



GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS

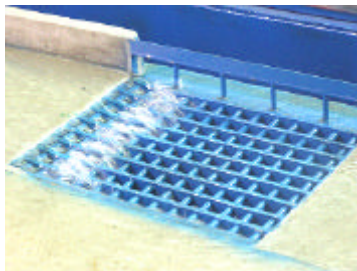


INSTITUTO NACIONAL  
DE HIDRÁULICA CHILE

[www.inh.cl](http://www.inh.cl)



FONDO  
INNOVACIÓN  
TECNOLÓGICA  
MINISTERIO DE  
OBRAS PÚBLICAS



## ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL FUNCIONAMIENTO DE SUMIDEROS DE AGUAS LLUVIAS

### RESUMEN EJECUTIVO

## INSTITUCIONES PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO

Este estudio ha sido realizado por las instituciones siguientes:

### Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas

Director Nacional: Sr. Juan Antonio Arrese L.  
Sub Director de Cauces y Drenajes Urbanos, Sr. Felipe Aguirre W.  
Coordinador General Depto. de Proyectos de Aguas Lluvias, Sr. Luis Estellé  
Ingeniero especialista, Sr. Carlos Stappung  
Ingeniero especialista, Sr. Francisco Voullieme

### Centro de Innovación Tecnológica del Ministerio de Obras Públicas

Director General de Obras Públicas, Sr. Germán Millán Pérez  
Secretario Ejecutivo de Innovación Tecnológica, Sr. Rogelio Navarrete B.

### Instituto Nacional de Hidráulica (Ejecutor Directo)

Director Ejecutivo, Sr. Alejandro López Alvarado  
Jefe Departamento de Estudios, Sr. Jorge Molina A.  
Jefe del Área Fluvial, Ingeniero especialista, Sr. Ricardo Cortéz  
Jefe del Proyecto, Ingeniero especialista, Sr. Enrique Kaliski K.

## INDICE

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| 1. Introducción .....   | 1           |
| 1.1. Origen del Estudio .....                                     | 1           |
| 1.2. Objetivos del Estudio .....                                  | 1           |
| 2. Síntesis y conclusiones del análisis bibliográfico.....        | 2           |
| 3. Descripción del Banco de Pruebas de sumideros construido ..... | 3           |
| 4. Experimentación realizada .....                                | 5           |
| 4.1 Sumideros utilizados .....                                    | 5           |
| 4.2 Número de Experiencias realizadas .....                       | 6           |
| 4.3 Mediciones realizadas en cada serie de experiencias .....     | 7           |
| 4.4 Resultados Obtenidos.....                                     | 8           |
| 5. Experiencias adicionales realizadas con sumidero N° 1.....     | 13          |
| 6. Conclusiones .....   | 14          |
| 7. Referencias .....  | 16          |

ANEXO:

DESCRIPCION DE LOS SUMIDEROS UTILIZADOS Y FOTOGRAFIAS  
SELECCIONADS DE LA EXPERIMENTACIÓN REALIZADA

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Origen del Estudio**

En 1970, el I.N.H. realizó el estudio denominado "Sumideros de aguas lluvias, estudio en modelo reducido", encomendado por la entonces Dirección de Obras Sanitarias, cuyo propósito fue proponer las modificaciones necesarias para el mejor funcionamiento hidráulico de sumideros en uso, considerando las condiciones propias de estabilidad. Los resultados de los ensayos realizados permitieron proponer recomendaciones sobre aspectos de diseño de estos sumideros.

Debido a los numerosos cambios que ha experimentado este tipo de obras y sus correspondientes características de diseño, se estimó aconsejable abordar un estudio actualizado en esta materia, que posibilite a los proyectistas lograr soluciones más seguras y optimizar los diseños. A lo anterior se agrega que en Chile, en los últimos años, se ha verificado que en muchos casos, uno de los problemas de aguas lluvias habituales resulta ser la falta de capacidad de captación o mal funcionamiento de los sumideros.

En efecto, durante el desarrollo de los Planes Maestros de Aguas Lluvias, redes primarias y redes secundarias, construcción de colectores y otras obras similares, se ha verificado que una parte importante de los problemas de inundación de las calles se debe a la mala captación de agua de los sumideros actuales.

En este contexto, tres entidades relacionadas con el Ministerio de Obras Públicas de Chile, a saber: la Dirección de Obras Hidráulicas, el Centro de Innovación Tecnológica y el Instituto Nacional de Hidráulica - ejecutor directo del proyecto - han abordado en conjunto el presente estudio experimental del funcionamiento hidráulico de sumideros de aguas lluvias, el cual se detalla en este informe.

### **1.2 Objetivos del Estudio**

a) Diseñar y construir un Banco de Pruebas permanente, ubicado en el laboratorio del Instituto, en escala real (1:1). Éste banco de pruebas consiste en la representación de un tramo de calle, en el cual es posible variar la pendiente transversal y longitudinal, el tipo y características del sumidero y los caudales que conduce la calle.

b) Utilizar el Banco de Pruebas mencionado para experimentación de un conjunto de sumideros de aguas lluvias de uso común en Chile, orientado a determinar experimentalmente su comportamiento hidráulico y establecer las mejores características de funcionamiento, para diferentes condiciones y características técnicas habituales.

## **2 Síntesis y conclusiones del análisis bibliográfico**

En el cuadro N° 2-1 se ha sintetizado los diferentes estudios experimentales sobre sumideros de aguas lluvias. Las principales conclusiones obtenidas con la revisión y análisis de la literatura especializada son las siguientes:

- a) De acuerdo con la experiencia española (Nanía, 1999), se debe considerar flujos con alturas de agua no menores a 2 centímetros, para minimizar la influencia relativa de la tensión superficial.
- b) Los modelos de calles en escala 1:1 o escala real, señalados en la bibliografía consultada, tienen las siguientes ventajas:
  - Se representa el fenómeno a estudiar sin efectos de interferencia por reducción de escala, en aspectos tales como la rugosidad, efectos de obstrucciones, tensión superficial, entre otros.
  - Se puede utilizar directamente los sumideros actuales, sin requerir la construcción de sumideros a escala.
  - La instalación del modelo puede ser utilizada posteriormente para verificación o experimentación de otros sumideros, como banco permanente de pruebas.
- c) Se debe cuidar y verificar que el flujo reproducido en el modelo sea unidimensional. Para esto, de acuerdo con la experiencia española, se consigue con una entrada del agua suave y con una longitud mínima de las calles.
- d) Se estima de interés determinar el *coeficiente de desagüe* ( $C_d$ ) de cada sumidero que se ensaye, ya que representa la capacidad de captación de caudal, que dependería del diseño hidráulico del sumidero. De esta forma, sería posible comparar diferentes modelos o alternativas de sumidero a través de este coeficiente. Para esto, se requerirá medir en cada ensayo la altura de agua, inmediatamente antes de la entrada al sumidero.
- e) Para comparar el comportamiento hidráulico de diferentes alternativas de sumideros y sus características de ensayo, es conveniente introducir la variable *Eficiencia de Captación*, equivalente al cociente entre el caudal interceptado y el caudal total de la calle. La *Eficiencia de Captación* depende de las pendientes longitudinal y transversal y de las características del sumidero.
- f) De acuerdo con información proporcionada por Manuel Gómez de Universidad Politécnica de Catalunya, España, una gran mayoría de los sumideros norteamericanos tienen una depresión en la calzada / calle, que ayuda a concentrar el flujo sobre el sumidero.
- g) De acuerdo con experiencias en Chile (INH, 1970), los mejores resultados se obtuvieron con orificios en sentido longitudinal al escurrimiento. Además, se

verificó que los sumideros con aristas redondeadas tienen mejor funcionamiento hidráulico.

