# INFORME CARACTERIZACIÓN DE LA SUBRASANTE Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIA ACCESO URBANIZACIÓN TORRES DEL PARQUE – TUNJA-BOYACA

**PROYECTO**

**ESTUDIOS Y DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DE VIA ACCESO URBANIZACIÓN TORRES DEL PARQUE – TUNJA-BOYACA**

**BOGOTÁ D.C., MAYO DE 2023**

# ÍNDICE DE MODIFICACIONES

| Índice de revisión | Sección Modificada | Fecha Modificación | Observaciones |
|---|---|---|---|
| Versión 1.0 | | 26/01/2023 | Para revisión y comentarios del cliente |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

# REVISIÓN Y APROBACIÓN

| Revisión | | 1 |
|---|---|---|
| Responsable por elaboración: | Nombre | |
| | Firma | |
| Responsable por revisión: | Nombre | |
| | Firma | |
| Responsable por aprobación | Nombre | |
| | Firma | |
| | Fecha | |

# Contenido

**1. Generalidades ..... 5**
1.1 Objetivos ..... 5
**2. Diagnóstico Sistema de drenaje ..... 5**
2.1 Condiciones de drenaje superficial ..... 5
2.2 Sistema de Alcantarillado Pluvial ..... 7
**3. Obras de drenaje vial superficial ..... 7**
3.1 Estimación de los Caudales de Diseño del Sistema
3.1.1 Método Racional ..... 8
3.1.2 Período de Retorno ..... 8
3.1.3 Tiempo de concentración del Sistema ..... 8
3.1.4 Intensidad de Diseño del Sistema de Drenaje Urbano ..... 9
3.1.5 Áreas de drenaje ..... 10
3.1.6 Coeficiente de escorrentía superficial ..... 13
3.1.7 Estimación de los Caudales de Diseño del Sistema ..... 14
3.2 Requisitos de diseño de Sumideros ..... 14
3.2.1 Criterios de localización de los sumideros ..... 15
3.2.2 Parámetros de diseño ..... 15
3.3 Capacidad de captación de los sumideros
3.3.1 Presentación del software de cálculo hidráulico de apoyo ..... 18
3.3.2 Resultados de la modelación – Sumideros ..... 19
3.3.3 Cálculos sumideros
**ANEXOS ..... 31**

# Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Condiciones existentes de drenaje ..... 5
Ilustración 2. Registro fotográfico ..... 6
Ilustración 3. Área de Drenaje .....10
Ilustración 4. Vista sumidero en Planta (Ancho de Inundación).....16
Ilustración 5. Reporte Gráfico y Tabular Bentley - FlowMaster .....18
Ilustración 6. Informes Gráficos y Tabulares Personalizados - FlowMaster .....19

# Índice de Tablas

Tabla 1. Periodos de Retorno o Grado de Protección ..... 7
Tabla 2. Coeficiente de Impermeabilidad ..... 8
Tabla 3. Estimación de caudales máximos .....13
Tabla 4. Ancho de Inundación admisible según Clasificación de la vía .....14
Tabla 5. Eficiencia de sumideros con respecto al caudal interceptado .....18
Tabla 6. Hidráulica sumidero proyectado .....19

# 1. GENERALIDADES

Este informe tiene como finalidad determinar las características hidráulicas y condiciones de drenaje vial para la vía de acceso a la urbanización torres del parque en el área urbana del Municipio de Tunja, del Departamento de Boyacá.

## OBJETIVOS

- Analizar las condiciones de drenaje existentes y establecer las posibles necesidades de mejoramiento y mantenimiento de la infraestructura hidráulica.
- Diseñar las estructuras de drenaje necesarias para el mejoramiento del sistema de drenaje superficial.

# 2. Diagnóstico sistema de drenaje

## Condiciones existentes de drenaje superficial

Este segmento carece de cunetas viales; no obstante, la carretera incorpora un sistema de bombeo del 2%. La calzada, junto con el bordillo, actúa como un canal hidráulico que facilita el transporte superficial de las aguas lluvias. En este tramo, se han instalado cuatro sumideros para gestionar el flujo hídrico y controlar las altas velocidades teniendo en cuenta las pendientes pronunciadas del sector. Aguas abajo de la vía, se evidencia un deterioro causado por procesos erosivos, manifestándose en la formación de surcos de socavación.
La figura siguiente presenta un esquema detallado del sistema de drenaje de la vía.

**lustración 1. Condiciones existentes de drenaje**




Fuente: El Estudio

Mediante inspección visual en campo, se identificó la deficiencia del sistema de drenaje desde la zona alta del sector, se evidencia la carencia de sumideros para la evacuación eficiente de las aguas superficiales, más aún, teniendo en cuenta las condiciones topográficas de la zona que presenta pendiente pronunciadas, por lo cual, se cuenta con un área de drenaje y un caudal considerable, la cual se debe tener en cuenta para la proyección de nuevas estructuras.

En las siguientes fotografías, se aprecian de manera general las condiciones existentes de drenaje de la vía.

**lustración 2. Registro fotográfico**




Fuente: El Estudio

En este proyecto se requieren obras de drenaje que permitan la recolección y evacuación de las aguas de escorrentía superficial hasta su descarga a los sumideros. Para el tramo vial en estudio se utilizará una sección transversal tipo, que cumpla con las especificaciones técnicas para garantizar un adecuado drenaje y estabilidad del tramo a intervenir y así drenar adecuadamente las aguas de escorrentía.

A continuación, se presenta un diagnóstico del sistema de alcantarillado pluvial.

## Sistema de Alcantarillado Pluvial

Actualmente, la vía objeto de intervención dispone de una red de alcantarillado pluvial con una longitud de 241.04 m de tubería en PVC, con diámetros en 315 y 400 mm. En la configuración actual se han instalado cuatro sumideros destinados a captar las aguas lluvias que se desplazan superficialmente desde la parte alta del sector permitiendo la descarga al sistema de alcantarillado, sin embargo, se identifica la necesidad de incorporar más sumideros para gestionar de manera eficiente y adecuada el caudal de las aguas pluviales provenientes de escorrentía, teniendo en cuenta que se debe garantizar la eficiencia para la captación del caudal.

Anexo al presente documento, se presenta el diagnóstico de red de alcantarillado pluvial de la urbanización Torres del Parque generado por la empresa prestador del servicio de alcantarillado Veolia Aguas de Tunja S.A. E.S.P. (Ver Anexo Respuesta oficio 1587-2).

Se aclara, que el alcance del componente hidrológico e hidráulico aborda el drenaje vial superficial. Los productos de alcantarillado están enmarcados en los planes maestros para el municipio de acuerdo a las obras ahí diseñadas.

Este estudio no tiene el alcance de un plan maestro, por lo cual no es posible realizar la evaluación hidráulica del sistema.

No se presentan planos de alcantarillado ya que no se contempla la proyección de los mismos debido a que no hace parte del alcance del proyecto. Las obras de drenaje tienen proyección de conexión al sistema de alcantarillado existente. Se anexa plano con topología de las redes.

