
ANEJO N°6: HIDROLOGÍA Y DRENAJE

ÍNDICE

- 1. HIDROLOGÍA.....1
 - 1.1 INTRODUCCIÓN.....1
 - 1.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MORFOMÉTRICA DE LAS CUENCAS A DRENAR.....1
 - 1.2.1 DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS
 - 1.2.2 DESCRIPTORES MORFOMÉTRICOS
 - 1.2.3 DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA
 - 1.3 ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO.....6
 - 1.3.1 PERCIPITACIÓN DE CÁLCULO
 - 1.3.2 DESCRIPTORES MORFOMÉTRICOS
 - 1.3.3 DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA
 - 1.4 ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO.....7
 - 1.4.1 MODELO HIDROMETEOROLÓGICO
 - 1.4.2 CAUDAL DE DISEÑO
- 2. DRENAJE.....8
 - 2.1 INTRODUCCIÓN.....8
 - 2.2 DRENAJE LONGITUDINAL.....8
 - 2.3 DRENAJE TRANSVERSAL.....9

- APÉNDICE 1.- PLANOS DE DELIMITACIÓN DE CUENCAS.....14
- APÉNDICE 2.- CARACTERÍSTICAS REPRESENTATIVAS DE LAS CUENCAS.....15
- APÉNDICE 3.- CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE LAS CUENCAS.....18
- APÉNDICE 4.- COMPROBACIÓN HIDRAÚLICA DE LAS CUNETA.....23

1.- HIDROLOGÍA

1.1.- INTRODUCCIÓN

El objeto de este apartado es determinar el caudal de diseño de cada una de las obras de drenaje de la carretera.

Se realizará el estudio hidrológico de las cuencas interceptadas por la carretera, para obtener los caudales de cálculo de las obras de drenaje transversal y longitudinal.

Si la cuenca de aportación a la obra de drenaje es pequeña, la Instrucción 5.2.-I.C. “Drenaje Superficial” nos permite el uso de métodos hidrometeorológicos para el cálculo del caudal de drenaje. Esta norma considera que el límite para considerar si una cuenca es pequeña o no, es que el tiempo de concentración sea inferior o superior a seis horas. Como justificaremos posteriormente, las cuencas definidas se pueden considerar pequeñas.

1.2.- CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MORFOMÉTRICA DE LAS CUENCAS A DRENAR

El primer paso a realizar para poder estimar los caudales que deben desaguar los diferentes dispositivos de drenaje es la delimitación de las cuencas que aportan agua a cada uno de ellos.

El estudio hidrológico de los barrancos del “Carraixet” y “el Cerezo” no se ha incluido en este anejo.

1.2.1.- Delimitación de las cuencas hidrológicas

Para delimitar las divisorias de las cuencas, se ha realizado a partir de la cartografía proporcionada por el SIG del Ayuntamiento de Bétera.

Por otra parte, mediante el trabajo de campo, se consigue definir de forma más precisa el funcionamiento del sistema de cuencas.

Se ha realizado un plano de delimitación y situación de las cuencas hidrológicas estudiadas, el cual se adjunta en el apéndice 1, de este presente anejo.

1.2.2.- Descriptores morfométricos

Las características morfométricas de una cuenca tienen una influencia decisiva en la magnitud de los fenómenos hidrológicos que en ella se producen y, especialmente, en los mecanismos de propagación de la escorrentía superficial, por ejemplo, resulta evidente que factores como el tipo de suelo y el espesor de la capa permeable ejercen un gran efecto sobre el régimen de flujo.

A continuación, se realiza una breve descripción de los parámetros definitorios del tamaño, forma y relieve de una cuenca hidrográfica:

- La superficie es el parámetro de escala por excelencia, pues determina el orden de magnitud del volumen de precipitación, el caudal de crecida, etc.
- El perímetro es la longitud del límite exterior de la cuenca; su magnitud depende de la superficie y la forma de la cuenca.
- En cuanto al relieve y la altitud de la cuenca, resulta evidente su influencia puesto que, cuanto mayores sean las pendientes del terreno, habrá menor capacidad de infiltración y mayores velocidades en las corrientes de agua.

El descriptor morfométrico del desfase será el tiempo de concentración, también denominado tiempo de respuesta o de equilibrio, y se define como el tiempo requerido para que, durante un aguacero uniforme, se alcance el estado estacionario; es decir, el tiempo necesario para que todo el sistema contribuya eficazmente a la generación de flujo en el desagüe.

De los distintos métodos existentes para el cálculo del tiempo de concentración, la instrucción de carreteras 5.2-IC de "Drenaje superficial" recomienda la fórmula de Témez para el cálculo y será esta la que utilizaremos.

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

donde:

Tc = tiempo de concentración, en horas

L = longitud del curso principal, en kilómetros

J = pendiente media del curso principal, en tanto por uno

Esta fórmula no es aplicable al caso de las plataformas y los márgenes ya que se trata de un flujo difuso. En estos casos, la Instrucción dice que "Si el recorrido del agua sobre la superficie fuera menor de 30 m, se podrá considerar que el tiempo de concentración es de 5 minutos. Este valor se podrá aumentar de 5 a 10 minutos al aumentar el recorrido del agua por la plataforma de 30 a 150 m."

A continuación, se adjunta una tabla con las características de las diferentes cuencas consideradas en el estudio:

CUENCA	Área (km2)	Longitud cauce (m)	Cota máx. (m)	Cota mín. (m)	Pendiente media (m/m)	Tc (h)
1.01	0,0411	500,00	83,00	75,40	0,0152	0,3924
1.02	0,0397	500,00	83,00	74,00	0,018	0,3800
2.01	0,0606	586,00	83,70	71,00	0,0217	0,4139
2.02	0,1078	731,00	87,40	71,00	0,0224	0,4864
3.01	0,0292	338,00	74,50	71,50	0,0089	0,3228
3.02	0,0171	240,00	75,00	71,50	0,0146	0,2264
3.03	0,0018	63,00	72,00	71,50	0,0079	0,0920
4.01	0,0156	312,00	73,40	70,00	0,0109	0,2921
5.01	0,0282	290,00	77,00	71,60	0,0186	0,2496
5.02	0,0158	196,00	77,00	73,00	0,0204	0,1821
6.01	0,0410	323,00	76,50	75,10	0,0043	0,3574
6.02	0,0136	190,00	75,60	74,00	0,0083	0,2110
7.01	0,0136	150,00	78,00	76,50	0,01	0,1702
7.02	0,0041	54,00	79,00	78,00	0,0185	0,0696
8.01	0,0050	99,00	82,50	80,00	0,0253	0,1041
8.02	0,0024	66,00	82,50	80,00	0,0379	0,0708
9.01	0,0205	270,00	85,00	82,00	0,0111	0,2608
9.02	0,0097	177,00	83,00	82,30	0,004	0,2302
10.01	0,0532	545,00	91,00	82,00	0,0165	0,4125
10.02	0,1042	670,00	95,00	83,00	0,0179	0,4752
11.01	0,1383	760,00	102,00	87,00	0,0197	0,5134

11.02	0,0693	670,00	101,00	87,00	0,0209	0,4615
12.01	0,1225	700,00	109,00	90,00	0,0271	0,4539
12.02	0,1054	840,00	115,00	91,00	0,0286	0,5164
13.01	0,1581	907,00	112,00	95,00	0,0187	0,5930
13.02	0,1380	650,00	115,00	95,50	0,03	0,4210
14.01	0,1581	907,00	112,00	95,00	0,0187	0,5930
14.02	0,1380	650,00	115,00	95,50	0,03	0,4210
15.01	0,0475	505,00	115,00	99,00	0,0317	0,3439
15.02	0,0667	450,00	106,00	99,00	0,0156	0,3607
16.01	0,0749	900,00	111,00	100,00	0,0122	0,6394
16.02	0,1695	850,00	111,00	101,00	0,0118	0,6167
17.01	0,0534	755,00	113,00	104,00	0,0119	0,5622
17.02	0,1608	940,00	111,00	104,00	0,0074	0,7261
18.01	0,0870	602,00	113,00	103,00	0,0166	0,4444
18.02	0,1435	690,00	113,00	103,00	0,0145	0,5059
19.01	0,0863	700,00	113,00	103,00	0,0143	0,5128
19.02	0,0614	740,00	110,00	103,00	0,0095	0,5785
20.01	0,0115	525,00	108,00	103,00	0,0095	0,4451
20.02	0,0433	611,00	110,00	103,00	0,0115	0,4823

Tabla I: CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENCAS

1.2.3.- Determinación del umbral de escorrentía

En el ciclo hidrológico, una parte importante del movimiento del agua viene determinada por la infiltración. La infiltración es el proceso por el que el agua precipitada penetra desde la superficie del terreno hacia al suelo, aumentando la humedad de éste. Uno de los métodos más extendidos y experimentados de los modelos de infiltración es el del Soil Conservation Service (SCS) de los Estados Unidos (McQueen, 1982).

El umbral de escorrentía (P_0) es el único parámetro necesario para evaluar la infiltración según la expresión propuesta por el SCS. Depende de cuatro variables que engloban buena parte de las características físicas de la región, objeto de estudio:

- Tipo de suelo, atendiendo con especial interés a la capacidad drenante del terreno.
- Cubierta del suelo
- Pendiente del terreno
- Condiciones previas de humedad del complejo suelo-vegetación

La relación entre el umbral de escorrentía y las tres primeras variables es de tipo tabular; los valores de umbral de escorrentía así calculados deben corregirse en función de la cuarta variable; a tal efecto, el SCS define tres estados previos de humedad del suelo, en función de la precipitación total de los cinco días anteriores, que determinan el factor corrector del P_0 obtenido anteriormente.

El coeficiente corrector está regionalizado mediante un mapa de isóneas en la *Instrucción 5.2.- IC de Drenaje Superficial* (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1990); en cualquier caso, se ha hecho uso de un mapa posterior (1994), realizado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

Para obtener el umbral de escorrentía se ha utilizado las equivalencias entre usos de suelo de la cartografía Corine y el P_0 . En concreto, se ha empleado la tabla realizada por el Proyecto Corine Land Cover en el año de 2000 (CLC-2000), y que como datos de entrada tiene el uso del suelo, la pendiente del terreno y el tipo de suelo. Los usos empleados por la cartografía Corine están correlacionados con la clasificación que realiza el SCS. En las tablas de uso de suelo del CLC-2000 buscaremos el tipo en el que nos encontramos y obtendremos la equivalencia con la clasificación que utiliza la instrucción 5.2-I.C.

