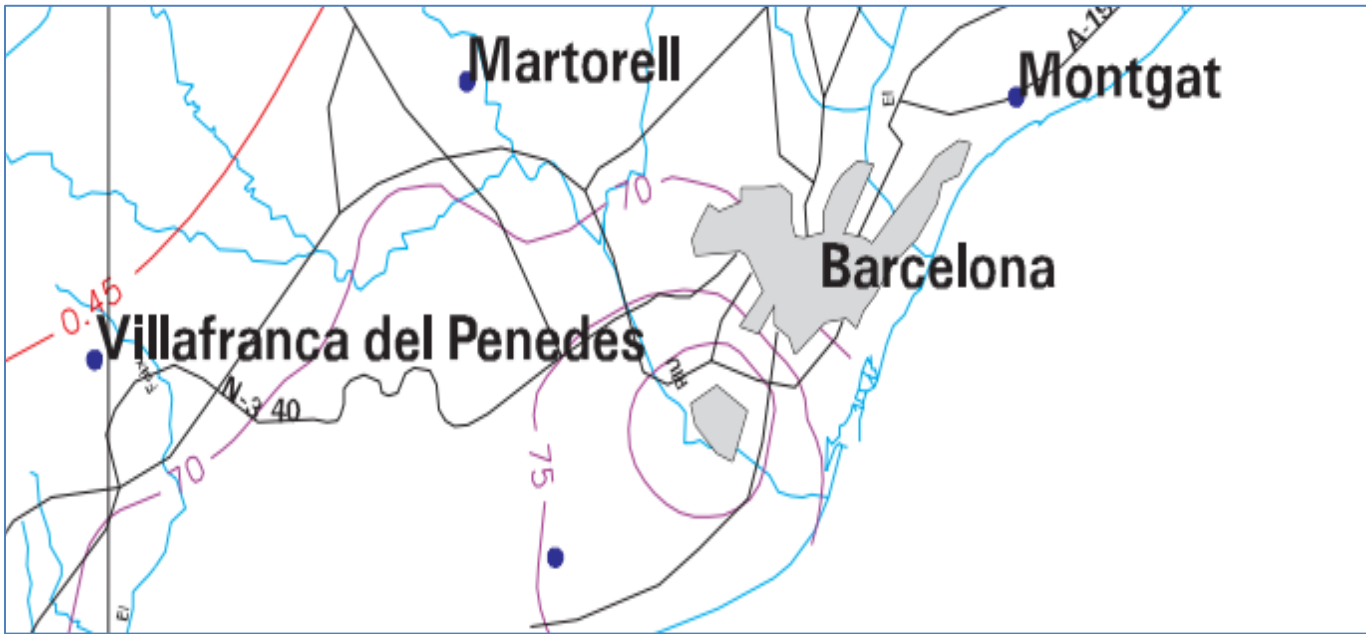
Donde:

\bar{P} : Valor medio de la máxima precipitación diaria anual (mm/día).

K_T : Coeficiente de variación.

El proceso para obtener $P(d)_T$ es el siguiente:

- En primer lugar se localiza el municipio en los planos-guía que incluye la publicación, en este caso es Sant Feliu de Llobregat y se encuentra en la hoja 5-2 Barcelona-Ceret.
- En este plano-guía se muestran una isolineas con los valores del coeficiente de variación Cv (Líneas roja con valores inferiores a la unidad) y el valor medio \bar{P} de la máxima precipitación diaria anual (Líneas moradas). Se muestra a continuación este plano-guía:



$$\frac{i(t)_T}{i(d)_T} = \alpha \frac{28^{0,1-t_c^{0,1}}}{28^{0,1}-1}$$

$i(t)_T$ = Intensidad media correspondiente al tiempo de retorno (mm/h)

$i(d)_T$ = intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al período de retorno considerado. Es igual a $P(d)_T^*/24$ (mm)

α = Coeficiente de mapa de isolineas. Razón entre I_1 e $i(d)_T$

I_1 = intensidad horaria de precipitación correspondiente a dicho período de retorno (mm)

Que cuando ese intervalo de tiempo es igual al tiempo de concentración de la cuenca queda la siguiente expresión:

$$i(t_c)_T = \frac{P(d)_T^*}{24} \cdot \alpha \frac{28^{0,1-t_c^{0,1}}}{28^{0,1}-1}$$

Donde:

$i(t_c)_T$ = Intensidad media de precipitación correspondiente al tiempo de concentración (mm/h)

$P(d)_T^*$ = precipitación total diaria correspondiente a dicho período de retorno (mm/día)

$i(d)_T$ = intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al período de retorno considerado. Es igual a $P(d)_T^*/24$ (mm)

T_c = tiempo de concentración (h)

En la siguiente figura de la Instrucción de Carreteras 5.2 "Drenaje Superficial", a partir del mapa de isóneas $I_1/i(d)_T$ se ha obtenido el valor de α