**CUADRO N° 2-1**  
**RESUMEN DE ESTUDIOS EXPERIMENTALES DE SUMIDEROS DE AGUAS LLUVIAS**

| N° Ref. | País y año               | Escala | Q máx.<br>(l/s) | Pendiente Long. | Pendiente transversal | Observaciones  |
|---------|--------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------------|--|
| 1       | Chile,<br>(1970)         | 1:2    | 60              | 0,002 - 0,04    | Constante             | Se realizó 555 ensayos   |
| 2       | U.S.A.,<br>(2001)        | 1:2    | 226             | 0,8 - 8%        | 2, 4 y 6%             |  |
| 3 y 4   | España,<br>(2000 y 1998) | 1:1    | 200             | Hasta 10%       | Hasta 4%              | Plataforma de 5,5 metros de largo por 4 de ancho, con zona útil de 5,5 por 3,0 metros, para reproducir una vía urbana. |
| 5       | Australia,<br>(1999)     | 1:1    | 330             | 0 – 16%         | 0 - 5%                | La instalación experimental consiste en un canal principal de 20m de largo y 3,2m de ancho.                            |
| 6       | España,<br>(1998)        | 1:1    | 100             | 0,3 – 5%        | 1%                    | Se experimentó con cruce de calles   |

### **3. Descripción del Banco de Pruebas de sumideros construido**

El Banco de Pruebas, que se ilustra en la figura 3-1 siguiente, es una instalación de tipo permanente, que comprende básicamente un circuito hidráulico y una plataforma que representa una calle, en escala real (1:1), en la cual es posible de modificar su pendiente longitudinal (hasta 10%) y transversal (hasta 5%), el tipo y características del sumidero y los caudales que conduce la calle. El caudal máximo de experimentación es de 240 l/s.

La plataforma tiene una longitud total de 14 metros y ancho de 3,5 metros. El peso aproximado total de la estructura es de 18 Toneladas. Se encuentra dividida en las zonas siguientes:

- Zona 1: Aquietadores de flujo y de ondas, producto de la entrega del estanque de cabecera de la plataforma, de 0,50 m de longitud desde el inicio.
- Zona 2: Zona de estabilización del flujo, para asegurar un escurrimiento de tipo unidimensional en la aproximación a los sumideros. Su longitud es de 6,00 metros.
- Zona 3: Zona de sumideros (en la calle) . En los 5 metros siguientes a la Zona de estabilización del flujo, se ubica una zona dividida en cinco módulos de 1 metro cada uno, donde se ubica el sumidero y su respectiva zona de influencia a ensayar. Esta zona de la plataforma es flexible, según los objetivos de la experimentación.
- Zona 4: Zona de sumideros (en la vereda). Similar a la anterior, que se ubica inmediatamente hacia el lado izquierdo de la calle (en el sentido del flujo), donde es posible colocar hasta 5 sumideros para ensayar en esta zona.
- Zona 5: Zona de fijación de las condiciones de aguas abajo, de 2 metros de longitud.

Para modificar la pendiente longitudinal, la plataforma tiene un pivote en su inicio (de aguas arriba), de modo que en el otro extremo la variación máxima puede ser hasta de 1,40 metros, con lo cual, dada la longitud de 14,0 m, se puede lograr una pendiente longitudinal de hasta un 10%.

La plataforma está montada sobre cuatro vigas reticuladas longitudinales de 40 (cm) de altura por 14 (m) de largo. Sobre éstas, se instaló una placa de acero de 4 mm que soporta la losa de 5 (cm) de hormigón, la cual le da la rugosidad representativa de la calle.

Para soportar la plataforma, se construyó tres marcos metálicos de 2.50 metros de altura, ubicados a 0.675 (m), 6.00 (m) y 12.00 (m), medidos desde el inicio de la plataforma.

Los cambios de pendiente, tanto longitudinal como transversalmente, se realizan mediante un sistema de hilos colgantes desde la parte superior de cada marco, unidas a volantes que permiten dar la regulación de la pendiente.

Los materiales utilizados son:

- Perfiles metálicos y Placa soporte de la losa de hormigón: ASTM A36
- Barras con hilo, volante ( sistema variación de la pendiente): SAE 4340
- Losa de hormigón: H25, de 5 cm. de espesor.





**Figura 3-1: Vista General de la plataforma de experimentación de sumideros de aguas lluvias.**

**Nomenclatura:**

1. Sector de bombas centrífugas y tableros de control. El agua es bombeada a un estanque receptor del flujo y aquietador. En su salida tiene un aforado de tipo triangular, en el cual se controla el caudal total de entrada. El caudal máximo de bombeo es de 240 l/s.
2. Estanque de albañilería estucado, para aquietar el flujo y traspasarlo a la plataforma de ensayo.
3. Plataforma de ensayo (calle a escala real) de 14,0 metros de largo por 3,5 metros de ancho. El rango de pendientes siguiente:  
Longitudinal: 0 – 10% y transversal: 0 – 5%.
4. Zona de sumideros en la calle y vereda, dividida en cinco módulos de 1 metro cada uno.
5. Obra de recepción y registro del caudal no captado por los sumideros y retorno del agua.


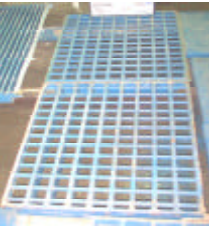


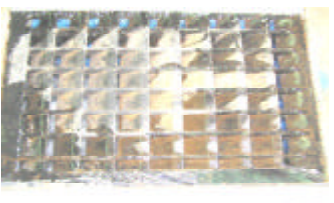
**4. Experimentación realizada**

**4.1 Sumideros utilizados**

Se realizó la experimentación con un total de cinco sumideros, cuyas principales características se indican en el cuadro 4.1-1. Los sumideros 1 a 4 están conformados por rejas de acero longitudinales y barras transversales. En cambio, la reja del sumidero 5 es de acero macizo.



**CUADRO 4.1-1  
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SUMIDEROS UTILIZADOS**

| Nº | FOTO  | ANCHO (m) | LONGITUD (m) | PESO (kg) | PROVEEDOR                      | OBS                 |
|----|---|-----------|--------------|-----------|--------------------------------|---------------------|
| 1  |    | 0.7       | 1.0          | 143.5     | DOH                            | Con ventana lateral |
| 2  |    | 0.7       | 2.0          | 287.0     | DOH                            | 2 sumideros tipo 1  |
| 3  |  | 0.4       | 1.0          | 50.0      | SERVIU                         |                     |
| 4  |  | 0.5       | 1.4          | 161.5     | I. MUNICIPALIDAD DE LAS CONDES |                     |
| 5  |  | 0.8       | 1.0          | 200.0     | DOH                            | Acero macizo        |

#### **4.2 Número de Experiencias realizadas**

En el cuadro 4.2-1 siguiente, se sintetiza la cantidad y condiciones de las experiencias realizadas en el estudio, para cada sumidero. Para el sumidero N° 1, se

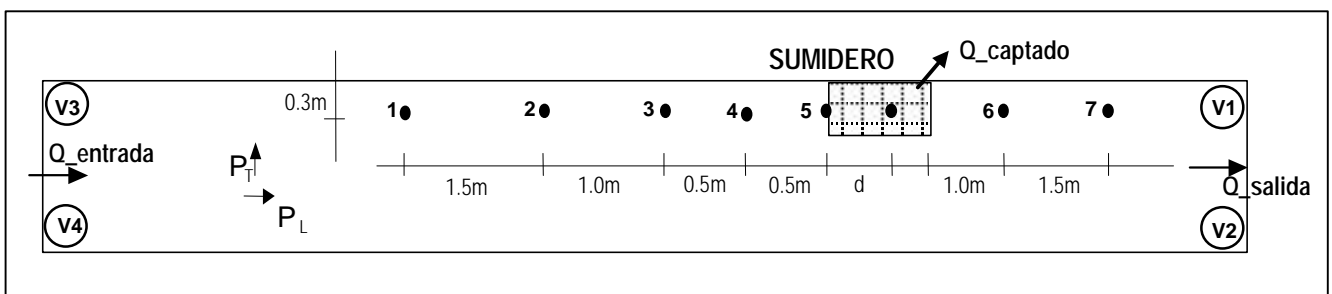
realizó 24 ensayos adicionales con la ventana lateral tapada y 5 ensayos adicionales con la reja tapada.

