



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



# Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife

---

## ANEJO I: Estudio de drenaje

AUTOR: Román Hernández Gorrín  
TUTOR: Álvaro Cuadrado Tarodo

**GRADO EN INGENIERÍA DE OBRAS PÚBLICAS**

**Curso Académico 14/15**  
Septiembre 2015



## ÍNDICE

---

1.	Introducción. ....	1
2.	Aspectos hidrológicos.....	1
3.	Elementos de la red de drenaje. ....	2
3.1.	Zona I: Barranco de Las Mercedes–TF13. ....	3
3.2.	Zona II: Cruce con Calle Pozo Cabildo. ....	5
3.3.	Zona III: Intersección con el Barranco de Gonzaliáñez. ....	7
4.	Análisis de soluciones.....	9
4.1.	Tramo I: PK 0+000 a PK 0+800. ....	9
4.2.	Tramo II: PK 0+800 a PK 1+464. ....	9
	Cálculo del caudal de referencia. ....	10
	Dimensionamiento de la solución adoptada. ....	14
	Dimensionamiento de los colectores. ....	14
	Dimensionamiento de la zanja. ....	15
	Dispositivos de toma.....	17
	Elementos auxiliares. ....	19



### 1. INTRODUCCIÓN.

La evacuación de las aguas recibidas en una carretera conforma uno de los aspectos más importantes de su diseño. Este tipo de obras lineales suponen en muchos casos una obstrucción de la red de drenaje natural del terreno, evitando la continuidad de las aguas y produciendo su estancamiento, pudiendo generar graves problemas de estabilidad o degradación de las estructuras.

Además de asegurar la continuidad de la escorrentía natural mediante obras de paso, o de drenaje transversal, las obras de carretera deben ser concebidas en sí mismas como superficies de escorrentía que deben constar también con elementos de drenaje lineal que dirijan adecuadamente las aguas recibidas.

La ausencia de estas consideraciones en la fase de diseño suele ser la causa de la degradación de muchas carreteras, las cuales no han agotado la vida útil de sus materiales, sino que esta se ha reducido obligando a realizar obras de conservación. Por ello, la *Norma 6.3-IC de Rehabilitación de Firms* recomienda un estudio previo del drenaje de la carretera, ya que de no actuar sobre este aspecto podría volver a producirse la degradación prematura de los materiales, obligando a nuevas actuaciones de reparación.

### 2. ASPECTOS HIDROLÓGICOS.

La ciudad de San Cristóbal de La Laguna se encuentra en una zona de escasas pendientes que contrasta con los diversos sistemas montañosos que la rodean. Los vientos Alisios provenientes del Norte se elevan al colisionar con las montañas, produciendo su precipitación, resultando ser ésta una zona muy húmeda de precipitaciones moderadas.

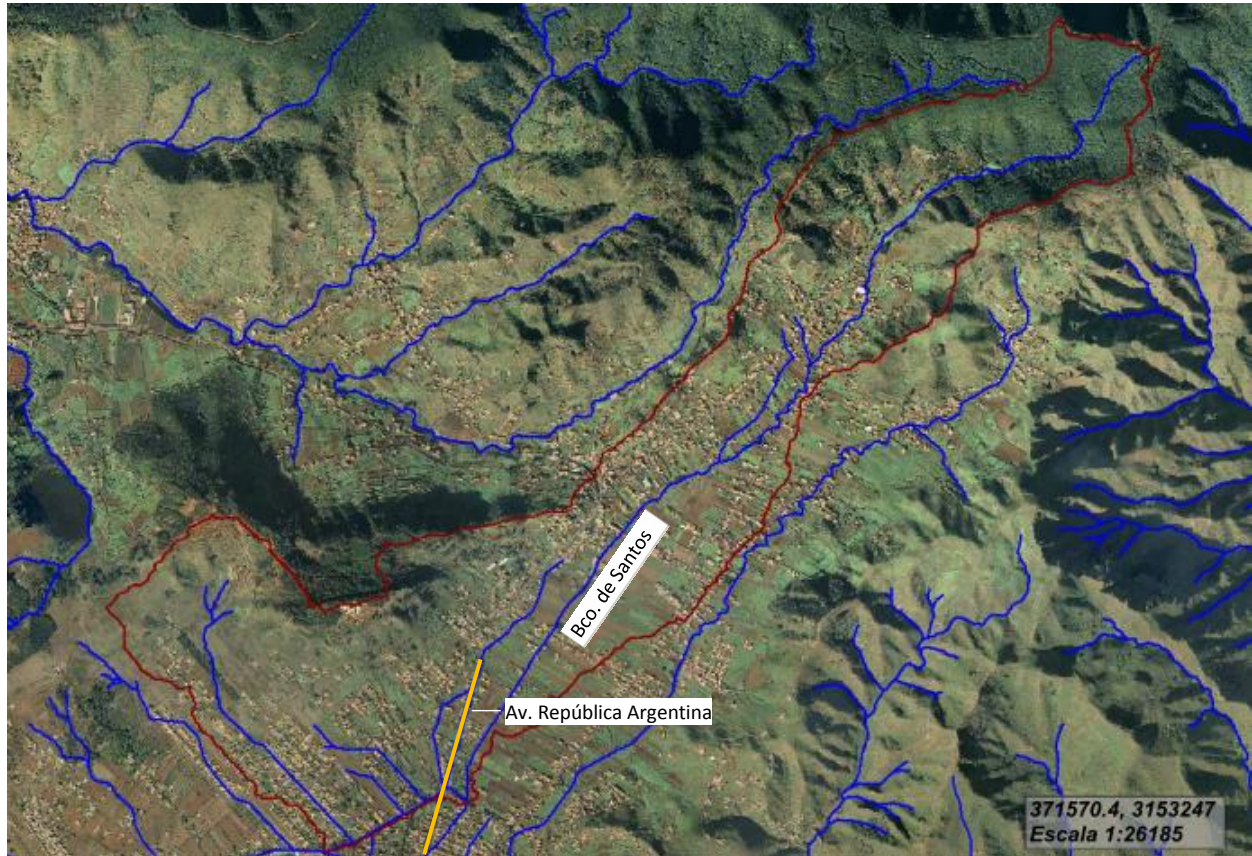
Ambos factores originaron en su día la laguna que da nombre a la ciudad, y que hoy ocuparía gran parte de la misma, antes de ser secada con los primeros asentamientos urbanos importantes. Esta actuación generó una zona de llanuras y suelos muy fértiles conocida como *La Vega Lagunera* que se ha venido aprovechando por parte del sector agrícola.

La Avenida República Argentina parte desde el casco urbano de la ciudad, atravesando la llanura de *La Vega Lagunera*, y llegando prácticamente a las faldas de la meseta de *Mesamota*. Es por ello por lo que en su camino intercepta varios cauces, además de constituir una de las vías de desagüe de la cuenca.

En la *Ilustración 1* se muestra la subcuenca del Barranco de Santos en su nacimiento en el Monte de Las Mercedes, en La Laguna, también denominado Barranco de Las Mercedes. A su paso recibe aportaciones de pequeños barranquillos y su punto de desagüe se ha definido en el inicio del encauzamiento que lo lleva aguas abajo hasta su desembocadura en la capital, Santa Cruz de Tenerife.

## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife



**Ilustración 1 - Cuenca del Barranto de Santos (PGOU de La Laguna, CIATF 2012).**

En dicho desagüe confluyen el Barranto de Las Mercedes con una canalización que recoge las aguas de los restantes barrancos y canalizaciones, entre las que se encuentra la Avenida República Argentina como elemento de la red de drenaje.

### 3. ELEMENTOS DE LA RED DE DRENAJE.

Existen actualmente varios elementos que realizan el drenaje de esta red de flujo en el entorno de la actuación. El *Plano A-1.1 Red de drenaje* recoge el conjunto de la red de drenaje existente, la cual se detallará a continuación, además de las soluciones de mejora que se proponen en el apartado 4 de este anejo.