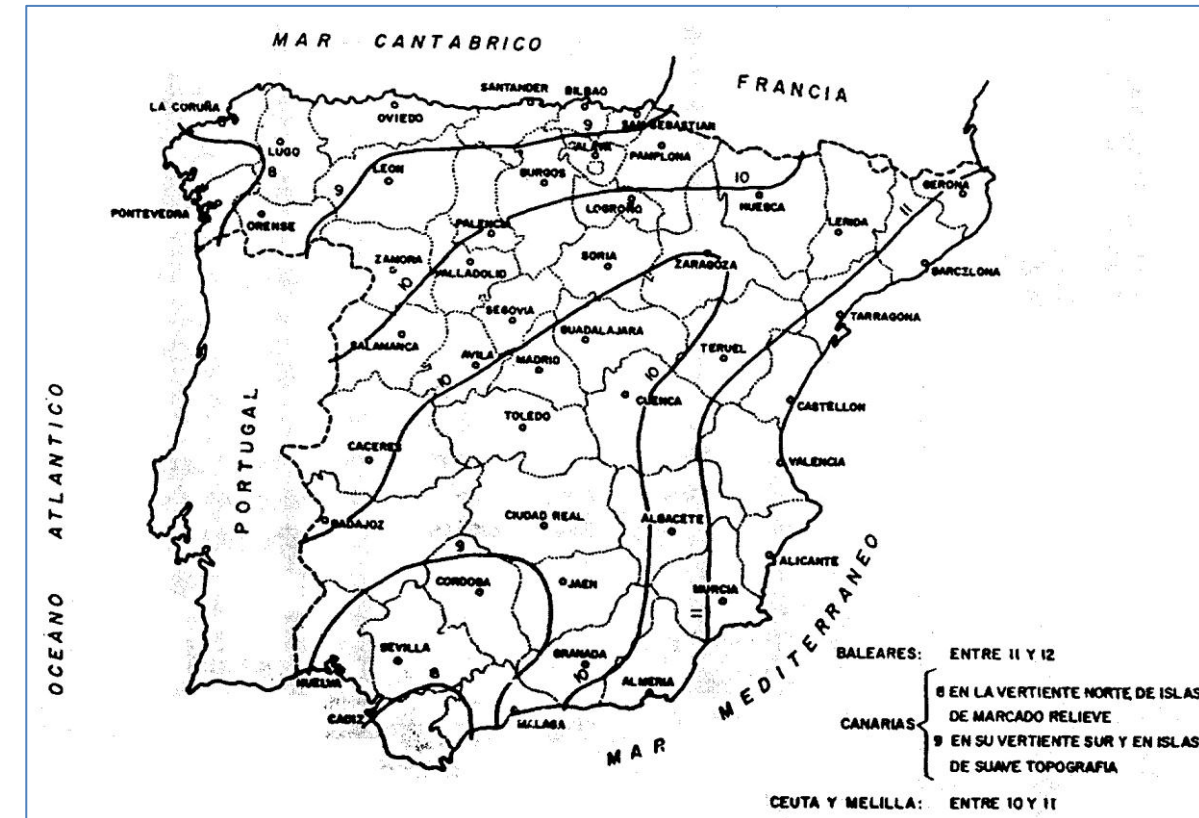


Figura 6. Mapa de isóneas del valor α

El valor escogido para α es 11,5 ya que el municipio se encuentra próximo a la costa y este el usual para la línea de la costa levantina.

2.1.4. Cálculo del umbral de escorrentía

El umbral de escorrentía viene definido por la siguiente expresión:

$$P_o^* = P_o \cdot B$$

Donde:

P_o^* = Umbral de escorrentía corregido (mm).

P_o = Umbral de escorrentía. Precipitación acumulada a partir de la cual, empapado el suelo, empieza la escorrentía superficial o la circulación del agua en régimen difuso (mm).

B = Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

El umbral de escorrentía depende de los siguientes factores:

- Naturaleza de la superficie (geología y edafología)
- Usos del suelo
- Pendiente del terreno
- Humedad inicial del suelo

Antes de estimar el umbral de escorrentía se debe escoger la clasificación del suelo con la siguiente tabla de la Instrucción de Carreteras 5.2 “Drenaje Superficial” (Tabla 2-2)

TABLA 2-2
CLASIFICACION DE SUELOS A EFECTOS DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.

Figura 7. Clasificación de suelos.

El mapa geológico de la zona indica que el suelo esta principalmente compuesto por lutita pizarrosa con intercalaciones esporádicas entre 1 cm y 1 dm de lutitas calcáreas, con un metamorfismo de muy bajo grado y una foliación penetrativa. Debido a esta escasa información, en la que no se ha podido obtener ningún sondeo ni testigo del suelo se opta por una solución intermedia, en la que se escoge una clasificación del suelo grupo C.

Una vez escogido la clase del suelo se calcula el umbral de escorrentía para cada cuenca, que al ser cuencas heterogéneas se calculara como un promedio de cada umbral de escorrentía para cada uso de la tierra.

Los usos del suelo o cubierta del suelo dominante son masas forestales con escasa vegetación arbustiva e intercalaciones de zonas con manchas de alta densidad de masa arbórea. A todo esto se le puede dar un tratamiento general de masa forestal media. Además, gran parte viene dominada por núcleos urbanos o residenciales de alta densidad y áreas industriales. A parte de eso, cabría añadir alguna cantera y erial que por no ser significativos y como indica la instrucción ante estos casos no se tendrán en cuenta.