# 1. OBRAS DE DRENAJE VIAL SUPERFICIAL

### 1.1.1 Estimación de los Caudales de Diseño del Sistema

A continuación, se relacionan los criterios de diseño del presente proyecto. Cabe destacar que la evaluación hidráulica se efectúa siguiendolos lineamientos dados por la resolución 799 de 2021 y el Manual de Drenaje para Carreteras del INVÍAS, donde se definen losparámetros a considerar. En orden de definición, se deben calcular y determinar lossiguientes parámetros:

#### 1.1.2.1 Método Racional

Para la estimación del caudal de diseño puede utilizarse el método racional, el cual calcula el caudal pico de aguas lluvias con base en la intensidad media del evento de precipitación con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de escorrentía. La ecuación del método racional es

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Donde Q es el Caudal máximo en $m^3/s$, C es el Coeficiente de escorrentía, I es la Intensidad de la lluvia en mm/h y A es el Área de Drenaje en $km^2$.

De acuerdo con el método racional, el caudal pico ocurre cuando toda el área de drenaje está contribuyendo, y éste es una fracción de la precipitación media bajo las siguientes suposiciones:

1. El caudal pico en cualquier punto es una función directa de la intensidad i de la lluvia, durante el tiempo de concentración para ese punto.
2. La frecuencia del caudal pico es la misma que la frecuencia media de la precipitación.
3. El tiempo de concentración está implícito en la determinación de la intensidad media de la lluvia por la relación anotada en el punto 1 anterior.

De acuerdo con el artículo 135 de la resolución 330 de 2017, para la estimación de caudales de aguas lluvias se puede utilizar el método racional siempre y cuando el área de drenaje sea inferior a 80 Ha. Para su estimación, se debe tener en cuenta los siguientes factores.

### 1.1.2.2 Periodo de Retorno

El periodo de retorno de la lluvia se debe seleccionar de acuerdo con la importancia de las áreas y los daños, perjuicios y molestias que las inundaciones puedan ocasionar a los habitantes, el tráfico, el comercio, la industria y la infraestructura. En ningún caso puede ser menores a los mostrados en la siguiente tabla.

Este proyecto contempla la evaluación hidráulica de la corona vial, la cual cumplirá la función de canal hasta entregar sus aguas hasta los sumideros. Para este proyecto se adoptó el período de retorno de 5 años.

**Tabla 1. Periodos de Retorno**

| TIPO DE OBRA | Período de Retorno (Años) |
|---|---|
| Cunetas | 5 |
| Zanjas de coronación | 10 |
| Estructuras de caída | 10 |
| Alcantarillas de 0.9 m de diámetro | 10 |
| Alcantarillas mayores a 0.9 m de diámetro | 20 |
| Puentes menores (luz menor a 10 m) | 25 |
| Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m | 50 |
| Puentes de luz mayor o igual a 50 m | 100 |
| Drenaje subsuperficial | 2 |

Fuente: INVIAS, Manual para el drenaje de carreteras, pág. 2 – 31.

### 1.1.2.3 Tiempo de Concentración del Sistema

En el caso del método racional, con el fin de calcular el caudal de diseño, haciendo uso de las curvas IDF halladas para el área de influencia del proyecto.

El tiempo de concentración es función del tamaño y la forma de la cuenca en donde se localiza el tramo objeto de análisis. Si la duración del evento de precipitación

fuera inferior al tiempo de concentración, no se alcanzaría el caudal pico a la salida de la cuenca.

Por otro lado, si la duración de la lluvia fuera mayor que el tiempo deconcentración, tanto la intensidad como el caudal de escorrentía serían menores.

Debido a que el tiempo de concentración es inversamente proporcional a la intensidad de lluvias, se recomienda desde el punto de vista de seguridad utilizar el método de Kirpich, con el cual se obtienen menores tiempos de concentración.

La ecuación de Kirpich es:

$$Tc = 0.06628 \cdot \left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.77}$$

Fuente: INVIAS, Manual para el drenaje de carreteras, pág. 2 – 2.

Donde Tc es el Tiempo de concentración, en horas (h); L es la Longitud del cauce principal, en kilómetros (km); S es la Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en metros por metro (m/m).

Para las obras de drenaje, debido a que su tiempo Tc da menor a 15 minutos se tomará como mínimo un tiempo de concentración igual a 15 min, con el fin de tener en cuenta el tiempo inicial que tarda el agua en concentrarse en una hoya y no sobreestimar la intensidad de precipitación que resultaría con valores calculados menores a este tiempo de concentración.

#### 1.1.2.4 Intensidad de Diseño del Sistema de Drenaje Urbano

Tomando como referencia el RAS 2000, numeral D.4.3.4. donde se indica “El periodo de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, según el tiempo de concentración obtenido y siguiendo los lineamientos del Método Racional, para un tiempo de duración de aguacero igual al tiempo de concentración calculado para cada línea de drenaje y adoptando un tiempo de retorno o frecuencia de 5 años.

Como se indicó en el estudio hidrológico se utilizarán los valores puntuales representativos obtenidos directamente de las curvas IDF del IDEAM de la estación UPTC.

La intensidad para este proyecto, con un Tc de 15 minutos y un Tr de 5 años, es de 59.6 mm/h.

### 1.1.2 Áreas de Drenaje

Para la determinación de las áreas de drenaje, se realizó la evaluación de los límites de la cuenca a drenar, obteniendo una zona enmarcada que se considera como la zona de estudio del proyecto y el objetivo es lograr drenar eficientemente el 100% de esta zona.

En la delimitación del área de drenaje es necesario tener en cuenta el sistema de drenaje natural.

El agua de precipitación y de escorrentía de las áreas perimetrales a la población son características importantes a tener en cuenta.

Con base en la topografía del terreno y la pendiente de la vía se estima el área de drenaje tributaria correspondiente a las zonas de influencia hidrológica, en particular, al área determinada por al ancho de la calzada de la vía y la zona residencial o espacios verdes circundantes. De igual forma, se tiene en consideración la topología y/o presencia de sumideros aguas arriba tanto para evitar sobrecargar el sistema como para gestionar eficientemente el drenaje de las aguas que no han tenido manejo en la zona.