El tipo de suelo que nos encontraremos, y su correspondencia con los usos establecidos por la instrucción, será:

- Cítricos: se corresponde con “Plantación regular de aprovechamiento forestal medio”
- Masa forestal clara
- Calzada: se considera “Pavimento bituminoso o de hormigón”

El SCS propone cuatro tipos de suelos: A, B, C y D, cuyas características se describen a continuación:

- Suelo tipo A: En ellos el agua se infiltra rápidamente, aun estando muy húmedos. Profundos y de texturas gruesas (arenosos o areno-limosos), suelen estar excesivamente drenados.
- Suelo tipo B: Con una humedad elevada, tienen una capacidad de infiltración moderada. La profundidad del suelo es de media a profunda y su textura es franco-arenosa, franca, franco-arcillosa o franco-limosa. Están moderadamente drenados.
- Suelo tipo C: Con humedades elevadas, la infiltración es lenta. La profundidad del suelo es inferior a la media y la textura es franco-arcillosa, franco-arcillo- limosa o arcillo-arenosa. Son suelos imperfectamente drenados.
- Suelo tipo D: La infiltración es muy lenta con humedades elevadas. Tienen horizontes de arcilla próximos a la superficie y están pobremente drenados. Se incluyen en esta tipología los terrenos con nivel freático permanentemente alto y suelos de poco espesor.

En nuestro caso, se ha supuesto que el tipo de terreno de la zona del proyecto es de tipo B (capacidad de filtración moderada).

Como el umbral de escorrentía representa la cantidad de lluvia que es absorbida por el suelo, o lo que es lo mismo, la lluvia que ha de caer para que empiece a producirse escorrentía. Este parámetro se encuentra tabulado en según las condiciones medias de humedad del suelo y es función de la vegetación, la pendiente y el tipo de suelo. Por todo esto se debe tener en cuenta un coeficiente corrector para tener en cuenta la humedad anterior, que según el mapa de la Instrucción 5.2.-I.C , queda así:



Fig. 2-5

Figura 1: MAPA DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA

En el caso de estudio, la superficie de las cuencas vertientes se encuentran ocupadas principalmente por campos de cultivo en hilera con una pendiente menor al 3%.

Con todo lo anteriormente expuesto y siguiendo las indicaciones de la tabla 2-3 de la instrucción, se llega a que tenemos un $P_0 = 19$ mm

Así pues, tras aplicar el factor de corrección se llega a que $P_0^* = 19 * 2,5 = 47,5$ mm.

1.3.- ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO

1.3.1.- Precipitación de cálculo

Para el cálculo de la precipitación consideraremos que los periodos de retorno a utilizar serán los que recomienda la Instrucción 5.2.-I.C. en la tabla 1.2 de su apartado 1.3:

Elementos de drenaje	Periodo de retorno para IMD alta
Elementos de drenaje superficial de la plataforma y márgenes	25
Obras de drenaje transversal	100

TABLA II: PERIODOS DE RETORNO PARA IMD ALTAS

Los valores correspondientes a las precipitaciones máximas diarias en la zona se obtuvieron mediante los mapas de precipitación proporcionados por el CEDEX para la Dirección General de Carreteras en 1999, en su estudio sobre Máximas Lluvias Diarias en España. Y también utilizaremos los mapas de SIG de Precipitaciones Máximas Diarias del CAUMAX que ha sido facilitada por el CEDEX al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

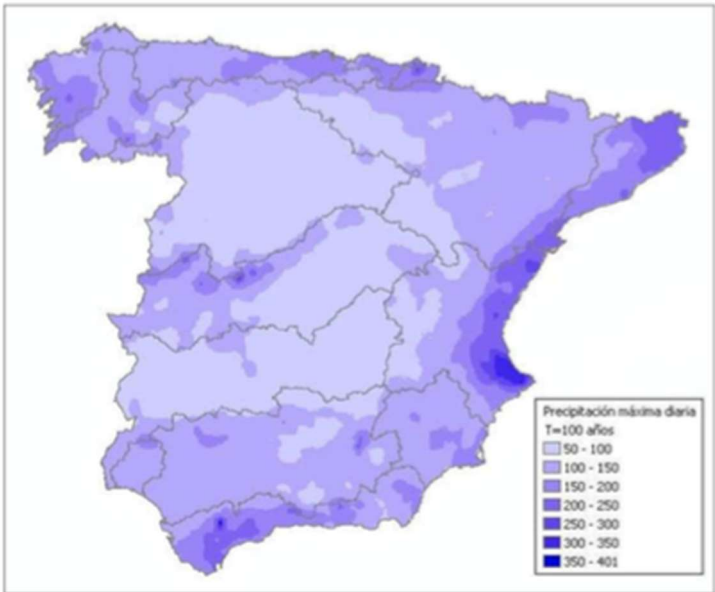


Figura II: MAPA DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS PARA 100 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO

Para el cálculo de las precipitaciones que influyen en la escorrentía que llega a las pequeñas obras ODT, dado que existe una pequeña variabilidad entre las precipitaciones asociadas a cada una de las cuencas, se ha tomado como representativas las precipitaciones de la cuenca más desfavorable, es decir, la que tiene una precipitación mayor para cada periodo de retorno.

T (años)	Pd (mm)
25	173
100	237

TABLA III: MAPA PRECIPITACIÓN DIARIA ANUAL SEGÚN EL "MAPA DE MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR"

1.3.2.- Intensidad media de precipitación. Curvas IDF

Para poder realizar el cálculo de la intensidad de lluvia se utiliza la precipitación media diaria que ha sido ponderada en el apartado anterior.

Para el cálculo de la intensidad de lluvia se ha considerado el caso más desfavorable, que será aquel donde su aguacero tenga una duración igual a la del tiempo de concentración para el correspondiente periodo de retorno considerado.

Consultando el mapa de isóneas proporcionado en la Instrucción 5.2.-I.C. que contempla la relación entre la intensidad horaria y la diaria (I_1/I_d , factor de torrencialidad) se obtiene el siguiente valor:



Figura III: MAPA DE ISOLÍNEAS PARA OBTENER EL COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD

Para la zona de estudio el factor de torrencialidad es de 11,5.

Para realizar el cálculo de la intensidad correspondiente al aguacero que tenga la duración igual al tiempo de concentración se aplica la siguiente expresión correspondiente a la curva intensidad-duración-frecuencia (IDF) de Témez:

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

Donde:

I_t = intensidad media de la tormenta de diseño, en mm/h.

I_d = intensidad media diaria, en mm/h, igual a $P_d/24$.

P_d = Precipitación diaria máxima anual, en mm, correspondiente al periodo de retorno considerado.

I_1 = intensidad media de la tormenta de 1 hora de duración, en mm/h.

t = duración de la tormenta de diseño (horas), igual al tiempo de concentración de la cuenca.

1.4.- ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO

1.4.1.- Modelo hidrometeorológico

Tal y como recomienda la Instrucción 5.2.-I.C. “Drenaje Superficial”, para el cálculo del caudal diseño de obras de drenaje se realiza el cálculo aplicando el método meteorológico.

Para cada una de las cuencas consideradas, el caudal en el punto de desagüe se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{k}$$

Donde:

Q =Caudal máximo previsible de avenidas, en m^3/s .

C = Coeficiente de escorrentía.

I =Intensidad media de precipitación en mm/h, para un periodo de retorno dado, y correspondiente a una precipitación de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca.

A =Superficie de la cuenca aportadora, en km^2 .

k = coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A , y que incluye un aumento del 20 % en Q para tener en cuenta el efecto de las puntas de precipitación. Para Q en m^3/s y A en km^2 su valor es 3.

En función del tipo de obra de drenaje a utilizar se han calculado los caudales de diseño asociados a uno u otro período de retorno, tal y como indica la tabla 1.2 de la instrucción 5.2.I.C. Por lo tanto, para el cálculo del drenaje transversal se utilizará el periodo de retorno de 100 años en cuencas con un cauce definido y el de 25 años en el caso que el agua discurra con un carácter bidimensional. En el caso del drenaje longitudinal, el periodo de retorno con el que calcular será el de 25 años.

1.4.2.- Caudal de diseño

En el presente apartado se pretende definir los aspectos anteriormente tratados al caso de las cuencas cuya escorrentía vierte a las obras de drenaje transversal (ODT) bajo el tronco de la carretera principal.

Las tipologías de las ODT son:

- Tubos de hormigón armado
- Marcos rectangulares prefabricados, de hormigón armado

En el apéndice 1 se muestran las cuencas vertientes a las ODT y las cuencas consideradas en el cálculo del drenaje longitudinal.

En el apéndice 2 se muestran las características principales de las cuencas vertientes.

En el apéndice 3 se muestra el cálculo de los caudales asociados a cada cuenca vertiente a las ODT.

2.- DRENAJE

2.1.- Introducción

El drenaje superficial de este proyecto comprende lo siguiente:

- La recogida de las aguas pluviales procedentes de la plataforma y sus márgenes, mediante cunetas, sumideros y bajantes.
- La evacuación de las aguas recogidas a cauces naturales bien sea directamente o bien a través de las ODT.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales que hayan sido cortados por la obra lineal, realizando su acondicionamiento y la construcción de ODT.

El dimensionamiento hidráulico del drenaje superficial se realizará a partir del cálculo del análisis hidrológico, dimensionando las obras necesarias para la canalización de la escorrentía superficial.

2.2.- Drenaje longitudinal

El trazado de la carretera discurre prácticamente en terraplén casi en toda su longitud. En los casos en que éste tenga una altura superior a los 3 m se contempla realizar bajantes cada 50 m, con bordillos que conduzcan el agua, desde la coronación hasta el pie del talud. Como se trata de una zona relativamente plana, el agua discurrirá hacia los puntos de desagüe naturales.

A lo largo de toda la traza se considera una cuneta trapezoidal al pie del terraplén o desmonte, dispuesta para que el trazado no suponga una barrera física para que el agua que circule hacia los cauces naturales, como los barrancos del Carraixet y del Cerezo, y el agua sea conducida hacia las diversas obras de drenaje estudiadas.

La tipología de cuneta adoptada es:

- CUNETAS TIPO: trapezoidal, de ancho de la base 1,50 m, altura 0,55 m y talud 1:1 (H:V), lo que hace un ancho en coronación de 2,60 m. La cuneta será revestida con hormigón, con espesor 12 cm.

Para dimensionar las cunetas, se ha realizado la caracterización de cada cuenca, y calculado el caudal de escorrentía en una hoja de cálculo, para un periodo de retorno de 25 años, tal y como recomienda la norma.

La fórmula de Manning se ha utilizado para la comprobación hidráulica de las cunetas, obteniendo el caudal que puede evacuar. Los cálculos se adjuntan en el apéndice 4 del presente anejo.

El valor de la precipitación total diaria, correspondiente a un periodo de retorno de 25 años, para todas las cuencas definidas, es de $Pd_{25} = 173$ mm/día

En el apéndice 2, se adjunta una tabla con las características físicas de cada una de las cuencas objeto de cálculo: superficie, cota máxima y mínima del cauce, longitud, pendiente media, tipo de uso del suelo, etc. Se adopta que el 100% del suelo está ocupado por cultivos en hilera frutales.

También se han calculado, para $T = 25$ años, los coeficientes de escorrentía de las cuencas. Por ello el coeficiente corrector K_A se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$K_A = 1 - \frac{\log(A)}{15}$$

Cálculo de los caudales de las cuencas

El cálculo de los caudales máximos para realizar el dimensionamiento del sistema de drenaje, se realiza siguiendo el Método Racional de la Instrucción 5.2.-I.C.

