

Una metodología de selección de imbornales y de cálculo del caudal captado en viales urbanos

MANUEL GÓMEZ VALENTÍN (*); JAVIER GONZÁLEZ GONZÁLEZ (*)

RESUMEN En este artículo se presentan algunos resultados de los ensayos realizados para caracterizar la capacidad hidráulica de varias rejillas o imbornales que se han llevado a cabo en la E.T.S. de Ing. de Caminos de Barcelona, a través de un convenio de colaboración con la empresa CLABSA. Se ha determinado la eficiencia de algunas de las rejillas más habituales, para un rango de caudales hasta 200 l/s y para pendientes longitudinales de 0 a 10% y transversales de 0 a 4%. De los resultados se desprende una eficiencia similar para caudales bajos (menos de 50 l/s) presentándose mayores diferencias para caudales altos, con eficiencias bajas, del orden del 10%. Se desarrolla a continuación el proceso de estimación del caudal captado para una rejilla cualquiera de las ensayadas situada en una calle.

A METHODOLOGY TO SELECT GUTTER INLETS AND TO ESTIMATE THE INTERCEPTED DISCHARGE IN URBAN STREETS

ABSTRACT In this article, some results of the laboratory tests made to determine the hydraulic capacity of some gutter inlets are presented. The study was carried out at the E.T.S. de Ing. de Caminos de Barcelona through a cooperation with the company in charge of the sewer network management of Barcelona, CLABSA. The hydraulic efficiency of some of the most usual inlets has been obtained, for a maximum discharge value of 200 l/s and longitudinal slopes from 0 to 10% and transversal slopes from 0 to 4%. From the results we can observe that for low discharges (less than 50 l/s) most of the inlets show a similar efficiency but for higher discharges they present significant differences and in all cases low efficiency values (lower than 10%). A procedure to determine the intercepted flow for any of the tested inlets is presented.

Palabras clave: Imbornal; Sumidero; Eficiencia hidráulica; Flujo en calles; Ensayos de captación.

1. INTRODUCCIÓN

La lluvia caída en medio urbano provoca una acumulación de agua que puede alcanzar niveles y caudales significativos en nuestras calles, dificultando así las actividades ciudadanas. El tráfico rodado o peatonal se ve afectado por el agua circulante. La forma de resolver el problema es mediante la disposición de elementos de captación (rejillas o imbornales) que retiren ese agua de la superficie, introduciéndola en la red de alcantarillado.

A la hora de seleccionar el tipo de imbornal en una calle y calcular el caudal captado por cada uno de ellos, nos encontramos con una falta crónica de información sobre la capacidad hidráulica de los elementos que hemos de disponer. Debemos seleccionar un modelo de rejilla/imbornal y debemos determinar también la ubicación/separación de los imbornales, calculando el caudal que cada uno capta y viendo si son suficientes para el caso en cuestión. La gran mayoría de suministradores españoles no proporcionan información sobre los caudales de captación de las rejillas que

venden. Ante la carencia de datos sobre el comportamiento hidráulico, a petición de la empresa de gestión de la red de alcantarillado de Barcelona, CLABSA, se realizaron unos ensayos de caracterización de la capacidad de captación de varios imbornales a escala real, y sobre la base de los datos obtenidos se propone una metodología de estimación del flujo en las calles y del caudal que capta una rejilla o imbornal en un vial urbano.

2. ENSAYOS DE CAPACIDAD DE LOS IMBORNAL

Para estudiar el caudal que capta un imbornal, se puede ensayar a escala real en una plataforma que reproduzca las condiciones de la calle y permita variar el caudal de paso y las pendientes longitudinal y transversal (ver Figura 1). La plataforma construida en el Laboratorio de Hidráulica de la E.T.S. de Ing. de Caminos de Barcelona presenta unas dimensiones de 5.5 m de largo por 4 m de anchura, permitiendo una zona de ensayo útil de 5.5 x 3 m, reproduciendo el ancho de un vial urbano. Está apoyada en tres puntos, lo que le permite modificar las pendientes variando estos apoyos, alcanzándose un máximo del 10% longitudinal y el 4% transversal. Un depósito de alimentación en la cabecera de la plataforma consigue que la entrada del agua en la misma sea suave, proporcionando una condición de contorno que

(*) E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos - UPC. Dep. de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental.



FIGURA 1. Vista de la plataforma de ensayos.

permite al agua alcanzar de forma rápida un movimiento unidimensional. Los ensayos realizados en régimen permanente se hicieron con caudales de paso de 20, 50, 100, 150 y 200 l/s.