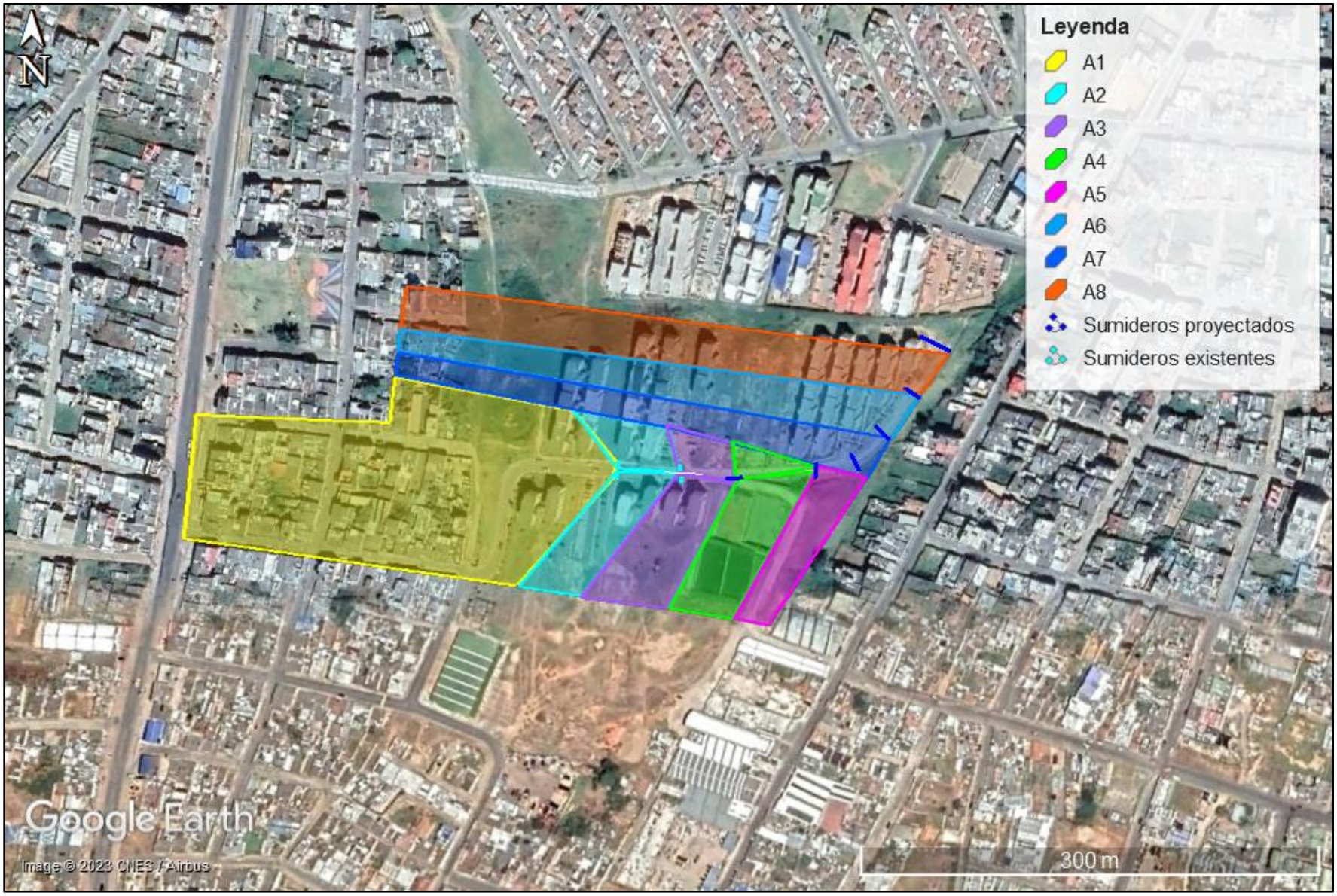
Una vez determinados los límites conforme al trazado preliminar,se procede a dividir la cuenca por área aferentes para cada tramo. En la siguiente ilustración se muestran las áreas aferentes que se consideran para este escenario.

**Ilustración 3. Área de Drenaje**





CALLE 31
CALLE 30
CALLE 29
75 mm -POL
VALVULA DE CORTE
EDIFICIO "LA ESPERANZA" SEGUNDA ETAPA
VENTOSA AUTOMATICA
L=80.79m 75mmPAD
L=46.96m 75mmPAD
Torre J Bloque 2
L=68.92m 75mmPAD
AREA EN CONSTRUCCION
Torre J Bloque 1
TORRE F
TORRE E
TORRE D
TORRE C
LOTE




Fuente: Consultor

1.1.2.5 Coeficiente de Escorrentía Superficial

Según el Numeral 4.4.3.1 del título D del manual de buenas prácticas el coeficiente de impermeabilidad, es función del tipo del suelo del área tributaria, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y de todos aquellos otros factores que determinen qué parte de la precipitación se convierte en escorrentía. Por consiguiente, el diseñador debe considerar las pérdidas por infiltración en el subsuelo y cualquier otro efecto que tenga como consecuencia el retraso del flujo de escorrentía. También se deben considerar los planes de ordenamiento territorial – POT, EOT – PBOT adoptados por el Concejo municipal sobre los usos del suelo, los planes de desarrollo urbano aprobados por el municipio y cualquier otro tipo de consideración legal sobre el uso futuro del suelo. Estos se requieren para estimar el coeficiente de impermeabilidad para el momento final del período de diseño, el cual puede ser sustancialmente diferente al coeficiente de impermeabilidad en el momento de entrada en operación de la red de alcantarillado de aguas lluvias.

El tránsito hidráulico de la creciente producida por el evento de lluvia de diseño debe ser desarrollado tanto para las condiciones de coeficiente de impermeabilidad correspondientes al momento de puesta en marcha del proyecto, como para las condiciones de coeficientes de impermeabilidad correspondientes al final del período de diseño. Para aquellas áreas de drenaje que incluyan zonas con diferentes coeficientes de impermeabilidad, el valor del coeficiente de impermeabilidad representativo para toda el área debe calcularse como el promedio ponderado de los coeficientes de impermeabilidad individuales para cada sub-área, Para ello el manual de buenas prácticas en su título D muestra algunos coeficientes de impermeabilidad, los cuales se ilustran a continuación:

**Tabla 2. Coeficiente de Impermeabilidad.**

| TIPO DE SUPERFICIE | C |
|---|---|
| Cubiertas | 0.90 |
| Pavimentos asfalticos y superficies de concreto | 0.90 |
| Vías adoquinadas | 0.85 |
| Zonas comerciales o industriales | 0.90 |
| Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras | 0.75 |
| Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre estos | 0.75 |
| Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines | 0.60 |
| Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados | 0.45 |
| Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios | 0.30 |
| Laderas sin vegetación | 0.60 |
| Laderas con vegetación | 0.30 |
| Parques recreacionales | 0.30 |

Fuente: (Tabla D.4.7 Titulo B RAS 2016)

De acuerdo a las recomendaciones dadas en el manual de buenas prácticas título D se adopta un valor de 0.90 como coeficiente de escorrentía, representativo para pavimentos asfalticos y superficies de concreto, así como un valor de 0.6 correspondiente a residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines laderas sin vegetación, para un ponderado total de 0.62.

1.1.2.6 Estimación del Caudal de Diseño

Se calculó que el área afectiva de drenaje es de 5.69 Ha, la intensidad de la lluvia

de 59.6 mm/h y el coeficiente de escorrentía para el área de acuerdo a la cobertura del suelo es de 0.62. Para el cálculo del caudal de diseño se utiliza la siguiente ecuación del método racional:

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Teniendo presente que el caudal estará compuesto por las aguas escorrentías provenientes de la calzada y la cubierta de las viviendas, se plantean las siguientes hipótesis y parámetros.

- Ancho calzada: 7.0 m
- Ancho zona residencial: Variable

Tomando de referencia los coeficientes de escorrentía del método racional:

- Superficies en concreto: C = 0.90
- Zona Residencial: C = 0.60

Realizando el ponderado por áreas se tienen un C de 0.62. Aplicando la metodología racional se obtienen los siguientes caudales.