Se puede ver en la siguiente figura obtenida del mapa del Sistema de Información Geográfico Agrario (SIGA) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente los principales usos del suelo.

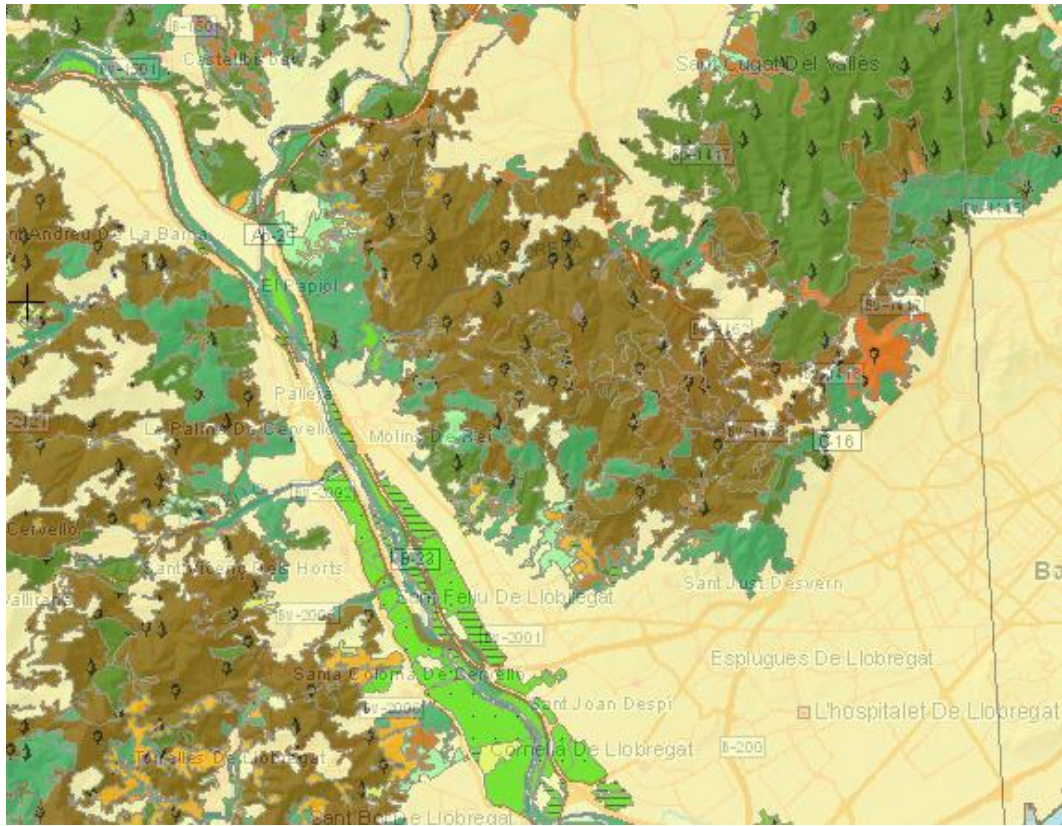


Figura 8. Mapa usos del suelo.

Donde el color marron oscuro indica asociacion de coniferas y otras frondosas y el color verde matorral. Por tanto el valor escogido para el umbral de escorrentia para la masa forestal ha sido de 26 mm, una solucion intermedia entre las masas forestales media y espesa para la clase c del suelo.

	Muy clara	40	17	8	5
Masas forestales (bosques, Monte bajo, etc.)	Clara	60	24	14	10
	Media	*	34	22	16
	Espesa	*	47	31	23
	Muy espesa	*	65	43	33

Figura 9. Umbral de escorrentía para masas forestales.

Para la zona urbana, el umbral de escorrentía elegido ha sido 9 mm debido a que el umbral de escorrentía para pavimentos hormigonados y bituminosos es 1 mm, pero hay intercalaciones o manchas de zonas verdes y parques. Hay una pequeña zona donde es un núcleo urbano de alta densidad, mientras que en otra parte se encuentran casas bajas con grandes zonas de jardín, de ahí el criterio de elección del umbral de escorrentía. Otro motivo de esta elección es que en la recomendación de “Cálculos Hidrometeorológicos de Caudales Máximos en

Pequeñas Cuencas Naturales” editada por el MOPU indica que en la zonas residenciales un umbral de escorrentía adecuado estaría entre 7 y 15 mm.

Para la zona industrial, el valor de P_o escogido ha sido 1,5 mm. Esto es debido a 1 mm por el pavimento hormigonado o bituminoso y una pequeñas manchas verdes, prácticamente nulas, que se encuentran en este terreno.

Respecto al cultivo, nos encontramos con dos tipos: un cultivo de secano que necesita escasa agua en el margen derecho del ferrocarril. En el margen izquierdo se localizan cultivos de regadío de alta densidad, que por la apariencia se puede considerar que están destinados a la comercialización de los frutos. Por tanto, el umbral de escorrentía seleccionado para los cultivos de secano es 11 mm y para los cultivos de regadío 14 mm, como se puede ver en la siguiente figura, que corresponde al grupo de suelo C, una pendiente superior a 3 y una característica hidrológica N (Cultivo plantado según las curvas de nivel)

TABLA 2-1 (Continuación)
ESTIMACION INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA P_o (mm)

Uso de la tierra	Pendiente (%)	Características hidrológicas	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Rotación de cultivos pobres	≥ 3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	< 3	R/N	30	19	13	10
Rotación de cultivos densos	≥ 3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	< 3	R/N	47	25	16	13

Figura 10. Umbral de escorrentía para cultivos.