La red actual consiste en una canalización principal del Barranto de Las Mercedes que enlaza con el encauzamiento del Barranto de Gonzaliáñez, complementándose con algunos elementos de recogida de aguas tipo cuneta.

Se han definido tres zonas singulares de la red de drenaje en las que se analizarán sus características, partiendo desde aguas arriba de la red:

- Zona I: Barranto de Las Mercedes–TF13.
- Zona II: Cruce con Calle Pozo Cabildo.
- Zona III: Intersección con el Barranto de Gonzaliáñez.

## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife

### 3.1.Zona I: Barranco de Las Mercedes–TF13.

La Avenida República Argentina termina en la rotonda de intersección con la carretera TF-13. Ésta se encuentra en las faldas de la ladera Sur de la meseta de *Mesamota*, cuyo drenaje se previó cubrir con cunetas perimetrales de hormigón con sección triangular, como se observa en la *Ilustración 2*. Dichas cunetas tienen una profundidad de 20 centímetros y se extienden por el tramo de la TF-13 previo a la rotonda, prolongándose ligeramente alrededor de esta.

Tal y como se mostraba en la *Ilustración 1*, el tramo Norte de la TF-13 y la Avenida República Argentina constituyen una de las direcciones de flujo complementaria al cauce principal del Barranco de Las Mercedes, antes de converger en el punto de desagüe de la cuenca. En este sentido, destaca la ausencia de elementos de drenaje a lo largo de este tramo de la Avenida República Argentina.

Mediante la inspección visual de la zona, se comprobó esta discontinuidad en la red de drenaje, que coincide con uno de los tramos de firme más deteriorados de la calzada.

Existe un pequeño cauce natural en uno de los márgenes sobre el que se ha actuado puntualmente, colocando tuberías que permitan el paso del agua por debajo de los accesos a las viviendas. Aun así, no se observa una definición geométrica clara de dicho cauce, ni tampoco una continuidad en su recorrido, resultando más que insuficiente su capacidad de desagüe.

Otro de los aspectos fundamentales que se extraen de la inspección visual es la inexistencia de un bombeo adecuado en la sección de la calzada, observándose múltiples zonas de depresión atrapadas por la propia irregularidad del firme.

Por otra parte, el principal cauce de la cuenca, el Barranco de Las Mercedes, transcurre canalizado intersectando la TF-13 y convergiendo hacia la Avenida República Argentina.



Ilustración 2 - Cunetas en la rotonda de la TF-13.



Ilustración 3 - Vista de la carretera a 200m de la rotonda.



## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife

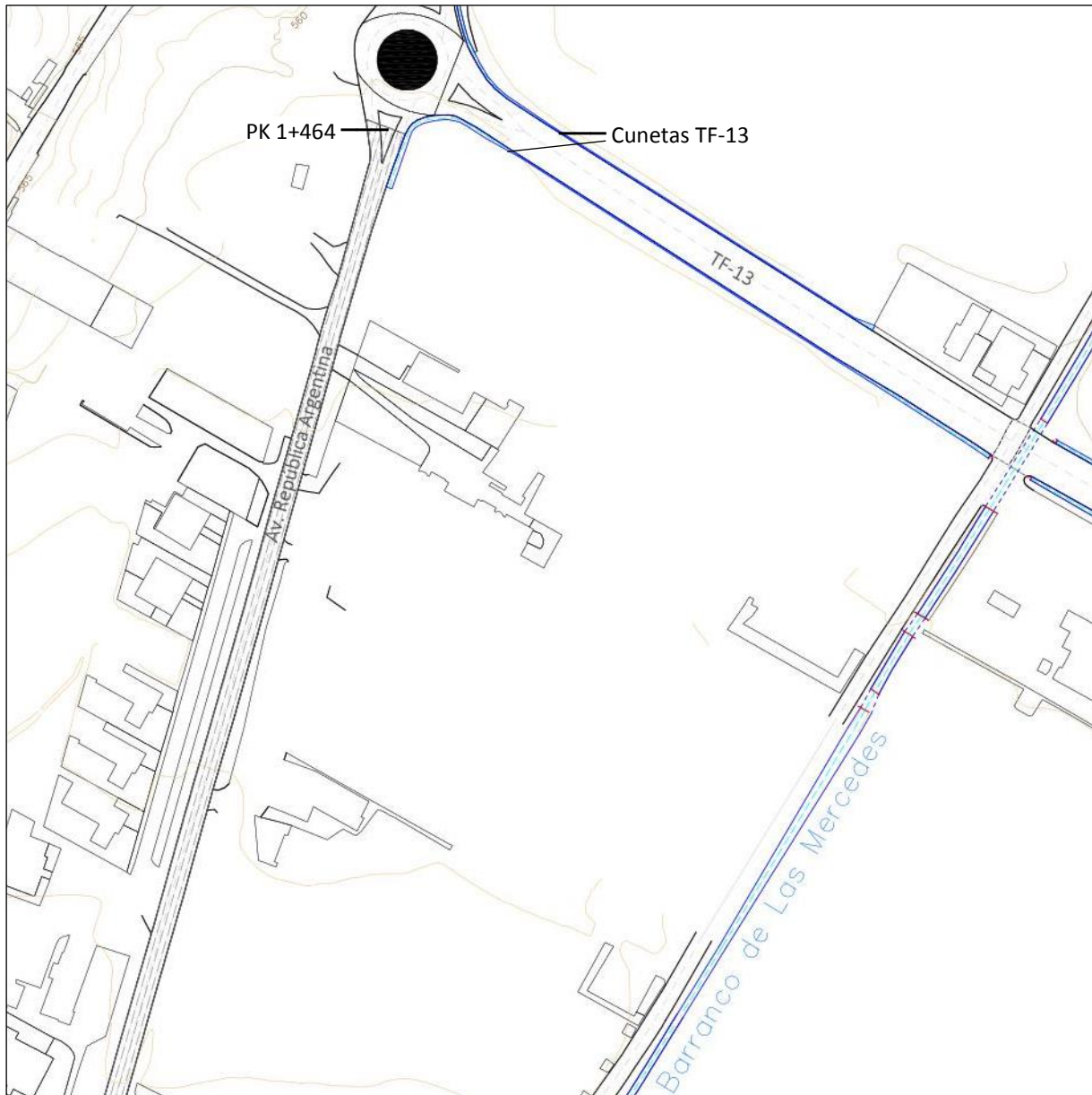


Ilustración 4 - Esquema del drenaje en la Zona I.



## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife

### 3.2.Zona II: Cruce con Calle Pozo Cabildo.

La intersección más importante de la Avenida República Argentina es el cruce con la Calle Pozo Cabildo. Esto se debe a su complejidad, no solo por aspectos del tráfico, sino también por su intersección con la canalización de Camino El Pino.

Dicha canalización consta de una cuneta triangular de 40 centímetros de profundidad y con origen en la TF-13, 250 metros al Norte de la rotonda.



Ilustración 5 - Cuneta de Camino El Pino.



Ilustración 6 - Paso inferior de la canalización.

Desde ese punto hace un rodeo siguiendo el margen del Camino El Pino. Al cruzarse con la Avenida República Argentina, la atraviesa mediante un paso inferior y se prolonga 120 metros al Sureste, mediante una canalización subterránea, para alcanzar el Barranco de Las Mercedes.

En la calzada de la Avenida República Argentina vuelven a observarse deficiencias en el bombeo de la sección, además de un mal solape de las zonas de aparcamiento anexas, en donde se crean notables depresiones. No se intuye ninguna tendencia de las pendientes hacia las zonas de desagüe, incluso a pesar de contar con una cuneta lateral que vierte a la canalización de Camino El Pino con una dudosa eficacia.



Ilustración 7 - Cuenta en tramo previo al cruce.



Ilustración 8 - Desagüe de la cuneta al canal principal.

## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife

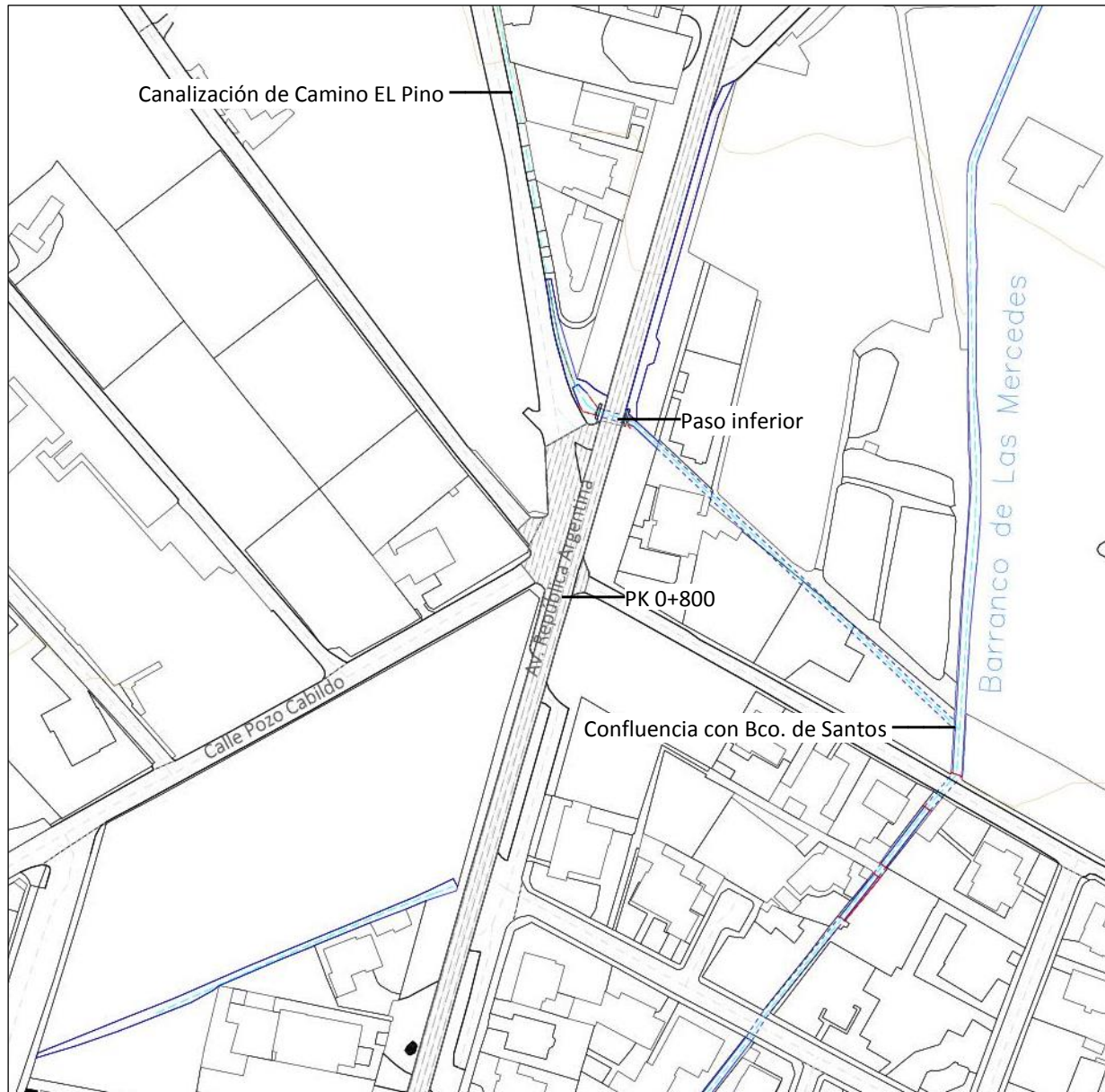


Ilustración 9 - Esquema del drenaje en la Zona II.



## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife

### 3.3.Zona III: Intersección con el Barranco de Gonzaliáñez.

A partir de la confluencia del Barranco de Las Mercedes con el encauzamiento de Camino El Pino, la conducción converge hacia la Avenida República Argentina, enterrada a lo largo de varias manzanas de urbanización, con pequeños afloramientos puntuales.

A la altura del Parque de La Vega, el canal se desarrolla paralelo a la calzada y en sección abierta a lo largo de 120 metros, donde se vuelve a soterrar hasta la confluencia con el Barranco de Gonzaliáñez.

Este barranco cruza la Avenida República Argentina también por medio de un paso inferior, donde se produce la confluencia con el encauzamiento final.

Este canal, también denominado Barranco de Gonzaliáñez, constituye el principal elemento de desagüe de aguas pluviales de la ciudad de La Laguna, recogiendo las distintas aportaciones en su recorrido hasta la desembocadura en Santa Cruz de Tenerife, donde es más conocido como Barranco de Santos.

A partir de dicho encauzamiento, se desarrolla una zona más urbana que cuenta con imbornales de captación de aguas pluviales. Se aprecia una notable mejora en la regularidad de la calzada, observándose un mejor uso de las pendientes para desviar el flujo de agua hacia los márgenes.