CUADRO 4.2-1: RESUMEN DE NUMERO DE EXPERIENCIAS REALIZADAS

| SUMIDERO     | PENDIENTE LONGITUDINAL (%) | PENDIENTE TRANSVERSAL (%) | CAUDAL (l/s)              | CANTIDAD EXPERIENCIAS |
|--------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 1            | 0.1 – 0.5 – 1.0 – 3.0      | 1 – 2 – 3 – 4 y 5         | 20, 40, 60, 80, 100 y 120 | 117                   |
| 2            | 0.1 – 1.0 – 3.0            | 1 – 2 – 3 y 5             | 60, 80, 100 y 120         | 48                    |
| 3            | 0.1 – 1.0 – 3.0            | 1 – 2 – 3 y 5             | 20, 40, 80 y 120          | 40                    |
| 4            | 0.1 – 1.0 – 3.0            | 1 – 2 – 3 y 5             | 20, 40, 80 y 120          | 48                    |
| 5            | 0.1 – 1.0 – 3.0            | 1 – 2 – 3 y 5             | 20, 40, 80 y 120          | 48                    |
| <b>TOTAL</b> |                            |                           |                           | <b>301</b>            |

#### 4.3 Mediciones realizadas en cada serie de experiencias

- a) Verificación de las pendientes de la plataforma: Para cada combinación de pendientes, se verificó las cotas de cuatro puntos de la plataforma, a partir de lo cual se determina y verifica las pendientes que se desea ensayar. En el esquema 4.3-1 siguiente se ilustra la disposición en planta de los cuatro puntos fijos de verificación de cotas, denominados V1, V2, V3 y V4.



Esquema 4.3-1: Disposición en Planta de Puntos Característicos de Mediciones

- b) Caudal de Entrada: El caudal de entrada a la plataforma se mide a través de la altura de agua de un aforador triangular.
- c) Niveles de agua en 7 puntos de la plataforma: De acuerdo con lo ilustrado en el esquema anterior, se efectuó las mediciones de niveles de agua de los puntos denominados P1 a P7. De estos puntos, 4 se ubican aguas arriba de la reja, 1 se ubica en la entrada de la reja y los dos restantes aguas abajo de la reja.
- d) Caudal de Salida: El caudal no captado o de salida de la plataforma se mide en un canal receptor, que permite conducir y aquietar las aguas, hasta un vertedero de tipo triangular, similar al señalad anteriormente. De esta forma, el caudal captado por el sumidero se determina como la diferencia entre los dos caudales medidos.

#### 4.4 Resultados Obtenidos

En cuadro 4.4-1 se ha sintetizado los todos resultados de eficiencia de captación obtenidos, con cada uno de los cinco sumideros ensayados, para las diferentes combinaciones de pendientes longitudinales y transversales.

CUADRO 4.4-1  
EFICIENCIAS DE CAPTACION DE SUMIDEROS ENSAYADOS

| PEND LONG. (%) | PEND TRANSV. (%) | CAUDAL TOTAL (l/s) | EFICIENCIA DE CAPTACION (%) |            |            |            |            |
|----------------|------------------|--------------------|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|
|                |                  |                    | SUMIDERO 1                  | SUMIDERO 2 | SUMIDERO 3 | SUMIDERO 4 | SUMIDERO 5 |
| 0.1            | 1                | 20                 | 68.8                        | -          | 53.5       | 60.8       | 66.9       |
| 0.1            | 1                | 40                 | 55.5                        | -          | 41.4       | 48.7       | 55.5       |
| 0.1            | 1                | 60                 | 49.3                        | 59.4       | -          |            |            |
| 0.1            | 1                | 80                 | 45.1                        | 54.5       | 32.7       | 39.7       | 44.0       |
| 0.1            | 1                | 100                | 41.1                        | 49.7       | -          |            |            |
| 0.1            | 1                | 120                | 39.7                        | 47.2       | 27.6       | 33.9       | 38.4       |
|                |                  |                    |                             |            |            |            |            |
| 0.1            | 2                | 20                 | 86.3                        | -          | 71.8       | 80.9       | 85.2       |
| 0.1            | 2                | 40                 | 72.6                        | -          | 57.1       | 66.4       | 70.1       |
| 0.1            | 2                | 60                 | 64.5                        | 77.7       | -          |            |            |
| 0.1            | 2                | 80                 | 57.9                        | 71.1       | 45.0       | 53.1       | 57.6       |
| 0.1            | 2                | 100                | 52.6                        | 65.7       | -          |            |            |
| 0.1            | 2                | 120                | 49.7                        | 61.5       | 37.7       | 45.3       | 48.7       |
|                |                  |                    |                             |            |            |            |            |
| 0.1            | 3                | 20                 | 95.2                        | -          | 82.7       | 91.2       | 94.1       |
| 0.1            | 3                | 40                 | 83.3                        | -          | 67.0       | 77.8       | 81.4       |
| 0.1            | 3                | 60                 | 74.8                        | 87.4       | -          |            |            |
| 0.1            | 3                | 80                 | 68.8                        | 80.6       | 53.2       | 62.7       | 67.4       |
| 0.1            | 3                | 100                | 63.5                        | 75.0       | -          |            |            |
| 0.1            | 3                | 120                | 59.3                        | 70.5       | 44.0       | 53.1       | 57.1       |
|                |                  |                    |                             |            |            |            |            |
| 0.1            | 5                | 20                 | -                           | -          | -          | 99.3       | 99.7       |
| 0.1            | 5                | 40                 | -                           | -          | -          | 91.0       | 94.0       |
| 0.1            | 5                | 60                 | -                           | 99.1       | -          |            |            |
| 0.1            | 5                | 80                 | -                           | 95.0       | -          | 76.4       | 80.1       |
| 0.1            | 5                | 100                | -                           | 90.3       | -          |            |            |
| 0.1            | 5                | 120                | -                           | 86.3       | -          | 65.9       | 69.9       |
|                |                  |                    |                             |            |            |            |            |
| 0.5            | 1                | 20                 | 61.4                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 1                | 40                 | 50.1                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 1                | 60                 | 44.6                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 1                | 80                 | 41.0                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 1                | 100                | 37.5                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 1                | 120                | 36.2                        |            |            |            |            |
|                |                  |                    |                             |            |            |            |            |
| 0.5            | 2                | 20                 | 83.8                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 2                | 40                 | 69.9                        |            |            |            |            |

