

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL  
ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL



Trabajo de disertación previo a la obtención del Título de  
Ingeniero Civil

**Tema:** “Evaluación del estándar de diseño de rejillas para  
sumideros viales de aguas lluvias en la ciudad de Quito”

**AUTOR:**

Coral Cisneros Mateo Alberto

**DIRECTOR:**

Ing. Pablo Daza Donoso

Quito, mayo de 2022

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Verónica y Carlos, por ser mi soporte, mi guía incondicional y por haberme inculcado los valores que me han convertido en la persona y profesional que soy ahora.

A mi hermana Ivanna por ser mi mejor amiga, mi razón de seguir adelante y por enseñarme a ser mejor cada día.

A mi abuela Nancy, a mi familia y a mis amigos por todo el cariño, el apoyo, la admiración y la fortaleza que me han permitido llegar hasta aquí.

A mi director Pablo Daza por haberme guiado en la realización de este trabajo, siempre con la mejor predisposición, actitud y conocimientos.

A mis lectores, a mis docentes y a todo el personal de la facultad de Ingeniería de la PUCE por haber formado parte de esta etapa tan importante de mi vida.

Al ingeniero Ernesto Fonseca y al personal del Departamento de Alcantarillado de la EPMAPS por la apertura y colaboración para la realización de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres, a mi hermana y a mi abuela.

## TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TABLA DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos .....	3
1.4. Metodología.....	4
1.5. Alcance.....	4
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1. Sistemas de drenaje urbano .....	5
2.1.1. Generalidades .....	5
2.1.2. Efectos del desarrollo urbano en el ciclo hidrológico.....	5
2.1.3. Sistemas de drenaje urbano convencionales.....	8
2.1.1. Sistemas de drenaje urbano sostenibles (SUDS) .....	11
2.2. Sumideros .....	12
2.2.1. Conceptos generales.....	12
2.2.2. Clasificación .....	13
2.2.3. Criterios y metodología de diseño.....	17
2.3. Sumideros de rejilla .....	32
2.3.1. Consideraciones hidráulicas y de diseño .....	32
2.3.2. Tipos de rejillas.....	33
2.3.3. Sumideros de rejilla sobre un tramo con pendiente .....	36

2.3.4.	Sumideros de rejilla en un punto bajo o depresión.....	39
2.3.5.	Sumideros ranurados de captación lineal .....	40
2.3.6.	Ejemplo de aplicación .....	41
CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE DISEÑO DE REJILLAS DE SUMIDEROS .....		50
3.1.	Resumen metodológico .....	50
3.2.	Descripción de estándares nacionales y locales .....	50
3.2.1.	INEN.....	50
3.2.2.	EMAAP-Q (EPMAPS).....	52
3.3.	Descripción de estándares internacionales.....	56
3.3.1.	EPM.....	56
3.3.2.	AASHTO.....	58
3.3.3.	ASCE.....	59
3.3.4.	FHWA.....	60
3.3.5.	UDFCD.....	61
3.4.	Comparativa de estándares locales e internacionales .....	62
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL DMQ.....		63
4.1.	Generalidades .....	63
4.2.	Precipitaciones .....	64
4.3.	Inundaciones .....	65
4.4.	Estado de rejillas de sumideros en la ciudad .....	67
CAPÍTULO V: DIAGNÓSTICO DE LAS REJILLAS DE SUMIDEROS EN EL BARRIO BATÁN BAJO .....		70
5.1.	Caracterización del área de estudio.....	70
5.1.1.	Generalidades .....	70
5.1.2.	Descripción del sistema vial y del sistema de drenaje pluvial .....	71
5.1.3.	Susceptibilidad a inundaciones.....	74
5.2.	Inspección y diagnóstico de las rejillas de sumideros en sitio .....	74
5.2.1.	Metodología utilizada.....	74
5.2.2.	Resultado de la inspección y diagnóstico .....	78
5.3.	Plan de acción y presupuesto referencial .....	96
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES & RECOMENDACIONES .....		100
6.1.	Conclusiones.....	100
6.2.	Recomendaciones.....	102
BIBLIOGRAFÍA.....		104

ANEXOS.....	107
Anexo 1: Eficiencia de interceptación de flujo frontal y velocidad de salpicadura de sumideros de rejilla. Fuente: FHWA (2013).....	107
Anexo 2: Capacidad de sumideros de rejilla en puntos bajos o depresiones. Fuente: FHWA (2013) .....	108
Anexo 3: Mapa de barrios susceptibles a inundaciones en el DMQ. Fuente: SSGDMQ (2015).....	109
Anexo 4: Plan de Uso y Ocupación del Suelo (PUOS) del DMQ. Fuente: SSGDMQ (2015).....	110
Anexo 5: Delimitación y extensión del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022) .....	111
Anexo 6: Zonificación del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022) .....	112
Anexo 7: Sistema vial de la Zona 1 del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022) .....	113
Anexo 8: Sistema vial de la Zona 2 del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022) .....	114
Anexo 9: Sistema vial de la Zona 3 del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022) .....	115
Anexo 10: Sistema vial de la Zona 4 del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022).....	116
Anexo 11: Sistema vial de la Zona 5 del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022).....	117
Anexo 12: Transcripción de la entrevista realizada al Ing. Ernesto Fonseca, EPMAPS (05/04/2022).....	118
Anexo 13: Ejemplo del formulario de registro de sumideros en el Barrio Batán Bajo. Fuente: Elaboración propia .....	120
Anexo 14: Matriz del plan de acción para mejorar la red de sumideros del barrio Batán Bajo. Fuente: Elaboración propia .....	124

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Fórmula racional. Fuente: FHWA (2013).....	22
<b>Ecuación 2.</b> Coeficiente de escorrentía ponderado. Fuente: Rodríguez (2013) .....	24
<b>Ecuación 3.</b> Flujo en cuneta de sección uniforme en función del calado. Fuente: Fair et. al (2011) .....	27
<b>Ecuación 4.</b> Flujo en cuneta de sección uniforme en función del spread. Fuente: Fair et. al (2011) .....	27
<b>Ecuación 5.</b> Flujo en cuneta de sección compuesta. Fuente: Rodríguez (2013) .....	28
<b>Ecuación 6:</b> Flujo frontal. Fuente: Rodríguez (2013).....	28
<b>Ecuación 7:</b> Flujo lateral. Fuente: Rodríguez (2013).....	28
<b>Ecuación 8.</b> Capacidad hidráulica admisible de calle. Fuente: Rodríguez (2013) .....	29
<b>Ecuación 9.</b> Ecuación general para el factor de obstrucción para sumideros de unidades múltiples. Fuente: UDFCD (2016).....	31
<b>Ecuación 10.</b> Ecuación simplificada para el factor de obstrucción para sumideros de unidades múltiples. Fuente: UDFCD (2016).....	31
<b>Ecuación 11.</b> Relación del flujo frontal y el flujo total en cuneta para una pendiente transversal compuesta. Fuente: Rodríguez (2013) .....	36
<b>Ecuación 12.</b> Relación del flujo frontal y el flujo total en cuneta para una pendiente transversal uniforme. Fuente: FHWA (2013).....	37
<b>Ecuación 13.</b> Porcentaje de intercepción de flujo frontal cuando $V > V_o$ . Fuente: Fair et. al (2011) .....	37
<b>Ecuación 14.</b> Fórmula empírica para la velocidad de salpicadura. Fuente: Rodríguez (2013) .....	37
<b>Ecuación 15.</b> Longitud efectiva no obstruida de sumidero en pendiente. Fuente UDFCD (2016).....	37
<b>Ecuación 16.</b> Porcentaje de intercepción de flujo lateral. Fuente: Fair et. al (2011) .....	38
<b>Ecuación 17.</b> Eficiencia de un sumidero de rejilla en pendiente. Fuente: FHWA (2013) ..	38
<b>Ecuación 18.</b> Flujo total interceptado por un sumidero de rejilla en pendiente. Fuente: Fair et. al (2011) .....	38

<b>Ecuación 19.</b> Flujo de arrastre no interceptado por el sumidero de rejilla en pendiente. Fuente: FHWA (2013).....	39
<b>Ecuación 20.</b> Flujo interceptado por una rejilla trabajando como vertedero. Fuente: FHWA (2013).....	39
<b>Ecuación 21.</b> Perímetro efectivo de rejilla con bordillo adyacente. Fuente: Rodríguez (2013).....	39
<b>Ecuación 22.</b> Perímetro efectivo de rejilla sin bordillo adyacente. Fuente: Rodríguez (2013).....	39
<b>Ecuación 23.</b> Flujo interceptado por una rejilla trabajando como orificio. Fuente: FHWA (2013).....	39
<b>Ecuación 24.</b> Área efectiva libre de la rejilla. Fuente: Rodríguez (2013) .....	40
<b>Ecuación 25.</b> Capacidad de interceptación de un sumidero de rejilla en punto bajo. Fuente: Rodríguez (2013).....	40
<b>Ecuación 26.</b> Flujo interceptado por un sumidero ranurado trabajando como vertedero. Fuente: FHWA (2013).....	40
<b>Ecuación 27.</b> Flujo interceptado por una rejilla trabajando como orificio. Fuente: FHWA (2013).....	40
<b>Ecuación 28.</b> Capacidad de interceptación de sumidero de rejas transversales sin depresión. Fuente: EPMAPS (2009).....	54
<b>Ecuación 29.</b> Energía específica del escurrimiento sobre la reja. Fuente: EPMAPS (2009) .....	54
<b>Ecuación 30.</b> Capacidad de interceptación de sumidero de rejas transversales con depresión. Fuente: EPMAPS (2009).....	54
<b>Ecuación 31.</b> Capacidad de interceptación de sumidero en cuneta con depresión. Fuente: EPMAPS (2009) .....	55
<b>Ecuación 32.</b> Longitud mínima de sumideros de rejilla. Fuente: EPM (2013).....	56
<b>Ecuación 33.</b> Longitud de rejilla de sumideros transversales. Fuente: EPM (2013) .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema del efecto urbanístico sobre le escorrentía. ....	6
<b>Figura 2.</b> Efecto de la urbanización en las proporciones de lluvia. ....	6
<b>Figura 3.</b> Cambios típicos en la escorrentía producto de la impermeabilización de superficies. ....	7
<b>Figura 4.</b> Efecto de la urbanización en el caudal pico de escorrentía. ....	7
<b>Figura 5.</b> Funcionamiento de la interfaz al exceder la capacidad del sistema.....	9
<b>Figura 6.</b> Funcionamiento de los sistemas principal y secundario durante eventos extremos.....	10
<b>Figura 7.</b> Tipos de SUDS. ....	11
<b>Figura 8.</b> Estructura de un sumidero de rejilla puntual con sello hidráulico.....	12
<b>Figura 9.</b> Sumidero (izquierda) y canal de desagüe (derecha) .....	13
<b>Figura 10.</b> Sumidero de rejilla sin depresión. ....	14
<b>Figura 11.</b> Sumidero lateral con depresión.....	14
<b>Figura 12.</b> Sumidero combinado con depresión. ....	15
<b>Figura 13.</b> Sumidero ranurado. ....	15
<b>Figura 14.</b> Canal interceptor.....	16
<b>Figura 15.</b> Resumen de clasificación de sumideros.....	16
<b>Figura 16.</b> Ejemplo de disposición mínima de sumideros en vías urbanas.....	19
<b>Figura 17.</b> Curvas IDF para distintos períodos de retorno de la estación Iñaquito. ....	26
<b>Figura 18.</b> Sección transversal de cuneta uniforme y compuesta.....	27
<b>Figura 19.</b> Geometría de cuneta de sección compuesta. ....	29
<b>Figura 20.</b> Factor de reducción para flujo en cuneta en función de la pendiente. ....	29
<b>Figura 21.</b> Obstrucción de un sumidero de rejilla. ....	30
<b>Figura 22.</b> Sumidero combinado de dos unidades .....	30
<b>Figura 23.</b> Disposiciones recomendadas de rejillas en la calle. ....	32
<b>Figura 24.</b> Perfil longitudinal del ejemplo de aplicación. ....	41

<b>Figura 25.</b> Sección transversal ejemplo de aplicación. ....	42
<b>Figura 26.</b> Esquema final del diseño de sumideros de rejilla realizado para el ejercicio de aplicación.....	49
<b>Figura 27.</b> Lugar de instalación de tapas y rejillas en una sección transversal típica de vía.....	52
<b>Figura 28.</b> Detalles de sumidero transversal de EPMAPS.....	53
<b>Figura 29.</b> Detalles de sumidero de calzada de EPMAPS .....	55
<b>Figura 30.</b> Sumidero de rejilla visto en planta y en sección según EPM (2017).....	58
<b>Figura 31.</b> Administraciones zonales del DMQ.....	63
<b>Figura 32.</b> Inundaciones en administraciones zonales del DMQ 2005-2014 según SSGDMQ (2015) .....	66
<b>Figura 33.</b> Barrios de la parroquia Ñaquito .....	70
<b>Figura 34.</b> Ubicación del Barrio Batán Bajo en la ciudad de Quito.....	71
<b>Figura 35.</b> Zonificación del Barrio Batán Bajo.....	75
<b>Figura 36.</b> Tipos de rejilla más comunes del catálogo de la empresa Fundireciclar S.A..	76
<b>Figura 37.</b> Ubicación de sumideros del Barrio Batán Bajo.....	77
<b>Figura 38.</b> Número de sumideros por calle del Barrio Batán Bajo .....	78
<b>Figura 39.</b> Lugar de instalación de sumideros .....	79
<b>Figura 40.</b> Tipos de rejillas de sumideros encontradas en el barrio Batán Bajo.....	81
<b>Figura 41.</b> Diagnóstico de la red de sumideros del barrio Batán Bajo .....	93
<b>Figura 42.</b> Propuesta de medidas correctivas para mejorar la red de sumideros del barrio Batán Bajo .....	95

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1.</b> Precipitación intensa en el DMQ.....	64
<b>Fotografía 2.</b> Sumideros de cuneta con rejillas “estándar” .....	67
<b>Fotografía 3.</b> Sumideros con rejillas sustraídas y cajas tapadas con basura .....	68
<b>Fotografía 4.</b> Sumideros longitudinales paralelos y transversales con rejilla obstruida por basura .....	69
<b>Fotografía 5.</b> Bajantes de cubierta hacia la vía .....	73
<b>Fotografía 6.</b> Rejilla utilizada en el boulevard de la Av. Naciones Unidas .....	79
<b>Fotografía 7.</b> Sumidero longitudinal de 5 rejillas tipo 2, paralelo al bordillo .....	80
<b>Fotografía 8.</b> Otras rejillas encontradas en el Barrio Batán Bajo.....	81
<b>Fotografía 9.</b> Sumideros de rejilla con caja totalmente obstruida.....	82
<b>Fotografía 10.</b> Sumideros obstruidos parcialmente con basura y materia vegetal.....	83
<b>Fotografía 11.</b> Pérdida de capacidad de interceptación por obstrucción de la caja del sumidero.....	83
<b>Fotografía 12.</b> Sumideros con rejilla obstruida por basura y material vegetal.....	84
<b>Fotografía 13.</b> Reducción de capacidad de interceptación de sumidero en pendiente por obstrucción de rejilla .....	85
<b>Fotografía 14.</b> Reducción de la capacidad de interceptación de sumidero en punto bajo por rejilla obstruida .....	85
<b>Fotografía 15.</b> Rejillas oxidadas, deformadas, rotas y deterioradas .....	86
<b>Fotografía 16.</b> Sumideros con rejillas sustraídas .....	87
<b>Fotografía 17.</b> Acumulación de agua en superficie por sumidero obstruido sin rejilla.....	87
<b>Fotografía 18.</b> Sumideros sin rejilla en la Av. 6 de Diciembre .....	88
<b>Fotografía 19.</b> Sumideros con perímetro deteriorado.....	89
<b>Fotografía 20.</b> Reducción de la capacidad de interceptación de sumidero en pendiente por perímetro deteriorado .....	90
<b>Fotografía 21.</b> Reducción de la capacidad de interceptación de sumidero en punto bajo por presencia de maleza en el perímetro .....	90

<b>Fotografía 22.</b> Rejillas de sumideros con sobre depresión.....	91
<b>Fotografía 23.</b> Bajantes de predios privados con descarga hacia la calle .....	92
<b>Fotografía 24.</b> Rejilla más grande que la caja del sumidero.....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Períodos de retorno para distintas ocupaciones del área de la obra.....	20
<b>Tabla 2.</b> Períodos de retorno de diseño y ancho de esparcimiento mínimos recomendados para el diseño de drenaje en vías.....	21
<b>Tabla 3.</b> Criterios de encharcamiento e inundación permitidos para la tormenta menor. .	21
<b>Tabla 4.</b> Coeficientes de escorrentía típicos. ....	23
<b>Tabla 5.</b> Factores de mayoración para coeficiente de escorrentía en eventos mayores. .	24
<b>Tabla 6.</b> Ecuaciones IDF para estaciones pluviográficas de Quito.....	25
<b>Tabla 7.</b> Coeficientes de rugosidad de Manning. ....	27
<b>Tabla 8.</b> Coeficiente de obstrucción K para sumideros individuales y de unidades múltiples. ....	31
<b>Tabla 9.</b> Clasificación de rejillas de la FHWA.....	33
<b>Tabla 10.</b> Rejillas fabricadas según INEN 2492.....	35
<b>Tabla 11.</b> Parámetros para calcular la velocidad de salpicadura sobre distintos tipos de rejillas FHWA. ....	38
<b>Tabla 12.</b> Datos obtenidos para el ejemplo de aplicación. ....	42
<b>Tabla 13.</b> Velocidades de salpicadura para la longitud efectiva del ejemplo de aplicación. ....	45
<b>Tabla 14.</b> Características de la rejilla seleccionada para sumideros en pendiente.....	45
<b>Tabla 15.</b> Características de la rejilla seleccionada para sumideros en punto bajo.....	47
<b>Tabla 16.</b> Resumen de resultados del diseño de sumideros de rejilla.....	49
<b>Tabla 17.</b> Clasificación de tapas y rejillas para sistemas de alcantarillado según INEN 2496. ....	51
<b>Tabla 18.</b> Coeficientes de reducción de capacidad de eficiencia de sumideros según EPMAPS (2009) ....	53
<b>Tabla 19.</b> Dimensiones estándar de sumideros Tipo A y Tipo B según EPM (2017) .....	57
<b>Tabla 20.</b> Matriz de comparación normativa .....	62
<b>Tabla 21.</b> Clasificación del sistema vial del Barrio Batán Bajo .....	72
<b>Tabla 22.</b> Plazos de ejecución de las medidas correctivas propuestas.....	96

<b>Tabla 23.</b> Recursos necesarios para las medidas correctivas de sumideros de rejilla .....	97
<b>Tabla 24.</b> Costos unitarios referenciales de las medidas correctivas planteadas.....	98
<b>Tabla 25.</b> Fragmento de la matriz del plan de acción para mejorar la red de sumideros del barrio Batán Bajo .....	98
<b>Tabla 26.</b> Presupuesto referencial para ejecutar el plan de acción para mejorar la red de sumideros del barrio Batán Bajo .....	99

## **RESUMEN**

El presente trabajo presenta un acercamiento teórico, normativo y práctico de los sumideros de rejilla localizados dentro del Distrito Metropolitano de Quito. Se presentan brevemente los sistemas de drenaje urbano haciendo énfasis en los sumideros de rejilla, describiendo sus características, consideraciones hidráulicas y proceso de diseño a través de bibliografía técnica y un ejemplo de aplicación básico. Se analizan distintas normativas nacionales e internacionales que respectan a sumideros de rejilla para realizar una comparación entre ellas y poder contrastar sus diferencias. Posteriormente, se describe el estado de la ciudad y clima de Quito, así como su susceptibilidad a eventos de inundación y se realiza un acercamiento al estado de los sumideros en el Distrito Metropolitano de Quito para identificar sus principales problemas. Finalmente, como componente práctico, se presenta un diagnóstico del estado de los sumideros en el barrio Batán Bajo y aplicando los conceptos presentados previamente, se propone un plan de acción que permita mejorar el estado de la red de sumideros en lugar de estudio.

## **ABSTRACT**

This paper presents a theoretical, standard, and practical approach to grate inlets located in Quito's Metropolitan District (DMQ). It presents a brief description of urban drainage systems making emphasis in grate inlets by describing their properties, hydraulic performance considerations and design process using technical bibliography and a basic practical example. Different national and international standards are analyzed, described, and compared to determine their differences. Then, it presents a description of the city of Quito, it's weather, it's susceptibility to flooding and an assessment of the city's grate inlets and their main problems. Finally, as a practical component, it presents a diagnosis of the current condition of grate inlets located inside the neighborhood "Batán Bajo" and an action plan is proposed to improve the grate inlet system in the neighborhood.

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes

En la ciudad de Quito, el estándar vigente para el diseño de sistemas de drenaje urbano son las “Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q” del 2009. Esta normativa busca definir los requisitos técnicos obligatorios que deben cumplir los estudios y diseños de los distintos componentes que conforman los sistemas de alcantarillado, entre ellos los sumideros; en ella se indican los procedimientos generales de diseño para proyectos de alcantarillado sanitario, pluvial y combinado (EPMAPS, 2009). Además, dicha normativa hace referencia y se acoge a los estándares de fabricación, calidad de materiales, metodologías de construcción y otros procesos del Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) por lo que la norma que establece dimensiones, tolerancias y requisitos para las rejillas de sumideros es la NTE INEN 2496 (INEN, 2009).

Como se puede apreciar, los estándares vigentes para diseño de rejillas de sumideros en Quito fueron concebidos hace más de 12 años, tiempo en el cual se han podido evidenciar variaciones en las condiciones climáticas locales, incluyendo las precipitaciones en la ciudad (Villacís & Marrero, 2017). Hasta el momento no han existido publicaciones a nivel académico ni investigativo dirigidos hacia una actualización de dichos estándares, sin embargo, existen menciones acerca de la importancia del sistema de sumideros y rejillas utilizadas en Quito, como en los “Estudios de la Actualización del Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado para el DMQ” del 2011 que plantean la necesidad que existe de evaluar las condiciones geométricas y de diseño del modelo de sumidero en Quito (Hazen and Sawyer, 2011). Dicho estudio considera que el modelo actual de sumideros no es el más apropiado ni eficiente para los caudales generados por la lluvia ni para la topografía de la ciudad, recomendando “realizar un estudio específico sobre la eficiencia de sumideros a través de una modelación tanto física como matemática” para poder establecer los criterios de diseño y la geometría apropiada para los sumideros (Hazen and Sawyer, 2011).

## 1.2. Justificación

En los últimos años, el cambio climático ha producido variaciones significativas en los fenómenos hidrometeorológicos alrededor del mundo, incluyendo las lluvias. Esto es evidente en la ciudad de Quito. Por ejemplo, una investigación realizada por Diario La Hora (2021) indica que entre junio y agosto de 2021 en Quito, meses habituales de época seca, hubo lluvias torrenciales y temperaturas entre 6°C y 10°C, según el meteorólogo Davy Carrión del INAMHI, quien además explicó que, de acuerdo con los análisis periódicos, se registraron lluvias en Quito que superaron el promedio normal y el superávit de precipitación llegó a los 200 milímetros de lluvia cuando hace 10 años, la media normal era de 70 mm por año.

Así mismo, un estudio de las lluvias extremas en la ciudad de Quito, realizado por Villacís y Marrero (2017) señala que: “[...] la red de drenaje urbana no está diseñada para eventos superiores al 10% de probabilidad, en cuyo caso, la eficiencia del sistema queda limitada ante la ocurrencia de eventos extremos de precipitación [...]”. Finalmente, existen varios reportes de inundaciones en la ciudad debido a la ineficiencia, falta de aseo y/o robo de las rejillas de sumideros como lo sugieren varios diarios nacionales (El Universo, 2021) (El Comercio, 2021).

Estos reportes indican que la situación climática actual es distinta a la que se vivía hace 10 o 15 años y que la ocurrencia de precipitaciones excesivas se ha vuelto más frecuente en los últimos años (La Hora, 2021). Si a este fenómeno se le suma el crecimiento de la ciudad y su consecuente impermeabilización con superficies pavimentadas y edificadas, el resultado es un aumento en la demanda del sistema de drenaje urbano en Quito, cuyos estándares más actuales datan del año 2009 (EMAAP-Q, 2009).

Los sumideros y sus rejillas son elementos del sistema urbano de drenaje de aguas lluvias cuya función es captar el caudal de escurrimiento, lo que los convierte en la interfaz entre el sistema de escurrimiento superficial y el sistema de alcantarillado. Por este motivo, es necesario que estos elementos tengan la suficiente conductividad hidráulica para captar todo el caudal superficial y así evitar inundaciones, siendo de vital importancia para la efectividad de un sistema de drenaje urbano (Butler et al., 2018). Sin rejillas y sumideros que capten adecuadamente el caudal de escurrimiento, el sistema de alcantarillado de la ciudad, por gran capacidad que presente, no será efectivo.

Además, los estándares vigentes para la fabricación de rejillas de sumideros como, por ejemplo, NTE INEN 2 496 y AASHTO 306-10, se encuentran más enfocados en la parte estructural y mecánica de las rejillas de sumideros, más no en las dimensiones de barrotes, espaciamiento u otros criterios relacionados con la capacidad hidráulica de estos elementos, la cual se trata de una manera general.

La importancia de este trabajo se encuentra en realizar una evaluación que permita generar un acercamiento hacia la actualización de los estándares locales de diseño de elementos del sistema de drenaje urbano, específicamente rejillas de sumideros. Esto con el fin de que en un futuro cercano los estándares de diseño para todos los componentes de la red de drenaje urbano se renueven bajo un enfoque de resiliencia y sostenibilidad que considere tanto las condiciones climáticas actuales y futuras, así como las necesidades y estilos de vida de la población moderna. Además, se considera importante y útil complementar la evaluación normativa con un diagnóstico del estado de las rejillas de los sumideros en un barrio altamente susceptible a inundaciones debido de sus condiciones topográficas (SSGDMQ, 2015).

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar los estándares de diseño de rejillas de sumideros viales para aguas lluvias utilizados en el Distrito Metropolitano de Quito a través de una comparación con otros estándares y realizar un diagnóstico del estado de las rejillas de sumideros en el Barrio Batán Bajo para saber si cumplen con los estándares de diseño y generar un plan de acción que ayude a reducir las afectaciones por inundación en épocas de lluvia.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Resumir los conceptos y aspectos teóricos más relevantes relacionados con los sistemas de drenaje urbano con un enfoque particular en sumideros y rejillas e identificar los principales problemas que sufren las rejillas y sumideros en la ciudad de Quito.
- Describir los aspectos más importantes relacionados con el diseño de rejillas y sumideros, con base en los estándares de: Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito (EPMAPS), Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), Empresas Públicas de Medellín (EPM), *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, *American Society of Civil Engineers (ASCE)*, *Federal Highway Administration (FHWA)*, *Urban Drainage and Flood Control District (UDFCD)* para comparar los criterios de diseño de redes de sumideros y los modelos de rejillas de sumideros de Quito con modelos utilizados en otros países.
- Realizar un diagnóstico integral de los sumideros existentes en el barrio Batán Bajo para determinar si cumplen con la normativa y comprobar el estado en el que se encuentran.

- Generar un plan de acción que permita mejorar el sistema de drenaje del barrio de estudio.

#### **1.4. Metodología**

Para realizar la presente disertación, primeramente, se recopilará información bibliográfica, con el fin de tener sustento teórico para su desarrollo. Se resumirán los conceptos más importantes relacionados con los sistemas de drenaje urbano con enfoque particular en las rejillas de sumideros y se identificarán los principales problemas que respectan a rejillas y sumideros en la ciudad de Quito. Posteriormente, se realizará una evaluación comparativa de los estándares vigentes de rejillas y sumideros utilizados en Quito con aquellos aplicados en otros países. Finalmente se ejecutará un proceso de registro, inspección y diagnóstico de las rejillas de sumideros del barrio Batán Bajo, y con base en la información recopilada se generará un plan de acción para mejorar el estado de los mismos.

#### **1.5. Alcance**

En la presente disertación se describirán, a través de bibliografía técnica, los sistemas de drenaje urbano de una manera muy general y se enfocará en un elemento particular del mismo, las rejillas de los sumideros, por ser el elemento clave para un adecuado funcionamiento del sistema de recolección de aguas lluvias. Se identificarán los problemas más relevantes que respectan a las rejillas de los sumideros únicamente en la ciudad de Quito por medio de informes de noticias y entrevistas realizadas a expertos. Se analizarán y compararán los estándares de diseño y fabricación de rejillas de sumideros de distintas ciudades o países, entre ellas: Quito (EPMAPS, INEN), Medellín (EPM) y Estados Unidos de América (AASHTO, ASCE, FHWA, UDFCD). Se realizará un diagnóstico de las rejillas de sumideros en el barrio Batán Bajo a través de un inventario que incluya su localización, estado por inspección visual, fotografías, etc. Con base en la información recopilada y la normativa estudiada, se generará un plan de acción compuesto por recomendaciones técnicas y un presupuesto referencial para mejorar el estado de las rejillas de sumideros en el barrio Batán Bajo. El plan de acción será elaborado con base en la metodología "5W+2H".

## **CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1. Sistemas de drenaje urbano**

#### **2.1.1. Generalidades**

La interacción entre las actividades humanas y el ciclo natural del agua es la razón principal por la que se necesitan sistemas de drenaje eficientes en áreas urbanas. Según Butler et al. (2018) la interacción entre los seres humanos y el ciclo natural del agua se produce de dos maneras: sustrayendo agua del ciclo para consumo y soporte de las actividades humanas; e impermeabilizando superficies de terreno, lo que causa que el agua de escorrentía se desvíe, afectando así la eficiencia del sistema natural de drenaje.

El resultado de la primera interacción son las aguas servidas, las cuales son aguas de desecho que han sido utilizadas, en general, para satisfacer las necesidades humanas y sus actividades (Butler et. al, 2018). La segunda interacción, es aquella que influye directamente sobre el escurrimiento de las aguas lluvias, las cuales son el resultado de cualquier forma de precipitación que ha caído sobre una superficie construida; si estas aguas no se drenan adecuadamente, Butler et. al (2018) explica que, se pueden generar inconvenientes en el área urbana tales como daños a infraestructura e inundaciones, lo que implica un riesgo para el bienestar de la población e incluso su salud, ya que estas aguas suelen transportar contaminantes propios de la lluvia, del aire o de la superficie, además de ser propensas a sufrir estancamientos o desbordamientos que afectan el desarrollo normal y seguro de las actividades de la población.

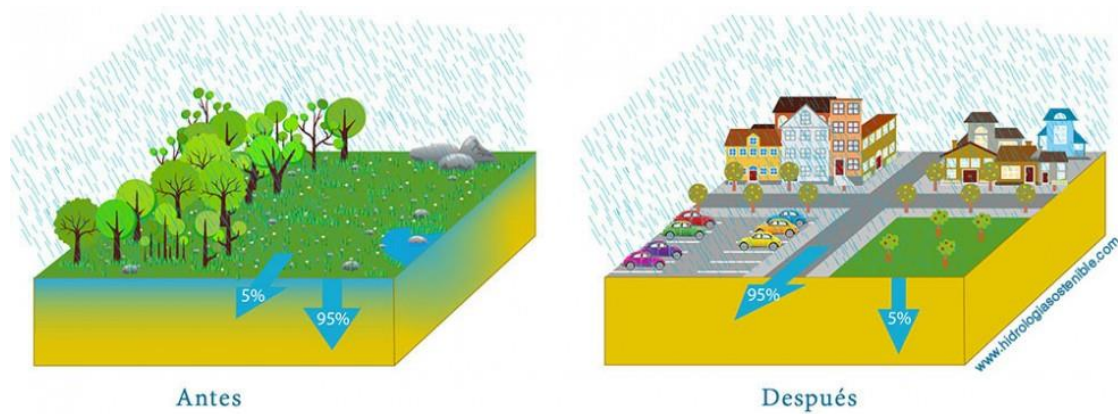
Por tales motivos, los sistemas de drenaje urbano, en complemento con los de alcantarillado, nacen con el fin de que estas interacciones entre seres humanos y el ciclo natural del agua no impacten significativamente en la población, ni el medio ambiente, a través de un manejo adecuado de aguas lluvias y servidas que permita disminuir los riesgos a la salud y minimizar la afectación de las actividades cotidianas (Butler et. al, 2018).

#### **2.1.2. Efectos del desarrollo urbano en el ciclo hidrológico**

Los sistemas de drenaje urbano reemplazan una parte del ciclo natural del agua por lo que es importante comprender este fenómeno y sus efectos. Butler et. al (2018) explica que, en la naturaleza, cuando el agua de lluvia cae sobre una superficie natural, una fracción regresa a la atmósfera a través de la evaporación y transpiración de las plantas, otra parte se infiltra convirtiéndose en agua subterránea y la parte restante escurre por la superficie, incrementándose en cantidad cuando el suelo se satura. Las proporciones relativas de agua lluvia que escurre, infiltra o se evapora varían a lo largo de la tormenta y

dependen de factores como la topografía y la naturaleza de la superficie; además, en la mayoría de los casos, tanto el agua subterránea como la escorrentía superficial terminan en un río, siendo el agua de escurrimiento la que llega más rápido (Butler et. al, 2018).

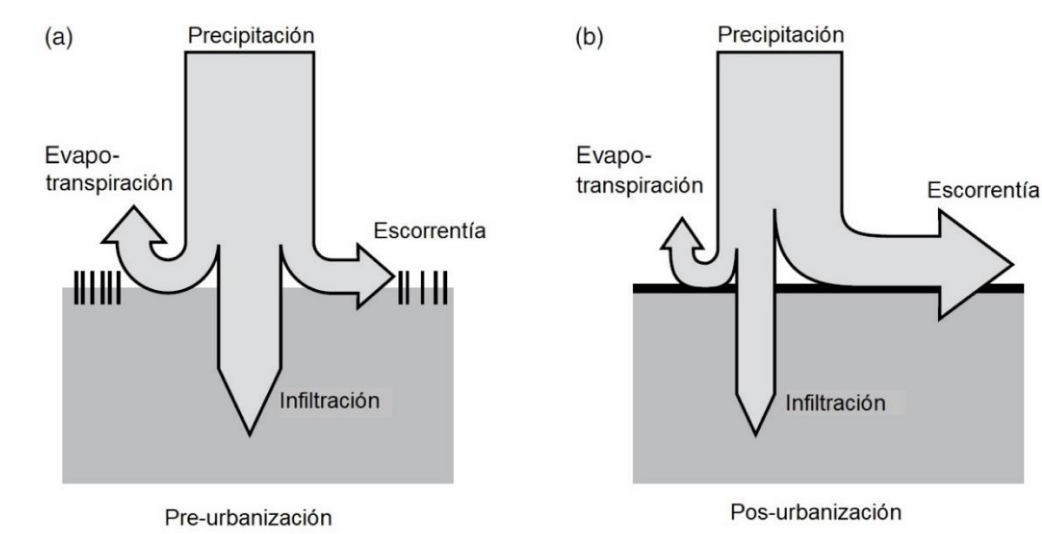
**Figura 1.** Esquema del efecto urbanístico sobre le escorrentía.



*Nota.* Tomado de *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible – SUDS*, por Hidrología Sostenible, s.f., <http://www.hidrologiasostenible.com/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-suds/>

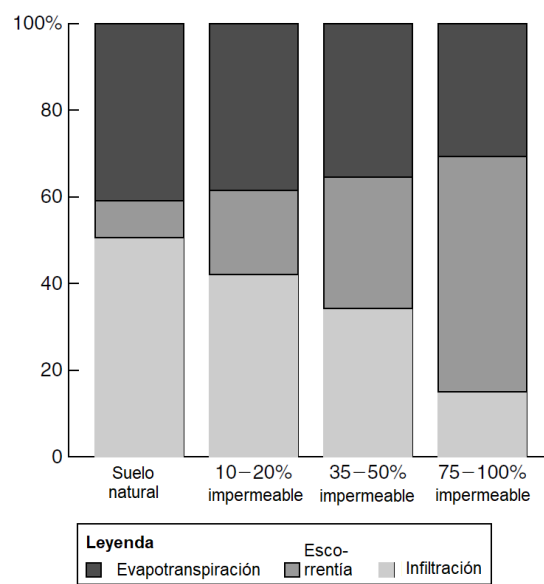
El desarrollo urbano de una zona implica la impermeabilización del suelo natural con superficies artificiales como vías, aceras o edificaciones, lo que produce efectos considerables en los procesos de evapotranspiración, infiltración y escurrimiento ya mencionados, ya que las superficies artificiales incrementan la cantidad de escurrimiento superficial en relación a la infiltración, por lo que, además de reducir la recarga de acuíferos subterráneos, el volumen total de agua que llegue al río aumenta durante o apenas después de terminado el evento de precipitación (Butler et. al, 2018). Este efecto se ilustra en las Figuras 1, 2 y 3.

**Figura 2.** Efecto de la urbanización en las proporciones de lluvia.



*Nota.* Adaptado de *Urban Drainage 4th edition* (p. 2), por Butler D., Digman C., Makropoulos C., Davies J., 2018, Taylor & Francis Group, LLC.

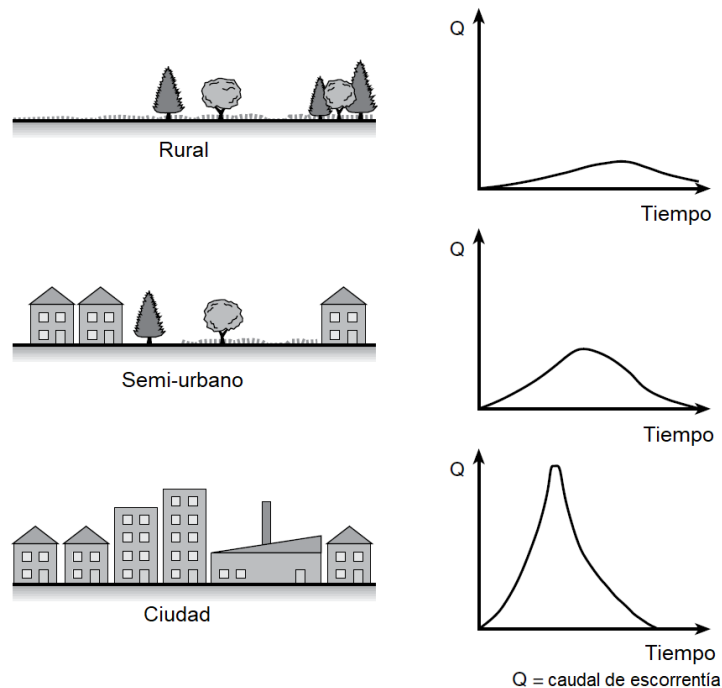
**Figura 3.** Cambios típicos en la escorrentía producto de la impermeabilización de superficies.



Nota. Adaptado de *Water and Wastewater Engineering 3rd edition* (p. 398), por Fair G.O., 2011, John Wiley & Sons, Inc.

Adicionalmente, como el agua escurre más rápidamente sobre superficies duras y por el alcantarillado que sobre superficies y corrientes naturales, el flujo de agua lluvia llegará y se evacuará más rápido, produciendo un caudal pico de escorrentía mucho mayor, como se muestra en la **Figura 4** (Butler et. al, 2018).

**Figura 4.** Efecto de la urbanización en el caudal pico de escorrentía.



Nota. Adaptado de *Urban Drainage 4th edition* (p. 3), por Butler D., Digman C., Makropoulos C., Davies J., 2018, Taylor & Francis Group, LLC.

Según Butler et. al (2018), estos efectos, además de implicar un aumento en el riesgo de inundaciones y desbordamientos repentinos del río, pueden llegar a afectar la calidad del agua del cuerpo receptor, en vista de que el escurrimiento rápido que se produce en la zona urbana hace que los sedimentos y contaminantes presentes en el aire y en las superficies artificiales sean lavados y transportados directamente al río.

Fair et. al (2011) resume los efectos de los procesos de urbanización sobre los sistemas naturales de drenaje de la siguiente manera:

- Incremento del caudal pico de escorrentía (de 2 a 5 veces mayor)
- Incremento en el volumen de escorrentía superficial
- Menor tiempo para que la escorrentía llegue al cuerpo receptor
- Incremento en la frecuencia y severidad de inundaciones
- Pérdida del flujo base de los ríos por reducción del flujo en periodos secos
- Mayor escorrentía y velocidad del flujo durante eventos de precipitación
- Introducción de contaminantes a los cuerpos de agua

### **2.1.3. Sistemas de drenaje urbano convencionales**

Como se detalló en el apartado anterior, dentro de las zonas urbanas el ciclo natural del agua se modifica por la impermeabilización de superficies provocando un incremento en los volúmenes de escorrentía. Esto trae efectos negativos en vías, como la disminución de la velocidad del tránsito, el incremento del riesgo de accidentes automovilísticos por hidropneumación y pérdida de visibilidad por salpicado, entre otros (Rodríguez, 2013).

Los sistemas de drenaje urbano, a través del transporte y captación adecuada del agua de lluvia, están concebidos con el fin de evitar lo mayor posible la afectación y daño, tanto de personas como de propiedades dentro del área urbana, además de garantizar el desarrollo normal de las actividades cotidianas de la población urbana durante un evento de precipitación (Rodríguez, 2013).

Con estas ideas en mente, es posible definir a los sistemas de drenaje urbano como el conjunto de obras de infraestructura encargadas de captar, transportar y descargar las aguas de escorrentía pluvial desde la superficie hacia el colector o sistema de alcantarillado. Otras de las funciones de las estructuras de un sistema de drenaje urbano son: permitir el ingreso de agua a los colectores y su unión, realizar cambios de pendientes, alineamientos, y secciones, disipar energía, entre otras (Rodríguez, 2013). El diseño de los sistemas de drenaje urbano debe realizarse de modo que se minimice la interferencia con los sistemas de drenaje existentes, garantizando la seguridad y capacidad del mismo ante un posible evento de precipitación extraordinario (Rodríguez, 2013).

## **Componentes del sistema de drenaje urbano**

El objetivo principal del diseño de un sistema drenaje vial, para un evento dado, es el de permitir el paso seguro de vehículos mientras ocurre la tormenta de diseño (Rodríguez, 2013). En general, los sistemas de drenaje urbano están compuestos por una superficie de drenaje y un sistema de conducción, conectados entre sí por una interfaz conformada por las estructuras de entrada (Butler et. al, 2018).