**Tabla 3. Estimación de caudales máximos cunetas**.

| Sumidero | ÁREA (ha) | Coef. C | Tc (min) | Período retorno TR (años) | Intensidad, I (mm/h) | Caudal Q (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **SLe1-SLe2** | 2.00 | 0.62 | 15 | 5 | 59.60 | 205.29 |
| **SL3-SL4** | 0.42 | 0.62 | 15 | 5 | 59.60 | 43.11 |
| **SX1** | 0.60 | 0.62 | 15 | 5 | 59.60 | 61.59 |
| **SL2-SL3** | 0.38 | 0.62 | 15 | 5 | 59.60 | 39.00 |
| **SL4-SL5** | 0.27 | 0.62 | 15 | 5 | 59.60 | 27.71 |
| **SL6-SL7** | 0.53 | 0.62 | 15 | 5 | 59.60 | 54.40 |
| **SL8-SL9** | 0.65 | 0.62 | 15 | 5 | 59.60 | 66.72 |
| **SL10-SL11** | 0.84 | 0.62 | 15 | 5 | 59.60 | 86.22 |

Fuente: EL ESTUDIO

Es importante tener en cuenta que este caudal corresponde a un área de drenaje delimitada para cada par de sumideros, a excepción del sumidero SX1 que corresponde a un único sumidero transversal.

## 1.4 Requisitos de Diseño de Sumideros

Los sumideros en las vías urbanas son fundamentales para la gestión eficiente de aguas pluviales, desde la perspectiva hidráulica permiten la recopilación y evacuación eficiente de aguas pluviales, previniendo inundaciones y la acumulación del agua de escorrentía natural, así como también problemas de erosión del suelo, reduciendo así el riesgo de daños a la infraestructura y proporcionando un entorno más seguro para los peatones y conductores, mejorando la seguridad vial al eliminar charcos y reduciendo el riesgo de acuaplaning. La presencia de sumideros también ayuda a controlar la calidad del agua al capturar sedimentos y contaminantes, evitando la contaminación de cuerpos de agua receptores; finalmente, el agua de lluvia superficial es captada y dirigida hacia los sumideros y finalmente a los sistemas de alcantarillado.

Para la proyección de sumideros se debe cumplir los siguientes requisitos:

1. Deben ubicarse antes de los cruces de vías, antes de las zonas de tránsito de peatones, en la reducción de la pendiente longitudinal de la vía en el sentido de la escorrentía, en puntos bajos y depresiones.

2. Se deben justificar los métodos utilizados en el análisis del comportamiento hidráulico de los sumideros. Los anchos de inundación admisibles deben ser los establecidos en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Ancho de Inundación admisible según Clasificación de la vía.**

| Ancho de la vía (m) | Ancho de inundación admisible (m) |
|---|---|
| < 6 | 2.0 |
| ≥ 6 y < 7 | 3.0 |
| ≥ 7 y < 9 | 3.5 |
| ≥ 9 | 4.0 |
| **Nota: Si el bombeo es a los dos costados de la vía el ancho de inundación admisible deberá dividirse en dos (2). | |

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Resolución 0330 de 2017 Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS.

Considerando que la vía tiene un ancho de 7 metros, el ancho de inundación admisiblees de 3.5 m. Así mismo considerando que el bombeo es a los dos costados se aceptaraun ancho de 1.75 m.

3. Debe verificarse que la capacidad de recolección de la escorrentía de los sumideros aportantes a un colector sea consistente con la capacidad de evacuación de este.

4. Los sumideros conectados a pozos de inspección para alcantarillados de tipo combinado, deben tener elementos para evitar la salida de gases que causan malos olores.

5. La tubería de conexión del sumidero debe tener un diámetro interno real mínimo de 215 mm, pendiente mínima de 2,0% y no debe tener una longitud mayor de 15 m.

Teniendo en cuenta que los sumideros no solo son las estructuras encargadas de recoger el agua que fluye por las cunetas de las vías y entregarlas a las estructuras deconexión, sino que también evitan que se introduzca material de arrastre en los colectores de agua lluvia, se requiere de su diseño, para lo cual se consideró lo establecido en el manual de buenas prácticas título D de la norma RAS. A continuación,se presenta los parámetros y procedimiento de diseño para estas estructuras

- **Criterios de localización de los sumideros**

Los sumideros deben ubicarse en los cruces de las vías, de tal manera que interceptenlas aguas antes de las zonas de tránsito de los peatones y en los puntos intermedios bajos. Los siguientes son algunos criterios para su ubicación:

- Puntos bajos y depresiones de las calzadas.
- Reducción de pendiente longitudinal de las calles
- Antes de puedes y terraplenes.
- Preferiblemente antes de los cruces de calles y pasos peatonales

➢ Captación de sedimentos

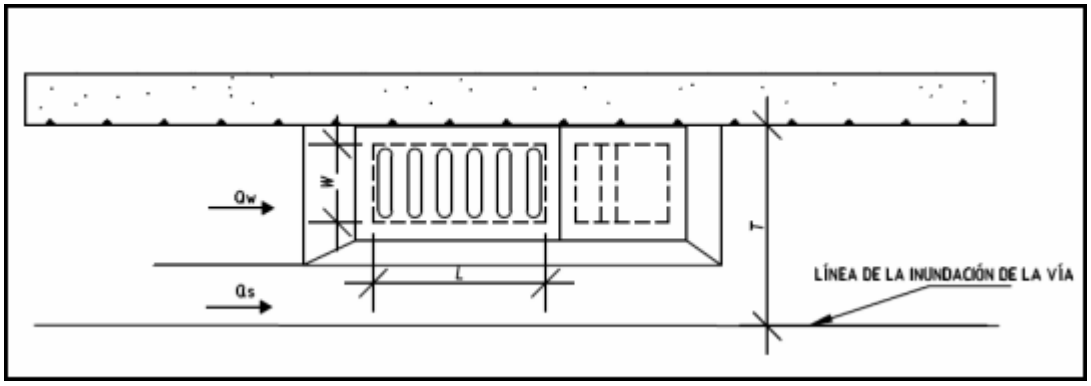
- **Parámetros de diseño**

Para el diseño de los sumideros, se deben tener en cuenta dos aspectos: el dimensionamiento del área efectiva de captación y el dimensionamiento de los conductos que conectan estas estructuras con la red de alcantarillado. Para el primero,se deben conocer las características del flujo de escorrentía, la zona de aproximación a la estructura y el tipo de rejilla a utilizar. En cuanto al dimensionamiento de los conductos, el diseño se debe hacer igual al de cualquier tubería del sistema de alcantarillado, teniendo en cuenta que deben tener un diámetro mínimo de 250 mm, una pendiente mínima de 2% y su longitud no debe ser mayor a 15 m.

Los datos de entrada que deben utilizarse para llevar a cabo el diseño del área de captación de sumideros son los siguientes:

1. Características del pavimento: rugosidad, sección transversal y geometría longitudinal.
2. Datos de la lluvia de diseño: intensidad, duración y frecuencia de la tormenta dediseño.
3. Pendiente longitudinal: lugares donde existan cambios en la pendientelongitudinal.
4. Características del sumidero: tipo, tamaño y configuración.
5. Caudales adicionales: caudales discretos en aquellos lugares donde exista caudales adicionales puntuales.

