



## **ANEXO 6. ESTUDIO HIDRÁULICO DE LA RED DE DRENAJE URBANA**

ANEXO 6. ESTUDIO HIDRÁULICO DE LA RED DE DRENAJE URBANA



## Índice

<b>Índice de figuras .....</b>	<b>3</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>4</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Marco Principal.....</b>	<b>5</b>
Sección abierta.....	5
1.1.1 Características .....	5
1.1.2 Secciones tipo.....	6
Sección cerrada.....	7
1.2.1 Características .....	7
1.2.2 Secciones tipo.....	7
Confluencias y puntos singulares en el Marco Principal .....	8
1.3.1 Transiciones .....	8
1.3.2 Pozos de registro .....	8
1.3.3 Pozos de aireación.....	9
1.3.4 Cuencos amortiguadores de resalto hidráulico .....	10
Caudales de cálculo del Marco Principal.....	11
<b>2. Marco Secundario 1 .....</b>	<b>12</b>
2.1 Características.....	12
2.2 Sección tipo .....	13
2.3 Confluencias y puntos singulares .....	13
2.3.1 Pozos de registro .....	14
2.3.2 Pozos de aireación.....	14
2.3.3 Escalones.....	14
2.3.4 Cuencos amortiguadores de resalto .....	14
2.4 Caudales de cálculo del Marco Secundario 1 .....	15
<b>3. Marco Secundario 2 .....</b>	<b>15</b>
3.1 Características.....	15
3.2 Sección tipo .....	15
3.3 Confluencias y puntos singulares .....	16
3.3.1 Pozos de registro .....	16
3.3.2 Pozos de aireación.....	17
3.3.3 Escalones.....	17
3.3.4 Cuencos amortiguadores de resalto .....	17
3.4 Caudales de cálculo del Marco Secundario 1 .....	17
<b>4. Simulación hidráulica .....</b>	<b>18</b>
4.1 Parámetros hidráulicos .....	18
4.2 Condiciones de contorno .....	18
4.3 Resultados de la simulación .....	18



## Índice de figuras

<i>Figura 1: Sección transversal de la sección abierta del Marco Principal en PK 0+000.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2: Sección transversal de la sección abierta del Marco Principal en PK 0+393.12.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3: Sección transversal de la sección abierta del Marco Principal en PK 0+954.15.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 4: Sección tipo Marco de hormigón armado 4x2.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 5: Dibujo de Pozo de registro de dimensiones 4.0x4.0.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 6: Dibujo de Pozo de aireación.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 7: Dibujo de cuenco amortiguador de resalto hidráulico.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 8: Sección tipo del Marco Secundario 1.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 9: Sección tipo del Marco Secundario 2.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 10: Resultado de la simulación. Perfil longitudinal del Marco Principal.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 11: Resultado de la simulación. Perfil longitudinal del Marco Secundario 1.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 12: Resultado de la simulación. Perfil longitudinal del Marco Secundario 2.....</i>	<i>35</i>



## Índice de tablas

<i>Tabla 1: Características de los tramos de la sección cerrada del Marco Principal .....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 2: Situación y dimensiones interiores de los pozos de registro en Marco Principal.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 3: Dimensiones y posición de los cuencos amortiguadores de resalto en el Marco Principal.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 4: Caudales de cálculo resultantes y su p.k de cambio en el Marco Principal .....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 5: Situación y dimensiones de los pozos de registro del Marco Secundario 1 .....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 6: Dimensiones y situación de los cuencos amortiguadores de resalto en Marco Secundario 1 ....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 7: Caudales de cálculo resultantes y su p.k de cambio en el Marco Secundario 1 .....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 8: Situación y dimensiones de los pozos de registro del Marco Secundario 2 .....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 9: Dimensiones y situación de los cuencos amortiguadores de resalto en Marco Secundario 2 ....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 10: Caudales de cálculo resultantes y su p.k de cambio en el Marco Secundario 2 .....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 12: Resultado de la simulación en secciones del Marco Secundario 1 .....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 13: Resultado de la simulación en secciones del Marco Secundario 2 .....</i>	<i>36</i>



## *Introducción*

En consonancia con los estudios de caudales de escorrentía de la cuenca rural y la cuenca urbana analizados en sus correspondientes anexos se plantea la necesidad de la evacuación de dichos caudales a través de la trama urbana de la ciudad. En este anexo se analizará el comportamiento hidráulico de la obra de drenaje necesaria para ello.

La obra de drenaje diseñada se compone fundamentalmente de tres tramos de canal en sección cerrada constituida por marcos de hormigón armado prefabricados de diferentes dimensiones para adecuarse a las necesidades de evacuación dentro de cada tramo denominados: Marco Principal, Marco Secundario 1 y Marco Secundario 2. Sin embargo los primeros 973,15 m del denominado Marco Principal se realiza en sección abierta desde el punto de desagüe natural situado en el río Jabalón.

La simulación hidráulica se ha realizado con el software HEC-RAS 4 de la US Army Corps of Engineers, cuyas características básicas y limitaciones se han señalado en el Anexo III.

A continuación se describen cada uno de los tramos de la obra de drenaje urbana.

### **1. Marco Principal**

El Marco Principal tiene la misión de evacuar la escorrentía de la cuenca rural que llega a la obra de captación del arroyo 1 y la escorrentía generada en la trama urbana por donde discurre. Atraviesa la ciudad en sentido Nordeste – Suroeste y finaliza en el punto de desagüe natural. Tiene una longitud total de 5.824,31 m componiéndose de una primera parte en sección abierta y el resto en sección cerrada.

