

**COMPARACIÓN DE DISEÑOS DE SUMIDEROS SEGÚN NORMAS
ESTABLECIDAS POR LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO
DE BOGOTÁ**

**VÍCTOR GUAYAMBUCO QUINTERO
LEONARDO COLLAZOS DÍAZ**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA DE DRENAJE VIAL
ESPECIALIZACIÓN EN PAVIMENTOS
BOGOTÁ D. C.
MAYO DE 2010**

**COMPARACIÓN DE DISEÑOS DE SUMIDEROS SEGÚN NORMAS
ESTABLECIDAS POR LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO
DE BOGOTÁ**

**VÍCTOR GUAYAMBUCO QUINTERO
LEONARDO COLLAZOS DÍAZ**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de:
Ingeniero Especialista en Pavimentos**

**Director:
CARLOS BARRAGÁN
Ingeniero Civil Especializado**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA DE DRENAJE VIAL
ESPECIALIZACIÓN EN PAVIMENTOS
BOGOTÁ D. C.
MAYO DE 2010**

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD

MAYOR GENERAL (r) EDUARDO ANTONIO HERRERA BERBEL
Rector

MAYOR GENERAL (r) GABRIEL EDUARDO CONTRERAS OCHOA
Vicerrector General

DRA. MARTA LUCIA BAHAMÓN JARA
Vicerrectora Académica

DR. ERNESTO VILLAREAL SILVA Ph. D.
Decano Facultad de Ingeniería

ING. PAOLA ANDREA NIÑO SUÁREZ Ph. D.
Directora Posgrados Facultad de Ingeniería

ING. DIEGO CORREAL MEDINA Ms.C.
Director Programa de Ingeniería Civil

Nota de Aceptación

Firma Presidente del Jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, D. C. Mayo 06 de 2010.

APROBACIÓN

Trabajo de grado titulado “**COMPARACIÓN DE DISEÑOS DE SUMIDEROS SEGÚN NORMAS ESTABLECIDAS POR LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ**”, presentada por los Ingenieros Civiles Víctor Guayambuco Quintero y Leonardo Collazos Díaz en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de “Especialista en Ingeniería de Pavimentos”, fue aprobada por el Director.

Ingeniero Especialista. CARLOS BARRAGÁN
Director del proyecto

Ingeniero. FELIPE A. RIAÑO PÉREZ
Metodólogo asesor

Bogotá, Mayo de 2010

ADVERTENCIA

“La Universidad Militar Nueva Granada no se hace responsable de las opiniones y conceptos expresados por los autores en sus respectivos trabajos de grado, sólo vela porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque el trabajo no contenga ataques personales y únicamente se vea en él, anhelo de buscar la verdad científica.”

(Artículo 60 “de la responsabilidad sobre los trabajos de grado”. Reglamento Estudiantil).

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

Al Ingeniero CARLOS BARRAGÁN Docente de la Especialización y Director del proyecto.

Al Ingeniero DIEGO CORREAL MEDINA, Director del Programa de Ingeniería Civil.

Al ingeniero FELIPE ALFREDO RIAÑO PÉREZ, Docente de la Especialización y metodólogo asesor del proyecto.

A Las directivas de la Universidad Militar Nueva Granada.

Al Señor General GABRIEL EDUARDO CONTRERAS OCHOA, actual vicerrector de la Universidad Militar Nueva Granada, por su apoyo y estímulo durante toda la etapa en los estudios realizados.

Al Ingeniero JOHAN CARLOS SÁNCHEZ RAYO, Especialista Hidráulico y exalumno de la Universidad Militar Nueva Granada

A Todas las personas que de una u otra forma se vincularon para la realización de este proyecto.

CONTENIDO

	pág.
PROLOGO.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
1. PROBLEMA.....	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	17
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4.1 Objetivos Generales.....	18
1.4.2 Objetivos Específicos.....	18
1.5 JUSTIFICACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.6 ALCANCE O DELIMITACIÓN DE LA PROPUESTA.....	19
2. MARCO DE REFERENCIA.....	20
3. MARCO TEÓRICO.....	21
3.1 NORMAS SEGÚN LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ.....	25
3.1.1 Norma NS-047 Versión 3.0.....	26
3.1.2 Norma NS-047 Versión 4.0.....	27
3.1.2.1 Parámetros y Procedimiento de Diseño para la Ubicación de los Sumideros.....	28
3.1.2.2 Procedimientos de Diseño para Sumideros en Pendiente.....	29
3.1.2.3 Procedimiento de Diseño para Sumideros en Batea.....	32
3.1.3 Norma NS-047 Versión 4.1, esta norma establece los siguientes parámetros.....	33
3.1.4 Cuadro comparativo de las Normas Elaboradas para Sumideros por la E.A.A.B.....	34
4. METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS AFOROS DE CAUDALES EN CAMPO.....	35
4.1 MEDICIÓN EN EL TERRENO.....	35
4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS MEDICIONES REALIZADAS EN TERRENO.....	38

4.2.1 Análisis del Estudio	40
4.2.1.1 Sumidero con Rejilla Sucia	40
4.2.1.2 Rejilla de la Vía Tapada	42
4.2.1.3 Sumidero Lateral Tapado.....	45
4.2.1.4 Sumidero Completamente Limpio	47
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	50
6. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....	54
6.1 RECURSOS TÉCNICOS	54
6.2 RECURSOS HUMANOS	54
6.3 RECURSOS ECONÓMICOS.....	54
7. CONCLUSIONES	55
8. RECOMENDACIONES.....	59
9. BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Selección del Tipo de Sumidero en función de la Pendiente y el Caudal	26
Tabla 2. Selección del tipo de Sumidero en función de la Pendiente y el Caudal	.27
Tabla 3. Determinación Ancho de Inundación Admisible.....	28
Tabla 4. Registro de Aforos Sumidero Sucio (Primer escenario).....	42
Tabla 5. Registro de Aforos Sumidero con la rejilla de la vía Tapada (Segundo escenario)	45
Tabla 6. Registro de Aforos Sumidero Lateral Tapado. (Tercer escenario).....	47
Tabla 7. Registro de Aforos Sumidero Lateral Tapado (Cuarto escenario)	49
Tabla 8. Calculo de Volúmenes	51
Tabla 9. Calculo de Caudales	52
Tabla 10. Calculo de Caudales Mayorados	52
Tabla 11. Calculo de Eficiencia.....	53