En los ensayos realizados lo que se reproduce es el flujo en una calle con una pendiente longitudinal S_y , y con una sección transversal triangular, del tipo indicado en la Figura 2 con pendiente transversal S_x . Si denominamos Q_p al caudal de paso por la calle, en los ensayos se mide el calado de aproximación y (calado que se toma junto al borde de la plataforma, justo aguas arriba del imbornal) y el caudal captado Q_x para una serie de valores de S_y , de S_x y de Q_p .

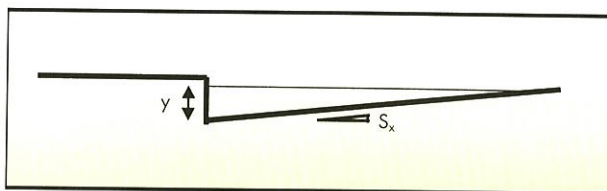


FIGURA 2. Sección transversal ensayada.

Los imborнаles que se ensayaron se exhiben en la Figura 3. Para todos ellos se obtuvo la capacidad de captación para cada caudal y combinación de pendientes ensayadas. Se ensayaron ocho pendientes longitudinales 0, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8 y 10%, cinco pendientes transversales 0, 1, 2, 3 y 4%, y todas las correspondientes combinaciones de las mismas (en total 40 combinaciones) para cada uno de los 5 caudales de estudio. (Tabla 1).

De los ensayos realizados se pueden extraer una serie de conclusiones generales:

- Para comparar el comportamiento hidráulico entre diferentes situaciones es conveniente introducir una variable, **eficiencia de captación E**, cociente entre el caudal interceptado por el imbornal y el caudal de paso por la calle o plataforma. En base a ella se define para cada imbornal

y para caudal de paso un ábaco de funcionamiento como el indicado en la figura 4.

- La eficiencia de captación de una reja depende claramente del caudal de paso y del valor de las pendientes transversal y longitudinal. La variación de pendiente transversal puede aumentar/reducir hasta en un 50% la eficiencia de captación. La pendiente longitudinal tiene gran influencia sobre la eficiencia de captación hasta valores del 2 al 4%. Para pendientes mayores la influencia es mucho menor hasta el punto que podemos considerar que el imbornal mantiene una eficiencia residual casi constante a partir de las pendientes indicadas.
- El comportamiento de todas las rejas es más parecido para los caudales bajos (20 ó 50 l/s), presentándose mayores diferencias en las eficiencias de captación para caudales más altos (mayores de 50 l/s).
- El calado en la plataforma varía según el caudal de paso y las pendientes transversal y longitudinal pero no son aplicables directamente para su estimación teórica las mismas expresiones que se usan en canales (tipo Manning por ejemplo) necesitando correcciones.

	Tipo	Longitud	Anchura	Area total	Area de huecos
Imbornal 1	R-121	78 cm	36.4 cm	2839 cm ²	1214 cm ²
Imbornal 2	IMPU	78 cm	34.1 cm	2659 cm ²	873 cm ²
Imbornal 3	E-25	64 cm	30 cm	1920 cm ²	693 cm ²
Imbornal 4	Ebro	77.6 cm	34.5 cm	2677 cm ²	1050 cm ²
Imbornal 5	Interceptora	97.5 cm	47.5 cm	4825 cm ²	1400 cm ²
Imbornal 6	Delta-50	56.5 cm	29.5 cm	1667 cm ²	725 cm ²

TABLA 1. Dimensiones de los imborнаles ensayados.