#### **Sección abierta**

##### **1.1.1 Características**

- Del p.k 0+00 al p.k 0+973.15 del tramo denominado Marco Principal se realiza en sección abierta tipo trapezoidal con 10 m de anchura de la solera y taludes 2:1. El material de revestimiento es de escollera embutida en hormigón.
- El trazado en planta se realiza siguiendo en lo posible el cauce de drenaje natural con curvas de radio 100 m. Discurre por el exterior de la trama urbana.



- El trazado en alzado se caracteriza por tener una pendiente constante del 0.2% hasta el punto de desagüe natural situado a la cota 680,70 m. Debido a escasa cota disponible será preciso que en gran parte de su recorrido se construyan motas a ambos lados de su recorrido

### 1.1.2 Secciones tipo

A continuación se muestran las secciones tipo de la sección abierta del Marco Principal:

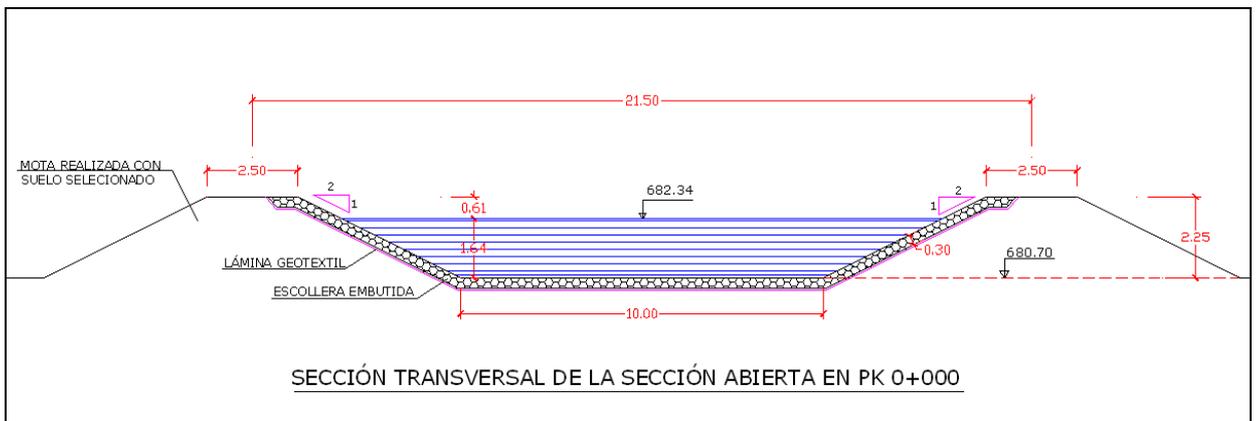


Figura 1: Sección transversal de la sección abierta del Marco Principal en PK 0+000

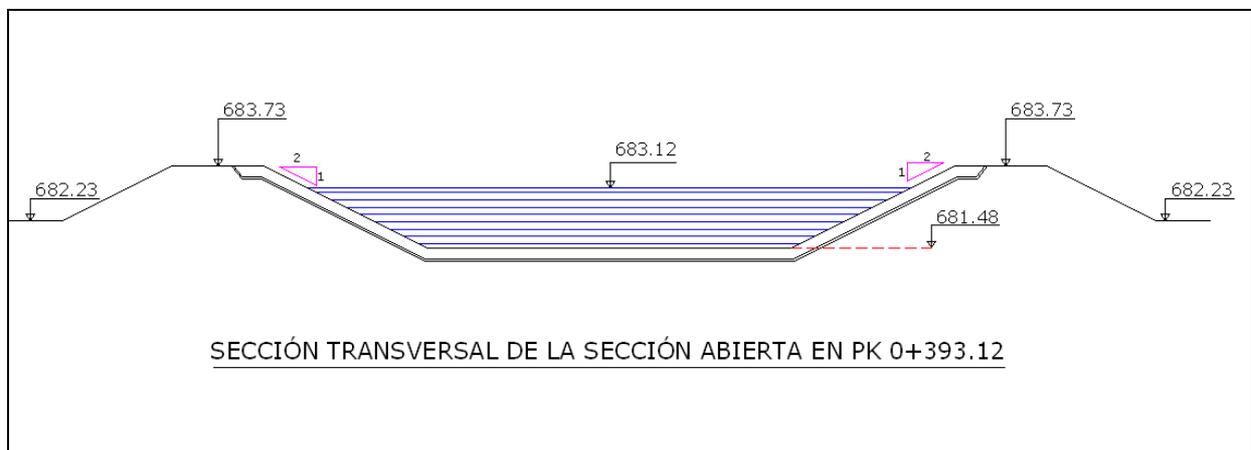


Figura 2: Sección transversal de la sección abierta del Marco Principal en PK 0+393.12