**CUADRO 4.4-1 (Continuación)**  
**EFICIENCIAS DE CAPTACION DE SUMIDEROS ENSAYADOS**

| PEND LONG. (%) | PEND TRANSV. (%) | CAUDAL TOTAL (l/s) | EFICIENCIA DE CAPTACION (%) |            |            |            |            |
|----------------|------------------|--------------------|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|
|                |                  |                    | SUMIDERO 1                  | SUMIDERO 2 | SUMIDERO 3 | SUMIDERO 4 | SUMIDERO 5 |
| 0.5            | 2                | 60                 | 62.6                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 2                | 80                 | 56.7                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 2                | 100                | 51.3                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 2                | 120                | 48.0                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 3                | 20                 | 94.7                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 3                | 40                 | 82.9                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 3                | 60                 | 73.8                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 3                | 80                 | 67.7                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 3                | 100                | 62.7                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 3                | 120                | 58.1                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 4                | 20                 | 99.3                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 4                | 40                 | 90.2                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 4                | 60                 | 82.3                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 4                | 80                 | 76.1                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 4                | 100                | 69.6                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 4                | 120                | 64.6                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 5                | 20                 | 100.0                       |            |            |            |            |
| 0.5            | 5                | 40                 | 95.6                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 5                | 60                 | 88.4                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 5                | 80                 | 81.7                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 5                | 100                | 76.4                        |            |            |            |            |
| 0.5            | 5                | 120                | 70.9                        |            |            |            |            |
| 1.0            | 1                | 20                 | 59.7                        |            | 43.3       | 49.7       | 63.8       |
| 1.0            | 1                | 40                 | 50.3                        |            | 35.3       | 41.1       | 53.6       |
| 1.0            | 1                | 60                 | 45.8                        | 53.2       |            |            |            |
| 1.0            | 1                | 80                 | 42.3                        | 49.3       | 29.4       | 34.8       | 43.2       |
| 1.0            | 1                | 100                | 38.9                        | 45.1       |            |            |            |
| 1.0            | 1                | 120                | 37.0                        | 42.9       | 24.9       | 29.8       | 37.0       |
| 1.0            | 2                | 20                 | 82.9                        |            | 64.2       | 72.3       | 82.5       |
| 1.0            | 2                | 40                 | 69.3                        |            | 51.9       | 59.0       | 69.0       |
| 1.0            | 2                | 60                 | 61.0                        | 71.1       |            |            |            |
| 1.0            | 2                | 80                 | 54.6                        | 64.1       | 37.9       | 45.3       | 56.9       |
| 1.0            | 2                | 100                | 50.7                        | 59.4       |            |            |            |
| 1.0            | 2                | 120                | 48.5                        | 55.5       | 32.5       | 38.8       | 50.0       |
| 1.0            | 3                | 20                 | 94.4                        |            | 76.7       | 86.0       | 93.9       |
| 1.0            | 3                | 40                 | 82.1                        |            | 62.6       | 71.5       | 83.0       |
| 1.0            | 3                | 60                 | 74.4                        | 86.0       |            |            |            |
| 1.0            | 3                | 80                 | 68.2                        | 79.1       | 49.8       | 58.2       | 66.3       |
| 1.0            | 3                | 100                | 62.3                        | 72.4       |            |            |            |
| 1.0            | 3                | 120                | 57.8                        | 67.5       | 38.9       | 47.0       | 56.8       |

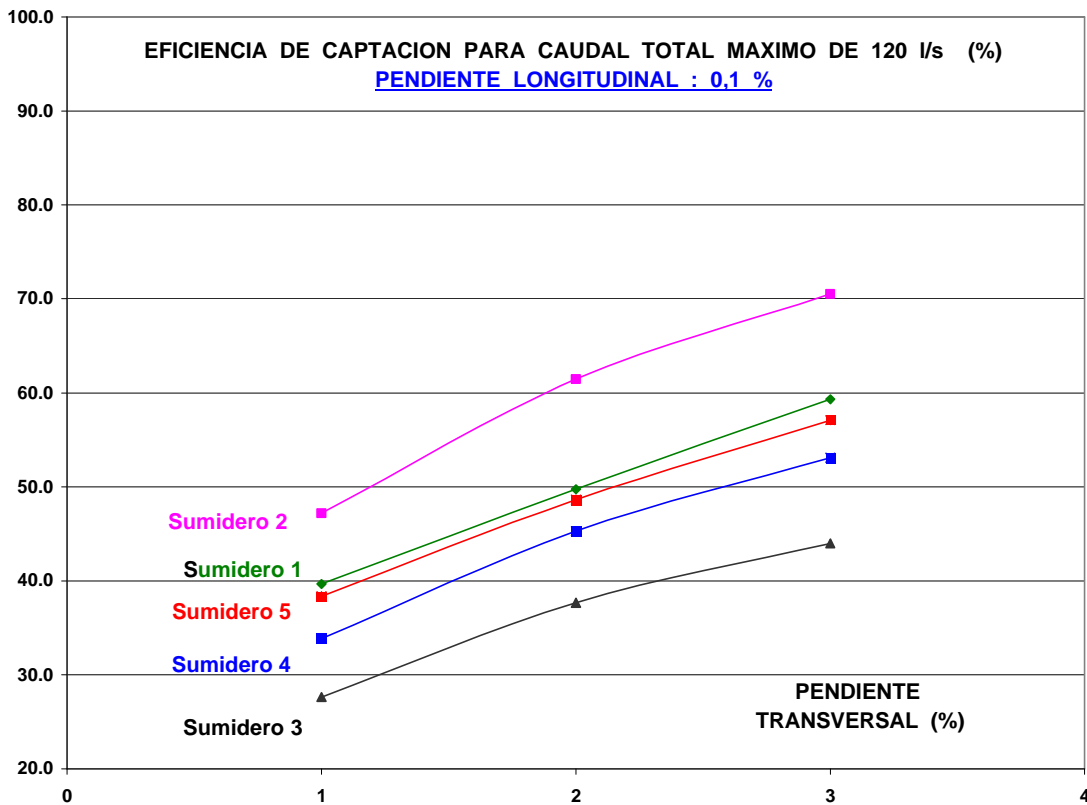
**CUADRO 4.4-1 (Continuación)**  
**EFICIENCIAS DE CAPTACION DE SUMIDEROS ENSAYADOS**

| PEND LONG. (%) | PEND TRANSV. (%) | CAUDAL TOTAL (l/s) | EFICIENCIA DE CAPTACION (%) |            |            |            |            |
|----------------|------------------|--------------------|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|
|                |                  |                    | SUMIDERO 1                  | SUMIDERO 2 | SUMIDERO 3 | SUMIDERO 4 | SUMIDERO 5 |
| 1.0            | 5                | 40                 |                             |            |            | 89.1       | 94.9       |
| 1.0            | 5                | 60                 | 88.3                        | 98.4       |            |            |            |
| 1.0            | 5                | 80                 | 82.0                        | 93.7       |            | 71.6       | 83.4       |
| 1.0            | 5                | 100                | 76.0                        | 88.7       |            |            |            |
| 1.0            | 5                | 120                | 72.0                        | 84.6       |            | 61.5       | 72.0       |
|                |                  |                    |                             |            |            |            |            |
| 3.0            | 1                | 20                 | 64.0                        | -          | 47.5       | 51.7       | 72.1       |
| 3.0            | 1                | 40                 | 54.8                        | -          | 39.0       | 43.7       | 57.6       |
| 3.0            | 1                | 60                 | 49.7                        | 57.4       | -          |            |            |
| 3.0            | 1                | 80                 | 45.6                        | 52.8       | 31.8       | 35.2       | 46.1       |
| 3.0            | 1                | 100                | 42.6                        | 48.3       | -          |            |            |
| 3.0            | 1                | 120                | 40.1                        | 45.2       | 26.4       | 30.6       | 39.3       |
|                |                  |                    |                             |            |            |            |            |
| 3.0            | 2                | 20                 | 81.8                        | -          | 64.8       | 69.9       | 92.9       |
| 3.0            | 2                | 40                 | 73.0                        | -          | 52.7       | 59.7       | 81.5       |
| 3.0            | 2                | 60                 | 69.2                        | 74.5       | -          |            |            |
| 3.0            | 2                | 80                 | 65.7                        | 71.2       | 46.0       | 52.3       | 70.4       |
| 3.0            | 2                | 100                | 61.5                        | 68.4       | -          |            |            |
| 3.0            | 2                | 120                | 57.2                        | 66.1       | 37.9       | 47.0       | 60.1       |
|                |                  |                    |                             |            |            |            |            |
| 3.0            | 3                | 20                 | 94.4                        | -          | 77.7       | 84.8       | 96.3       |
| 3.0            | 3                | 40                 | 82.8                        | -          | 61.7       | 68.9       | 87.7       |
| 3.0            | 3                | 60                 | 74.2                        | 81.5       | -          |            |            |
| 3.0            | 3                | 80                 | 68.1                        | 75.1       | 47.8       | 55.3       | 78.0       |
| 3.0            | 3                | 100                | 61.8                        | 71.5       | -          |            |            |
| 3.0            | 3                | 120                | 59.6                        | 69.5       | 40.4       | 50.9       | 73.8       |
|                |                  |                    |                             |            |            |            |            |
| 3.0            | 5                | 20                 | -                           | -          | 93.2       | 97.4       | 99.0       |
| 3.0            | 5                | 40                 | -                           | -          | 81.2       | 89.0       | 96.6       |
| 3.0            | 5                | 60                 | -                           | 98.4       | -          |            |            |
| 3.0            | 5                | 80                 | -                           | 94.1       | 61.6       | 73.9       | 82.7       |
| 3.0            | 5                | 100                | -                           | 88.0       | -          |            |            |
| 3.0            | 5                | 120                | -                           | 81.2       | 45.9       | 59.2       | 73.7       |

En el cuadro 4.4-2 se ha resumido la información para los casos de caudal máximo de 120 l/s, la cual se ilustra también en las figuras 4.4-1, 4.4-2 y 4.4-3, para las pendientes longitudinales de 0,1%, 1,0% y 3,0%, respectivamente.