**Ilustración 10 – Barranco de las Mercedes a su paso por el Parque de La Vega.**



**Ilustración 11 - Paso inferior del Bco. de Gonzaliáñez.**



**Ilustración 12 - Tramo final de la carretera.**

## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife

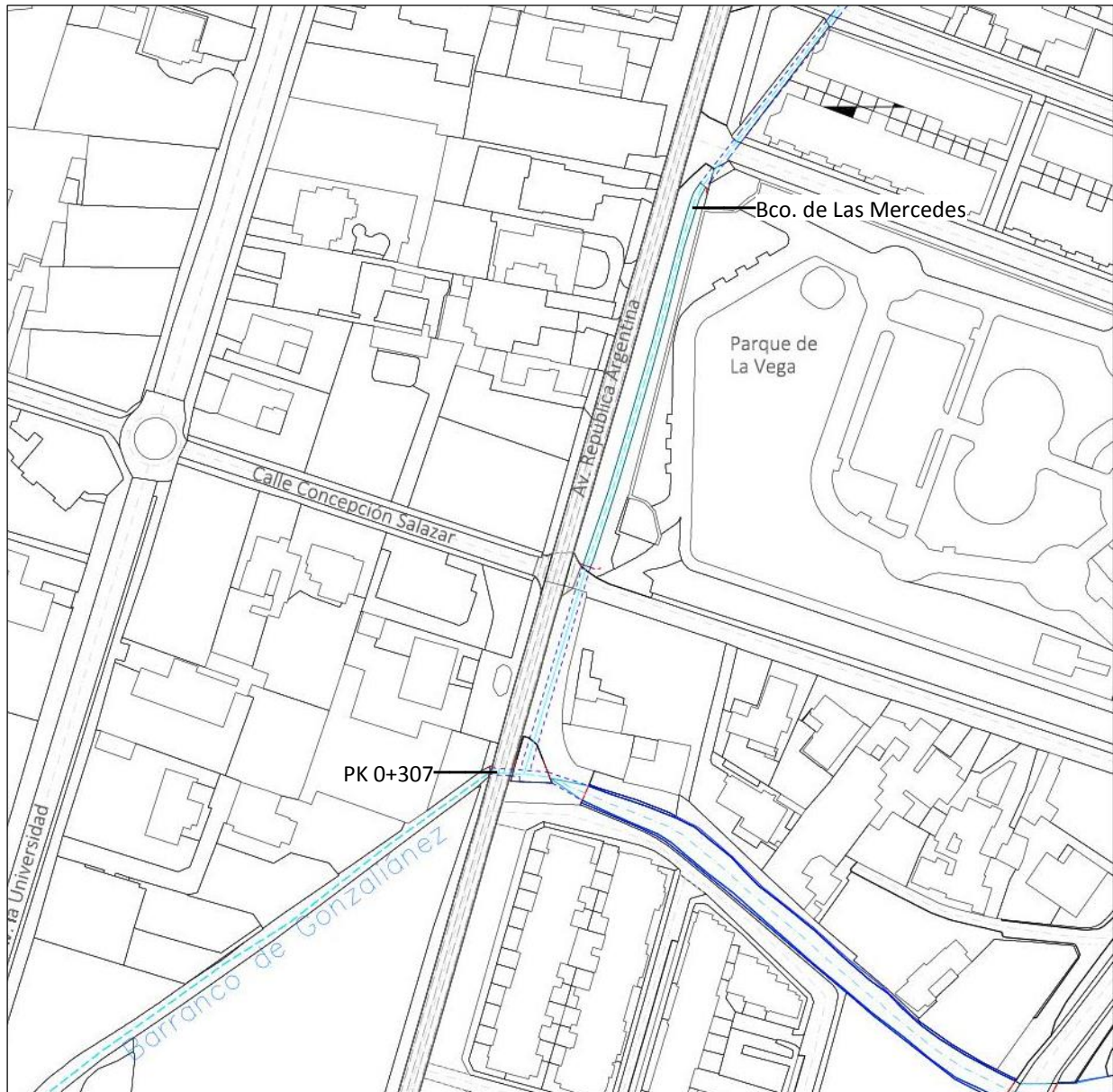


Ilustración 13 - Esquema del drenaje en la Zona III.

## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife

---

### 4. ANÁLISIS DE SOLUCIONES.

Una vez examinada la red actual de drenaje, e identificadas las deficiencias, se procede a analizar distintas mejoras que garanticen la correcta evacuación de las aguas de la carretera.

Un aspecto fundamental que se ha observado en el análisis de la red de drenaje es la deficiencia en el bombeo de las secciones de la calzada, con una superficie del firme muy irregular, sin pendientes constantes y con numerosas depresiones aisladas que favorecen la acumulación del agua.

Una solución general que se plantea es corregir las deficiencias de bombeo aprovechando que se va a rehabilitar el firme, diseñando las nuevas secciones en función de los tramos analizados, de forma que se produzca el correcto desagüe de la carretera.

Esta irregularidad superficial del firme se producirá de nuevo si las aguas evacuadas de la plataforma mediante bombeo no se canalizan adecuadamente, evitando su acumulación en distintos puntos. Para ello, ante la falta de elementos de drenaje longitudinal que cumplan dicha función, se diseñará un colector de recogida de aguas en el margen de la calzada.

Las soluciones aquí proyectadas tienen el objetivo de asegurar el drenaje de la plataforma de la vía, de forma que no se produzcan deterioros prematuros del firme. El drenaje de las zonas adyacentes a la carretera se tratará en el Anejo III de este proyecto, dimensionando los elementos necesarios para el adecuado desagüe de cada zona.

#### 4.1. Tramo I: PK 0+000 a PK 0+800.

Este primer tramo parte desde el núcleo urbano hasta la intersección principal de la carretera con la Calle Pozo Cabildo. Es por ello que cuenta con mayor grado de urbanización e incluso con alcantarillado en sus primeros metros. Cuenta con márgenes de suelo virgen utilizado como aparcamiento al libre albedrío de los ciudadanos, razón por la cual se prevé el acondicionamiento de dichas zonas en el Anejo III de este proyecto.

Al no detectarse ninguna problemática en el drenaje de este tramo en cuanto al firme de la calzada se refiere, no se prevé diseñar ningún tipo de solución. El correcto drenaje de las zonas antes mencionadas se tratará individualmente en el Anejo III que recoge dichas soluciones de acondicionamiento.

#### 4.2. Tramo II: PK 0+800 a PK 1+464.

Desde la intersección con la Calle Pozo Cabildo hasta la rotonda con la TF-13, se detectan zonas de encharcamiento y graves irregularidades en el firme, así como una inexistente red de evacuación de aguas. Se considera éste como el principal tramo de actuación sobre el drenaje, al ser necesarias obras de drenaje longitudinal que evacúen rápidamente el agua de la vía y eviten su acumulación.

## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE



Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife

A continuación se realiza el cálculo del caudal previsible, según la *Norma 5.2-IC de Drenaje superficial*.

### Cálculo del caudal de referencia.

El Centro Insular de Aguas de Tenerife realizó en el año 2012 un estudio de los caudales de avenida de las principales cuencas del municipio de La Laguna para incluirlo en el Plan General de Ordenación Urbana vigente. En esta ficha se muestra la información hidrológica básica de cada cuenca y se ha realizado el cálculo del caudal máximo para distintos periodos de retorno.

En la *Ilustración 14* se recogen los resultados de dicho estudio para la cuenca del Barranco de Santos, de la cual forma parte nuestro tramo de actuación.

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA METODOLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES DE AVENIDA EN LA ISLA DE TENERIFE										
<b>IDENTIFICACIÓN DEL CAUCE:</b>										
Código: 5374			Red hidrográfica: Bco. de Santos							
			Topónimo:							
			Alónimo:							
<b>PUNTO DE CÁLCULO:</b>			<b>DATOS DEL CAUCE:</b>				<b>DATOS DE LA CUENCA:</b>			
Coordenadas UTM			Longitud (m): 5642				Superficie (km²): 4,62			
X: 371570			Cota min (m): 552				Tc (h): 1,84			
Y: 3153247			Cota max (m): 956				Nº curva (AMCII): 70			
<b>PRECIPITACIÓN DIARIA (Pd):</b>										
T (años)	2.33	5	10	25	50	100	250	500	1000	5000
Pd (mm)	71	97	119	151	176	203	242	275	309	402
<b>CAUDAL PUNTA (Qp):</b>										
T (años)	2.33	5	10	25	50	100	250	500	1000	5000
Qp (m³/s)	3.69	8.31	13.4	21.5	45.8	55.5	69.7	81.6	94.4	128.7
Versión 2009										
Fecha 29/02/2012										
<div> Consejo insular de Aguas de Tenerife  INCLAM Ingeniería del Agua</div>										