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Representación Grafica Ancho de Inundación.....	29
Figura 2. Determinación de la Eficiencia.....	31

LISTA DE FOTOS

	pág.
Foto 1. Caja para sumidero combinado con salida en diámetro de 12”	35
Foto 2. Caja con su Dimensionamiento para la Construcción del Sumidero	36
Foto 3. Vista general del Sumidero con Desarenador	36
Foto 4. Emparrillado superior incluyendo la tapa de sumidero y tapa de inspección para el mantenimiento del sumidero	36
Foto 5 Se aprecia la magnitud del sumidero respeto al ancho de la vía.....	37
Foto 6. Fundida de la losa superior del sumidero	37
Foto 7 Pendiente de la vía y construcción del pozo de inspección donde se conecta el sumidero.....	37
Foto 8. Sumidero Especial Terminado.....	38
Foto 9. Ubicación General del Proyecto “Ciudad Bolívar”	38
Foto 10. Zona de Intervención	39
Foto 11, 12, 13, 14. Pozo de Inspección con el Fin de Medir las Láminas de Agua	39
Foto 15. Una vez se empieza a descargar el caudal sobre la vía, el sumidero empieza a captar las aguas	40
Foto 16 y 17. Registros Carrotanque Utilizado	40
Foto 18 y 19. Condición del sumidero - caudal bajo	41
Foto 20. Caudal Medio.....	41
Foto 21. Caudal Alto	42
Foto 22. Rejilla de la Vía Tapada.....	43
Foto 23. Caudal Bajo	43
Foto 24. Caudal Medio.....	44

Foto 25. Caudal Alto	44
Foto 26. Sumidero Lateral Tapado	45
Foto 27. Caudal Bajo	46
Foto 28. Caudal Medio.....	46
Foto 29. Caudal Alto	47
Foto 30. Sumidero Completamente Limpio Caudal Bajo	48
Foto 31. Caudal Medio.....	48
Foto 32. Caudal Alto	49
Foto 33. Mediciones.....	50

LISTA DE ANEXOS

**ANEXO 1. CUADRO RESUMEN DE LÁS NORMAS ESTABLECIDAS POR LA
E.A.A.B. PARA SUMIDEROS**

PROLOGO

Debido a que las obras de drenaje son importantes para la estabilidad de los pavimentos y de las vías en general, se ha interesado e investigado la problemática referente a las dificultades de las afectaciones que se presentan, como son las inundaciones que se han generado por los diferentes tipos de sumideros instalados, como parte fundamental en nuestra investigación.

Por lo tanto se pretende que este trabajo sea analizado los sistemas de drenaje mediante aforos en los sumideros ubicados en la localidad de ciudad Bolívar en el barrio villas del diamante, con el fin de comparar la eficiencia entre los sumideros convencionales y los nuevos instalados según la norma vigente por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, en busca de alternativas viales que tiendan a minimizar los problemas originados por las aguas lluvias para la afectación y mejoramiento de la estructura vial.

La comparación se fundamenta en el conocimiento adquirido teóricamente y en la experiencia profesional, mediante lo cual se efectuó la investigación por medio de mediciones de volúmenes de caudales en los sumideros convencionales y en las estructuras nuevas diseñadas, con el fin de que la ejecución de estas estructuras optimice el funcionamiento aplicado en cualquier punto de la ciudad, parte de esta investigación pretende observar las diferentes variables que afectan el buen funcionamiento de los sumideros, especialmente la falta de mantenimiento de estas estructuras, que minimiza la eficiencia y que al prevenirlo se evitaría la construcción de grandes estructuras y la instalación de tuberías con grandes diámetros como se esta implementando actualmente.

Esta investigación pueda ser utilizada como base de consulta guía, ya que no se encuentran datos específicos relacionados a la comparación que aquí se realiza, como parte fundamental del drenaje urbano, y de las problemáticas de planificación y proyección, además se encuentran algunas definiciones y parámetros básicos.

INTRODUCCIÓN

En diferentes zonas de las localidades de Bogotá, se han presentado constantemente inundaciones debido a diferentes causas tales como: fallas en los cálculos de desagües en el diseño, conducción de los colectores existentes, ausencia de mantenimiento en la infraestructura hidráulica, precipitaciones mayores durante las épocas invernales, desniveles en la rasante de la vía respecto a las corrientes de aguas naturales, entre otros.

Las múltiples causas expuestas anteriormente determinan las afectaciones en la vías objeto de nuestro estudio, puesto que el agua proveniente de la escorrentía superficial, en ocasiones resulta infiltrándose en la estructura del pavimento, esto asociado a la ineficiencia de evacuación de caudales, producen diferentes deterioros tanto en la estructura como en la superficie de la vía, debido a estos eventos decidimos hacer un análisis comparativo de las normas vigentes de la E.A.A.B., para poder verificar el criterio con el cual fueron concebidas, una vez efectuado este estudio se realizó un trabajo en campo mediante unas mediciones realizadas en un tramo construido (donde se implementa la utilización de sumideros tipo especial con grandes dimensiones según norma vigente).

Para este trabajo es importante anotar que los aforos realizados se efectuaron directamente en el terreno, utilizando elementos lo más reales posibles para simular un evento lo más cercano a una precipitación, mediante una metodología que permite calcular los caudales apropiadamente, usando un mecanismo para generar unas lluvias con diferentes intensidades, seguidamente se realizaron varios análisis, para comparar la normatividad existente y asociarla con los proyectos viales buscando la mejor alternativa de construcción e implementación de sistemas de drenaje eficientes en la evacuación de este tipo de caudales y un manejo adecuado de las normas que puedan surgir a partir de esta implementación.

Otro aspecto importante es determinar las diferencias entre las eficiencias, utilizando los valores de volúmenes obtenidos en los sumideros aforados y compararlos con la eficiencia de los volúmenes según la norma vigente, mediante el respectivo cálculo de los caudales, con el fin presentar la información y posterior análisis en cada una de las condiciones adoptadas.