ANEXO 6. ESTUDIO HIDRÁULICO DE LA RED DE DRENAJE

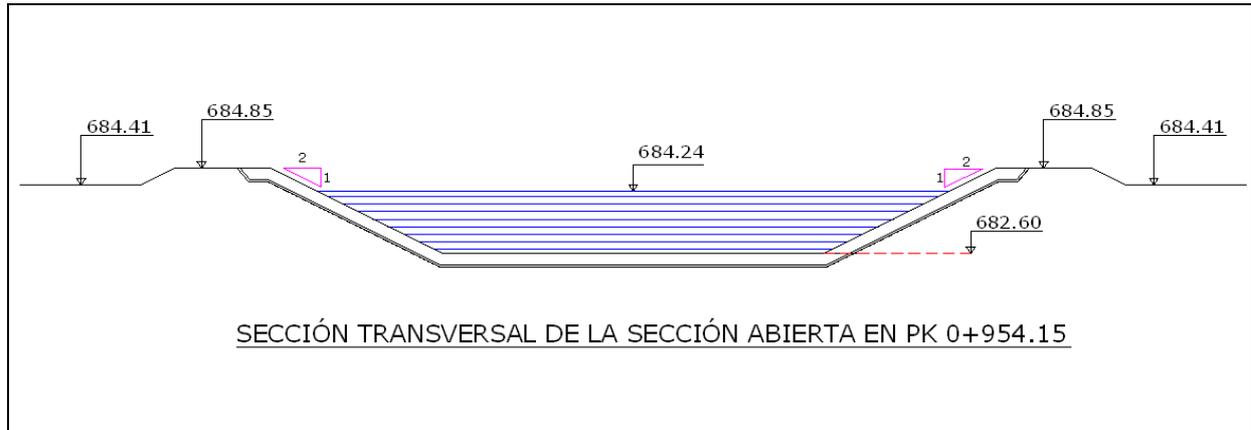


Figura 3: Sección transversal de la sección abierta del Marco Principal en PK 0+954.15

## Sección cerrada

### 1.2.1 Características

A partir del p.k 0+973.15 la sección del marco principal se ejecuta a base de marcos de hormigón armado de con las siguientes dimensiones interiores y pendientes de la solera:

p.k inicio	p.k final	Longitud del tramo (m)	Dimensiones interiores (cm)		Pendiente de la solera (%)
			base	altura	
0+973.15	1+640.12	666.97	550	250	0.316
1+650.12	3+035.41	1385.29	500	250	0.316
3+051.71	3+683.97	632.26	400	250	0.41
3+683.97	4+379.58	695.61	400	250	0.30
4+397.08	4+790.99	393.91	400	200	0.30
4+802.99	5+824.31	1021.32	200	200	0.45

Tabla 1: Características de los tramos de la sección cerrada del Marco Principal

### 1.2.2 Secciones tipo

Las dimensiones exactas de las secciones de los marcos de hormigón amado dependerán de los resultados del cálculo estructural de los mismos y de la marca de fabricación de los mismos. Sin embargo, con carácter orientativo en la siguiente figura se muestra las dimensiones de un marco de sección 4x2 m.

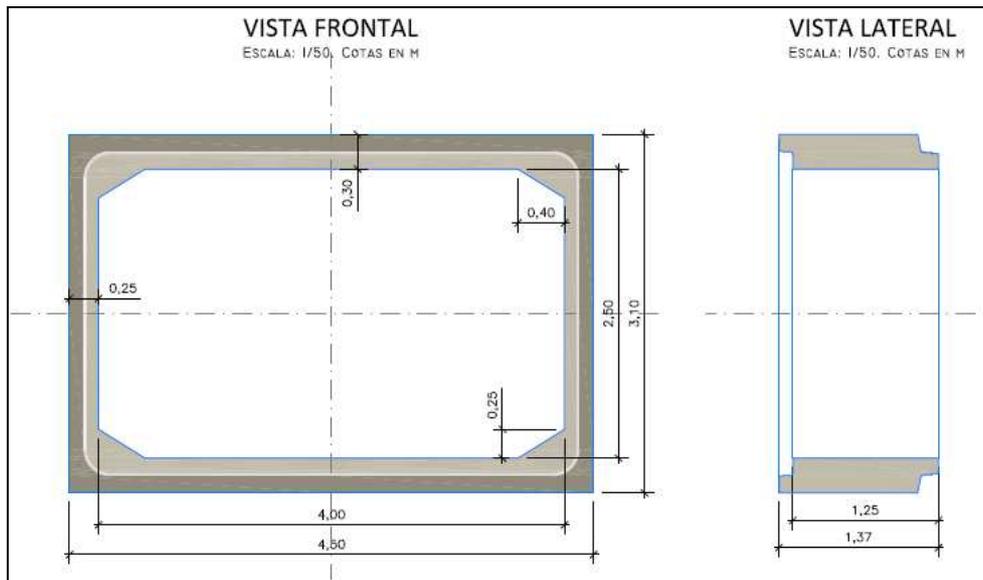


Figura 4: Sección tipo Marco de hormigón armado 4x2

### Confluencias y puntos singulares en el Marco Principal

Confluyen en el Marco principal el Marco Secundario 1 en el p.k 4+397.08 y el Marco Secundario 2 en el p.k 4+802.99.

#### 1.3.1 Transiciones

- En el p.k 1+650.12 se inicia hacia aguas abajo una transición de sección de 5.0x2.5 a 5.5x2.5 m
- En el p.k 3+051.71 se inicia hacia aguas abajo una transición de sección de 4.0x2.5 a 5.0x2.5 m
- En el p.k 4+397.08 se inicia hacia aguas abajo una transición de sección de 4.0x2.0 a 4.0x2.5 m
- En el p.k 4+802.99 se inicia hacia aguas abajo una transición de sección de 2.0x2.0 a 4.0x2.0 m

#### 1.3.2 Pozos de registro

Con el fin de facilitar el acceso de maquinaria de conservación e inspección al Marco Principal, se dispondrán pozos de registro con dimensiones adecuadas para ello. En general los pozos de registro se han dispuesto en zonas no susceptibles de tráfico rodado tales como glorietas y zonas verdes.