A continuación se muestra un resumen de todos los umbrales de escorrentía escogidos para cada uso del suelo y el umbral de escorrentía medio obtenido para cada cuenca a partir de una media ponderada:

Tabla 4. Umbral de escorrentía según uso de suelo

	Urbano	Monte	Industrial	Cultivo de secano	Cultivo de regadío
P_o	9	26	1,5	11	14

Tabla 5. Porcentaje usos de la tierra.

Cuencas	USOS DE LA TIERRA (%)					P_o medio (mm)
	Urbano	Monte	Industrial	Cultivo secano	Cultivo regadío	
1	70	20	10			11,65
2	5	90		5		24,40
3	0	80	20			21,10
4	3	72	15	10		20,32
5			70		30	5,25
6			40		60	9,00
7			60		40	6,50
8	15	65	15	2,5	2,5	19,10
9	65		15		20	8,88
10	50				50	11,50
11	50				50	11,50
12	95				5	9,25
13	100					9,00
14	35	30	35			11,48
15	45	50		5		17,60
16	30	40	30			13,55

En la siguiente figura se localiza el coeficiente B, un coeficiente corrector del umbral de escorrentía:

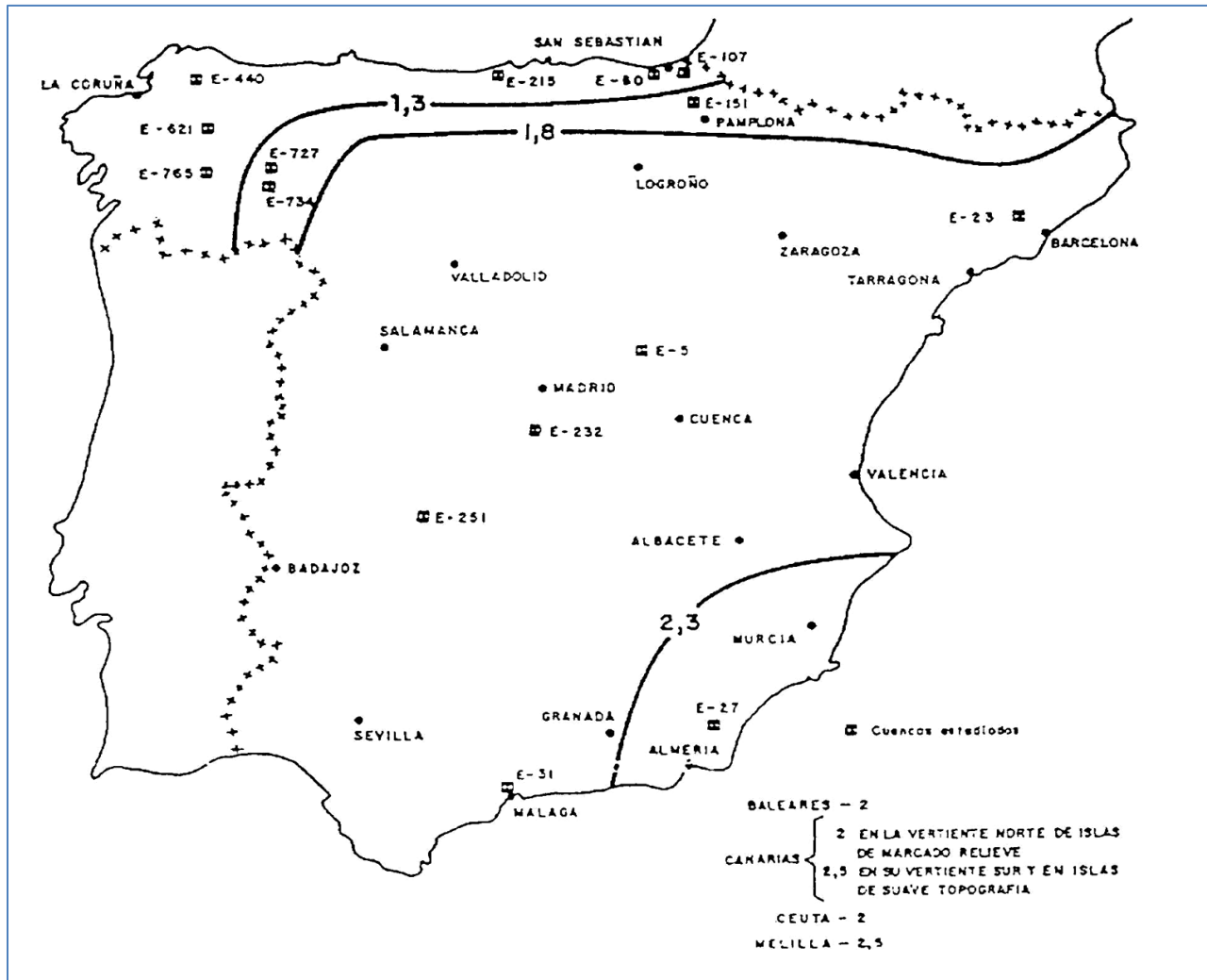


Figura 11. Mapa de isótopos del factor B.