Con la comparación realizada en este trabajo se deja la inquietud para que las entidades responsables de aprobar la infraestructura para la evacuación de caudales de escorrentía, revisen los parámetros de diseño empleando estudios especializados en campo con el fin de optimizar el funcionamiento en el aspecto técnico y financiero de los proyectos.

1. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Se presentan diferentes eventos que causan inundaciones y daños por las diferentes infiltraciones presentadas en la estructura como en la superficie de las vías de Bogotá, debido a la ineficiencia en la captación de la escorrentía superficial, por lo cual la EAAB ha implementado una normatividad con referencia a los sumideros dentro del sistemas de recolección, evacuación y manejo de las aguas lluvias, además uno de los grandes dificultades que se pueden generar en el área de influencia cuando las obras son de rehabilitación o construcción, son la ineficiencia, a la hora de prevenir, controlar y/o minimizar los caudales generados por las lluvias.

1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.

Los constantes problemas en las estructuras de pavimento a causa de la ineficiencia en las redes hidráulicas, han generado diversos cambios sobre la manera como se efectúan los diseños y la construcción de sumideros de acuerdo a la normativa establecida por la EAAB. La vigencia de lo autorizado actualmente en lo que se refiere a sumideros de tipo especial en busca de optimizar la eficiencia ha traído como consecuencia los sobrecostos en la construcción, además de excluir otro tipo de sumideros que se venían utilizando eficientemente y que económicamente resultaban más viables.

Las obras de construcción y las actividades de mantenimiento asociadas a la ampliación y mejoramiento de la cobertura de las vías y los servicios de acueducto y alcantarillado de Bogotá, deben ser optimas para el manejo de aguas superficiales con el fin de evitar daños y deterioros en las estructuras de las vías, en busca del mejoramiento de la calidad a mediano y largo plazo, los sumideros hacen parte esencial dentro de las redes de alcantarillado de la ciudad, existen diferentes tipos de estructuras las cuales se han ido implementando de acuerdo a lo establecido por la EAAB, actualmente se están utilizando los sumideros de tipo ESPECIAL, según norma NS-047

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Qué tipos de sumideros son los más apropiados para optimizar la captación de caudales con una mejor eficiencia?

¿Qué comparaciones se pueden realizar en campo tomando como base las curvas de eficiencia que tiene actualmente las normas de la E.A.A.B.?

¿Qué resultados arroja los aforos simulados en campo en condiciones de caudales bajo, medio y alto, estableciendo las propias eficiencias?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.1 Objetivos Generales. Analizar los sistemas de drenaje mediante aforos en los sumideros ubicados en un sector específico con el fin de comparar la eficiencia entre los sumideros convencionales y los nuevos instalados según la norma vigente por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, en busca de alternativas viales que tiendan a minimizar los problemas originados por las aguas lluvias para la afectación y mejoramiento de la estructura vial.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Conocer la normatividad y asociarla con los proyectos viales para buscar la mejor alternativa y un manejo adecuado de las normas que puedan surgir a partir de su implementación.
- Mediciones de volúmenes de caudales en los sumideros convencionales y en las estructuras nuevas o las convencionales con el fin de que la ejecución de estas estructuras optimice el funcionamiento aplicado en cualquier punto de la ciudad.
- Realizar un diagnóstico de funcionabilidad de sumideros basados en medición de caudales tomadas en terreno.

1.5 JUSTIFICACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. El presente trabajo de grado, está basado en la necesidad de solucionar e impedir que las vías tengan un deterioro en su estructura, debido a la captación de la escorrentía superficial, paralelamente optimizar los costos y funcionamiento de las mismas y que las quejas que presenta la comunidad, buscando que las vías proyectadas tengan una durabilidad mayor, por esta razón es necesario presentar soluciones para que así pueda ser contrarrestada a través de las normas que actualmente se están presentando con el análisis y la búsqueda de medidas y alternativas que permitan un manejo adecuado sobre el entorno vial generado a partir del desarrollo de obras en el área de influencia.

Dentro de la identificación de los problemas que amerita la presentación de la misma, podemos conocer de alternativas viables de las normas de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá para el control en las obras civiles, del manejo de la captación de la escorrentía superficial y/o regulación de las aguas buscando la no afectación de los presupuestos destinados a la rehabilitación vial, teniendo como base los diseños hidráulicos convencionales, garantizando el uso de las vías y su espacio público ya que son aspectos que se ven involucrados directa o indirectamente, en pos de la optimización y de su funcionamiento hidráulico desde el punto de vista técnico.

Su utilidad se basa en optimizar el funcionamiento de sistemas de captación de aguas lluvias mediante una metodología adecuada que determine la utilización de los diseños hidráulicos implementados propios de los sumideros, teniendo un sistema de drenaje óptimo que beneficie a la comunidad y optimice los costos de construcción del sistema.

Los aportes que se pueden llevar a obtener son el de verificar el diseño que se ajuste a una optimización constructiva de sumideros necesarios para la evacuación de las aguas de escorrentía según las normas correspondientes adecuadas y funcionales independiente a los costos que éste genere. Optimizar el funcionamiento hidráulico en las vías de la ciudad de Bogotá, considerando los aspectos urbanísticos, buscar la mejor forma de captación de los sistemas que existen, su estructura y la solución al problema de las inundaciones viales y determinar que sistema de sumideros es apropiado dependiendo de la zona donde se estén desarrollando obras de alcantarillado nuevas o rehabilitaciones en tramos ya construidos.

1.6 ALCANCE O DELIMITACIÓN DE LA PROPUESTA. Geográficamente, el proyecto se desarrollo en la localidad de Ciudad Bolívar específicamente en el barrio el Diamante en un tramo de 500 metros.

Cronológicamente, el tiempo de duración del proyecto es de tres meses, es decir, en el período comprendido entre julio a septiembre de 2009.