**Ilustración 14 - Ficha de resultados de la cuenca del Barranco de Santos.**

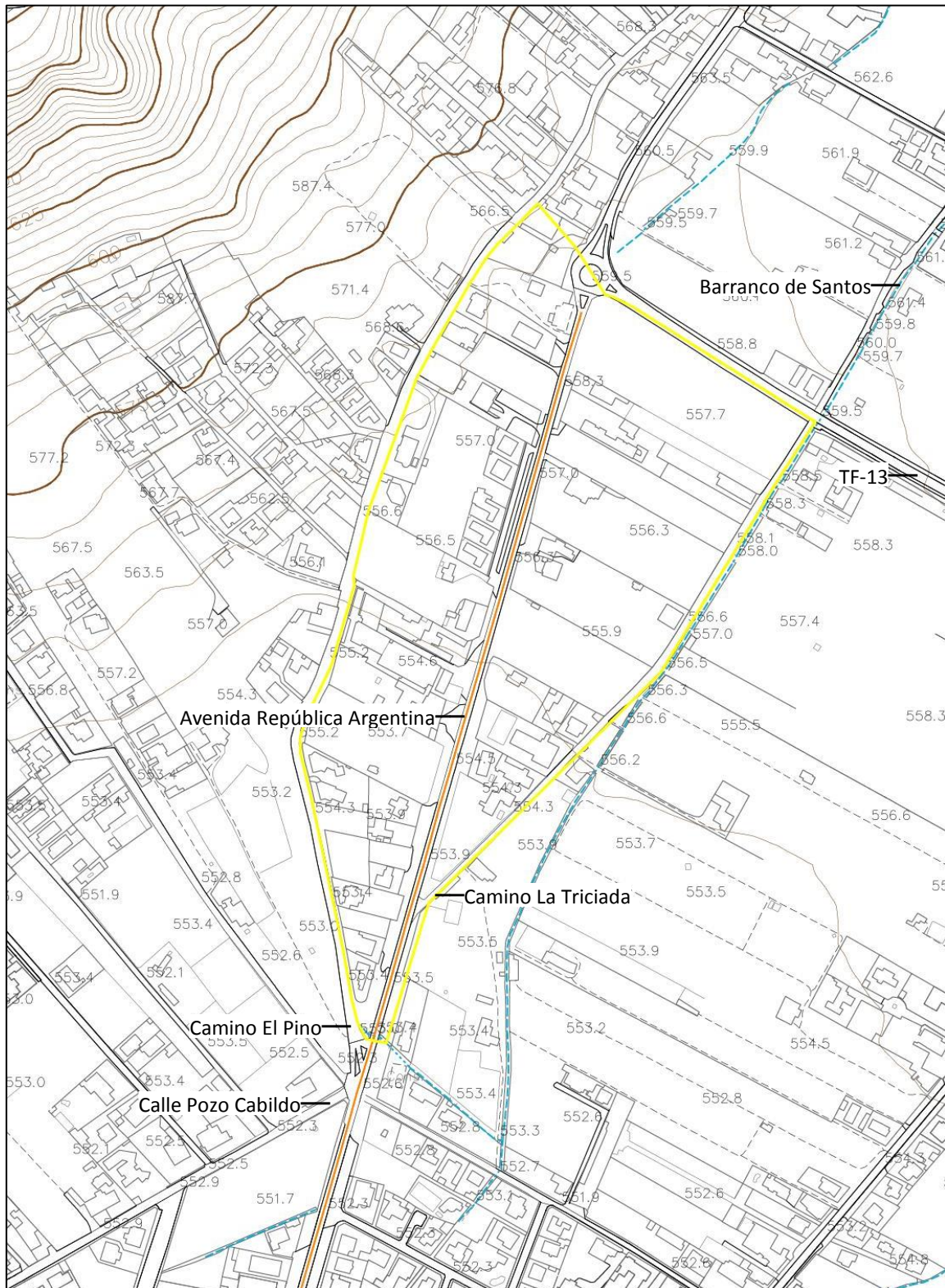
Aunque se puedan tomar estos resultados como comparativa, calcularemos el caudal máximo de referencia para nuestro tramo según el método hidrometeorológico recomendado en la Norma 5.2-IC, cuya formulación define al caudal de diseño como:  $Q = C \cdot I \cdot A / K$ .

Considerando la red de drenaje propuesta por el CIATF en su estudio (*Ilustración 1*), definimos nuestra subcuenca con el punto de desagüe en la confluencia de las redes de flujo de Camino El Pino y Avenida República Argentina. Este punto coincide con el cruce de nuestra carretera con la Calle Pozo Cabildo, principal intersección de la vía, discurriendo la red de drenaje por un paso inferior.



## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife



**Ilustración 15 - Subcuenca asociada al Tramo II.**

La subcuenca viene definida, más que por la topografía, por los elementos que integran la red de flujo y drenaje. Partiendo desde el punto de desagüe, la divisoria sigue el Camino El Pino, contando este con una cuneta de desagüe que independiza a la subcuenca. A la altura de la rotonda con la TF-13, la divisoria pasa a seguir a la cuneta de la misma, hasta el cruce con el

## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife

Camino La Triciada, que vuelve a enlazar con la Avenida República Argentina llegando hasta el punto de desagüe.

Dicha subcuenca cuenta con una superficie  **$A = 0.126 \text{ km}^2$** , bastante inferior a la cuenca completa del Barranco de Santos, con  $4.62 \text{ km}^2$  de superficie.

Consideramos 25 años como periodo de retorno, al tratarse de un dimensionamiento de elementos de drenaje superficial para una IMD superior a 2000, según recomendaciones de la Norma 5.2-IC.

Al no disponer de varias estaciones meteorológicas próximas a la actuación, tomamos el valor de precipitación diaria  $P_d$  del estudio del CIATF para la cuenca del Barranco de Santos (*Ilustración 14*). Así, la intensidad media correspondiente al periodo de retorno ( $I_t$ ) queda:

<b><math>P_d</math></b>	<b>151</b>	<b>mm</b>
<b><math>I_d</math></b>	<b>6.3</b>	<b>mm/h</b>
<b><math>I_1/I_d</math></b>	<b>8</b>	
<b><math>I_1</math></b>	<b>50.33</b>	<b>mm/h</b>
<b><math>L</math></b>	<b>0.66</b>	<b>km</b>
<b><math>J</math></b>	<b>0.009</b>	<b>m/m</b>
<b><math>t_c</math></b>	<b>0.54</b>	<b>h</b>
<b><math>I_t</math></b>	<b>69.21</b>	<b>mm/h</b>
<b><math>I_t/I_d</math></b>	<b>11.00</b>	

Para definir el coeficiente de escorrentía ( $C$ ), zonificamos nuestra subcuenca según el tipo de suelo, al tratarse de una zona semiurbana heterogénea. La zonificación se muestra en la *Ilustración 16* y los resultados se recogen en la siguiente tabla:

Tipo de suelo	$P_0(\text{mm})$	$A (\text{km}^2)$	(%A)	$P_0 \cdot 3.5$
Pavimento y edificación	3	0.076	60.3	5.25
Rot. cultivos pobres	13	0.050	39.7	45.5
		0.126		<b>24.4mm</b>

$\Sigma(P_0 i \cdot A_i) / A$

**Tabla 1 - Estimación del umbral de escorrentía equivalente a la subcuenca.**

De esta forma, el coeficiente de escorrentía queda:

$$P_d/P_0 = 6.19$$

$$C = 0.51$$



## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife

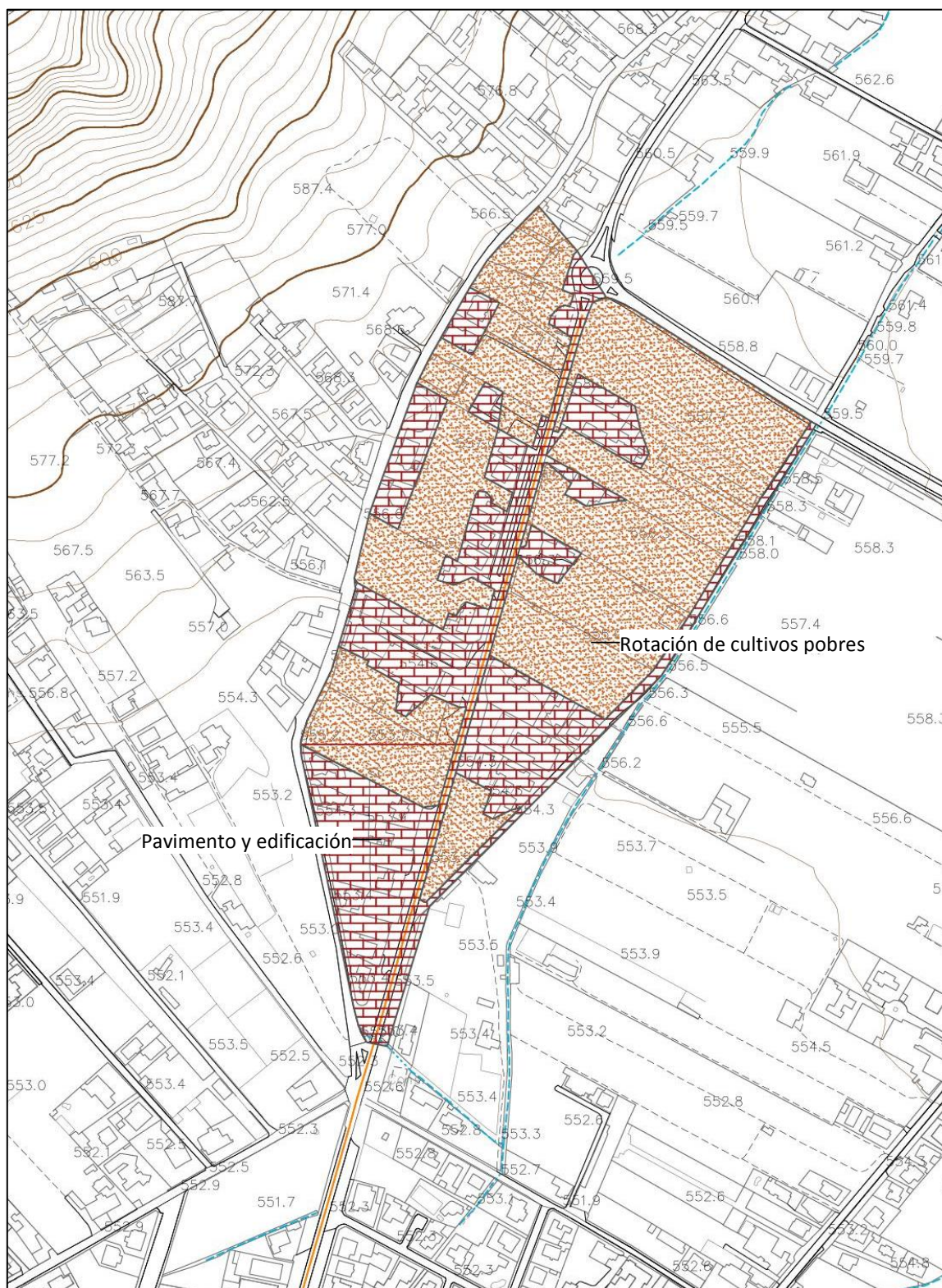


Ilustración 16 - Zonificación de la subcuenca según el tipo de suelo.

Por último, consideramos el factor **K = 3**, al querer obtener el resultado del caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$ , introduciendo el área en  $\text{km}^2$ . Finalmente, el caudal de referencia obtenido es:

<b>Q</b>	<b>1.49</b>	<b><math>\text{m}^3/\text{s}</math></b>
----------	-------------	---

## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

C	0.51	
A	0.126	km <sup>2</sup>
I	69.21	mm/h
K	3	

Consideraremos que el caudal de diseño para nuestras obras de drenaje será  $Q_p = 1.50 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### Dimensionamiento de la solución adoptada.

El ancho mínimo libre entre la carretera y los terrenos contiguos (sin recurrir a expropiaciones) es de 1.5 metros a lo largo de este tramo.

Ante este reducido espacio que ofrecen los márgenes de la carretera, resulta imposible dimensionar cunetas que, a la vez que desagüen el caudal de diseño, estén conformadas por unos taludes que garanticen la seguridad de los vehículos. Diseñando en cada margen una cuneta triangular, con talud interior 1:4 y exterior 1:6 (según el artículo 3.6.3 de la Norma 5.2-IC), y con 1.5 metros de ancho, se obtiene un calado máximo de 0.15m que, con la reducida pendiente del tramo, apenas desagua un 20% del caudal de diseño.

Por ello se considera el dimensionamiento de dos colectores enterrados en zanja que permitan ajustarse a las limitaciones geométricas del tramo.

### Dimensionamiento de los colectores.

Analizando el perfil del tramo actual de carretera (*Plano A-1.2: Perfil longitudinal. Colector.*), se plantean colectores con inicio en el PK 0+853, desaguardo en la cota 552.4 en el encauzamiento de Camino El Pino, con una pendiente del 7‰ de forma que se evite el cruce con la instalación de abastecimiento localizada en el PK 1+384.

Al haber un reparto aproximadamente simétrico de la cuenca respecto a la Avenida República Argentina, se dimensiona cada colector para evacuar la mitad del caudal de diseño. Se utilizará tubería de PVC-U por su baja rugosidad, facilidad de instalación y precio, habiéndose comparado con otro tipo de materiales.

$$D = 1.548 \left( \frac{nQ}{i^{1/2}} \right)^{3/8} \left\{ \begin{array}{l} Q = 0.75 \text{ m}^3/\text{s} \\ n = 0.01 \\ i = 0.007 \text{ m/m} \\ D_{\text{teor}} = 0.627 \text{ m} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} D_{\text{real}} = 0.6752 \text{ m} \\ V_{\text{real}} = 2.555 \text{ m/s} \\ Q_{\text{real}} = 0.915 \text{ m}^3/\text{s} \\ R_h = 0.169 \text{ m} \\ A = 0.358 \text{ m}^2 \end{array} \right.$$

Tabla 2 – Aplicación de la fórmula de Manning en tuberías circulares.

Realizando el cálculo hidráulico en sección llena, para un caudal de  $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ , obtenemos un diámetro teórico de 627 mm. Emplearemos el diámetro normalizado inmediatamente superior, siendo las características de la tubería las siguientes:

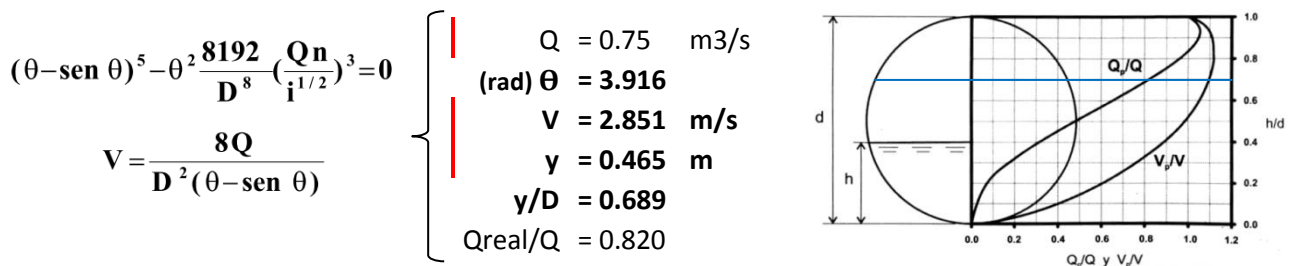
## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife

- Rigidez nominal: SN-4.
- Diámetro nominal = 710 mm.
- Espesor = 17.4 mm.
- Diámetro interior: 675.2 mm.
- Rugosidad de Manning:  $n = 0.01$

De esta forma aseguramos que la tubería funcione en lámina libre para el caudal de diseño, contando con un ligero margen para caudales superiores.

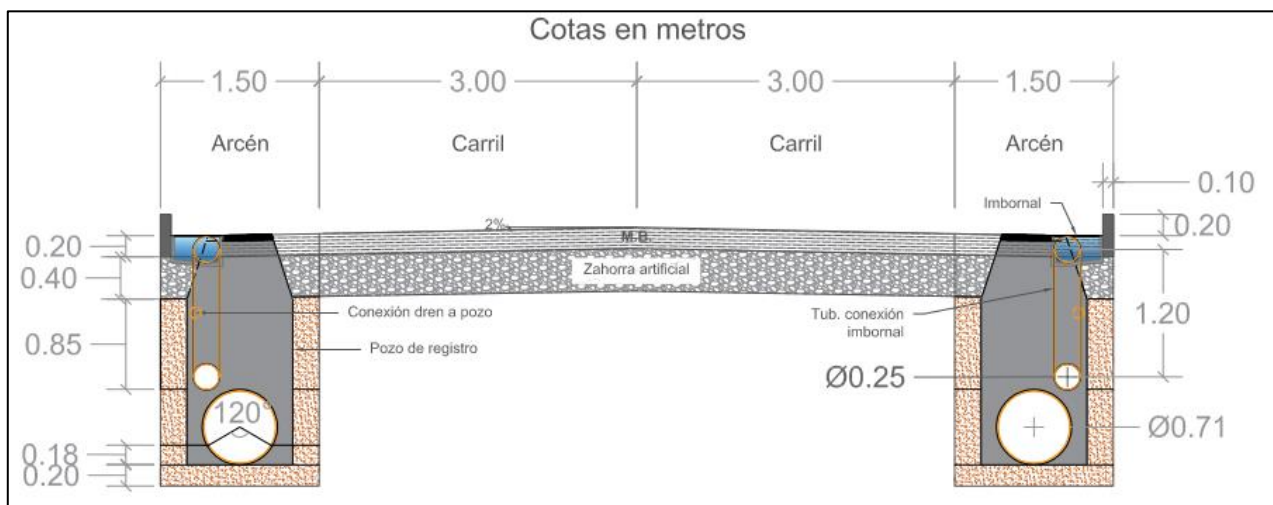
Comprobamos también el cumplimiento de velocidades y el resguardo que se obtiene. Se cumple la velocidad mínima, asociada al chubasco de  $T=2$  años ( $v = 2.28 \text{ m/s} > 0.9$ ), la velocidad máxima, asociada al chubasco de  $T=25$  años ( $v = 2.85 \text{ m/s} < 4$ ) y el resguardo ( $y/D = 0.69 < 0.94$ ).