La superficie de drenaje depende de las pendientes transversales, longitudinales, tipo y rugosidad del material de la superficie, y separación y capacidad de las estructuras de entrada (Rodríguez, 2013). Es decir, es un sistema compuesto por todos los caminos como cunetas, aceras, calles, etc., que recorre el agua de escurrimiento sobre la superficie hasta llegar a los puntos de entrada al sistema de conducción (Butler et. al, 2018).

Por otro lado, el sistema de conducción está compuesto por todos los elementos de drenaje como tuberías, zanjas, canales, estaciones de bombeo, etc. y está concebido con el fin de proveer los mecanismos eficientes para transportar los caudales de diseño desde las estructuras de entrada hasta los puntos de descarga sin ocasionar superficies de inundación o encharcamiento (Rodríguez, 2013).

**Figura 5.** *Funcionamiento de la interfaz al exceder la capacidad del sistema.*



*Nota.* Adaptado de *Urban Drainage 4th edition* (p. 238), por Butler D., Digman C., Makropoulos C., Davies J., 2018, Taylor & Francis Group, LLC.

El componente clave de los sistemas de drenaje convencionales, según Butler et. al (2018), es la interfaz entre la superficie de drenaje y el sistema de conducción, es decir, los puntos de contacto entre ambos sistemas en donde se produce su interacción. Esta interfaz está compuesta por elementos como rejillas de entrada, sumideros y pozos de inspección, los cuales, bajo condiciones normales (tormenta menor) sirven como puntos de ingreso del agua de escorrentía al sistema de conducción, pero en caso de presentarse un evento extremo que exceda la capacidad del sistema (tormenta mayor), trabajan como puntos de salida del excedente de agua desde el sistema de conducción hacia la superficie, como se muestra en la **Figura 5** (Butler et. al, 2018).

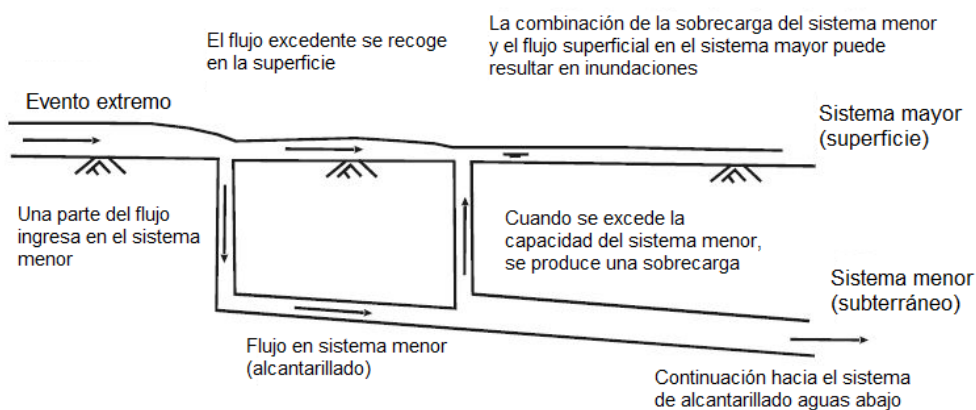
### **Sistemas principales y secundarios en eventos extremos**

Las inundaciones pluviales son aquellas causadas por eventos de precipitación que superan a la tormenta de diseño, de modo que la escorrentía generada excede la capacidad de conducción del sistema de drenaje urbano produciendo exceso de flujo en la superficie llamado flujo de creciente (Butler et. al, 2018). Cuando esto sucede, aparecen dos sistemas de drenaje urbano: el sistema secundario y el sistema principal.

El sistema secundario o sistema de drenaje menor, según Rodríguez (2013), es aquel que está conformado por los componentes tradicionales del sistema de drenaje como cunetas, zanjas, canales, sumideros, tuberías, bombas, etc. y está diseñado con el fin de manejar la escorrentía superficial generada por tormentas menores, es decir, eventos “normales” cuyos períodos de retorno son menores o iguales al de diseño.

Por otro lado, el sistema principal o sistema de drenaje mayor, es el encargado de ayudar con el manejo de los flujos de creciente que excedan la capacidad del sistema menor durante eventos de precipitación extremos, de menor frecuencia de ocurrencia que superan el período de diseño, también llamadas tormentas mayores (Rodríguez, 2013). Este sistema aparece solo durante eventos extremos y está compuesto por todas las corrientes y caminos, naturales o artificiales, tales como vías, parques, canchas, parqueaderos, quebradas, etc. que recorre la escorrentía superficial para salir de la zona urbana o se almacena temporalmente cuando el sistema menor ha sido excedido o se encuentra bloqueado (Butler et. al, 2018). El funcionamiento de los sistemas principal y secundario se ilustra en la **Figura 6**.

**Figura 6.** Funcionamiento de los sistemas principal y secundario durante eventos extremos.



*Nota.* Adaptado de *Drainage exceedance processes [Based on Digman et al., 2006]*, por Susdrain, s.f., <https://www.susdrain.org/delivering-suds/drainage-exceedance/background/processes.html>

### 2.1.1. Sistemas de drenaje urbano sostenibles (SUDS)

A diferencia de los sistemas convencionales, los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS por sus siglas en inglés), buscan manejar el recurso hídrico sin interferir en el ciclo natural del agua, incluso en zonas urbanas, por medio de prácticas que intentan imitar lo mejor posible al ciclo hidrológico natural (Rodríguez, 2013). Estos sistemas nacen bajo la filosofía del desarrollo sostenible, con el fin de mitigar los efectos adversos asociados a los sistemas de drenaje urbano convencional, a través de la implementación de mecanismos más eficaces para la captación y evacuación del escurrimiento superficial producido por el evento de diseño, de manera que se reduzcan los impactos ambientales generados por el desarrollo urbano (Rodríguez, 2013).

La idea de los SUDS es complementar a los sistemas convencionales optimizando el manejo de aguas lluvias en zonas urbanas, a través de su aprovechamiento mediante procesos de bajo impacto que, además de considerar el factor económico, se adapten al medio ambiente y al medio humano, tales como la reutilización de agua lluvia o su infiltración al subsuelo, por lo que su implementación, además de cumplir con el propósito fundamental de los sistemas convencionales de transportar y captar agua de escorrentía, permite reducir los volúmenes de escorrentía generados por zonas impermeabilizadas, disminuir los picos de escorrentía producidos por la captación puntual de aguas lluvias en sistemas convencionales y mejorar la calidad del agua lluvia (Rodríguez, 2013).

*Figura 7. Tipos de SUDS.*



*Nota.* Tomado de *Sustainable Urban Drainage Systems: SUDS*, por Hidrología Sostenible, s.f., <http://www.hidrologiasostenible.com/sustainable-urban-drainage-systems-suds/Drainage>

Perales & Andrés-Doménech (2008) dividen los mecanismos utilizados para la implementación de un SUDS en dos tipos de medidas: estructurales y no estructurales;

entre las medidas no estructurales más importantes destacan los programas de educación y participación ciudadana, los procesos de planificación apropiados, la recolección y reutilización del agua lluvia y el mantenimiento adecuado de la infraestructura. Por otro lado, las medidas estructurales principales incluyen la implementación de terrazas verdes, superficies permeables, fajas filtrantes, pozos y zanjas de infiltración, cunetas verdes, estanques de retención, humedales, entre otros (Perales & Andrés-Doménech, 2008), algunos de los cuales se muestran en la **Figura 7**.

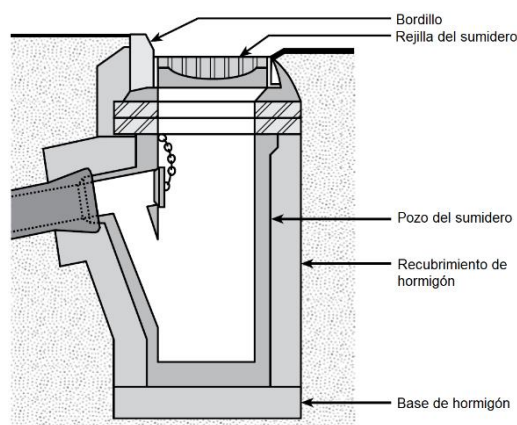
## 2.2. Sumideros

### 2.2.1. Conceptos generales

El proceso general de escorrentía en un área urbana, según Rodríguez (2013), comienza cuando el agua proveniente de un evento de precipitación cae sobre las superficies impermeabilizadas y fluye a través de las aceras y calzadas, hasta llegar a las cunetas que funcionan como barrera para que el escurrimiento de la vía sea guiado, concentrado y transferido hasta los puntos de entrada al sistema de recolección de agua lluvia o alcantarillado; estos puntos de entrada se denominan sumideros o imbornales, y son la interfaz entre el sistema superficial de drenaje y el alcantarillado, lo que los vuelve fundamentales para un adecuado funcionamiento del sistema de drenaje urbano.

Butler et. al (2018) define a los sumideros (*inlets*) como aquellos elementos encargados de permitir el ingreso del agua de escorrentía superficial proveniente vías y otras superficies impermeabilizadas hacia el sistema de conducción o alcantarillado. Estas estructuras deben ser situadas en puntos de la calzada cuyas características permitan recoger de manera rápida y eficaz el agua escurrida (Trapote, 2017). En la **Figura 8** se representa un esquema típico de un sumidero de rejilla puntual con sello hidráulico.

**Figura 8.** Estructura de un sumidero de rejilla puntual con sello hidráulico.



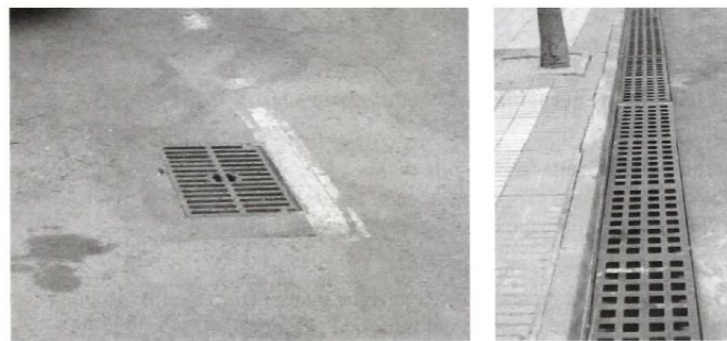
*Nota.* Tomado y traducido de *Urban Drainage 4th edition* (p. 117), por Butler D., Digman C., Makropoulos C., Davies J., 2018, Taylor & Francis Group, LLC.

De manera general, los sumideros puntuales están conformados por 3 partes principales: una entrada seguida por una cámara subyacente que sirve para recolectar los sedimentos del flujo, y, cuando están conectados a un sistema de alcantarillado combinado, es normal que se incluya una trampa o sello hidráulico que evite que los olores salgan a la superficie (Butler et. al, 2018). Se debe tomar en cuenta que el diseño y posición de la entrada al sumidero y de la cámara de recogida pueden variar dependiendo del tipo y ubicación del mismo.

### 2.2.2. Clasificación

Trapote (2017) clasifica, de manera general, a los componentes de captación superficial de escorrentía en un sistema de drenaje urbano en dos grupos: elementos de captación puntual llamados sumideros o imbornales y elementos de captación lineal denominados canales de desagüe, como los mostrados en la **Figura 9**.

**Figura 9.** Sumidero (izquierda) y canal de desagüe (derecha)



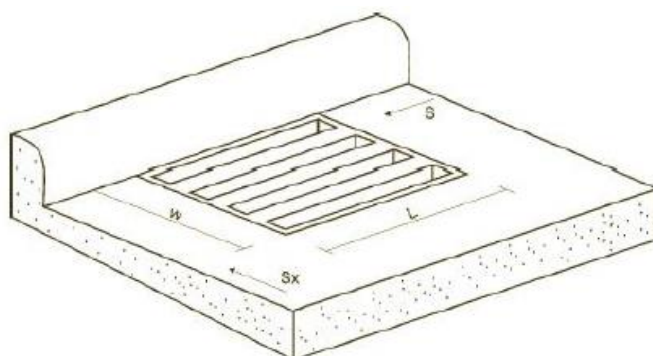
*Nota.* Tomado de *Infraestructuras Hidráulico-Sanitarias II. Saneamiento y drenaje urbano* (p. 235), por Trapote A., 2017, Universidad de Alicante.

#### **Captación puntual**

Para la clasificación de sumideros de captación puntual o imbornales, Rodríguez (2013) propone:

1. **Sumidero de rejilla:** también llamado sumidero de cuneta o de calzada (*gutter inlet*) es aquel que tiene una abertura horizontal cubierta por una rejilla ubicada sobre la cuneta (Rodríguez, 2013). La rejilla puede estar al ras o deprimida y por lo general la cámara de recogida se encuentra debajo de la calzada (Trapote, 2017).

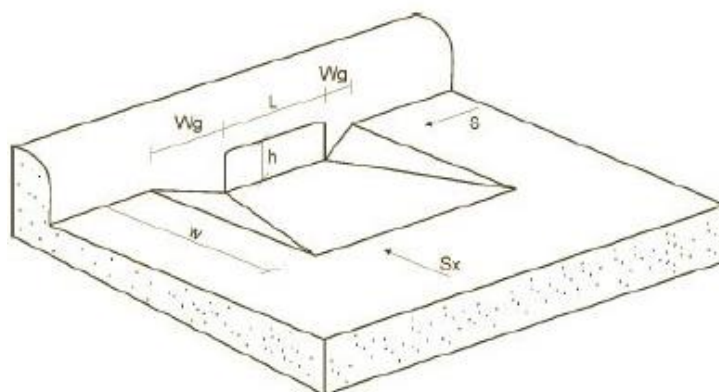
**Figura 10.** Sumidero de rejilla sin depresión.



Nota. Tomado de *Drenaje Urbano Elementos de Diseño: Drenaje Urbano No Convencional* (p. 49), por Rodríguez H., 2013, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

- 2. Sumidero de ventana:** también llamado sumidero lateral o de bordillo (*curb inlet*) es aquel que tiene una abertura vertical sin rejilla ubicada en el paramento del bordillo y cubierta por la acera (Rodríguez, 2013). La entrada puede estar al ras o deprimida y por lo general la cámara de recogida se encuentra debajo de la acera (Trapote, 2017).

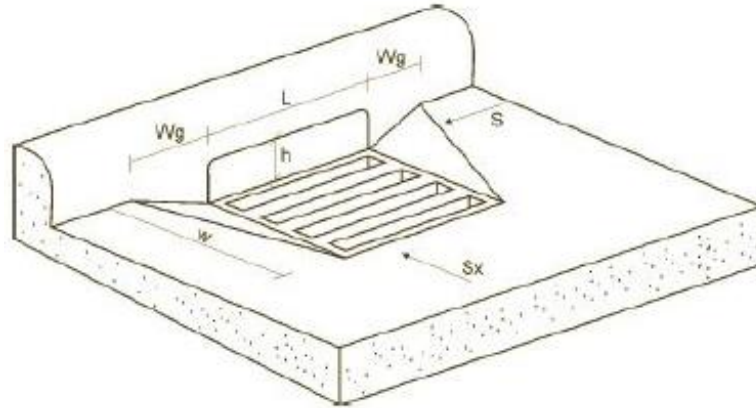
**Figura 11.** Sumidero lateral con depresión.



Nota. Tomado de *Drenaje Urbano Elementos de Diseño: Drenaje Urbano No Convencional* (p. 49), por Rodríguez H., 2013, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

- 3. Sumidero combinado:** también llamado sumidero mixto (*combination curb and gutter inlet*) está conformado por dos entradas, una de ventana y una de rejilla, ubicadas frente a frente (Rodríguez, 2013). La entrada puede estar al ras o deprimida y por lo general la cámara de recogida se encuentra debajo de la acera (Trapote, 2017).

**Figura 12.** Sumidero combinado con depresión.



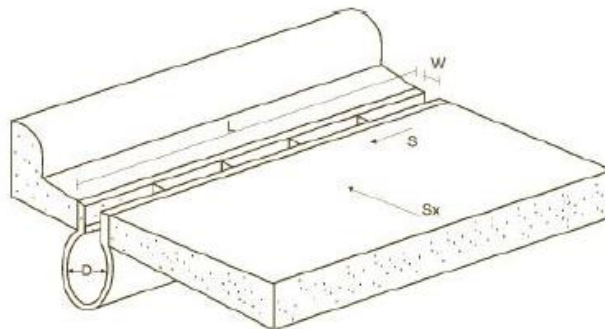
Nota. Tomado de *Drenaje Urbano Elementos de Diseño: Drenaje Urbano No Convencional* (p. 50), por Rodríguez H., 2013, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

### **Captación lineal**

Los elementos de captación lineal se pueden clasificar en dos tipos principales:

1. **Sumidero ranurado:** también llamado canal de recogida (*slotted inlet*) es una especie de sumidero de captación lineal que presenta cortes o perforaciones longitudinales a lo largo del eje de la corona de una tubería con barras transversales que mantienen las ranuras abiertas (Rodríguez, 2013).

**Figura 13.** Sumidero ranurado.

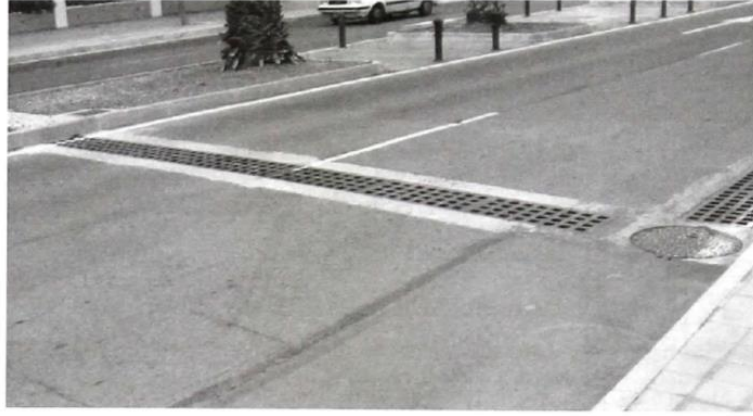


Nota. Tomado de *Drenaje Urbano Elementos de Diseño: Drenaje Urbano No Convencional* (p. 50), por Rodríguez H., 2013, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Ampliando este concepto, Trapote (2017) señala que los canales de recogida constan de una canaleta de hormigón, plástica o metálica cubierta por una rejilla o conjunto de rejillas de fundición dúctil, conectada al sistema de alcantarillado por una tubería o albañal y se ubican a lo largo del eje de la vía.

2. **Rejas interceptoras:** también llamados sumideros transversales, son canales de recogida de gran envergadura dispuestos perpendicularmente al eje de la calzada con el fin de interceptar grandes caudales de escorrentía (Trapote, 2017).

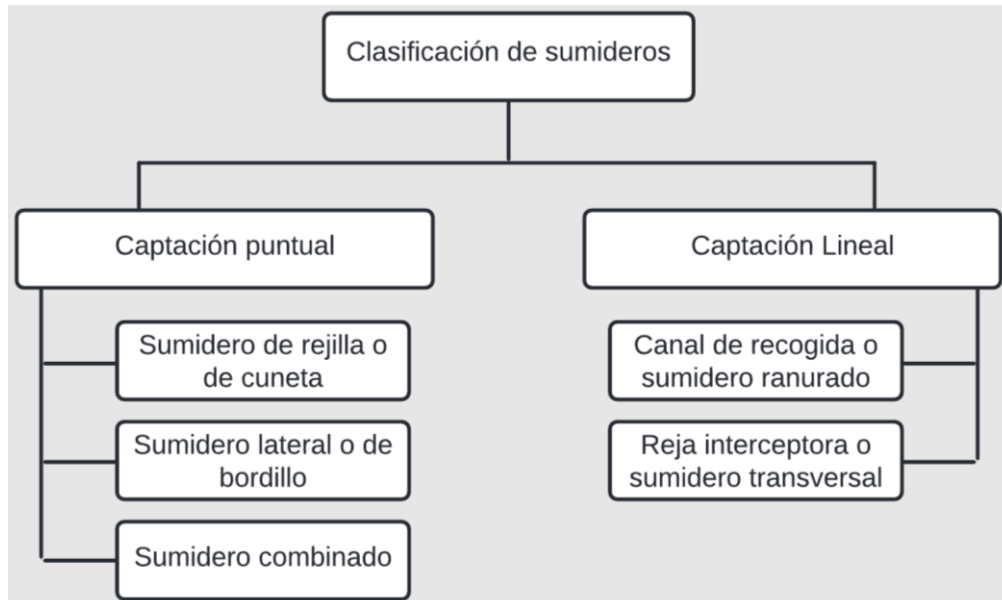
*Figura 14. Canal interceptor.*



*Nota.* Tomado de *Infraestructuras Hidráulico-Sanitarias II. Saneamiento y drenaje urbano* (p. 235), por Trapote A., 2017, Universidad de Alicante.

El siguiente cuadro resume la clasificación de los elementos de captación superficial de escorrentía.

*Figura 15. Resumen de clasificación de sumideros.*



### **2.2.3. Criterios y metodología de diseño**

En este apartado se recopilan los principales criterios de diseño para localización, espaciamiento y otros requisitos para sumideros, según varios autores. Además, se establece la metodología de diseño y se detallan los conceptos hidráulicos e hidrológicos requeridos para el proceso.

#### ***Criterios de diseño***

##### **Generales:**

- Para aumentar la eficiencia de la captación y del mantenimiento, se recomienda sumideros puntuales antes que rejas de captación lineal (Trapote, 2017).
- Solo en vías de tráfico lento es posible colocar sumideros con depresión para incrementar la capacidad de ingreso al sistema de drenaje (Fair et. al, 2011).
- El número y espaciamiento de sumideros depende de la intensidad y frecuencia de las precipitaciones locales y la pendiente de las vías (Trapote, 2017).
- Para la elección de un tipo de sumidero u otro se debe tomar en cuenta la dificultad de limpieza, mantenimiento y posible obstrucción; el sumidero menos propenso a obstrucciones es el combinado (Trapote, 2017).
- Los sumideros de rejilla son más eficientes que los de bordillo para captar el flujo de la cuneta, pero son propensos a sufrir obstrucciones (Fair et. al, 2011).
- Las rejillas para sumideros de cuneta son más eficientes cuando sus barras son paralelas al bordillo, sin embargo, es necesario considerar el tráfico de bicicletas y peatonal para elegir su disposición y espaciamiento (Fair et. al, 2011).
- Se recomienda que los sumideros en pendiente se diseñen para recolectar entre el 70% y 85% del flujo de la cuneta (Rodríguez, 2013).

##### **Localización:**

- En puntos bajos a lo largo de la cuneta (Rodríguez, 2013).
- Inmediatamente aguas arriba de quiebres, entradas o salidas de rampas e intersecciones viales para evitar el cambio de dirección de la escorrentía (Rodríguez, 2013).
- Inmediatamente pendiente arriba de puentes para evitar que el drenaje de la vía ingrese al puente (Rodríguez, 2013).
- Inmediatamente aguas debajo de puentes para interceptar el drenaje de la calzada del puente (Rodríguez, 2013).

**Criterios de espaciamento:**

- El criterio de espaciamento más simple consiste en colocar un sumidero cada 50 metros o uno cada 200 m<sup>2</sup> de área impermeable (Butler et. al, 2018).
- Los sumideros se localizan en puntos donde un área va a ser drenada o a lo largo de la calle a distancias entre sí de 70 a 120 metros (Rodríguez, 2013).
- Para una mayor eficiencia del sistema, la separación máxima entre sumideros debe ser de 30 metros (Trapote, 2017).
- Para reducir el flujo en un sumidero, se debe reducir el espaciamento para que el área de escurrimiento captado sea menor (Fair et. al, 2011)

**Sumideros lineales:**

- Se recomienda que la capacidad hidráulica del canal sea como mínimo igual al máximo caudal que la rejilla que lo cubre pueda captar (Trapote, 2017).
- La pendiente mínima recomendada del canal es del 2% para evitar que se depositen sedimentos en su interior (Trapote, 2017).

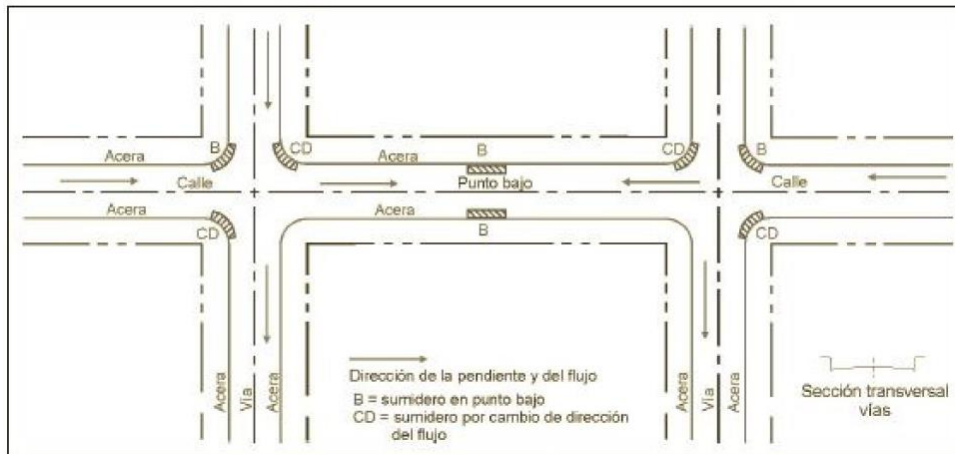
**Otros:**

- No colocar sumideros que interfieran la operación de otros servicios públicos (Rodríguez, 2013)
- No colocar sumideros muy cercanos a grandes árboles ya que sus raíces pueden afectar la eficiencia (Rodríguez, 2013).
- No se deben colocar sumideros en calles no pavimentadas, parques y otros sitios propensos a transportar sólidos que obstruyan la entrada (Trapote, 2017).

**Proceso de diseño**

Para comenzar con el proceso de diseño de sumideros en un área urbana dada, es necesario definir el número mínimo de unidades para el sistema, esto se logra ubicando las estructuras de entrada en los puntos indicados por los criterios de localización, principalmente en puntos bajos del perfil longitudinal y en puntos que eviten que la escorrentía cambie de dirección, como se indica en la **Figura 16** (Rodríguez, 2013).

Figura 16. Ejemplo de disposición mínima de sumideros en vías urbanas.



Nota. Tomado de *Drenaje Urbano Elementos de Diseño: Drenaje Urbano No Convencional* (p. 117), por Rodríguez H., 2013, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Una vez ubicadas las unidades base, es necesario conocer la distancia entre punto más alto del perfil longitudinal y el primer sumidero, para lo cual UDFCD (2016) establece:

1. Determinar la capacidad hidráulica (caudal) admisible de la vía en función del ancho de esparcimiento permitido, la profundidad máxima del flujo y las condiciones geométricas de la sección transversal de la vía;
2. Calcular en términos del área de drenaje, el caudal pico de escorrentía producido por la tormenta de diseño aplicando la ecuación del método racional (u otra técnica hidrológica), la cual considera parámetros de intensidad de lluvia, tiempo de concentración y coeficiente de escorrentía;
3. Igualar ambos caudales para encontrar el área de drenaje y ubicar el primer sumidero aguas arriba, de manera tal que cubra el área de drenaje requerida, tomando en cuenta que, si el caudal pico de escorrentía de supera la capacidad admisible de la vía, el punto de diseño propuesto para el sumidero está demasiado alejado aguas abajo y debe ser movido aguas arriba y viceversa.

Conocida la ubicación del primer sumidero se identifica a lo largo de la pendiente, se selecciona el tipo y tamaño del mismo, y se evalúan su capacidad de interceptación y su eficiencia, tomando en cuenta que por motivos económicos no es común dimensionar un sumidero lo suficientemente grande para que capture todo el flujo de la cuneta, por lo que se espera que exista un flujo de arrastre no interceptado (UDFCD, 2016).

Finalmente, se determina el espaciamiento entre sumideros aguas abajo tomando en cuenta que el caudal de descarga para sumideros distintos al primero, consiste en el flujo de arrastre no interceptado por el sumidero inmediatamente superior más el agua de escurrimiento generada por el área de drenaje local que interviene (UDFCD, 2016).

### **Período de retorno y ancho de esparcimiento**

Los eventos de precipitación son de alta variabilidad tanto en magnitud como en frecuencia de ocurrencia, por ejemplo, las tormentas de gran magnitud producen grandes caudales, pero ocurren con poca frecuencia por lo que su período de retorno es alto, mientras que las tormentas menores producen caudales más pequeños, pero son más frecuentes y presentan un período de retorno bajo (Rodríguez, 2013). No es común que los sistemas de drenaje urbano se diseñen para caudales producidos por eventos con período de retorno alto (de gran magnitud y baja frecuencia) ya que resultaría demasiado costoso, por lo que generalmente son diseñados para el caudal máximo producido por una tormenta menor (de alta frecuencia y bajo periodo de retorno) (Rodríguez, 2013). A continuación, se muestran los períodos de retorno sugeridos para obras de drenaje en función del uso del suelo según la EPMAPS (2009).

*Tabla 1. Períodos de retorno para distintas ocupaciones del área de la obra.*

<b>Tipo de obra</b>	<b>Ocupación del área de la obra</b>	<b>Período de retorno <math>T_r</math> (años)</b>
Micro drenaje	Residencial	5
Micro drenaje	Comercial	5
Micro drenaje	Área con edificios de servicio público	5
Micro drenaje	Aeropuertos	10
Micro drenaje	Áreas comerciales y vías de tránsito intenso	10-25
Micro drenaje	Áreas comerciales y residenciales	25
Micro drenaje	Áreas de importancia específica	50-100

*Nota.* Adaptado de *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q. 01-AL-EMAAP-Q-2009.* (p. 70). EPMAPS.

La ubicación y el diseño de los sumideros viales debe realizarse de modo que el flujo de agua lluvia que escurre por las cunetas se concentre y se descargue ocasionando la mínima interferencia posible con el tránsito peatonal y vehicular, a un costo mínimo; la clave para lograrlo es minimizar el ancho de esparcimiento (spread) de agua en la vía y en la cuneta, el cual se define como el ancho de la cara superior del flujo de agua en la vía, medido desde el bordillo o acera, como se muestra en la **Figura 18** (Fair et. al, 2011).

Es importante tener en cuenta que el ancho de esparcimiento y la frecuencia de diseño o período de retorno no son independientes y deben seleccionarse en función del tipo de vía, la velocidad de diseño, los volúmenes de tráfico e intensidad de la lluvia, lo que implica que para realizar un diseño adecuado es necesario considerar todos estos factores

con el fin de garantizar la seguridad, y minimizar el riesgo de accidentes de vehículos y peatones durante un evento de precipitación, a un costo adecuado (Rodríguez, 2013).

A continuación, se muestran las recomendaciones mínimas para períodos de retorno y ancho de esparcimiento en función al tipo de vía y velocidad del tránsito según el manual HEC-22 de la FHWA (2013) y los criterios de encharcamiento e inundación para la tormenta de diseño según el tipo de vía dado por el Manual de Drenaje Urbano del distrito de Denver UDFCD (2016).

**Tabla 2.** *Períodos de retorno de diseño y ancho de esparcimiento mínimos recomendados para el diseño de drenaje en vías.*

Tipo de vía		Período de retorno de diseño (años)	Ancho de esparcimiento de diseño
<b>Alto tráfico, Divididas o Bidireccionales</b>	<70 km/h	10	Espaldón + 1m
	>70 km/h	10	Espaldón
<b>Colectoras</b>	Punto bajo	50	Espaldón + 1m
	Bajo tráfico	10	Medio carril
	Alto tráfico	10	Espaldón
<b>Calles locales</b>	Punto bajo	10	Medio carril
	Bajo tráfico	5	Medio carril
	Alto tráfico	10	Medio carril
	Punto bajo	10	Medio carril

*Nota.* Adaptado de *Urban Drainage Design Manual HEC-22. FHWA-NHI-10-009* (p. 4-3), por Federal Highway Administration, 2012, FHWA.

**Tabla 3.** *Criterios de encharcamiento e inundación permitidos para la tormenta menor.*

Tipo de vía	Máximos criterios de encharcamiento e inundación
Local	No puede desbordarse el bordillo. El ancho del flujo puede extenderse hasta la corona de la calle.
Colectora	No puede desbordarse el bordillo. El ancho del flujo debe dejar al menos un carril libre de agua.
Arterial	No puede desbordarse el bordillo. El ancho del flujo debe dejar al menos un carril libre de agua en cada dirección, pero no debe extenderse más de dos carriles en cada dirección.
Autopista	No se permite la inundación de los carriles de tránsito.

*Nota.* Adaptado de *Urban Storm Drainage Criteria Manual: Volume 1. Management, Hydrology, And Hydraulics* (p. 1-19), por Urban Drainage and Flood Control District, 2016, UDFCD.

### **Caudal pico de escorrentía: Método racional**

El método racional, según ASCE (2017), es uno de los procedimientos hidrológicos más utilizados para determinar el caudal pico de escorrentía en pequeñas áreas urbanas menores a 80 hectáreas, su aplicación se realiza bajo las siguientes consideraciones:

1. El coeficiente de escorrentía es constante durante la tormenta de diseño.
2. El área de drenaje de la cuenca no cambia durante la tormenta de diseño.
3. La intensidad de lluvia es la misma para toda el área de drenaje y es constante en un tiempo igual al tiempo de concentración de la cuenca.
4. El caudal pico ocurre cuando toda el área de drenaje contribuye al flujo y tiene la misma frecuencia que la de la intensidad de lluvia.

Bajo estas consideraciones, la ecuación del método racional se define como un balance de masas y está dada por la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C * I * A}{K_u}$$

*Ecuación 1. Fórmula racional. Fuente: FHWA (2013)*

Donde:

- Q: caudal pico de escorrentía (m<sup>3</sup>/s o ft<sup>3</sup>/s)
- C: coeficiente de escorrentía (adimensional)
- I: intensidad de lluvia (mm/hr o in/hr)
- A: área de drenaje (ha o acres)
- K<sub>u</sub>: factor de conversión de unidades = 360 (sistema internacional) o 1.0 (sistema inglés)

### **Área de drenaje (A)**

Según Rodríguez (2013), el área de drenaje de una zona urbana depende del tipo de infraestructura existente y del manejo de escorrentía que esta tenga, tomando en cuenta que en desarrollos horizontales, toda el agua precipitada es drenada hacia la vía, por lo que el área de drenaje es similar a la superficie urbana y se conforma por toda la infraestructura que existe dentro de ella incluyendo vías, edificaciones, parques, etc., mientras que, en desarrollos verticales, el agua precipitada se recoge parcial o totalmente en el área urbana y se entrega directamente a la red de alcantarillado, lo que implica que no es necesario considerar la totalidad de la superficie urbana para definir el área de drenaje, sino únicamente la fracción que cae sobre la vía.

### Coeficiente de escorrentía (C)

El coeficiente de escorrentía representa los efectos integrados de la infiltración, evaporación, retención e intercepción sobre el volumen de escorrentía (UDFCD, 2016). Es un valor que relacionan el caudal pico de descarga estimado con el máximo valor teórico del 100% de escurrimiento y está en función del uso y tipo de suelo, y otras consideraciones hidrológicas (FHWA, 2013).

A continuación, se presenta una tabla con los valores típicos de coeficientes de escorrentía aplicables para periodos de retorno de 2 a 10 años (ASCE/WEF, 1992).

**Tabla 4.** Coeficientes de escorrentía típicos.

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía (C)
<b>Comercial</b>	
Centro de la ciudad	0.70 - 0.95
Barrios o áreas vecinas	0.50 - 0.70
<b>Residencial</b>	
Unifamiliares	0.30 - 0.50
Multifamiliares, separadas	0.40 - 0.75
Multifamiliares, juntas	0.60 - 0.75
Suburbana	0.25 - 0.40
Departamentos	0.50 - 0.70
<b>Industrial</b>	
Ligeras	0.50 - 0.80
Pesadas	0.60 - 0.90
<b>Parques, cementerios</b>	0.10 - 0.25
<b>Zonas infantiles</b>	0.20 - 0.35
<b>Zonas ferroviarias</b>	0.20 - 0.35
<b>Zonas descubiertas</b>	0.10 - 0.30
<b>Calzadas</b>	
Asfalto y concreto	0.70 - 0.95
Ladrillo	0.70 - 0.85
<b>Techos</b>	0.75 - 0.95
<b>Zonas de césped en suelo arenoso</b>	
Plano, pendiente 2%	0.05 - 0.10
Medio, pendiente 2% - 7%	0.10 - 0.15
Fuerte, pendiente 7% o mayor	0.15 - 0.20
<b>Zonas de césped en suelo pesado</b>	
Plano, pendiente 2%	0.13 - 0.17

Medio, pendiente 2% - 7%	0.18 – 0.22
Fuerte, pendiente 7% o mayor	0.25 – 0.35

*Nota.* Adaptado de las *Standard Guidelines for the Design, Installation, and Operation and Maintenance of Urban Stormwater Systems* (p. 9), por American Society of Civil Engineers, 2017, ASCE.

Los eventos menos frecuentes requieren coeficientes de escorrentía más altos ya que las pérdidas son menores que las de los eventos normales, por lo que, para períodos de retorno entre 25 y 100 años, los coeficientes señalados en la **Tabla 4** se deben multiplicar por un factor de mayoración  $C_f$  comprendido entre 1.1 y 1.25, tomando en cuenta que el producto no puede exceder a la unidad (ASCE/WEF, 1992).

**Tabla 5.** Factores de mayoración para coeficiente de escorrentía en eventos mayores.

Período de retorno (años)	Factor de mayoración ( $C_f$ )
< 25	1.00
25	1.10
50	1.20
100	1.25

*Nota.* Adaptado de *Urban Drainage Design Manual HEC-22. FHWA-NHI-10-009* (p. 3-8), por Federal Highway Administration, 2012, FHWA.

Si el área de drenaje en cuestión presenta distintos tipos de cobertura, es posible definir un coeficiente de escorrentía compuesto que se calcula ponderando el tipo y extensión de cada superficie de la cuenca (Rodríguez, 2013).

$$C = \frac{\sum C_i * A_i}{\sum A_i}$$

**Ecuación 2.** Coeficiente de escorrentía ponderado. Fuente: Rodríguez (2013)

Donde:

- $C_i$ : coeficiente de escorrentía de la superficie “ $i$ ”
- $A_i$ : área de la superficie “ $i$ ”

### **Intensidad de lluvia (I) y tiempo de concentración ( $t_c$ )**

Se denomina intensidad a la tasa temporal de precipitación o cantidad promedio de lluvia que cae en un punto durante un periodo de tiempo de duración igual al tiempo de concentración, generalmente se expresa en unidades de mm por hora (UDFCD, 2016). A pesar de que la intensidad de lluvia varía a lo largo del tiempo de duración de eventos de precipitación, se asume que es constante para poder aplicar los métodos hidrológicos (FHWA, 2013).

La intensidad que se utiliza para la estimación del caudal pico de agua lluvia corresponde a la intensidad media de precipitación dada por las curvas IDF de la zona en estudio para el período de retorno de diseño y una duración igual al tiempo de concentración del agua de escorrentía (RAS, 2000).

En general, el tiempo de concentración  $t_c$  es el periodo que tarda el agua en viajar desde el punto hidráulicamente más alejado de la cuenca hasta el punto de interés y se calcula a través de métodos hidrológicos (FHWA, 2013). Particularmente para el diseño de sumideros, su valor mínimo es de  $t_c = 5 \text{ min}$  y corresponde al tiempo que tarda el agua en viajar desde el punto más alejado del área de drenaje específica del sumidero, hasta ingresar por el mismo y se calcula como la sumatoria del tiempo que tarda el agua en recorrer superficialmente hasta llegar a la cuneta, más el tiempo que tarda a lo largo de la cuneta hasta el sumidero (FHWA, 2013).

Las curvas IDF (intensidad, duración, frecuencia) son gráficas que resumen las características de lluvia de una región específica relacionando la duración (o tiempo de concentración) y la frecuencia de ocurrencia de la tormenta con la intensidad de la lluvia; por lo general estas curvas se encuentran disponibles para distintas regiones y en caso de no existir, es necesario desarrollarlas utilizando información pluviométrica (FHWA, 2013).

La EPMAPS (2009) establece que para proyectos elaborados en la ciudad de Quito y sus alrededores se deben utilizar las curvas IDF trazadas a partir de sus ecuaciones desarrolladas en función del período de retorno  $T_r$  y la duración de la lluvia o tiempo de concentración  $t_c$  para 6 estaciones pluviográficas de Quito y sectores aledaños. Adicionalmente INAMHI (2019) recomienda que los modelos de ecuaciones obtenidos a partir de información pluviográfica se utilicen para radios de acción de máximo 10km.

**Tabla 6.** Ecuaciones IDF para estaciones pluviográficas de Quito.

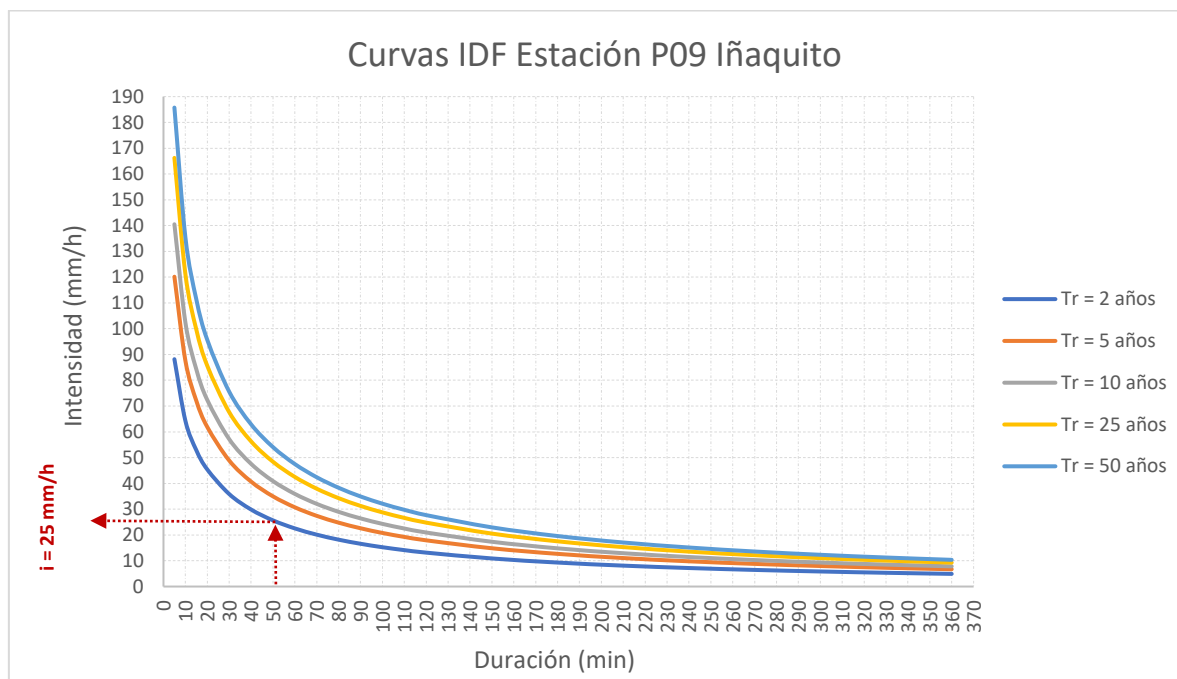
Estación	Latitud Sud	Longitud Oeste	Altitud m.s.n.m (m)	Ecuación I-D-F
IZOBAMBA	0°21'45"	78°33'11"	3.058	$I = \{74,7140 * T^{0,0888} * [\ln(t+3)]^{3,8202} * (\ln T)^{0,1892}\} / t^{1,6079}$
QUITO - OBSERVAT	0°12'40"	78°30'00"	2.820	$I = \{48,6570 * T^{0,0896} * [\ln(t+3)]^{5,2340} * (\ln T)^{0,2138}\} / t^{1,9654}$
IÑAQUITO - INAMHI	0°10'00"	78°29'00"	2.789	$I = \{76,8002 * T^{0,0818} * [\ln(t+3)]^{3,7343} * (\ln T)^{0,2784}\} / t^{1,5847}$
DAC - AEROPUERTO	0°08'24"	78°29'06"	2.794	$I = \{55,6656 * T^{0,0922} * [\ln(t+3)]^{4,1647} * (\ln T)^{0,0985}\} / t^{1,6567}$
LA CHORRERA	0°12'06"	78°32'06"	3.165	$I = \{44,2595 * T^{0,0973} * [\ln(t+3)]^{4,4013} * (\ln T)^{0,0317}\} / t^{1,6591}$
LA TOLA	0°13'46"	78°22'00"	2.480	$I = \{39,9 * T^{0,09} * [\ln(t+3)]^{5,38} * (\ln T)^{0,11}\} / t^{1,93}$

Nota. Tomado de Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q. 01-AL-EMAAP-Q-2009. (p. 73). EPMAPS.