**CUADRO 4.4-2**  
**EFICIENCIAS DE CAPTACION DE SUMIDEROS ENSAYADOS**  
**PARA EL CAUDAL MAXIMO DE 120 L/S**

| PENDIENTE LONG (%) | PENDIENTE TRANSV (%) | EFICIENCIA DE CAPTACION (%) |          |         |         |         |
|--------------------|----------------------|-----------------------------|----------|---------|---------|---------|
|                    |                      | SUMID 1                     | SUMID. 2 | SUMID 3 | SUMID 4 | SUMID 5 |
| 0.1                | 1                    | 39.7                        | 47.2     | 27.6    | 33.9    | 38.4    |
| 0.1                | 2                    | 49.7                        | 61.5     | 37.7    | 45.3    | 48.7    |
| 0.1                | 3                    | 59.3                        | 70.5     | 44.0    | 53.1    | 57.1    |
| 1.0                | 1                    | 37.0                        | 42.9     | 24.9    | 29.8    | 37.0    |
| 1.0                | 2                    | 48.5                        | 55.5     | 32.5    | 38.8    | 50.0    |
| 1.0                | 3                    | 57.8                        | 67.5     | 38.9    | 47.0    | 56.8    |
| 3.0                | 1                    | 40.1                        | 45.2     | 26.4    | 30.6    | 39.3    |
| 3.0                | 2                    | 57.2                        | 66.1     | 37.9    | 47.0    | 60.1    |
| 3.0                | 3                    | 59.6                        | 69.5     | 40.4    | 50.9    | 73.8    |



**Figura 4.4-1** Eficiencias de captación de los cinco sumideros ensayados, para el caudal total máximo de 120 l/s y pendiente longitudinal de 0,1 %.

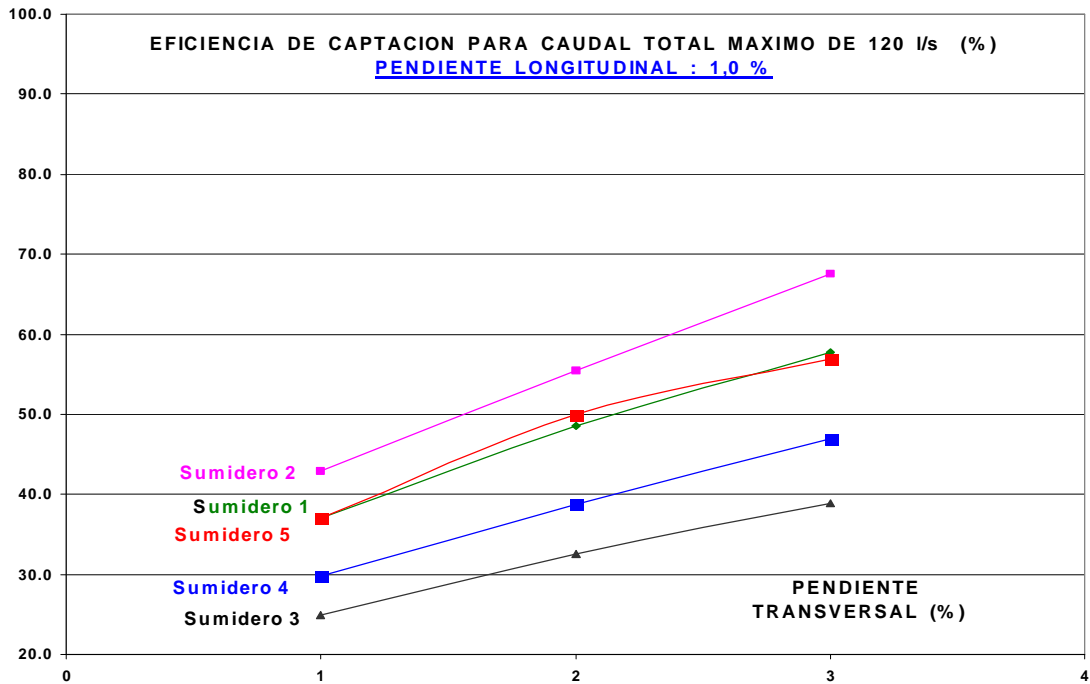


Figura 4.4-2 Eficiencias de captación de los cinco sumideros ensayados, para el caudal total máximo de 120 l/s y pendiente longitudinal de 1,0 %.

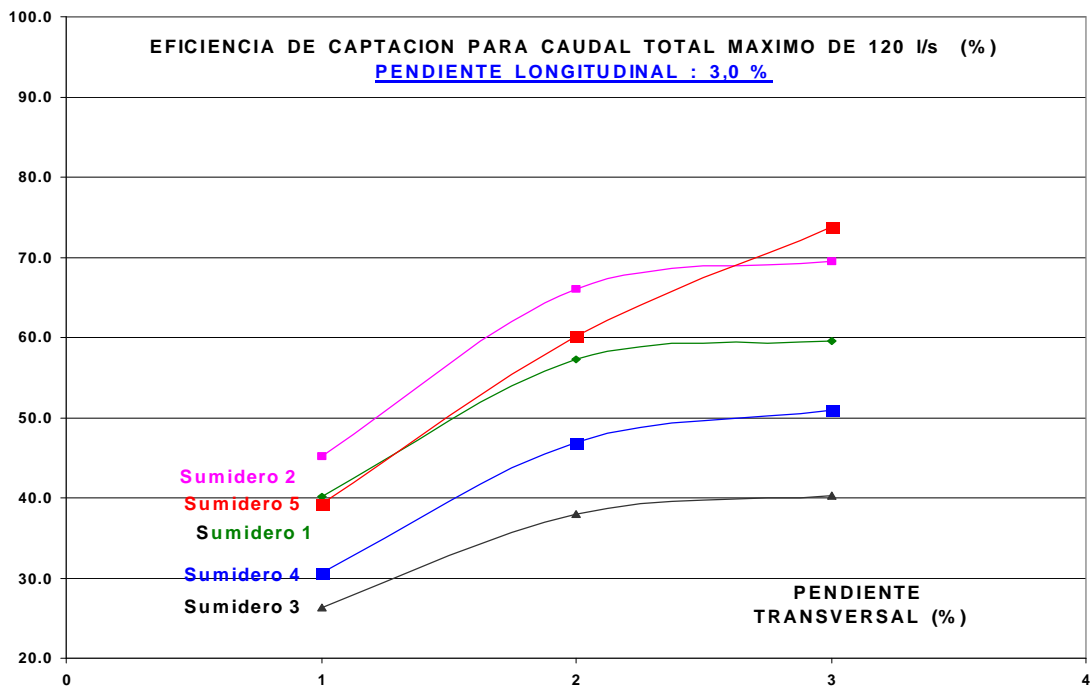


Figura 4.4-3 Eficiencias de captación de los cinco sumideros ensayados, para el caudal total máximo de 120 l/s y pendiente longitudinal de 3,0 %.



## 5 Experiencias adicionales realizadas con sumidero N° 1

Esta experimentación tuvo por objeto evaluar el comportamiento de la ventana lateral del sumidero N° 1, en cuanto a aporte a la captación. Se experimentó los casos con ventana sellada y con reja sellada.

### a) Experimentación con ventana lateral sellada

El propósito de esta experimentación fue determinar el aporte de la ventana lateral en la captación de agua del sumidero. Para esto se realizó series de experiencias, con pendiente longitudinal de 0.5% y de 3.0%, sin la ventana lateral. Este resultados se contrastarán con los con ventana y la diferencia será el aporte.