Para la estimación de la duración de la lluvia, como no tenemos suficientes datos para hallar la duración, utilizaremos el tiempo de concentración de la cuenca.

Por lo tanto, los valores de los caudales de avenida calculados son los siguientes:

CUENCA	Q25 (m3/s)	CUENCA	Q25 (m3/s)	CUENCA	Q25 (m3/s)
1.01	0,764	8.02	0,107	16.01	1,051
1.02	0,751	9.01	0,477	16.02	2,431
2.01	1,093	9.02	0,242	17.01	0,809
2.02	1,774	10.01	0,963	17.02	2,093
3.01	0,605	10.02	1,739	18.01	1,058
3.02	0,429	11.01	2,207	18.02	2,31
3.03	0,071	11.02	1,176	19.01	1,378
4.01	0,342	12.01	2,098	19.02	0,913
5.01	0,673	12.02	1,677	20.01	0,199
5.02	0,446	13.01	2,32	20.02	0,716
6.01	0,803	13.02	2,466		
6.02	0,354	14.01	2,32		
7.01	0,396	14.02	2,47		
7.02	0,188	15.01	0,951		
8.01	0,187	15.02	1,301		

TABLA IV: CAUDALES RECOGIDOS POR LAS CUENCAS PARA T= 25

Cálculo hidráulico de las cunetas y justificación de la capacidad hidráulica

Para el cálculo hidráulico de las cunetas se ha aplicado la fórmula de Manning, para el flujo de lámina libre:

$$Q = \frac{S}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Donde:

n = coeficiente de rugosidad de Manning, que en elementos de hormigón adopta el valor 0,014

S = área mojada (área de la sección transversal ocupada por el fluido) (m²)

R_h = radio hidráulico (m), igual a la sección mojada entre el perímetro mojado P_m

i = pendiente (m/m) de la línea de energía. Donde el régimen pueda considerarse uniforme, se tomará igual a la pendiente longitudinal del elemento.

Se ha comprobado que la cuneta es capaz de evacuar el máximo caudal, los resultados se adjuntan en el apéndice 4.

2.3.- Drenaje transversal

El objeto principal perseguido por las obras de Drenaje Transversal consiste en evitar que la construcción de la carretera genere un obstáculo para que se produzca el drenaje natural de las cuencas interceptadas, perturbándolas lo menos posible, así como canalizar la escorrentía de las cuencas interceptadas por el trazado de la carretera.

Para la realización del cálculo lo realizaremos de acuerdo al documento encontrado en internet llamado "Cálculo de Obras de Drenaje Transversal de Carreteras" propuesto por D. Víctor Flores Casillas, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y director del departamento de Presas y Obras Hidráulicas de FCC CONSTRUCCIÓN S.A. Este documento se basa en el método propuesto por el Bureau of Public Roads (U.S.A.)

La fuente del documento es la siguiente:
<http://www.fccco.com/documents/265311/320625/C%C3%A1lculo%20de%20obras%20de%20drenaje%20transversal%20en%20carreteras%20VIII%20Curso>

Criterios de Diseño

Las obras de drenaje transversal se han calculado y comprobado hidráulicamente para poder soportar un caudal de avenida asociado a un período de retorno de 100 años, tal y como indica en sus recomendaciones la Instrucción 5.2.-I.C.

Para obtener la lámina de agua a la salida de las ODT se ha realizado una estimación del funcionamiento del caudal de diseño, cuyo funcionamiento estimado ha sido que se encuentra en régimen uniforme y crítico en los cauces donde desaguan. También se han diseñado las ODT de manera que el agua nunca sumerja la entrada a dicha obra, por lo tanto, nunca sobrepasando el valor de 1,2 veces la altura libre de la sección de entrada, esto supone reducir la cota de energía a la entrada en un 20% de la altura. Por lo tanto, se ha adoptado que el funcionamiento es de "Clase I" según la metodología propuesta por la publicación anteriormente nombrada. En dicha clase de desagües existen 4 tipos, que en el siguiente punto pasaremos a averiguar.

Se ha impuesto también que el control se encuentre aguas arriba, en la entrada a la ODT, para que así no se pueda producir una inundación de la ODT si su funcionamiento es el correcto, es decir, en régimen rápido.

También se aplica el criterio de las velocidades máximas y mínimas para evitar erosiones y sedimentaciones respectivamente. Por lo tanto, se han ajustado las velocidades para que se encuentren siempre entre 0.6 m/s de mínimo y 6 m/s de máximo en las ODT de hormigón. Todas las velocidades se encuentran entre 2-3 m/s.

Para el cálculo de la pérdida por fricción entre el conducto y el agua se utiliza la Formula de Manning.

Metodología de cálculo

Según el método seguido del Bureau of Public Roads de los EUA, debemos determinar las condiciones de funcionamiento de las ODT, que será alguna de las 8 condiciones típicas de funcionamiento que el método propone. En esta figura se muestran:

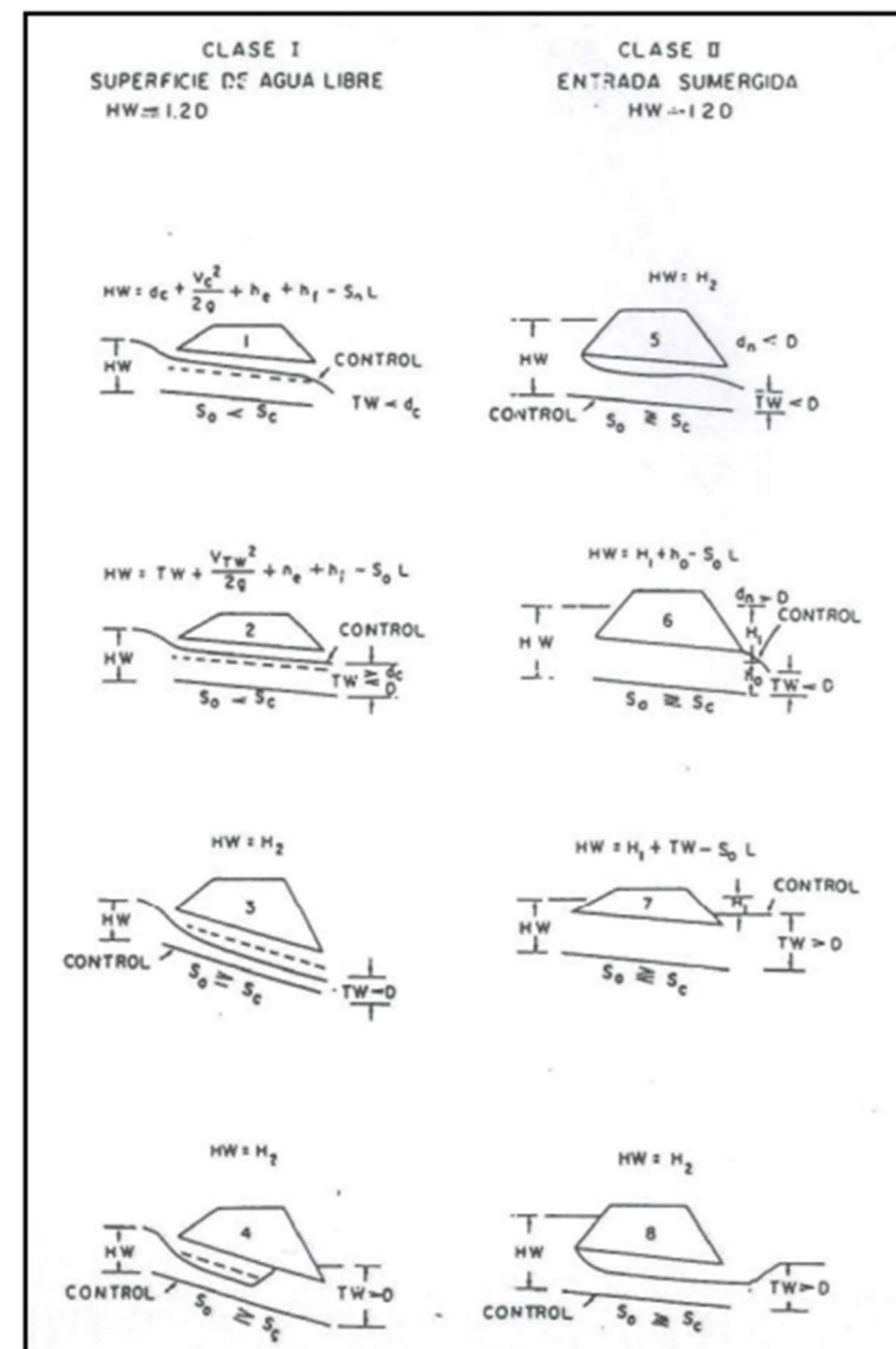


Figura IV: CONDICIONES TÍPICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS ODT

Para saber qué tipo de funcionamiento tenemos en cada obra de drenaje transversal proyectada, se han obtenido todos los cálculos necesarios para la aplicación de método:

Cálculo en la entrada del Colector de Desagüe.

- Tipología de entrada, para conocer el coeficiente K_e pérdida de carga en la entrada h_e
- Cota en la entrada: Z_e , para conocer el desnivel entre la entrada y la salida, así como la longitud y su pendiente.
- Datos para el Cálculo en el Colector del Desagüe.
- Tipología de colector
- Dimensiones del colector: Hallar D, que es la altura de la sección
- Longitud de la ODT: cálculo de las pérdidas de carga por rozamiento, h_f .
- Pendiente de la ODT: S_0
- Rugosidad del material: Coeficiente de Manning, n

Datos para el Cálculo a la salida del Colector de Desagüe.

- Cota de salida: Z_s
- Cota de la lámina de agua: TW.

Con todo ello se realizan los cálculos para que la ODT cumpla su función de drenaje de la escorrentía de las cuencas, siempre que cumpla con las siguientes restricciones:

- El nivel de agua HW en la entrada deberá ser menor que $1,2 \cdot D$ y al mismo tiempo deberá dejar un resguardo de 0,50 m, para cumplir con la Instrucción 5.2.-I.C.
- Las velocidades de entrada y salida de la ODT deberán ser menores de 6 m/s si son de hormigón.

Mediante la aplicación de las formulas propuestas por el Bureau of Public Roads, se realiza el cálculo utilizando una hoja de Excel.

Las fórmulas aplicadas son las siguientes:

- Formula de Manning

$$I = \frac{n^2 \cdot v^2}{R_H^{4/3}}$$

Donde:

- $I = S_0$, pendiente del desagüe
- n = rugosidad de Manning
- $V = V_n = Q/S$ velocidad en régimen uniforme con Q, el caudal de diseño y S, la superficie mojada para el calado d_n
- $R_H = S/P$ = radio hidráulico en S, P perímetro mojado.