**Ilustración 4. Vista sumidero en Planta (Ancho de Inundación)**




Fuente: Norma técnica de Empresas Públicas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

➢ <u>Otros Parámetros</u>

- Pendiente transversal de la vía y la cuneta
- Pendiente longitudinal de la cuneta y de la vía
- Coeficiente rugosidad de la vía
- Longitud de la rejilla
- Ancho de la cuneta y la rejilla

La tubería de conexión del sumidero debe tener un diámetro interno real mínimo de215 mm, pendiente mínima del 2% y no debe tener una longitud mayor de 15 m.

## Capacidad de captación de los sumideros

La capacidad de captación de un sumidero es la cantidad de caudal que es interceptado por éste. Los caudales que no son interceptados se conocen como caudal desviado, el cual se relaciona con el caudal captado de acuerdo con la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Capacidad de captación de los sumideros

$$Q_b = Q_n - Q_i$$

Donde:

Qb = Caudal desviado ($m^3/s$).
Qn = Caudal total sobre la cuneta ($m^3/s$).
Qi = Capacidad de intercepción del sumidero ($m^3/s$).

La capacidad de captación de un sumidero es función de la pendiente transversal de la cuneta, la rugosidad del pavimento, la pendiente longitudinal de la cuneta, el caudal total en la cuneta y la geometría del sumidero. Por otro lado, la eficiencia del sumidero es función de los mismos factores y a la vez de su capacidad de captación. Las características anteriores deben calcularse empíricamente, en caso de que no sean suministradas por el fabricante del sumidero.

La profundidad de flujo en la sección transversal de la cuneta es función de sus características geométricas y en particular del caudal sobre la misma, tal como se establece en la ecuación[1] mostrada a continuación:

Ecuación 2. Profundidad de flujo en la sección transversal de la cuneta

$$y = (nQ)^{3/8}\left(\frac{2S_X}{S^{3/10}}\right)^{5/8}\left(1+\sqrt{1+\left(\frac{1}{S_X}\right)^2}\right)^{1/4}$$

Donde:

y = Profundidad del agua en la orilla de la sección transversal de la cuneta (m).
Q = Caudal de agua en la cuneta ($m^3/s$).
n = Coeficiente de rugosidad de Manning ($s/m^{1/3}$).
Sx = Pendiente transversal de la sección de flujo (m/m).
S = Pendiente longitudinal de la sección de flujo (m/m).

A su vez, el ancho superficial del flujo en la cuneta (T) está relacionado con la profundidad de flujo en la siguiente forma en la ecuación:

Ecuación 3. Ancho de la superficie libre en la sección

$$T = \frac{y}{S_x}$$

donde:

T = Ancho de la superficie libre en la sección (m).
y = Profundidad del agua en la orilla de la sección transversal de la cuneta (m).
Sx = Pendiente transversal de la sección de flujo (m/m).

## Presentación del software de cálculo hidráulico de apoyo

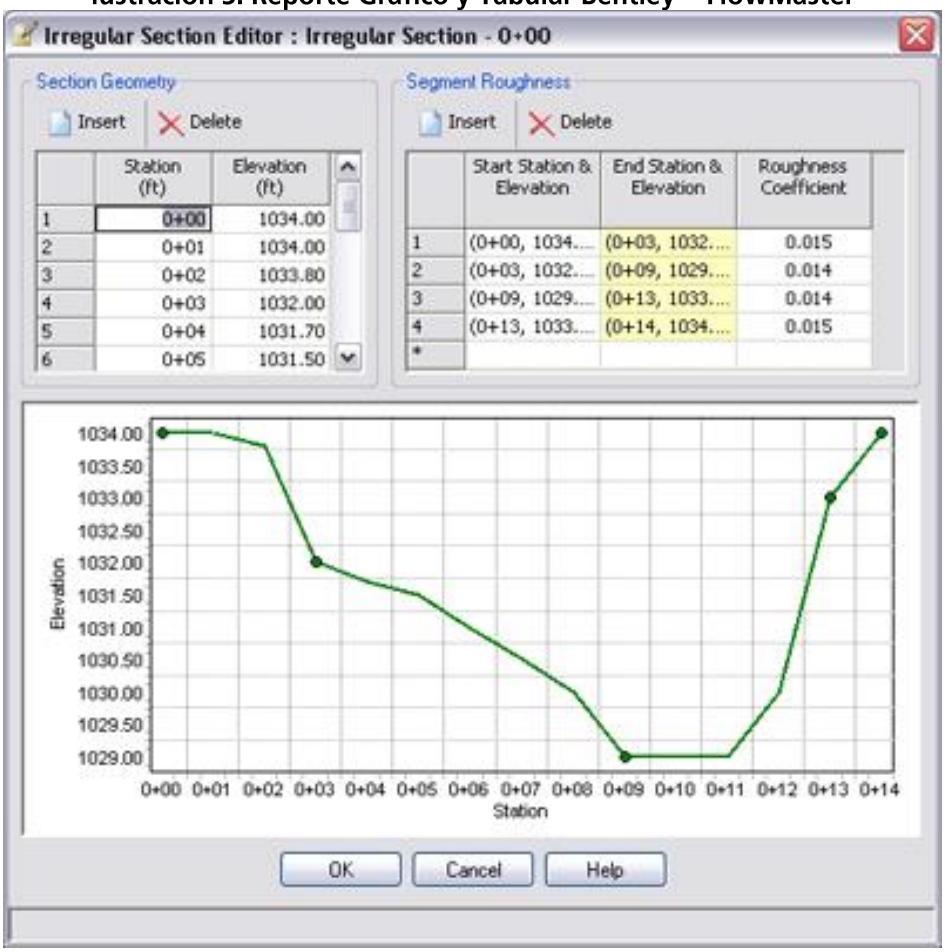
[1] Marbello, R.; Cárdenas, M. 2011. Precisión y corrección a la ecuación de diseño de cunetas triangulares urbanas de aguas lluvias, establecida en normas de diseño colombianas. XIX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología.

El software empleado para la modelación hidráulica de las cunetas y de los sumideros fue le programa Bentley FlowMaster; programa muy potente e ideal para este tipo de cálculos. FlowMaster es un paquete computacional de la empresa Bentley Systems, Incorporated; sirve para realizar rápidamente cálculos hidráulicos para docenas de tipos de elementos, desde tuberías, canales abiertos y hasta para sumideros y presas.

*Hidráulica de elementos – Bentley FlowMaster*

Diseño y análisis de canales, diques, y tuberías a superficie libre de cualquier forma incluyendo box, circular, elíptica, parabólica y canales irregulares.
Bajo flujo uniforme encuentra el caudal, la profundidad normal, las dimensiones del canal, la pendiente, o la rugosidad, y compara los resultados utilizando diferentes métodos de fricción.
Lleva a cabo cálculos de flujo gradualmente variado de cualquier elemento a superficie libre, generar vistas de perfil de los resultados obtenidos, y también permite ver los cálculos en forma de tabla.