El alcance de este estudio es comparar la eficiencia de los sumidero tipo, con los sumideros especiales, por lo tanto se efectuara en campo aforos y posteriormente se procederá a ser analizados las diferentes examinando las versiones de las normas del acueducto que han sido implantadas para el diseño, comprando las curvas utilizadas referente a la eficiencia, con el fin de mejorar y optimizar la captación de agua lluvias de estos mismos teniendo en cuenta otras alternativas diferentes al sumidero de tipo especial exigido actualmente.

2. MARCO DE REFERENCIA

Está sujeto a la recolección de información prevista a partir del anteproyecto según la normatividad establecida para la aprobación de diseños hidráulicos por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

SUMIDERO¹: estructura diseñada y construida para cumplir con el propósito de captar las aguas de escorrentía que corren por las cunetas de las calzadas de las vías para entregarlas a las estructuras de conexión o pozos de inspección de los alcantarillados combinados o de lluvias

Los sumideros hacen parte de la estructura de las vías y de los sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales y son construidas para, permitir una evacuación de la escorrentía pluvial de las vías públicas, evitar la generación de caudales excedentarios en las calzadas evitar la invasión de aguas pluviales a propiedades públicas y privadas, evitar la acumulación de aguas en vías de tránsito, la paralización del tráfico vehicular y peatonal durante un evento fuerte de precipitación, evitar las conexiones erradas hacia el sistema de recolección y evacuación de aguas, mitigar efectos nocivos a cuerpo de aguas lluvias receptores por contaminación de escorrentía pluvial o urbana.

ANCHO DE INUNDACIÓN "T"¹: longitud de vía medida en sentido perpendicular desde el borde del andén hacia el centro de la vía, la cual es ocupada por la escorrentía superficial.

CAPTACIÓN LATERAL¹: apertura en el sardinel para la captación de agua de escorrentía superficial.

DENTELLONES¹: elementos que cruzan las vías para facilitar la circulación de los peatones o de las bicicletas y que se constituyen en un "dique" para la escorrentía superficial.

REJILLA¹: elemento que cumple la función de permitir el paso del agua de escorrentía superficial al sumidero e impedir el ingreso de elementos flotantes o sólidos gruesos al sistema de alcantarillado

SUMIDERO ESPECIAL¹: se entiende por sumidero compuesto, el que está compuesto por una rejilla y una captación lateral contiguas, y de la misma longitud.

¹Fuente: Norma EAAB Versión 3.0 NS-047, 2002. Norma Técnica de servicio.

3. MARCO TEÓRICO

“Los sumideros son encargados de recoger la escorrentía superficial de las calles e introducirla al alcantarillado de la tubería pluvial, ubicado al lado de las calles y en las esquinas también deben colocarse en todos los puntos bajos o depresiones de red vial en las rediciones longitudinales de las vías y antes de los puentes vehiculares.

Los sumideros hacen parte de la estructura de las vías y de los sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales y son construidas para:

- Permitir una evacuación de la escorrentía pluvial de las vías públicas , evitar la generación de caudales excepcionales en las calzadas evitar la invasión de aguas pluviales a propiedades públicas y privadas, evitar la acumulación de aguas en vías de tránsito, la paralización del tráfico vehicular y peatonal durante un evento fuerte de precipitación, evitar las conexiones cerradas hacia el sistema de recolección y evacuación de aguas, mitigar efectos nocivos a cuerpo de aguas lluvias receptores por contaminación de escorrentía pluvial o urbana.

Una de las enunciaciones establecidas por el Instituto Nacional de Obras Sanitarias, organismo del Estado Venezolano del ministerio del ambiente y de los recursos naturales renovables, están basadas como un sistema drenaje urbano, y dirigido al logro a unos objetivos iniciales, es decir las acciones a llevar a cabo, como básico y complementarios establecidos así:

- a. Básico: Evitar al máximo posible los daños que las aguas de lluvias puedan ocasionar a las personas y a las propiedades en el medio urbano.
- b. Complementario: Garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria en las poblaciones, permitiendo un apropiado tráfico de personas y vehículos durante la ocurrencia de precipitaciones.

A su vez el sistema de drenaje urbano, se entenderá como un conjunto de acciones, materiales o no, destinadas a evitar, en la medida de lo posible, que las aguas pluviales causen daños a las personas o a las propiedades en las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana; es decir, dirigidas al logro de los objetivos establecidos.

Dentro del término “ aguas pluviales”, quedan comprendidas no solamente las originadas de las precipitaciones que caen directamente sobre las áreas urbanizadas que conforman la población, sino también aquellas que se precipiten sobre otras áreas, pero discurran a través de la ciudad, bien sea por cauces naturales, conductos artificiales, o simplemente a lo largo de su superficie.”

“Fuente: CURIEL RODRÍGUEZ, J. Plan Nacional de Instalaciones Hidrometeorológicas. Caracas MOP. CPLANARH. CNHM. Volumen 3. 1976., P. 18

A su vez identifican dentro de su teoría, las acciones, funciones, principios y estrategias para el drenaje urbano, basadas así:

- *Acciones en drenaje Urbano:* Son todas las medidas, materiales o no, que conforman un drenaje. Estas acciones pueden ser de dos tipos: *Preventivas*, que disminuyen los daños mediante la administración adecuada de los usos de las áreas urbanas potencialmente sujetas a ellos; y *correctivas*, que alivian esos daños en las áreas donde las medidas de tipo preventivo son insuficientes. A efectos prácticos, las acciones que impliquen la construcción de una obra hidráulica, u otras cuyas dimensiones y características se modifiquen por razones hidráulicas, son correctivas, y las restantes se consideran preventivas. Como *acciones correctivas* serán; obras de embalse y regulación, obras de canalización y rectificación de cauces naturales, obras de conducción, tales como canales y tuberías; y obras conexas, tales como canales sumideros, disipadores, alcantarillas, sedimentadores o modificaciones de secciones y trazados en calles y avenidas; y así mismo las *acciones preventivas* más comunes estarán constituidas por la conservación y protección de las cuencas tributarias, la regulación del uso de la tierra, la regulación de edificaciones (tales como cotas mínimas o usos de sótanos y plantas bajas), el pronóstico de inundaciones; la adquisición de áreas inundables, la educación e información adecuada de los habitantes de la ciudad, y la regulación de los usos de las vías terrestres.
- *Funciones básica y complementaria.* La función *básica* de un sistema de drenajes se define como un conjunto de acciones preventivas y correctivas encargadas al logro de un objetivo básico de un sistema de drenaje. De igual forma la *función complementaria*, es conjunto de acciones preventivas y correctivas encargadas a satisfacer el objetivo complementario de un sistema de drenajes. En primer caso, estaría, por ejemplo, la prohibición del uso para cualquier fin de un área determinada, y en segundo, la construcción de un sumidero con su correspondiente colector, pues al mismo tiempo que contribuye a retirar las aguas de las calles y al mejoramiento del tráfico de vehículos y personas, ayuda, por la misma razón a evitar daños a éstas y a sus propiedades.
- Drenajes superficial, secundario y primario. *El drenaje superficial* comprende de las acciones correctivas constituidas por el conjunto de facilidades naturales y artificiales que conducen al escurrimiento superficial, desde el lugar de caída de las aguas lluvias hasta su entrada en
- un cauce natural o en conducto artificial, disminuyendo las molestias al tráfico de personas y vehículos.