- Formula del Régimen Crítico

$$F = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \frac{S}{T}}}$$

Con:

- $F = 1$, número de Froud
- $V = V_c$ = velocidad en régimen uniforme para el calado crítico d_c
- S = superficie mojada para el calado crítico
- T = tirante de la lámina de agua en el desagüe para el calado crítico d_c

- Fórmula de Cálculo de perdidas continuas en el interior de la ODT. Fórmula de Manning

$$h_f = \left(\frac{n^2 \cdot v^2}{R_H^{4/3}} \right) \cdot L$$

en la que todos los términos que aparecen ya han sido descritos. Estas pérdidas se determinan para todos los términos que aparecen ya han sido descritos. Estas pérdidas se determinan para todos los regímenes que se han estudiado y se adoptan para el cálculo las siguientes:

- si $S_0 < S_c$ (pendiente suave), se adoptan las dadas por el calado menor entre d_n y $1.1 d_c$
- si $S_0 = S_c$ (pendiente crítica), se adoptan las dadas por el calado crítico d_c
- si $S_0 > S_c$ (pendiente fuerte), se adoptan las dadas por el calado uniforme d_n

- Fórmulas para el cálculo de la altura en la entrada de la ODT según el tipo:

Tipo 1

$$HW(I.1) = d_c + \frac{V_c^2}{2g} + K_e \cdot \frac{V_e^2}{2g} + h_f - S_0 \cdot L$$

Tipo 2

$$HW(I.2) = TW + \frac{V_{TW}^2}{2g} + K_e \cdot \frac{V_e^2}{2g} + h_f - S_0 \cdot L$$

Tipo 3

$$HW(I.3) = d_c + \frac{V_c^2}{2g} + (1 + K_e)$$

Tipo 4

$$HW(I.4) = d_c + \frac{V_c^2}{2g} + (1 + K_e)$$

Tipo 5

$$HW(II.5) = D + \frac{V_D^2}{2g} + (1 + K_e)$$

Tipo 6

$$HW(II.6) = h_0 + \frac{V_D^2}{2g} + (1 + K_e) + h_f - S_0 \cdot L$$

Tipo 7

$$HW(II.7) = TW + \frac{V_D^2}{2g} + (1 + K_e) + h_f - S_0 \cdot L$$

Tipo 8

$$HW(II.8) = D + \frac{V_D^2}{2g} + (1 + K_e)$$

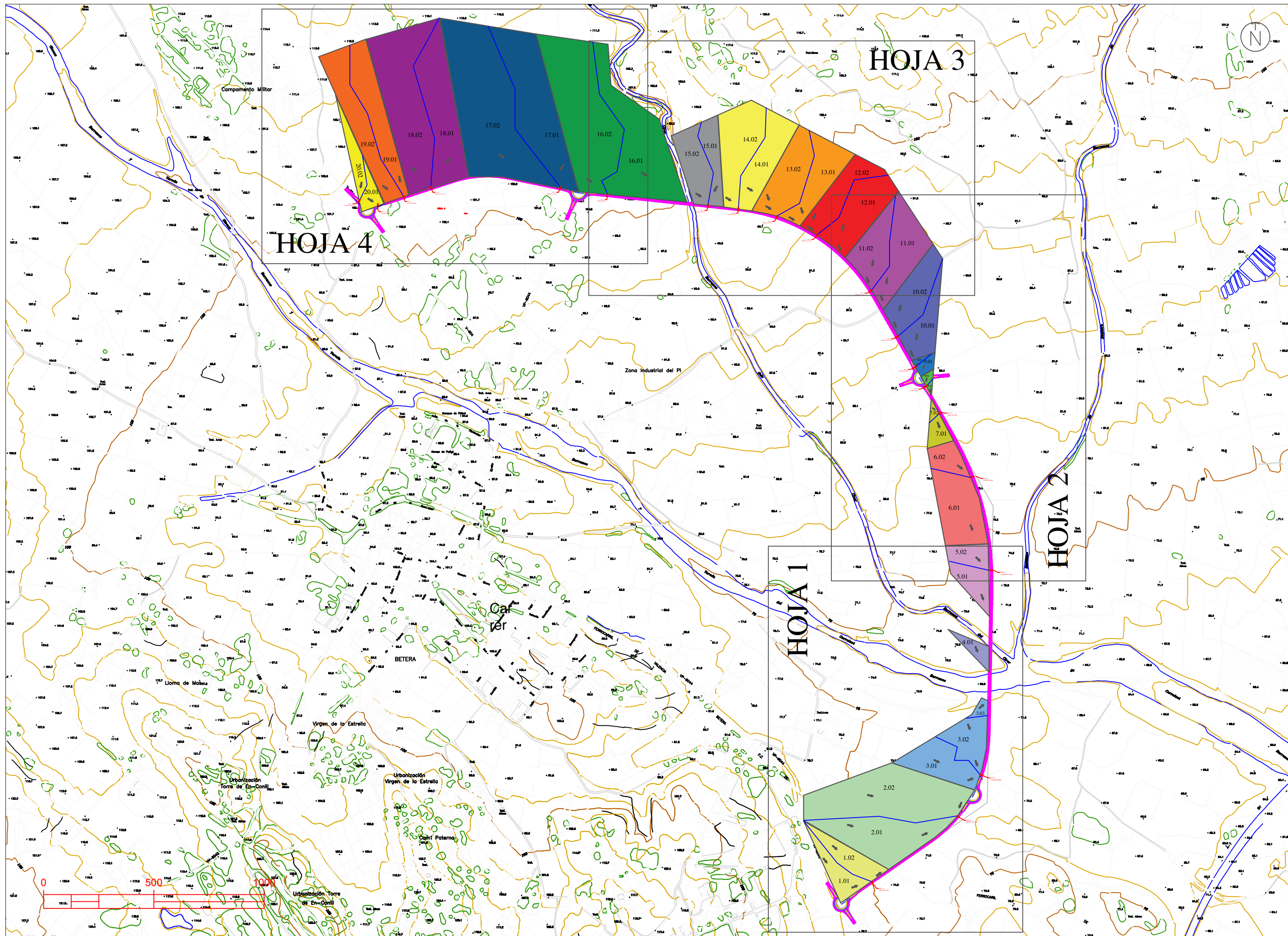
Por lo tanto, los caudales recogidos en cada ODT son:

ODT	PK de localización	CUENCAS QUE RECOGE	Q 100 (m3/s)	TIPO DE ODT
A	0+169,75	1.01	1,35	TUBO Ø 1200
B	0+662,62	(1.02+2.01)+2.02	5,67	MARCO 2X1,50
C	0+879,32	3.01+3.02	1,82	2 TUBOS Ø 800
D	1+811,21	5.02+6.01	2,20	2 TUBOS Ø 1200
E	2+244,69	6.02+7.01	1,32	1 TUBO Ø 1200
F	2+568,92	7.02+8.01	0,66	1 TUBO Ø 1200
G	2+706,70	8.02+9.01	1,03	2 TUBOS Ø 800
H	2+807,09	9.02+10.01	2,12	2 TUBOS Ø 1200
I	2+967,01	10.02+11.01	6,95	MARCO 2X1,50
J	3+206,60	11.02+12.01	5,76	MARCO 2X1,50
K	3+559,77	12.02+13.01	7,04	MARCO 2X1,50
L	3+759,32	13.02+14.01	6,45	MARCO 2X1,50
M	3+936,62	14.02	2,22	1 TUBO Ø 1200
N	4+075,20	15.01+15.02	2,29	MARCO 2X1,50
O	4+533,64	16.02	0,63	1 TUBO Ø 1200
P	4+752,15	17.01+17.02	6,50	MARCO 2X1,50
Q	5+348,23	18.01+18.02	6,53	MARCO 2X1,50
R	5+479,79	19.01+19.02	2,43	2 TUBOS Ø 1200
S	5+603,77	20.01	2,09	2 TUBOS Ø 1200
T		20.02	1,26	1 TUBO Ø 1200

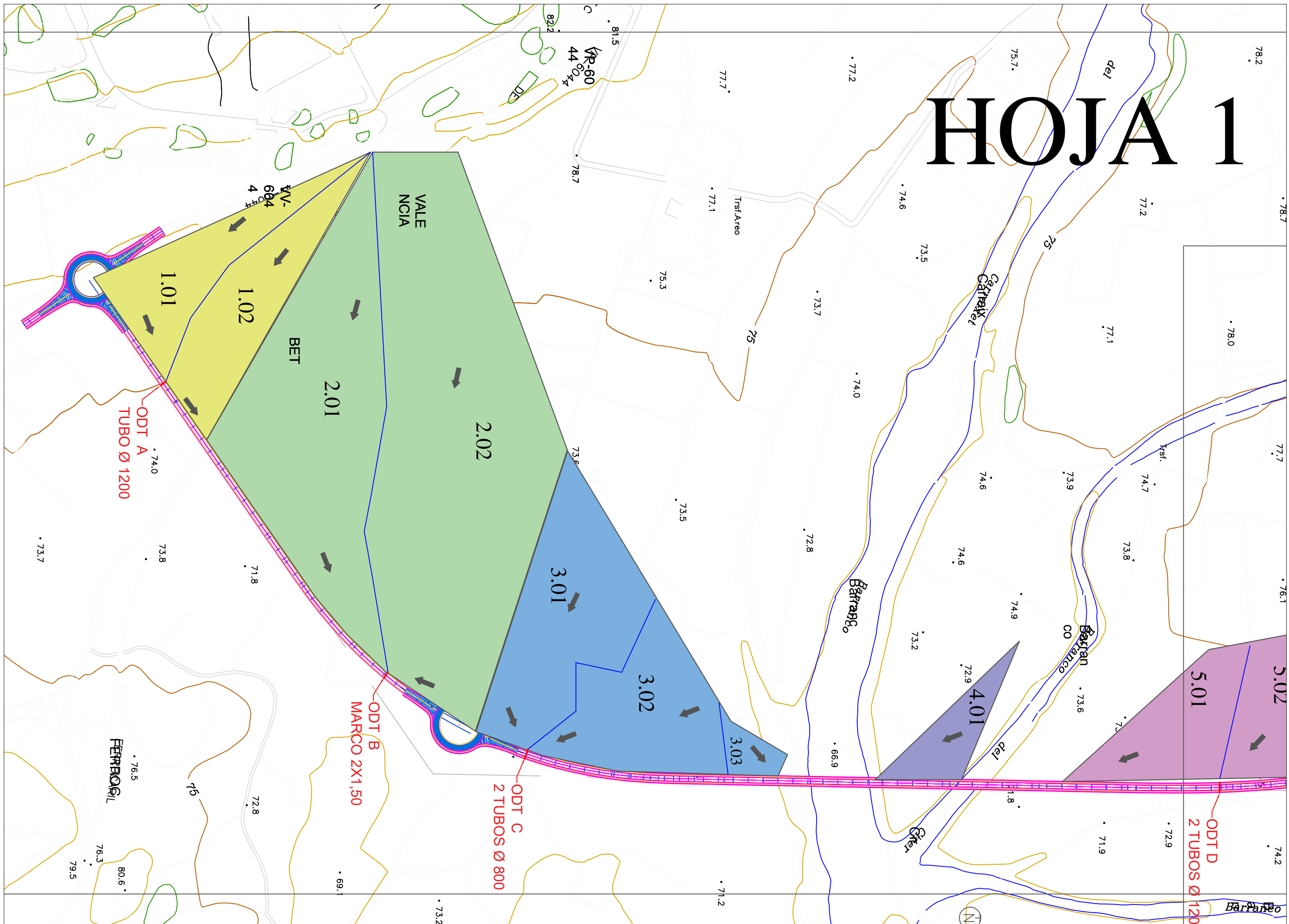
TABLA IV: CAUDALES Y ODT CONSIDERADAS PARA T= 100 AÑOS