En cuadro 5-1 se entrega los resultados obtenidos con los correspondientes resultados con y sin ventana lateral.

Cuadro 5-1  
Resultados Sumidero N° 1 – Análisis ventana lateral

| PENDIENTE (%) |         | CAUDAL (l/s) |         |         | EFICIENCIA CAPTACION (%) |      |            |
|---------------|---------|--------------|---------|---------|--------------------------|------|------------|
| LONG.         | TRANSV. | TOTAL        | PASANTE | CAPTADO | VENTANA                  |      | DIFERENCIA |
|               |         |              |         |         | CON                      | SIN  |            |
| 0.5           | 1.0     | 20           | 7.6     | 12.4    | 62.0                     | 61.4 | -0.6       |
| 0.5           | 1.0     | 40           | 19.6    | 20.4    | 51.0                     | 50.1 | -0.9       |
| 0.5           | 1.0     | 60           | 33.0    | 27.0    | 44.9                     | 44.6 | -0.4       |
| 0.5           | 1.0     | 80           | 47.2    | 32.9    | 41.1                     | 41.0 | -0.1       |
| 0.5           | 1.0     | 100          | 61.8    | 38.2    | 38.2                     | 37.5 | -0.7       |
| 0.5           | 1.0     | 120          | 76.2    | 44.0    | 36.6                     | 36.2 | -0.4       |
| 0.5           | 2.0     | 20           | 3.3     | 16.7    | 83.7                     | 83.8 | 0.1        |
| 0.5           | 2.0     | 40           | 11.7    | 28.3    | 70.8                     | 69.9 | -0.9       |
| 0.5           | 2.0     | 60           | 22.5    | 37.5    | 62.5                     | 62.6 | 0.1        |
| 0.5           | 2.0     | 80           | 34.4    | 45.7    | 57.1                     | 56.7 | -0.3       |
| 0.5           | 2.0     | 100          | 48.7    | 51.3    | 51.3                     | 51.3 | 0.0        |
| 0.5           | 2.0     | 120          | 62.4    | 57.7    | 48.0                     | 48.0 | -0.1       |
| 0.5           | 3.0     | 20           | 1.0     | 19.0    | 95.1                     | 94.7 | -0.3       |
| 0.5           | 3.0     | 40           | 7.0     | 33.0    | 82.6                     | 82.9 | 0.3        |
| 0.5           | 3.0     | 60           | 15.4    | 44.6    | 74.3                     | 73.8 | -0.5       |
| 0.5           | 3.0     | 80           | 25.7    | 54.3    | 67.8                     | 67.7 | -0.2       |
| 0.5           | 3.0     | 100          | 38.2    | 61.9    | 61.9                     | 62.7 | 0.8        |
| 0.5           | 3.0     | 120          | 50.8    | 69.2    | 57.7                     | 58.1 | 0.4        |
| 3             | 3.0     | 20           | 1.1     | 18.9    | 94.5                     | 94.4 | -0.2       |
| 3             | 3.0     | 40           | 7.0     | 33.0    | 82.5                     | 82.8 | 0.3        |
| 3             | 3.0     | 60           | 15.4    | 44.6    | 74.3                     | 74.2 | -0.1       |
| 3             | 3.0     | 80           | 25.4    | 54.6    | 68.3                     | 68.1 | -0.2       |
| 3             | 3.0     | 100          | 36.6    | 63.5    | 63.4                     | 61.8 | -1.6       |
| 3             | 3.0     | 120          | 47.1    | 73.0    | 60.8                     | 59.6 | -1.2       |

b) Experimentación con reja del sumidero sellada

El propósito de estas experiencias fue determinar la captación que puede hacer sólo la ventana lateral del sumidero, con la reja del sumidero sellada (obstruida). Para esto, se realizaron experiencias con pendiente longitudinal de 0.5% y pendientes transversales de 1, 2, 3, 4 y 5%. En estas cinco condiciones de pendientes, se ensayó el caudal máximo de 120lt/s.

En el cuadro 5-2 siguiente, se entrega los resultados obtenidos con los correspondientes resultados con y sin ventana la reja del sumidero.

**CUADRO 5-2**  
Resultados Sumidero N° 1 – Análisis ventana lateral con reja sellada  
(caudal total de 120 lt/s y pendiente longitudinal de 0.5%)

| PENDIENTE<br>TRANS.<br>(%) | REJA SUMIDERO TAPADA |         |                             | REJA SUMIDERO LIBRE |         |                             |
|----------------------------|----------------------|---------|-----------------------------|---------------------|---------|-----------------------------|
|                            | CAUDAL (lt/s)        |         | EFICIENCIA<br>CAPTACION (%) | CAUDAL (lt/s)       |         | EFICIENCIA<br>CAPTACION (%) |
|                            | PASANTE              | CAPTADO |                             | PASANTE             | CAPTADO |                             |
| 1                          | 101.0                | 19.0    | 15.9                        | 76.7                | 43.5    | 36.2                        |
| 2                          | 100.3                | 19.8    | 16.5                        | 62.5                | 57.6    | 48.0                        |
| 3                          | 98.0                 | 22.1    | 18.4                        | 50.3                | 69.8    | 58.1                        |
| 4                          | 95.1                 | 24.9    | 20.7                        | 42.5                | 77.5    | 64.6                        |
| 5                          | 94.6                 | 25.4    | 21.2                        | 34.9                | 85.1    | 70.9                        |

## **6 Conclusiones**

Sobre la base de los resultados experimentales obtenidos, se puede expresar lo siguiente:

a) Influencia de las pendientes de la plataforma

- La pendiente longitudinal prácticamente no influye en la captación del sumidero.
- Lo que más influye en la eficiencia de captación es la pendiente transversal. Se verifica que a mayor pendiente transversal, es mayor la eficiencia de captación.
- Para la pendiente transversal menor a 3%, a mayor pendiente longitudinal disminuye la eficiencia de captación.

b) Influencia del caudal total de la calle

La eficiencia de captación disminuye con el aumento de caudal total de la calle.

c) Ventana lateral

Se verifica que la ventana lateral no coopera en la captación, resultando prácticamente la misma eficiencia de captación.

d) Reja obstruida

Con la reja completamente obstruida (tapada), la ventana lateral capta entre un 20 a un 40% menos que el sumidero completo, dependiendo de la pendiente transversal.

e) Aporte de una segunda reja

Se observó que en todos los casos, el aporte de la segunda reja, en términos de una mayor eficiencia de captación, no es sustancial. En efecto, la mayor eficiencia de captación es en promedio de aproximadamente un 10%, variando entre 5,1 y 17,7%.

f) Influencia del ancho que enfrenta el flujo.

Se observa que uno de los factores que más influye en la eficiencia de captación es el ancho de la reja que enfrenta el flujo. En particular, se observó que el sumidero N° 3 (ancho 0,40 m) arrojó las eficiencias de captación más bajas, en tanto que el resto de los sumideros, de anchos 0,70 (Sumideros N° 1, 2 y 4) tienen eficiencia de captación mayores y del mismo orden de magnitud.. Por su parte, el sumidero N° 5, de ancho 0,80 m, tiene en general la mayor eficiencia de captación, debido al diseño especial de la reja y al mayor ancho que enfrenta el flujo.

g) Resultados comparativos de los sumideros

g.1) Para los resultados de caudal máximo ensayado (120 l/s)

- Para la pendiente longitudinal baja, de 0,1 %, el sumidero de mejor eficiencia de captación resultó ser el N° 2 (Dos rejas tipo 1). A continuación, resulta de mayor eficiencia de captación el sumidero N° 1, seguido del N° 5.
- Lo anterior, se produce también para las pendientes longitudinales de 1% y 3%, siendo la única excepción la combinación de pendientes longitudinal 3% y transversal 3%, en cuyo caso el sumidero N° 5 supera levemente al N° 2.
- En todos los casos estudiados, los sumideros N° 4 y N° 3 tienen las menores eficiencia de captación

g.2) Para las experiencias con caudales entre 20 y 100 l/s

Se observa siempre una menor eficiencia de captación de los sumideros 3 y 4, en relación con los otros sumideros. Las eficiencias de captación del sumidero 2 (2 rejas) es siempre levemente superior al N° 1, en promedio un 10% más de eficiencia de captación.