**lustración 5. Reporte Gráfico y Tabular Bentley - FlowMaster**

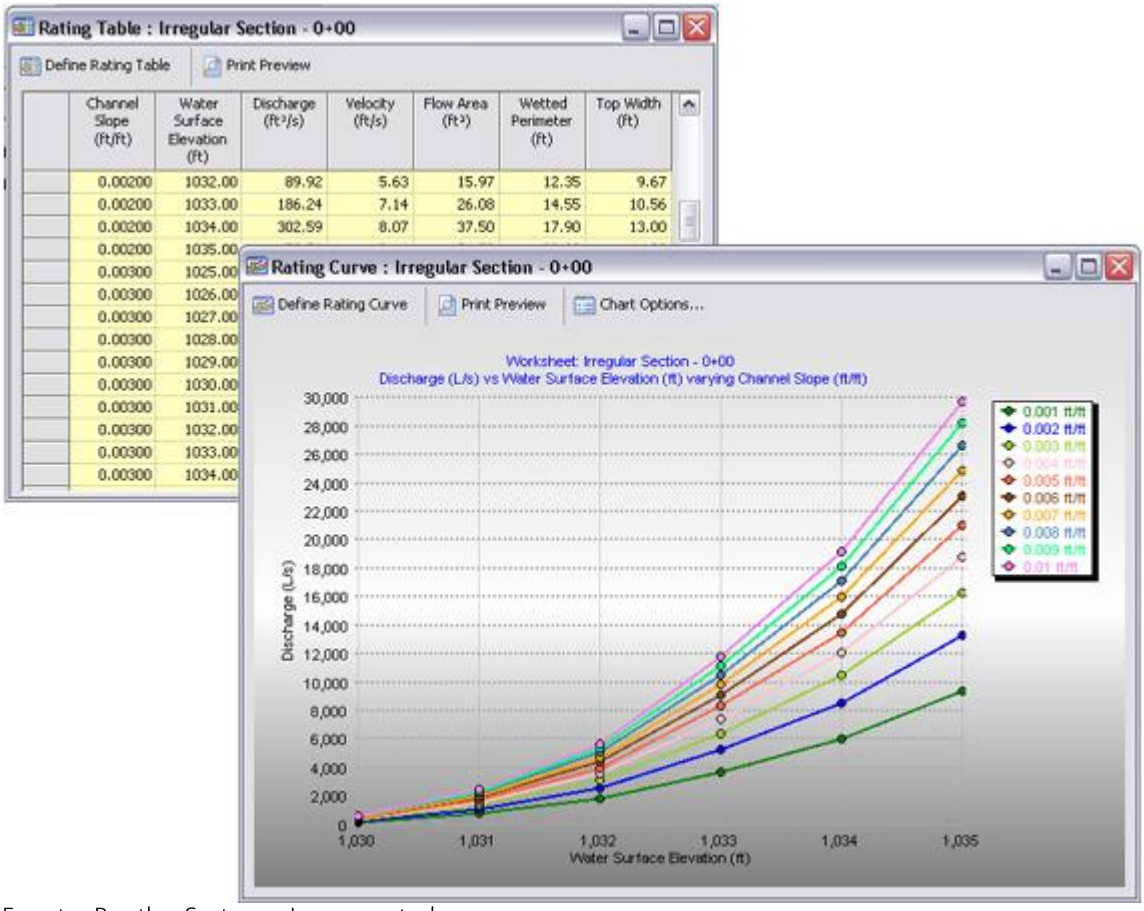



Fuente: Bentley Systems, Incorporated.

*Gráfica e informes – Bentley FlowMaster*

Utilizando las capacidades de elaboración de informes de FlowMaster, se puede crear rápidamente informes de resumen o un registro completo de su análisis y diseño.
Tiene la facilidad de generar informes tabulares personalizados, gráficos, diagramas de corte transversal, curvas de rendimiento, y las tablas de calificación para apoyar la toma de decisiones más inteligentes.

**lustración 6. Informes Gráficos y Tabulares Personalizados - FlowMaster**




Fuente: Bentley Systems, Incorporated.

## Resultados de la modelación – Sumideros

Con base a los caudales de diseño determinados para las áreas (zona residencial y ancho de la vía) de drenaje y de los parámetros de la resolución RAS R330/17, se llevó a cabo el cálculo hidráulico de los sumideros, teniendo en cuenta la configuración de las pendientes de las vías de influencia del proyecto.

Para este proyecto se modela inicialmente un sumidero lateral con rejilla de 0.9 m de largo por 0.46 m de ancho, correspondiente a los sumideros existentes SLe1-SLe2 y SLe3-SLe4 acorde al caudal establecido para el área de drenaje correspondiente; una vez identificado el porcentaje de eficiencia de los sumideros SLe1-SLe2 y para garantizar la adecuada evacuación de las aguas pluviales, se carga el caudal de excedencia a los sumideros existentes SLe3-SLe4, teniendo en cuenta las áreas de drenaje proyectadas y la poca capacidad hidráulica de los sumideros existentes, se procede a generar la proyección de los siguientes sumideros hasta tanto se alcance una eficiencia de por lo menos el 60% para dar solución a la problemática presente en la zona.

En la siguiente tabla, se da a conocer los resultados de la modelación hidráulica para el tramo vial.

**Tabla 5. Eficiencia de sumideros con respecto al caudal interceptado**

| Sumidero | ÁREA (ha) | Caudal Q (l/s) | Caudal Q (l/s) por sumidero | % Eficiencia | Caudal de excedencia (l/s) | Nuevo caudal a interceptar (l/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SLe1-SLe2 | 2.00 | 205.29 | 102.64 | 51.40 | 49.89 | - |
| SLe3-SLe4 | 0.42 | 43.11 | 21.56 | 57.03 | 9.26 | 71.44 |
| SX1 | 0.60 | 61.59 | 61.59 | 94.89 | 3.15 | 70.85 |
| SL2-SL3 | 0.38 | 39.00 | 19.50 | 78.02 | 4.29 | 22.65 |
| SL4-SL5 | 0.37 | 37.98 | 18.99 | 77.59 | 4.26 | 23.28 |
| SL6-SL7 | 0.53 | 54.40 | 27.20 | 70.60 | 8.00 | 31.46 |
| SL8-SL9 | 0.65 | 66.72 | 33.36 | 66.21 | 11.27 | 41.36 |
| SL10-SL11 | 0.74 | 75.96 | 37.98 | 63.42 | 13.89 | 49.25 |

Fuente: El Estudio.

## Cálculo sumideros

**Tabla 6. Hidráulica sumidero lateral.**

| Worksheet for SLe1-SLe2 0,46*0,90 | | |
|---|---|---|
| **Project Description** | | |
| Solve For | Efficiency | |
| **Input Data** | | |
| Discharge | 102,64 | L/s |
| Slope | 17,00 | % |
| Gutter Width | 7,00 | m |
| Gutter Cross Slope | 2,00 | % |
| Road Cross Slope | 2,00 | % |
| Roughness Coefficient | 0,014 | |
| Grate Width | 0,46 | m |
| Grate Length | 0,90 | m |
| Grate Type | P-50 mm (P-1 -7/8") | |
| Clogging | 20,0 | % |
| **Options** | | |
| Grate Flow Option | Exclude None | |
| **Results** | | |
| Efficiency | 51,40 | % |
| Intercepted Flow | 52,76 | L/s |
| Bypass Flow | 49,88 | L/s |
| Spread | 1,99 | m |
| Depth | 0,04 | m |
| Flow Area | 0,040 | m² |
| Gutter Depression | 0,0 | cm |
| Total Depression | 0,0 | cm |
| Velocity | 2,59 | m/s |
| Splash Over Velocity | 2,70 | m/s |
| Frontal Flow Factor | 1,000 | |
| Side Flow Factor | 0,020 | |
| Grate Flow Ratio | 0,504 | |
| Active Grate Length | 0,72 | m |
| **Messages** | | |
| Messages | Grate Length should be within the defined range of HEC-22's Chart 5 (approx. 0.5-4.5 ft / 0.15-1.35 m). | |