El proceso general para interpretar una curva IDF, según FHWA (2013), se ilustra en la **Figura 17** (para un evento con período de retorno  $T_r = 2$  años y de  $t_c = 50$  minutos de duración en el sector de Iñaquito, DMQ), y es el siguiente:

1. Encontrar la duración de la lluvia o tiempo de concentración ( $t$ ) en el eje horizontal.
2. Trazar una vertical hacia arriba hasta llegar a la curva correspondiente al período de retorno establecido para la tormenta de diseño.
3. Trazar una horizontal a la izquierda hasta el eje vertical y leer la intensidad correspondiente.

**Figura 17.** Curvas IDF para distintos períodos de retorno de la estación Iñaquito.

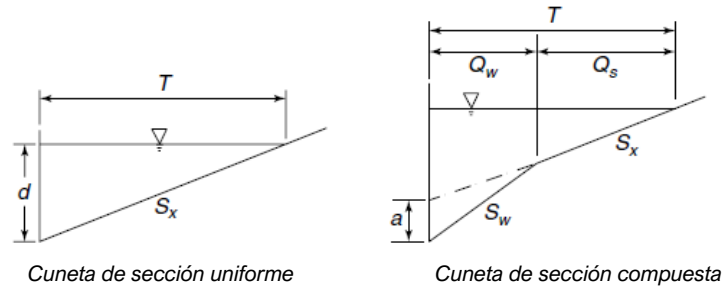


*Nota.* Elaboración propia con base en las ecuaciones dadas por las *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q. 01-AL-EMAAP-Q-2009.*

### **Flujo en cuneta y capacidad hidráulica admisible de la vía**

En general, el escurrimiento en cunetas con pendiente se considera semejante a un flujo en canal abierto, por lo que es posible utilizar la ecuación de Manning modificada por Izzard que considera lo despreciable de la fricción a lo alto del bordillo en comparación con la fricción generada a lo ancho del pavimento; existen dos tipos de cunetas principales cuyas ecuaciones hidráulicas varían en función de la geometría, estas son las cunetas de sección uniforme que cuentan con una pendiente transversal constante y las de sección compuesta que presentan una depresión adicional, como se muestra en la **Figura 18** (Fair et. al, 2011).

**Figura 18.** Sección transversal de cuneta uniforme y compuesta.



*Nota.* Tomado de *Water and Wastewater Engineering 3rd edition* (p. 482), por Fair G.O., 2011, John Wiley & Sons, Inc.

La ecuación hidráulica utilizada para determinar el flujo Q en una cuneta de sección uniforme está dada por las siguientes expresiones (Fair et. al, 2011):

$$Q = \frac{K_e}{n * S_x} * S_L^{0.5} * d^{2.67}$$

**Ecuación 3.** Flujo en cuneta de sección uniforme en función del calado. Fuente: Fair et. al (2011)

$$Q = \frac{K_e}{n} * S_x^{1.67} * S_L^{0.5} * T^{2.67}$$

**Ecuación 4.** Flujo en cuneta de sección compuesta en función del spread. Fuente: Fair et. al (2011)

Donde:

- Q: flujo en cuneta (m<sup>3</sup>/s o ft<sup>3</sup>/s)
- S<sub>x</sub>: pendiente transversal de la vía (m/m o ft/ft)
- S<sub>L</sub>: pendiente longitudinal de la vía (m/m o ft/ft)
- d: profundidad del flujo (calado) medida desde la cara superior de la rejilla hasta espejo de agua (m o ft)
- T: ancho de esparcimiento (m o ft)
- K<sub>e</sub>: constante de valor = 0.376 (sistema internacional) o 0.56 (sistema inglés)
- n: coeficiente de rugosidad de Manning (ver **Tabla 7**)

**Tabla 7.** Coeficientes de rugosidad de Manning.

Tipo de superficie	Coeficiente de Manning (n)
<b>Cuneta en concreto liso</b>	0.012
<b>Pavimento asfáltico</b>	
Textura suave	0.013
Textura áspera	0.016
<b>Cuneta en asfalto</b>	
Suave	0.013

Áspero	0.015
<b>Pavimento rígido</b>	
Terminado con llana	0.014
Terminado con escoba	0.016
<b>Adoquinado</b>	0.02

\* Cunetas con pendientes longitudinales bajas (menores al 2%) son propensas a sufrir acumulación de sedimentos, en cuyo caso los valores indicados en la tabla deben incrementarse entre 0.002 y 0.005.

Nota. Adaptado de *Drenaje Urbano Elementos de Diseño: Drenaje Urbano No Convencional* (p. 98), por Rodríguez H., 2013, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Por otro lado, para el flujo en cuneta de sección compuesta es necesario considerar que existen dos tipos de caudales de aporte: el flujo frontal  $Q_w$  que se mueve por la pendiente transversal o depresión de la cuneta  $S_w$  y el flujo lateral  $Q_s$  que se desarrolla por la pendiente transversal de la vía  $S_x$ ; por lo tanto, el flujo total  $Q$  será igual a la suma de ambos (Rodríguez, 2013).

$$Q = Q_w + Q_s$$

*Ecuación 5. Flujo en cuneta de sección compuesta. Fuente: Rodríguez (2013)*

Tomando en cuenta las consideraciones antes mencionadas, la geometría de la sección compuesta mostrada en la **Figura 19** y con base en la **Ecuación 3**, las ecuaciones hidráulicas para flujo frontal y lateral están dadas por las siguientes expresiones (Rodríguez, 2013):

$$Q_w = \frac{K_e}{n} * S_w^{1.67} * S_L^{0.5} * (T_1 - T_q)^{2.67}$$

*Ecuación 6: Flujo frontal. Fuente: Rodríguez (2013)*

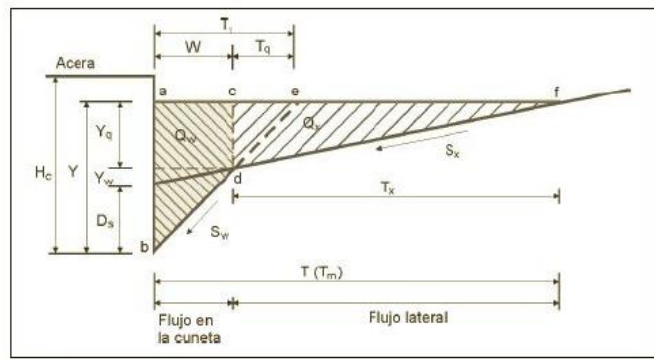
$$Q_s = \frac{K_e}{n} * S_x^{1.67} * S_L^{0.5} * (T_x)^{2.67}$$

*Ecuación 7: Flujo lateral. Fuente: Rodríguez (2013)*

Donde:

- $Q_w$ : flujo frontal ( $m^3/s$  o  $ft^3/s$ )
- $Q_s$ : flujo lateral ( $m^3/s$  o  $ft^3/s$ )
- $K_e$ : constante de valor = 0.376 (sistema internacional) o 0.56 (sistema inglés)
- $S_w$ : pendiente transversal de la cuneta (m/m o ft/ft)
- $S_L$ : pendiente longitudinal de la vía (m/m o ft/ft)
- $S_x$ : pendiente transversal de la vía (m/m o ft/ft)
- $T_1, T_q, T_x$ : anchos de esparcimiento, ver **Figura 19** (m o ft).

Figura 19. Geometría de cuneta de sección compuesta.



Nota. Tomado de *Drenaje Urbano Elementos de Diseño: Drenaje Urbano No Convencional* (p. 94), por Rodríguez H., 2013, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

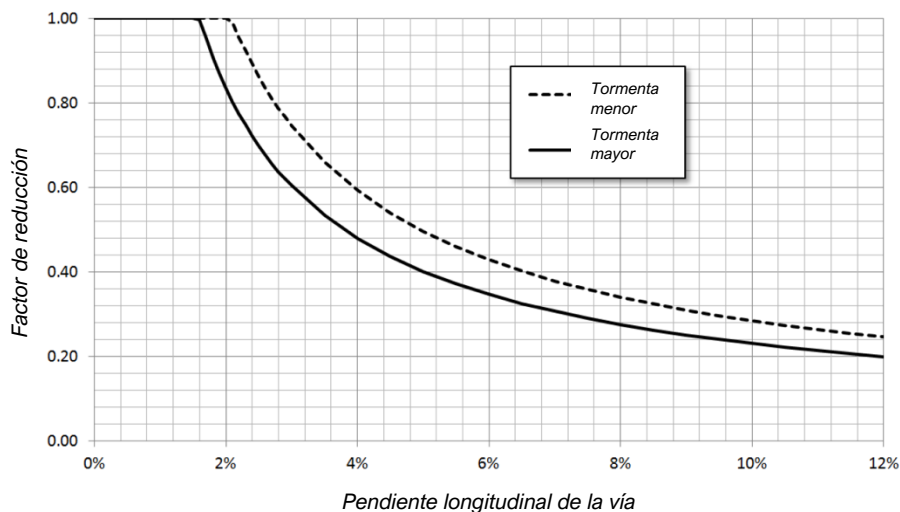
La capacidad hidráulica admisible de una vía, según Rodríguez (2013), está definida por su clasificación, geometría de su sección transversal, dureza de la superficie y por el criterio de esparcimiento admisible según su tipología, y está dada por el mínimo valor entre dos condiciones de flujo:

- Capacidad máxima de calle cuando la profundidad (calado) es igual a la altura del bordillo multiplicada por un factor de reducción (Ver **Figura 20**), y
- Capacidad admisible para el ancho de esparcimiento máximo dado por normativa en función del período de retorno.

$$Q_{adm} = \text{Min}[Q_{\text{esparcimiento máximo}}, Q_{\text{cuneta llena}} * FR]$$

**Ecuación 8.** Capacidad hidráulica admisible de calle. Fuente: Rodríguez (2013)

Figura 20. Factor de reducción para flujo en cuneta en función de la pendiente.



Nota. Tomado de *Urban Storm Drainage Criteria Manual: Volume 1. Management, Hydrology, And Hydraulics* (p. 7-11), por Urban Drainage and Flood Control District, 2016, UDFCD.

### **Factor de obstrucción de sumideros**

Es normal que durante eventos de precipitación los escombros, basura y otros materiales sólidos que se encuentran sobre la vía sean arrastrados por el primer lavado hacia las estructuras de entrada al sistema de alcantarillado, obstruyendo el paso de agua, lo que implica una reducción del caudal de captación de los sumideros, por lo que, un adecuado diseño debe considerar el nivel de obstrucción a la que estará sometida la estructura, a través de la definición de un factor de obstrucción (Rodríguez, 2013).

**Figura 21.** Obstrucción de un sumidero de rejilla.



*Nota.* Tomado de *Urban Storm Drainage Criteria Manual: Volume 1. Management, Hydrology, And Hydraulics* (p. 7-28), por Urban Drainage and Flood Control District, 2016, UDFCD.

Como práctica común para diseño del drenaje de vías, la UDFCD (2016) recomienda que el factor de obstrucción sea de  $C = 50\%$  para sumideros de rejilla individuales y  $C = 10\%$  para sumideros laterales individuales.

Cuando sea necesario disponer conjuntamente de varios sumideros para captar la totalidad de la escorrentía, como se muestra en la **Figura 22**, es lógico pensar que las entradas ubicadas aguas abajo no tendrán la misma obstrucción que aquellas localizadas aguas arriba por lo que el factor de obstrucción aplicado a estas entradas con múltiples sumideros debe irse reduciendo a medida que la longitud de la estructura de entrada aumenta, (UDFCD, 2016).

**Figura 22.** Sumidero combinado de dos unidades



*Nota.* Tomado de *Storm Sewer Inlets: Often Overlooked in Cases of Street Flooding*, por Rehak B., 2020, <https://reduceflooding.com/2020/03/03/storm-sewer-inlets-often-overlooked-in-cases-of-street-flooding/>

Para considerar estos efectos, la UDFCD (2016) propone una reducción no lineal del factor de obstrucción, determinado a través de la siguiente expresión:

$$C = \frac{1}{N} (C_o + eC_o + e^2C_o + e^3C_o + \dots + e^{N-1}C_o) = \frac{KC_o}{N}$$

**Ecuación 9.** Ecuación general para el factor de obstrucción para sumideros de unidades múltiples. Fuente: UDFCD (2016)

Donde:

- C: factor de obstrucción para sumideros de múltiples unidades
- C<sub>o</sub>: factor de obstrucción de un sumidero individual
- e: índice de reducción menor a la unidad
  - e=0.5 para sumideros de rejilla
  - e=0.25 para sumideros laterales
- N: número de unidades de rejilla o 1/5 de la longitud de la abertura en sumideros laterales
- K: coeficiente de obstrucción normalizado, ver **Tabla 8**.

**Tabla 8.** Coeficiente de obstrucción K para sumideros individuales y de unidades múltiples.

N (rejilla) o L/5 (laterales)	1	2	3	4	5	6	7	8	>8
K sumideros de rejilla	1	1.5	1.75	1.88	1.94	1.97	1.98	1.99	2
K sumideros laterales	1	1.25	1.31	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33

*Nota.* Adaptado de *Urban Storm Drainage Criteria Manual: Volume 1. Management, Hydrology, And Hydraulics* (p. 7-28), por Urban Drainage and Flood Control District, 2016, UDFCD.

Cuando el número de unidades es alto, la ecuación del factor de obstrucción converge a la siguiente expresión, la cual considera el taponamiento únicamente de las primeras unidades del sumidero múltiple (UDFCD, 2016).

$$C = \frac{C_o}{N(1 - e)}$$

**Ecuación 10.** Ecuación simplificada para el factor de obstrucción para sumideros de unidades múltiples. Fuente: UDFCD (2016)

Una vez obtenido el factor de obstrucción, es necesario aplicarlo al diseño del sumidero en función del tipo de estructura de entrada, la UDFCD (2016) establece que, para sumideros en pendiente, la captación de escorrentía es proporcional a la longitud de la estructura de entrada mientras que, para sumideros en puntos bajos o depresiones, la captación es proporcional al área de entrada.

## 2.3. Sumideros de rejilla

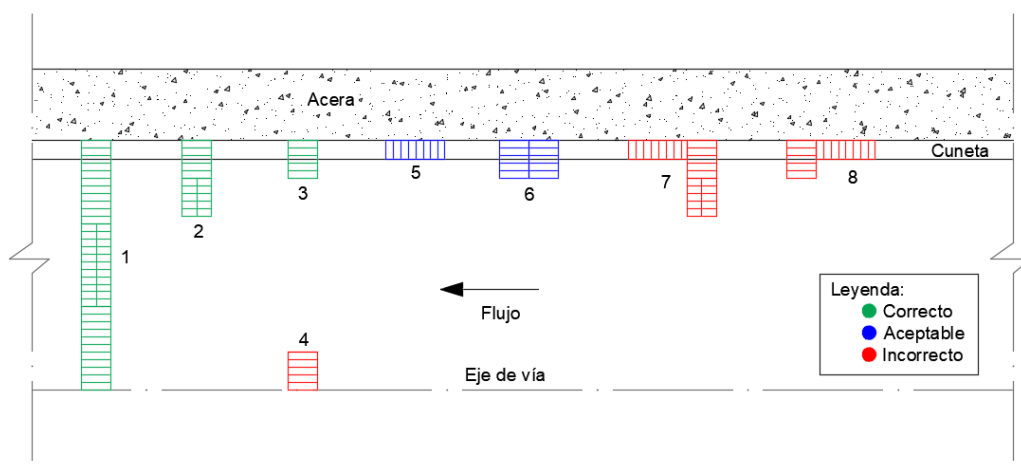
### 2.3.1. Consideraciones hidráulicas y de diseño

En general, la capacidad hidráulica de los sumideros está dada por su geometría, ubicación, características hidráulicas de la cuneta y esparcimiento máximo permitido; existen dos clases principales de sumideros de rejilla según su localización: aquellos ubicados en puntos bajos de la vía o depresiones y aquellos localizados sobre un tramo con pendiente (Rodríguez, 2013).

Debido a la tendencia de obstrucción y taponamiento de sus rejillas, estos sumideros no se recomiendan como unidades individuales en puntos bajos, además, este tipo de estructuras pierden capacidad con el incremento de la pendiente y deben diseñarse tomando en cuenta la seguridad del tráfico de bicicletas, las cuales pueden caer en las separaciones de barras de las rejillas (Rodríguez, 2013). Algunas recomendaciones para el diseño de este tipo de sumideros según Rodríguez (2013) son las siguientes:

- En calles con pendientes pronunciadas de 3% o más, localizarlos en cunetas o canales laterales.
- Cuando la rejilla ocupe una parte o toda la calzada no se deben colocar depresiones.
- Es recomendable estandarizar el tamaño de sumideros y rejillas para disminuir costos.
- Evitar su uso en vías arteriales o distribuidoras.
- La **Figura 23** presenta 8 configuraciones distintas para disposición de rejillas en la calle según Rodríguez (2013).

**Figura 23.** Disposiciones recomendadas de rejillas en la calle.

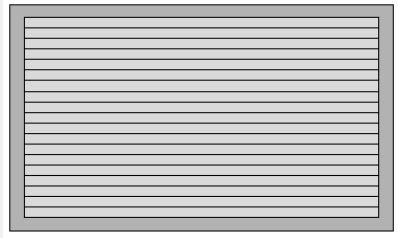
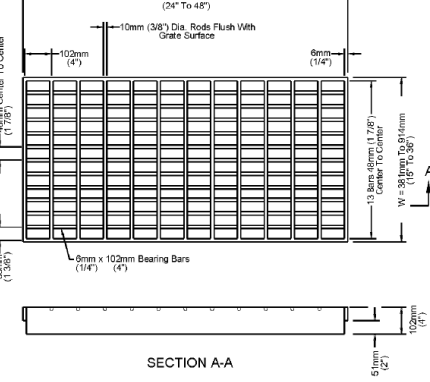
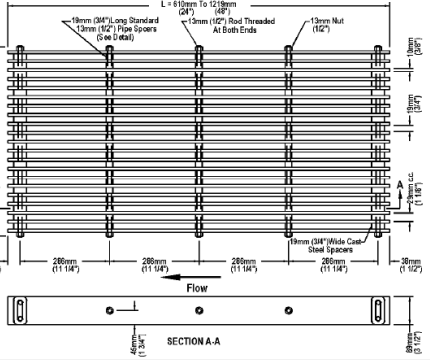


*Nota.* Elaboración propia con base en las recomendaciones dadas en el libro *Drenaje Urbano Elementos de Diseño: Drenaje Urbano No Convencional*, por Rodríguez (2013).

### 2.3.2. Tipos de rejillas

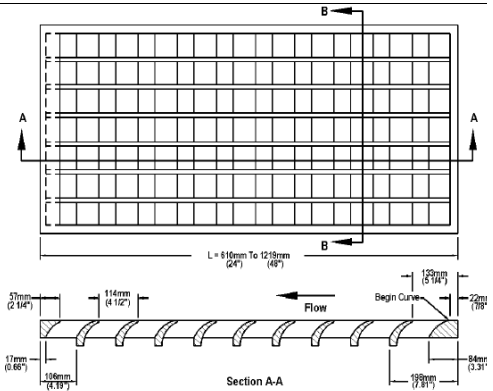
La capacidad de interceptación y la eficiencia de un sumidero de rejilla depende de varios factores, entre ellos, la configuración o tipo de rejilla. Existen varios tipos de rejillas dependiendo de la normativa que se aplique para su fabricación. La FHWA en su Manual HEC-22 (2013), por ejemplo, clasifica a las rejillas en ocho configuraciones diferentes que se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 9.** Clasificación de rejillas de la FHWA.

Tipo de rejilla	Descripción	Ilustración esquemática
<p>P-50mm (P-50)</p>	<p>Rejilla de barras longitudinales espaciadas 48mm de centro a centro. No es segura para el tráfico de bicicletas.</p> <p>Porcentaje de área libre (<i>opening ratio</i>) <math>m = 90\%</math></p>	 <p>P-50mm</p>
<p>P-50mmx100mm (P-50x100)</p>	<p>Rejilla cuadriculada con barras longitudinales espaciadas 48mm de centro a centro y barras transversales espaciadas 102mm centro a centro. Hidráulicamente eficiente para flujos de baja velocidad.</p> <p>Porcentaje de área libre (<i>opening ratio</i>) <math>m = 80\%</math></p>	 <p>SECTION A-A</p>
<p>P-30mm (P-30)</p>	<p>Rejilla de barras longitudinales espaciadas 29mm con barras transversales de soporte espaciadas 286mm centro a centro. Hidráulicamente eficiente para flujos de alta velocidad.</p> <p>Porcentaje de área libre (<i>opening ratio</i>) <math>m = 60\%</math></p>	 <p>SECTION A-A</p>

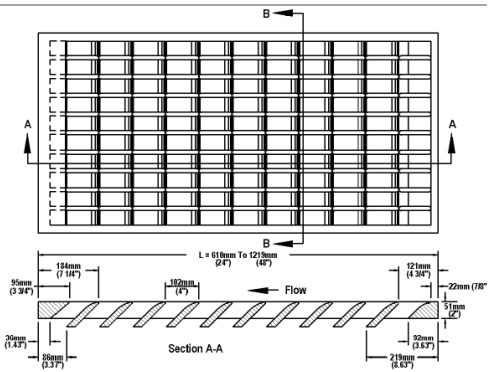
Barra Curvada Rejilla de barras transversales curvadas separadas 108mm con barras longitudinales de soporte espaciadas 83mm. Hidráulicamente eficiente para flujos de alta velocidad.

Porcentaje de área libre (*opening ratio*)  $m = 35\%$



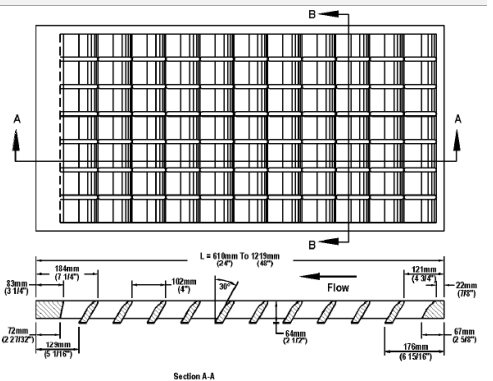
45°- 85mm Barra inclinada Rejilla de barras transversales inclinadas a 45° espaciadas 102mm con barras longitudinales de soporte espaciadas 83mm. Hidráulicamente eficiente para flujos de baja velocidad.

Porcentaje de área libre (*opening ratio*)  $m = 34\%$



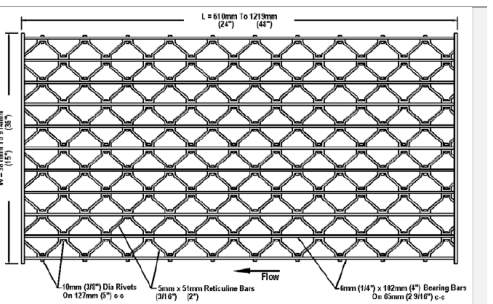
30°- 85mm Barra inclinada Rejilla de barras transversales inclinadas a 30° espaciadas 102mm con barras de soporte longitudinales espaciadas 83mm. Hidráulicamente eficiente para flujos de baja velocidad.

Porcentaje de área libre (*opening ratio*)  $m = 34\%$



Reticulada (*Reticuline*) Rejilla de barras laterales en forma de panal de abejas con barras longitudinales de soporte. Hidráulicamente eficiente para flujos de baja velocidad.

Porcentaje de área libre (*opening ratio*)  $m = 80\%$

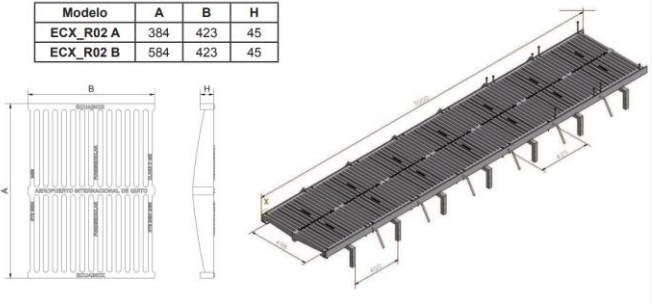
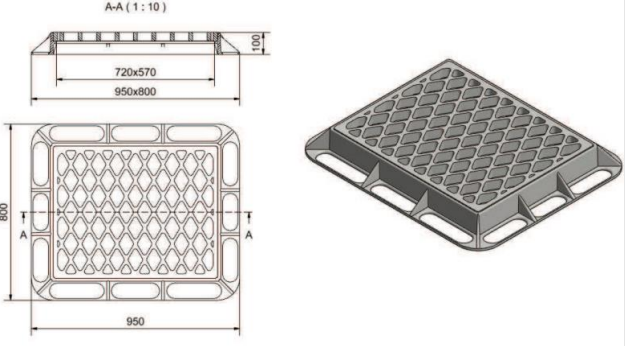
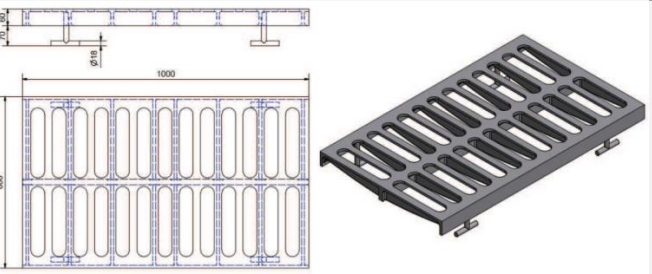


Nota. Elaborado con base en el *Urban Drainage Design Manual HEC-22. FHWA-NHI-10-009* (p. 4-31, A-18), por Federal Highway Administration, 2012, FHWA.

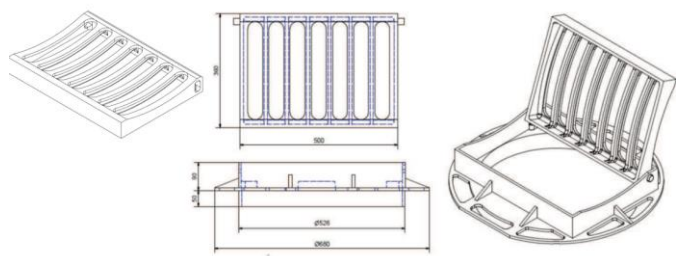
Existen otras normativas que presentan distintos tipos de rejillas, sin embargo, el método de diseño estudiado se basa en la eficiencia de las rejillas descritas previamente.

Particularmente en Ecuador, las rejillas se encuentran normadas por la NTE INEN-2496, sin embargo, este estándar está enfocado en las características mecánicas de las rejillas y solo presenta un acercamiento general a los parámetros hidráulicos mínimos que deben cumplir, sin detallar una geometría específica para su fabricación, por lo que esta queda a discreción del fabricante. A continuación, se presenta una lista de algunas de las rejillas para sumideros fabricadas en Ecuador por la empresa Fundireciclar S.A.

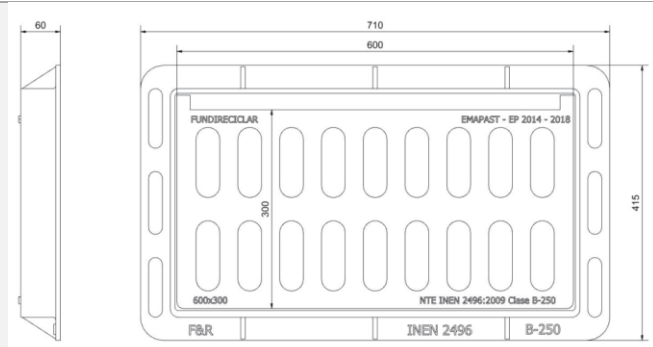
**Tabla 10.** Rejillas fabricadas según INEN 2492.

Tipo de rejilla	Descripción	Ilustración esquemática												
Rejilla ECX_R02 C400	Rejilla rectangular con longitud de 3m montada en marcos de acero laminado, fabricada en conformidad con la Clase C400 de la norma INEN 2492.	<table border="1" data-bbox="874 808 1121 869"> <thead> <tr> <th>Modelo</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ECX_R02 A</td> <td>384</td> <td>423</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>ECX_R02 B</td> <td>584</td> <td>423</td> <td>45</td> </tr> </tbody> </table> 	Modelo	A	B	H	ECX_R02 A	384	423	45	ECX_R02 B	584	423	45
Modelo	A	B	H											
ECX_R02 A	384	423	45											
ECX_R02 B	584	423	45											
Conjunto ECX_R04 600x750 C400	Rejilla rectangular 600x750 mm con marco de fundición de hierro dúctil y superficie con acabado de rombos, fabricada en conformidad con la Clase C400 de la norma INEN 2492.													
Rejilla ECX_R05 C400	Rejilla rectangular 1000x600 mm de hierro dúctil para instalación directa en hormigón, fabricada en conformidad con la Clase C400 de la norma INEN 2492.													

Conjunto rejilla sumidero HD 500x360 B250  
 Rejilla para sumidero rectangular 500x360 mm abisagrada de hierro dúctil para instalación directa en hormigón con barrotes curvos, fabricada en conformidad con la Clase B250 de la norma INEN 2492.



Conjunto rejilla sumidero 600x300 B250  
 Rejilla para sumidero rectangular 600x300 mm abisagrada de hierro dúctil para instalación directa en hormigón con barrotes rectos, fabricada en conformidad con la Clase B250 de la norma INEN 2492.



Nota. Elaborado con base en el *Catálogo de productos Fundireciclar S.A. de Tapas y Rejillas* obtenido de <http://www.ecuainox.com/catalogos/tapas-rejillas.pdf>

### 2.3.3. Sumideros de rejilla sobre un tramo con pendiente

La capacidad hidráulica de un sumidero de rejilla en pendiente está definida por las características hidráulicas de la cuneta y el esparcimiento máximo permitido de la vía, para diseñarlo, se debe primero seleccionar el tipo de rejilla, seguido por sus dimensiones de largo y ancho, y por último la relación de obstrucción (Rodríguez, 2013).

El diseño de sumideros de rejilla en pendiente se basa en la cantidad de flujo  $Q_i$  que intercepta el sumidero respecto al flujo total  $Q$  que pasa por la cuneta; por lo general, este tipo de sumideros son más eficientes captando el flujo frontal  $Q_w$  que el flujo lateral  $Q_s$ , por lo que es común en el diseño incrementar la pendiente transversal de la cuneta, aumentar el ancho de la depresión de la cuneta o extender la rejilla hasta que llegue a la vía para maximizar la eficiencia del sumidero (Fair et. al, 2011).

Para cunetas con sección compuesta, la relación entre flujo frontal y el flujo total  $E_o$ , se calcula con la siguiente expresión:

$$E_o = \frac{Q_w}{Q} = \left(\frac{S_w}{S_x}\right)^{1.67} * \left[ \left(\frac{T_1}{T_x}\right)^{2.67} - \left(\frac{T_1 - W}{T_x}\right)^{2.67} \right]$$

**Ecuación 11.** Relación del flujo frontal y el flujo total en cuneta para una pendiente transversal compuesta.

Fuente: Rodríguez (2013)

En caso de que la pendiente transversal sea uniforme, sin depresión en la cuneta,  $S_w = S_x$  y  $T_1 = T_x$  por lo que la ecuación que determina eficiencia del sumidero se reduce a:

$$E_o = \frac{Q_w}{Q} = 1 - \left(1 - \frac{W}{T}\right)^{2.67}$$

**Ecuación 12.** Relación del flujo frontal y el flujo total en cuneta para una pendiente transversal uniforme.

Fuente: FHWA (2013)

Donde:

- $Q_w$ : flujo frontal interceptado por el sumidero ( $m^3/s$  o  $ft^3/s$ )
- $Q$ : flujo total en cuneta ( $m^3/s$  o  $ft^3/s$ )
- $S_w$ : pendiente transversal de la cuneta (m/m o ft/ft)
- $S_x$ : pendiente transversal de la vía (m/m o ft/ft)
- $T_1, T_x, T$ : anchos de esparcimiento, ver **Figura 19** (m o ft)
- $W$ : ancho de la rejilla (m o ft)

El porcentaje de interceptación de flujo frontal  $R_f$ , según Fair et. al (2011), está dado por la **Ecuación 13** cuando  $V > V_o$ , caso contrario  $R_f = 1.0$ .

$$R_f = 1 - K_{cf}(V - V_o)$$

**Ecuación 13.** Porcentaje de interceptación de flujo frontal cuando  $V > V_o$ . Fuente: Fair et. al (2011)

Donde:

- $K_{cf}$ : constante de valor = 0.295 (sistema internacional) o 0.009 (sistema inglés)
- $V$ : velocidad promedio del flujo en cuneta en el punto del sumidero (m/s o ft/s), calculada como la relación entre el flujo en cuneta  $Q$  y el área de la sección transversal  $A$  determinada por su geometría.
- $V_o$ : velocidad de salpicadura del sumidero (m/s o ft/s)

La velocidad de salpicadura (*splash-over velocity*)  $V_o$ , según Fair et. al (2011), es la mínima velocidad del flujo en cuneta capaz de inducir una inercia suficiente que produzca que una parte del flujo salte por encima de las aberturas de la rejilla y siga su camino aguas abajo; esta depende del tipo, tamaño y forma de rejilla y puede encontrarse usando el nomograma desarrollado por la FHWA (2013) para sus rejillas estándar en función de la longitud de la rejilla (Ver **Anexo 1**) o puede calcularse a través de la **Ecuación 14**, una fórmula empírica desarrollada para distintos tipos de rejilla (Rodríguez, 2013).

$$V_o = p + qL_e - r(L_e)^2 + s(L_e)^3$$

**Ecuación 14.** Fórmula empírica para la velocidad de salpicadura. Fuente: Rodríguez (2013)

$$L_e = (1 - C) * L$$

**Ecuación 15.** Longitud efectiva no obstruida de sumidero en pendiente. Fuente UDFCD (2016)

Donde:

- p, q, r, s: constantes empíricas de rejilla
- $L_e$ : longitud efectiva no obstruida de la rejilla (m o ft)
- L: longitud de la rejilla del sumidero (m o ft)
- C: factor de obstrucción de la rejilla

**Tabla 11.** Parámetros para calcular la velocidad de salpicadura sobre distintos tipos de rejillas FHWA.

Tipo de rejilla	p	q	r	s
P-50	0.6767	4.0300	2.1325	0.6458
P-30	0.5364	3.1200	1.4764	0.3229
P-50x100	0.2256	2.4400	0.8858	0.2153
Barras curvadas	0.4210	2.7800	0.9840	0.2150
45° Tilt Bar	0.3018	2.6400	1.1811	0.3229
30° Tilt Bar	0.1554	2.3400	0.6562	0.1076
Reticulada	0.0853	2.2800	0.5906	0.1076

Nota. Adaptado de *Drenaje Urbano Elementos de Diseño: Drenaje Urbano No Convencional* (p. 128), por Rodríguez H., 2013, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

El porcentaje de intercepción de flujo lateral  $R_s$ , está dado por la expresión:

$$R_s = \frac{1}{1 + \frac{K_{cs} V^{1.8}}{S_x * (L_e)^{2.3}}}$$

**Ecuación 16.** Porcentaje de intercepción de flujo lateral. Fuente: Fair et. al (2011)

Donde:

- $K_{cs}$ : constante de valor = 0.0828 (sistema internacional) o 0.15 (sistema inglés)
- V: velocidad promedio del flujo en cuneta en el punto del sumidero (m/s o ft/s)
- $S_x$ : pendiente transversal de la calzada o bombeo (m/m o ft/ft)
- $L_e$ : longitud efectiva de la rejilla (m o ft).

Una vez obtenidos los índices de intercepción frontal y lateral del sumidero, es posible calcular la eficiencia  $E$  del sumidero, su capacidad total de intercepción  $Q_i$  y el flujo de arrastre o caudal no interceptado  $Q_b$ .

$$E = R_f E_o + R_s (1 - E_o)$$

**Ecuación 17.** Eficiencia de un sumidero de rejilla en pendiente. Fuente: FHWA (2013)

$$Q_{ip} = E * Q$$

**Ecuación 18.** Flujo total interceptado por un sumidero de rejilla en pendiente. Fuente: Fair et. al (2011)

$$Q_b = Q - Q_i$$

**Ecuación 19.** Flujo de arrastre no interceptado por el sumidero de rejilla en pendiente. Fuente: FHWA (2013)

Donde:

- Q: flujo total en cuneta (m<sup>3</sup>/s o ft<sup>3</sup>/s)
- R<sub>f</sub>: índice de interceptación de flujo frontal
- R<sub>s</sub>: índice de interceptación de flujo lateral
- E<sub>o</sub>: relación entre flujo frontal y el flujo total en cuneta

### 2.3.4. Sumideros de rejilla en un punto bajo o depresión

Para sumideros localizados en puntos bajos de la vía, Rodríguez (2013) establece que la capacidad hidráulica debe calcularse como la capacidad de un vertedero (*weir*) cuando la profundidad del agua sobre la estructura de entrada es baja, o como un orificio (*orifice*) si el sumidero trabaja sumergido.

Si el sumidero no está sumergido y trabaja como vertedero:

$$Q_i = C_w * P_e * d^{1.5}$$

**Ecuación 20.** Flujo interceptado por una rejilla trabajando como vertedero. Fuente: FHWA (2013)

Donde:

- Q<sub>i</sub>: capacidad de interceptación del sumidero de rejilla (m<sup>3</sup>/s o ft<sup>3</sup>/s)
- C<sub>w</sub>: coeficiente de vertedero = 1.66 (sistema internacional) o 3.0 (sistema inglés)
- d: profundidad del flujo (calado) medida desde la cara superior de la rejilla hasta espejo de agua (m o ft)
- P<sub>e</sub>: perímetro efectivo de la rejilla (m o ft), se calcula considerando la longitud efectiva L<sub>e</sub> afectada por el factor de obstrucción C, y dependiendo de su ubicación considera o no el lado del bordillo

$$P_e = 2W + L_e$$

**Ecuación 21.** Perímetro efectivo de rejilla con bordillo adyacente. Fuente: Rodríguez (2013)

$$P_e = 2(W + L_e)$$

**Ecuación 22.** Perímetro efectivo de rejilla sin bordillo adyacente. Fuente: Rodríguez (2013)

Donde:

- L<sub>e</sub>: longitud efectiva de la rejilla (m o ft)
- W: ancho de la rejilla (m o ft)

Si el sumidero está sumergido y trabaja como orificio:

$$Q_i = C_o A_e (2gd)^{0.5}$$

**Ecuación 23.** Flujo interceptado por una rejilla trabajando como orificio. Fuente: FHWA (2013)

Donde:

- $Q_i$ : capacidad de interceptación del sumidero de rejilla ( $m^3/s$  o  $ft^3/s$ )
- $C_o$ : coeficiente de orificio = 0.67
- $g$ : aceleración de la gravedad =  $9.81 m/s^2$  (sistema internacional) o  $32.16 ft/s^2$  (sistema inglés)
- $d$ : profundidad del flujo (calado) medida desde la cara superior de la rejilla hasta espejo de agua (m o ft)
- $A_e$ : área efectiva libre de la rejilla ( $m^2$  o  $ft^2$ ) que considera el factor de obstrucción  $C$ , las dimensiones de la rejilla  $W$ ,  $L$  y el porcentaje de área libre de la rejilla  $m$ .

$$A_e = mWL * (1 - C)$$

*Ecuación 24. Área efectiva libre de la rejilla. Fuente: Rodríguez (2013)*

Donde:

- $C$ : factor de obstrucción de la rejilla
- $m$ : porcentaje de área libre de la rejilla (*opening ratio*) (Ver **Tabla 9**)
- $L$ : longitud de la rejilla (m o ft)
- $W$ : ancho de la rejilla (m o ft)

En la práctica, la capacidad de interceptación real de un sumidero de rejilla en punto bajo  $Q_{iD}$  para una profundidad (calado) de agua conocida, está dada por el menor valor entre la capacidad de la rejilla trabajando como vertedero y como orificio (UDFCD, 2016).

$$Q_{iD} = \text{Min}[(Q_i)_{\text{vertedero}}, (Q_i)_{\text{orificio}}]$$

*Ecuación 25. Capacidad de interceptación de un sumidero de rejilla en punto bajo. Fuente: Rodríguez (2013)*

### 2.3.5. Sumideros ranurados de captación lineal

Los sumideros ranurados o de captación lineal consisten en una faja horizontal de rejilla colocada encima de un canal o zanja, y pueden disponerse de manera longitudinal o transversal a la vía; son eficientes para vías con pendientes longitudinales altas y en puntos donde el ancho de esparcimiento es grande (Rodríguez, 2013).