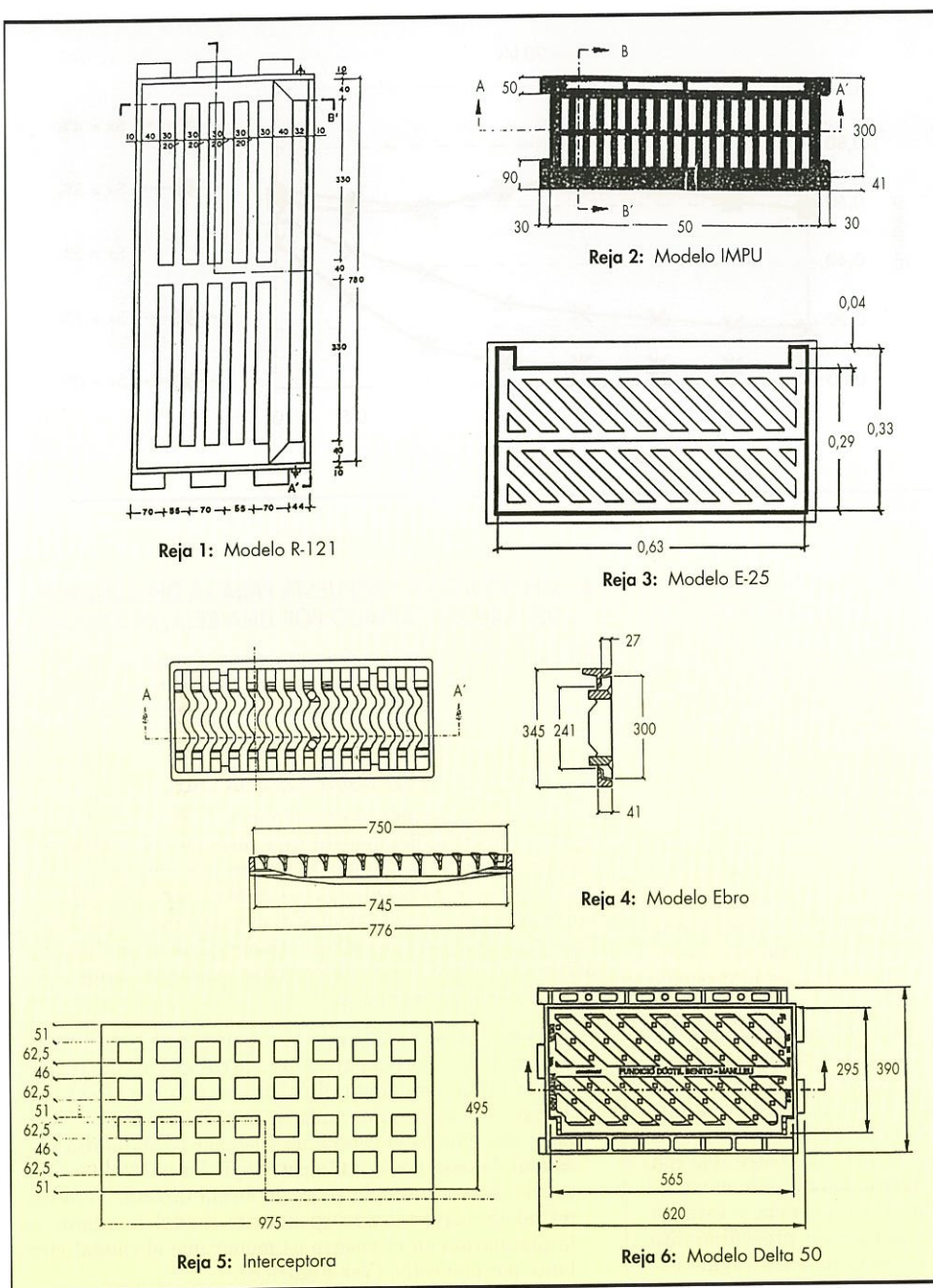


FIGURA 3. Rejas ensayadas.

- Para caudales altos (superiores a los 100 l/s) y pendientes elevadas (superiores al 2-4%) las eficiencias de todas las rejas ensayadas presentan valores muy bajos, del orden 10 al 15% como máximo.
- Los resultados obtenidos corresponden a las mejores condiciones de operación posible de cada reja. Puestas en la calle y en general debido a la posible colmatación total o parcial de los orificios de captación, su eficiencia será menor.

Tal y como se ha indicado, para cada una de las rejas/imbornales ensayados se ha obtenido un ábaco que proporciona para las pendientes transversales y longitudinales de la ca-