Aproximadamente se podría decir que el municipio se encuentra cerca de la isótopa de corrección del umbral de esorrentía de 2.

2.1.5. Cálculo del coeficiente de esorrentía

El coeficiente de esorrentía (C) representa la porción de agua del total de la lluvia precipitada que realmente genera esorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo. Depende de la precipitación total diaria correspondiente a dicho período de retorno $(P(d)_T^*)$ y el umbral de esorrentía corregido (P_0) . Se expresa con la siguiente fórmula:

$$C_T = \frac{(P(d)_T^* - P_0^*) \cdot (P(d)_T^* + 23 \cdot P_0^*)}{(P(d)_T^* + 11 \cdot P_0^*)^2}$$

2.1.6. Cálculo del coeficiente de uniformidad temporal

Como la hipótesis de lluvia neta constante se distorsiona de la realidad y se infravalora los caudales al aumentar el tiempo de concentración, por este motivo se aplica el coeficiente de uniformidad temporal, que depende del tiempo de concentración. Se expresa con la siguiente formulación:

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

Quedando los siguientes resultados:

Tabla 6. Coeficiente K de las cuencas.

Cuencas	TC (h)	K
1	0,283	1,015
2	1,106	1,075
3	0,316	1,017
4	1,293	1,090
5	0,327	1,017
6	0,116	1,005
7	0,269	1,014
8	1,871	1,135
9	0,691	1,043
10	0,128	1,005
11	0,145	1,006
12	0,651	1,040
13	0,941	1,062
14	0,388	1,021
15	1,882	1,136
16	0,278	1,014

2.1.7. Obtención de los caudales punta

El caudal punta de avenida para un período de retorno dado se obtiene mediante la expresión:

Q_{p,T} = \frac{K \cdot C_T \cdot i(t_c)_T \cdot A}{3,6}

Siendo:

Q_{p,T} = Caudal pico para el periodo de retorno T (m³/s).

A = Área de la cuenca (Km²).

i(t_c)_T = Intensidad media correspondiente al tiempo de concentración (mm/h)

CT = Coeficiente de escorrentía.

De esta forma se calcula el caudal punta, quedando los siguientes caudales para los distintos periodos de retorno.

Tabla 7. Caudales periodo de retorno 2 años

Periodo retorno = 2 años												
Cuencas	Área (KM²)	KA	P(d)_T*	T_c (h)	α	i(t_c)_T	P_o	B	P_o*	C_T	K	Q (m³/s)
1	0,16	1,00	74,37	0,283	11,5	74,07	11,65	2	23,3	0,2850	1,015	0,977
2	1,47	0,99	73,53	1,106	11,5	33,09	24,40	2	48,8	0,0794	1,075	1,157
3	0,29	1,00	74,37	0,316	11,5	69,81	21,10	2	42,2	0,1159	1,017	0,664
4	3,06	0,97	71,96	1,293	11,5	29,37	20,32	2	40,63	0,1171	1,090	3,187
5	0,12	1,00	74,37	0,327	11,5	68,47	5,25	2	10,5	0,5596	1,017	1,266
6	0,06	1,00	74,37	0,116	11,5	117,72	9,00	2	18	0,3711	1,005	0,715
7	0,11	1,00	74,37	0,269	11,5	76,12	6,50	2	13	0,4849	1,014	1,138
8	6,63	0,95	70,30	1,871	11,5	22,59	19,10	2	38,2	0,1266	1,135	5,978
9	0,23	1,00	74,37	0,691	11,5	44,57	8,88	2	17,75	0,3759	1,043	1,140
10	0,07	1,00	74,37	0,128	11,5	112,21	11,50	2	23	0,2892	1,005	0,642
11	0,03	1,00	74,37	0,145	11,5	105,44	11,50	2	23	0,2892	1,006	0,284
12	0,28	1,00	74,37	0,651	11,5	46,18	9,25	2	18,5	0,3617	1,040	1,366
13	0,70	1,00	74,37	0,941	11,5	37,00	9,00	2	18	0,3711	1,062	2,847
14	0,27	1,00	74,37	0,388	11,5	62,23	11,48	2	22,95	0,2899	1,021	1,384
15	7,11	0,94	70,14	1,882	11,5	22,46	17,60	2	35,2	0,1470	1,136	7,406
16	0,14	1,00	74,37	0,278	11,5	74,79	13,55	2	27,1	0,2377	1,014	0,717
	20,75											30,870
			P(d)T	74,368								

Tabla 8. Caudales periodo de retorno 5 años.