Su capacidad hidráulica depende de la longitud de entrada y de la profundidad del flujo (calado) sobre la rejilla y puede ser colocado paralelo al flujo cuando no hay riesgos de obstrucción, en cuyo caso trabaja como un vertedero lateral si el calado es menor a 6cm, o como orificio si el calado supera los 12cm (Rodríguez, 2013).

$$Q_i = C_w * L * d^{1.5}$$

*Ecuación 26. Flujo interceptado por un sumidero ranurado trabajando como vertedero. Fuente: FHWA (2013)*

$$Q_i = 0.8LW(2gd)^{0.5}$$

*Ecuación 27. Flujo interceptado por una rejilla trabajando como orificio. Fuente: FHWA (2013)*

Donde:

- $Q_i$ : capacidad de interceptación del sumidero ranurado ( $m^3/s$  o  $ft^3/s$ )
- $C_w$ : coeficiente de vertedero = 1.4 (sistema internacional) o 2.48 (sistema inglés)
- $d$ : profundidad del flujo (calado) medida desde la cara superior de la rejilla hasta espejo de agua (m o ft)
- $L$ : longitud de la ranura (m o ft)
- $W$ : ancho de la ranura (m o ft)

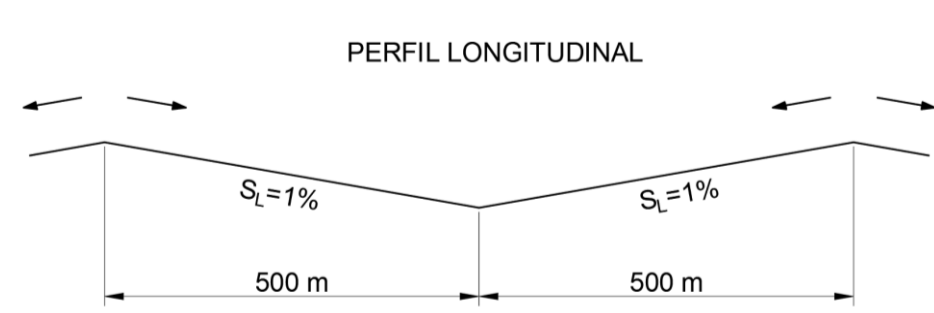
Cuando se colocan en sentido transversal al flujo, trabajan como sumideros de rejilla por lo que se pueden utilizar las mismas ecuaciones para determinar su capacidad y eficiencia, tomando en cuenta el factor de obstrucción para unidades múltiples, asumiendo una velocidad de salpicadura  $V_o = 0.3 m/s$  y considerando que no existe flujo lateral (Rodríguez, 2013).

### 2.3.6. Ejemplo de aplicación

Aplicando los conceptos estudiados en este capítulo, se ilustrará el proceso de diseño de un sumidero de rejilla a través de un ejemplo de elaboración propia basada en ejercicios de aplicación resueltos por Taylor (2020), Rodríguez (2013) y FHWA (2013):

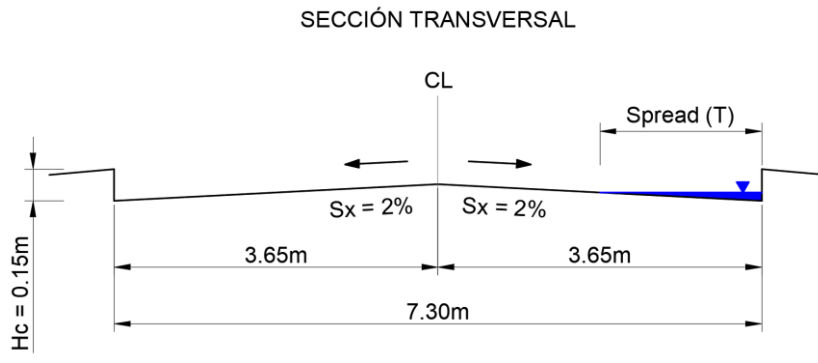
Diseñar el sistema de sumideros de rejilla adyacentes al bordillo para una vía local de alto tráfico vehicular sin tráfico de bicicletas ubicada en una zona comercial del sector Ñaquito (centro financiero de la ciudad de Quito) hecha de pavimento asfáltico de textura áspera. Las características del perfil longitudinal y la sección transversal de la vía se muestran a continuación. Evaluar la eficiencia de los sumideros en pendiente y la del último sumidero del sistema en punto bajo.

**Figura 24.** Perfil longitudinal del ejemplo de aplicación.



*Nota.* Elaboración propia con base en el ejercicio resuelto por Taylor (2020).

Figura 25. Sección transversal ejemplo de aplicación.



Nota. Elaboración propia con base en el ejercicio resuelto por Taylor (2020).

### Datos

Dado el tipo de vía, su geometría, características físicas, perfiles y sector en el que se encuentra es posible obtener los siguientes datos:

Tabla 12. Datos obtenidos para el ejemplo de aplicación.

<b>Tormenta de diseño</b>	$T_r = 10$	años	Período de retorno de diseño para vía local de alto tráfico (Ver <b>Tabla 1</b> y <b>Tabla 2</b> )
	$C = 0,95$		Coefficiente de escorrentía para superficies en zona comercial del centro de la ciudad (Ver <b>Tabla 4</b> )
	$t_c = 5$	min	Tiempo de concentración mínimo (FHWA, 2013)
<b>Información vía</b>	$S_L = 1\%$		Pendiente longitudinal
	$S_x = 2\%$		Pendiente transversal (bombeo)
	$H_c = 0,15$	m	Altura del bordillo
	$T = 1,825$	m	Ancho de esparcimiento (spread) máximo permitido para una vía local de alto tráfico (Ver <b>Tabla 2</b> )
	$n = 0,016$		Coefficiente de rugosidad de Manning para pavimento asfáltico de textura áspera (Ver <b>Tabla 7</b> )
	$W_{mv} = 3,65$	m	Ancho de la mitad de la vía
	$W_T = 7,3$	m	Ancho total de la vía
	$L_T = 500$	m	Longitud total de la vía

## Solución parte 1: Capacidad hidráulica de la vía y ubicación del sumidero

### 1.1. Capacidad hidráulica admisible de la vía

- Condición 1: capacidad física máxima

La capacidad física máxima de la vía se da cuando la cuneta trabaja llena, es decir, cuando la profundidad del flujo  $d$  es igual a la altura del bordillo  $H_c$ . Con la **Ecuación 3**:

$$Q = \frac{K_e}{n * S_x} * S_L^{0.5} * d^{2.67} = \frac{0,376}{0,016 * 0,02} * 0,01^{0.5} * 0,15^{2.67}$$
$$Q_1 = 0,742 \frac{m^3}{s}$$

- Condición 2: capacidad máxima para ancho de esparcimiento admisible

Tomando en cuenta que el ancho de esparcimiento admisible para una vía local de alto tráfico es de medio carril (ver **Tabla 2**), se determina la capacidad con la **Ecuación 4**:

$$Q = \frac{K_e}{n} * S_x^{1.67} * S_L^{0.5} * T^{2.67} = \frac{0,376}{0,016} * 0,02^{1.67} * 0,01^{0.5} * 1,825^{2.67}$$
$$Q_2 = 0,017 \frac{m^3}{s}$$

- Capacidad hidráulica admisible de la vía

De la **Figura 21** se obtiene que para una pendiente  $S_L = 1\%$  el factor de reducción es de  $FR = 1,0$ . Aplicando la **Ecuación 8**:

$$Q_{adm} = \text{Min}[Q_{esparcimiento\ máximo}, Q_{cuneta\ llena} * FR] = \text{Min}[0,017; 1,0 * 0,742]$$
$$Q_{adm} = 0,017 \frac{m^3}{s}$$

### 1.2. Caudal pico de escorrentía: Método racional

- Intensidad de lluvia

Asumiendo un tiempo de concentración de  $T_c = 5 \text{ min}$  (mínimo establecido por UDFCD, 2016) y con el periodo de retorno de la tormenta de diseño de  $T_r = 10 \text{ años}$  se determinó una intensidad de  $I = 140,49 \text{ mm/hr}$  de la curva IDF de la **Figura 17** para el sector de Ñaquito.

- Área de drenaje

Como la vía se encuentra dentro de un desarrollo vertical (centro financiero de Quito), es posible definir el área de drenaje como el área de la calzada, la cual, al ser simétrica, se calcula como el producto entre el ancho de media vía  $W_{mv}$  y la distancia  $D_1$  entre el punto más alto y el primer sumidero. Como la distancia es desconocida, el área quedará en términos de  $D_1$  expresada en hectáreas.

$$A = W_{mv} * D_1 = \frac{3,65m * D_1}{10000 \frac{m}{Ha}}$$

$$A = 0,000365 * D_1 (Ha)$$

- Caudal pico de escorrentía

Aplicando la **Ecuación 1** correspondiente a la fórmula racional y considerando el coeficiente  $C = 95\%$  obtenido de la **Tabla 4**, se calcula el caudal en términos de la distancia:

$$Q = \frac{C * I * A}{K_u} = \frac{0,95 * 140,49 * 0,000365 * D_1}{360}$$

$$Q(D_i) = 0,000135322 * D_i \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

### 1.3. Distancia al primer sumidero

Para encontrar la distancia  $D_1$  entre el punto más alto y el primer sumidero del sistema, se iguala el caudal pico de escorrentía con la capacidad admisible de la vía y se despeja:

$$Q(D_i) = Q_{adm}$$

$$0,000135322 * D_1 = 0,017$$

$$D_{1m\acute{a}x} = 125,89 m$$

Esta distancia es la máxima permisible para que la escorrentía no exceda el ancho de esparcimiento admisible de la vía. Asumiendo un valor más conservador múltiplo de 10 metros para facilidad constructiva:

$$D_1 = 120 m$$

## **Solución parte 2: Capacidad de sumideros en pendiente**

### 2.1. Selección del tamaño, tipo de rejilla y longitud efectiva

Se asumen rejillas rectangulares de 30 cm x 50 cm y se calcula su longitud efectiva  $L_e$  con la **Ecuación 15** tomando en cuenta que al tratarse de sumideros individuales el factor de obstrucción es de  $C=50\%$  según lo establecido por UDFCD (2016).

$$L_e = (1 - C) * L = (1 - 0,50) * (0,60) = 0,30m$$

Para elegir el tipo de rejilla a usar, se toma en cuenta que no existe tráfico de bicicletas y se aplica como criterio de selección la mayor velocidad de salpicadura  $V_o$ , ya que mientras más alto sea su valor, el sumidero tendrá una mayor interceptación del flujo en pendiente. Esta velocidad  $V_o$  está dada por la **Ecuación 14** en función de los coeficientes empíricos de rejilla  $p, q, r, s$  (Ver **Tabla 11**). Cabe mencionar que las rejillas de especificación nacional no cuentan con estos coeficientes empíricos, por lo que en este ejemplo se utilizarán las rejillas estandarizadas por la FHWA.

$$V_o = p + qL_e - r(L_e)^2 + s(L_e)^3 = p + q(0,30) - r(0,30)^2 + s(0,30)^3$$

**Tabla 13.** Velocidades de salpicadura para la longitud efectiva del ejemplo de aplicación.

Tipo de rejilla	Coeficientes empíricos de rejilla				V <sub>o</sub> (m/s)
	p	q	r	s	
P-50	0,6767	4,03	2,1325	0,6458	1,561
P-50x100	0,2256	2,44	0,8858	0,2153	0,784
Curvada	0,421	2,78	0,984	0,215	1,058
45°-85	0,3018	2,64	1,1811	0,3229	0,893
30°-85	0,1554	2,34	0,6562	0,1076	0,701
Reticulada	0,0853	2,28	0,5906	0,1076	0,620

Se selecciona una rejilla tipo P-50 con velocidad de salpicadura de  $V_o=1,561$  m/s. Resumiendo las características de la rejilla seleccionada:

**Tabla 14.** Características de la rejilla seleccionada para sumideros en pendiente.

Rejilla tipo	W (m)	L (m)	L <sub>e</sub> (m)	V <sub>o</sub> (m/s)
P-50	0,3	0,5	0,25	1,561

## 2.2. Eficiencia de captación de flujo frontal

Al tratarse de una pendiente de sección uniforme se aplica la **Ecuación 12**:

$$E_o = 1 - \left(1 - \frac{W}{T}\right)^{2,67} = 1 - \left(1 - \frac{0,3}{1,825}\right)^{2,67}$$

$$E_o = 0,38$$

## 2.3. Índices de interceptación de flujo

- Flujo frontal

Para saber si la **Ecuación 13** del porcentaje de interceptación de flujo frontal es aplicable, es necesario determinar si la velocidad del flujo es mayor a la velocidad de salpicadura de la rejilla.

$$R_f = 1 - K_{cf}(V - V_o) \rightarrow \text{si } V > V_o$$

La velocidad del flujo  $V$  se puede encontrar aplicando la ecuación básica de la hidráulica en función del área transversal de la geometría de la cuneta:

$$V = \frac{Q_{adm}}{A_c} = \frac{0,017}{\frac{1}{2} * 1,825^2 * 0,02} = 0,511 \text{ m/s}$$

La velocidad de salpicadura es mayor a la velocidad del flujo en cuneta por lo que:

$$V = 0,511 \frac{m}{s} < V_o = 1,56 \frac{m}{s} \rightarrow R_f = 1,0 = 100\%$$

Este valor indica que la rejilla capta todo el flujo frontal que llega a ella.

- Flujo lateral

Aplicando la **Ecuación 16**:

$$R_s = \frac{1}{1 + \frac{K_{cs} V^{1.8}}{S_x * (L_e)^{2.3}}} = \frac{1}{1 + \frac{0,0828 * 0,511^{1.8}}{0,02 * (0,25)^{2.3}}}$$

$$R_s = 0,032 = 3\%$$

## 2.4. Eficiencia, capacidad de interceptación y flujo de arrastre no interceptado

- Eficiencia

Aplicando la **Ecuación 17**:

$$E = R_f E_o + R_s (1 - E_o) = 1,0 * 0,38 + 0,032 * (1 - 0,38)$$

$$E = 0,40 = 40\%$$

El sumidero de rejilla en pendiente intercepta el 40% del flujo total que recibe.

- Capacidad de interceptación

Aplicando la **Ecuación 18**:

$$Q_{iP} = E * Q_{adm} = 0,40 * 0,017$$

$$Q_{iP} = 0,00683 \frac{m^3}{s}$$

- Flujo de arrastre

El flujo no interceptado por el sumidero se calcula con la **Ecuación 19**:

$$Q_b = Q_{adm} - Q_{iP} = 0,017 - 0,00683$$

$$Q_b = 0,01021 \frac{m^3}{s}$$

## 2.5. Distancia y número de sumideros intermedios

El flujo que debe interceptar el siguiente sumidero será la suma entre el caudal de arrastre no interceptado por el sumidero anterior más la escorrentía generada por el área de drenaje local que interviene. Si se iguala este caudal con la capacidad admisible de la vía se obtiene la distancia  $D_2$  entre sumideros:

$$Q(D_i) + Q_b = Q_{adm}$$

$$0,000135322 * D_2 + 0,01021 = 0,017$$

$$D_{2m\acute{a}x} = 50,46 \text{ m}$$

Esta distancia es la máxima permisible para que la escorrentía no exceda el ancho de esparcimiento admisible de la vía. Asumiendo un valor más conservador múltiplo de 10 metros para facilidad constructiva:

$$D_2 = 50 \text{ m}$$

Se determina el número de sumideros intermedios como:

$$N = \frac{(L_T - D_1)}{D_2} = \frac{500 - 120}{50} = 7.6 = 7$$

### **Solución parte 3: Capacidad del último sumidero en punto bajo**

#### **3.1. Distancia al último sumidero**

La distancia entre el último sumidero en pendiente y el sumidero en el punto bajo del perfil longitudinal corresponde a la diferencia entre la longitud total y las distancias entre sumideros anteriores:

$$D_u = L_T - D_1 - N * D_2 = 500 - 120 - 7 * 50$$

$$D_u = 30 \text{ m}$$

#### **3.2. Selección del tamaño, tipo de rejilla y dimensiones efectivas**

Se asume una rejilla de 50 cm x 50 cm tomando en cuenta que el último sumidero del sistema ubicado en el punto más bajo debe interceptar todo el caudal que le llega, es decir su eficiencia debe ser del 100%. Para el tipo de rejilla se selecciona una P-50 tomando en cuenta que no hay tráfico de bicicletas y aplicando el criterio de la rejilla con mayor porcentaje de abertura  $m$  (Ver **Tabla 9**). Cabe mencionar que las rejillas de especificación nacional no cuentan con el porcentaje de abertura por lo que en este ejemplo se utilizarán las rejillas estandarizadas por la FHWA.

Con la rejilla seleccionada, se calculan sus dimensiones efectivas (longitud  $L_e$ , perímetro  $P_e$  y área  $A_e$ ) aplicando la **Ecuación 15**, **Ecuación 21** y **Ecuación 24**, y considerando un factor de obstrucción de  $C=50\%$  según lo establecido por UDFCD (2016) para sumideros de rejilla individuales.

$$L_e = (1 - C) * L = (1 - 0,50) * (0,50) = 0,25 \text{ m}$$

$$P_e = 2W + L_e = 2(0,5) + 0,25 = 1,25 \text{ m}$$

$$A_e = mWL * (1 - C) = 0,90 * 0,50 * 0,50 * (1 - 0,50) = 0,1125 \text{ m}^2$$

**Tabla 15.** Características de la rejilla seleccionada para sumideros en punto bajo.

Rejilla tipo	m %	Ancho W (m)	Largo L (m)	$L_e$ (m)	$P_e$ (m)	$A_e$ (m <sup>2</sup> )
P-50	90%	0,5	0,5	0,25	1,25	0,1125

### 3.3. Capacidad de interceptación y eficiencia

El caudal interceptado por el último sumidero debe ser la suma del flujo de arrastre  $Q_b$  más el caudal de escorrentía aportado por el área local  $Q(D_i)$  y debe ser menor al caudal admisible de la vía  $Q_{adm}$ .

$$Q_{i_u} = Q_b + Q(D_i) = 0,01021 + 0,000135322 * (30)$$

$$Q_{i_u} = 0,0143 \frac{m^3}{s} \leq Q_{adm} = 0,017 \frac{m^3}{s}$$

- Condición 1: vertedero

Asumiendo que el sumidero no está sumergido y trabaja como vertedero se aplica la **Ecuación 20** que está en función de la profundidad del flujo sobre la rejilla, el cual está dado por de la geometría y el espaciamiento admisible:

$$Q_{i_{vertedero}} = C_w * P_e * d^{1.5} = 1,66 * 1,25 * (0,02 * 1,825)^{1,5}$$

$$Q_{i_{vertedero}} = 0,0145 \frac{m^3}{s}$$

- Condición 2: orificio

Asumiendo que el sumidero está sumergido y trabaja como orificio se aplica la **Ecuación 23** que también está en función de la profundidad del flujo sobre la rejilla:

$$Q_{i_{orificio}} = C_o A_e (2gd)^{0,5} = 0,67 * 0,1125 * [2 * 9,81 * (0,02 * 1,825)]^{0,5}$$

$$Q_{i_{orificio}} = 0,064 \frac{m^3}{s}$$

- Capacidad de interceptación

Aplicando la **Ecuación 25**:

$$Q_{i_D} = \text{Min}[(Q_i)_{vertedero}, (Q_i)_{orificio}] = \text{Min}[0,0145; 0,064]$$

$$Q_{i_D} = 0,0145 \frac{m^3}{s}$$

- Eficiencia

La eficiencia del último sumidero debe ser del 100% ya que el agua no tiene a donde más escurrir. Con base en la **Ecuación 18**:

$$E = \frac{Q_i}{Q} = \frac{0,0145}{0,0143}$$

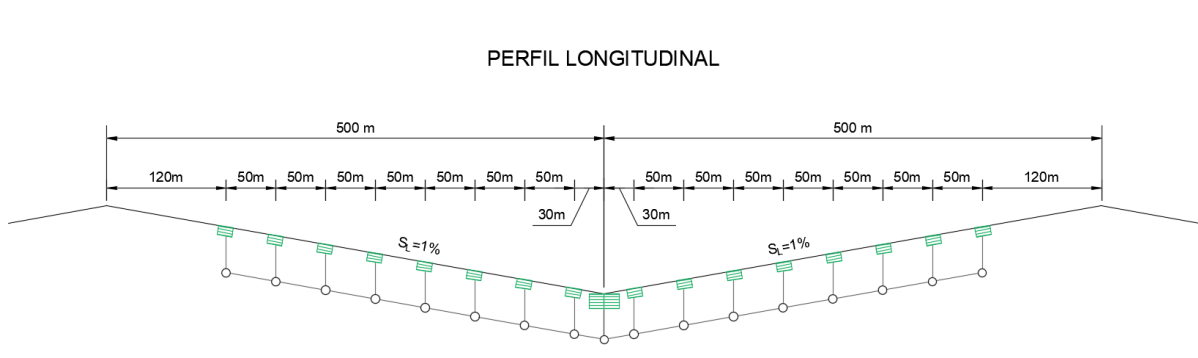
$$E = 101\% = 100\%$$

## Resumen de resultados y esquema del diseño

Tabla 16. Resumen de resultados del diseño de sumideros de rejilla.

	Tipo de rejilla	Largo (m)	Ancho (m)	Eficiencia	Capacidad (m <sup>3</sup> /s)
En pendiente	P-50	0,5	0,3	40%	0,00683
Punto bajo	P-50	0,5	0,5	100%	0,014

Figura 26. Esquema final del diseño de sumideros de rejilla realizado para el ejercicio de aplicación.



Nota. Como la vía es simétrica, es posible colocar la misma distribución y configuración de sumideros de rejilla en ambos lados del perfil longitudinal y transversal.

## **CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE DISEÑO DE REJILLAS DE SUMIDEROS**

### **3.1. Resumen metodológico**

En el presente capítulo se realizará un análisis y comparación de los lineamientos establecidos en la normativa nacional y local frente a estándares internacionales respecto al diseño de rejillas para sumideros. Se describirán brevemente las generalidades de cada estándar analizado para posteriormente explicar los requisitos que cada uno presente para el diseño de sumideros de rejilla haciendo enfoque particular en los parámetros, dimensiones y configuraciones de las rejillas. Finalmente se realizará una comparación gráfica entre normativa nacional, local e internacional para determinar cuáles de los siguientes parámetros se encuentran estandarizados:

- Diseño de sumideros
  - Período de retorno
  - Ancho de esparcimiento
- Hidráulicos de rejillas
  - Factor de obstrucción de sumideros de rejilla
  - Coeficientes de velocidad de salpicadura en rejillas de sumideros en pendiente
  - Porcentaje de área libre de la rejilla (*opening ratio*) para sumideros en punto bajo
  - Dimensiones de rejillas
  - Configuraciones de barrotes
  - Capacidad de interceptación de sumideros de rejilla
- Mecánicos de rejillas
  - Capacidad de carga
  - Material de fabricación

### **3.2. Descripción de estándares nacionales y locales**

#### **3.2.1. INEN**

La NTE INEN 2496:2009 titulada “Tapas para uso en pozos y redes subterráneas. Rejillas de alcantarillado. Requisitos e inspección.”, es un estándar publicado por el Servicio Ecuatoriano de Normalización en junio del 2009, adaptado de la norma británica BS EN 124:1994 (INEN, 2009). La norma busca establecer las dimensiones, tolerancias y

requisitos para rejillas y tapas de alcantarillado a instalarse en zonas de tráfico peatonal y vehicular, sin embargo, los parámetros descritos en ella se enfocan únicamente en la resistencia mecánica adecuada de los dispositivos y tolerancias admisibles, más no en las características hidráulicas que deben presentar las rejillas para determinar su eficiencia de drenaje tales como geometría y disposición de las barras, relación de abertura, parámetros de salpicadura, etc. (INEN, 2009).

Algunos de los requisitos más relevantes que presenta la norma corresponden a: material de fabricación (hierro fundido, acero moldeado, acero laminado, hormigón armado, etc.), límites de desplazamiento de tapas y rejillas respecto a sus marcos de apoyo, holgura entre rejillas y marcos, ángulo de abertura para dispositivos con bisagra (mínimo 100°), espesores mínimos de recubrimiento de superficies expuestas al tráfico, deformaciones permanentes admisibles, nivel máximo de relieve de dispositivos planos y metodología de ensayo (INEN, 2009).

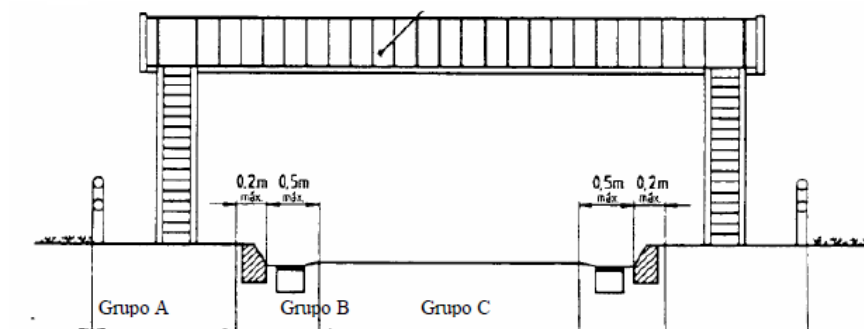
Las tolerancias y requisitos establecidos por INEN: 2496 (2009) dependen del tipo de rejilla o tapa; la norma las clasifica en 5 grupos (A, B, C, D, E) según el lugar de la vía en el que serán instaladas en función de la carga que deberán soportar durante su vida útil como se resume en la siguiente tabla y gráfico:

**Tabla 17.** Clasificación de tapas y rejillas para sistemas de alcantarillado según INEN 2496.

Clasificación	Lugar de instalación	Carga de ensayo (KN)
Grupo A	Aceras, áreas de estacionamiento, zonas peatonales.	125
Grupo B	Áreas de canales en calles, caminos, estacionamientos y vías para tráfico de vehículos livianos y pesados de hasta 20 ton.	250
Grupo C	Calles, avenidas y carreteras transitadas por todo tipo de tráfico pesado y liviano.	400
Grupo D	Rampas de aeropuertos y muelles, patios de carga, áreas industriales.	600
Grupo E	Zonas sometidas a cargas elevadas como pavimentos de aeropuertos y muelles.	900

*Nota.* Adaptado de NTE INEN 2496:2009. Tapas para uso en pozos y redes subterráneas. Rejillas de alcantarillado. Requisitos e inspección, por Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2009, INEN.

**Figura 27.** Lugar de instalación de tapas y rejillas en una sección transversal típica de vía.



*Nota.* Tomado de NTE INEN 2496:2009. Tapas para uso en pozos y redes subterráneas. Rejillas de alcantarillado. Requisitos e inspección. (p. 4), por Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2009, INEN.

### 3.2.2. EMAAP-Q (EPMAPS)

La norma 01-AL-EMAAP-Q-2009 titulada “Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q.”, es un estándar publicado por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS antes EMAAP-Q) en 2009, que busca definir los requisitos técnicos obligatorios que deben cumplir los estudios y diseños de todos los componentes que forman parte de los sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial y combinado para proyectos nuevos y existentes manejados por la EPMAPS; este estándar está basado en una actualización y adecuación de las normas vigentes en ese entonces del Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS) de 1992 y se complementa con aspectos derivados de la experiencia propia de la EPMAPS y de normativa internacional aplicada en países con condiciones similares a las del Ecuador (EPMAPS, 2009).

Dentro del capítulo titulado “Redes de alcantarillado de aguas lluvias”, se establecen parámetros hidrológicos e hidráulicos para el diseño de los componentes del sistema de drenaje urbano, entre los cuales destacan: períodos de retorno en función del uso del suelo (Ver **Tabla 1**), curvas IDF para la ciudad de Quito y sectores aledaños (Ver **Tabla 6**), coeficientes de escorrentía para el método racional basado en ASCE (1976), metodologías para el cálculo del tiempo de concentración, velocidades, profundidades y pendientes mínimas y máximas (EPMAPS, 2009).

Particularmente para el diseño de sumideros de rejilla, la norma de la EPMAPS (2009) establece consideraciones generales para la ubicación, espaciamiento y eficiencia según su disposición en pendiente o en punto bajo, por ejemplo, para sumideros en puntos bajos la norma recomienda utilizar sumideros verticales de ventana o combinados debido al riesgo de obstrucción de los sumideros de cuneta. Así mismo, se establecen valores de coeficientes de reducción de capacidad según el tipo de sumidero (Ver **Tabla 18**), y

ecuaciones hidráulicas para determinar la capacidad de interceptación únicamente de 3 tipos de sumideros como se explica más adelante (EPMAPS, 2009).

**Tabla 18.** Coeficientes de reducción de capacidad de eficiencia de sumideros según EPMAPS (2009)

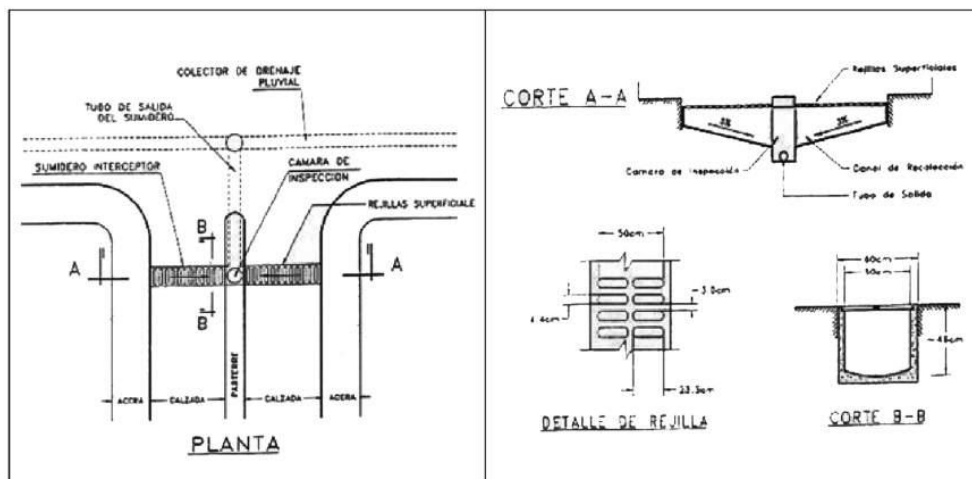
Ubicación de la cuneta	Tipo de sumidero	Factor de reducción
Punto bajo	Lateral	0.8
	De rejilla	0.5
	Combinado	0.65
Punto de pendiente continua	Lateral	0.8
	De rejilla	0.6
	Combinado	1.1 del valor de sumidero de rejilla

*Nota.* Estos coeficientes sirven para tomar en cuenta los efectos causados por irregularidades de las cunetas, las hipótesis de cálculo que no siempre son reales y las obstrucciones causadas por residuos. Tomado de 01-AL-EMAAP-Q-2009: Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q. (p. 102), por Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito, 2009, EPMAPS.

En cuanto a las rejillas, la norma establece que deben ser de hierro fundido y presenta dos esquemas poco claros de su geometría y configuración para sumideros de rejilla transversal y sumideros de cuneta:

### Rejilla transversal

**Figura 28.** Detalles de sumidero transversal de EPMAPS



*Nota. Nota.* La imagen es un recorte de la versión vigente del estándar de diseño de la EPMAPS (2009), la cual posiblemente fue extraída de normativas más antiguas, por lo que su resolución es deficiente haciendo que los detalles de dimensionamiento y configuración de rejillas sean poco claros. Tomado de 01-AL-EMAAP-Q-2009: Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q. (p. 103), por Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito, 2009, EPMAPS.

La norma recomienda colocar este tipo de sumideros en tramos de débil pendiente longitudinal para una mayor eficiencia, generalmente en las intersecciones de calles; además, para determinar su capacidad de interceptación, EPMAPS (2009) establece las siguientes ecuaciones, las cuales dependen de la presencia o no de una depresión adicional y se asemejan a la **Ecuación 23** correspondiente al flujo interceptado cuando la rejilla trabaja como orificio.

- **Rejas transversales sin depresión**

$$Q = C * K * \left(1 - \frac{P}{100}\right) * L * B * (2 * g * E)^{0.5}$$

**Ecuación 28.** Capacidad de interceptación de sumidero de rejas transversales sin depresión. Fuente: EPMAPS (2009)

Donde:

- Q : Caudal interceptado por el sumidero (m<sup>3</sup>/s)
- C : Coeficiente para sumideros sin depresión. Se puede emplear C = 0,5.
- K : Relación entre el área de orificios de la reja y su área total.
- P : Porcentaje de obstrucción de la reja debido a basuras arrastradas por el escurrimiento pluvial en superficie. Se recomienda usar como mínimo P = 25.
- L : Longitud del sumidero. (m)
- B : Ancho del sumidero. (m)
- g : Aceleración de la gravedad. (m/s<sup>2</sup>)
- E : Energía específica del escurrimiento sobre la reja (m)
- h : Tirante medio del escurrimiento sobre la reja.

$$E = h + \frac{Q}{2g * (L * h)^2}$$

**Ecuación 29.** Energía específica del escurrimiento sobre la reja. Fuente: EPMAPS (2009)

- **Rejas transversales con depresión**

$$Q = C_p * K * \left(1 - \frac{P}{100}\right) * L * B * (2 * g * H)^{0.5}$$

**Ecuación 30.** Capacidad de interceptación de sumidero de rejas transversales con depresión. Fuente: EPMAPS (2009)

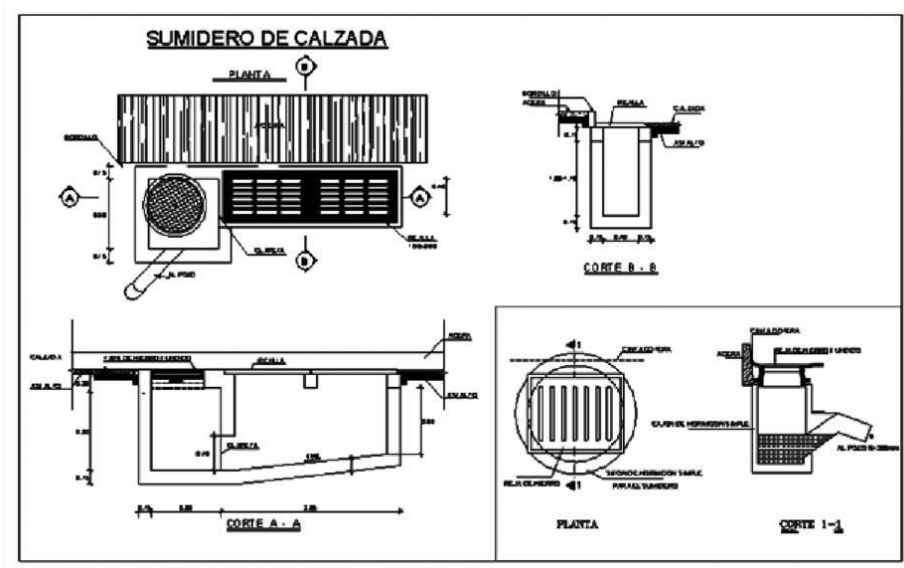
Donde:

- C<sub>p</sub> : Coeficiente para sumideros en depresión. Se puede usar C = 0,6.
- H : Profundidad de la cara superior de la reja respecto de la superficie de agua sobre la reja.

## Rejillas para sumideros puntuales

Para este tipo de sumideros la norma establece un esquema general e indica que adicionalmente existen varios tamaños y configuraciones de las barras de la rejilla en función de sus aplicaciones y usos, las cuales han sido publicadas en catálogos de distintas empresas (EPMAPS, 2009). Es decir que el dimensionamiento y configuración de las rejillas para sumideros de cuneta quedan a discreción del fabricante (Ver **Tabla 10**).

**Figura 29.** Detalles de sumidero de calzada de EPMAPS



*Nota.* La imagen es un recorte de la versión vigente del estándar de diseño de la EPMAPS (2009), la cual posiblemente fue extraída de normativas más antiguas, por lo que su resolución es deficiente haciendo que los detalles de dimensionamiento y configuración de rejillas sean poco claros. Tomado de 01-AL-EMAAP-Q-2009: Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q. (p. 105), por Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito, 2009, EPMAPS.

Para la capacidad de interceptación de los sumideros de cuneta, la norma de la EPMAPS (2009) establece una única ecuación aplicable únicamente cuando el sumidero presenta una depresión adicional, que al también se asemeja a la **Ecuación 23** correspondiente al flujo interceptado cuando la rejilla trabaja como orificio.

$$Q = C_c * K * \left(1 - \frac{P}{100}\right) * L * B * (2 * g * H)^{0.5}$$

**Ecuación 31.** Capacidad de interceptación de sumidero en cuneta con depresión. Fuente: EPMAPS (2009)

- $C_c$  : Coeficiente para sumideros en cunetas con depresión. Se puede emplear  $C=0,6$ .
- $P$  : Porcentaje de obstrucción de la reja debido a basuras arrastradas por el escurrimiento pluvial en superficie. Se recomienda usar como mínimo  $P = 50$ .

### 3.3. Descripción de estándares internacionales

#### 3.3.1. EPM

La normativa de la Empresa Pública de Medellín es una de las más actuales y completas de la región, fue creada en 2013, revisada en 2019 y está compuesta por una serie de estándares que, en conjunto, abarcan todos los aspectos hidrológicos, hidráulicos, mecánicos, de diseño, de fabricación y de construcción de los componentes del sistema de drenaje urbano, incluyendo sumideros y rejillas.

En el estándar de diseño titulado “Norma de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín E.S.P.”, se establecen los criterios de diseño para los componentes del sistema de alcantarillado. La norma establece períodos de retorno de diseño mínimo en función de la extensión del área de aporte para un tramo de alcantarillado, los cuales varían entre 5 años para áreas menores a las 10 ha y 100 años para canales abiertos que drenan áreas mayores a 1000 ha; así mismo, se indica que el caudal de diseño debe calcularse aplicando el método racional u otras metodologías alternativas dependiendo de la naturaleza de la cuenca de drenaje (EPM, 2013). Para el diseño de sumideros, el estándar presenta las consideraciones para su ubicación, su clasificación y los métodos de cálculo para su dimensionamiento, los cuales son distintos a los estudiados en la sección 2.3 de este trabajo ya que parten de la determinación del flujo en cuneta en función de la profundidad máxima del agua (Ver **Ecuación 3**) en lugar del ancho de esparcimiento, que tampoco se especifica en la norma, para posteriormente calcular el largo efectivo que debe tener la rejilla (Ver **Ecuación 32**) en función del calado, la velocidad del flujo de aproximación y una constante que depende la geometría de la rejilla y la configuración de sus barras; para sumideros transversales, la longitud de la rejilla se calcula con la **Ecuación 33**, que es la misma **Ecuación 28** establecida por la normativa de EPMAPS despejada la longitud. Finalmente, esta norma menciona que la capacidad de interceptación de los sumideros puede variar según el grado de taponamiento presente en la entrada del sumidero, sin embargo, no establece valores concretos para factor de obstrucción.

$$L_o = K * y * \frac{v}{\sqrt{g * y}}$$

*Ecuación 32. Longitud mínima de sumideros de rejilla. Fuente: EPM (2013)*

$$L = \frac{Q * F_s}{e * c * b * (2gE)^{0.5}}$$

*Ecuación 33. Longitud de rejilla de sumideros transversales. Fuente: EPM (2013)*

Donde:

- $L_o$ : longitud mínima de rejillas (m)
- K: coeficiente que depende de la geometría de la rejilla y la separación entre barrotes
- y: altura del flujo de aproximación (m)
- v: velocidad del flujo de aproximación (m/s)
- g: aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )
- L: longitud de la rejilla (m)
- Q: caudal de diseño método racional ( $m^3/s$ )
- $F_s$ : factor de seguridad = 2
- e: relación de área libre respecto al área total
- c: coeficiente de descarga
- b: ancho de la calle (m)
- E: energía específica sobre la reja (m)

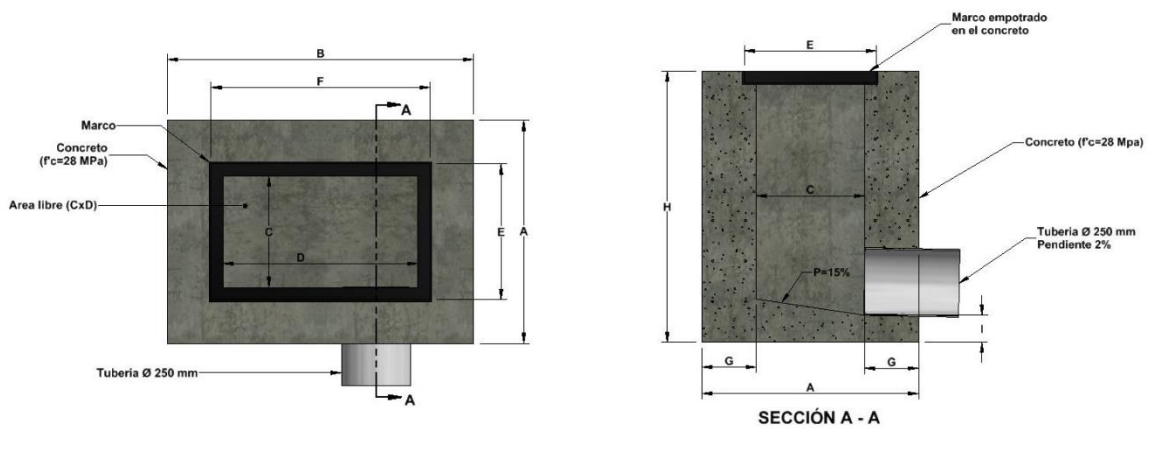
La “Norma de Construcción de Sumideros” (NC-AS-IL02-17) creada en el 2017 por EPM busca establecer los requisitos técnicos que debe cumplir la construcción de sumideros de rejilla, laterales y mixtos (EPM, 2017). En ella se indican criterios de generales de ubicación y espaciamiento entre unidades (mínimo 5 m y máximo 80 m), se estandarizan las dimensiones de sumideros de rejilla según su clase A o B (Ver **Figura 30** y **Tabla 19**) y se establece la resistencia y armado mínimos del hormigón del sumidero (28 MPa). Para las rejillas de sumideros la norma establece que además de cumplir con lo especificado en la ET-AS-ME08-16, estas deben ser de tipo basculante compuestas por un marco, ala y bisagra, además deben instalarse por debajo de la rasante de la vía de 1cm a 2cm y que, en lugares propensos a gran acumulación de sedimentos, se debe evaluar la colocación de una canastilla polimérica para evitar el taponamiento de las tuberías. Adicionalmente, la norma indica como referencia un listado de los materiales y actividades generales para la construcción de sumideros.