La eficiencia de captación del sumidero N° 5 (Reja diseño especial de la DOH), es siempre muy similar a la del sumidero N° 1.

## 7 Referencias

1. I.N.H., 1970. "Sumideros de aguas lluvias, estudio en modelo reducido", Dirección de Obras Sanitarias.
2. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, may 2001. S. C. Kranc and others. Hydraulic Performance of several curb and gutter inlets.
3. Manuel Gómez, Pablo Martínez, Javier González, 2000. "Análisis del comportamiento hidráulico de rejas y sumideros". XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica.
4. Gómez Manuel, González Javier y otros, 1998, "Una metodología de sumideros y de cálculo del caudal captado en viales urbanos". XVIII Congreso latinoamericano de Hidráulica Oaxaca, México.
5. David Pezzaniti, Linton Johnston and John R. Argue, 1999. Road Surface Stormwater drainage hydraulics new design information. Sydney, Australia.
6. Leonardo Nanía Escobar, , Gómez Manuel, Dolz José, 1998, "Modelación de la escorrentía pluvial en cruces de calles", XVIII Congreso latinoamericano de Hidráulica Oaxaca, México.
7. Leonardo Nanía Escobar, 1999. Metodología numérico experimental para el análisis del riesgo asociado a la escorrentía pluvial en una red de calles. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya.
8. U.S. Department of Transportation, 2001. Hydraulic Engineering Circular N° 22, Second Edition (HEC-22). Urban Drainage Design Manual.

**ANEXO:**

**DESCRIPCION DE LOS SUMIDEROS UTILIZADOS Y FOTOGRAFIAS SELECCIONADAS DE LA EXPERIMENTACIÓN REALIZADA**

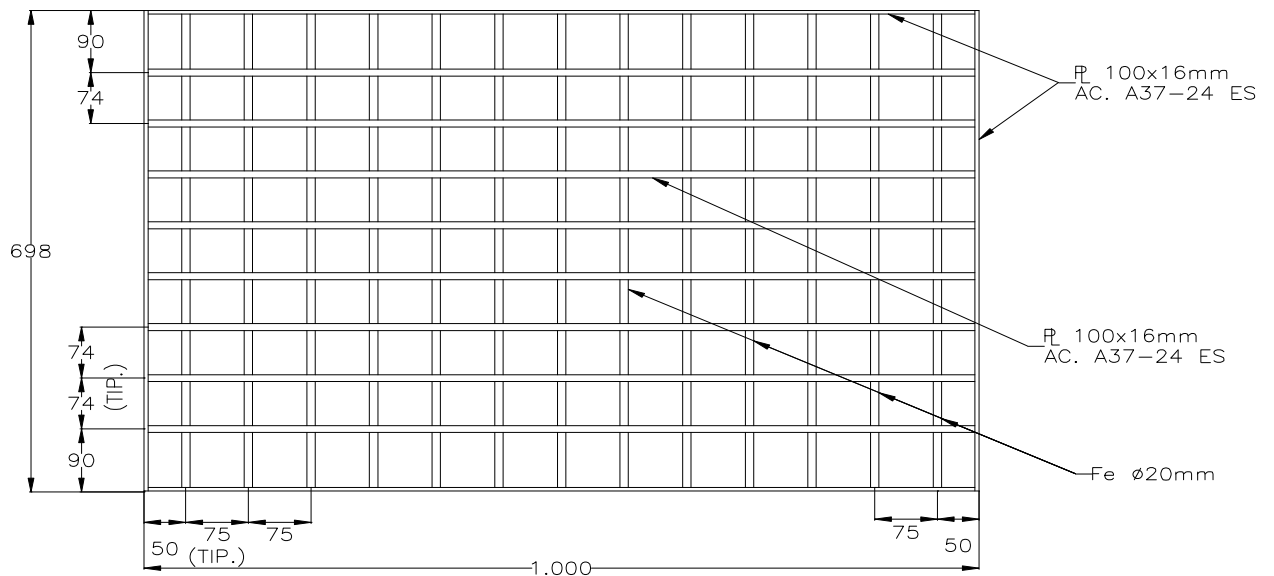
**SUMIDERO Nº 1 (DOH) Medidas: 0,70 x 1,00 m**



**DETALLE REJILLA DE SUMIDERO**

**PLANTA**

ESC. 1:10 (MEDIDAS EN MILIMETROS)



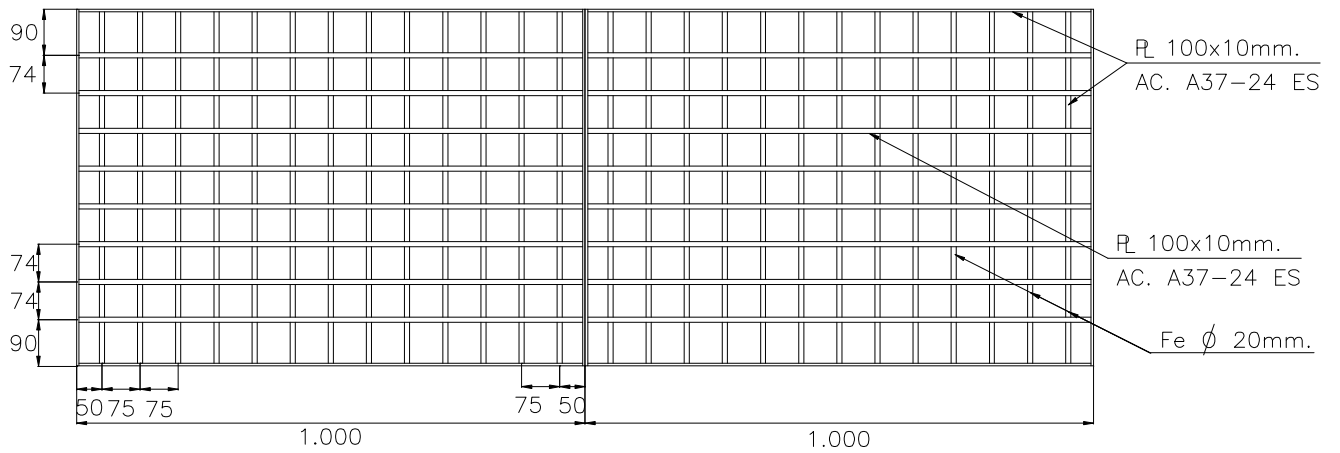
**SUMIDERO Nº 2 (DOH)**

Medidas: 0,70 x 2,00 m



## DETALLE REJILLA DE SUMIDERO PLANTA

ESC. 1:20 (MEDIDAS EN MILIMETROS)



## SUMIDERO Nº 3 (DOH)

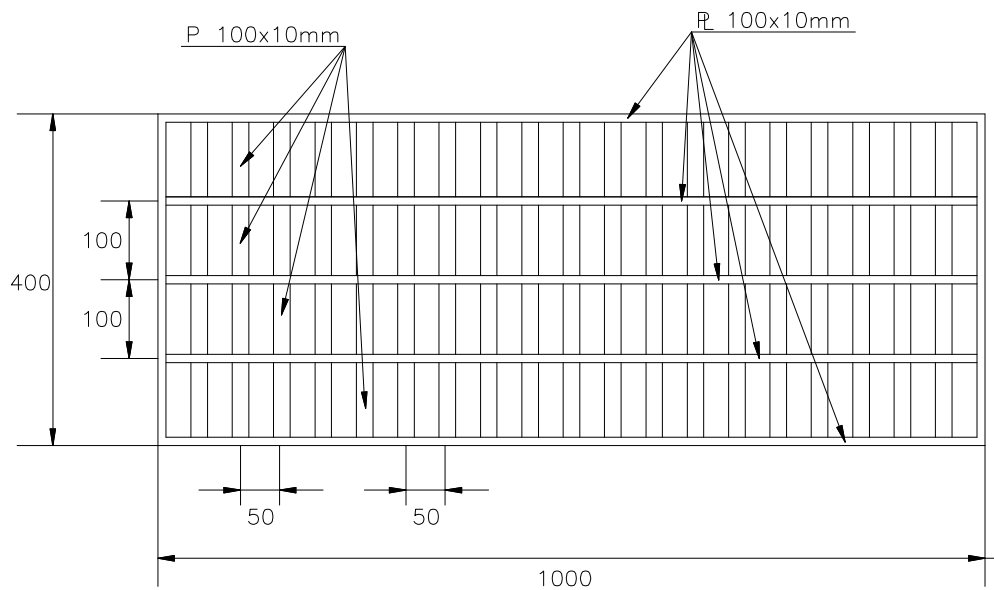
Medidas: 0,40 x 1,00 m



## DETALLE REJILLA DE SUMIDERO

### PLANTA

ESC. 1:20 (MEDIDAS EN MILIMETROS)