# Worksheet for SLe3-SLe4 0,46*0,90

## Project Description

| | |
|---|---|
| Solve For | Efficiency |

## Input Data

| | | |
|---|---|---|
| Discharge | 71,44 | L/s |
| Slope | 17,00 | % |
| Gutter Width | 7,00 | m |
| Gutter Cross Slope | 2,00 | % |
| Road Cross Slope | 2,00 | % |
| Roughness Coefficient | 0,014 | |
| Grate Width | 0,46 | m |
| Grate Length | 0,90 | m |
| Grate Type | P-50 mm (P-1 -7/8") | |
| Clogging | 20,0 | % |

## Options

| | |
|---|---|
| Grate Flow Option | Exclude None |

## Results

| | | |
|---|---|---|
| Efficiency | 57,03 | % |
| Intercepted Flow | 40,74 | L/s |
| Bypass Flow | 30,70 | L/s |
| Spread | 1,74 | m |
| Depth | 0,03 | m |
| Flow Area | 0,030 | m² |
| Gutter Depression | 0,0 | cm |
| Total Depression | 0,0 | cm |
| Velocity | 2,36 | m/s |
| Splash Over Velocity | 2,70 | m/s |
| Frontal Flow Factor | 1,000 | |
| Side Flow Factor | 0,024 | |
| Grate Flow Ratio | 0,560 | |
| Active Grate Length | 0,72 | m |

## Messages

| | |
|---|---|
| Messages | Grate Length should be within the defined range of HEC-22's Chart 5 (approx. 0.5-4.5 ft / 0.15-1.35 m). |

# Worksheet for SX1- 6,6*0,6

| Project Description | |
|---|---|
| Solve For | Efficiency |

| Input Data | | |
|---|---|---|
| Discharge | 70,85 | L/s |
| Slope | 17,00 | % |
| Gutter Width | 7,00 | m |
| Gutter Cross Slope | 2,00 | % |
| Road Cross Slope | 2,00 | % |
| Roughness Coefficient | 0,014 | |
| Grate Width | 6,60 | m |
| Grate Length | 0,60 | m |
| Grate Type | P-50 mm (P-1 -7/8") | |
| Clogging | 20,0 | % |

| Options | |
|---|---|
| Grate Flow Option | Exclude None |

| Results | | |
|---|---|---|
| Efficiency | 94,89 | % |
| Intercepted Flow | 67,23 | L/s |
| Bypass Flow | 3,62 | L/s |
| Spread | 1,73 | m |
| Depth | 0,03 | m |
| Flow Area | 0,030 | m² |
| Gutter Depression | 0,0 | cm |
| Total Depression | 0,0 | cm |
| Velocity | 2,36 | m/s |
| Splash Over Velocity | 2,19 | m/s |
| Frontal Flow Factor | 0,949 | |
| Side Flow Factor | 0,009 | |
| Grate Flow Ratio | 1,000 | |
| Active Grate Length | 0,48 | m |

| Messages | |
|---|---|
| Messages | Grate Length should be within the defined range of HEC-22's Chart 5 (approx. 0.5-4.5 ft / 0.15-1.35 m). |

# Worksheet for SL2-SL3 0,5*1,5

| Project Description | |
|---|---|
| Solve For | Efficiency |

| Input Data | | |
|---|---|---|
| Discharge | 22,65 | L/s |
| Slope | 9,00 | % |
| Gutter Width | 7,00 | m |
| Gutter Cross Slope | 2,00 | % |
| Road Cross Slope | 2,00 | % |
| Roughness Coefficient | 0,014 | |
| Grate Width | 0,50 | m |
| Grate Length | 1,50 | m |
| Grate Type | P-50 mm (P-1 -7/8") | |
| Clogging | 20,0 | % |

| Options | |
|---|---|
| Grate Flow Option | Exclude None |

| Results | | |
|---|---|---|
| Efficiency | 78,02 | % |
| Intercepted Flow | 17,67 | L/s |
| Bypass Flow | 4,98 | L/s |
| Spread | 1,27 | m |
| Depth | 0,03 | m |
| Flow Area | 0,016 | m² |
| Gutter Depression | 0,0 | cm |
| Total Depression | 0,0 | cm |
| Velocity | 1,40 | m/s |
| Splash Over Velocity | 3,48 | m/s |
| Frontal Flow Factor | 1,000 | |
| Side Flow Factor | 0,167 | |
| Grate Flow Ratio | 0,736 | |
| Active Grate Length | 1,20 | m |

| Messages | |
|---|---|
| Messages | Grate Length should be within the defined range of HEC-22's Chart 5 (approx. 0.5-4.5 ft / 0.15-1.35 m). |

# Worksheet for SL4-SL5 0,5*1,5

| Project Description | |
|---|---|
| Solve For | Efficiency |

| Input Data | | |
|---|---|---|
| Discharge | 23,28 | L/s |
| Slope | 9,00 | % |
| Gutter Width | 7,00 | m |
| Gutter Cross Slope | 2,00 | % |
| Road Cross Slope | 2,00 | % |
| Roughness Coefficient | 0,014 | |
| Grate Width | 0,50 | m |
| Grate Length | 1,50 | m |
| Grate Type | P-50 mm (P-1 -7/8") | |
| Clogging | 20,0 | % |

| Options | |
|---|---|
| Grate Flow Option | Exclude None |

| Results | | |
|---|---|---|
| Efficiency | 77,59 | % |
| Intercepted Flow | 18,06 | L/s |
| Bypass Flow | 5,22 | L/s |
| Spread | 1,29 | m |
| Depth | 0,03 | m |
| Flow Area | 0,017 | m² |
| Gutter Depression | 0,0 | cm |
| Total Depression | 0,0 | cm |
| Velocity | 1,41 | m/s |
| Splash Over Velocity | 3,48 | m/s |
| Frontal Flow Factor | 1,000 | |
| Side Flow Factor | 0,166 | |
| Grate Flow Ratio | 0,731 | |
| Active Grate Length | 1,20 | m |

| Messages | |
|---|---|
| Messages | Grate Length should be within the defined range of HEC-22's Chart 5 (approx. 0.5-4.5 ft / 0.15-1.35 m). |