Ibid., P. 18

El drenaje secundario es el conjunto de acciones correctivas constituidas por los conductos y obras conexas construídos por el hombre, las cuales permiten garantizar que las aguas no obstaculicen el normal desenvolvimiento del tráfico de personas y vehículos en las áreas urbanas.

El drenaje primario es el conjunto de acciones correctivas, constituidas por los cauces naturales y los conductos artificiales y obras conexas, dirigidas a salvaguardar la vida de las personas y evitar el daño a las propiedades.

- *Principios y Estrategias.* Los principios de los cuales debe basarse la concepción de un sistema de drenaje urbano, es decir, los fundamentos que gobiernan las acciones y las diferentes etapas para concretarlas, son:
 1. *Servicio público.* El sistema de drenaje urbano es un servicio público, y en consecuencia debe ser planificado en beneficio de la colectividad.
 2. *Planificación urbana integral.* El sistema de drenaje urbano es parte de un complejo mayor, el sistema urbano integral y, en consecuencia, se planificación debe ser coordinada e integrada con la planificación urbana.
 3. *Planificación del aprovechamiento de los recursos hidráulicos.* El sistema de drenaje urbano es también parte del sistema de manejo de los recursos hidráulicos y, en consecuencia, su planificación debe encajar dentro de la planificación del aprovechamiento de dichos recursos. Particularmente, es importante la coordinación entre el drenaje urbano y el control de inundaciones, en su nivel más amplio.
 4. *Condiciones sanitarias.* En ningún caso de sistema de drenaje urbano puede ocasionar un empeoramiento de las condiciones sanitarias de la población, sino por lo contrario debe mejorarlas.
 5. *Ecología.* Contribuir al mantenimiento ecológico y ambiental de las ciudades y cuencas hidrográficas adyacentes, tiene especial significado en el proyecto de un sistema de drenajes.

- Las *estrategias* generales al conjunto de medidas destinadas a lograr a nivel nacional los objetivos, en base a los principios señalados, del drenaje urbano pueden ser, entre otras:
 1. *Elaboración de planes rectores básicos y complementarios.* Es deseable elaborar, para las diferentes ciudades, planes rectores básicos y planes complementarios de los sistemas de drenajes, que contengan las acciones preventivas y correctivas principales necesarias, para la función básica y complementaria respectivamente. Estas acciones deben de definirse a nivel de detalle tal, que permitan configurar una base sobre la cual apoyar las acciones futuras, que en el caso de obras serían los proyectos definitivos. La elaboración de estos planes debe ser estructurada en armonía con las autoridades responsables del planeamiento urbano y del aprovechamiento

Ibid., P. 19

de los recursos hidráulicos.

2. *Educación e información.* Aspecto importante es la concientización de la ciudadanía en general sobre la importancia de los drenajes urbanos y sobre la colación que ella debe presentar al logro de un buen funcionamiento.
3. *Criterios de planificación y proyecto.* La formulación consiste de criterios generales de planificación y proyecto es un punto fundamental, siendo las autoridades competentes las responsables de fijar las normas y procedimientos correspondientes.
4. *Información básica.* El mejoramiento y ampliación de la información básica disponible es requisito indispensable. Las limitaciones actuales de este aspecto son muy significativas e impiden en muchos casos la aplicación de técnicas y procedimientos modernos. Particular atención debe dársele a la información topográfica e hidrometeorológica, esta última base al plan correspondiente.
5. *Investigación.* Dentro de esta estrategia, la colaboración de las universidades y de los organismos públicos y privados, es indispensable con el propósito de adelantar programas de investigación de drenaje urbano que permitan desarrollar técnicas aplicables al país.

Es importante hacer en mención, que referente a los proyectos de sumideros el Ministerio del Ambiente, considero los siguientes aspectos así:

- a. *Localización:* La etapa siguiente del proyecto de un sistema de drenaje es ubicar y darles dimensiones a las entradas que conectan el drenaje superficial con el secundario y el primario. Estas entradas son estructuras fundamentales de un sistema de drenaje, pues de un buen funcionamiento depende la eficiencia de él.
- b. *Procedimiento general:* Para poner en práctica como criterios serían:
 1. Determinar los gastos escurridos partiendo de las divisorias de aguas y de acuerdo a las áreas tributarias respectivas. Estos gastos se comparan con las capacidades de las respectivas calles, colocándose los primeros sumideros.
 2. Se calcula el gasto captado o interceptado, de acuerdo al tipo de sumidero, y por diferencia con el escurrimiento total en las calles, los gastos que sobrepasan los primeros sumideros.
 3. Se calculan los gastos de las áreas tributarias aguas debajo de los primeros sumideros y se les agregan los gastos que sobrepasaron a los situados aguas arriba. Cuando esta suma iguale la correspondiente capacidad de la calle, se ubican los segundos sumideros y así sucesivamente.
- c. *Localización Final:* Existen reglas adicionales de la localización general, las

Ibid., P. 19 y 20

cuales son: Colocar sumideros en los puntos más bajos y depresiones, en lugares donde se reduzca la pendiente longitudinal de las calles, justo antes de puentes y terraplenes y preferiblemente antes de los cruces de calles o pasos peatonales.