**Tabla 19.** Dimensiones estándar de sumideros Tipo A y Tipo B según EPM (2017)

Sumidero	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)	F (m)	G (m)	H (m)	I (m)
<b>Tipo A</b>	0.70	0.90	0.30	0.50	0.40	0.60	0.20	varía	0.10
<b>Tipo B</b>	0.80	1.10	0.40	0.70	0.50	0.80	0.20	varía	0.10

*Nota.* Adaptado de NC-AS-IL02-17. Norma de Construcción de Sumideros. (p. 8), por Empresa Pública de Medellín, 2017, EPM.

**Figura 30.** Sumidero de rejilla visto en planta y en sección según EPM (2017)



Nota. Tomado de NC-AS-IL02-17. Norma de Construcción de Sumideros. (p. 8), por Empresa Pública de Medellín, 2017, EPM.

Finalmente, la “Especificación Técnica de Rejillas para Sumidero” (ET-AS-ME08-16), creada en 2018 y vigente desde el 2019, establece, a través de una tabla, los requisitos técnicos (mecánicos e hidráulicos) a cumplir por las rejillas para sumidero Tipo A (400 mm x 600 mm) y Tipo B (500 mm x 800 mm). Esta tabla se entrega al fabricante con el propósito de controlar la calidad de los productos y se presenta en un formato de dos columnas: la primera con las características técnicas exigidas por la EPM y la segunda con el valor garantizado, en la cual el fabricante debe colocar si su producto cumple o no cumple el requisito (EPM, 2018). Entre los requerimientos técnicos más relevantes de la especificación se encuentran el material de la rejilla (hierro dúctil, acero A36, plástico, etc.), el ángulo de apertura ( $130^\circ$ ), el área de captación de la rejilla (debe ser mayor al 45% del área libre interna de la caja del sumidero como se muestra en la **Figura 30**), la holgura máxima entre el marco y la rejilla (50mm), las tolerancias máximas de largo y ancho de la rejilla, el espaciamiento máximo entre barrotos (20 mm 50 mm), la longitud máxima de las ranuras entre barrotos (150 mm), la capacidad de carga mínima de las rejillas (125 kN), las deformaciones permisibles, entre otras (EPM, 2018).

### 3.3.2. AASHTO

La norma AASHTO M 306-10 titulada “*Standard Specification for Drainage, Sewer, Utility, and Related Castings*”, es un estándar publicado por el *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) en el año 2013 que establece los mínimos requerimientos mecánicos que deben cumplir los marcos, rejillas y tapas de hierro fundido para alcantarillado, pozos de revisión, sumideros y otros elementos de uso estructural que puedan estar sometidos a cargas de aplastamiento y de tráfico vehicular

(AASHTO, 2013). Los parámetros descritos en este estándar, al igual que en la norma INEN 2496, se enfocan únicamente en el funcionamiento mecánico adecuado de los dispositivos y tolerancias admisibles de fabricación, mas no en las características hidráulicas de los elementos de rejilla como geometría y disposición de las barras, relación de abertura, parámetros de salpicadura, etc.; se presentan criterios de fabricación, variaciones permisibles de dimensiones y peso del dispositivo fundido respecto al modelo original, requisitos de desempeño, defectos admisibles, y la metodología de ensayo para control de calidad incluyendo límites de deformación máximos y la carga mínima requerida de ensayo de 178 kN (AASHTO, 2013).

### **3.3.3. ASCE**

El estándar ASCE 45-16 titulado “*Standard Guidelines for the Design of Urban Stormwater Systems*”, es uno de los tres estándares en serie publicados por la *American Society of Civil Engineers* en 2016 (ASCE 45-16, ASCE 46-16 y ASCE 47-16) que conforman los “*Standard Guidelines for the Design, Installation, and Operation and Maintenance of Urban Stormwater Systems*”. Esta norma presenta únicamente los lineamientos generales requeridos para el diseño de sistemas de drenaje urbano e indica explícitamente que los procedimientos y consideraciones específicas de diseño deben cumplir con lo establecido por la literatura y ordenanzas vigentes para cada región o localidad.

En el capítulo 4 de hidrología, el estándar ASCE 45-16 explica con buen nivel de detalle los procedimientos hidrológicos existentes para el análisis de precipitaciones y determinación de flujos de escorrentía, a nivel local y regional, haciendo énfasis en que el método racional es adecuado únicamente en cuencas urbanas pequeñas menores a 80 hectáreas. Por otro lado, para la determinación de períodos de retorno, la norma únicamente hace referencia a los valores típicos indicados por la literatura, que por lo general varían entre 2 y 15 años para sistemas ubicados en áreas residenciales y entre 10 y 100 años para sistemas localizados en áreas comerciales de alto valor, e indica que el período de diseño mínimo debe seleccionarse según lo establecido en las ordenanzas locales (ASCE, 2017). En lo que respecta a los sumideros de rejilla, en el capítulo 7, la norma establece las consideraciones básicas para su espaciamiento y ubicación en la vía e indica que el diseño debe realizarse conforme a la metodología y clasificación de rejillas establecidas por el manual de diseño HEC-22 de la FHWA (ASCE, 2017).

Los estándares ASCE 46-16 y ASCE 47-16 están enfocados más en el control de calidad durante la construcción e instalación y en los procesos de operación y

mantenimiento de los sistemas de drenaje urbano, respectivamente, por lo que no se consideran relevantes para la presente disertación.

#### 3.3.4. FHWA

La publicación No. FHWA-NHI-10-009, HEC-22, titulada “*Urban Drainage Design Manual, Hydraulic Engineering Circular No. 22, Third Edition*”, es un estándar elaborado por la “*Federal Highway Administration*” (FHWA) en colaboración con el “*National Highway Institute*” (NHI) publicado originalmente en 2009, revisado y corregido en 2013 que proporciona una guía práctica para el diseño de sistemas de drenaje asociados con infraestructura de transporte (FHWA, 2013). Es un manual que incluye los métodos, procedimientos, criterios y ejemplos necesarios para el diseño hidráulico de dichos sistemas en unidades del sistema internacional y del sistema inglés; en el tercer capítulo, por ejemplo, se detallan las metodologías hidrológicas para el análisis de precipitaciones y determinación de caudales y volúmenes de escorrentía, mientras que en el capítulo 4 se explican a detalle los procedimientos y parámetros del drenaje de superficies pavimentadas, entre los que se incluyen: frecuencia de diseño (período de retorno), ancho de esparcimiento, hidráulica del flujo en cunetas, diseño de sumideros de drenaje y consideraciones para seleccionar el tipo de rejillas para sumideros (FHWA, 2013).

Para el diseño de sumideros, la norma establece las consideraciones necesarias para su ubicación, espaciamiento y selección del tipo de unidad, así como las ecuaciones para determinar su capacidad de interceptación y su eficiencia según su ubicación en pendiente continua o en puntos bajos. Las ecuaciones hidráulicas de eficiencia y capacidad de sumideros planteadas por el manual HEC-22 son las mismas que se estudiaron en el segundo capítulo de esta disertación (Ver **Sumideros de rejilla**). Un aspecto a tener en cuenta es que el manual no plantea valores para el factor de obstrucción de sumideros, argumentando con base en ensayos de laboratorio, que cada clase rejilla (Ver **Tabla 9**) presenta una eficiencia distinta bajo mismas condiciones de flujo y taponamiento por lo que el grado de susceptibilidad a obstrucciones será diferente para cada tipo de reja y dependerá, además, de las condiciones de sitio, por lo que las eficiencias determinadas empíricamente no son aplicables a las circunstancias reales de sitio (FHWA, 2013).

En lo que respecta a las rejillas como elemento particular del sumidero, el manual presenta una clasificación detallada de los tipos de rejillas estándar incluyendo sus dimensiones y relaciones de área libre de apertura (*opening ratio*) (Ver **Anexo 2**), así como las configuraciones, espaciamiento, tamaño, tipo y disposición de sus barrotes, y también los parámetros hidráulicos necesarios para calcular la velocidad de salpicadura en forma de nomogramas de fácil aplicación (Ver **Anexo 1**). Respecto a la capacidad de carga y

material de las rejillas, la norma únicamente menciona que para zonas de alto tránsito las rejillas deben ser lo suficientemente rígidas para soportar las cargas de tráfico.

### 3.3.5. UDFCD

El “*Urban Storm Drainage Criteria Manual*” publicado originalmente en 1969 y actualizado en enero del 2016 por el “*Urban Drainage and Flood Control District*” del distrito de Denver, Colorado., es uno de los primeros manuales para el diseño, construcción y mantenimiento de sistemas de drenaje de aguas lluvias y control de inundaciones de los Estados Unidos de América; el estándar cuenta con tres volúmenes enfocados en el manejo de agua de lluvia para drenaje urbano, control de inundaciones y calidad del agua, además, se presentan descripciones detalladas de las políticas locales, metodologías, criterios y ejemplos de diseño en unidades del sistema inglés (UDFCD, 2016).

En el primer capítulo del Volumen I se indican los criterios para seleccionar los períodos de retorno de las tormentas menor (de diseño) y mayor, mientras que en los capítulos 5 y 6 se describen a detalle los procesos hidrológicos para el análisis de precipitaciones a través de curvas IDF y la determinación de flujos de escorrentía por medio del método racional y otras metodologías regionales y locales. El capítulo 7 detalla las consideraciones y procedimientos de diseño para sistemas de drenaje urbano incluyendo la clasificación de vías, criterios permisibles de encharcamiento e inundación (ancho de esparcimiento y profundidad del flujo), consideraciones hidráulicas del flujo en cuneta, obstrucción, eficiencia y capacidad de interceptación de sumideros en pendiente continua y en puntos bajos, así como las consideraciones necesarias para el espaciamiento y diseño de los mismos (FHWA, 2013).

Las ecuaciones hidráulicas para determinar la eficiencia y capacidad de sumideros planteadas por esta norma son las mismas que las presentadas por la FHWA (2013) en su manual HEC-22 que se estudiaron previamente, con la diferencia de que el USDCM (2016) sí establece valores para el factor de obstrucción en función del tipo de sumidero y el número de unidades a utilizar (Ver **Factor de obstrucción de sumideros**).

Por otro lado, la norma presenta una clasificación propia de rejillas estandarizadas a nivel local y regional e incluye los valores de los parámetros hidráulicos empíricos para determinar la velocidad de salpicadura de sus rejillas estándar aplicando la **Ecuación 14**, sin embargo, no se detallan sus dimensiones, relaciones de área libre de apertura (*opening ratio*) ni configuraciones de sus barrotes. El manual tampoco indica nada respecto de la capacidad de carga ni al material de las rejillas.

### 3.4. Comparativa de estándares locales e internacionales

A continuación, se presenta un resumen gráfico de los parámetros comparados en las distintas normativas estudiadas en la sección anterior.

**Tabla 20.** Matriz de comparación normativa

Parámetro \ Estándar	INEN	EPMAPS	EPM	AASHTO	ASCE	FHWA	UDFCD
Período de retorno	X	✓	✓	X	R	✓	✓
Ancho esparcimiento	X	X	X	X	X	✓	✓
<b>Parámetros hidráulicos de rejillas</b>							
Factor de obstrucción	X	✓	X	X	X	R	✓
Coefficientes velocidad de salpicadura de rejilla	X	X	X	X	R	✓	✓
Porcentaje de área libre de rejilla ( <i>opening ratio</i> )	X	X	✓	X	R	✓	✓
Dimensiones de rejillas	X	X	✓	X	R	✓	X
Configuraciones de barros	X	X	✓	X	R	✓	X
Capacidad de interceptación	X	✓	X	X	R	✓	✓
Capacidad de carga de rejilla	✓	X	✓	✓	X	X	X
Material de rejilla	✓	✓	✓	✓	X	X	X

*Nota.* Elaboración propia con base en lo descrito en la sección 3.3 *Descripción de estándares internacionales.*

Donde:

- ✓: Norma estandariza el parámetro
- X: Norma no estandariza el parámetro
- R: Norma refiere a otros estándares

## CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL DMQ

### 4.1. Generalidades

El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), está localizado en la región norte del Ecuador dentro de la Provincia de Pichincha y ocupa el territorio del antiguo “Cantón Quito” cuyos límites corresponden a la Provincia de Imbabura al norte, los cantones Rumiñahui y Mejía al sur, los cantones Pedro Moncayo, Cayambe y la provincia de Napo al este, y los cantones Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de los Bancos y la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas al oeste (SSGDMQ, 2015).

Debido a sus condiciones demográficas y políticas, el DMQ fue conformado como tal en 1993 y desde entonces, con el fin de lograr una mejor gestión, fue dividido en ocho administraciones zonales: Calderón, Eloy Alfaro, Eugenio Espejo, La Delicia, Manuela Sáenz, Quitumbe, Valle de los Chillos y Valle de Tumbaco como se indica en la **Figura 31** (SSGDMQ, 2015).

*Figura 31. Administraciones zonales del DMQ*



*Nota.* Adaptado de: *EMASEO intensifica la recolección en 245 puntos críticos*, por Empresa Pública Metropolitana de Aseo de Quito, s.f., <http://www.emaseo.gob.ec/emaseo-intensifica-la-recoleccion-en-245-puntos-criticos/>

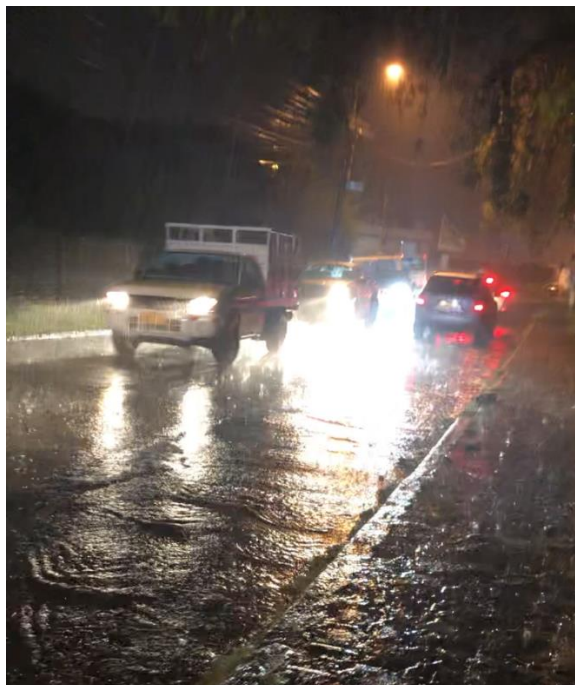
El clima del DMQ se puede considerar como variable debido a las características topográficas, orográficas y microclimas presentes en su entorno; sin embargo, y de manera general, se pueden definir dos estaciones en función de las precipitaciones: la temporada de lluvia comprendida normalmente entre los meses de octubre y mayo, y la época seca comprendida entre junio y septiembre (SSGDMQ, 2015).

## 4.2. Precipitaciones

Las precipitaciones en el DMQ son uno de los factores meteorológicos más relevantes del clima ya que de ellas depende la ocurrencia de otros eventos como inundaciones, deslaves, aluviones, etc. Según la Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad del DMQ (2015), las precipitaciones máximas se producen al sur de la ciudad y decrecen hacia el norte a razón de 21 mm/km, además señala que en Quito llueve un promedio 172 días al año y que las intensidades máximas se encuentran alrededor de 43mm en 30 minutos. Así mismo, se indica que el régimen de precipitación no es uniforme ya que su distribución e intensidad varían temporalmente en función de la ubicación geográfica, estableciendo tres zonas: la Zona Seca Interandina, la Zona Interandina y la Zona Lluviosa Interandina (SSGDMQ, 2015).

Según un estudio realizado por Villacís & Marreno (2017), en décadas recientes el clima en el Ecuador ha mostrado comportamientos anómalos que han producido la variabilidad de algunos parámetros meteorológicos, entre ellos las precipitaciones, las cuales han presentado variaciones persistentes en su comportamiento multianual con respecto a sus valores mínimos y máximos, además del adelanto y/o retraso de la llegada de las estaciones lluviosas.

*Fotografía 1. Precipitación intensa en el DMQ*



*Nota.* Fotografía tomada por el autor, el 18 de abril de 2022 en el sector de Santa Inés, Cumbayá. Se puede apreciar la formación de una lámina de agua de escorrentía con profundidad considerable.

La variabilidad en el comportamiento de las precipitaciones en la ciudad de Quito se puede evidenciar en varios reportes de prensa basados en información proporcionada por el INAMHI y otras fuentes oficiales. Un artículo redactado por Diario El Universo el 13 de diciembre de 2021, por ejemplo, menciona que según la Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad del DMQ (SSGDMQ) las precipitaciones suscitadas en diciembre de 2021 en la ciudad Quito corresponden a las “más fuertes de los últimos 20 años”, siendo las zonas más afectadas aquellas adyacentes a las laderas del Pichincha al centro-norte de la ciudad. El artículo también incluye una entrevista realizada a un analista del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), quien explica que existe un exceso de precipitación respecto a los niveles habituales, poniendo como ejemplos los casos de la estación meteorológica Ñaquito que hasta la fecha había registrado 88.5 mm de lluvia, correspondientes a más del 85% de la lluvia total esperada para ese mes (103.5 mm), y la estación meteorológica Izobamba que registró 203.5 mm hasta la fecha superando en un 37% a la cantidad esperada de 148.1 mm de lluvia. Asimismo, otro artículo redactado por Diario El Comercio el 24 de marzo de 2021 menciona que, según el INAMHI, el promedio esperado de lluvias en ese mes también fue excedido: en el sur se registraron 232.9 mm de precipitación superando en un 22% al promedio esperado de 180.9 mm; mientras que en el norte se registraron 232.9 mm superando en un 58% a los 147.4 mm esperados.

Complementando lo anterior, existe una investigación realizada por Serrano et. al (2016) en la que se analizaron con base en datos históricos del INAMHI los eventos extremos a nivel diario de lluvias en el DMQ y se realizaron proyecciones al año 2032, dando como resultado un incremento en la intensidad de lluvias extremas. Se menciona, por ejemplo, que la estación meteorológica Izobamba al sur de Quito, es la que mayor precipitación presenta con un promedio diario de 6.8 mm/día y se prevé que esta registre eventos de hasta 100 mm/día en los próximos 10 años. Asimismo, se espera que la estación de Papallacta, cuya precipitación media diaria es de 3.7 mm/día, registre singularidades 42 veces mayores al promedio de hasta 156 mm/día en el mismo período de tiempo; estos incrementos de intensidad se deben a la influencia del efecto invernadero sobre el ciclo hidrológico natural, ya que el aumento de temperatura hace que la cantidad de vapor agua disponible sea mayor, mientras que la presencia de gases favorece a la condensación de este vapor para convertirlo en lluvia lo que genera precipitaciones más intensas (Serrano et. al, 2016).

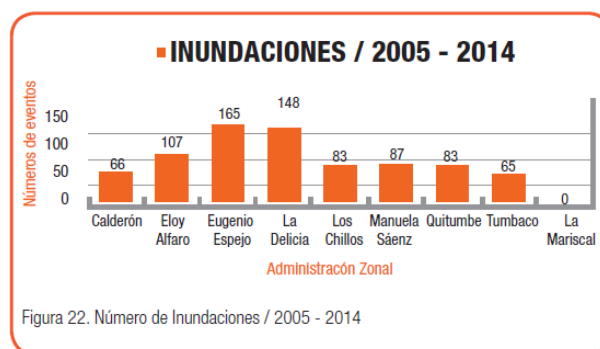
### **4.3. Inundaciones**

Según la Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad del DMQ (2015), las inundaciones en vías y calles del DMQ se dan de forma rápida y están asociadas con

eventos de precipitación intensa y repentina producidos en las partes altas de las cuencas con grandes pendientes, por lo que dependen de los patrones de lluvia de cada zona local; es decir, el principal problema en Quito es la presencia de cortas pero fuertes lluvias bien localizadas (eventos extraordinarios), las cuales se producen generalmente en la temporada lluviosa y en menor grado en la época seca. Las inundaciones, además de depender de las condiciones meteorológicas de las zonas del DMQ, también dependen de las características físicas del territorio y en el caso particular de la zona urbana (ciudad de Quito), de las condiciones y capacidad de evacuación de escorrentía del sistema de alcantarillado y recolección de aguas lluvias. Entre las causas antrópicas que incrementan el riesgo de inundación en el área urbana están: la impermeabilización de superficies, la tala de bosques, el relleno de drenajes naturales (quebradas), taponamiento y/o rotura del sistema de recolección de agua lluvia, entre otras (SSGDMQ, 2015).

Con esto en mente, la SSGDMQ (2015) ha definido un mapa del DMQ con los barrios más susceptibles a inundaciones por acumulación de aguas lluvias excepcionales (Ver **Anexo 3**), el cual clasifica las áreas inundables de Quito como zonas de susceptibilidad media o alta, entendiéndose a la susceptibilidad como un indicador de la facilidad con la que un evento, en este caso inundación, puede ocurrir con base en las condiciones del terreno. Adicionalmente, se presentan datos estadísticos del número de eventos de inundación reportados en cada administración zonal del DMQ entre 2005 y 2014 con base en los registros obtenidos por la Unidad de Gestión de Riesgos del DMQ (Ver **Figura 32**), y se menciona que los sectores importantes con mayor ocurrencia de inundaciones son: Ferroviaria, El Recreo, Monjas, Guápulo, Ñaquito, Kennedy, Quebrada Carretas, San Antonio de Pichincha, Tumbaco Alto, entre otros (SSGDMQ, 2015).

**Figura 32.** Inundaciones en administraciones zonales del DMQ 2005-2014 según SSGDMQ (2015)



*Nota.* Se puede observar que la administración zonal con mayor número de inundaciones reportadas en el período de estudio es la Administración Eugenio Espejo en el centro norte del DMQ, seguida por la Administración La Delicia al norte de la capital. Tomado del *Atlas de Amenazas Naturales y Exposición de Infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito, Segunda Edición.* (p. 77), por Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad del Distrito Metropolitano de Quito, 2015, SSGDMQ.

Otro estudio realizado por Villacís & Marreno (2017) menciona que en la ciudad de Quito las inundaciones son recurrentes y se deben tanto a causas climáticas como a causas estructurales, entre las cuales se evidencia que el sistema de drenaje urbano no está diseñado para eventos superiores al 10% de probabilidad por lo que la eficiencia de la red es muy limitada ante la ocurrencia de precipitaciones extremas.

#### 4.4. Estado de rejillas de sumideros en la ciudad

Como se ha descrito anteriormente, existen varias zonas de la ciudad con una alta susceptibilidad a inundaciones producto de la alta intensidad de los eventos de precipitación, por lo que resulta necesario conocer el estado del sistema de recolección de aguas lluvias, específicamente el de los sumideros de rejilla en el DMQ. Para ello, se realizó una entrevista presencial al Ing. Ernesto Fonseca, jefe del Departamento de Alcantarillado de la EPMAPS (Ver **Anexo 12**) quien indicó que, según registros de la empresa, existen 86.912 sumideros de cuneta con rejillas “estándar de 500x360 mm” y otros 12.123 sumideros longitudinales instalados en todo el DMQ, cuyas rejillas son provistas por 5 empresas fundidoras calificadas por EPMAPS bajo normativa INEN.

*Fotografía 2. Sumideros de cuneta con rejillas “estándar”*



*Nota.* Fotografías tomadas por el autor, el 11 de abril de 2022 en las calles El Zurriago y El Vengador, Barrio Batán Bajo. Cabe mencionar que en el levantamiento de campo se pudieron distinguir dos dimensiones distintas para este tipo de sumideros estándar: 500x360 mm (izquierda) y 420x320 mm (derecha).

Según el Ing. Fonseca, los principales problemas que respectan a los sumideros en Quito son dos: la basura arrastrada por la lluvia que tapona las rejillas y la sustracción de las rejillas por parte de la ciudadanía, habiendo alrededor de 5.000 casos reportados de

rejillas sustraídas en todo el distrito metropolitano. Estos inconvenientes además de representar un peligro para el tráfico vehicular, peatonal y de bicicletas, producen el taponamiento de sumideros que deriva en el colapso del sistema de recolección de aguas lluvias generando inundaciones, sobre todo en época invernal.

**Fotografía 3.** Sumideros con rejillas sustraídas y cajas tapadas con basura



*Nota.* Fotografías tomadas por el autor, el 13 de abril de 2022 en la Av. 6 de Diciembre, Barrio Batán Bajo. Al encontrarse en una vía arterial de alto tráfico a velocidad media, estos sumideros sin rejilla representan un riesgo para los usuarios, sobre todo bicicletas y motocicletas.

Para evitar que se acumule la basura en las rejillas y que los sumideros puedan estar limpios, la EPMAPS, cumpliendo con su programación semestral, realiza trabajos preventivos semestrales en todo el DMQ y trabajos emergentes después de eventos de lluvia importantes en los sectores que así lo requieran, los cuales son ejecutados por administración directa en casos específicos o por contratación de proveedores particulares para limpiezas masivas del sistema dividiendo al DMQ en 3 sectores: centro, norte y sur. Estos trabajos que consisten en la limpieza y desalojo del material acumulado en sumideros son ejecutados normalmente por una cuadrilla de 3 trabajadores llamados sifoneros que se encargan de recoger la basura de las rejillas y de la caja del sumidero, y de operar el hidro succionador que realiza la limpieza. El presupuesto aproximado con el que cuenta la Gerencia de Operaciones de la EPMAPS para realizar estos trabajos de limpieza y mantenimiento de redes, infraestructuras en quebradas y componentes del sistema de alcantarillado, incluyendo sumideros y rejillas, es de 20 millones de dólares al año.

**Fotografía 4.** Sumideros longitudinales paralelos y transversales con rejilla obstruida por basura



*Nota.* Fotografía tomada por el autor, el 20 de abril de 2022 en la calle Manuela Sáenz, sector del reservorio de Cumbayá. Se puede apreciar que rejilla del sumidero longitudinal paralelo al bordillo se encuentra bastante obstruido con basura arrastrada por la escorrentía.

Para controlar el inconveniente de la sustracción de rejillas, el Ing. Fonseca indicó que la EPMAPS se encuentra en constante evaluación de alternativas, entre ellas el reemplazo de sumideros de rejilla por sumideros de ventana lateral y la utilización de materiales alternos al hierro fundido para la fabricación de rejillas, de modo que estos no puedan ser reutilizados ni refundidos para su posterior venta informal. Por ejemplo, en 2021 se comenzaron las pruebas de capacidad de carga en rejillas plásticas y se está implementando un plan piloto para la instalación de 84 rejillas de este material en distintos puntos del DMQ. También se ha comenzado a sustituir el material de fabricación de las tapas para pozos de revisión de hierro fundido a hierro dúctil. Adicionalmente, la EPMAPS junto con las fundidoras certificadas, se encuentran evaluando la posibilidad de implementar algún sistema de seguridad distinto a la cadena de enganche y el abisagrado de las rejillas para evitar que estas sean sustraídas.

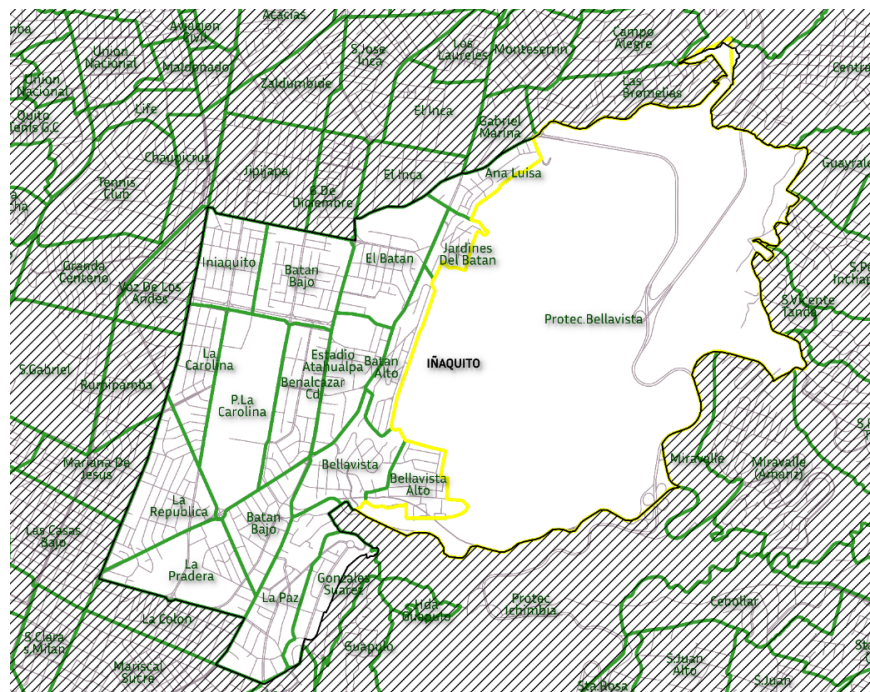
## CAPÍTULO V: DIAGNÓSTICO DE LAS REJILLAS DE SUMIDEROS EN EL BARRIO BATÁN BAJO

### 5.1. Caracterización del área de estudio

#### 5.1.1. Generalidades

El Barrio Batán Bajo se encuentra ubicado en la parroquia urbana Iñaquito como se muestra en la **Figura 33**, dentro de la administración zonal Eugenio Espejo (Ver **Figura 31**) al centro norte del DMQ.

*Figura 33. Barrios de la parroquia Iñaquito*



Nota. Tomado de *Barrios de la Parroquia Iñaquito*, por Rubio, 2021,

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parroquia\\_I%C3%B1aquito\\_Completo.png#/media/File:Parroquia\\_I%C3%B1aquito\\_Completo.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parroquia_I%C3%B1aquito_Completo.png#/media/File:Parroquia_I%C3%B1aquito_Completo.png)

Según el “Plan de Uso y Ocupación del Suelo” del DMQ, el barrio en estudio corresponde a un territorio de uso múltiple (Ver **Anexo 4**), es decir que se encuentra localizado en una zona central donde coexisten residencia, comercio, industrias de bajo impacto, servicios y equipamientos (SSGDMQ, 2015). Esto se puede evidenciar claramente ya que dentro del mismo se pueden encontrar edificios residenciales, viviendas unifamiliares, locales y centros comerciales, instituciones financieras, instituciones públicas, instituciones educativas, embajadas, parques, entre otros.

Adicionalmente, según la información obtenida a través del sistema *Google Earth*, el Barrio Batán Bajo cuenta con una extensión de aproximadamente 50 hectáreas, un perímetro aproximado de 2.8 km y se encuentra limitado por la Av. Gaspar de Villaroel (sentido oeste-este), la Av. Naciones Unidas (sentido este-oeste), la Av. 6 de Diciembre (sentido norte-sur) y la calle Japón (no incluida), como se muestra en el **Anexo 5**.

Cabe aclarar que según el “Mapa de barrios susceptibles a inundaciones” de la SSGDMQ (2015) el Barrio Batán Bajo se constituye por dos áreas urbanas separadas entre sí, sin embargo, el presente estudio se enfocará únicamente en la zona descrita en el párrafo anterior.

**Figura 34.** Ubicación del Barrio Batán Bajo en la ciudad de Quito



*Nota.* Recorte tomado de la aplicación *Google Earth*, 2022.

### 5.1.2. Descripción del sistema vial y del sistema de drenaje pluvial

La caracterización del sistema vial se realizó con base en lo establecido por las “Reglas de Arquitectura y Urbanismo” de la Ordenanza Metropolitana No. 172 (2012), la cual clasifica a las vías urbanas del DMQ en función de sus características en:

- Vías expresas
- Vías semi-expresas

- Vías arteriales
- Vías colectoras
- Vías locales
- Vías peatonales, ciclovías y escalinatas.

A continuación, se presenta una tabla que resume la caracterización de las vías que componen el Barrio Batán Bajo:

**Tabla 21.** Clasificación del sistema vial del Barrio Batán Bajo

No.	Nombre de la vía	Clasificación de la vía
1	Av. 6 de Diciembre	Arterial
2	Av. Naciones Unidas	Arterial
3	Av. De los Shyris	Colectora
4	Av. Gaspar de Villarroel	Colectora
5	El Comercio	Local
6	El Telégrafo	Local
7	El Universo	Local
8	El Mercurio	Local
9	La Tierra	Local
10	El Espectador	Local
11	El Sol	Local
12	El Zurriago	Local
13	El Tiempo	Local
14	El Día	Local
15	Últimas Noticias	Local
16	La Razón	Local
17	El Vengador	Local
18	El Norte	Local
19	El Nacional	Local
20	El Porvenir	Local
21	Juan de Alcántara	Local
22	Vicente Cárdenas	Local
23	Pasaje Mónaco	Local
24	El Heraldo	Local
25	Auz	Local
26	La Brújula	Local
27	Roma	Local

*Nota.* Elaboración propia con base en lo establecido en las “Reglas de Arquitectura y Urbanismo” de la Ordenanza Metropolitana No. 172 del 11 de septiembre del 2012.

El sistema de alcantarillado del DMQ es un sistema combinado, el cual transporta por los mismos conductos tanto las aguas lluvias de escorrentía como las aguas servidas producto de las actividades humanas en los sectores urbanos (Hazen and Sawyer, 2011).

Adicionalmente, es importante mencionar que dentro de la sección 2.7 de las Reglas de Arquitectura y Urbanismo de la Ordenanza Metropolitana No. 172 del 11 de septiembre 2012 se indica explícitamente que toda losa de cubierta de cualquier edificación debe encauzar la escorrentía de agua lluvia hacia una bajante prevista en la construcción, y que las cubiertas inclinadas deben contar con un sistema periférico de canales que encaucen la escorrentía y la descarguen dentro del predio, haciendo énfasis en que el agua de lluvia no podrá evacuarse hacia el espacio público ni a los terrenos adyacentes. **Esta ordenanza toma en cuenta el concepto de área de drenaje estudiado previamente en la sección Caudal pico de escorrentía: Método racional (ver pág. 22) que indica que el área de drenaje para un desarrollo vertical no considera el aporte de los predios privados sino únicamente el del agua que precipita sobre la calzada.**

*Fotografía 5. Bajantes de cubierta hacia la vía*



*Nota.* Fotografía tomada por el autor, el 11 de abril de 2022 en la calle La Razón, Batán Bajo. Se puede apreciar claramente que se está incumpliendo con lo establecido en las Reglas de Arquitectura y Urbanismo de la Ordenanza Metropolitana No. 172 del 11 de septiembre 2012.

### 5.1.3. Susceptibilidad a inundaciones

Como se indicó en el capítulo anterior (sección **Inundaciones**), los registros obtenidos entre 2005 y 2014 por la Unidad de Gestión de Riesgos del DMQ muestran que la administración zonal Eugenio Espejo es la que mayor número de inundaciones (165) reportó en dicho período, como se muestra en la **Figura 32**, siendo la zona de Ñaquito una de las áreas con mayor ocurrencia de inundaciones de la ciudad, según la Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad del DMQ (2015). Tomando en cuenta estos factores, además de la ubicación, topografía y características físicas del Batán Bajo, la SSGDMQ (2015) establece que las condiciones del terreno sobre el cual se encuentra ubicado favorecen a la ocurrencia de eventos de inundación por lo que lo califica como un barrio altamente susceptible a inundaciones (Ver **Anexo 3**).

## 5.2. Inspección y diagnóstico de las rejillas de sumideros en sitio

### 5.2.1. Metodología utilizada

A continuación, se enumeran las herramientas, recursos y el procedimiento seguido para realizar la inspección y diagnóstico de las rejillas de sumideros del barrio Batán Bajo.

#### ***Herramientas y recursos***

- *Google Earth*
- *KOBO Toolbox*
- Flexómetro
- Aplicación digital de medición de inclinaciones para celular (App “Medición”)
- Aplicación digital de brújula para celular (App “Brújula”)
- Aplicación digital de GPS para celular
- Cámara fotográfica de celular
- Catálogo de rejillas para sumideros tomado de la empresa Fundireciclar S.A.

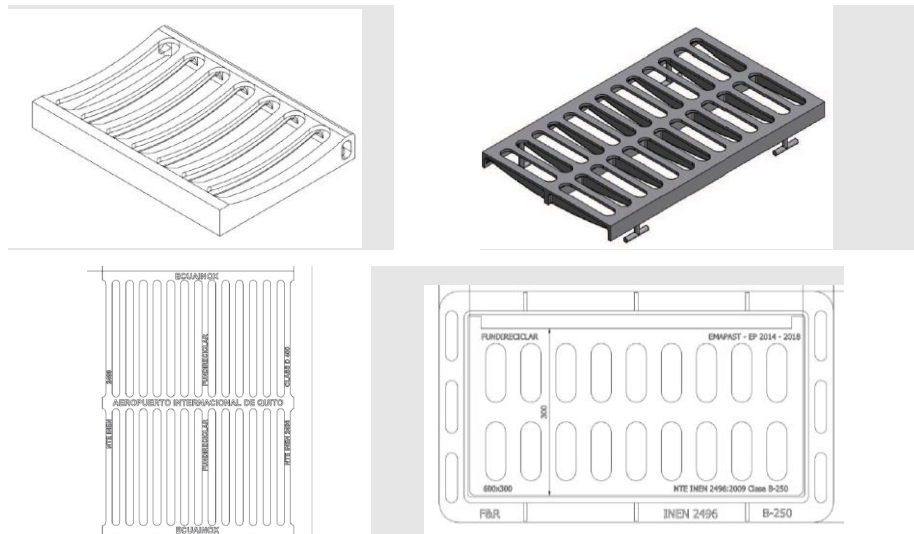
#### ***Procedimiento***

1. Con la aplicación de *Google Earth* se delimitó el Barrio Batán Bajo ubicando sus límites norte, sur, este y oeste (Ver **Anexo 5**).
2. Una vez delimitado el Barrio se lo dividió arbitrariamente en 5 zonas para que el levantamiento de información sea más ordenado y preciso (Ver **Figura 35Anexo 6**).



f. Observaciones y fotografías

**Figura 36.** Tipos de rejilla más comunes del catálogo de la empresa Fundireciclar S.A

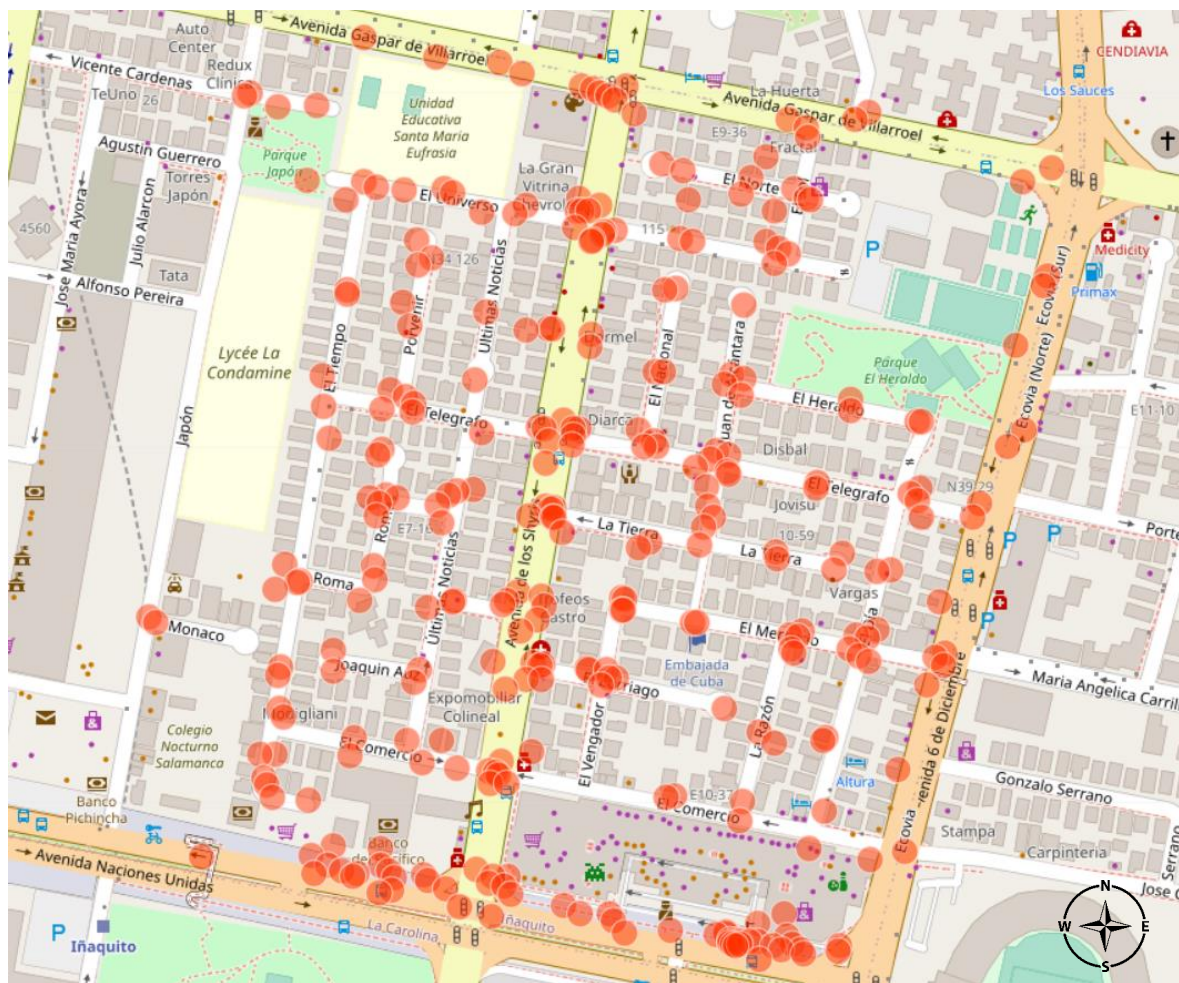


*Nota.* Tipos de rejillas consideradas las más comunes en el DMQ, denominadas Tipo 1 (superior izquierda), Tipo 2 (superior derecha), Tipo 3 (inferior izquierda), Tipo 4 (inferior derecha). Tomado del *Catálogo de productos Fundireciclar S.A. de Tapas y Rejillas* obtenido de <http://www.ecuainox.com/catalogos/tapas-rejillas.pdf>

4. Se recorrió cada una de las zonas del barrio en estudio (una zona por día durante 5 días) para la toma de datos de cada uno de los sumideros del Barrio Batán Bajo, registrando la información obtenida en el formulario digital previamente creado. Para mediciones de pendientes, georreferenciación y fotografías se utilizó un teléfono celular, mientras que para medir dimensiones se utilizó un flexómetro. En las vías perimetrales que delimitan al Batán Bajo con otros barrios (Av. Gaspar de Villaroel, Av. 6 de diciembre y Av. Naciones Unidas), solo se tomaron datos prioritarios de los sumideros ubicados en el margen adyacente al barrio en estudio por motivos de seguridad.