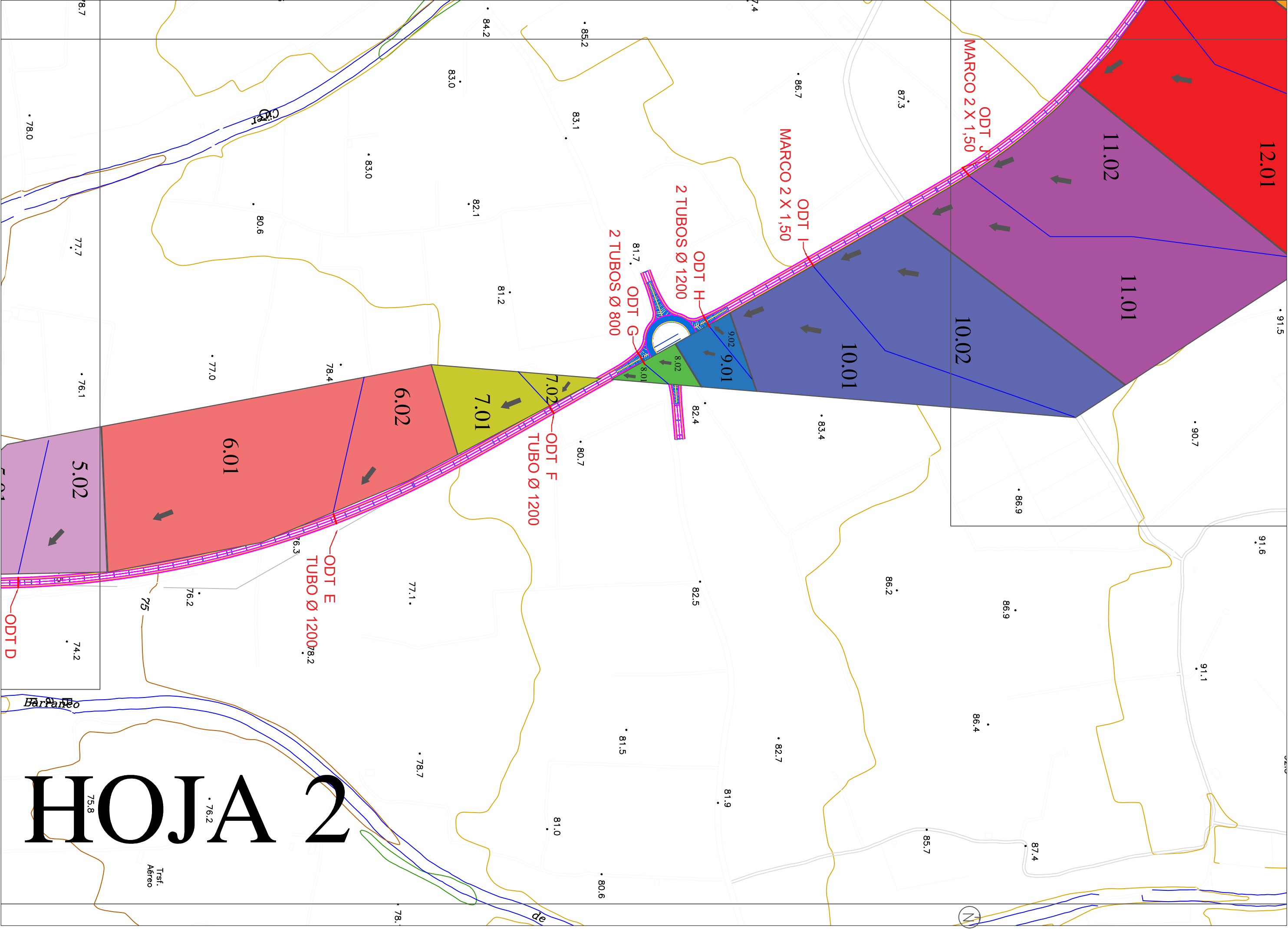


APÉNDICE 1.- PLANOS DE DELIMITACIÓN DE CUENCAS

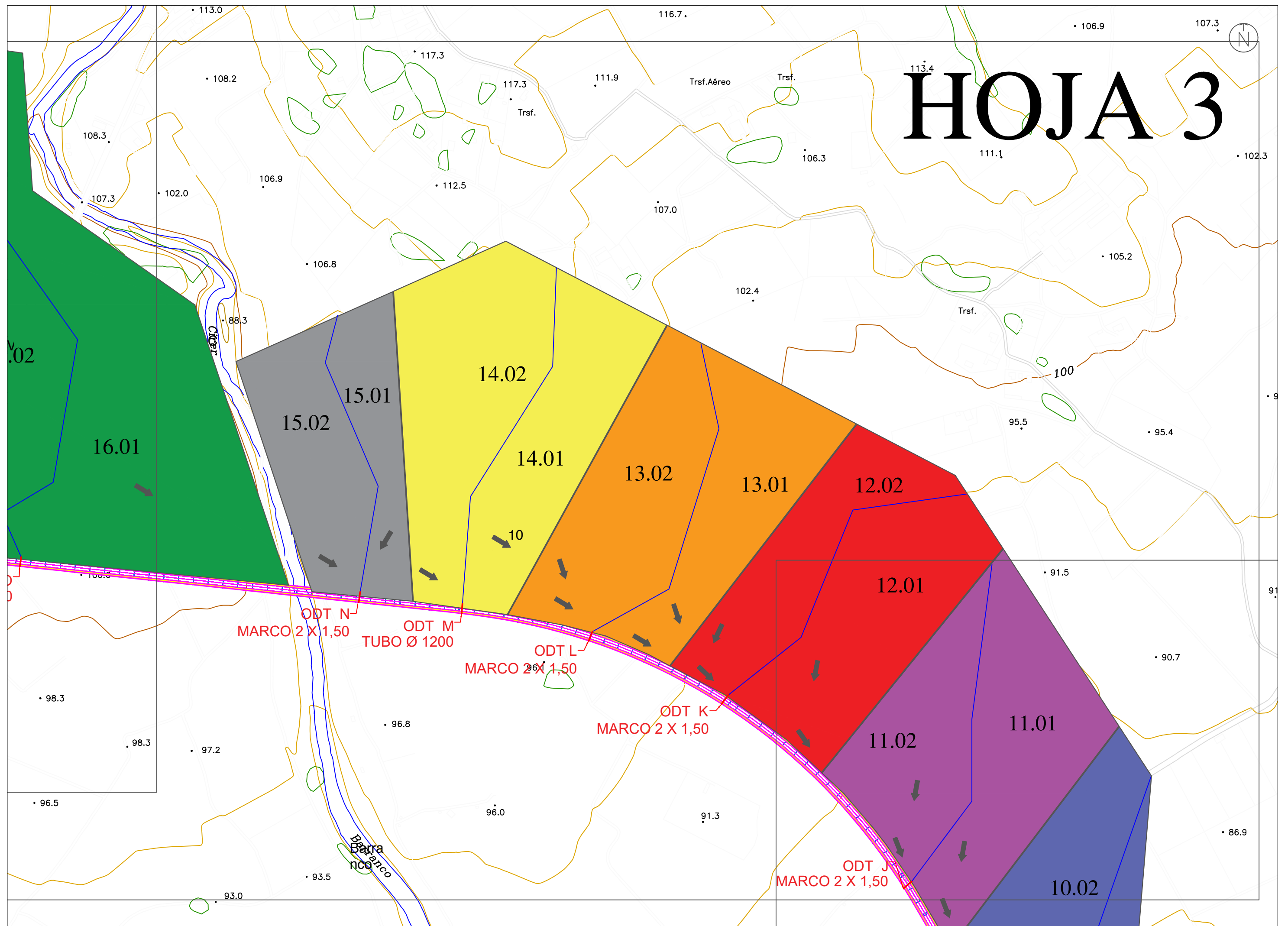


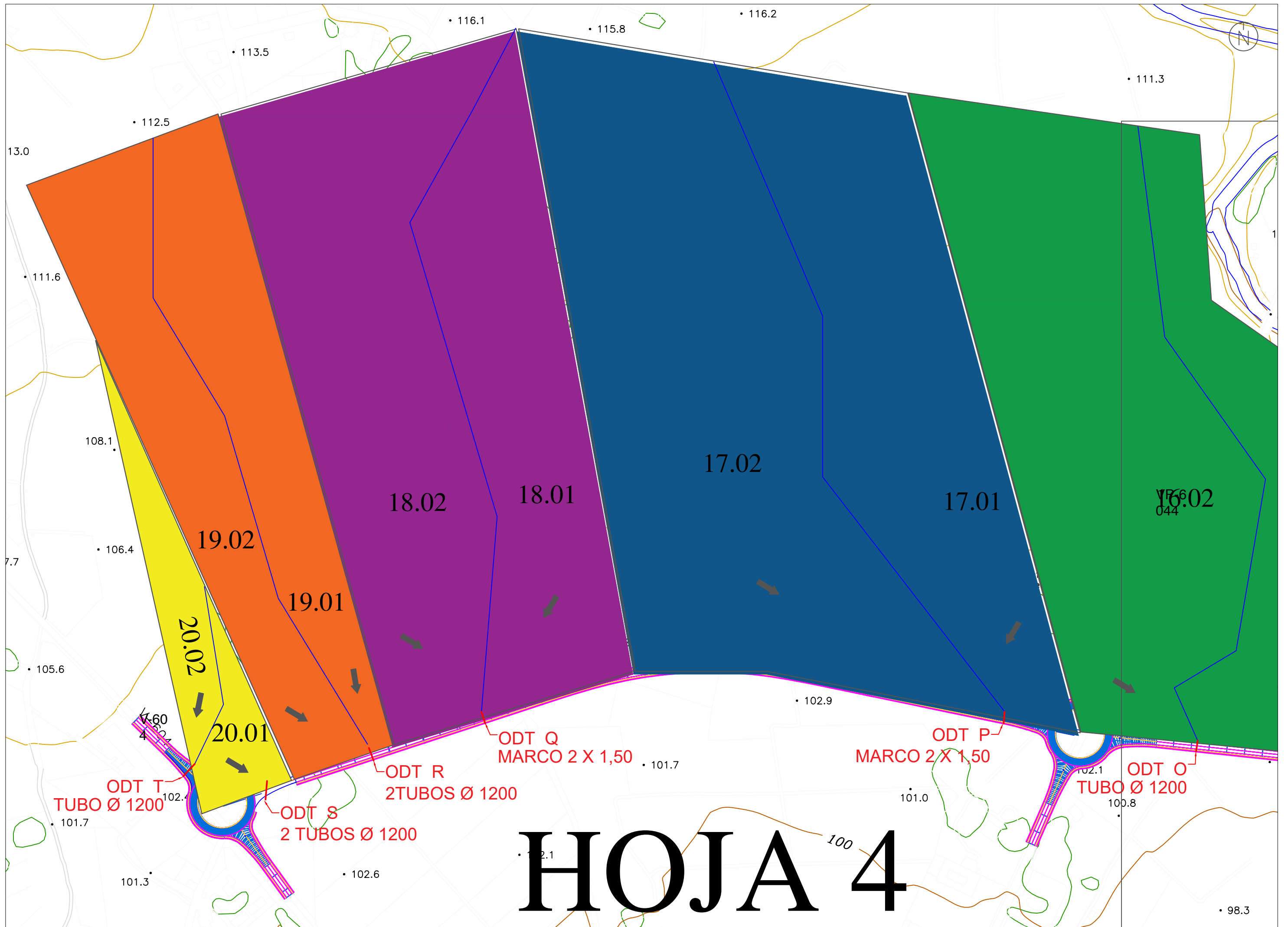
HOJA 1





HOJA 2







**APÉNDICE 2.- CARACTERÍSTICAS REPRESENTATIVAS
DE LAS CUENCAS**

CUENCA	Área (km2)	Longitud cauce (m)	Cota máx. (m)	Cota mín. (m)	Pendiente media (m/m)	Tc (h)	Pd (mm)	Pd* (mm)	Po (mm)	Po correg	C
1.01	0,0411	500	83	75,4	0,0152	0,3924	173	173,00	19	47,5	0,387724
1.02	0,0397	500	83	74	0,018	0,38	173	173,00	19	47,5	0,387724
2.01	0,0606	586	83,7	71	0,0217	0,4139	173	173,00	19	47,5	0,387724
2.02	0,1078	731	87,4	71	0,0224	0,4864	173	173,00	19	47,5	0,387724
3.01	0,0292	338	74,5	71,5	0,0089	0,3228	173	173,00	19	47,5	0,387724
3.02	0,0171	240	75	71,5	0,0146	0,2264	173	173,00	19	47,5	0,387724
3.03	0,0018	63	72	71,5	0,0079	0,092	173	173,00	19	47,5	0,387724
4.01	0,0156	312	73,4	70	0,0109	0,2921	173	173,00	19	47,5	0,387724
5.01	0,0282	290	77	71,6	0,0186	0,2496	173	173,00	19	47,5	0,387724
5.02	0,0158	196	77	73	0,0204	0,1821	173	173,00	19	47,5	0,387724
6.01	0,041	323	76,5	75,1	0,0043	0,3574	173	173,00	19	47,5	0,387724
6.02	0,0136	190	75,6	74	0,0083	0,211	173	173,00	19	47,5	0,387724
7.01	0,0136	150	78	76,5	0,01	0,1702	173	173,00	19	47,5	0,387724
7.02	0,0041	54	79	78	0,0185	0,0696	173	173,00	19	47,5	0,387724
8.01	0,005	99	82,5	80	0,0253	0,1041	173	173,00	19	47,5	0,387724
8.02	0,0024	66	82,5	80	0,0379	0,0708	173	173,00	19	47,5	0,387724
9.01	0,0205	270	85	82	0,0111	0,2608	173	173,00	19	47,5	0,387724
9.02	0,0097	177	83	82,3	0,004	0,2302	173	173,00	19	47,5	0,387724
10.01	0,0532	545	91	82	0,0165	0,4125	173	173,00	19	47,5	0,387724



10.02	0,1042	670	95	83	0,0179	0,4752	173	173,00	19	47,5	0,387724
11.01	0,1383	760	102	87	0,0197	0,5134	173	173,00	19	47,5	0,387724
11.02	0,0693	670	101	87	0,0209	0,4615	173	173,00	19	47,5	0,387724
12.01	0,1225	700	109	90	0,0271	0,4539	173	173,00	19	47,5	0,387724
12.02	0,1054	840	115	91	0,0286	0,5164	173	173,00	19	47,5	0,387724
13.01	0,1581	907	112	95	0,0187	0,593	173	173,00	19	47,5	0,387724
13.02	0,138	650	115	95,5	0,03	0,421	173	173,00	19	47,5	0,387724
14.01	0,1581	907	112	95	0,0187	0,593	173	173,00	19	47,5	0,387724
14.02	0,138	650	115	95,5	0,03	0,421	173	173,00	19	47,5	0,387724
15.01	0,0475	505	115	99	0,0317	0,3439	173	173,00	19	47,5	0,387724
15.02	0,0667	450	106	99	0,0156	0,3607	173	173,00	19	47,5	0,387724
16.01	0,0749	900	111	100	0,0122	0,6394	173	173,00	19	47,5	0,387724
16.02	0,1695	850	111	101	0,0118	0,6167	173	173,00	19	47,5	0,387724
17.01	0,0534	755	113	104	0,0119	0,5622	173	173,00	19	47,5	0,387724
17.02	0,1608	940	111	104	0,0074	0,7261	173	173,00	19	47,5	0,387724
18.01	0,087	602	113	103	0,0166	0,4444	173	173,00	19	47,5	0,387724
18.02	0,1435	690	113	103	0,0145	0,5059	173	173,00	19	47,5	0,387724
19.01	0,0863	700	113	103	0,0143	0,5128	173	173,00	19	47,5	0,387724
19.02	0,0614	740	110	103	0,0095	0,5785	173	173,00	19	47,5	0,387724
20.01	0,0115	525	108	103	0,0095	0,4451	173	173,00	19	47,5	0,387724
20.02	0,0433	611	110	103	0,0115	0,4823	173	173,00	19	47,5	0,387724