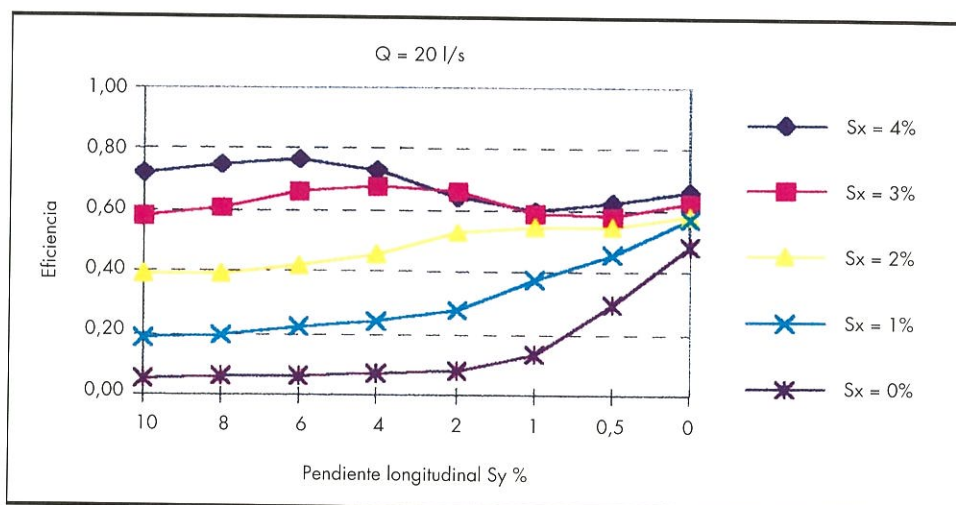
lle y para el caudal circulante, la eficiencia de captación del elemento. Caracterizado el comportamiento de las rejas ensayadas, podemos pasar a desarrollar un procedimiento de selección de rejas y de determinación del caudal que capta cada una de ellas.

3. PRIMERA SELECCIÓN DE UNA REJA/IMBORNAL TIPO

A la vista de los resultados de los ensayos se propone una metodología de selección y disposición de imbornales. Se parte de una información base como:

- El caudal que llega al imbornal (caudal de paso por la calle Q),

FIGURA 4. Relación entre la eficiencia y las pendientes longitudinal y transversal del imbornal 4, para un caudal de paso 20 l/s.



- La pendiente longitudinal de la calle (pendiente S_y)
- La pendiente de la sección transversal (pendiente S_x)

Para una primera selección y dado que disponemos de una gran cantidad de información para cada reja, definiremos unos índices que agruparán los datos de eficiencia de captación para cada una de las rejillas y para cada uno de los caudales. Consideraremos que el caudal de paso es bajo si es menor de 25 l/s, es medio si está entre 25 y 75 l/s y es alto si es superior a 75 l/s. Definiremos una calle de tipo A si las pendientes longitudinal y transversal son tales que $S_x > 3\%$, $S_y > 1,5\%$; del tipo B si $3 > S_x > 1\%$, $S_y > 1,5\%$; del tipo C si $S_x < 1,5\%$, $S_y > 1,5\%$, y del tipo D si $S_y < 1,5\%$ para cualquier S_x . Para cada una de estas zonas definiremos una eficiencia de captación de referencia como la media aritmética de todos los valores ensayados que se encuentran en el rango de definición de cada tipo de calle.

Para un caudal de paso y definido el tipo de calle (A,B,C o D), se mira el valor de la eficiencia de captación correspondiente al nivel de caudal de paso y al tipo de calle de cada reja (ver Tablas 2 a 7). La reja más adecuada será la que presenta la eficiencia más alta. A menudo los valores no son tan diferentes como para decantarse por una u otra reja con claridad. Además y como parece lógico, las rejillas de mayores dimensiones son las que tienen más eficiencia y ésta no siempre es la necesaria. Por lo tanto este procedimiento debe verse como una primera estimación a las reglas expuestas en los siguientes apartados.

Ejemplo 1

Por una calle de pendientes $S_y = 2,5\%$ y $S_x = 1,5\%$ circula un caudal $Q = 30$ l/s. ¿Qué tipo de imbornal será el más adecuado?

El caudal es de tipo medio, y las pendientes de la calle caen en la zona B. Los valores son: R121 = 0,35, IMPU = 0,28, E25 = 0,31, EBRO = 0,31, Delta 50 = 0,31. No se incluye la reja interceptora dado que se escogerá una de las rejillas de dimensiones menores. Para este caso los valores son muy similares y pueden tomarse en cuenta otros factores en la elección. Es de señalar que las rejillas E25 y la Delta 50, con un tamaño menor, ofrecen prestaciones parecidas a las demás.

4. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL CAPTADO POR UNA REJA/IMBORNAL

Elegida una reja/imbornal en concreto, nos queda por determinar el caudal captado por la reja. Antes de esto dedicaremos un recordatorio al comportamiento hidráulico del agua en una calle.