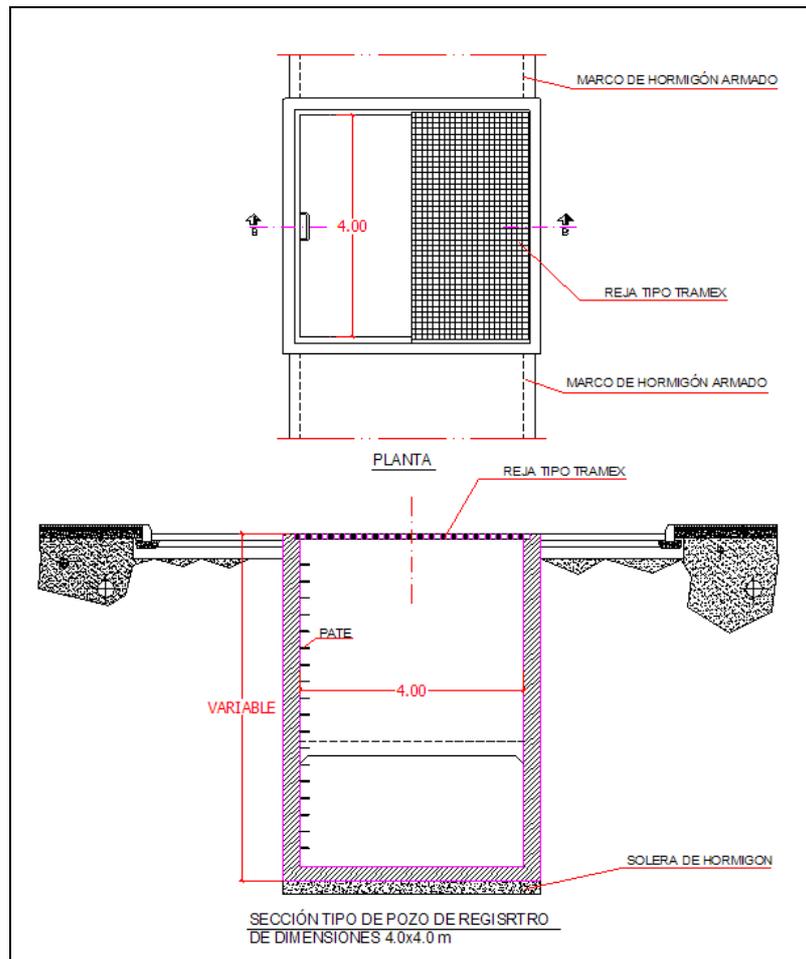


Figura 5: Dibujo de Pozo de registro de dimensiones 4.0x4.0

La situación y dimensiones interiores de los pozos se muestran en la siguiente tabla:

P.k eje del pozo	Largo (m)	Ancho (m)
1+995.09	5.0	4.0
2+945.40	5.0	4.0
3+506.02	4.0	4.0
4+124.87	4.0	4.0
4+752.39	4.0	4.0
5+442.04	4.0	2

Tabla 2: Situación y dimensiones interiores de los pozos de registro en Marco Principal

### 1.3.3 Pozos de aireación

Se dispondrán pozos de aireación de 100 cm. de diámetro cada 50 m aproximadamente en toda la longitud del Marco Principal en sección cerrada. En la parte superior se colocará una rejilla con una superficie libre de al menos el 50% de su superficie.