A continuación, se muestra la ubicación de todos los sumideros registrados en el Barrio Batán Bajo con una precisión de  $\pm 5$  metros, en un mapa generado automáticamente por *KOBO Toolbox*.

Figura 37. Ubicación de sumideros del Barrio Batán Bajo



Nota. Mapa generado automáticamente por *KOBO Toolbox* con los datos de georreferenciación registrados en el formulario digital, cada punto rojo corresponde a un sumidero de cualquier tipo. Recorte tomado de la aplicación *KOBO Toolbox*, 2022.

### 5.2.2. Resultado de la inspección y diagnóstico

En el Barrio Batán Bajo se registraron en total 359 sumideros de rejilla distribuidos a lo largo y ancho de las calles como se muestra en la **Figura 37**. La calle con mayor número de sumideros es la Av. Naciones Unidas con 101 unidades, la mayoría ubicados en el boulevard peatonal; seguida por la Av. De Los Shyris con 51 sumideros localizados en los bordes adyacentes a las aceras y al parterre central en ambos sentidos; y finalmente la calle El Telégrafo con 20 unidades instaladas en los bordes de la calzada. El número de sumideros de las demás calles se resume en la **Figura 38**.

Cabe mencionar que, dentro de esta sección se han incluido fotografías de sumideros fuera del área de estudio (Av. Portugal, Catalina Aldaz, Suecia, San Francisco de Asís) con fines ilustrativos que permitan visualizar de mejor manera los problemas que presentan los sumideros de rejilla en el DMQ y en sectores “aguas arriba” cercanos a la zona de estudio. **Adicionalmente, durante la inspección se pudo apreciar el deterioro y mal estado de una gran parte de la infraestructura vial del barrio en estudio incluyendo calzadas con baches, desniveles, aceras destruidas, cunetas deterioradas, etc. Esto se puede observar en algunas de las imágenes mostradas en este capítulo.**

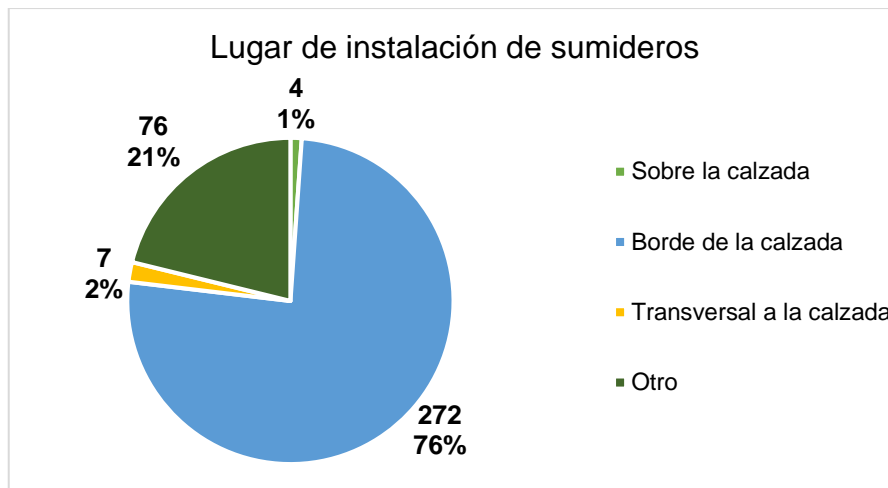
**Figura 38.** Número de sumideros por calle del Barrio Batán Bajo



*Nota.* La calle del Barrio Batán Bajo con más sumideros de rejilla es la Av. Naciones Unidas, la mayoría de las unidades se encuentran instaladas en el boulevard peatonal. Gráfico elaborado por el autor.

Del total de sumideros del Barrio Batán Bajo (359), el 76% (272) son sumideros de rejilla (puntuales y/o longitudinales) instalados en el borde de la calzada, el 2% (7) son sumideros transversales a la calzada, el 1% (4) se encuentran sobre la calzada y el 21% (76) restante son sumideros instalados en espacios peatonales como el Boulevard de la Av. Naciones Unidas.

**Figura 39.** Lugar de instalación de sumideros



*Nota.* La mayoría de los sumideros de rejilla del Barrio Batán Bajo están instalados en el borde de la calzada. Gráfico elaborado por el autor.

La rejilla para sumidero más común en el Barrio Batán Bajo es la de tipo 1 (Ver **Fotografía 2**) con 210 unidades (59%), de las cuales 124 son de 420x320 mm y 86 de 500x360 mm. La segunda rejilla más utilizada en el barrio de estudio corresponde a una rejilla especial (Ver **Fotografía 6**), de la cual se encontraron 84 unidades instaladas a lo largo del boulevard peatonal de la Av. Naciones Unidas.

**Fotografía 6.** Rejilla utilizada en el boulevard de la Av. Naciones Unidas



*Nota.* Fotografía tomada por el autor el 13 de abril de 2022 en el boulevard peatonal de la Av. Naciones Unidas, Batán Bajo. Se puede observar que la cuneta es triangular y adoquinada.

Las rejillas de tipo 2 (Ver **Figura 36**) utilizadas para sumideros longitudinales paralelos y transversales a la calzada representan apenas el 7% con 27 sumideros. Varios de estos sumideros están compuestos de múltiples rejillas tipo 2 como se muestra en la **Fotografía 7**. Cabe mencionar que en el levantamiento de campo se pudieron distinguir dos dimensiones distintas para este tipo de sumideros: 850x500 mm y 1000x600 mm.

*Fotografía 7. Sumidero longitudinal de 5 rejillas tipo 2, paralelo al bordillo*



*Nota.* Fotografía tomada por el autor el 17 de abril de 2022 en las Av. Naciones Unidas, Barrio Batán Bajo. Se puede apreciar la presencia de basura dentro de la caja del sumidero.

Otros tipos de rejilla encontrados en el barrio de estudio se muestran en la **Fotografía 8** y corresponden a una rejilla de tipo 3 en la esquina de la Av. De los Shyris y Av. Naciones Unidas; una tapa de pozo de revisión redonda con aberturas tipo rejilla instalada en el centro de la calle Juan de Alcántara; una rejilla cuadrada de barrotes longitudinales con soportes transversales similar a la *FHWA P-30* (Ver **Tabla 9**) instalada en el boulevard peatonal de la Av. Naciones Unidas y 7 sumideros longitudinales con múltiples rejillas rectangulares de 600x300 mm ubicados en los ingresos y salidas vehiculares del centro comercial “Quicentro Shopping” hacia la Av. Naciones Unidas.

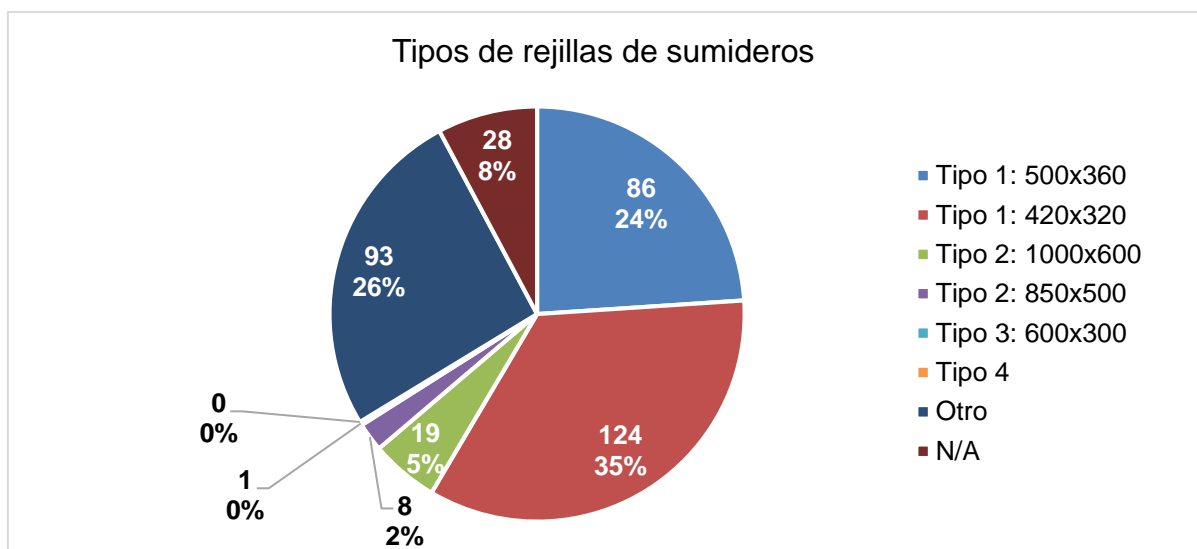
**Fotografía 8.** Otras rejillas encontradas en el Barrio Batán Bajo



Nota. Fotografías tomadas por el autor el 17 de abril de 2022 en las Av. Naciones Unidas, Barrio Batán Bajo.

A continuación, se presenta un gráfico circular que resume el tipo y dimensiones de las rejillas encontradas en el barrio de estudio.

**Figura 40.** Tipos de rejillas de sumideros encontradas en el barrio Batán Bajo



Nota. El símbolo N/A (No aplica) se utilizó para sumideros con rejillas sustraídas u obstruidas por vehículos de manera que no se pudo determinar el tipo y dimensión. Gráfico elaborado por el autor.

La mayoría de las calles en el barrio de estudio presentaron pendientes longitudinales bajas con valores entre 1° y 2°, mientras que el valor de sus pendientes transversales varía entre 1° y 8°, siendo más común la de 2°. Además, todas las calles del barrio son de pavimento asfáltico, a excepción de la calle El Tiempo que es adoquinada y los ingresos y salidas del centro comercial “Quicentro Shopping” que son de hormigón.

Tras realizar el levantamiento de información en campo se pudo evidenciar que los principales problemas que presenta la red de sumideros del barrio Batán Bajo son los siguientes:

1. Obstrucción de la caja del sumidero y presencia de olores: aproximadamente el 55% (196) del total de sumideros de rejilla en el barrio (359) presentan obstrucciones parciales o totales de la caja con basura, escombros, maleza y/o material vegetal como se muestra en las **Fotografía 9** y **Fotografía 10**. Esto puede ser la causa de malos olores en clima seco, aproximadamente el 7% (26) del total de sumideros desprenden olores desagradables, los cuales pueden ser atribuidos al taponamiento de la caja o al deterioro de la trampa hidráulica del mismo. Adicionalmente, el taponamiento de la caja del sumidero puede producir una pérdida total o parcial de la capacidad de interceptación como se muestra en la **Fotografía 11**, lo que podría llegar a generar acumulaciones de agua en superficie (incluso inundaciones) durante eventos de precipitación.

**Fotografía 9.** Sumideros de rejilla con caja totalmente obstruida



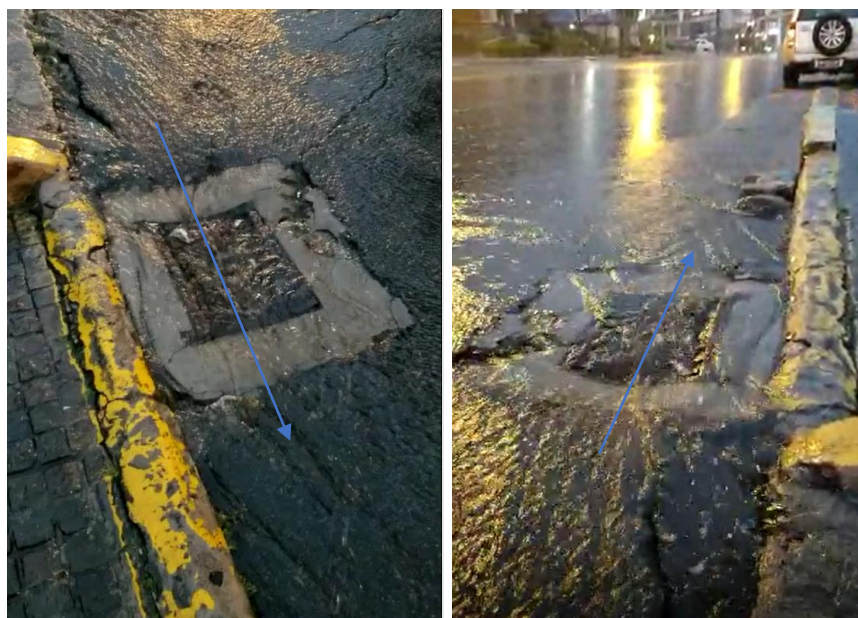
*Nota.* Fotografías tomadas por el autor el 17 de abril de 2022 en las Av. De los Shyris, Barrio Batán Bajo. Además de encontrarse completamente obstruida con hojas, el sumidero puntual (derecha) presenta un corte en su rejilla lo que representa un riesgo para los usuarios de la vía.

**Fotografía 10.** Sumideros obstruidos parcialmente con basura y materia vegetal



*Nota.* Fotografías tomadas por el autor el mes de abril de 2022 en las calles El Universo (izquierda) y El Sol (derecha), Barrio Batán Bajo. Como se muestra, existen varios sumideros dentro de los cuales crece maleza y/o se acumula basura.

**Fotografía 11.** Pérdida de capacidad de interceptación por obstrucción de la caja del sumidero



*Nota.* Se puede observar que a pesar de que la rejilla está limpia, el sumidero en pendiente no intercepta prácticamente nada de flujo. Esto puede deberse a una obstrucción parcial o total en la caja del sumidero que impide la captación de escorrentía por la rejilla. Capturas tomadas de un video realizado por el Ing. Pablo Daza Donoso el 24 de abril de 2022 en la calle Catalina Aldaz, aguas arriba a la zona de estudio.

2. Obstrucción de la rejilla del sumidero: un 33% (119) del total de las rejillas de los sumideros del barrio en estudio (359) se encuentran obstruidas parcialmente con basura, escombros, maleza y/o material vegetal (Ver **Fotografía 12**), lo que genera una reducción en la capacidad de interceptación de los sumideros de rejilla durante eventos de lluvia como se muestra en la **Fotografía 13** y **Fotografía 14**.

*Fotografía 12. Sumideros con rejilla obstruida por basura y material vegetal*



*Nota.* Fotografías tomadas por el autor el mes de abril de 2022 en las calles El Sol (superior izquierda), boulevard de la Av. Naciones Unidas (superior derecha), El Mercurio (inferior izquierda), El Nacional (inferior derecha), Barrio Batán Bajo.

**Fotografía 13.** Reducción de capacidad de interceptación de sumidero en pendiente por obstrucción de rejilla



*Nota.* Además de producirse salpicadura por la velocidad del flujo, se puede observar que la rejilla presenta una obstrucción que, a pesar de ser pequeña, contribuye a la salpicadura del flujo reduciendo la capacidad de interceptación del sumidero en pendiente. Capturas tomadas de un video realizado por el Ing. Pablo Daza Donoso el 24 de abril de 2022 en la Av. Portugal, aguas arriba a la zona de estudio.

**Fotografía 14.** Reducción de la capacidad de interceptación de sumidero en punto bajo por rejilla obstruida



*Nota.* Se puede observar que la capacidad de interceptación del sumidero paralelo al bordillo disminuye debido a la presencia de basura que obstruye la rejilla, sin embargo, debido a la configuración del sumidero transversal, la escorrentía se capta adecuadamente. Capturas tomadas de un video realizado por el Ing. Pablo Daza Donoso el 24 de abril de 2022 en la calle Suecia, cercana a la zona de estudio.

3. Rotura o deformación de la rejilla del sumidero: así mismo, el 23% (81) del total de las rejillas inspeccionadas (359) presentan deformaciones, fisuras, roturas, oxidación en su estructura, marco o se encuentran en estado de deterioro considerable como se muestra a continuación (Ver **Fotografía 15**).

**Fotografía 15.** Rejillas oxidadas, deformadas, rotas y deterioradas



*Nota.* Fotografías tomadas por el autor el mes de abril de 2022 en las calles El Norte (superior izquierda), El Universo (superior derecha), El Nacional (inferior izquierda), Av. 6 de Diciembre (inferior derecha), Barrio Batán Bajo.

4. Sumideros con rejillas inexistentes (sustraídas): Dentro del barrio en estudio apenas el 4% (14) del total de sumideros (359) se encontraron sin rejilla como se muestra en la **Fotografía 16**, sin embargo, esta situación resulta bastante problemática ya que contribuye al taponamiento de las cajas de sumideros incrementando la ocurrencia de inundaciones superficiales (Ver **Fotografía 17**) y presencia de olores desagradables. Adicionalmente, los sumideros sin rejilla representan una amenaza para la seguridad de peatones, ciclistas, vehículos y, en general, para todo tipo de tráfico como se puede ver en la **Fotografía 18**. Por tales motivos, se considera a este como uno de los problemas más importantes que presenta la red de sumideros del barrio Batán Bajo, el cual requiere de una solución inmediata. Además, se debe tomar en cuenta que un gran número de los sumideros sin rejilla del barrio se encuentran localizados vías arteriales y colectoras como la Av. 6 de Diciembre y Av. Gaspar de Villaroel, las cuales, presentan alto tráfico, velocidad media y presencia de vehículos pesados, livianos, bicicletas, peatones, etc.

**Fotografía 16.** Sumideros con rejillas sustraídas



*Nota.* Fotografías tomadas por el autor el mes de abril de 2022 en las calles Mónaco (superior izquierda), El Telégrafo (superior derecha), Av. Gaspar de Villaroel (inferior izquierda), La Brújula (inferior derecha).

**Fotografía 17.** Acumulación de agua en superficie por sumidero obstruido sin rejilla



*Nota.* Se puede observar que la rejilla del sumidero ha sido sustraída causando un taponamiento de la caja (Ver **Fotografía 16**) que produce la acumulación de agua con una profundidad igual a la altura del bordillo. Capturas tomadas de un video realizado por el autor el 24 de abril de 2022 en el pasaje Mónaco.

**Fotografía 18.** Sumideros sin rejilla en la Av. 6 de Diciembre



*Nota.* Se puede observar que los sumideros con rejillas sustraídas representan un peligro para todo tipo de tránsito, sobre todo en vías colectoras y arteriales. Capturas tomadas de un video realizado por el autor el mes de abril de 2022 en la Av. De los Shyris (izquierda) y Av. 6 de Diciembre (derecha).

5. Deterioro del perímetro del sumidero: Del total de 359 sumideros inspeccionados, se determinó que el 14% (51) de ellos presentan un deterioro considerable de su perímetro, es decir, que el material alrededor de la rejilla se encuentra en mal estado y/o con maleza y/o basura, como se muestra en la **Fotografía 19**. El deterioro del perímetro y/o la presencia de maleza o basura reducen la capacidad de interceptación del sumidero, como se puede observar en la **Fotografía 20** y **Fotografía 21**.

**Fotografía 19.** Sumideros con perímetro deteriorado



*Nota.* Fotografías tomadas por el autor el mes de abril de 2022 en las calles La Razón (superior izquierda), El Nacional (superior derecha), El Mercurio (inferior izquierda), El Vengador (inferior derecha), Barrio Batán Bajo.

**Fotografía 20.** Reducción de la capacidad de interceptación de sumidero en pendiente por perímetro deteriorado



*Nota.* Se puede observar que a pesar de que la rejilla está relativamente limpia, el sumidero en pendiente no intercepta prácticamente nada de flujo. Esto puede deberse al deterioro del perímetro del sumidero y/o a una obstrucción parcial o total en la caja del sumidero que impide la captación de escorrentía por la rejilla. Capturas tomadas de un video realizado por el Ing. Pablo Daza Donoso el 24 de abril de 2022 en la calle Catalina Aldaz, aguas arriba a la zona de estudio.

**Fotografía 21.** Reducción de la capacidad de interceptación de sumidero en punto bajo por presencia de maleza en el perímetro



*Nota.* La presencia de vegetación en el perímetro del sumidero retiene el flujo y evita su ingreso al mismo, por lo cual se puede observar que el agua es captada únicamente por el lado del sumidero que no tiene maleza. Capturas tomadas de un video realizado por el autor el 18 de abril de 2022 en la calle San Francisco de Asís, Cumbayá. Imagen incluida con fines ilustrativos.

6. Rejillas muy deprimidas: Se determinó que el 5% (18) de las rejillas inspeccionadas se encuentran deprimidas más de 5 cm por debajo del nivel de la rasante de la vía, por lo que se consideró que presentan una sobre depresión que puede representar un riesgo para el tránsito de todo tipo, sobre todo a velocidades medias-altas ya que se asemeja a un bache en la calzada. Este criterio se asumió tomando en cuenta que la normativa vigente en el DMQ (EMAAP: 2009) no estandariza valores para depresión de sumideros y que la mayoría de las unidades inspeccionadas en el barrio de estudio están instalados por debajo del nivel de la rasante de la calzada una distancia igual o menor a 5 cm. Cabe mencionar que la normativa de la Empresa Pública de Medellín (EPM, 2013) establece que la depresión debe ser entre 1 cm y 3 cm por debajo de la rasante.

*Fotografía 22. Rejillas de sumideros con sobre depresión*



*Nota.* Fotografías tomadas por el autor el mes de abril de 2022 en las calles El Sol (izquierda), El Zurriago (centro), La Razón (derecha), Barrio Batán Bajo.

7. Bajantes con descarga a la calle: Otro de los problemas encontrados en el barrio de estudio es la descarga de agua de escorrentía proveniente de las cubiertas de predios privados a la vía pública, lo cual está prohibido por la sección 2.7 de las Reglas de Arquitectura y Urbanismo de la Ordenanza Metropolitana No. 172 del 11 de septiembre 2012, como se indicó previamente (ver **Descripción del sistema vial y del sistema de drenaje pluvial**). Se pudo evidenciar esta situación en viviendas unifamiliares antiguas, edificios modernos y locales comerciales ubicados en las calles locales del barrio de estudio (Ver **Fotografía 5** y **Fotografía 23**). Esto además de incrementar la demanda de la red de sumideros, erosiona las aceras y las vías, perjudicando a los usuarios.

**Fotografía 23.** Bajantes de predios privados con descarga hacia la calle



*Nota.* Fotografías tomadas por el autor en el mes de abril de 2022 en las calles Últimas Noticias (superior izquierda), El Comercio (superior derecha e inferior izquierda), El Tiempo (inferior derecha), Batán Bajo. Se puede apreciar claramente que se está incumpliendo con lo establecido en las Reglas de Arquitectura y Urbanismo de la Ordenanza Metropolitana No. 172 del 11 de septiembre 2012.

8. Rejilla más grande que su caja de sumidero: Se evidenció también que algunas de las rejillas son más grandes que la caja o pozo del sumidero. Además de que esto significa un desaprovechamiento del área efectiva de la rejilla, se pudo observar que favorece a la acumulación de desechos, sobre todo basura, en los espacios entre la caja del sumidero y la rejilla como se puede ver en la **Fotografía 24.**

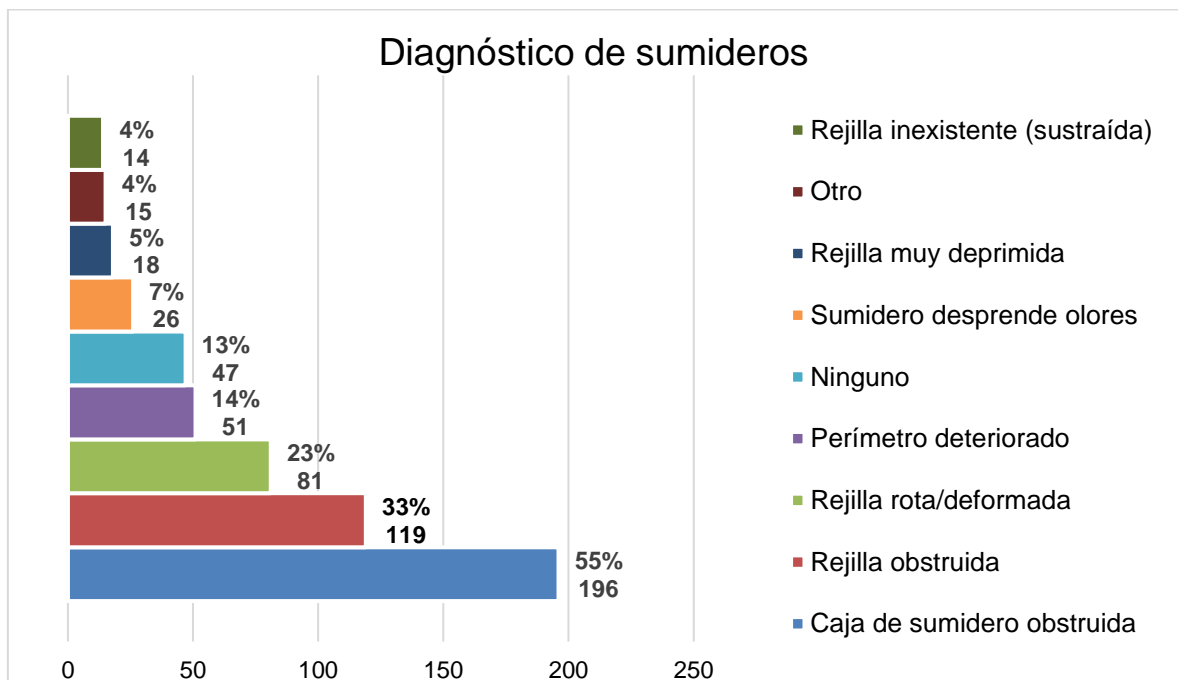
**Fotografía 24.** Rejilla más grande que la caja del sumidero



*Nota.* Fotografía tomada por el autor el 08 de abril de 2022 en la calle El Día, Barrio Batán Bajo. Se puede observar claramente que la rejilla es más grande que la caja del sumidero, lo que produce acumulación de basura el espacio señalado.

La **Figura 41** , a continuación, se realizó con base en la información recogida en campo y resume de manera gráfica los problemas que presenta la red de sumideros del barrio Batán Bajo.

**Figura 41.** Diagnóstico de la red de sumideros del barrio Batán Bajo



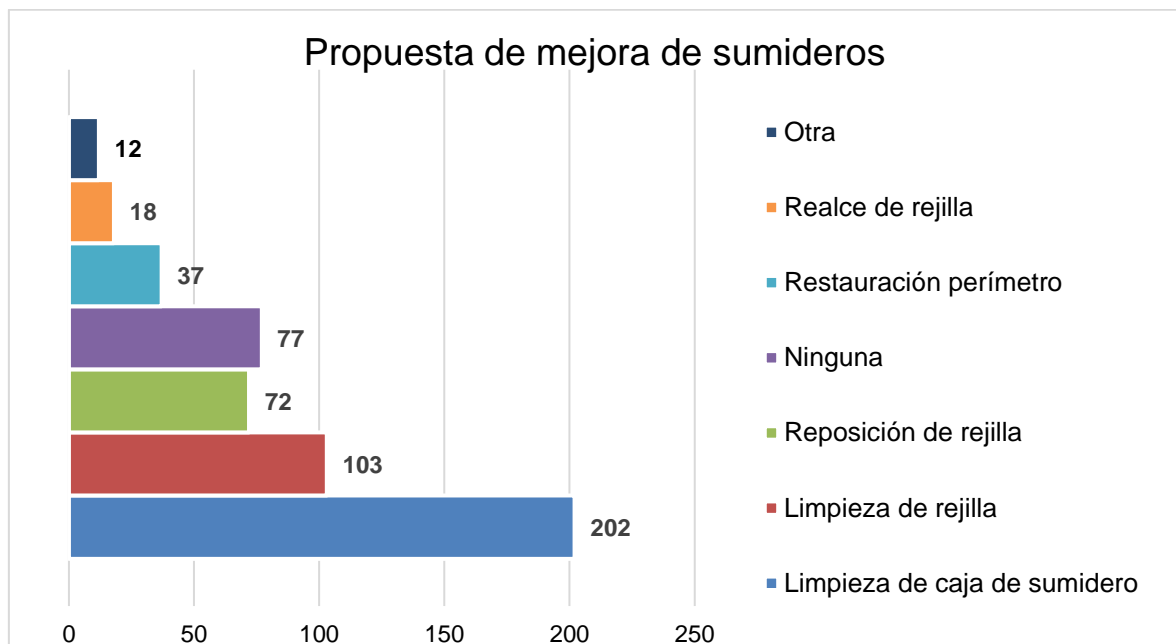
Después de haber realizado el diagnóstico de la red de sumideros del barrio Batán Bajo, se plantearon 5 propuestas para corregir los problemas encontrados y mejorar el estado de la misma:

1. Limpieza de la caja del sumidero: Como se mencionó previamente, existen varios sumideros cuya caja se encuentra llena total o parcialmente de basura, maleza, etc. causando, además de los malos olores, un mal funcionamiento del sumidero. Para corregirlo, se plantea la limpieza del pozo o caja del sumidero en 202 de las 359 unidades distribuidas en todo el barrio, principalmente en aquellas localizadas en vías principales como la Av. De los Shyris (42) y la Av. Naciones Unidas (56 unidades entre la vía y el boulevard peatonal).
2. Limpieza de la rejilla del sumidero: La obstrucción de las rejillas de sumideros con basura, escombros, material vegetal u otros reduce la capacidad de interceptación de sumideros. Para corregirlo se plantea la limpieza de 103 de las 359 unidades en todo el barrio. Las vías con mayor número de rejillas obstruidas son la Av. Naciones Unidas con 34 unidades entre la calzada y el boulevard peatonal, y la Av. De los Shyris con 15.
3. Reposición de la rejilla del sumidero: Se consideró necesaria la reposición de las rejillas de sumidero en unidades con rejillas sustraídas o en muy mal estado. Del total de los 359 sumideros encontrados en el barrio, 72 requieren la reposición de su rejilla de los cuales 13 se encuentran sobre la Av. De los Shyris, 6 en la Av. Naciones Unidas, 6 en El Telégrafo, 6 en El Comercio y el resto distribuidas en las demás calles del barrio.
4. Restauración del perímetro del sumidero: Como se indicó anteriormente, el mal estado del perímetro del sumidero puede afectar negativamente en su capacidad de interceptación. Para corregirlo, se plantea la restauración del mismo en 37 de las 359 unidades encontradas en el barrio de estudio, de las cuales 5 se encuentran ubicadas en la calle El Comercio, 5 en El Tiempo y el resto se distribuyen en las otras calles del barrio. Adicionalmente, es importante mencionar que, a pesar de que un perímetro en mal estado afecte la capacidad de interceptación de un sumidero, antes de restaurarlo es prioritario realizar un proceso de repavimentación integral de las calles ya que, aunque se tenga un perímetro del sumidero en buen estado, la captación seguirá siendo ineficiente si el canal que recoge la escorrentía (calzada) se encuentra en mal estado. La mayoría (por no decir todas) las calles del barrio se encuentran un estado de deterioro significativo.

5. Realce de la rejilla del sumidero: Se propone realizar el realce de 18 de las 359 rejillas del barrio. Cuando las rejillas se encuentran muy por debajo del nivel de la rasante (sobre deprimidas) estas se asemejan a un bache en la calzada que puede ser causa de accidentes de tránsito (vehicular, peatonal, bicicletas, etc.). Cabe mencionar que la normativa de la EPM (2013) establece un manual constructivo de cómo realizar el realce de rejillas con sobre depresión debido a repavimentaciones en la vía o daños en la calzada.

La **Figura 42**, a continuación, resume las medidas correctivas propuestas para mejorar la red de sumideros en el barrio Batán Bajo.

*Figura 42. Propuesta de medidas correctivas para mejorar la red de sumideros del barrio Batán Bajo*



### 5.3. Plan de acción y presupuesto referencial

Para elaborar el plan de acción se aplicará la metodología “5W+2H” en el caso de estudio utilizando un enfoque comúnmente usado en varios sectores como la gestión ambiental, etc. Esta metodología, según Betancourt (2018), es una herramienta de gestión que permite realizar un plan de acción de manera sistemática y estructurada a través de 7 cuestionamientos:

1. What?: ¿Qué es lo que se quiere hacer?
2. Why?: ¿Por qué se quiere hacer lo enunciado?
3. Who?: ¿Quién se encargará de realizarlo?
4. When?: ¿Cuándo se va a llevar a cabo?
5. Where?: ¿Dónde se lo va a realizar?
6. How?: ¿Cómo se lo llevará a cabo?
7. How much?: ¿Cuánto va a costar?

Para aplicar esta metodología en el plan de acción de la red de sumideros del barrio Batán Bajo, se realizó una matriz como se muestra en la **Tabla 25**, en la cual se incluyó la siguiente información, para cada una de las 359 unidades inspeccionadas:

1. What?: ¿Cuál(es) de las medidas propuestas (ver **Figura 42**) se debe a tomar?
2. Why?: ¿Cuál(es) de los problemas diagnosticados (ver **Figura 41**) se pretende minimizar?
3. Who?: ¿Quién es el responsable de aplicar la medida? Con base en lo encontrado en procesos de contratación pública, se determinó que la única institución responsable de aplicar las medidas correctivas planteadas es la EPMAPS.
4. When?: ¿En qué plazo se debe realizar? Se determinaron 3 plazos en función del problema que se pretende solucionar. Estos plazos se definieron tomando en cuenta el riesgo que representa cada uno de los problemas de los sumideros de rejilla para el tránsito y la susceptibilidad a inundaciones.

**Tabla 22.** Plazos de ejecución de las medidas correctivas propuestas

Problema	Plazo	Tiempo
Rejilla inexistente	Urgente	Hasta 1 mes
Caja de sumidero obstruida	Corto	De 1 a 6 meses
Rejilla muy deprimida	Corto-mediano	De 6 a 12 meses
Rejilla rota/deformada	Corto-mediano	De 6 a 12 meses
Rejilla obstruida	Mediano	Hasta 12 meses
Perímetro deteriorado	Mediano	Hasta 12 meses

5. Where?: Se proporcionará la ubicación a nivel de calle y las coordenadas de todos los sumideros de rejilla que requieran intervención en el barrio de estudio.
6. How?: ¿Qué recursos (no económicos) se requieren para implementar la medida? Los recursos tecnológicos, humanos y equipos requeridos dependen de la medida a implementar. La información se obtendrá de procesos encontrados en el portal de compras públicas.

**Tabla 23.** Recursos necesarios para las medidas correctivas de sumideros de rejilla

Medida		Recursos	Proceso
Reposición de rejilla	A	Mortero de cemento, rejilla de hierro forjado sin cerco, equipo y herramienta menor, señalización. <sup>1</sup>	CDTU-EPMAPS-0001-2014
Limpieza de rejilla y caja de sumidero <sup>2</sup>	B	Volqueta 8m3, vehículo de lavado, equipo y herramienta menor, señalización. Cuadrilla: 5 peones, 5 cocheros, 2 choferes	SIEC-EPMAPS-014-2020
Restauración de perímetro	C	Hormigón simple, mortero de cemento, equipo y herramienta menor, señalización. <sup>1</sup>	CDTU-EPMAPS-0001-2014
Realce de rejilla	D	Hormigón simple o anillo prefabricado, mortero de cemento, equipo y herramienta menor, señalización. <sup>1</sup>	CDTU-EPMAPS-0001-2014

*Nota.* La información descrita en la tabla se elaboró con base en distintos procesos encontrados en el portal de compras públicas por lo que es netamente referencial.

7. How much?: El costo de implementación de la medida correctiva depende de los recursos y actividades que se requieran realizar. Esta información se determinó utilizando costos referenciales encontrados en dos procesos de contratación pública de años anteriores (2014 y 2020) como se muestra en la **Tabla 24**.

<sup>1</sup> En la especificación técnica tomada del proceso CDTU-EPMAPS-0001-2014, no se indica el personal mínimo, pero se recomienda, por lo menos, una cuadrilla conformada por: un albañil, dos peones y el maestro de obra.

<sup>2</sup> La limpieza incluye trabajos de recolección de basura en el perímetro del sumidero en un radio de 2m, limpieza de la rejilla y limpieza a presión de la caja (o tasa) del sumidero por lo que las medidas: "limpieza de rejilla" y "limpieza de caja de sumidero" se unen formando una sola.

**Tabla 24.** Costos unitarios referenciales de las medidas correctivas planteadas

Medida	Costo unitario	Proceso
Reposición de rejilla	\$62,19 <sup>3</sup>	CDTU-EPMAPS-0001-2014
Limpieza de rejilla y caja de sumidero	\$5,13 <sup>4</sup>	SIEC-EPMAPS-014-2020
Restauración de perímetro	\$29,43 <sup>3</sup>	CDTU-EPMAPS-0001-2014
Realce de rejilla	\$128,19 <sup>3</sup>	CDTU-EPMAPS-0001-2014

*Nota.* Los costos mostrados se elaboraron con base en procesos de compras públicas de años anteriores, por lo que son valores netamente referenciales. Estos valores incluyen costos indirectos y no incluyen IVA.

Con fines ilustrativos, la **Tabla 25** presenta un fragmento de la matriz del plan de acción para mejorar la red de sumideros del barrio Batán Bajo. La tabla completa se encuentra en el **Anexo 14** y está ordenada alfabéticamente por nombre de calle.

**Tabla 25.** Fragmento de la matriz del plan de acción para mejorar la red de sumideros del barrio Batán Bajo

What?	Why?	Who?	When?	Where? Ubicación	How?	How much?
Medida	Impacto a minimizar	Responsable	Plazo-urgencia	(Calle, Altitud; Latitud; Longitud)	Recursos	Costo
Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	6 de Diciembre 2811,2; - 0,1717067; - 78,4765186	AB	\$ 67,31
Limpieza de rejilla Reposición de rejilla Restauración perímetro	Rejilla rota/deformada Perímetro de hormigón deteriorado Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Comercio 2813,3; - 0,1757256; - 78,4794045	ABC	\$ 96,74
Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	El Dia 2810,8; - 0,1728302; - 78,4775303		\$ -
Reposición de rejilla Realce de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla muy deprimida Caja de sumidero obstruida Rejilla inexistente (sustraida)	EPMAPS	Urgente	El Universo 2807,2; - 0,1711518; - 78,4805534	ABD	\$ 195,51
Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	Naciones Unidas 2818,4; - 0,1763572; - 78,4815724	B	\$ 5,13

*Nota.* Para mejorar la comprensión de la tabla, los recursos se enlistan con una leyenda alfabética que corresponde a una serie de equipos, materiales y personal, específicos para cada medida correctiva como se puede ver en la **Tabla 23**. El costo corresponde a la suma de valores de la **Tabla 24** correspondientes a la(s) medida(s) que se requieran aplicar para cada unidad de sumidero.

<sup>3</sup> Estos valores corresponden a precios de rubros específicos tomados del proceso CDTU-EPMAPS-0001-2014, traídos a valor presente con la ecuación de interés compuesto y utilizando las tasas de inflación anuales indicadas por el BCE.

<sup>4</sup> Valor calculado dividiendo el valor de adjudicación del contrato para el número de sumideros limpiados.

Una vez procesada la información del plan de acción, se elaboró un presupuesto referencial tomando en cuenta la cantidad de sumideros del barrio Batán Bajo que requieren la aplicación de las medidas correctivas planteadas para su adecuado funcionamiento. Dicho presupuesto se muestra a continuación.

**Tabla 26.** Presupuesto referencial para ejecutar el plan de acción para mejorar la red de sumideros del barrio Batán Bajo

Rubro	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Limpieza de rejilla y caja de sumidero	u	232	\$ 5,13	\$ 1.189,80
Reposición de rejilla	u	72	\$ 62,19	\$ 4.477,41
Realce de rejilla	u	18	\$ 128,19	\$ 2.307,45
Restauración de perímetro	u	37	\$ 29,43	\$ 1.088,82
			Subtotal	\$ 9.063,48
			IVA (12%)	\$ 1.087,62
			<b>TOTAL</b>	<b>\$10.151,09</b>

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES & RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- Se identificaron los principales problemas que presenta la red de sumideros del DMQ, que además de la sustracción de rejillas, tienen que ver con la falta de limpieza interior (caja) y exterior (rejilla) de las unidades, por lo que se puede concluir que las actividades de mantenimiento y limpieza de los mismos no se está realizando de manera adecuada o con la frecuencia requerida.
- Otro de los principales problemas que afectan al correcto funcionamiento de la red de sumideros en el DMQ es el mal estado de la infraestructura vial, sobre todo calles y aceras, por tanto, es posible concluir que los problemas de acumulación de agua en superficie y susceptibilidad a eventos de inundación que presenta la ciudad se deben al mal estado de todo el sistema de drenaje urbano y no únicamente a la red de sumideros.
- Se puede concluir que la presencia de bajantes de aguas lluvias con descarga hacia la vía, evidenciadas en ciertas edificaciones del barrio Batán Bajo (ver **Fotografía 5** y **Fotografía 23**), además de incumplir con la prohibición establecida por la Ordenanza Metropolitana No. 172, incrementan la demanda de la red de sumideros y pueden ser causa de erosión y deterioro de las aceras y/o las vías.
- Después de analizar y comparar las normas extranjeras con la normativa vigente en Quito, se determinó que existen varias diferencias significativas con respecto a los criterios, metodología y proceso de diseño de sumideros por lo que se puede concluir lo siguiente:
  - El estándar NTE INEN 2496:2009 presenta criterios aceptables para el enfoque que presenta (propiedades mecánicas, capacidad de carga, materiales, etc.) para la fabricación de rejillas de sumideros.
  - La norma 01-AL-EMAAP-Q-2009 presenta los criterios, metodologías y parámetros hidrológicos suficientes para la determinación del caudal de escorrentía o demanda de la red de drenaje urbano a nivel local del DMQ.
  - La norma 01-AL-EMAAP-Q-2009 presenta criterios muy ambiguos para la localización y espaciamiento de sumideros, así como procedimientos de diseño demasiado básicos y generales, por lo que es razonable concluir que el estándar no es lo suficientemente apropiado para el

diseño de sumideros, dadas las condiciones meteorológicas y poblacionales actuales del DMQ.