Periodo retorno = 5 años												
Cuencas	Área (KM²)	KA	P(d) _T *	T _c (h)	α	i(t _c) _T	P _o	B	P _o *	C _T	K	Q (m³/s)
1	0,16	1,00	105,74	0,283	11,5	105,32	11,65	2	23,3	0,4036	1,015	1,968
2	1,47	0,99	104,55	1,106	11,5	47,05	24,40	2	48,8	0,1663	1,075	3,445
3	0,29	1,00	105,74	0,316	11,5	99,26	21,10	2	42,2	0,2105	1,017	1,716
4	3,06	0,97	102,32	1,293	11,5	41,76	20,32	2	40,63	0,2120	1,090	8,205
5	0,12	1,00	105,74	0,327	11,5	97,36	5,25	2	10,5	0,6757	1,017	2,173
6	0,06	1,00	105,74	0,116	11,5	167,38	9,00	2	18	0,4943	1,005	1,354
7	0,11	1,00	105,74	0,269	11,5	108,23	6,50	2	13	0,6067	1,014	2,024
8	6,63	0,95	99,95	1,871	11,5	32,12	19,10	2	38,2	0,2233	1,135	14,998
9	0,23	1,00	105,74	0,691	11,5	63,37	8,88	2	17,75	0,4992	1,043	2,154
10	0,07	1,00	105,74	0,128	11,5	159,55	11,50	2	23	0,4081	1,005	1,289
11	0,03	1,00	105,74	0,145	11,5	149,92	11,50	2	23	0,4081	1,006	0,570
12	0,28	1,00	105,74	0,651	11,5	65,67	9,25	2	18,5	0,4846	1,040	2,603
13	0,70	1,00	105,74	0,941	11,5	52,62	9,00	2	18	0,4943	1,062	5,393
14	0,27	1,00	105,74	0,388	11,5	88,48	11,48	2	22,95	0,4089	1,021	2,775
15	7,11	0,94	99,74	1,882	11,5	31,94	17,60	2	35,2	0,2475	1,136	17,733
16	0,14	1,00	105,74	0,278	11,5	106,34	13,55	2	27,1	0,3515	1,014	1,508
	20,75											69,907
			P(d)T	105,74								

Tabla 9. Caudales periodo de retorno 10 años.

Periodo retorno = 10 años												
Cuencas	Área (KM²)	KA	P(d) _T *	T _c (h)	α	i(t _c) _T	P _o	B	P _o *	C _T	K	Q (m³/s)
1	0,16	1,00	128,57	0,283	11,5	128,06	11,65	2	23,3	0,4722	1,015	2,800
2	1,47	0,99	127,12	1,106	11,5	57,21	24,40	2	48,8	0,2220	1,075	5,592
3	0,29	1,00	128,57	0,316	11,5	120,69	21,10	2	42,2	0,2702	1,017	2,677
4	3,06	0,97	124,40	1,293	11,5	50,77	20,32	2	40,63	0,2718	1,090	12,787
5	0,12	1,00	128,57	0,327	11,5	118,38	5,25	2	10,5	0,7335	1,017	2,868
6	0,06	1,00	128,57	0,116	11,5	203,51	9,00	2	18	0,5625	1,005	1,874
7	0,11	1,00	128,57	0,269	11,5	131,59	6,50	2	13	0,6700	1,014	2,717
8	6,63	0,95	121,53	1,871	11,5	39,05	19,10	2	38,2	0,2840	1,135	23,186
9	0,23	1,00	128,57	0,691	11,5	77,05	8,88	2	17,75	0,5673	1,043	2,976
10	0,07	1,00	128,57	0,128	11,5	193,99	11,50	2	23	0,4768	1,005	1,831
11	0,03	1,00	128,57	0,145	11,5	182,28	11,50	2	23	0,4768	1,006	0,810
12	0,28	1,00	128,57	0,651	11,5	79,84	9,25	2	18,5	0,5531	1,040	3,612
13	0,70	1,00	128,57	0,941	11,5	63,97	9,00	2	18	0,5625	1,062	7,462
14	0,27	1,00	128,57	0,388	11,5	107,58	11,48	2	22,95	0,4776	1,021	3,940
15	7,11	0,94	121,27	1,882	11,5	38,83	17,60	2	35,2	0,3099	1,136	26,994
16	0,14	1,00	128,57	0,278	11,5	129,29	13,55	2	27,1	0,4191	1,014	2,186
	20,75											104,31
			P(d)T	128,56								

Tabla 10. Caudales periodo de retorno 25 años.