4.1. MOVIMIENTO DEL AGUA POR UNA CALLE

Se plantea el siguiente problema: por una calle con una cierta geometría, dotada con una serie de imbornales, baja un cierto caudal. La pregunta básica es: ¿cuál es el calado que se alcanza en la calle y cuál es el caudal que captan los imbornales? Se puede calcular el caudal captado por un imbornal en una calle de sección triangular de forma directa a partir de las medidas de los ensayos, aunque esto puede presentar ciertas limitaciones:

- Los ensayos se realizan en una plataforma con un ancho determinado, equivalente a un carril de 3 m de ancho y, por lo tanto, en cuanto el calado en mm supere el valor $30 \cdot S_x(\%)$ el agua cubre toda la plataforma. Hasta ese calado, son iguales el caudal de paso por la plataforma y el caudal de paso por la calle por lo que los datos de los ábacos de diseño son aplicables de forma directa. Pero para un calado mayor el correspondiente caudal circulante por la plataforma en el ensayo es menor que el caudal circulante por una calle. (Ver Figura 5).

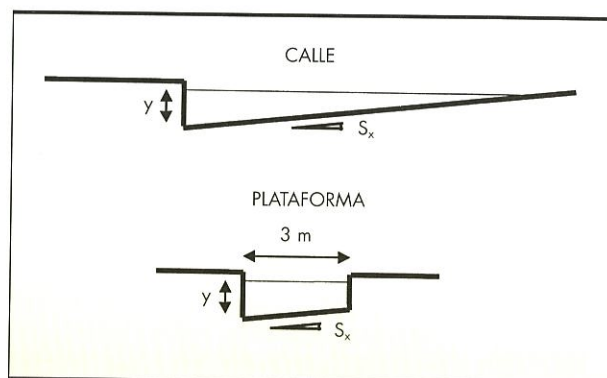


FIGURA 5. Caudal de paso por la calle superior al caudal de los ensayos.

	A	B	C	D
Q alto	0.31	0.23	0.14	0.30
Q medio	0.50	0.35	0.17	0.43
Q bajo	0.61	0.46	0.19	0.48

TABLA 2. Reja 1. Tipo R-121.

	A	B	C	D
Q alto	0.20	0.15	0.10	0.25
Q medio	0.39	0.28	0.13	0.38
Q bajo	0.64	0.45	0.17	0.52

TABLA 3. Reja 2. Tipo IMPU.

	A	B	C	D
Q alto	0.23	0.17	0.11	0.27
Q medio	0.44	0.31	0.15	0.41
Q bajo	0.68	0.48	0.19	0.54

TABLA 4. Reja 3. Tipo E-25

	A	B	C	D
Q alto	0.29	0.21	0.13	0.29
Q medio	0.48	0.31	0.14	0.41
Q bajo	0.67	0.45	0.16	0.51

TABLA 5. Reja 4. Tipo EBRO

	A	B	C	D
Q alto	0.32	0.25	0.17	0.36
Q medio	0.57	0.47	0.35	0.23
Q bajo	0.65	0.58	0.44	0.26

TABLA 6. Reja 5. Interceptora.

	A	B	C	D
Q alto	0.24	0.18	0.11	0.28
Q medio	0.45	0.31	0.14	0.42
Q bajo	0.76	0.52	0.18	0.61

TABLA 7. Reja 6. Tipo Delta 50.

- La geometría de la sección transversal de la calle puede no ser exactamente triangular, presentando dos ó más pendientes transversales, u otras secciones.

4.2. RELACIÓN ENTRE CALADO Y CAUDAL CIRCULANTE

La relación entre el caudal circulante y el calado más conocida en el campo del flujo unidimensional en lámina libre y en régimen permanente uniforme es la propuesta por Manning. En un canal, conocido el caudal Q y asumiendo condiciones de **flujo permanente uniforme**, la expresión que relaciona el calado con el caudal circulante es la de Manning:

$$Q = \frac{AR_h^{2/3} \sqrt{S_y}}{n}$$

donde S_y es la pendiente del canal, n es el coeficiente de rugosidad de Manning, A el área de la sección mojada del canal y R_h el radio hidráulico de la sección. Desde el punto de vista hidráulico una calle es similar a un canal pero con los calados muy pequeños. Aceptando la hipótesis de flujo permanente uniforme, para una calle de sección triangular con pendiente transversal S_x el calado suele ser pequeño comparado con el ancho superficial que alcanza la lámina de agua y por eso se puede simplificar el radio hidráulico con lo que la fórmula de Manning queda como:

$$Q = \frac{0.315y^{8/3} \sqrt{S_y}}{S_x \cdot n}$$

Pero para este caso particular de geometría con pequeños calados, la fórmula de Manning no reproduce exactamente la realidad. La hipótesis de una distribución uniforme de velocidades en toda la sección no se cumple. Es más correcto utilizar una modificación de la misma, por ejemplo la incluida en el Manual of Engineering Practice del ASCE (ver ASCE, 1992). Proporciona el caudal circulante Q en función del nivel de agua y e incorpora un factor de corrección. Dicha expresión utiliza el mismo coeficiente de rugosidad de Manning:

$$Q = \frac{0.38y^{8/3} \sqrt{S_y}}{S_x \cdot n}$$

Esta expresión sirve para estimar el caudal circulante en todo el ancho de la calle pero también se utiliza para conocer el caudal que circula por una franja longitudinal de la calle (ASCE, 1992). El caudal que circula es necesario conocerlo para:

- Calcular el caudal circulante en un ancho de 3 m junto al borde de la acera (ancho igual al de la plataforma experimental)
- Calcular el caudal que pasa por una calle cuya sección transversal no sea triangular

4.3. CAUDAL QUE PASA POR UN ANCHO DETERMINADO DE CALLE

En este apartado planteamos cómo calcular el caudal que pasa por una franja de ancho determinado de calle. Se puede aplicar al cálculo del caudal en una franja de 3 m de anchura junto al bordillo, para poder utilizar los resultados de los ensayos a escala real en la plataforma, dentro del cálculo del caudal interceptado en una calle que tenga más anchura. El proceso a seguir se ilustra mediante el ejemplo siguiente.

Ejemplo 2

El caudal circulante en la calle del Ejemplo 1 es de 280 l/s. El coeficiente de rugosidad de Manning es 0.015. Utilizar la relación del ASCE para determinar el caudal que circula en la franja de 3 m de anchura junto al bordillo. (Ver figura 6).

Datos: caudal circulante $Q = 280$ l/s, pendientes transversal $S_x = 1.5\%$, longitudinal $y = 2.5\%$, Coeficiente de rugosidad de Manning $n = 0.015$. Aplicando la expresión recogida en ASCE(1992):

$$Q = \frac{0.38y^{8/3}\sqrt{S_y}}{S_x \cdot n}$$

se halla el calado junto al bordillo $y = 76.34$ mm.

En un punto a una distancia x del bordillo, el calado es $y(x) = y - x \cdot S_x$. Para $y = 76.34$ mm, $S_x = 0.015$ y x en m el calado en mm es: $y(x) = 76.34 - 15 \cdot x$. Luego $y(3) = 31.34$ mm.

Aplicando de nuevo la relación del ASCE se obtiene el caudal que circula fuera de la franja de 3 m:

$$Q^{(*)} = \frac{0.38y(3)^{8/3}\sqrt{S_y}}{S_x \cdot n} = 26.06 \text{ l/s}$$

^(*) El caudal que pasa por la franja de 3 m es
 $280 - 26.06 = 253.94$ l/s

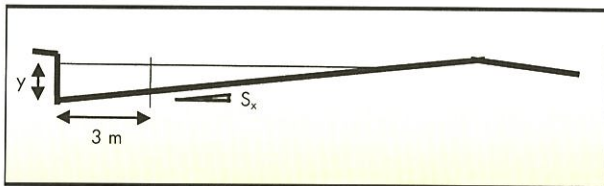


FIGURA 6. Caudal en una franja junto al bordillo.

Del ejemplo se puede inferir que el caudal que circula por una franja de anchura L , pendiente transversal S_x , pendiente longitudinal S_y , coeficiente de Manning n , calado y en el lado de la franja de mayor calado, es:

$$Q(L) = \frac{0.38y(3)^{8/3}\sqrt{S_y}}{S_x \cdot n} = (y^{8/3} - (y - S_x \cdot L)^{8/3})$$

4.4. IMBORNALES: RELACIÓN ENTRE EL CAUDAL CAPTADO POR UN IMBORNAL Y EL CALADO EN LA CALLE

En la Figura 7 se muestran los resultados de los ensayos para una reja tipo EBRO, en la plataforma de ensayo de 3 m de ancho. Cada punto representa un experimento, en el que se fijaron el caudal circulante Q y las dos pendientes S_x y S_y , y se midieron tanto E como y . Como se ve, no se puede poner E en función de y exclusivamente y por eso se expresa también en función de Q .