- La norma 01-AL-EMAAP-Q-2009 no presenta criterios de dimensionamiento, geometría, disposición de rejillas y otros parámetros hidráulicos necesarios para el diseño y selección del tipo de rejillas para sumideros, por lo que se puede concluir que el modelo de rejilla utilizado en los sumideros del DMQ no necesariamente es el más apropiado para la topografía y condiciones pluviales de la ciudad.
- Con base en lo evidenciado en el estudio de campo, se pudo determinar que la red de sumideros del barrio Batán Bajo:
  - Cumple con el criterio de lugar de instalación según su clasificación, establecido por la norma NTE INEN 2496:2009 (Ver **Tabla 17** y **Figura 27**) ya que la mayoría son de clase B y están instalados en zonas adyacentes al bordillo como indica la norma.
  - Debido a la acumulación de agua en superficie evidenciada en ciertas calles de la zona de estudio (ver **Fotografía 17**), se puede concluir que la red de sumideros del barrio Batán Bajo no cumple con el criterio de localización y espaciamiento establecido por la norma 01-AL-EMAAP-Q-2009, que indica que el número y ubicación de unidades debe ser tal que se garantice el ingreso de todo el caudal de escorrentía al sistema de alcantarillado.
  - Debido a la presencia de olores desagradables en algunos sumideros de rejilla del barrio Batán Bajo, se puede concluir que la red tampoco cumple con el criterio de incluir estructuras que impidan la salida de gases y olores como cierre hidráulico, clapeta, entre otros.
- En conclusión, se ha estimado que el costo total de implementación del plan de acción para mejorar la red de sumideros del barrio Batán Bajo es de \$10.151,09 que incluye trabajos de limpieza de rejilla y caja de sumideros (232), reposiciones de rejilla (72), realces de rejilla (18) y restauración de perímetros de hormigón (37), con lo que se pretenden resolver los principales problemas encontrados durante el diagnóstico que incluyen las rejillas inexistentes, cajas de sumidero obstruidas, rotura/deformación/sobre depresión/obstrucción de rejillas y perímetros de hormigón de sumideros deteriorados.

## 6.2. Recomendaciones

- Tras realizar la presente evaluación, se recomienda realizar una actualización general de las normas para diseño de sumideros y fabricación de rejillas (01-AL-EMAAP-Q-2009 y NTE INEN 2496: 2009, respectivamente) vigentes en el DMQ. La actualización debería reforzar los aspectos hidráulicos del diseño de rejillas y producir nuevas curvas IDF que reflejen los efectos del cambio climático que ya se están manifestando en la actualidad. Además, los requisitos para rejillas deberían enfocarse en el desempeño mas no en soluciones específicas para abrir campo a la innovación en el uso de distintos materiales (resistentes, pero menos apetecidos para el robo) y geometrías de mayor eficiencia hidráulica.
- Se recomienda evaluar las velocidades de salpicadura de las rejillas de especificación nacional tal que se pueda realizar un cálculo hidráulico más preciso para el diseño.
- Debido a que todos los sumideros del barrio Batán Bajo se encuentran localizados en puntos bajos de la calzada, la susceptibilidad a acumulaciones de agua en superficie debido al taponamiento de los mismos aumenta, por lo que es recomendable el uso de sumideros de ventana o mixtos, tal como lo indica la norma 01-AL-EMAAP-Q-2009.
- En vista de que varios sumideros del barrio de estudio presentan una rejilla más grande que su respectiva caja (ver **Fotografía 24**), es recomendable que la normativa pertinente pueda estandarizar los criterios de dimensionamiento de rejillas, pozos de sumidero y reposición de rejillas.
- Se pudo evidenciar que la mayoría de los sumideros de cuneta deprimidos presentan distintos valores de depresión, por lo que se recomienda estandarizar el criterio, como lo hace la normativa de la EPM (2013), para evitar sobre depresiones y así reducir la afectación al tráfico.
- En sumideros con sobre depresiones, se recomienda realizar trabajos de realce de rejilla siguiendo el proceso constructivo indicado por la norma de la EPM (2013).
- Antes de realizar trabajos de restauración de perímetro de sumideros o realce de rejillas, se recomienda realizar trabajos de repavimentación de calzada y mejoramiento de aceras ya que, de lo contrario, la eficiencia de la red de sumideros podría seguir siendo baja.

- En caso de aplicar las medidas correctivas propuestas en el “**Plan de acción y presupuesto referencial**” se recomienda comenzar los trabajos en las vías arteriales (Av. 6 de diciembre, Av. Naciones Unidas), seguidas por las vías colectoras (Av. De los Shyris, Av. Gaspar de Villaroel) y finalmente las calles locales. Además, se recomienda jerarquizar los trabajos en orden de importancia, en función del plazo o urgencia propuesta (ver **Tabla 22**).
- Se recomienda realizar un estudio completo de la eficiencia de los sumideros de rejilla en el DMQ para determinar si el modelo utilizado es el más adecuado y actualizar las normas técnicas pertinentes correspondientemente.

## BIBLIOGRAFÍA

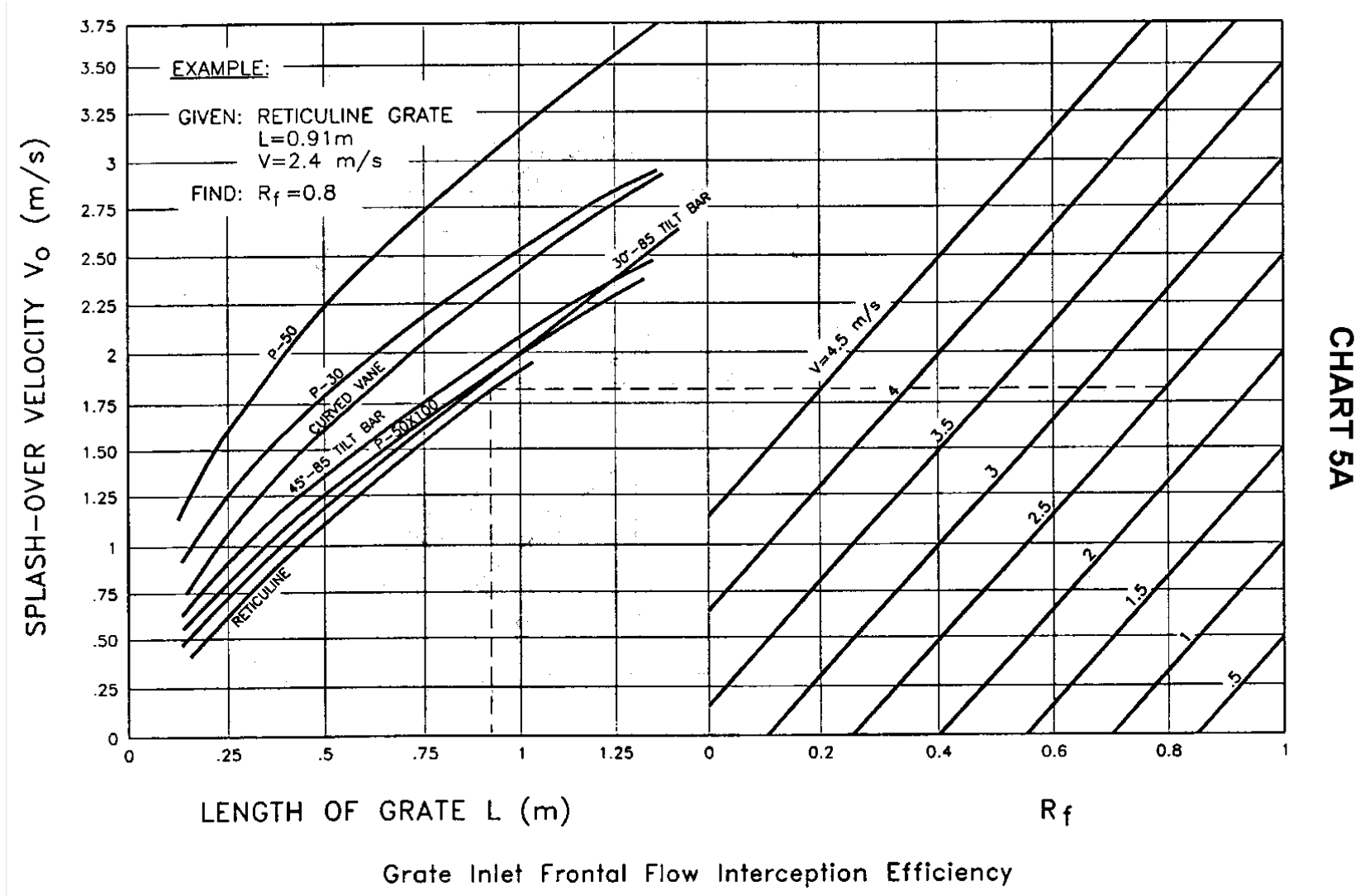
- AASHTO. (2013). *Standard Specification for Drainage, Sewer, Utility, and Related Castings. AASHTO M 360-10*. Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ASCE (1992). *Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems, ASCE Manual of Practice No. 77*. American Society of Civil Engineers & WEF.
- ASCE. (2017). *Standard Guidelines for the Design, Installation, and Operation and Maintenance of Urban Stormwater Systems*, American Society of Civil Engineers, 2017. Tomado de *ProQuest Ebook Central*, <http://ebookcentral.proquest.com/lib/puce/detail.action?docID=5164348>.
- Butler D., Digman C., Makropoulos C., Davies J. (2018). *Urban Drainage 4th edition*. Londres: Taylor & Francis Group, LLC.
- CDTU-EPMAPS-0001-2014. (2014). Proceso de Contratación Directa por Terminación Unilateral: *Construcción del proyecto: reparación, rehabilitación y obras de mantenimiento del sistema de alcantarillado en la unidad de operaciones norte*. Tomado de <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=burDjnqdl0JHFipeUNZnvemMJgGTelx4ofUYOHkchkQ>
- EPM. (2013). *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín. E. S. P.* Medellín: Empresas Públicas de Medellín. E. S. P.
- EPM. (2019). *Especificación Técnica de Rejilla para Sumidero. ET-AS-ME08-16*. Medellín: Empresas Públicas de Medellín. E. S. P.
- EPM. (2019). *Norma de Construcción de Sumideros. NC-AS-IL02-17*. Medellín: Empresas Públicas de Medellín. E. S. P.
- EPMAPS. (2009). *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q. 01-AL-EMAAP-Q-2009*. Quito: Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable.
- Fair, G. O. (2011). *Water and Wastewater Engineering 3rd edition*. California: John Wiley & Sons, Inc.
- FHWA. (2013). *Urban Drainage Design Manual. FHWA-NHI-10-009*. Washington D.C.: Federal Highway Administration.
- Fundireciclar S.A. (s.f.). *Catálogo de productos Fundireciclar S.A.: tapas y rejillas*. Obtenido de <http://www.ecuainox.com/catalogos/tapas-rejillas.pdf>

- Hazen and Sawyer. (2011). *Estudios de Actualización del Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado para el DMQ*. Quito: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.
- Hidrología sostenible (s.f.). *Sustainable Urban Drainage Systems: SUDS*. Obtenido de <http://www.hidrologiasostenible.com/sustainable-urban-drainage-systems-suds/>
- Hydrology Studio. (s.f.). *Inlet and gutter spreads*. Obtenido de <https://learn.hydrologystudio.com/stormwater-studio/knowledge-base/inlet-and-gutter-spreads/>
- INAMHI. (2019). *Actualización del estudio de lluvias intensas: Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*. Quito: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- INEN. (2009). *Tapas para uso en pozos y redes subterráneas. Rejillas de alcantarillado. Requisitos e inspección. NTE INEN 2496:2009*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Perales-Momparler, Sara & Andrés-Doménech, Ignacio. (2008). *Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible: Una Alternativa a la Gestión del Agua de Lluvia*.
- Redacción Diario El Comercio. (24 de marzo de 2021). *Más lluvia se ha registrado en el norte de Quito, pero más frío ha hecho en el sur, según el INAHMI*. Diario El Comercio. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/inamhi-lluvia-frio-clima-quito.html>
- Redacción Diario El Universo. (08 de marzo de 2021). *Se registran inundaciones en Quito por las intensas lluvias, no se registran cierres viales*. Diario El Universo. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/lluvias-inundaciones-quito-nota/>
- Redacción Diario El Universo. (13 de diciembre de 2021). *Lluvias en Quito son las más fuertes de los últimos 20 años, afirma el Municipio*. Diario El Universo. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/lluvias-en-quito-son-las-mas-fuertes-de-los-ultimos-20-anos-afirma-el-municipio-nota/>
- Redacción Diario La Hora. (13 de septiembre de 2021). *El cambio climático es el responsable del calor y frío intensos en Quito*. Diario La Hora. Obtenido de <https://www.lahora.com.ec/pais/quito-cambio-climatico-calor-frio-septiembre/>
- Rehak, Bob. (2020). *Storm Sewer Inlets: Often Overlooked in Cases of Street Flooding*. Obtenido de <https://reduceflooding.com/2020/03/03/storm-sewer-inlets-often-overlooked-in-cases-of-street-flooding/>
- Rodríguez, H. (2013). *Drenaje Urbano Elementos de Diseño: Drenaje Urbano No Convencional*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

- Rubio A. (2021). *Barrios de la Parroquia Iñaquito*. Obtenido de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parroquia\\_I%C3%B1aquito\\_Completo.png#/media/File:Parroquia\\_I%C3%B1aquito\\_Completo.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parroquia_I%C3%B1aquito_Completo.png#/media/File:Parroquia_I%C3%B1aquito_Completo.png)
- Serrano S., Ruiz J., Bersosa F. (2016). *La Granja*, 25 (1), 16-32. Universidad Politécnica Salesiana Ecuador. Obtenido de <https://doi.org/10.17163/LGR.N25.2017.02>
- SIEC-EPMAPS-014-2020. (2020). *Proceso de Subasta Inversa Electrónica: Limpieza de sumideros a presión en el área de influencia de la unidad sur 2020*. Tomado de <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=LLISrjRUxFWYHQrdRdJlpn2ihyTwd2Uudm-s6u-dfdc>
- SSGDMQ (2015), *Atlas de Amenazas Naturales y Exposición de Infraestructura del Distrito Metropolitano de Quito, Segunda Edición*. Quito: Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad del Distrito Metropolitano de Quito.
- STHV (2012). *Anexo único Reglas de Arquitectura y Urbanismo de la Ordenanza No. 172 que contiene el Régimen Administrativo del Suelo en el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: Secretaría Territorio, Hábitat y Vivienda del Distrito Metropolitano de Quito. Obtenido de <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2018/01/2.-ANEXO-UNICO-REGLAS-TECNICAS-DE-ARQUITECTURA-Y-URBANISMO.pdf>
- Susdrain. (s.f.). *Drainage exceedence processes [Based on Digman et al., 2006]*. Obtenido de <https://www.susdrain.org/delivering-suds/drainage-exceedance/background/processes.html>
- Taylor, W. (2020). *Video: Pavement Drainage - Part 2*. Subido el 15 de octubre de 2020 al canal Wes Taylor Engineering. Ontario: Mohawk College. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=owPSlv234sE>
- Trapote, A. (2017). *Infraestructuras Hidráulico-Sanitarias II. Saneamiento y drenaje urbano*. Alicante: Universidad de Alicante.
- UDFCD. (2016). *Urban Storm Drainage Criteria Manual: Volume 1. Management, Hydrology, And Hydraulics*. Colorado: Urban Drainage and Flood Control District.
- Villacís E. & Marrero N. (2017). *Precipitaciones extremas en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha- Ecuador*. CIH. Ing. Hidráulica y ambiental, Vol. XXXVIII, No. 2. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382017000200008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000200008)

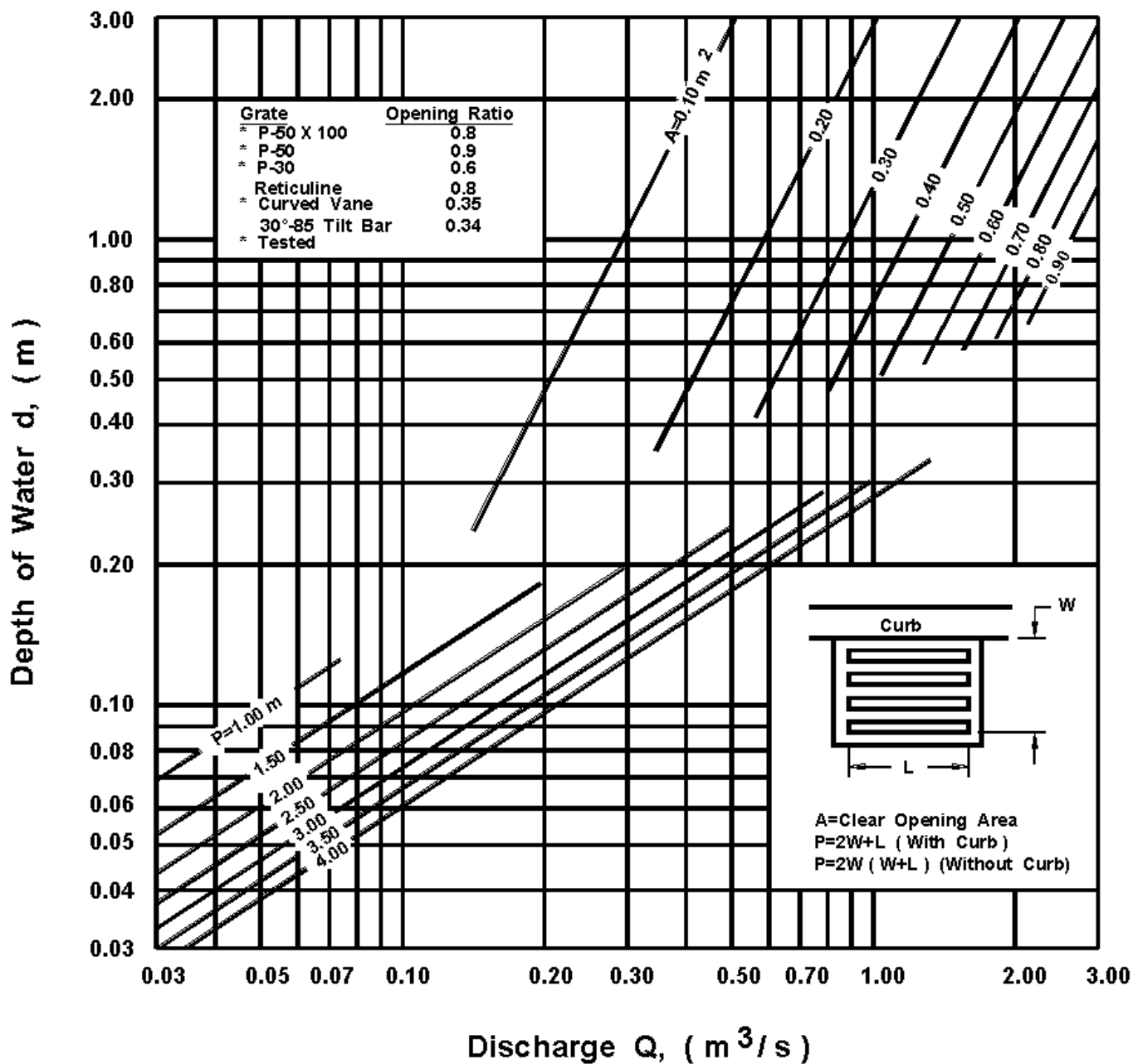
# ANEXOS

Anexo 1: Eficiencia de interceptación de flujo frontal y velocidad de salpicadura de sumideros de rejilla. Fuente: FHWA (2013)



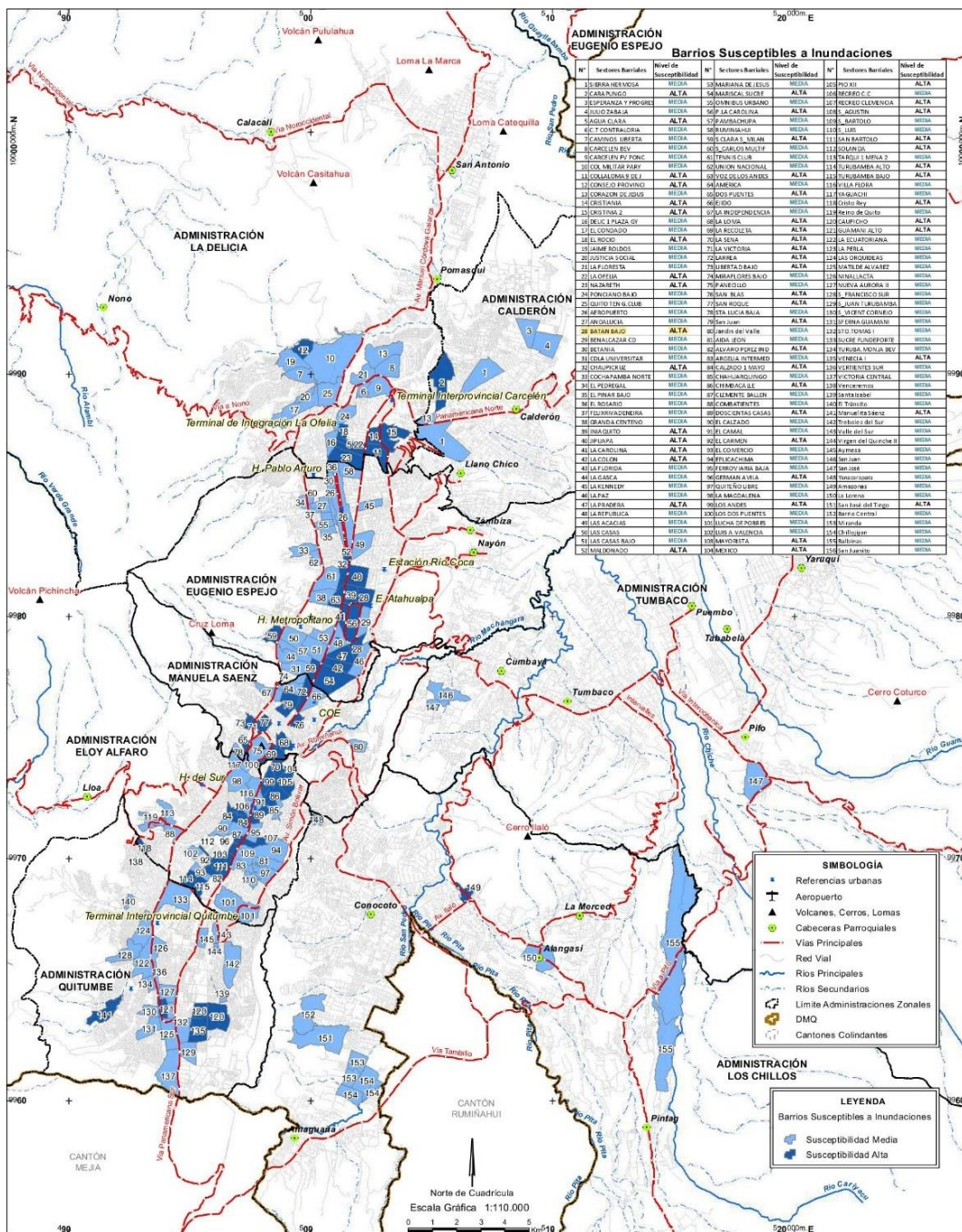
Anexo 1. Eficiencia de interceptación de flujo frontal y velocidad de salpicadura de sumideros de rejilla. Fuente: FHWA (2013)

### CHART 9A



Grate Inlet Capacity in Sump Conditions.

## BARRIOS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES



Existen 169 barrios en el DMQ que se encuentran en zonas de susceptibilidad alta y media a inundaciones. Las parroquias más afectadas son: Calderón, Comité del Pueblo, El Condado; Ponceano, Iñaquito, Rumipamba, Jijijapa, Mariscal Sucre, La Concepción y Beisario Quevedo al norte de la ciudad; La Libertad, San Juan y Centro Histórico en el centro de Quito; y, Solanda, San Bartolo, Chimbacalle, La Ferroviaria, La Mena, Turubamba y la Ecuatoriana en el sur de la urbe.

Mapa 4 - 2





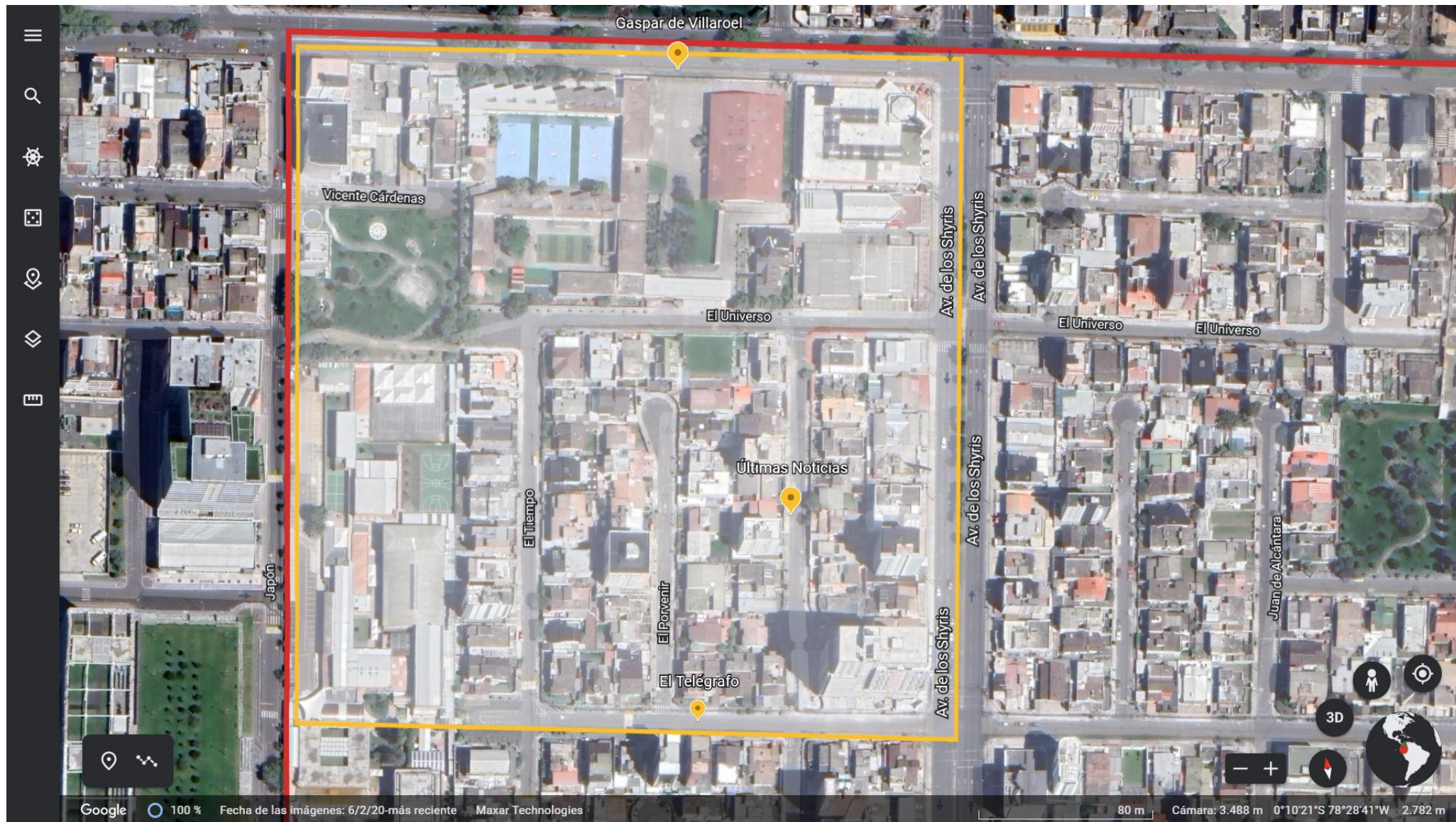
Anexo 5: Delimitación y extensión del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022)



Anexo 5. Delimitación y extensión del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022)



Anexo 7: Sistema vial de la Zona 1 del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022)

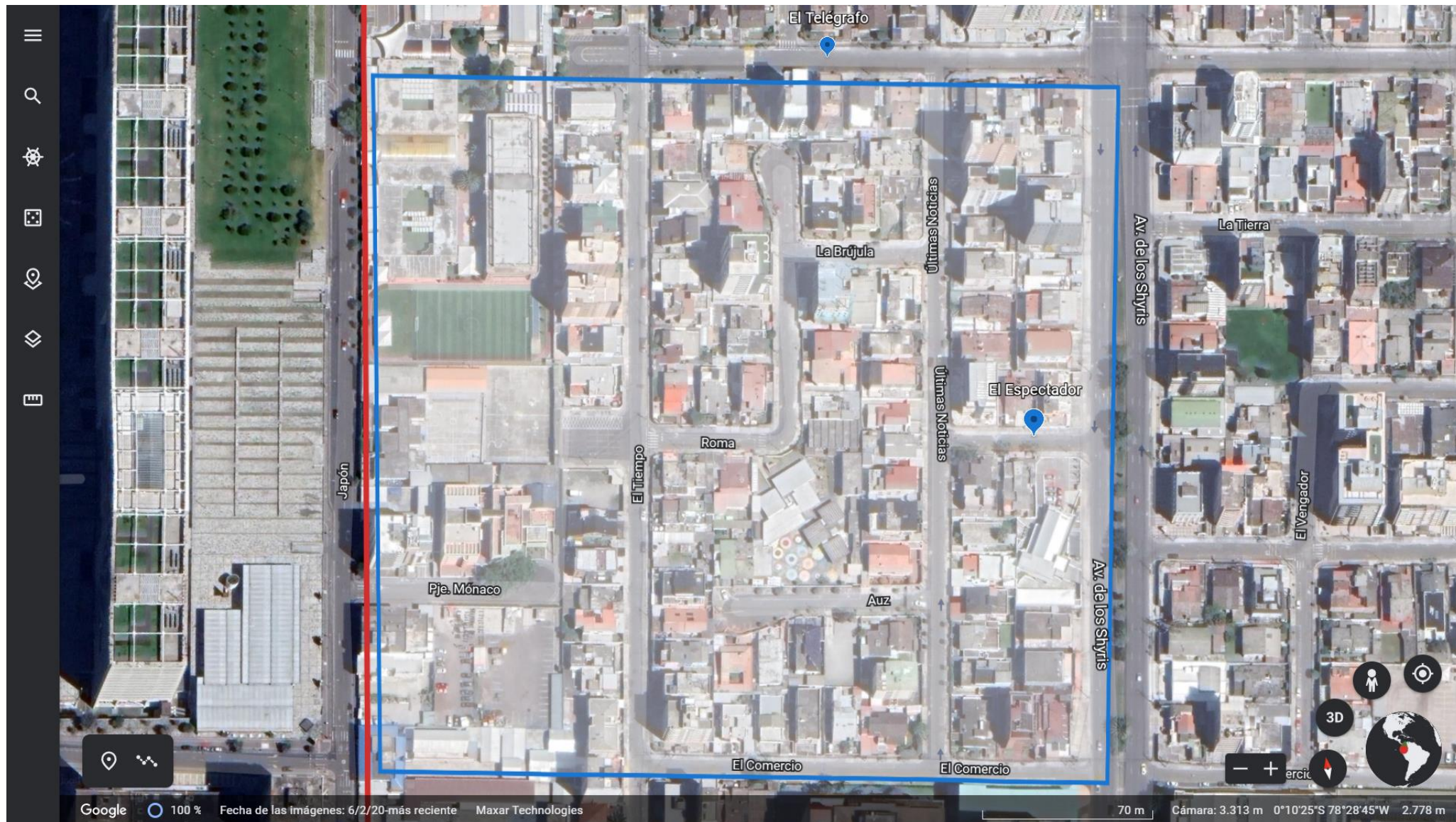


Anexo 8: Sistema vial de la Zona 2 del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022)



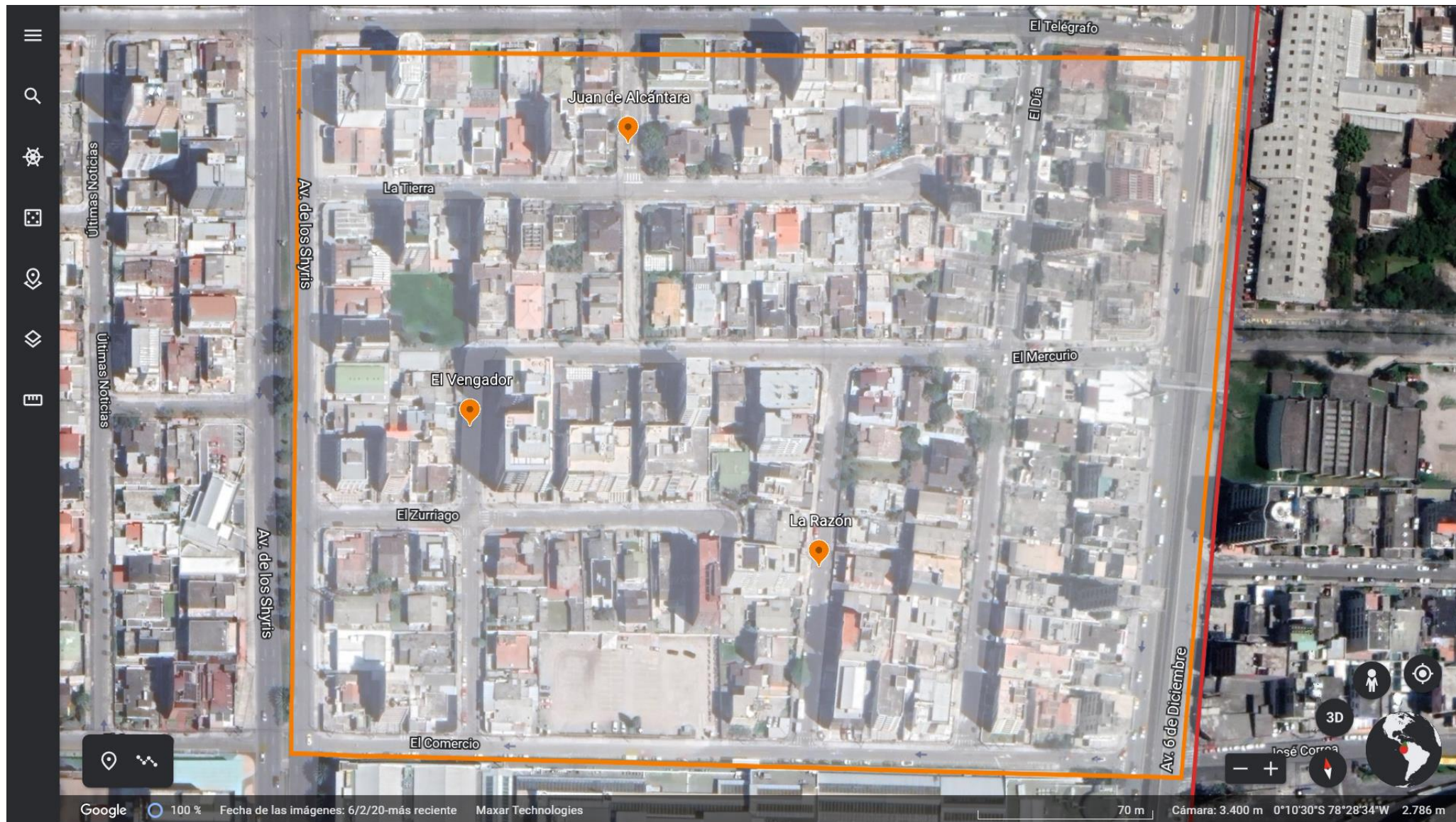
Anexo 8. Sistema vial de la Zona 2 del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022)

Anexo 9: Sistema vial de la Zona 3 del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022)



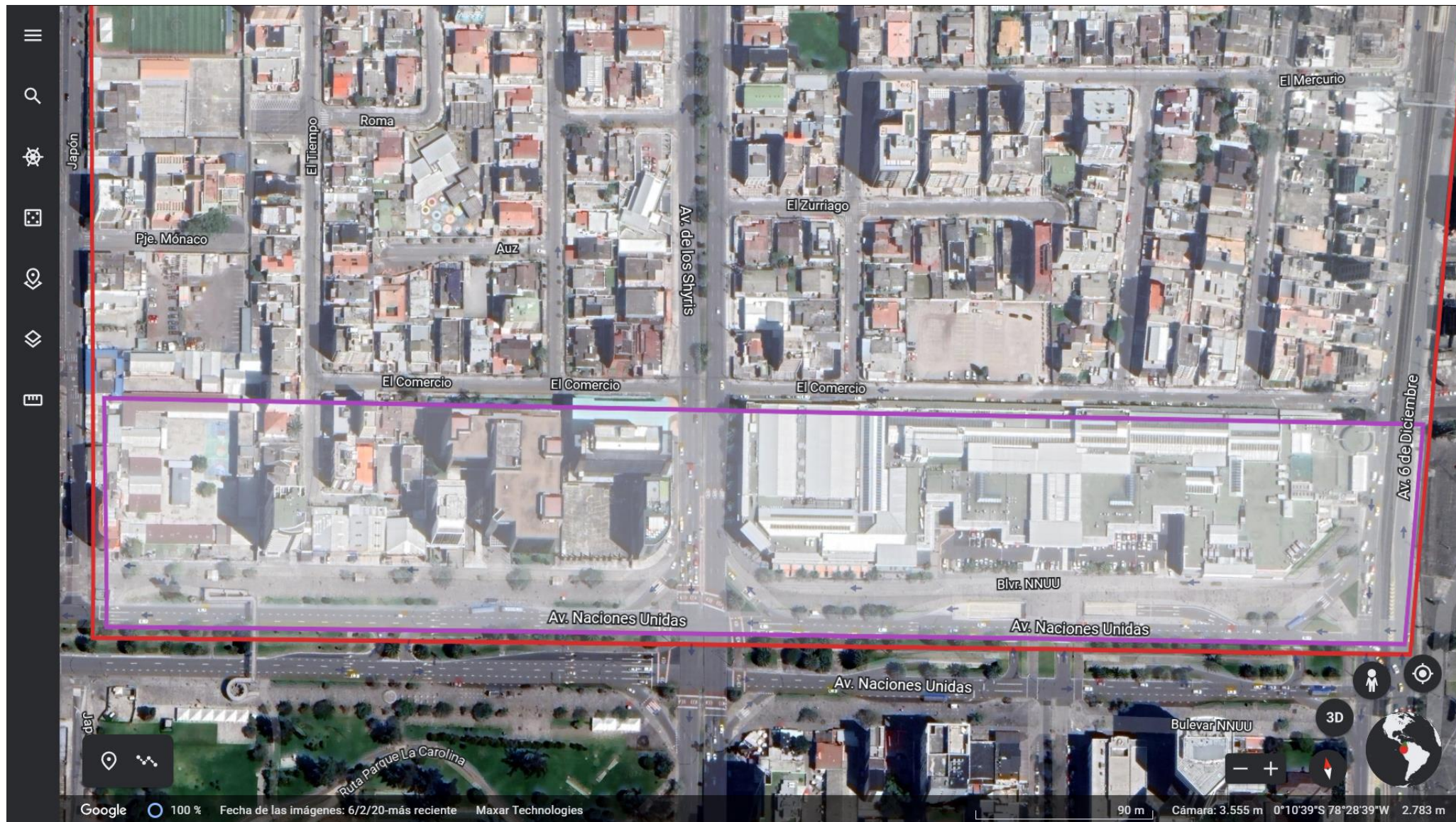
Anexo 9. Sistema vial de la Zona 3 del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022)

Anexo 10: Sistema vial de la Zona 4 del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022)



Anexo 10. Sistema vial de la Zona 4 del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022)

Anexo 11: Sistema vial de la Zona 5 del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022)



Anexo 11. Sistema vial de la Zona 5 del Barrio Batán Bajo. Fuente: Google Earth (2022)

## **Anexo 12:** Transcripción de la entrevista realizada al Ing. Ernesto Fonseca, EPMAPS (05/04/2022)

Entrevista realizada al Ing. Ernesto Fonseca, jefe del Departamento de Alcantarillado de la EPMAPS el lunes 05 de abril de 2022 a las 08h30 en el edificio B de la EPMAPS (Av. Mariana de Jesús entre Italia y Alemania):

### **1. ¿Cuál es su apreciación respecto al estado de los sumideros y cuáles son los principales problemas?**

Como es bien conocido por la ciudadanía, hemos tenido grandes problemas en el asunto de los sumideros. Primero por la basura que es arrastrada por la lluvia y que tapona las rejillas y el problema más grave es la sustracción que nosotros hemos sufrido desde hace algún tiempo, prácticamente en todo el distrito metropolitano tenemos un número más o menos de unos 5000 que han sido sustraídos.

### **2. ¿Cuántos sumideros hay en Quito?**

Nosotros tenemos registrados 86,912 sumideros de 50x36 instalados en todo el DMQ y 12,123 rejillas entre transversales y longitudinales.

### **3. ¿Cuántos distribuidores autorizados para rejillas tiene la EPMAPS?**

Tenemos alrededor de 5 fundidoras que están calificadas, sin embargo, eso no quiere decir que no pueda haber más. Nosotros como EPMAPS, para el garantizar la calidad de los materiales, tenemos calificados a los proveedores y todo se rige a través de la normativa INEN de materiales de hierro dúctil y fundido.

### **4. ¿Cuál es el presupuesto anual referencial para operación y mantenimiento de sumideros?**

La gerencia de operaciones cuenta con alrededor de 20 millones de dólares anuales para hacer mantenimiento no solamente de sumideros sino también de las redes, de infraestructuras en quebradas y todo lo que comprende el sistema de alcantarillado.

### **5. ¿En qué actividades consiste el mantenimiento de sumideros en Quito y cada cuánto tiempo se realizan estos trabajos?**

Los trabajos que se realizan para el mantenimiento sumideros básicamente comprenden la limpieza y el desalojo de material que se acumula. Nosotros tenemos una planificación cada semestre, esto quiere decir que por lo menos 2 veces al año hacemos la limpieza, sin embargo, dadas las circunstancias del estado del clima y de las lluvias asignamos prioridades. No es que cuando cae la lluvia limpiamos y nos olvidamos hasta el otro semestre. No, aquí hay que revisar tras cada evento de lluvia para hacer la valoración y ver si es que es si es que es necesario hacer nuevamente la limpieza.

### **6. ¿Qué recursos se utilizan para la limpieza de los sumideros? ¿Cómo está conformada la cuadrilla típica?**

Bueno nosotros básicamente hacemos por administración directa utilizando los hidro succionadores y una cuadrilla compuesta por 3 personas llamados sifoneros que recogen la basura de la rejilla y lógicamente operan el hidro succionador que hace el trabajo de limpieza. Además, tenemos contratos con proveedores particulares para limpieza masiva de los sistemas de drenaje de aguas lluvias. Tenemos 3 contratistas divididos en zonas centro, norte y sur.

### **7. ¿Cómo se está preparando la EPMAPS para que los sumideros funcionen adecuadamente en las épocas invernales?**

Lo que nosotros hacemos es una limpieza preventiva para evitar que se acumule el material y que los sumideros puedan estar limpios para poder hacer que funcione el sistema correctamente.

### **8. ¿El barrio Batán Bajo está considerado dentro de su plan de operación y mantenimiento?**

La EPMAPS tiene una programación de todo el distrito, no solamente del Batán. Tenemos una programación semestral por sectores, cada semestre cumplimos con la programación y al siguiente volvemos a hacer la limpieza de los mismos

sectores. Tenemos plenamente identificados 3 sectores: zona centro (unidad de operaciones centro) donde el contratista hace la limpieza y de igual manera para el norte y el sur.