# Worksheet for SL6-SL7 0,5*1,5

| Project Description | |
|---|---|
| Solve For | Efficiency |

| Input Data | | |
|---|---|---|
| Discharge | 31,46 | L/s |
| Slope | 5,00 | % |
| Gutter Width | 7,00 | m |
| Gutter Cross Slope | 2,00 | % |
| Road Cross Slope | 2,00 | % |
| Roughness Coefficient | 0,014 | |
| Grate Width | 0,50 | m |
| Grate Length | 1,50 | m |
| Grate Type | P-50 mm (P-1 -7/8") | |
| Clogging | 20,0 | % |

| Options | |
|---|---|
| Grate Flow Option | Exclude None |

| Results | | |
|---|---|---|
| Efficiency | 70,60 | % |
| Intercepted Flow | 22,21 | L/s |
| Bypass Flow | 9,25 | L/s |
| Spread | 1,61 | m |
| Depth | 0,03 | m |
| Flow Area | 0,026 | m² |
| Gutter Depression | 0,0 | cm |
| Total Depression | 0,0 | cm |
| Velocity | 1,22 | m/s |
| Splash Over Velocity | 3,48 | m/s |
| Frontal Flow Factor | 1,000 | |
| Side Flow Factor | 0,205 | |
| Grate Flow Ratio | 0,630 | |
| Active Grate Length | 1,20 | m |

| Messages | |
|---|---|
| Messages | Grate Length should be within the defined range of HEC-22's Chart 5 (approx. 0.5-4.5 ft / 0.15-1.35 m). |

# Worksheet for SL8-SL9 0,5*1,5

| Project Description | |
|---|---|
| Solve For | Efficiency |

| Input Data | | |
|---|---|---|
| Discharge | 41,36 | L/s |
| Slope | 5,00 | % |
| Gutter Width | 7,00 | m |
| Gutter Cross Slope | 2,00 | % |
| Road Cross Slope | 2,00 | % |
| Roughness Coefficient | 0,014 | |
| Grate Width | 0,50 | m |
| Grate Length | 1,50 | m |
| Grate Type | P-50 mm (P-1 -7/8") | |
| Clogging | 20,0 | % |

| Options | |
|---|---|
| Grate Flow Option | Exclude None |

| Results | | |
|---|---|---|
| Efficiency | 66,21 | % |
| Intercepted Flow | 27,38 | L/s |
| Bypass Flow | 13,98 | L/s |
| Spread | 1,78 | m |
| Depth | 0,04 | m |
| Flow Area | 0,032 | m² |
| Gutter Depression | 0,0 | cm |
| Total Depression | 0,0 | cm |
| Velocity | 1,30 | m/s |
| Splash Over Velocity | 3,48 | m/s |
| Frontal Flow Factor | 1,000 | |
| Side Flow Factor | 0,186 | |
| Grate Flow Ratio | 0,585 | |
| Active Grate Length | 1,20 | m |

| Messages | |
|---|---|
| Messages | Grate Length should be within the defined range of HEC-22's Chart 5 (approx. 0.5-4.5 ft / 0.15-1.35 m). |

## Worksheet for SL10-SL11 0,5*1,5

| Project Description | |
|---|---|
| Solve For | Efficiency |

| Input Data | | |
|---|---|---|
| Discharge | 49,25 | L/s |
| Slope | 5,00 | % |
| Gutter Width | 7,00 | m |
| Gutter Cross Slope | 2,00 | % |
| Road Cross Slope | 2,00 | % |
| Roughness Coefficient | 0,014 | |
| Grate Width | 0,50 | m |
| Grate Length | 1,50 | m |
| Grate Type | P-50 mm (P-1 -7/8") | |
| Clogging | 20,0 | % |

| Options | |
|---|---|
| Grate Flow Option | Exclude None |

| Results | | |
|---|---|---|
| Efficiency | 63,42 | % |
| Intercepted Flow | 31,23 | L/s |
| Bypass Flow | 18,02 | L/s |
| Spread | 1,90 | m |
| Depth | 0,04 | m |
| Flow Area | 0,036 | m² |
| Gutter Depression | 0,0 | cm |
| Total Depression | 0,0 | cm |
| Velocity | 1,36 | m/s |
| Splash Over Velocity | 3,48 | m/s |
| Frontal Flow Factor | 1,000 | |
| Side Flow Factor | 0,174 | |
| Grate Flow Ratio | 0,557 | |
| Active Grate Length | 1,20 | m |

| Messages | |
|---|---|
| Messages | Grate Length should be within the defined range of HEC-22's Chart 5 (approx. 0.5-4.5 ft / 0.15-1.35 m). |

Fuente: El Estudio

Con base en las anteriores modelaciones y las características topográficas de la zona, se recomienda la ubicación de sumideros anteriormente expuestas, ya que estos presentan una capacidad de interceptación de caudal admisible para el tramo vial en estudio.

### 1.4.2 Características de los sumideros

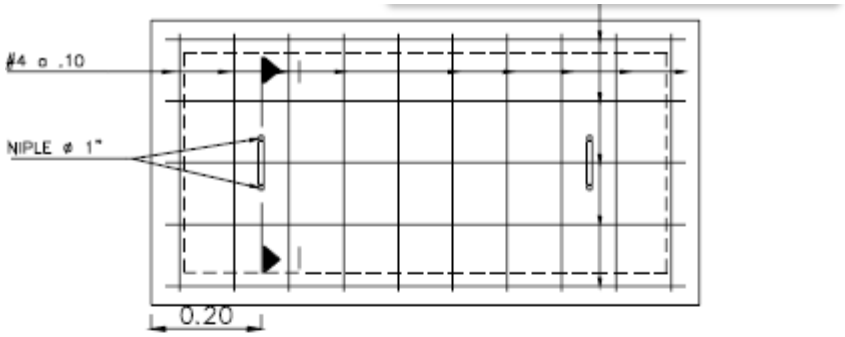
De acuerdo con la norma de acueducto de Bogotá se recomienda que el material de la tapa sea de concreto de 21 MPa impermeabilizado íntegramente. El acero de refuerzo debe tener diámetro igual 3/8". Un recubrimiento mínimo de 0.03 m

Los rellenos alrededor de la estructura se harán con material de recebo.

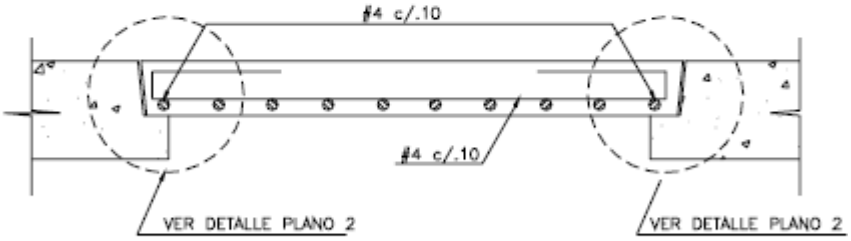
Los sumideros serán construidos en concreto de 21 Mpa a los 28 dias tamaño máximo agregado 19 mm para los elementos reforzados y concreto 21 Mpa para los tamaños máximo agregado 38 mm para los elementos sin refuerzo. La nomenclatura del refuerzo se identifica por el diametro de la varilla.

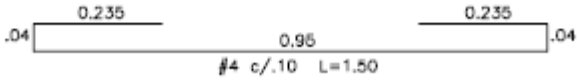
El recubrimiento de acero será igual a 5 cm para la armadura principal u 3 cm para los flejes.

Es importante resaltar que los detalles de los sumideros se presentan en el anexo planos.




PLANTA DE LA TAPA
REFUERZO




CORTE A – A
REFUERZO

**YULY PAULIN ACEVEDO MORENO**
**ESPECIALISTA HIDRAULICA**
**TP: 25238212015 CND**

# ANEXOS

Memorias de cálculo.
Modelación hidráulica.
Planos Hidráulico.
Bitácora de obra.
Oficio Respuesta Veolia.