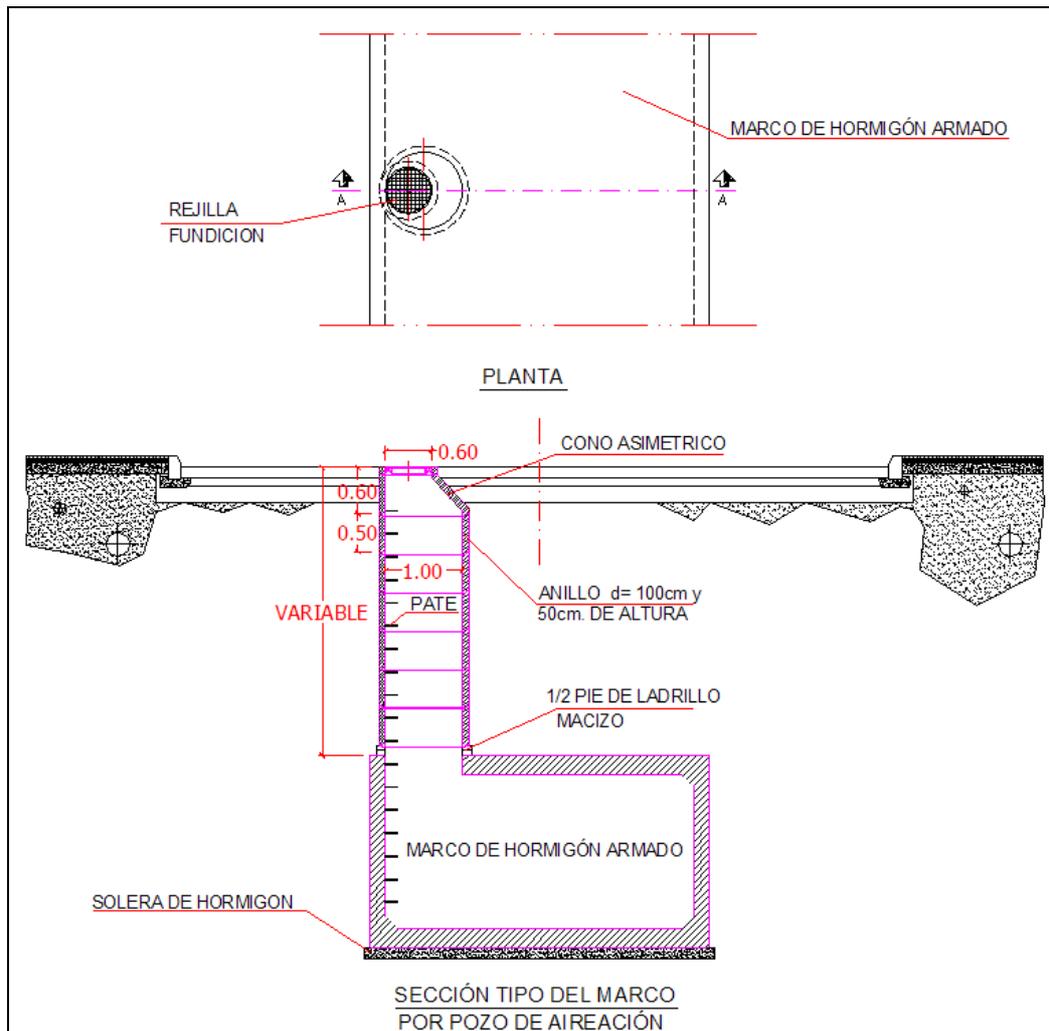


Figura 6: Dibujo de Pozo de aireación

### 1.3.4 Cuencos amortiguadores de resalto hidráulico

En las secciones donde se puede producir un resalto hidráulico se han dispuesto cuencos amortiguadores diseñados con el criterio de que el calado normal aguas abajo anegue el resalto. Las dimensiones resultantes y su situación se presentan en la tabla 3 de acuerdo con las dimensiones del dibujo siguiente:

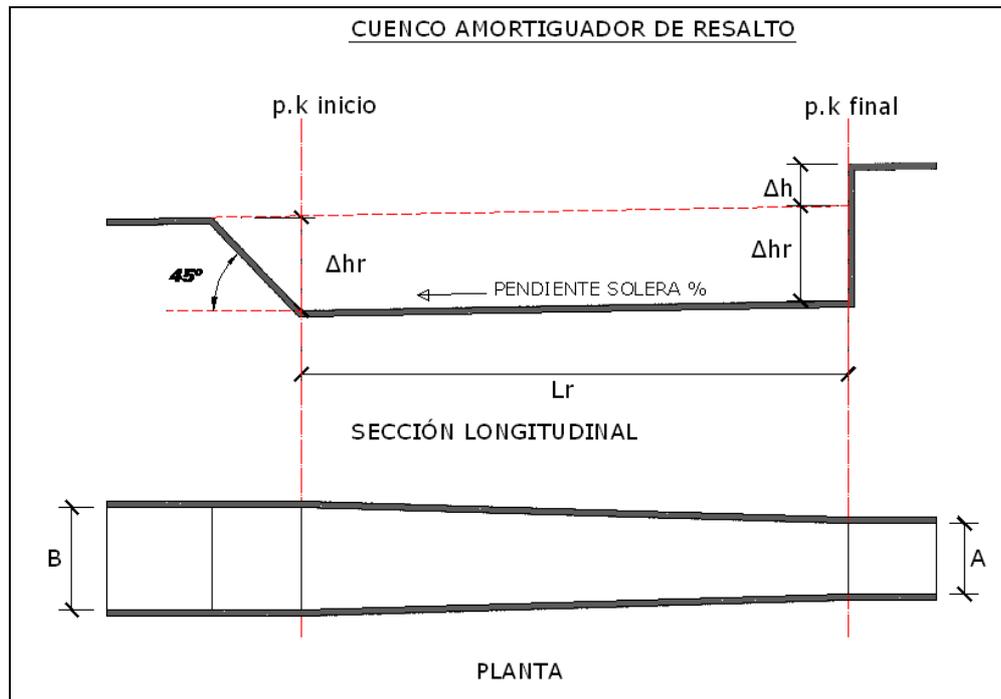


Figura 7: Dibujo de cuenco amortiguador de resalto hidráulico

p.k inicio	p.k final	Lr (m)	$\Delta hr$ (m)	$\Delta h$ (m)	pte. solera (%)	A (m)	B (m)
0+946.15	0+973.15	27	2.5	0	0.2	5.5	10
3+027.21	3+051.71	24.5	1.75	0	0.316	4	5
4+373.08	4+397.08	24	1.6	0.5	0.3	4	4
4+775.10	4+793.10	18	1.25	0	0.3	2	4

Tabla 3: Dimensiones y posición de los cuencos amortiguadores de resalto en el Marco Principal

Las distintas dimensiones entre la anchura de inicio y el final del cuenco se deben a los cambios de sección del marco de manera que la ejecución de los cuencos se aprovecha también para realizar las transiciones entre las distintas secciones del marco.

### Caudales de cálculo del Marco Principal

Los caudales de cálculo en cada sección del marco principal son los obtenidos a partir del estudio hidráulico de de la cuenca urbana y rural realizado en sus correspondientes anexos. El punto de incorporación de la escorrentía rural resultante del arroyo 1 se incorpora al Marco principal a través de la obra de captación del arroyo 1 en el p.k 5+824.31 mientras que el punto de incorporación de la escorrentía rural resultante del arroyo 2 se realiza a través de la



confluencia con el Marco Secundario 2 en el p.k 4+802.99. Las incorporaciones del caudal proveniente de la escorrentía urbana están definidas en su anexo correspondiente.