Los criterios anteriores, unidos a la localización general, permiten realizar la ubicación final. Sin embargo, es importante tener en cuenta para la etapa de construcción las siguientes recomendaciones.

1. Analizar es esquema geométrico de cada calle, particularmente su sección transversal, de tal forma de decidir si se debe o no poner un sumidero en cada lado o sólo en lado bajo. Este análisis es importante en calles antiguas o repavimentadas; es decir donde el drenaje superficial es deficiente.
2. En las intersecciones de calles, y en especial cuando debe impedirse el flujo transversal, pueden crearse pequeñas depresiones con aguas estancadas, de manera de garantizar la completa captación de las aguas.
3. No localizar sumideros donde interfieran con otros servicios públicos, como son las tanquillas de electricidad y de teléfonos.
4. La existencia de árboles cercanos a la vía, particularmente aquellos con raíces superficiales, puede perturbar significativamente la eficiencia de interceptación del sumidero.

d. Ordenación de cálculos. A los efectos de la presentación final de un proyecto de parte o la totalidad de un sistema de drenajes, conviene ordenar los datos y resultados de todos los cálculos de sumideros, pues ello permite efectuar, si fuese necesario, modificaciones rápidamente.

3.1 NORMAS SEGÚN LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ.

Dado que las normas elaboradas por la E.A.A.B. son diferentes, se estudian las tres versiones existentes para sumideros. Lo anterior está concebido en las modificaciones contempladas por la empresa del E.A.A.B. (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá). A continuación presentamos las diferentes normas elaboradas a partir del año 2002 hasta las vigentes, en las cuales pudimos establecer algunas comparaciones de acuerdo a las modificaciones (ventajas y desventajas), que han surgido según las diferentes versiones.

Según la empresa del E.A.A.B., los requisitos para la construcción de sumideros de sistemas de alcantarillado pluviales, están basados en las normas elaboradas y aprobadas por la entidad. Damos referencia a las siguientes normas:

Ibid., P. 20

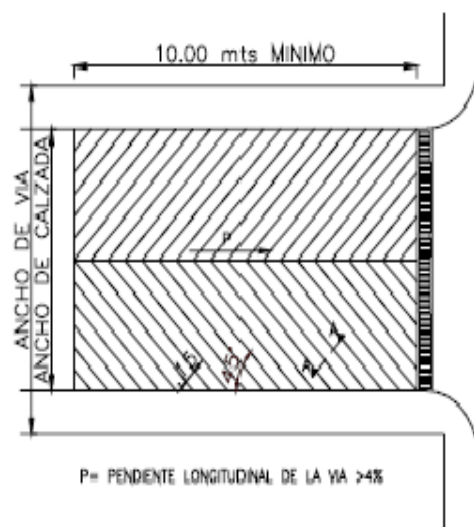
3.1.1 Norma NS-047 Versión 3.0¹. A continuación se presenta una síntesis de la norma empleada inicialmente, esta norma establece los siguientes parámetros:

- Según la E.A.A.B., “los sumideros descritos son los típicos utilizados, en caso de cualquier modificación por cambio de dimensiones, dificultades de construcción o interferencias de servicios públicos, debe presentar plano de propuesta del sumidero a utilizar para su aprobación por parte de la empresa”.
- Según la E.A.A.B., “ los sumideros laterales o longitudinales con respecto al eje de las vías se clasifican en función de la longitud de la boca de captación así:
 - SL-100
 - SL-150
 - SL-200
 - SL-250

Tabla 1. Selección del Tipo de Sumidero en función de la Pendiente y el Caudal.

CAUDAL MÁXIMO (LPS) QUE CAPTAN LOS SUMIDEROS EN FUNCIÓN DE LA PENDIENTE DE LA VIA (ver nota 2)						
SUMIDERO TIPO	PENDIENTE LONGITUDINAL DE LA VIA *					
	0.3%	0.5%	1%	2%	3%	4%
SL-100	35	30	25	-	-	-
SL-150	60	50	45	35	30	25
SL-200	85	75	65	55	50	45
SL-250	130	115	110	95	85	75

* LA ESCORRENTA GENERADA EN VIAS CON PENDIENTES LONGITUDINALES SUPERIORES AL 4% DEBERA CAPTARSE CON SUMIDEROS TRANSVERSALES AL EJE DE LA VIA.(VER NOTA1)



Fuente: (EAAB Norma NS-047 Versión 3.0)

El diámetro de la tubería de salida debe ser:

- Ø8"
- Ø10"
- Ø12"
- Ø14"

¹ Fuente: Norma EAAB Versión 3.0 NS-047, 2002. Norma Técnica de servicio.

Tabla 2. Selección del tipo de Sumidero en función de la Pendiente y el Caudal.

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD MÁXIMA DEL TUBO DE SALIDA					
Ø	Q(Lps)	PENDIENTE 1.5%	PENDIENTE 2.0%	PENDIENTE 2.5%	PENDIENTE 3.0%
		V(m/s)	V(m/s)	V(m/s)	V(m/s)
8"	41.04	1.25	1.44	1.55	1.65
10"	71.69	1.44	1.62	1.77	1.89
12 "	112.00	1.65	1.82	1.97	2.10
14 "	168.00	1.82	2.02	2.18	2.33

Fuente: (EAAB Norma NS-047 Versión 3.0)

- Ø 8" – Sumideros existentes
- Ø 10" – Sumideros nuevos
- Ø 12" – Sumideros tipos SL
- Ø 14" – Sumideros nuevos tipo ST

3.1.2 Norma NS-047 Versión 4.0². Esta norma adopta una nueva terminología, mediante la cual se optimiza algunos parámetros según lo registrado en el capítulo No.3 de esta versión así:

- Ancho de Inundación T
- Captación lateral
- Dentellones
- Rejilla
- Sumidero
- Sumidero Compuesto

A su vez en el capítulo 5 de la presente norma, se establecen los siguientes criterios de localización así:

Los sumideros deben ubicarse como mínimo cuando se presentan las siguientes situaciones:

- Puntos bajos y depresiones en los cuales son de esperarse concentraciones de escorrentía superficial y donde puede ser muy eficiente la captación.
- Cambio de pendiente longitudinal de las vías que en realidad corresponden a puntos bajos locales.