**Tabla 3 - Comprobación de velocidad y resguardo.**

### Dimensionamiento de la zanja.

Comprobado el correcto funcionamiento de la tubería, se diseña la zanja en la que será instalada. Mediante el software ASETUB PVC 2.1, validamos el diseño para la zanja más profunda, comprobando que la instalación es adecuada y que la tubería resiste los esfuerzos.



**Ilustración 17 - Sección de la obra de drenaje con profundidad máxima de zanja.**



# ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife

## 1. Características del tubo y la instalación.

TIPO DE CONDUCCIÓN: SANAMIENTO SIN PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.456)

Material del tubo: PVC-U

Presión nominal: bar (entre paréntesis, PN no habitual)

Diámetro nominal: Dn = 710 mm

Espesor: e=17.4 mm

Diámetro interior: di= 675.2 mm

Radio medio: Rm= 346.3 mm

Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm<sup>2</sup>, Et(cp)=3600 N/mm<sup>2</sup>

Peso específico: P.esp.=14 kN/m<sup>3</sup>

Esfuerzo tang. maximo: Sigma-t(lp)= 50 N/mm<sup>2</sup>, Sigma-t(cp)=90 N/mm<sup>2</sup>

Nota: Las propiedades del material se han obtenido del informe UNE 53.331 IN

Presión agua interior: Pl = 2.6bar

Presión agua exterior: Pe= .1 bar

Instalación en: ZANJA

Cálculo de las acciones a: LARGO PLAZO

Altura de la zanja: H1=0.85 m

Anchura de la zanja: B1=1.5 m

Ángulo de inclinación de la zanja: Beta=90°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: Zalfa=120°

Tipo de relleno: Medianamente cohesivo

Tipo de suelo: Medianamente cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: Y1=19 kN/m<sup>3</sup>

Módulos de compresión del relleno: E1=2 N/mm<sup>2</sup> E2= 2 N/mm<sup>2</sup>

Módulos de compresión del terreno: E3=2 N/mm<sup>2</sup> E4= 5 N/mm<sup>2</sup>

Sobrecargas concentradas debidas a tráfico: MEDIO (<39t)

Número de ejes de los vehículos: 2

Distancia entre ruedas: a=2 m

Distancia entre ejes: b=3 m

Sobrecarga concentrada: Pc=65 kN

Sobrecarga repartida: Pd= kN

Altura 1ª capa de pavimentación: h1=0.2 m

Altura 2ª capa de pavimentación: h2=0.4 m

Módulos de compresión de las capas: Ef1=15000 N/mm<sup>2</sup> Ef2= 200 N/mm<sup>2</sup>

## 2. Determinación de las acciones sobre el tubo.

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras: qv=13.43172 kN/m<sup>2</sup>

Debida a sobrecargas concentradas: Pvc=3.33807 kN/m<sup>2</sup>

Debida a sobrecargas repartidas: Pvr=0 kN/m<sup>2</sup>

Presión vertical total sobre el tubo: qvt=16.76979 kN/m<sup>2</sup>

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo

a la altura del centro del tubo: qht=11.4716 kN/m<sup>2</sup>

### 2.3. Deformación Relativa: dv=1.42331 % --ADMISIBLE: cumple dv<=5%

### 2.4. Momento flector total (M)

En Clave: M (Clave)=0.28291 kN m/m

En Rifones: M (Rifones)=0.25563 kN m/m

En Base: M (Base)=0.34419kN m/m

### 2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave: N (Clave)=80.14638 kN m/m

En Rifones: N (Rifones)=76.85941 kN m/m

En Base: N (Base)=80.69003kN m/m

### 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: 10.30656 kN/mm<sup>2</sup>

En Rifones: -0.56398 kN/mm<sup>2</sup>

En Base: 11.57271 kN/mm<sup>2</sup>

### 2.7. Verificación del esfuerzo tangencial (Coef. seguridad a rotura)

En Clave: 4.85128 --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Rifones: 88.65507 --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Base: 4.32051 --ADMISIBLE: cumple >2.5

### 2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: 17.76915 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido a la presión ext. de agua: 14.58659 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido al terreno y al agua: 8.01067 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Ilustración 18 - Informe de resultados obtenidos con el software ASETUB PVC 2.1.



## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

Se ejecutará una zanja vertical mediante tablestacado, con una profundidad máxima de 2.36 metros y 1.5 metros de ancho. El material excavado se considera un suelo “medianamente cohesivo” o “adecuado”, con un peso de 19 kN/m<sup>2</sup>, y empleándose también como relleno realizando la compactación prescrita. La tubería reposará sobre una cama de 20 centímetros de terreno excavado convenientemente compactado.

La presión interna del agua, necesaria para el cálculo, se ha estimado según la siguiente fórmula:

$$\frac{\sigma_{adm}}{C} \geq \frac{PD}{2e}$$

$\sigma_{adm} = 10$	MPa
$\equiv 100$	bar
$D_{int} = 675.2$	mm
$e = 17.4$	mm
$C = 2.00$	(PVC-U)
$P = 0.26$	MPa
$\equiv 2.6$	bar

Se ha tomado el nivel freático a 1m de profundidad, añadiendo dicha sobrecarga al cálculo.

Se ha considerado el uso de la superficie como arcén de la carretera, ampliando la sección de firme de la vía y aplicando una sobrecarga de tráfico medio (<39T). La nueva sección de firme definida en el *Anejo II de Rehabilitación de firme* consta de 20 centímetros de mezcla bituminosa y 40 centímetros de zahorra artificial.

La sección variará su profundidad modificándose la altura de relleno sobre la clave de la tubería, de forma que la sección de firme conserve sus espesores y mantenga su pendiente del 7%. De manera excepcional, en el entorno del PK 0+959 (tramo de sección mínima), se reducirá el espesor de la zahorra hasta los 20 centímetros, sustituyéndolos por el relleno de la zanja convenientemente compactado. Así se pretende disipar las tensiones para no alcanzar bruscamente la tubería. El *Plano A-1.2 Perfil longitudinal. Colector* muestra dichas especificaciones, así como el detalle de las secciones máxima y mínima.