APÉNDICE 3.- CÁLULO DE LOS CAUDALES DE LAS CUENCAS

COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD $I1/I_d = 11,5$

CUENCA	Área (km ²)	T _c (h)	PERIODO RETORNO T (años)	PRECIPITACIÓN MAXIMA ANUAL Pd (mm)	INTENSIDAD MEDIA DIARIA Id (mm/h)	INTENSIDAD MEDIA DE LA TORMENTA I (mm/h)	CAUDAL MÁXIMA DE La CUENCA Q (m ³ /s)
1.01	0,0411	0,3924	25	173,00	7,21	143,91	0,764
			100	237,00	9,88	197,15	1,345
1.02	0,0397	0,38	25	173,00	7,21	146,51	0,751
			100	237,00	9,88	200,71	1,322
2.01	0,0606	0,4139	25	173,00	7,21	139,64	1,093
			100	237,00	9,88	191,29	1,924
2.02	0,1078	0,4864	25	173,00	7,21	127,36	1,774
			100	237,00	9,88	174,47	3,124
3.01	0,0292	0,3228	25	173,00	7,21	160,43	0,789
			100	237,00	9,88	219,79	1,065
3.02	0,0171	0,2264	25	173,00	7,21	194,42	0,429
			100	237,00	9,88	266,35	0,755
3.03	0,0018	0,092	25	173,00	7,21	307,56	0,071
			100	237,00	9,88	421,34	0,126
4.01	0,0156	0,2921	25	173,00	7,21	169,47	0,342
			100	237,00	9,88	232,16	0,601
5.01	0,0282	0,2496	25	173,00	7,21	184,55	0,673
			100	237,00	9,88	252,83	1,185

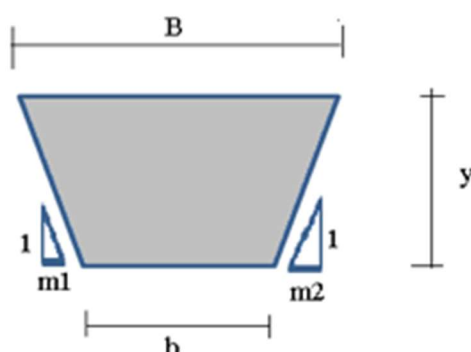
5.02	0,0158	0,1821	25	173,00	7,21	218,05	0,446
			100	237,00	9,88	298,71	0,786
6.01	0,041	0,3574	25	173,00	7,21	151,64	0,803
			100	237,00	9,88	207,74	1,413
6.02	0,0136	0,211	25	173,00	7,21	201,86	0,354
			100	237,00	9,88	276,54	0,623
7.01	0,0136	0,1702	25	173,00	7,21	225,85	0,396
			100	237,00	9,88	309,4	0,698
7.02	0,0041	0,0696	25	173,00	7,21	351,47	0,188
			100	237,00	9,88	481,49	0,332
8.01	0,005	0,1041	25	173,00	7,21	289,5	0,187
			100	237,00	9,88	396,6	0,329
8.02	0,0024	0,0708	25	173,00	7,21	348,73	0,107
			100	237,00	9,88	477,73	0,188
9.01	0,0205	0,2608	25	173,00	7,21	180,25	0,477
			100	237,00	9,88	246,93	0,839
9.02	0,0097	0,2302	25	173,00	7,21	192,72	0,242
			100	237,00	9,88	264,01	0,426
10.01	0,0532	0,4125	25	173,00	7,21	139,91	0,963
			100	237,00	9,88	191,67	1,695
10.02	0,1042	0,4752	25	173,00	7,21	129,08	1,739
			100	237,00	9,88	176,84	3,06
11.01	0,1383	0,5134	25	173,00	7,21	123,46	2,207
			100	237,00	9,88	169,14	3,884

11.02	0,0693	0,4615	25	173,00	7,21	131,3	1,176
			100	237,00	9,88	179,83	2,069
12.01	0,1225	0,4539	25	173,00	7,21	132,5	2,098
			100	237,00	9,88	181,52	3,693
12.02	0,1054	0,5164	25	173,00	7,21	123,05	1,677
			100	237,00	9,88	168,57	2,951
13.01	0,1581	0,593	25	173,00	7,21	113,52	2,32
			100	237,00	9,88	155,52	4,084
13.02	0,138	0,421	25	173,00	7,21	138,3	2,466
			100	237,00	9,88	189,46	4,341
14.01	0,1581	0,593	25	173,00	7,21	113,52	2,32
			100	237,00	9,88	155,52	4,084
14.02	0,138	0,421	25	173,00	7,21	138,3	2,47
			100	237,00	9,88	189,46	43431
15.01	0,0475	0,3439	25	173,00	7,21	154,9	0,951
			100	237,00	9,88	212,21	1,674
15.02	0,0667	0,3607	25	173,00	7,21	150,86	1,301
			100	237,00	9,88	206,67	2,291
16.01	0,0749	0,6394	25	173,00	7,21	108,6	1,051
			100	237,00	9,88	148,78	1,85
16.02	0,1695	0,6167	25	173,00	7,21	110,94	2,431
			100	237,00	9,88	151,99	4,279
17.01	0,0534	0,5622	25	173,00	7,21	117,13	0,809
			100	237,00	9,88	160,46	1,423