² Fuente: Norma EAAB Versión 4. NS-047, 2006. Norma Técnica de servicio.

- Antes de puentes, terraplenes y dentellones que corresponden a sitios donde se pueden presentar concentraciones de escorrentía superficial.
- Aguas abajo de puentes para captar la escorrentía generada por estos.
- Antes de las intersecciones de calles para evitar que el tráfico deba sortear las corrientes superficiales.
- Aguas arriba de los cruces peatonales para que los peatones no se vean obligados a cruzar las corrientes de escorrentía.

3.1.2.1 Parámetros y Procedimiento de Diseño para la Ubicación de los Sumideros. El procedimiento de diseño establecido en esta norma, para la captación de la escorrentía superficial en las vías, consiste en determinar el espaciamiento de los sumideros, a partir de una geometría única de los mismos y su capacidad de captación, un caudal de diseño y un ancho de inundación de la vía "T" permisible.

- **PARÁMETROS DE DISEÑO**

- Caudal de diseño:

El diseño de los sumideros debe ser compatible con la capacidad de las redes de alcantarillado, para tal efecto, los caudales de diseño son los mismos que los adoptados para las redes de alcantarillado y se deben calcular según la norma del "NS – 085 Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado".

- Ancho de inundación de la vía por escorrentía:

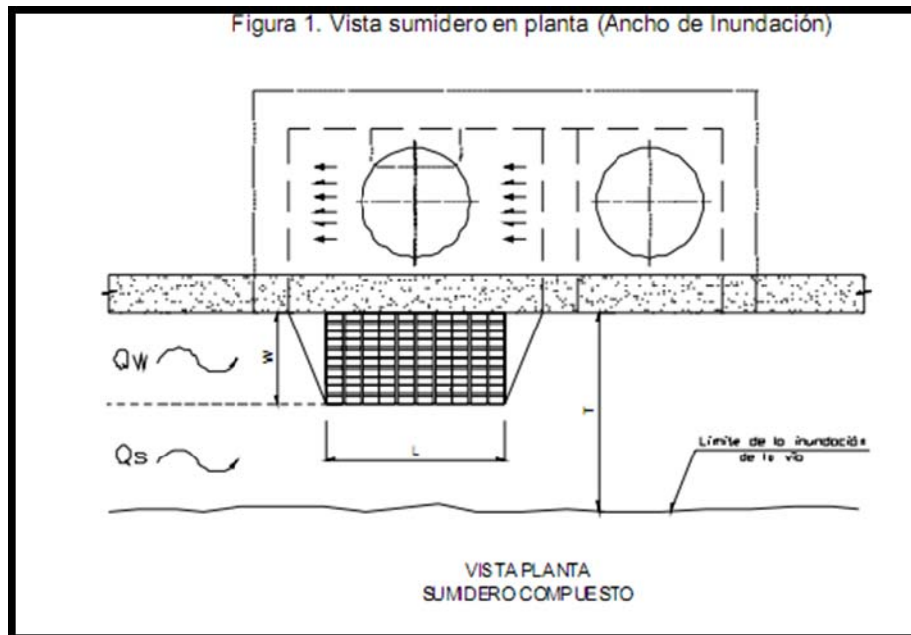
El ancho de inundación "T" permisible de la vía (Ver figura 1), está en función del tipo de vía, del tráfico vehicular y peatonal esperado tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 3. Determinación Ancho de Inundación Admisible.

Clasificación de la vía	Ancho de inundación superficial admisible T(m)
Zona Residencial	2.0
Zona Institucional y Comercial	1.5
Vías tipo V-0 a V-3	1.5

Fuente: EAAB Norma NS-047 Versión 4.0.

Figura 1. Representación Grafica Ancho de Inundación.



Fuente: Tomado EAAB Norma NS-047 Versión 4.0.

En esta versión también se tienen en cuenta otros parámetros importantes tales como:

- Pendiente transversal de la vía y la cuneta.
- Pendiente longitudinal de la cuneta y de la vía.
- Rugosidad de la vía.
- Longitud de la rejilla.
- Ancho de la cuneta y la rejilla.

3.1.2.2 Procedimientos de Diseño para Sumideros en Pendiente. El procedimiento de diseño para los sumideros tiene en cuenta el espaciamiento según la pendiente de la vía, en la cual el agua fluye en sentido de la pendiente sin que se presenten represamientos y donde parte del caudal es captado por un sumidero y el caudal remanente es captado por el siguiente sumidero, en consecuencia el espaciamiento entre sumideros en una vía con pendiente está en función del flujo no captado por el sumidero anterior.

La norma establece cuatro pasos con los cuales se hacen los cálculos, teniendo en cuenta los planos topográficos de la zona, los flujos, la localización de los sumideros, las áreas de drenaje de los sumideros, el ancho de inundación de la vía, el tipo de rejilla preseleccionado, el ancho de la cuneta, la profundidad del flujo

y las área de drenaje tributarias (según norma NS-085; criterios de diseño de sistema de alcantarillado).

Con estos parámetros se determina, el caudal total de la vía en el costado donde se encuentra ubicado el sumidero.

Una vez determinado el caudal se calcula el ancho de inundación mediante la siguiente expresión:

$$T = \left(\frac{Qn}{K_u S_x^{1.67} S_L^{0.5}} \right)^{0.375}$$

Donde:

- T: Ancho de la inundación de la vía (m)
- Ku: 0.376 (sistema métrico)
- n: Coeficiente de Manning pavimento: 0.016
- Q: Caudal total de escorrentía (m3/s)
- Sx: Pendiente transversal de la vía
- SL: Pendiente longitudinal de la vía

Una vez calculado el ancho de inundación y sabiendo la pendiente longitudinal de la vía se calcula la profundidad del agua junto al andén, utilizando la siguiente expresión:

$$d = TS_x$$

Obtenidos estos valores se compara el valor de "T" con el ancho de inundación permitido según la tabla No.3, contenida en la norma y el valor de **d** se compara con la altura de sardinel.