De acuerdo con todo lo anterior los caudales de cálculo resultantes y los p.k donde se produce un cambio de caudal en el Marco Principal son los siguientes:

P.K de cambio de caudal	Caudal de cálculo m <sup>3</sup> /s
5+824.31	7.60
5+649.93	7.60
5+445.67	7.60
5+256.35	7.60
5+072.02	7.60
5+007.25	7.60
4+932.52	8.02
4+798.72	12.21
4+531.70	12.50
4+486.83	13.27
4+397.07	20.97
4+334.86	22.00
4+131.14	24.59
3+738.62	26.55
3+503.97	28.04
3+263.99	29.92
3+213.99	30.47
3+108.99	31.23
2+741.40	32.81
2+268.02	34.06
2+003.91	35.50
1+620.21	35.96
1+436.04	36.67
1+281.74	37.94

Tabla 4: Caudales de cálculo resultantes y su p.k de cambio en el Marco Principal

## 2. Marco Secundario 1

### 2.1 Características

El Marco Secundario 1 tiene la misión de evacuar la escorrentía de la cuenca urbana que genera en una zona endorreica sin posibilidad de evacuación por la trama urbana. Tiene una

longitud total de 1.792,60 m y confluye con el Marco Principal en el p.k 4+397.08 del mismo. Está constituido por un marco de hormigón armado de 2x2 m en toda su longitud. El trazado en planta se realiza siguiendo la trama urbana con alineaciones rectas y curvas con radio de 100 m salvo en la curva que va del p.k 0+829.00 al p.k 0+919.63 cuyo radio es de 60 m. Sin embargo debido a las necesidades del trazado tiene dos cambios de dirección bruscos cercanos a los 90° en los p.k 0+352.42 y p.k 0+565.88. En dichos puntos se ha colocado un escalón de 0,50 m para compensar la pérdida de energía. El trazado en alzado se caracteriza por tener una pendiente constante del 0.45%. Además, para asegurar el flujo subcrítico en su trazado se han dispuesto escalones de 1m de altura para disminuir la energía.

## 2.2 Sección tipo

Las dimensiones exactas de la sección tipo del marco de hormigón amado dependerá de los resultados del cálculo estructural del mismo y su marca de fabricación. Sin embargo, con carácter orientativo en la siguiente figura se muestra las dimensiones de un marco de sección 2x2 m.

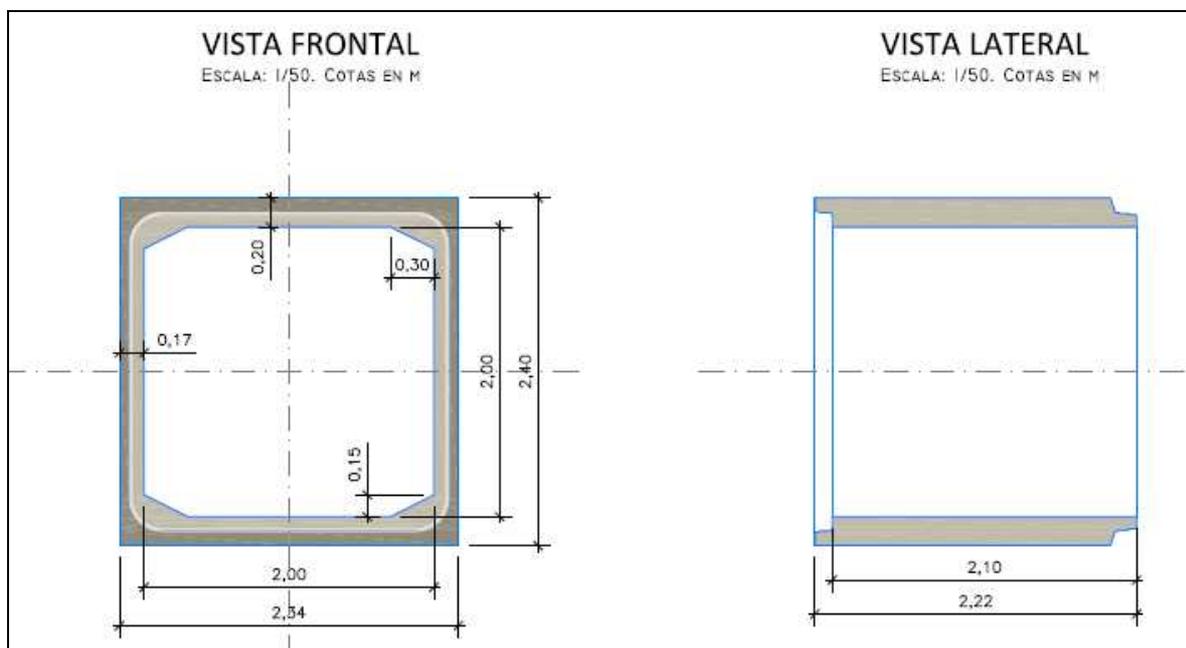


Figura 8: Sección tipo del Marco Secundario 1

## 2.3 Confluencias y puntos singulares

El Marco Secundario 1 tiene origen (p.k 0+00) en la confluencia con el Marco Principal en p.k 4+397.08 del mismo.



### 2.3.1 Pozos de registro

Con el fin de facilitar el acceso de maquinaria de conservación e inspección al marco, se dispondrán pozos de registro con dimensiones adecuadas para ello. La sección tipo de estos pozos es la misma que en el Marco Principal adaptada a las dimensiones del marco. La situación y dimensiones de los pozos se muestran en la siguiente tabla:

P.k eje del pozo	Largo (m)	Ancho (m)
0+108.12	4.00	2
0+346.67	4.00	2
0+560.13	4.00	2
0+926.05	4.00	2
1+274.32	4.00	2
1+495.09	4.00	2

Tabla 5: Situación y dimensiones de los pozos de registro del Marco Secundario 1

### 2.3.2 Pozos de aireación

Se dispondrán pozos de aireación de 100 cm de diámetro cada 50 m aproximadamente en toda la longitud del Marco Secundario 1. En la parte superior se colocará una rejilla con una superficie libre de al menos el 50% de su superficie. La sección tipo de estos pozos es la misma que en el Marco Principal adaptada a las dimensiones del marco.