17.02	0,1608	0,7261	25	173,00	7,21	100,69	2,093
			100	237,00	9,88	137,95	3,683
18.01	0,087	0,4444	25	173,00	7,21	134,12	1,058
			100	237,00	9,88	183,74	2,654
18.02	0,1435	0,5059	25	173,00	7,21	124,52	2,31
			100	237,00	9,88	170,58	4,066
19.01	0,0863	0,5128	25	173,00	7,21	123,54	1,378
			100	237,00	9,88	169,24	2,426
19.02	0,0614	0,5785	25	173,00	7,21	115,18	0,913
			100	237,00	9,88	157,79	1,608
20.01	0,0115	0,4451	25	173,00	7,21	133,99	0,199
			100	237,00	9,88	183,56	0,35
20.02	0,0433	0,4823	25	173,00	7,21	127,99	0,716
			100	237,00	9,88	175,34	1,261



APÉNDICE 4.- COMPROBACIÓN HIDRAÚLICA DE LAS CUNETAS



GEOMETRIA DE LA SECCIÓN TRAPEZOIDAL DEL CANAL

Nombre 1.01 De PK 0+000 a 0+169,75

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y)	0,55 mts
Pendiente 1 (m1)	1
Pendiente 2 (m2)	1
Ancho del Fondo del Canal (b)	1,5 mts
Coefficiente de Manning	0,014
Pendiente del canal	0,02313

RESULTADOS

Caudal a Conducir	6,30 mts ³ /seg
Velocidad del Flujo	5,59 mts/seg
Area del Flujo	1,1275 mts ²
Perímetro mojado del flujo	3,06 mts
Radio Hidráulico del Flujo	0,37 mts
Ancho de la superficie del flujo (B)	2,6 mts

Nombre 1.02 De 0+169,75 a 0+266,81

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y)	0,55 mts
Pendiente 1 (m1)	1
Pendiente 2 (m2)	1
Ancho del Fondo del Canal (b)	1,5 mts
Coefficiente de Manning	0,014
Pendiente del canal	0,01939

RESULTADOS

Caudal a Conducir	5,77 mts ³ /seg
Velocidad del Flujo	5,12 mts/seg
Area del Flujo	1,1275 mts ²
Perímetro mojado del flujo	3,06 mts
Radio Hidráulico del Flujo	0,37 mts
Ancho de la superficie del flujo (B)	2,6 mts

Nombre 2.01 De 0+266,81 a 0+662,62

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) 0,55 mts

Pendiente 1 (m1) 1

Pendiente 2 (m2) 1

Ancho del Fondo del Canal (b) 1,5 mts

Coefficiente de Manning 0,014

Pendiente del canal 0,00625

RESULTADOS

Caudal a Conducir 3,28 mts³/seg

Velocidad del Flujo 2,91 mts/seg

Area del Flujo 1,1275 mts²

Perímetro mojado del flujo 3,06 mts

Radio Hidráulico del Flujo 0,37 mts

Ancho de la superficie del flujo (B) 2,6 mts

Nombre 2.02 De 0+662,62 a 0+804,81

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) 0,55 mts

Pendiente 1 (m1) 1

Pendiente 2 (m2) 1

Ancho del Fondo del Canal (b) 1,5 mts

Coefficiente de Manning 0,014

Pendiente del canal 0,00295

RESULTADOS

Caudal a Conducir 2,25 mts³/seg

Velocidad del Flujo 2,00 mts/seg

Area del Flujo 1,1275 mts²

Perímetro mojado del flujo 3,06 mts

Radio Hidráulico del Flujo 0,37 mts

Ancho de la superficie del flujo (B) 2,6 mts

Nombre 3.01 De 0+804,81 a 0+879,32

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts
Pendiente 1 (m1) **1**
Pendiente 2 (m2) **1**
Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts
Coeficiente de Manning **0,014**
Pendiente del canal **0,0107**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **4,29** mts³/seg
Velocidad del Flujo **3,80** mts/seg
Area del Flujo **1,1275** mts²
Perímetro mojado del flujo **3,06** mts
Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts
Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 3.02 De 0+879,32 a 1+152,53

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts
Pendiente 1 (m1) **1**
Pendiente 2 (m2) **1**
Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts
Coeficiente de Manning **0,014**
Pendiente del canal **0,00104**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **1,34** mts³/seg
Velocidad del Flujo **1,19** mts/seg
Area del Flujo **1,1275** mts²
Perímetro mojado del flujo **3,06** mts
Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts
Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 3.03 De 1+152,53 1+220,62

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) 0,55 mts

Pendiente 1 (m1) 1

Pendiente 2 (m2) 1

Ancho del Fondo del Canal (b) 1,5 mts

Coefficiente de Manning 0,014

Pendiente del canal 0,00244

RESULTADOS

Caudal a Conducir 2,05 mts³/seg

Velocidad del Flujo 1,82 mts/seg

Area del Flujo 1,1275 mts²

Perímetro mojado del flujo 3,06 mts

Radio Hidráulico del Flujo 0,37 mts

Ancho de la superficie del flujo (B) 2,6 mts

Nombre 4.01 De 1+350,14 a 1+459,08

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) 0,55 mts

Pendiente 1 (m1) 1

Pendiente 2 (m2) 1

Ancho del Fondo del Canal (b) 1,5 mts

Coefficiente de Manning 0,014

Pendiente del canal 0,00097

RESULTADOS

Caudal a Conducir 1,29 mts³/seg

Velocidad del Flujo 1,14 mts/seg

Area del Flujo 1,1275 mts²

Perímetro mojado del flujo 3,06 mts

Radio Hidráulico del Flujo 0,37 mts

Ancho de la superficie del flujo (B) 2,6 mts

Nombre	5.01	De 1+599,23 a 1+811,21
--------	------	------------------------

Datos a ingresar	
Profundidad del Canal (y)	0,55 mts
Pendiente 1 (m1)	1
Pendiente 2 (m2)	1
Ancho del Fondo del Canal (b)	1,5 mts
Coefficiente de Manning	0,014
Pendiente del canal	0,00675

RESULTADOS	
Caudal a Conducir	3,40 mts ³ /seg
Velocidad del Flujo	3,02 mts/seg
Area del Flujo	1,1275 mts ²
Perímetro mojado del flujo	3,06 mts
Radio Hidráulico del Flujo	0,37 mts
Ancho de la superficie del flujo (B)	2,6 mts

Nombre	5.02	De 1+811,21 a 1+930,22
--------	------	------------------------

Datos a ingresar	
Profundidad del Canal (y)	0,55 mts
Pendiente 1 (m1)	1
Pendiente 2 (m2)	1
Ancho del Fondo del Canal (b)	1,5 mts
Coefficiente de Manning	0,014
Pendiente del canal	0,00353

RESULTADOS	
Caudal a Conducir	2,46 mts ³ /seg
Velocidad del Flujo	2,18 mts/seg
Area del Flujo	1,1275 mts ²
Perímetro mojado del flujo	3,06 mts
Radio Hidráulico del Flujo	0,37 mts
Ancho de la superficie del flujo (B)	2,6 mts

Nombre 6.01 De 1+930,22 a 2+244,69

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts

Pendiente 1 (m1) **1**

Pendiente 2 (m2) **1**

Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts

Coefficiente de Manning **0,014**

Pendiente del canal **0,00833**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **3,78** mts³/seg

Velocidad del Flujo **3,35** mts/seg

Area del Flujo **1,1275** mts²

Perímetro mojado del flujo **3,06** mts

Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts

Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 6.02 De 2+244,69 a 2+429,30

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts

Pendiente 1 (m1) **1**

Pendiente 2 (m2) **1**

Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts

Coefficiente de Manning **0,014**

Pendiente del canal **0,00907**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **3,95** mts³/seg

Velocidad del Flujo **3,50** mts/seg

Area del Flujo **1,1275** mts²

Perímetro mojado del flujo **3,06** mts

Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts

Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 7.01 De 2+429,30 a 2+568,92

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts
Pendiente 1 (m1) **1**
Pendiente 2 (m2) **1**
Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts
Coeficiente de Manning **0,014**
Pendiente del canal **0,0106**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **4,27** mts³/seg
Velocidad del Flujo **3,78** mts/seg
Area del Flujo **1,1275** mts²
Perímetro mojado del flujo **3,06** mts
Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts
Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 7.02 De 2+568,92 a 2+646,79

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts
Pendiente 1 (m1) **1**
Pendiente 2 (m2) **1**
Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts
Coeficiente de Manning **0,014**
Pendiente del canal **0,0126**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **4,65** mts³/seg
Velocidad del Flujo **4,12** mts/seg
Area del Flujo **1,1275** mts²
Perímetro mojado del flujo **3,06** mts
Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts
Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 8.01 De 2+657,65 a 2+706,70

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y)	0,55 mts
Pendiente 1 (m1)	1
Pendiente 2 (m2)	1
Ancho del Fondo del Canal (b)	1,5 mts
Coefficiente de Manning	0,014
Pendiente del canal	0,0098

RESULTADOS

Caudal a Conducir	4,10 mts ³ /seg
Velocidad del Flujo	3,64 mts/seg
Area del Flujo	1,1275 mts ²
Perímetro mojado del flujo	3,06 mts
Radio Hidráulico del Flujo	0,37 mts
Ancho de la superficie del flujo (B)	2,6 mts

Nombre 8.02 De 2+706,70 a 2+755,77

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y)	0,55 mts
Pendiente 1 (m1)	1
Pendiente 2 (m2)	1
Ancho del Fondo del Canal (b)	1,5 mts
Coefficiente de Manning	0,014
Pendiente del canal	0,00047

RESULTADOS

Caudal a Conducir	0,90 mts ³ /seg
Velocidad del Flujo	0,80 mts/seg
Area del Flujo	1,1275 mts ²
Perímetro mojado del flujo	3,06 mts
Radio Hidráulico del Flujo	0,37 mts
Ancho de la superficie del flujo (B)	2,6 mts

Nombre 9.01 De 2+755,77 a 2+807,09

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) 0,55 mts

Pendiente 1 (m1) 1

Pendiente 2 (m2) 1

Ancho del Fondo del Canal (b) 1,5 mts

Coefficiente de Manning 0,014

Pendiente del canal 0,0088

RESULTADOS

Caudal a Conducir 3,89 mts³/seg

Velocidad del Flujo 3,45 mts/seg

Area del Flujo 1,1275 mts²

Perímetro mojado del flujo 3,06 mts

Radio Hidráulico del Flujo 0,37 mts

Ancho de la superficie del flujo (B) 2,6 mts

Nombre 9.02 De 2+807,09 a 2+840,18

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) 0,55 mts

Pendiente 1 (m1) 1

Pendiente 2 (m2) 1

Ancho del Fondo del Canal (b) 1,5 mts

Coefficiente de Manning 0,014

Pendiente del canal 0,0059

RESULTADOS

Caudal a Conducir 3,18 mts³/seg

Velocidad del Flujo 2,82 mts/seg

Area del Flujo 1,1275 mts²

Perímetro mojado del flujo 3,06 mts

Radio Hidráulico del Flujo 0,37 mts

Ancho de la superficie del flujo (B) 2,6 mts

Nombre 10.01 De 2+840,18 a 2+967,01

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) 0,55 mts

Pendiente 1 (m1) 1

Pendiente 2 (m2) 1

Ancho del Fondo del Canal (b) 1,5 mts

Coefficiente de Manning 0,014

Pendiente del canal 0,00123

RESULTADOS

Caudal a Conducir 1,45 mts³/seg

Velocidad del Flujo 1,29 mts/seg

Area del Flujo 1,1275 mts²

Perímetro mojado del flujo 3,06 mts

Radio Hidráulico del Flujo 0,37 mts

Ancho de la superficie del flujo (B) 2,6 mts

Nombre 10.02 De 2+967,01 a 3+102,7

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) 0,55 mts

Pendiente 1 (m1) 1

Pendiente 2 (m2) 1

Ancho del Fondo del Canal (b) 1,5 mts

Coefficiente de Manning 0,014

Pendiente del canal 0,0153

RESULTADOS

Caudal a Conducir 5,12 mts³/seg

Velocidad del Flujo 4,55 mts/seg

Area del Flujo 1,1275 mts²

Perímetro mojado del flujo 3,06 mts

Radio Hidráulico del Flujo 0,37 mts

Ancho de la superficie del flujo (B) 2,6 mts

Nombre 11.01 De 3+102,7 a 3+206,60

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts

Pendiente 1 (m1) **1**

Pendiente 2 (m2) **1**

Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts

Coefficiente de Manning **0,014**

Pendiente del canal **0,0143**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **4,95** mts³/seg