El análisis de los datos de los ensayos muestra una relación que en primera aproximación hemos considerado lineal. Ello nos permite introducir una hipótesis adicional: La eficiencia de captación de un imbornal se puede expresar en función del caudal Q circulante por la calle y del nivel de agua y justo aguas arriba del imbornal. Es decir se supone que E en lugar de depender de los tres parámetros variados en el ensayo, el caudal circulante Q y las dos pendientes S_x y S_y , sólo depende de dos, Q e y . En el dato del calado existente en la calle ya están incluidas las influencias de las pendientes longitudinales y transversales, así como también algo del caudal y de la rugosidad de la calle. Pero además, esta hipótesis utilizada conjuntamente con la expresión del nivel de agua en la calle permitirá superar, como se verá, los inconvenientes para utilizar los resultados de los ensayos directamente, expuestos en el apartado 2.

Se propone expresar en primera aproximación la eficiencia de captación mediante una relación lineal $E = m \cdot y < E_{max}$. Entendemos por E_{max} la eficiencia máxima de captación que se alcanza para cada caudal estudiado. Las variables m y E_{max} dependen del caudal Q_p de paso por la plata-

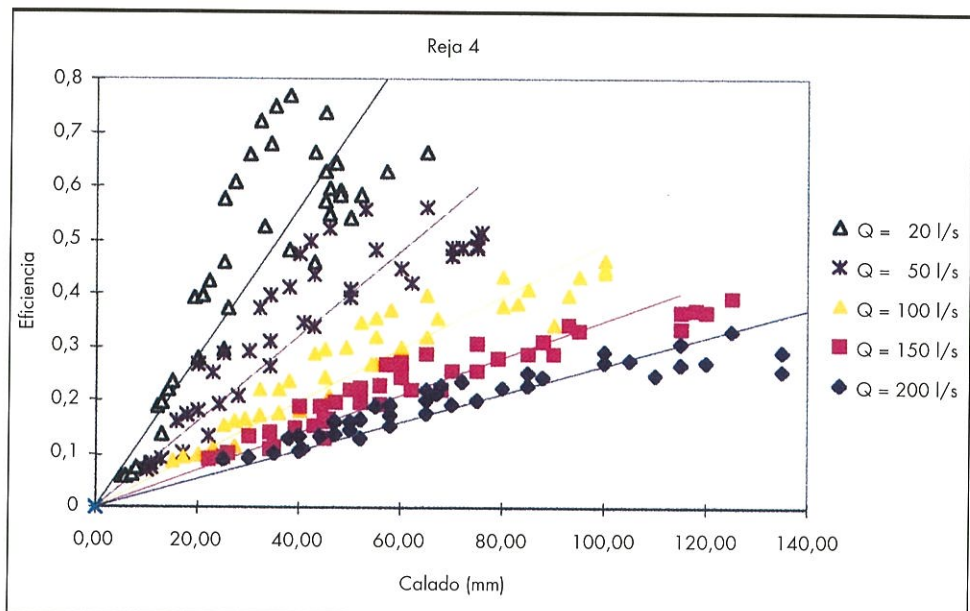


FIGURA 7. Resultados de los ensayos para la reja número 4.

forma. Vemos que a medida que aumenta el caudal de paso por la plataforma, la pendiente m de la relación E/y se reduce. Se ha ajustado una función, en este caso una hipérbola, de manera que podemos estimar la pendiente m , a partir del caudal de paso Q_p .

$$(Q_p - a) \cdot (m - b) = c^2$$

Los parámetros: a , b y c dependen del tipo de imbornal y no de la calle. La tabla 8 ilustra los parámetros que definen algunos de los imbornales ensayados.

Reja	a	b	c
R-121	-12.6225	4.02e-4	0.7548
IMPU	-6.7330	1.24e-4	0.6639
E-25	-5.5925	3.39e-4	0.6519
EBRO	-14.7580	9.33e-5	0.7433
Interceptora	-17.7836	3e-3	0.8425
Delta 50	-12.1849	4.22e-4	0.6848

TABLA 8. Parámetros a , b y c de los imbornales de estudio.

5. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL CAPTADO POR UN IMBORNAL

Vamos a evaluar el caudal que capta un imbornal ubicado en una calle a partir de la información anterior. Recordemos que en 4.2. y 4.3. se establece una relación entre caudal de paso y calado para una geometría de calle dada y un coeficiente de rugosidad. Ello permite para un cierto calado y , calcular el caudal de paso por una calle Q y el correspondiente caudal de paso por un ancho de 3 metros junto al bordillo, Q_p , el mismo ancho de la plataforma de ensayo del que se dispone de datos experimentales. De modo equivalente, a partir de Q se pueden conocer Q_p e y .