### 2.3.3 Escalones

Tanto en p.k 0+353.42 como en p.k 0+566.88 hay un cambio brusco de la dirección del flujo por lo que se producirá un descenso brusco de la energía. Para evitar que la elevación de la lámina de agua se transmita aguas arriba se han dispuesto sendos escalones de 0,5 m de altura.

Además, para disminuir la energía y garantizar el flujo subcrítico a lo largo del marco se han dispuesto escalones de 1 m de altura situados en p.k 0+115.21 , p.k 0+933.80 , p.k 1+283.56 y p.k 1+503.25.

### 2.3.4 Cuencos amortiguadores de resalto

En las secciones donde se sitúa un escalón se produce un resalto hidráulico por lo que se han dispuesto cuencos amortiguadores diseñados con el criterio de que el calado normal aguas abajo anegue el resalto. Las dimensiones resultantes y su situación se presentan en la tabla siguiente de acuerdo con las dimensiones del esquema de los cuencos amortiguadores mostrado anteriormente:



p.k inicio	p.k final	Lr (m)	$\Delta h_r$ (m)	$\Delta h$ (m)	pte. solera (%)	A (m)	B (m)
0+92.71	0+115.21	22.5	1.5	1	0.45	2	2
0+333.42	0+353.42	20	1.25	0.5	0.45	2	2
0+546.88	0+566.88	20	1.25	0.5	0.45	2	2
0+911.30	0+933.80	22.5	1.5	1	0.45	2	2
1+261.06	1+283.56	22.5	1.5	1	0.45	2	2
1+480.75	1+503.25	22.5	1.5	1	0.45	2	2

Tabla 6: Dimensiones y situación de los cuencos amortiguadores de resalto en Marco Secundario 1

## 2.4 Caudales de cálculo del Marco Secundario 1

Los caudales de cálculo en cada sección del Marco Secundario 1 son los obtenidos a partir del estudio hidráulico de de la cuenca urbana en su correspondiente anexo. De acuerdo con dicho anexo los caudales de cálculo resultantes y los p.k donde se produce un cambio de caudal en el Marco Secundario 1 son los siguientes:

P.K de cambio de caudal	Caudal de cálculo m <sup>3</sup> /s
1+792.60	5.34
0+767.69	7.7

Tabla 7: Caudales de cálculo resultantes y su p.k de cambio en el Marco Secundario 1

## 3. Marco Secundario 2

### 3.1 Características

El Marco Secundario 2 tiene la misión de evacuar la escorrentía de la cuenca rural que llega a la obra de captación del arroyo 2 y la escorrentía generada en la trama urbana por donde discurre. Tiene una longitud total de 697.30 m. y confluye con el Marco Principal en el p.k 4+802.99 del mismo. Está constituido por un marco de hormigón armado de 2x2 m en toda su longitud. El trazado en planta se realiza siguiendo la trama urbana con alineaciones rectas y curvas con radio de 100 m. El trazado en alzado se caracteriza por tener una pendiente constante del 0.45%. Además, para asegurar el flujo subcrítico en su trazado se han dispuesto escalones de 1m de altura para disminuir la energía.

### 3.2 Sección tipo

Las dimensiones exactas de la sección tipo del marco de hormigón amado dependerá de los resultados del cálculo estructural del mismo y su marca de fabricación . Sin embargo, con

Anexo 6

carácter orientativo en la siguiente figura se muestra las dimensiones de un marco de sección 2x2 m.