Velocidad del Flujo **4,39** mts/seg

Area del Flujo **1,1275** mts²

Perímetro mojado del flujo **3,06** mts

Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts

Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 11.02 De 3+206,60 a 3+395,50

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts

Pendiente 1 (m1) **1**

Pendiente 2 (m2) **1**

Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts

Coefficiente de Manning **0,014**

Pendiente del canal **0,0104**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **4,23** mts³/seg

Velocidad del Flujo **3,75** mts/seg

Area del Flujo **1,1275** mts²

Perímetro mojado del flujo **3,06** mts

Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts

Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 12.01 De 3+395,50 a 3+559,77

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts

Pendiente 1 (m1) **1**

Pendiente 2 (m2) **1**

Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts

Coefficiente de Manning **0,014**

Pendiente del canal **0,0155**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **5,16** mts³/seg

Velocidad del Flujo **4,57** mts/seg

Area del Flujo **1,1275** mts²

Perímetro mojado del flujo **3,06** mts

Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts

Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 12.02 De 3+559,77 a 3+645,86

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts

Pendiente 1 (m1) **1**

Pendiente 2 (m2) **1**

Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts

Coefficiente de Manning **0,014**

Pendiente del canal **0,0104**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **4,23** mts³/seg

Velocidad del Flujo **3,75** mts/seg

Area del Flujo **1,1275** mts²

Perímetro mojado del flujo **3,06** mts

Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts

Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 13.01 De 3+645,86 a 3+759,32

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) 0,55 mts

Pendiente 1 (m1) 1

Pendiente 2 (m2) 1

Ancho del Fondo del Canal (b) 1,5 mts

Coefficiente de Manning 0,014

Pendiente del canal 0,0135

RESULTADOS

Caudal a Conducir 4,81 mts³/seg

Velocidad del Flujo 4,27 mts/seg

Area del Flujo 1,1275 mts²

Perímetro mojado del flujo 3,06 mts

Radio Hidráulico del Flujo 0,37 mts

Ancho de la superficie del flujo (B) 2,6 mts

Nombre 13.02 De 3+759,32 a 3+874,63

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) 0,55 mts

Pendiente 1 (m1) 1

Pendiente 2 (m2) 1

Ancho del Fondo del Canal (b) 1,5 mts

Coefficiente de Manning 0,014

Pendiente del canal 0,0255

RESULTADOS

Caudal a Conducir 4,81 mts³/seg

Velocidad del Flujo 4,27 mts/seg

Area del Flujo 1,1275 mts²

Perímetro mojado del flujo 3,06 mts

Radio Hidráulico del Flujo 0,37 mts

Ancho de la superficie del flujo (B) 2,6 mts

Nombre 14.01 De 3+874,63 a 3+936,62

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) 0,55 mts

Pendiente 1 (m1) 1

Pendiente 2 (m2) 1

Ancho del Fondo del Canal (b) 1,5 mts

Coefficiente de Manning 0,014

Pendiente del canal 0,0135

RESULTADOS

Caudal a Conducir 4,81 mts³/seg

Velocidad del Flujo 4,27 mts/seg

Area del Flujo 1,1275 mts²

Perímetro mojado del flujo 3,06 mts

Radio Hidráulico del Flujo 0,37 mts

Ancho de la superficie del flujo (B) 2,6 mts

Nombre 14.02 De 3+936,62 a 4+002,70

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) 0,55 mts

Pendiente 1 (m1) 1

Pendiente 2 (m2) 1

Ancho del Fondo del Canal (b) 1,5 mts

Coefficiente de Manning 0,014

Pendiente del canal 0,0255

RESULTADOS

Caudal a Conducir 4,81 mts³/seg

Velocidad del Flujo 4,27 mts/seg

Area del Flujo 1,1275 mts²

Perímetro mojado del flujo 3,06 mts

Radio Hidráulico del Flujo 0,37 mts

Ancho de la superficie del flujo (B) 2,6 mts

Nombre 15.01 De 4+002,70 a 4+075,20

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts

Pendiente 1 (m1) **1**

Pendiente 2 (m2) **1**

Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts

Coefficiente de Manning **0,014**

Pendiente del canal **0,0036**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **2,49** mts³/seg

Velocidad del Flujo **2,20** mts/seg

Area del Flujo **1,1275** mts²

Perímetro mojado del flujo **3,06** mts

Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts

Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 15.02 De 4+075,20 a 4+139,10

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts

Pendiente 1 (m1) **1**

Pendiente 2 (m2) **1**

Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts

Coefficiente de Manning **0,014**

Pendiente del canal **0,0034**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **2,42** mts³/seg

Velocidad del Flujo **2,14** mts/seg

Area del Flujo **1,1275** mts²

Perímetro mojado del flujo **3,06** mts

Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts

Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 16.01 De 4+169,88 a 4+533,64

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts

Pendiente 1 (m1) **1**

Pendiente 2 (m2) **1**

Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts

Coefficiente de Manning **0,014**

Pendiente del canal **0,0127**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **4,67** mts³/seg

Velocidad del Flujo **4,14** mts/seg

Area del Flujo **1,1275** mts²

Perímetro mojado del flujo **3,06** mts

Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts

Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 16.02 De 4+533,64 a 4+664,85

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts

Pendiente 1 (m1) **1**

Pendiente 2 (m2) **1**

Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts

Coefficiente de Manning **0,014**

Pendiente del canal **0,015**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **5,07** mts³/seg

Velocidad del Flujo **4,50** mts/seg

Area del Flujo **1,1275** mts²

Perímetro mojado del flujo **3,06** mts

Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts

Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 17.01 De 4+664,85 a 4+752,15

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) 0,55 mts
Pendiente 1 (m1) 1
Pendiente 2 (m2) 1
Ancho del Fondo del Canal (b) 1,5 mts
Coeficiente de Manning 0,014
Pendiente del canal 0,0017

RESULTADOS

Caudal a Conducir 1,71 mts³/seg
Velocidad del Flujo 1,52 mts/seg
Area del Flujo 1,1275 mts²
Perímetro mojado del flujo 3,06 mts
Radio Hidráulico del Flujo 0,37 mts
Ancho de la superficie del flujo (B) 2,6 mts

Nombre 17.02 De 4+752,15 a 5+170,80

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) 0,55 mts
Pendiente 1 (m1) 1
Pendiente 2 (m2) 1
Ancho del Fondo del Canal (b) 1,5 mts
Coeficiente de Manning 0,014
Pendiente del canal 0,0027

RESULTADOS

Caudal a Conducir 2,15 mts³/seg
Velocidad del Flujo 1,91 mts/seg
Area del Flujo 1,1275 mts²
Perímetro mojado del flujo 3,06 mts
Radio Hidráulico del Flujo 0,37 mts
Ancho de la superficie del flujo (B) 2,6 mts

Nombre 18.01 De 5+170,80 a 5+348,23

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts

Pendiente 1 (m1) **1**

Pendiente 2 (m2) **1**

Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts

Coefficiente de Manning **0,014**

Pendiente del canal **0,0057**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **3,13** mts³/seg

Velocidad del Flujo **2,77** mts/seg

Area del Flujo **1,1275** mts²

Perímetro mojado del flujo **3,06** mts

Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts

Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 18.02 De 5+348,23 a 5+453,71

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts

Pendiente 1 (m1) **1**

Pendiente 2 (m2) **1**

Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts

Coefficiente de Manning **0,014**

Pendiente del canal **0,005**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **2,93** mts³/seg

Velocidad del Flujo **2,60** mts/seg

Area del Flujo **1,1275** mts²

Perímetro mojado del flujo **3,06** mts

Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts

Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 19.01 De 5+453,71 a 5+479,79

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts

Pendiente 1 (m1) **1**

Pendiente 2 (m2) **1**

Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts

Coefficiente de Manning **0,014**

Pendiente del canal **0,0047**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **2,84** mts³/seg

Velocidad del Flujo **2,52** mts/seg

Area del Flujo **1,1275** mts²

Perímetro mojado del flujo **3,06** mts

Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts

Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 19.02 De 5+479,79 a 5+572,07

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y) **0,55** mts

Pendiente 1 (m1) **1**

Pendiente 2 (m2) **1**

Ancho del Fondo del Canal (b) **1,5** mts

Coefficiente de Manning **0,014**

Pendiente del canal **0,00038**

RESULTADOS

Caudal a Conducir **0,81** mts³/seg

Velocidad del Flujo **0,72** mts/seg

Area del Flujo **1,1275** mts²

Perímetro mojado del flujo **3,06** mts

Radio Hidráulico del Flujo **0,37** mts

Ancho de la superficie del flujo (B) **2,6** mts

Nombre 20.01 De 5+572,07 a 5+603,77

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y)	0,55 mts
Pendiente 1 (m1)	1
Pendiente 2 (m2)	1
Ancho del Fondo del Canal (b)	1,5 mts
Coefficiente de Manning	0,014
Pendiente del canal	0,0064

RESULTADOS

Caudal a Conducir	3,31 mts ³ /seg
Velocidad del Flujo	2,94 mts/seg
Area del Flujo	1,1275 mts ²
Perímetro mojado del flujo	3,06 mts
Radio Hidráulico del Flujo	0,37 mts
Ancho de la superficie del flujo (B)	2,6 mts

Datos a ingresar

Profundidad del Canal (y)	0,55 mts
Pendiente 1 (m1)	1
Pendiente 2 (m2)	1
Ancho del Fondo del Canal (b)	1,5 mts
Coefficiente de Manning	0,014
Pendiente del canal	0,0083

RESULTADOS

Caudal a Conducir	3,77 mts ³ /seg
Velocidad del Flujo	3,35 mts/seg
Area del Flujo	1,1275 mts ²
Perímetro mojado del flujo	3,06 mts
Radio Hidráulico del Flujo	0,37 mts
Ancho de la superficie del flujo (B)	2,6 mts

Nombre 20.02 De 5+603,77 al final