## SUMIDERO Nº 4 (DOH)

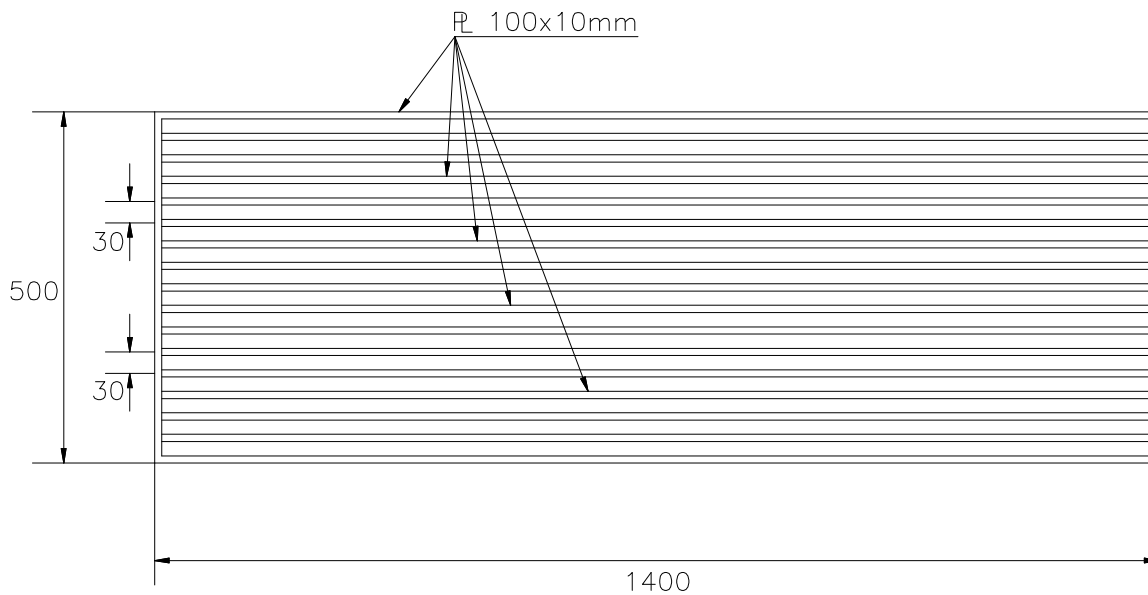
Medidas: 0,50 x 1,40 m



# DETALLE REJILLA DE SUMIDERO

## PLANTA

ESC. 1:20 (MEDIDAS EN MILIMETROS)



## SUMIDERO Nº 5 (DOH)

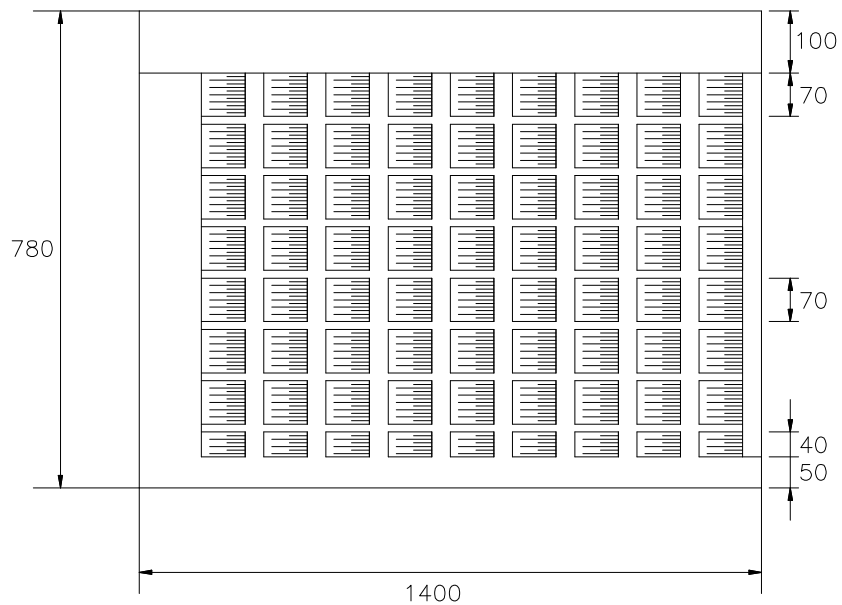
Medidas: 0,80 x 1,00 m



## DETALLE REJILLA DE SUMIDERO

### PLANTA

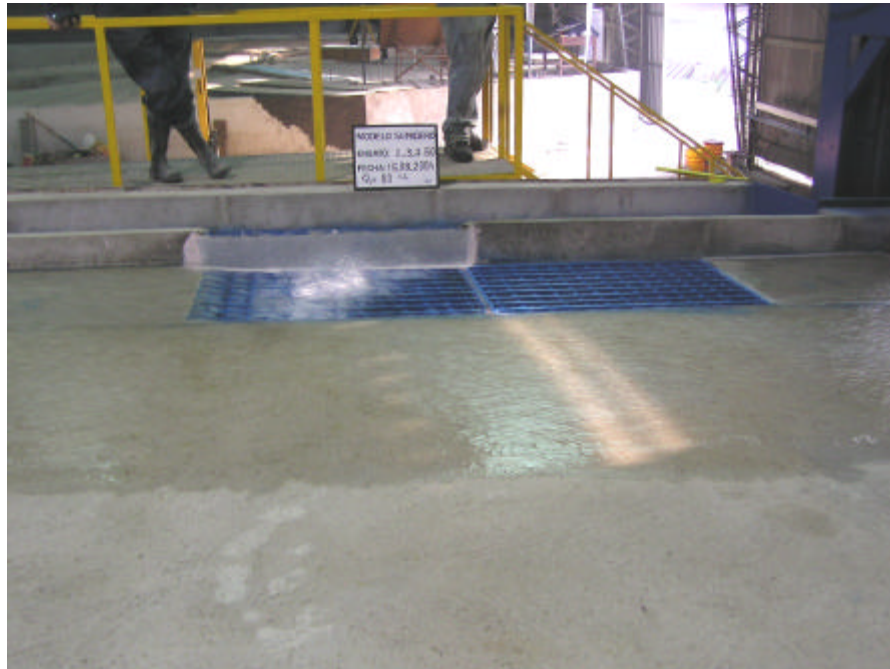
ESC. 1:20 (MEDIDAS EN MILIMETROS)



## Fotografías seleccionadas de la experimentación



**Sumidero N° 1 –  $i_L = 0.5\%$  –  $i_T = 2\%$  –  $Q = 80$  lt/s**



**Sumidero N° 2 –  $i_L = 3\%$  –  $i_T = 3\%$  –  $Q = 60$  lt/s**



**Sumidero N° 3 – i L= 1% – i T= 3% – Q= 20 lt/s**



**Sumidero N° 4 – i L= 3% – i T= 3% – Q= 20 lt/s**





**Sumidero N° 5 – i L= 0.1% – i T= 3% – Q= 20 lt/s**