**9. ¿Existe algún plan o algún avance para actualizar la normativa del diseño de sistemas de alcantarillado EMAAP-2009?**

Bueno, la EPMAPS ha sido pionera en desarrollar la normativa para sistemas de alcantarillado. Justamente estamos haciendo una revisión permanente de la normativa y en el caso específico de los sumideros, estamos evaluando el uso de materiales alternativos, por ejemplo, el año pasado nos hicieron una propuesta de hacer unas rejillas plásticas para las cuales se hicieron las pruebas respectivas. De hecho, nosotros ya estamos empezando un plan piloto, estamos comprando alrededor de unas 84 rejillas que vamos a instalar en diferentes sitios con el fin de evitar el robo masivo de estos materiales porque la reposición de rejillas es verdaderamente una inversión bastante grande para la EPMAPS.

**10. ¿Existe algún plan o algún avance respecto a la implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible?**

Yo creo que el municipio está trabajando en ese sentido, he visto en los proyectos nuevos urbanización que ya se están implementando estos sistemas, pero a nosotros como EPMAPS no nos compete hacer bordillos, aceras, parques sino hacer el sistema de alcantarillado con el sistema convencional de drenaje de aguas lluvias.

**11. ¿Aparte de estas rejillas plásticas que están considerando, tienen alguna otra alternativa para manejar el tema del robo de alcantarillas?**

Siempre estamos buscando alternativas. La otra alternativa que estamos manejando con las fundidoras es que se está evaluando colocar algún sistema de seguridad para poder instalar en los sumideros porque las rejillas, a pesar de que tienen una cadenita de enganche por seguridad, siguen siendo sustraídas ya que esta no es un impedimento para las personas porque las rompen y se las llevan. Lo que estamos trabajando con estas fundidoras es en desarrollar algún sistema de seguridad para evitar que se saquen las rejillas.

**12. En otros países se utilizan sumideros abisagrados, es decir que aseguran la rejilla del marco. ¿Han considerado esta como una alternativa?**

Sí, como le decía justamente la propuesta nuestra va a ser de ese tipo de ya se hizo pruebas y modelos, pero no nos garantiza de que a lo mejor esos abisagrados van a funcionar. Nosotros por ejemplo en los pozos de revisión ya tenemos este sistema y además cambiamos también el tipo de material de las tapas, antes se utilizaba hierro fundido el cual, por sus características, es propenso a ser sustraído ya que las rompen, las vuelven a fundir y lo venden al peso. Ahora ya estamos utilizando hierro dúctil porque este material ya no permite reutilizar o refundir para utilizar nuevamente para los accesorios ya que es un material un poco más complicado para fundir nuevamente.


**13. En los “Estudios de la Actualización del Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado para el DMQ” del 2011 se plantea la necesidad que existe de evaluar las condiciones geométricas y de diseño del modelo de sumidero en Quito recomendando “realizar un estudio específico sobre la eficiencia de sumideros a través de una modelación tanto física como matemática” ¿Existe algún avance respecto a este tema?**

Se hacen modelamientos, pero no específicamente para sumideros sino para redes, para ver su capacidad. Lo que se está pensando en el futuro para evitar la sustracción de rejillas es implementar cajones laterales en el bordillo en lugar de sumideros de rejillas.

*Anexo 12. Transcripción de la entrevista realizada al Ing. Ernesto Fonseca, EPMAPS (05/04/2022)*

**Anexo 13:** Ejemplo del formulario de registro de sumideros en el Barrio Batán Bajo. Fuente: Elaboración propia

## Registro de sumideros Barrio Batán Bajo

Fecha de registro	*
2022-04-07	
Coordenadas	*
<b>-0.174536 -78.478454 2800 5</b>	
latitud (x.y °)	
-0,174536	
longitud (x.y °)	
-78,478454	
altitud (m)	
2800	
accuracy (m)	
5	
	
Zona	*
<input type="radio"/> Zona 1	
<input type="radio"/> Zona 2	
<input type="radio"/> Zona 3	
<input checked="" type="radio"/> Zona 4	
<input type="radio"/> Zona 5	

Calle Zona 4 \*

La Tierra

El Mercurio

El Zurriago

El Comercio

Shyris

El Vengador

Juan de Alcantara

La Razon

El Dia

6 de Diciembre

Calle Zona 5 \*

Naciones Unidas

El Tiempo

Shyris

6 de Diciembre

Número de carriles \*

2

Material cuneta \*

Asfalto

Hormigon

Adoquinado

Otro

Pendiente longitudinal (grados) \*

1

Pendiente transversal (grados) \*

2

Lado del sumidero	*
<input type="radio"/> Norte <input checked="" type="radio"/> Sur <input type="radio"/> Este <input type="radio"/> Oeste	
Zona de instalacion sumidero	*
<input type="radio"/> Sobre la calzada <input checked="" type="radio"/> Borde de la calzada <input type="radio"/> Transversal a la calzada <input type="radio"/> Otro	
Tipo de rejilla	*
<input type="radio"/> Tipo 1: 500x360 B250 <input checked="" type="radio"/> Tipo 2: 1000x600 C400 <input type="radio"/> Tipo 3: 600x300 B250 <input type="radio"/> Tipo 4: longitudinal C400 <input type="radio"/> Otro	
Largo de la rejilla (cm)	
800	
Ancho de la rejilla (cm)	
500	
Número de rendijas totales	
26	
Número de rendijas obstruidas	
2	
Altura rejilla-bordillo (cm)	
10	
Altura calzada-bordillo (cm)	
5	

Diagnóstico preliminar

- Rejilla rota/deformada
- Rejilla inexistente (sustraída)
- Rejilla obstruida
- Caja de sumidero obstruida
- Sumidero desprende olores
- Rejilla muy deprimida
- Perímetro de hormigón deteriorado
- Ninguno
- Otro

---

Propuesta de mejora

- Limpieza de rejilla
- Limpieza de caja de sumidero
- Reposición de rejilla
- Realce de rejilla
- Restauración perímetro de hormigón
- Ninguna
- Otra

---


Observaciones


*Bordillo no adyacente, en esquina, sumidero longitudinal paralelo o transversal, etc.*

**Localizado en la esquina entre El Mercurio y La Razón**

---

Imagen

photo5019368837220510363-18\_49\_32.jpg 




---

Anexo 13. Ejemplo del formulario de registro de sumideros en el Barrio Batán Bajo. Fuente: Elaboración propia en KOBO Toolbox

**Anexo 14:** Matriz del plan de acción para mejorar la red de sumideros del barrio Batán Bajo. Fuente: Elaboración propia

PLAN DE ACCIÓN PARA MEJORAR LA RED DE SUMIDEROS DEL BARRIO BATÁN BAJO (5W+2H)								
ID	What? Medida	Why? Impacto a minimizar	Who? Responsable	When? Plazo/urgencia	Where? Ubicación (Calle, Altitud; Latitud; Longitud)	How? Recursos	How much? Costo	
169	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	6 de Diciembre 2811,2; -0,1717067; -78,4765186	AB	\$	67,31
170	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	6 de Diciembre 2811,4; -0,1717744; -78,4765555	B	\$	5,13
171	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla inexistente (sustraída) Rejilla obstruida	EPMAPS	Urgente	6 de Diciembre 2810,8; -0,1722402; -78,4767685	AB	\$	67,31
172	Reposición de rejilla Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero Otra	Rejilla inexistente (sustraída) Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida Otro	EPMAPS	Urgente	6 de Diciembre 2810,5; -0,1728987; -78,4767036	AB	\$	67,31
173	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	6 de Diciembre 2810; -0,1730285; -78,4768374	B	\$	5,13
174	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla inexistente (sustraída) Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Urgente	6 de Diciembre 2810; -0,1734666; -78,4770504	AB	\$	67,31
175	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	6 de Diciembre 2809,8; -0,1742295; -78,4773616	B	\$	5,13
176	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	6 de Diciembre 2809,4; -0,1746275; -78,4773188	B	\$	5,13
177	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	6 de Diciembre 2809,3; -0,1747225; -78,4773241		\$	-
178	Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla	Rejilla inexistente (sustraída) Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Urgente	6 de Diciembre 2809,3; -0,1748653; -78,4774548	AB	\$	67,31
179	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	6 de Diciembre 2808,9; -0,1755203; -78,4776815		\$	-
180	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	6 de Diciembre 2809,1; -0,176152; -78,4776268	B	\$	5,13
181	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	6 de Diciembre 2815,3; -0,1762171; -78,4779006		\$	-
275	Reposición de rejilla Restauración de perímetro Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Perímetro de hormigón deteriorado Caja de sumidero obstruida Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Auz 2805,5; -0,1746055; -78,482048	ABC	\$	96,74

276	Restauración de perímetro Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Perímetro de hormigón deteriorado Caja de sumidero obstruida Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Auz	2805,8; -0,1747638; -78,4820487	BC	\$	34,56
277	Restauración de perímetro	Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Mediano plazo	Auz	2805,9; -0,1747541; -78,4813834	C	\$	29,43
278	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Sumidero desprende olores Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	Auz	2805,5; -0,1748502; -78,4814205	B	\$	5,13
52	Limpieza de rejilla Restauración de perímetro	Rejilla obstruida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Mediano plazo	EI Comercio	2808,7; -0,1761328; -78,4783709	BC	\$	34,56
53	Reposición de rejilla Restauración de perímetro Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Perímetro de hormigón deteriorado Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Comercio	2808,7; -0,1758414; -78,4782504	ABC	\$	96,74
54	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla Restauración de perímetro	Rejilla rota/deformada Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto plazo	EI Comercio	2808,3; -0,175916; -78,4789046	ABC	\$	96,74
55	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	EI Comercio	2808,1; -0,1757702; -78,4788834		\$	-
56	Restauración de perímetro Reposición de rejilla	Perímetro de hormigón deteriorado Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	EI Comercio	2807; -0,1757374; -78,4794762	AC	\$	91,61
57	Limpieza de rejilla Reposición de rejilla Restauración de perímetro	Rejilla rota/deformada Perímetro de hormigón deteriorado Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto o mediano plazo	EI Comercio	2813,3; -0,1757256; -78,4794045	ABC	\$	96,74
268	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Comercio	2806,8; -0,1751181; -78,4824358	B	\$	5,13
269	Otra	Otro	EPMAPS	N/A	EI Comercio	2809,7; -0,1750539; -78,4824648		\$	-
270	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Comercio	2806,5; -0,1754194; -78,4819139	B	\$	5,13
271	Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Comercio	2806,2; -0,1752752; -78,4818871	AB	\$	67,31
272	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Comercio	2805,7; -0,1754651; -78,4813569	AB	\$	67,31
39	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	EI Día	2806,7; -0,1733489; -78,4775047	B	\$	5,13
40	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Día	2806,9; -0,1733867; -78,4775847	B	\$	5,13
41	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	EI Día	2810,8; -0,1728302; -78,4775303		\$	-
42	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Mediano plazo	EI Día	2806,9; -0,1728282; -78,4775033	B	\$	5,13

81	Limpieza de caja de sumidero	Perímetro de hormigón deteriorado	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	El Día	2807,8; -0,1752732; -78,4782403	B	\$	5,13
82	Limpieza de caja de sumidero Restauración de perímetro	Rejilla rota/deformada	Perímetro de hormigón deteriorado Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Día	2808,3; -0,1753005; -78,478261	BC	\$	34,56
83	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida		EPMAPS	Corto plazo	El Día	2807; -0,1745897; -78,4780517	B	\$	5,13
84	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto plazo	El Día	2806,6; -0,1746467; -78,4779788	B	\$	5,13
85	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida		EPMAPS	Corto plazo	El Día	2806,7; -0,1744989; -78,4779188	B	\$	5,13
86	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida		EPMAPS	Corto plazo	El Día	2806,8; -0,1744838; -78,4779985	B	\$	5,13
87		0	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Día	2807,2; -0,1739881; -78,4778393		\$	-
88	Ninguna	Ninguno		EPMAPS	N/A	El Día	2807,1; -0,1739763; -78,4777321		\$	-
280	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida		EPMAPS	Corto plazo	El Espectador	2805,8; -0,1742299; -78,4811287	B	\$	5,13
281	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida		EPMAPS	Mediano plazo	El Espectador	2805,9; -0,1742113; -78,4811183	B	\$	5,13
43	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida		EPMAPS	Mediano plazo	El Heraldo	2806,9; -0,1726599; -78,4780422	B	\$	5,13
44	Ninguna	Rejilla rota/deformada		EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Heraldo	2806,9; -0,1727415; -78,4780413		\$	-
45	Limpieza de rejilla Reposición de rejilla	Rejilla obstruida	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Heraldo	2806,9; -0,1726267; -78,4788886	AB	\$	67,31
46	Otra	Otro		EPMAPS	N/A	El Heraldo	2806,9; -0,1724946; -78,4788717		\$	-
66	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero Restauración de perímetro	Rejilla obstruida	Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto plazo	El Mercurio	2805,4; -0,1742909; -78,4798178	BC	\$	34,56
67	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	Sumidero desprende olores	EPMAPS	Corto plazo	El Mercurio	2805,4; -0,1742051; -78,479793	B	\$	5,13
68	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Caja de sumidero obstruida	Otro Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto plazo	El Mercurio	2805,4; -0,1742949; -78,4797999	B	\$	5,13
69	Limpieza de rejilla Restauración de perímetro	Realce de rejilla	Rejilla obstruida Rejilla muy deprimida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Mercurio	2805,8; -0,1743873; -78,4792667	BCD	\$	162,75

70	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Mediano plazo	El Mercurio	2806,9; -0,1743816; -78,479234	B	\$	5,13
71	Limpieza de rejilla Restauración de perímetro	Perímetro de hormigón deteriorado Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	El Mercurio	2805,9; -0,1745886; -78,4785076	BC	\$	34,56
72	Ninguna Reposición de rejilla	Ninguno Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Mercurio	2805,9; -0,1744891; -78,4784575	A	\$	62,19
73	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	El Mercurio	2805,7; -0,1744518; -78,4784203		\$	-
74	Limpieza de caja de sumidero	Sumidero desprende olores Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	El Mercurio	2806,7; -0,174437; -78,4778443	B	\$	5,13
75	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto plazo	El Mercurio	2806,9; -0,1746816; -78,4779027	B	\$	5,13
76	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	El Mercurio	2808,9; -0,1746542; -78,4773926	B	\$	5,13
25	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	El Nacional	2805,6; -0,1730235; -78,4796398	B	\$	5,13
26	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto plazo	El Nacional	2806,2; -0,1728918; -78,4796851	B	\$	5,13
27	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	El Nacional	2807,3; -0,1724442; -78,4795613	B	\$	5,13
28	Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Nacional	2806,6; -0,1724452; -78,4794991	A	\$	62,19
29	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	El Nacional	2808; -0,1718027; -78,4793987	AB	\$	67,31
30	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Sumidero desprende olores Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	El Nacional	2807,4; -0,1718135; -78,4794865	B	\$	5,13
4	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	El Norte	2811,3; -0,1712007; -78,4786304	B	\$	5,13
5	Reposición de rejilla	Otro	EPMAPS	N/A	El Norte	2807,7; -0,1710301; -78,4784872	A	\$	62,19
6	Ninguna	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Norte	2807,7; -0,1710659; -78,4788889		\$	-
7	Restauración de perímetro	Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Mediano plazo	El Norte	2807,7; -0,170944; -78,4788188	C	\$	29,43
8	Ninguna	Perímetro de hormigón deteriorado Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Norte	2808,6; -0,1711101; -78,4793012		\$	-

9	Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Norte	2811,9; -0,1708889; -78,4793465	A	\$	62,19
10	Ninguna	Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Mediano plazo	El Norte	2808,8; -0,1708342; -78,4795074		\$	-
11	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto plazo	El Norte	2807,6; -0,1711024; -78,4783836	B	\$	5,13
12		0 Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Norte	2807,6; -0,1711171; -78,4783571		\$	-
129	Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	El Porvenir	2805,7; -0,1726359; -78,4814881	AB	\$	67,31
130		0 Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Porvenir	2806,8; -0,1720931; -78,4814593		\$	-
131	Restauración de perímetro Realce de rejilla Reposición de rejilla	Perímetro de hormigón deteriorado Rejilla muy deprimida Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Porvenir	2806,8; -0,1719127; -78,4815095	ACD	\$	219,81
132	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto plazo	El Porvenir	2805,9; -0,1715673; -78,4812854	B	\$	5,13
133	Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Porvenir	2805,9; -0,1716156; -78,481389	A	\$	62,19
134	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	El Porvenir	2806,1; -0,1714214; -78,4814031	B	\$	5,13
1	Limpieza de caja de sumidero Realce de rejilla Restauración de perímetro	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto plazo	El Sol	2832,76; -0,1704905; -78,4780162	BCD	\$	162,75
2	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	El Sol	2807,7; -0,1706291; -78,4783788		\$	-
3	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Mediano plazo	El Sol	2807,7; -0,1705525; -78,478388	B	\$	5,13
13	Realce de rejilla Ninguna	Ninguno Rejilla muy deprimida	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Sol	2807,8; -0,1715282; -78,4785243	D	\$	128,19
14	Realce de rejilla Ninguna	Rejilla muy deprimida	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Sol	2807,9; -0,171487; -78,4786026	D	\$	128,19
21	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	El Telégrafo	2806; -0,1730083; -78,4801988		\$	-
22	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	El Telégrafo	2805,6; -0,1729386; -78,4801949		\$	-
23	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	El Telégrafo	2806,2; -0,1729822; -78,479569	B	\$	5,13

24	0	Rejilla rota/deformada	Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto o mediano plazo	EI Telégrafo	2806; -0,1730189; - 78,4795453		\$	-
31	Ninguna		Ninguno	EPMAPS	N/A	EI Telégrafo	2806,4; -0,1731191; - 78,4791326		\$	-
32	Ninguna		Ninguno	EPMAPS	N/A	EI Telégrafo	2806,4; -0,1732133; - 78,4789984		\$	-
33	Otra		Otro	EPMAPS	N/A	EI Telégrafo	2806,7; -0,1732421; - 78,4789949		\$	-
34	Limpieza de caja de sumidero		Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Telégrafo	2806,7; -0,1733036; - 78,4783032	B	\$	5,13
35	Limpieza de caja de sumidero		Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Corto plazo	EI Telégrafo	2806,4; -0,1733492; - 78,4783106	B	\$	5,13
36	Limpieza de rejilla	Reposición de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	EI Telégrafo	2806,7; -0,1735706; - 78,4774933	AB	\$	67,31
37	Ninguna		Ninguno Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Mediano plazo	EI Telégrafo	2806,4; -0,1734399; - 78,4775273		\$	-
38	Limpieza de caja de sumidero		Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Telégrafo	2806,7; -0,1735655; - 78,4771055	B	\$	5,13
125	Otra		Otro	EPMAPS	N/A	EI Telégrafo	2806,4; -0,1724772; - 78,4821293		\$	-
126	Reposición de rejilla		Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	EI Telégrafo	2805,5; -0,172731; - 78,4816747	A	\$	62,19
127	Ninguna		Ninguno	EPMAPS	N/A	EI Telégrafo	2805,4; -0,1725786; - 78,4816043		\$	-
128	Reposición de rejilla		Rejilla rota/deformada Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto o mediano plazo	EI Telégrafo	2805,4; -0,172687; - 78,481427	A	\$	62,19
135	Reposición de rejilla		Rejilla inexistente (sustraída)	EPMAPS	Urgente	EI Telégrafo	2805,7; -0,1727578; - 78,4814363	A	\$	62,19
136	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero		Rejilla inexistente (sustraída) Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Urgente	EI Telégrafo	2805,4; -0,1729168; - 78,4808955	AB	\$	67,31
137	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla		Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Telégrafo	2805,6; -0,1729838; - 78,4803814	B	\$	5,13
139	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero		Caja de sumidero obstruida Rejilla inexistente (sustraída)	EPMAPS	Urgente	EI Telégrafo	2805,6; -0,1728773; - 78,4804642	AB	\$	67,31
122	Limpieza de rejilla		Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	EI Tiempo	2809,8; -0,1711183; - 78,4819549	B	\$	5,13

123	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	El Tiempo	2805,9; -0,1718389; -78,4819374		\$	-
124	Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla	Rejilla inexistente (sustraída) Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Urgente	El Tiempo	2805,9; -0,1718091; -78,4819419	AB	\$	67,31
249	0	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Tiempo	2805,7; -0,1727147; -78,4821226		\$	-
250	Reposición de rejilla Restauración de perímetro	Rejilla rota/deformada Rejilla obstruida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Tiempo	2805,2; -0,1729629; -78,4820746	AC	\$	91,61
260	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	El Tiempo	2806,2; -0,1747262; -78,4824553	B	\$	5,13
261	Limpieza de caja de sumidero Restauración de perímetro	Caja de sumidero obstruida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto plazo	El Tiempo	2808,5; -0,1747943; -78,4824746	BC	\$	34,56
262	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Corto plazo	El Tiempo	2806,3; -0,1754019; -78,4825015	B	\$	5,13
263	Limpieza de rejilla Restauración de perímetro	Rejilla rota/deformada Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Tiempo	2806,2; -0,1754013; -78,4826169	BC	\$	34,56
264	Realce de rejilla Restauración de perímetro Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida Rejilla muy deprimida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto plazo	El Tiempo	2805,6; -0,1755886; -78,4825816	ABCD	\$	224,93
265	Restauración de perímetro Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto plazo	El Tiempo	2806,1; -0,1756362; -78,4825607	BC	\$	34,56
266	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Corto plazo	El Tiempo	2806; -0,1757378; -78,4825145	B	\$	5,13
267	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	El Tiempo	2806,3; -0,1757602; -78,4822431	B	\$	5,13
15	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	El Universo	2807,5; -0,1716022; -78,4786403	B	\$	5,13
16	Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Universo	2807,5; -0,1714356; -78,4787027	A	\$	62,19
17	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	El Universo	2807,8; -0,1714179; -78,4793625		\$	-
18	Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	El Universo	2808,5; -0,1714366; -78,479266	A	\$	62,19
19	0	0	EPMAPS	N/A	El Universo	2806,9; -0,1713635; -78,4799562		\$	-
20	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Mediano plazo	El Universo	2806,9; -0,1713484; -78,4798705	B	\$	5,13

121	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Universo	2822,2; -0,1709618; -78,4822549	B	\$	5,13
143	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Universo	2806,9; -0,1710985; -78,4801499	B	\$	5,13
144	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Universo	2807,2; -0,1712002; -78,4801311	AB	\$	67,31
145	Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto o mediano plazo	EI Universo	2807,4; -0,1712257; -78,4806455	A	\$	62,19
146	Reposición de rejilla Realce de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla muy deprimida Caja de sumidero obstruida Rejilla inexistente (sustraída)	EPMAPS	Urgente	EI Universo	2807,2; -0,1711518; -78,4805534	ABD	\$	195,51
147	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Universo	2806,8; -0,171211; -78,4808983	B	\$	5,13
148	Otra	Otro	EPMAPS	N/A	EI Universo	2806,2; -0,1710278; -78,481192		\$	-
149	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla Realce de rejilla	Rejilla muy deprimida Caja de sumidero obstruida Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Universo	2806,1; -0,171061; -78,4811201	BD	\$	133,32
150	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Universo	2806,1; -0,1710409; -78,4815023	B	\$	5,13
151	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	EI Universo	2807,4; -0,1709699; -78,481814	B	\$	5,13
152	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Universo	2807,2; -0,171021; -78,4817161	B	\$	5,13
63	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	EI Vengador	2806; -0,1747483; -78,4799337		\$	-
64	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Vengador	2805,8; -0,1748143; -78,4799102	B	\$	5,13
65	Limpieza de rejilla Reposición de rejilla Realce de rejilla Restauración de perímetro	Rejilla rota/deformada Rejilla obstruida Sumidero desprende olores Rejilla muy deprimida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto o mediano plazo	EI Vengador	2805,7; -0,1741968; -78,4798209	ABCD	\$	224,93
58	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Zurriago	2805,8; -0,1747489; -78,4800737	B	\$	5,13
59	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Zurriago	2805,8; -0,1747406; -78,4800828	B	\$	5,13
60	Realce de rejilla Restauración de perímetro Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida Perímetro de hormigón deteriorado Rejilla muy deprimida	EPMAPS	Corto plazo	EI Zurriago	2805,8; -0,1748206; -78,4798565	BCD	\$	162,75
61	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	EI Zurriago	2805,8; -0,1748649; -78,4799812	B	\$	5,13

62	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero Restauración de perímetro	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto plazo	El Zurriago	2807; -0,1750477; -78,4790185	ABC	\$	96,74
103	Restauración de perímetro	Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Mediano plazo	Gaspar de Villaroel	2813,42; -0,1708694; -78,4764951	C	\$	29,43
104	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla inexistente (sustraída) Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Urgente	Gaspar de Villaroel	2810,1; -0,1709718; -78,4767202	AB	\$	67,31
105	Restauración de perímetro Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto plazo	Gaspar de Villaroel	2810,1; -0,1704371; -78,4779048	BC	\$	34,56
106	Ninguna	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	Gaspar de Villaroel	2810,1; -0,1704904; -78,4785318		\$	-
107	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Gaspar de Villaroel	2812,2; -0,1707791; -78,4786982	AB	\$	67,31
108	Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Gaspar de Villaroel	2812,2; -0,1702385; -78,4797827	AB	\$	67,31
111	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Gaspar de Villaroel	2806; -0,1702599; -78,4800436	AB	\$	67,31
112	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Gaspar de Villaroel	2806; -0,1702353; -78,4801234	B	\$	5,13
113	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Gaspar de Villaroel	2806; -0,1701323; -78,4805885		\$	-
114	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Corto plazo	Gaspar de Villaroel	2806; -0,1700542; -78,4807549	B	\$	5,13
115	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Gaspar de Villaroel	2810,53; -0,1700108; -78,4812503	B	\$	5,13
116	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Gaspar de Villaroel	2838,82; -0,1698584; -78,4818078		\$	-
47	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Juan de Alcántara	2807,1; -0,1724626; -78,4789733		\$	-
48	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	Juan de Alcántara	2806,9; -0,1725452; -78,4790206	B	\$	5,13
49	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Juan de Alcántara	2809,8; -0,1719307; -78,4788753		\$	-
50	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Juan de Alcántara	2806,8; -0,1730588; -78,4790824		\$	-
51	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	Juan de Alcántara	2806,4; -0,173089; -78,4789934	B	\$	5,13

99	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Juan de Alcántara	2806,2; -0,1735699; -78,4791099		\$	-
100	Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	Juan de Alcántara	2805,9; -0,1734861; -78,4791478	A	\$	62,19
101	Restauración de perímetro	Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Mediano plazo	Juan de Alcántara	2806,2; -0,1733401; -78,4791569	C	\$	29,43
102	Otra	Otro	EPMAPS	N/A	Juan de Alcántara	2806,7; -0,1731845; -78,4792512		\$	-
285	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Corto plazo	La Brújula	2805; -0,1736166; -78,4812078	B	\$	5,13
286	Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla	Rejilla inexistente (sustraída) Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Urgente	La Brújula	2806,3; -0,1734701; -78,4812421	AB	\$	67,31
287	Restauración de perímetro	Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Mediano plazo	La Brújula	2805,6; -0,1733998; -78,4816396	C	\$	29,43
288	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	La Brújula	2805,6; -0,1734169; -78,4815496		\$	-
77	Realce de rejilla Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada Rejilla muy deprimida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto o mediano plazo	La Razón	2806; -0,1746207; -78,4784807	AD	\$	190,38
78	Reposición de rejilla Realce de rejilla Restauración de perímetro	Rejilla rota/deformada Rejilla obstruida Rejilla muy deprimida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto o mediano plazo	La Razón	2805,9; -0,1744775; -78,4785189	ACD	\$	219,81
79	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	La Razón	2807,1; -0,1752318; -78,4787526	B	\$	5,13
80	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	La Razón	2807,3; -0,175323; -78,4786352		\$	-
89	Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	La Tierra	2805,8; -0,1738036; -78,4796821	A	\$	62,19
90	Otra	Otro	EPMAPS	N/A	La Tierra	2805,7; -0,1737597; -78,4796063		\$	-
91	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	La Tierra	2805,4; -0,1735728; -78,4803514	B	\$	5,13
92	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto plazo	La Tierra	2805,3; -0,1734835; -78,480403	AB	\$	67,31
93	Restauración de perímetro	Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Mediano plazo	La Tierra	2806; -0,1736411; -78,4791878	C	\$	29,43
94	Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada Sumidero desprende olores	EPMAPS	Corto o mediano plazo	La Tierra	2805,8; -0,1737809; -78,4792118	AB	\$	67,31

95	Restauración de perímetro Limpieza de caja de sumidero	Perímetro de hormigón deteriorado Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	La Tierra	2806; -0,1738896; -78,478614	BC	\$	34,56
96	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	La Tierra	2806,4; -0,1738413; -78,4786224	B	\$	5,13
97	Restauración de perímetro	Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Mediano plazo	La Tierra	2806,8; -0,1738537; -78,478115	C	\$	29,43
98	0	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	La Tierra	2806,4; -0,1739749; -78,478176		\$	-
252	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla inexistente (sustraída) Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Urgente	Mónaco	2805,8; -0,1743468; -78,4834722	AB	\$	67,31
253	Otra	Otro	EPMAPS	N/A	Mónaco	2805,8; -0,1743841; -78,4834252		\$	-
182	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	2808,7; -0,1769295; -78,4781399		\$	-
183	Limpieza de rejilla Otra	Rejilla obstruida Otro	EPMAPS	Mediano plazo	Naciones Unidas	2810,1; -0,1768853; -78,4781266	B	\$	5,13
184	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2809,4; -0,1769549; -78,4784107	B	\$	5,13
185	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2808,7; -0,1769205; -78,4784283	B	\$	5,13
186	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2807,8; -0,176814; -78,4785344	B	\$	5,13
187	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
188	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2809,4; -0,1769178; -78,4785824	B	\$	5,13
189	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2807,8; -0,1766356; -78,4785648	B	\$	5,13
190	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2809,4; -0,1768851; -78,478641	B	\$	5,13
191	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2808,3; -0,1768554; -78,4787641	B	\$	5,13
192	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	2809,9; -0,1769962; -78,4787514		\$	-
193	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	2808,2; -0,1767124; -78,4787692		\$	-

194	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	2809,3; -0,1768511; -78,478909		\$	-
195		0 Otro	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	2809,2; -0,176851; -78,4788327		\$	-
196	Reposición de rejilla Restauración de perímetro Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Perímetro de hormigón deteriorado Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2809,2; -0,1768715; -78,4785009	ABC	\$	96,74
197	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	2808,2; -0,1768427; -78,4789256		\$	-
198	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	2809,2; -0,176842; -78,4789839		\$	-
199	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2810,4; -0,176885; -78,4789404	B	\$	5,13
200	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	2809,2; -0,1768759; -78,4789543		\$	-
201	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2809,2; -0,1768675; -78,4789779	B	\$	5,13
202	Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	Naciones Unidas	2809,2; -0,1768752; -78,4789055	A	\$	62,19
203		0 Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	Naciones Unidas	2809,2; -0,1767909; -78,4790066		\$	-
204	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2810,6; -0,1768049; -78,479089	B	\$	5,13
205	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	2809,2; -0,1767776; -78,4790144		\$	-
206	Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	Naciones Unidas	2809,2; -0,17677; -78,4794385	A	\$	62,19
207		0 Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	Naciones Unidas	2807,2; -0,1767893; -78,4797914		\$	-
208	Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2805,7; -0,1766956; -78,4798814	AB	\$	67,31
209	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	2807,1; -0,1766438; -78,4799155		\$	-
210	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	2806,8; -0,1766413; -78,4801423		\$	-
211	Limpieza de caja de sumidero Realce de rejilla	Rejilla muy deprimida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2810,1; -0,1765802; -78,4802676	BD	\$	133,32

212	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Caja de sumidero obstruida Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2805,9; -0,1764211; - 78,4807309	B	\$	5,13
213	Otra	Otro	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	2805,9; -0,1764858; - 78,4806736		\$	-
214	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2805,9; -0,1766599; - 78,4808192	B	\$	5,13
240	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2806; -0,1765843; - 78,4810708	B	\$	5,13
241	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2805,9; -0,1764433; - 78,4811737	B	\$	5,13
294	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2805,3; -0,1763816; - 78,4813163	B	\$	5,13
295	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2806; -0,176337; - 78,4813464	B	\$	5,13
296	Limpieza de caja de sumidero Restauración de perímetro	Perímetro de hormigón deteriorado Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2805,9; -0,1764596; - 78,4815935	BC	\$	34,56
297	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2805,3; -0,1761401; - 78,4816787	B	\$	5,13
298	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	Naciones Unidas	2818,4; -0,1763572; - 78,4815724	B	\$	5,13
299	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	Naciones Unidas	2806; -0,1764774; - 78,4816942	B	\$	5,13
300	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2806,3; -0,1763056; - 78,4819883	B	\$	5,13
301	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	Naciones Unidas	2817,64; -0,1763083; - 78,4816228	B	\$	5,13
302	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2818,4; -0,1762662; - 78,4816787	B	\$	5,13
303	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2806,2; -0,1763234; - 78,4818614	B	\$	5,13
304	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2806; -0,1761113; - 78,4820428	B	\$	5,13
305	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	Naciones Unidas	2806; -0,1761906; - 78,482214	B	\$	5,13
306	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	Naciones Unidas	2806; -0,1763532; - 78,4818919	B	\$	5,13

307	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2851,5; -0,1762601; - 78,4820898	B	\$	5,13
308	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2806,5; -0,1763293; - 78,4821971	AB	\$	67,31
309	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	2807,8; -0,1762; - 78,483062	B	\$	5,13
310	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
311	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
312	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
313	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
314	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
315	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
316	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
317	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
318	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
319	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
320	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
321	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
322	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
323	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
324	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-

325	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
326	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
327	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
328	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
329	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
330	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
331	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
332	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
333	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
334	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
335	Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	A	\$	62,19
336	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
337	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
338	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
339	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
340	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
341	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
342	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-

343	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Naciones Unidas	0; 0; 0		\$	-
344	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
345	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
346	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
347	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
348	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
349	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
350	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
351	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
352	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
353	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
354	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
355	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
356	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
357	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
358	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
359	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Naciones Unidas	0; 0; 0	B	\$	5,13
251	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Roma	2806,7; -0,173931; - 78,4824183		\$	-

254	0	Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Corto plazo	Roma	2805,9; -0,1741318; -78,4824998		\$	-
255		Limpieza de caja de sumidero Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Roma	2805,9; -0,1740705; -78,4823259	B	\$	5,13
256		Limpieza de caja de sumidero Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Roma	2805,9; -0,1740626; -78,4822999	B	\$	5,13
257		Limpieza de caja de sumidero Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Roma	2806,1; -0,1742172; -78,4818465	B	\$	5,13
258		Limpieza de caja de sumidero Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Roma	2811,2; -0,1740548; -78,4817294	B	\$	5,13
259		Realce de rejilla Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla Rejilla muy deprimida Caja de sumidero obstruida Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto plazo	Roma	2804,7; -0,1739462; -78,4817347	ABD	\$	195,51
289		Restauración de perímetro Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla Perímetro de hormigón deteriorado Caja de sumidero obstruida Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Roma	2805,7; -0,173419; -78,4817669	BC	\$	34,56
290		Limpieza de caja de sumidero Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Roma	2807,8; -0,1734609; -78,4816972	B	\$	5,13
291		Ninguna Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	Roma	2807,8; -0,1730502; -78,4816717		\$	-
292		Restauración de perímetro Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Mediano plazo	Roma	2808,4; -0,1730916; -78,4817055	C	\$	29,43
293		Ninguna Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	Roma	2807,3; -0,1735586; -78,4817114		\$	-
109		Limpieza de caja de sumidero Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2806; -0,1704532; -78,479723	B	\$	5,13
110		Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2806; -0,1702916; -78,4799871	AB	\$	67,31
138		Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2824,8; -0,1728819; -78,4804183	B	\$	5,13
140		Limpieza de caja de sumidero Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2807,6; -0,1721139; -78,4803848	B	\$	5,13
141		Ninguna Ninguno	EPMAPS	N/A	Shyris	2806,9; -0,171331; -78,4801777		\$	-
142		Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero Caja de sumidero obstruida Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2806,9; -0,1712027; -78,4801553	AB	\$	67,31
156		Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2807; -0,1714198; -78,4800399	B	\$	5,13

157	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2806,9; -0,171439; -78,4800512	B	\$	5,13
158	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	Shyris	2806,2; -0,171162; -78,4799915	B	\$	5,13
159	Ninguna Limpieza de rejilla	Ninguno Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	Shyris	2807,4; -0,1712018; -78,480069	B	\$	5,13
160	Limpieza de caja de sumidero	Ninguno Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2807,6; -0,1703041; -78,479919	B	\$	5,13
161	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2807,5; -0,1703367; -78,4798699	B	\$	5,13
162	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2806,5; -0,1722464; -78,4800578	B	\$	5,13
163	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Shyris	2806,7; -0,1721105; -78,4803532		\$	-
164	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Shyris	2805,5; -0,1728166; -78,4802697		\$	-
165	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Shyris	2805,8; -0,1728803; -78,4801522		\$	-
166	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,6; -0,1728836; -78,4801903	B	\$	5,13
167	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2808,6; -0,1721519; -78,4800554	B	\$	5,13
168	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2806,9; -0,1713866; -78,4799641	AB	\$	67,31
215	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,5; -0,1764077; -78,4808491	AB	\$	67,31
216	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla Restauración de perímetro	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,9; -0,1763451; -78,4807003	BC	\$	34,56
217	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,9; -0,1755087; -78,4810903	B	\$	5,13
218	Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla	Rejilla obstruida Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,9; -0,1754553; -78,4807536	AB	\$	67,31
219	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2808,8; -0,1748243; -78,480559	AB	\$	67,31
220	Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2808,8; -0,1746966; -78,4804972	AB	\$	67,31

221	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2806,2; -0,174256; -78,4804116	B	\$	5,13
222	Ninguna	Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto o mediano plazo	Shyris	2805,4; -0,1736939; -78,4802807		\$	-
223	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,9; -0,1734994; -78,4803375	B	\$	5,13
224	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Shyris	2805,6; -0,1731479; -78,4804052		\$	-
225	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,5; -0,1735027; -78,4803644	B	\$	5,13
226	Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla Realce de rejilla	Rejilla rota/deformada Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida Rejilla muy deprimida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,9; -0,1735667; -78,4803457	ABD	\$	195,51
227	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,4; -0,1741817; -78,4804393	B	\$	5,13
228	Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida	EPMAPS	Mediano plazo	Shyris	2805,4; -0,1742168; -78,4807022	B	\$	5,13
229	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,5; -0,1743596; -78,480468	B	\$	5,13
230	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Rejilla muy deprimida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,9; -0,1747198; -78,4804434	AB	\$	67,31
231	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,8; -0,1747088; -78,4804267	B	\$	5,13
232	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,8; -0,1748281; -78,4804362	B	\$	5,13
233	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero Restauración de perímetro	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,6; -0,1746903; -78,4808125	ABC	\$	96,74
234	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Caja de sumidero obstruida Rejilla rota/deformada	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,7; -0,1753806; -78,4805167	B	\$	5,13
235	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,8; -0,1755337; -78,4808504	B	\$	5,13
236	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,9; -0,1756337; -78,4808342	B	\$	5,13
237	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2806,1; -0,1755714; -78,4807753	B	\$	5,13
238	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Caja de sumidero obstruida Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2807; -0,1763448; -78,4808167	B	\$	5,13

239	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,9; -0,1763001; -78,4809387	B	\$	5,13
242	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,7; -0,1755412; -78,4807954	B	\$	5,13
243	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,6; -0,1756298; -78,4807057	B	\$	5,13
244	Limpieza de caja de sumidero Reposición de rejilla	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,8; -0,1748994; -78,4807175	AB	\$	67,31
245	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla inexistente (sustraída) Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Urgente	Shyris	2805,4; -0,1744471; -78,4806038	AB	\$	67,31
246	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,3; -0,1742442; -78,4807426	B	\$	5,13
247	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero Realce de rejilla	Rejilla rota/deformada Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida Rejilla muy deprimida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,3; -0,1741518; -78,4806181	ABD	\$	195,51
248	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Shyris	2805,7; -0,1735633; -78,4805295	B	\$	5,13
153	Otra	Otro	EPMAPS	N/A	Últimas Noticias	2806,3; -0,1719855; -78,4808638		\$	-
154	Reposición de rejilla	Rejilla inexistente (sustraída)	EPMAPS	Urgente	Últimas Noticias	2806,6; -0,1725044; -78,48095	A	\$	62,19
155		0 Perímetro de hormigón deteriorado	EPMAPS	Mediano plazo	Últimas Noticias	2806,3; -0,1721215; -78,4805567		\$	-
273	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Últimas Noticias	2805,8; -0,1752965; -78,4812086		\$	-
274	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero Realce de rejilla	Rejilla muy deprimida Rejilla rota/deformada Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Últimas Noticias	2805,7; -0,175295; -78,4814755	ABD	\$	195,51
279	Ninguna	Ninguno	EPMAPS	N/A	Últimas Noticias	2805,9; -0,1742677; -78,481313		\$	-
282	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Corto plazo	Últimas Noticias	2805,1; -0,1734026; -78,4811541	B	\$	5,13
283	Limpieza de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Últimas Noticias	2804,9; -0,1733536; -78,4809643	B	\$	5,13
284	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Últimas Noticias	2804,9; -0,1733643; -78,4810873	B	\$	5,13
117	Reposición de rejilla Limpieza de caja de sumidero	Rejilla rota/deformada Caja de sumidero obstruida Sumidero desprende olores	EPMAPS	Corto plazo	Vicente Cárdenas	2810,95; -0,1702887; -78,4826899	AB	\$	67,31

118	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla	Rejilla obstruida Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Vicente Cárdenas	2826,81; -0,1703094; - 78,4827303	B	\$	5,13
119	Limpieza de caja de sumidero	Caja de sumidero obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Vicente Cárdenas	2822,2; -0,170398; - 78,4824781	B	\$	5,13
120	Limpieza de caja de sumidero Limpieza de rejilla Realce de rejilla	Rejilla muy deprimida Caja de sumidero obstruida Rejilla obstruida	EPMAPS	Corto plazo	Vicente Cárdenas	2822,2; -0,1703813; - 78,4821723	BD	\$	133,32
								Subtotal	\$ 9.063,48
								IVA (12%)	\$ 1.087,62
								<b>TOTAL</b>	<b>\$ 10.151,09</b>

*Anexo 14. Matriz del plan de acción para mejorar la red de sumideros del barrio Batán Bajo. Fuente: Elaboración propia*