Periodo retorno = 25 años												
Cuencas	Área (KM²)	KA	P(d) _T *	T _c (h)	α	i(t _c) _T	P _o	B	P _o *	C _T	K	Q (m³/s)
1	0,16	1,00	161,44	0,283	11,5	160,80	11,65	2	23,3	0,5520	1,015	4,109
2	1,47	0,99	159,62	1,106	11,5	71,83	24,40	2	48,8	0,2929	1,075	9,264
3	0,29	1,00	161,44	0,316	11,5	151,54	21,10	2	42,2	0,3448	1,017	4,291
4	3,06	0,97	156,20	1,293	11,5	63,75	20,32	2	40,63	0,3465	1,090	20,473
5	0,12	1,00	161,44	0,327	11,5	148,64	5,25	2	10,5	0,7930	1,017	3,894
6	0,06	1,00	161,44	0,116	11,5	255,54	9,00	2	18	0,6389	1,005	2,672
7	0,11	1,00	161,44	0,269	11,5	165,23	6,50	2	13	0,7374	1,014	3,755
8	6,63	0,95	152,59	1,871	11,5	49,04	19,10	2	38,2	0,3595	1,135	36,860
9	0,23	1,00	161,44	0,691	11,5	96,75	8,88	2	17,75	0,6434	1,043	4,237
10	0,07	1,00	161,44	0,128	11,5	243,58	11,50	2	23	0,5565	1,005	2,683
11	0,03	1,00	161,44	0,145	11,5	228,87	11,50	2	23	0,5565	1,006	1,187
12	0,28	1,00	161,44	0,651	11,5	100,26	9,25	2	18,5	0,6299	1,040	5,166
13	0,70	1,00	161,44	0,941	11,5	80,33	9,00	2	18	0,6389	1,062	10,641
14	0,27	1,00	161,44	0,388	11,5	135,09	11,48	2	22,95	0,5572	1,021	5,773
15	7,11	0,94	152,27	1,882	11,5	48,76	17,60	2	35,2	0,3869	1,136	42,322
16	0,14	1,00	161,44	0,278	11,5	162,35	13,55	2	27,1	0,4992	1,014	3,270
	20,75											160,60
			P(d)T	161,43								

Tabla 11. Periodo de retorno 50 años.

Periodo retorno = 50 años												
Cuencas	Área (KM²)	KA	P(d) _T *	T _c (h)	α	i(t _c) _T	P _o	B	P _o *	C _T	K	Q (m³/s)
1	0,16	1,00	186,83	0,283	11,5	186,09	11,65	2	23,3	0,6019	1,015	5,186
2	1,47	0,99	184,73	1,106	11,5	83,13	24,40	2	48,8	0,3413	1,075	12,492
3	0,29	1,00	186,83	0,316	11,5	175,38	21,10	2	42,2	0,3950	1,017	5,688
4	3,06	0,97	180,78	1,293	11,5	73,78	20,32	2	40,63	0,3967	1,090	27,125
5	0,12	1,00	186,83	0,327	11,5	172,03	5,25	2	10,5	0,8263	1,017	4,696
6	0,06	1,00	186,83	0,116	11,5	295,74	9,00	2	18	0,6850	1,005	3,316
7	0,11	1,00	186,83	0,269	11,5	191,23	6,50	2	13	0,7763	1,014	4,575
8	6,63	0,95	176,60	1,871	11,5	56,75	19,10	2	38,2	0,4100	1,135	48,650
9	0,23	1,00	186,83	0,691	11,5	111,97	8,88	2	17,75	0,6892	1,043	5,253
10	0,07	1,00	186,83	0,128	11,5	281,91	11,50	2	23	0,6062	1,005	3,383
11	0,03	1,00	186,83	0,145	11,5	264,88	11,50	2	23	0,6062	1,006	1,496
12	0,28	1,00	186,83	0,651	11,5	116,03	9,25	2	18,5	0,6765	1,040	6,421
13	0,70	1,00	186,83	0,941	11,5	92,96	9,00	2	18	0,6850	1,062	13,204
14	0,27	1,00	186,83	0,388	11,5	156,34	11,48	2	22,95	0,6070	1,021	7,278
15	7,11	0,94	176,22	1,882	11,5	56,43	17,60	2	35,2	0,4379	1,136	55,440
16	0,14	1,00	186,83	0,278	11,5	187,89	13,55	2	27,1	0,5503	1,014	4,172
	20,75											208,37
			P(d)T	186,83								

Tabla 12. Caudales periodo de retorno 100 años.

Periodo retorno = 100 años												
Cuencas	Área (KM²)	KA	P(d) _T *	T _c (h)	α	i(t _c) _T	P _o	B	P _o *	C _T	K	Q (m³/s)
1	0,16	1,00	214,64	0,283	11,5	213,79	11,65	2	23,3	0,6475	1,015	6,409
2	1,47	0,99	212,23	1,106	11,5	95,51	24,40	2	48,8	0,3888	1,075	16,347
3	0,29	1,00	214,64	0,316	11,5	201,48	21,10	2	42,2	0,4435	1,017	7,337
4	3,06	0,97	207,68	1,293	11,5	84,76	20,32	2	40,63	0,4453	1,090	34,977
5	0,12	1,00	214,64	0,327	11,5	197,63	5,25	2	10,5	0,8543	1,017	5,578
6	0,06	1,00	214,64	0,116	11,5	339,76	9,00	2	18	0,7260	1,005	4,038
7	0,11	1,00	214,64	0,269	11,5	219,69	6,50	2	13	0,8097	1,014	5,483
8	6,63	0,95	202,88	1,871	11,5	65,20	19,10	2	38,2	0,4588	1,135	62,532
9	0,23	1,00	214,64	0,691	11,5	128,63	8,88	2	17,75	0,7300	1,043	6,392
10	0,07	1,00	214,64	0,128	11,5	323,86	11,50	2	23	0,6517	1,005	4,178
11	0,03	1,00	214,64	0,145	11,5	304,30	11,50	2	23	0,6517	1,006	1,848
12	0,28	1,00	214,64	0,651	11,5	133,30	9,25	2	18,5	0,7181	1,040	7,830
13	0,70	1,00	214,64	0,941	11,5	106,80	9,00	2	18	0,7260	1,062	16,077
14	0,27	1,00	214,64	0,388	11,5	179,61	11,48	2	22,95	0,6524	1,021	8,986
15	7,11	0,94	202,45	1,882	11,5	64,83	17,60	2	35,2	0,4868	1,136	70,800
16	0,14	1,00	214,64	0,278	11,5	215,85	13,55	2	27,1	0,5977	1,014	5,206
	20,75											264,02
			P(d)T	214,64								

Tabla 13. Caudales periodo de retorno 200 años.