Los resultados de los ensayos introducida permiten decir que la eficiencia de captación, y por ende el caudal captado Q_x , en un ensayo a escala real en plataforma sólo es función del caudal de paso Q_p así como del calado y . Como Q_p e y , sólo dependen de Q , se puede obtener para una geometría de sección de calle cualquiera el caudal captado Q_x a partir de Q_p .

El proceso a seguir será el siguiente: sea Q el caudal circulante por la calle. Con ayuda del proceso indicado en el apartado 4.3 podemos determinar Q_p caudal que circula por una franja de la calle de 3 m de anchura, junto al bordillo, la misma anchura de la plataforma en la que disponemos datos experimentales. Seleccionada la reja a ubicar, se adoptan los parámetros correspondientes a , b y c . Para el caudal Q_p circulante y con la relación propuesta (número de fórmula), se determina la pendiente m que relaciona la eficiencia de captación con el calado para el caudal circulante Q_p . Calculado el calado correspondiente a Q_p en la calle (evaluado en función de las pendientes transversales y longitudinales), se calcula la eficiencia correspondiente a partir de $E = m \cdot y$. A partir de aquí, el caudal interceptado por la reja se puede expresar como $Q_x = E \cdot Q_p$.

Ejemplo 3

En la misma calle del Ejemplo 1 se desea colocar un imbornal del tipo 4 (Ebro). Calculemos el caudal captado y el caudal que continúa calle abajo, usando el procedimiento anterior.

En el Ejemplo 1 se tenía $Q = 280$ l/s, $S_x = 1.5\%$, $S_y = 2.5\%$ y se vio que el calado junto al bordillo era $y = 76.34$ mm con un caudal $Q_p = 254$ l/s.

De la Tabla de coeficientes (a , b y c) se ve que para la reja EBRO los parámetros de la hipérbola pendiente m / Eficiencia de captación son:

$$a = -14.7580; b = 9.33e-5; c = 0.7433$$

A partir de la hipérbola $(Q_p - a) \cdot (m - b) = c^2$ y para el caudal de paso Q_p se obtiene la pendiente m de la relación Eficiencia/calado. De aquí resulta $m = 2.86e-3$.

Para el calado $y = 76.32$ mm se obtiene una eficiencia $E = m \cdot y = 0.22$ para el caudal de paso de $Q_p = 280$ l/s.

El caudal interceptado, Q_x , se puede evaluar como $Q_x = E \cdot Q_p = 55.4$ l/s y el resto que no es interceptado sigue calle abajo. En este ejemplo ha habido que extrapolar pues el caudal Q_p es un 25% mayor que el máximo caudal ensayado. Por supuesto que la fiabilidad de los resultados será mucho mejor en el caso de interpolación entre los datos experimentales disponibles.

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se presenta una metodología para selección de imbornales en un vial urbano, basado en datos de ensayos a escala real de caracterización de la capacidad de captación hidráulica de rejillas e imbornales. El funcionamiento hidráulico de cada reja depende por supuesto de los caudales de paso y las pendientes longitudinales y transversales. Es posible caracterizar la eficiencia de captación de cada reja (cociente entre caudal captado y caudal de paso por la calle) con una relación aproximadamente lineal con el calado existente en la calle justo antes de la reja, para cada caudal circulante por la calle, preferentemente para caudales superiores a los 50 l/s. En base a esta relación y a la caracterización del flujo por la calle, podemos determinar el caudal captado por cada imbornal, y determinar así el esquema de recogida de aguas en un vial, pudiendo comparar además el comportamiento de una reja frente a otra.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Análisis comparativo de la capacidad de captación de 9 rejillas/imbornales de la ciudad de Barcelona. Informe de resultados, UPC-Clabsa, 1997.
- Análisis de la capacidad de captación de las rejillas Delta-50 y Delta-60. Informe para Fundició Dúctil Benito S.L. 1998.
- GÓMEZ, M.; GONZÁLEZ, J.; MALGRAT, M.; GUERRA, W. Experimental analysis of gutter inlets in high discharge conditions. Proceedings of the Novatech 98 conference, Lyon. Mayo 1998.
- ASCE 1992. Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems. Manual and Report of Engineering Practice n. 77. New York.