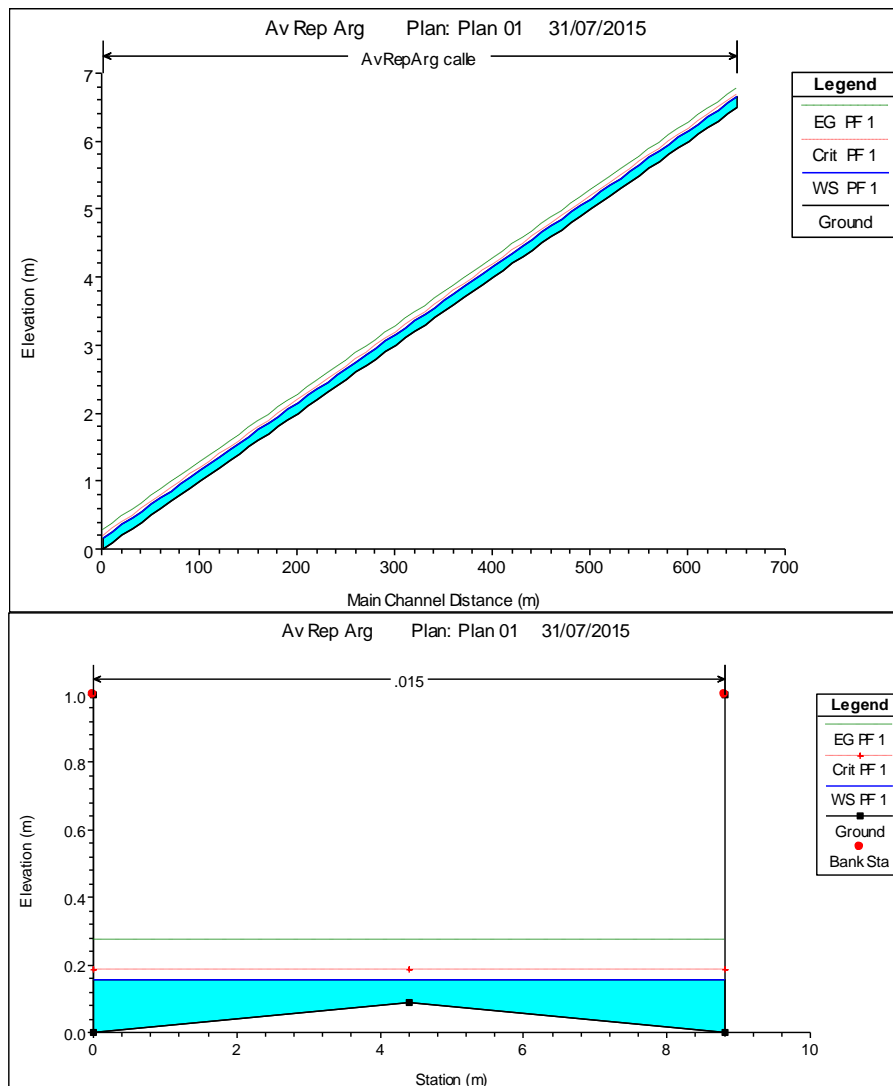
### Dispositivos de toma.

Como dispositivos de captación de aguas se dispondrán imbornales de bordillo conectados mediante tubería a los pozos de registro. Se han empleado los criterios de la publicación “Una metodología de selección de imbornales y de cálculo del caudal captado en viales urbanos. (CEDEX, 1997)” para evaluar la eficiencia de los distintos tipos de imbornal en nuestro caso, obteniendo su capacidad de interceptación.

De forma alternativa a dicha metodología, se ha calculado el calado generado en la carretera para el caudal de diseño. Se ha empleado HEC-RAS, simulando la carretera como un canal en régimen uniforme rápido o supercrítico, obteniéndose un calado de 16 centímetros en los márgenes y de 7 centímetros en el centro.

## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

### Proyecto Básico de Acondicionamiento de la Avenida República Argentina en Santa Cruz de Tenerife



**Ilustración 19 - Esquemas del perfil y sección de la simulación realizada con HEC-RAS.**

Se ha considerado la incorporación de un bordillo al nuevo arcén de la carretera con 20 centímetros de altura y 10 centímetros de ancho, actuando como límite lateral de nuestro “canal”. Queda entonces una canalización de 8,8 metros de ancho, con pendiente longitudinal del 1% y bombeo del 2%, considerándose esta opción la más desfavorable al existir zonas sin bordillo y, por tanto, más anchas y que portarían un menor calado.

Calculamos la eficiencia de los distintos tipos de imbornal, eligiendo el de mayor eficiencia, según la formulación propuesta por el estudio del CEDEX.

Imornal tipo		1	2	3	4	5	6
Parámetros	a	-12.6225	-6.733	-5.5925	-14.758	-17.7836	-12.1849
	b	4.02E-04	1.20E-04	3.39E-04	9.33E-05	3.00E-03	4.22E-04
	c	0.7548	0.6639	0.6519	0.7433	0.8425	0.6848
$(Q_p - a) \cdot (m - b) = c$							
m		1.39E-03	9.97E-04	1.20E-03	1.07E-03	4.10E-03	1.32E-03
$E = m \cdot y$							
E		0.223	0.160	0.192	0.170	0.656	0.211

donde  $Q_p \equiv$  caudal de diseño evacuado en cada carril  $\equiv 0.75 \text{ m}^3/\text{s}$

**Tabla 4 - Cálculo de la eficiencia de los distintos tipos de imbornal.**

## ANEJO I: ESTUDIO DE DRENAJE

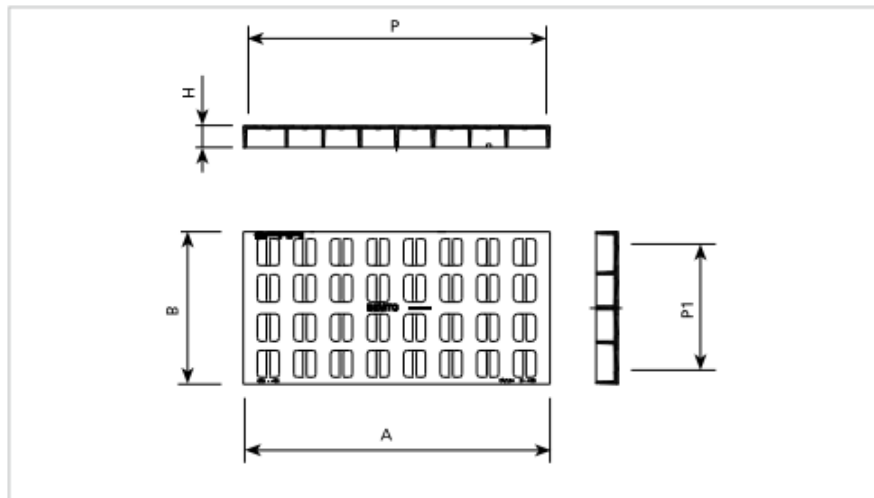
El imbornal elegido corresponde con un modelo de reja tipo INTERCEPTORA, con las siguientes características:

Tipo	Longitud	Anchura	Área total	Área de huecos
Interceptora	97.5 cm	47.5 cm	4825 cm <sup>2</sup>	1400 cm <sup>2</sup>

Con la eficiencia calculada obtenemos el caudal interceptado por cada imbornal:

$$Q_x = E \cdot Q_p = 0.49 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Con todo esto, se propone un imbornal D-400 Tango de Benito Urban, con 98 cm de largo por 49 cm de ancho, y con capacidad de desagüe de 500 L/s.



REF.	CERT.	CLAS.	A	B	H	SUP. ABS. dm2 / SURFACE ABSORT. dm2 / WATERWAY AREA dm2
R0199RNE		E-600	980 mm	490 mm	70 mm	16
R0199RN	BVQI	D-400	980 mm	490 mm	70 mm	16

**Ilustración 20 - Esquema y especificaciones de la reja D-400 de Benito Urban.**

Al no encontrarse la zona completamente urbanizada, existen tramos en los que el margen de la carretera está deprimido con respecto a la carretera, siendo necesario ubicar los imbornales correspondientes en la menor cota posible. La situación de cada imbornal se detalla en el *Plano A-1.3 Situación de los colectores y elementos aux.*

### Elementos auxiliares.

Será necesario contar con pozos de registro para poder llevar a cabo el mantenimiento de la red, colocándose pozos prefabricados de PVC que garanticen las uniones entre los tramos de colector. Se dispondrán estos pozos cada 50 metros, por limitaciones del instrumental de mantenimiento, contando con un diámetro máximo de 1 metro que permita la visitabilidad del colector. Se conectarán los imbornales con los pozos de registro disponiendo tuberías de PVC de 250mm de diámetro exterior.

Además, se dispondrá un dren entre pozos de registro, de 110mm de diámetro nominal, que recoja el agua infiltrada entre los imbornales.