Periodo retorno = 200 años												
Cuencas	Área (KM²)	KA	P(d) _T *	T _c (h)	α	i(t _c) _T	P _o	B	P _o *	C _T	K	Q (m³/s)
1	0,16	1,00	243,77	0,283	11,5	242,81	11,65	2	23,3	0,6874	1,015	7,727
2	1,47	0,99	241,03	1,106	11,5	108,47	24,40	2	48,8	0,4332	1,075	20,688
3	0,29	1,00	243,77	0,316	11,5	228,83	21,10	2	42,2	0,4884	1,017	9,176
4	3,06	0,97	235,87	1,293	11,5	96,26	20,32	2	40,63	0,4901	1,090	43,726
5	0,12	1,00	243,77	0,327	11,5	224,45	5,25	2	10,5	0,8770	1,017	6,503
6	0,06	1,00	243,77	0,116	11,5	385,87	9,00	2	18	0,7609	1,005	4,807
7	0,11	1,00	243,77	0,269	11,5	249,50	6,50	2	13	0,8373	1,014	6,439
8	6,63	0,95	230,42	1,871	11,5	74,05	19,10	2	38,2	0,5036	1,135	77,962
9	0,23	1,00	243,77	0,691	11,5	146,09	8,88	2	17,75	0,7646	1,043	7,604
10	0,07	1,00	243,77	0,128	11,5	367,82	11,50	2	23	0,6913	1,005	5,034
11	0,03	1,00	243,77	0,145	11,5	345,61	11,50	2	23	0,6913	1,006	2,226
12	0,28	1,00	243,77	0,651	11,5	151,39	9,25	2	18,5	0,7536	1,040	9,332
13	0,70	1,00	243,77	0,941	11,5	121,30	9,00	2	18	0,7609	1,062	19,138
14	0,27	1,00	243,77	0,388	11,5	203,99	11,48	2	22,95	0,6920	1,021	10,826
15	7,11	0,94	229,93	1,882	11,5	73,63	17,60	2	35,2	0,5315	1,136	87,790
16	0,14	1,00	243,77	0,278	11,5	245,15	13,55	2	27,1	0,6398	1,014	6,329
	20,75											325,31
			P(d)T	243,77								

Tabla 14. Caudales periodo de retorno 500 años.

Periodo retorno = 500 años												
Cuencas	Área (KM²)	KA	P(d) _T *	T _c (h)	α	i(t _c) _T	P _o	B	P _o *	C _T	K	Q (m³/s)
1	0,16	1,00	284,94	0,283	11,5	283,81	11,65	2	23,3	0,7331	1,015	9,633
2	1,47	0,99	281,74	1,106	11,5	126,79	24,40	2	48,8	0,4882	1,075	27,250
3	0,29	1,00	284,94	0,316	11,5	267,47	21,10	2	42,2	0,5431	1,017	11,926
4	3,06	0,97	275,71	1,293	11,5	112,52	20,32	2	40,63	0,5448	1,090	56,811
5	0,12	1,00	284,94	0,327	11,5	262,36	5,25	2	10,5	0,9010	1,017	7,809
6	0,06	1,00	284,94	0,116	11,5	451,04	9,00	2	18	0,8000	1,005	5,906
7	0,11	1,00	284,94	0,269	11,5	291,64	6,50	2	13	0,8671	1,014	7,794
8	6,63	0,95	269,33	1,871	11,5	86,56	19,10	2	38,2	0,5580	1,135	100,980
9	0,23	1,00	284,94	0,691	11,5	170,77	8,88	2	17,75	0,8032	1,043	9,337
10	0,07	1,00	284,94	0,128	11,5	429,93	11,50	2	23	0,7368	1,005	6,271
11	0,03	1,00	284,94	0,145	11,5	403,97	11,50	2	23	0,7368	1,006	2,773
12	0,28	1,00	284,94	0,651	11,5	176,96	9,25	2	18,5	0,7934	1,040	11,484
13	0,70	1,00	284,94	0,941	11,5	141,78	9,00	2	18	0,8000	1,062	23,518
14	0,27	1,00	284,94	0,388	11,5	238,44	11,48	2	22,95	0,7374	1,021	13,484
15	7,11	0,94	268,76	1,882	11,5	86,06	17,60	2	35,2	0,5853	1,136	113,008
16	0,14	1,00	284,94	0,278	11,5	286,55	13,55	2	27,1	0,6889	1,014	7,965
	20,75											415,95
		P(d)T	284,94									