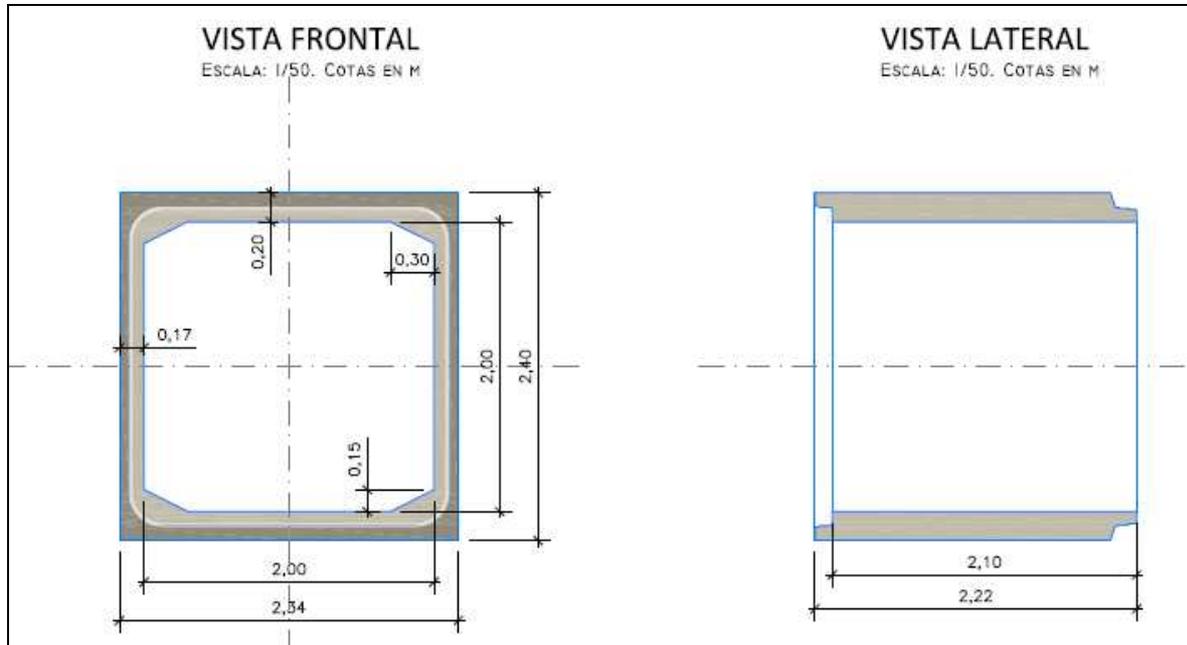


Figura 9: Sección tipo del Marco Secundario 2

### 3.3 Confluencias y puntos singulares

El Marco Secundario 2 tiene origen (p.k 0+00) en la confluencia con el Marco Principal en p.k 4+802.99 del mismo y finaliza en la obra de captación del arroyo 2 en el p.k 0+697.30.

#### 3.3.1 Pozos de registro

Con el fin de facilitar el acceso de maquinaria de conservación e inspección al marco, se dispondrán pozos de registro con dimensiones adecuadas para ello. La sección tipo de estos pozos es la misma que en el Marco Principal adaptada a las dimensiones del marco. La situación y dimensiones de los pozos se muestran en la siguiente tabla:

P.k eje del pozo	Largo (m)	Ancho (m)
0+47.75	4.00	2
0+181.69	4.00	2
0+348.47	4.00	2
0+527.43	4.00	2

Tabla 8: Situación y dimensiones de los pozos de registro del Marco Secundario 2



### 3.3.2 Pozos de aireación

Se dispondrán pozos de aireación de 100 cm. de diámetro cada 50 m aproximadamente en toda la longitud del Marco Secundario 2. En la parte superior se colocará una rejilla con una superficie libre de al menos el 50% de su superficie. La sección tipo de estos pozos es la misma que en el Marco Principal adaptada a las dimensiones del marco.

### 3.3.3 Escalones

Para disminuir la energía y garantizar el flujo subcrítico a lo largo del marco se han dispuesto escalones de 1 m de altura situados en p.k 0+55.50 , p.k 0+189.50 , p.k 0+356.23 y p.k 0+535.18.

### 3.3.4 Cuencos amortiguadores de resalto

En las secciones donde se sitúa un escalón se produce un resalto hidráulico por lo que se han dispuesto cuencos amortiguadores diseñados con el criterio de que el calado normal aguas abajo anegue el resalto. Las dimensiones resultantes y su situación se presentan en la tabla siguiente de acuerdo con las dimensiones del esquema de los cuencos amortiguadores mostrado anteriormente:

p.k inicio	p.k final	Lr (m)	$\Delta h_r$ (m)	$\Delta h$ (m)	pte. solera (%)	A (m)	B (m)
0+33.00	0+55.50	22.5	1.5	1	0.45	2	2
0+167.00	0+189.50	22.5	1.5	1	0.45	2	2
0+333.73	0+356.23	22.5	1.5	1	0.45	2	2
0+512.68	0+535.18	22.5	1.5	1	0.45	2	2

Tabla 9: Dimensiones y situación de los cuencos amortiguadores de resalto en Marco Secundario 2

## 3.4 Caudales de cálculo del Marco Secundario 1

Los caudales de cálculo en cada sección del Marco Secundario 1 son los obtenidos a partir del estudio hidráulico de de la cuenca urbana en su correspondiente anexo. De acuerdo con dicho anexo los caudales de cálculo resultantes y los p.k donde se produce un cambio de caudal en el Marco Secundario 1 son los siguientes:

P.K de cambio de caudal	Caudal de cálculo m <sup>3</sup> /s
0+670.30	3.70
0+55.49	4.19

Tabla 10: Caudales de cálculo resultantes y su p.k de cambio en el Marco Secundario 2



## 4. Simulación hidráulica

### 4.1 Parámetros hidráulicos

La simulación hidráulica se ha realizado con el software HEC-RAS 4 de la US Army Corps of Engineers, cuyas características básicas y limitaciones se señalaron en el Anexo III. Se ha simulado cada uno de los tramos por separado (Marco Principal, Marco Secundario 1 y Marco Secundario 2) en condiciones de flujo permanente con la geometría definida en los planos de perfiles longitudinales incluyendo los escalones y cuencos amortiguadores. El coeficiente de Manning adoptado ha sido  $n=0,015$  para los marcos de hormigón armado y  $n=0.030$  para el canal en sección abierta con revestimiento de escollera embutida.

### 4.2 Condiciones de contorno

Dado que el modelo trabaja en régimen mixto (crítico y subcrítico) para las condiciones de contorno aguas arriba se ha introducido profundidad normal con pendiente 0.45% en los tres tramos mientras que para las condiciones de contorno aguas abajo se ha introducido profundidad normal con pendiente 0.2% para el Marco Principal y profundidad crítica para los dos marcos secundarios.

### 4.3 Resultados de la simulación

A continuación se muestra el resultado de la simulación obtenido para cada uno de los tramos. Para cada tramo, se presenta en primer lugar el perfil longitudinal con el nivel máximo de la lámina de agua (línea azul continua), la línea de energía (línea verde discontinua) y la línea que representa la clave de los marcos (línea roja continua) a continuación se presentan los resultados en forma tabular en secciones separadas 20 m.