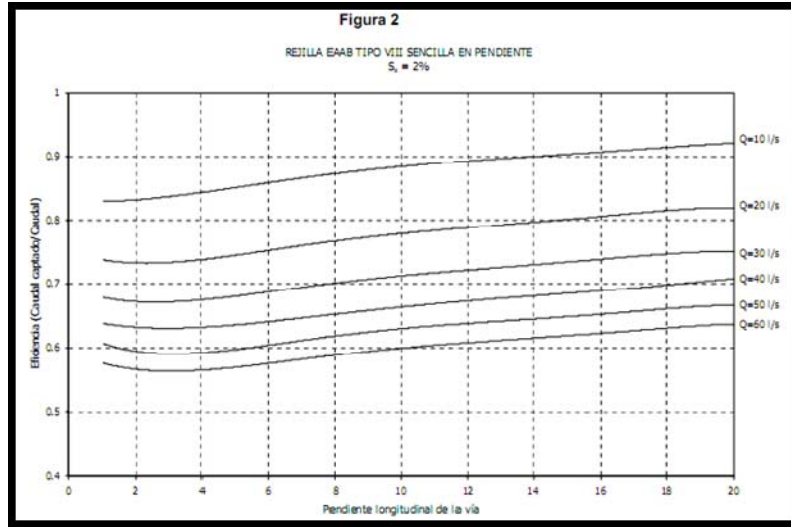
Si estos valores son aceptables se procede con el siguiente paso, de lo contrario se debe de encontrar el área de drenaje disminuyendo la distancia del sumidero y se repiten nuevamente el procedimiento para verificar que los valores de los parámetros sean satisfactorios.

Posteriormente se calcula el flujo interceptado por la rejilla con la expresión:

$$Q_1 = E * Q$$

Siendo E la eficiencia de la rejilla, y Q el caudal por la vía, la eficiencia de la rejilla E se determina a partir de la figura 2

Figura 2. Determinación de la Eficiencia.



Fuente: Tomado EAAB Norma NS-047 Versión 4.0.

Para el cálculo del flujo captado por la apertura lateral, se calcula con el siguiente procedimiento:

1. Para efectos del diseño, se calcula la longitud requerida por la apertura lateral como si se fuese a captar la totalidad del caudal de escorrentía sobre la vía:

$$L_T = K_u Q^{0.42} S_L^{0.3} \left(\frac{1}{76 S_x} \right)^{0.6}$$

Donde:

- L_T: Longitud de la apertura para captar el 100% del flujo en la vía.
- K_u: 0.817(sistema métrico)
- Q: Se refiere al caudal total que corre por la vía.

2. Se calcula la eficiencia de la captación para la longitud de la apertura establecida para el sumidero:

$$E = 1 - \left[1 - \frac{0.85}{L_T} \right]^{1.8}$$

Donde:

0.85 Es la longitud de apertura lateral real en metros del acceso lateral para el sumidero típico contemplado en esta norma.

3. Se calcula el caudal captado por la apertura.

$$Q_2 = E * Q$$

El valor del caudal total interceptado por el sumidero "Qi" equivale a la suma de los caudales captados por la rejilla Q1 y la apertura lateral Q2.

Se determina el caudal no captado por el sumidero, Qb:

$$Q_b = Q - Q_i$$

Se continúa con el siguiente sumidero localizado aguas abajo, teniendo en cuenta que existe un caudal de sobrepaso o no captado Qb del sumidero anterior, el cual debe sumarse al caudal tributario al sumidero siguiente para llevar a cabo los pasos anteriores.

Luego menciona que se continúe el proceso en el resto de las vías del sector a drenar.

3.1.2.3 Procedimiento de Diseño para Sumideros en Batea. Para el cálculo de sumideros en depresiones, puntos bajos ó bateas, en los cuales las líneas de corriente confluyen desde cualquier dirección hacia el sumidero. Inicialmente se define el área aferente al sumidero con base en la geometría de la vía. Una vez definida el área, se calcula el caudal aferente al sumidero según la norma "NS – 085 [Notes Link](#) criterios de diseño de sistemas de alcantarillado". Se calculan los valores de T y d según el siguiente procedimiento:

El Ancho de inundación "T" ocupado por la escorrentía en la vía se deduce de la siguiente ecuación:

$$T = \left(\frac{Q_n}{K_u S_x^{1.47} S^{0.5}} \right)^{0.375}$$

Donde:

- T : Ancho de la inundación de la vía (m)
- K_u : 0.376 (sistema métrico)
- n : Coeficiente de Manning pavimento: 0.016

- Q : Caudal (m3/s)
- S_x : Pendiente transversal de la vía
- S_L : Pendiente longitudinal de la vía.

Profundidad del flujo en la cuneta "d":

$$d = T * S_x$$

En caso de que los valores de T y d no cumplan con los valores de diseño según el numeral 6.2, se incrementa el número de sumideros hasta que se satisfagan las condiciones de diseño.

El caudal captado por el sumidero se calcula con las siguientes ecuaciones:

- Caudal captado por la rejilla:

$$Q_i = C_w P d^{1.5}$$

Donde:

- P: Perímetro de la rejilla descartando el lado junto al sardinel del andén.
- C_w : 1.66
- d: Profundidad del flujo sobre la rejilla.
- Caudal captado por la apertura en el andén:

$$Q_i = C_w (L + 1.8W) d^{1.5}$$

Donde:

- C_w : 1.25.
- L: Longitud de la apertura.
- W: Ancho de la depresión.
- d: Profundidad junto al sardinel

3.1.3 Norma NS-047 Versión 4.1, esta norma establece los siguientes parámetros³. Los criterios de localización y los parámetros de diseño son establecidos en la versión 4.0. Solamente esta contemplado la exigencia de construcción de los sumideros combinados.

Lo que se modifica en esta versión es la conexión del sumidero a la red; se debe tener en cuenta que la distancia máxima del sumidero al pozo de inspección es de

³ Fuente: Norma EAAB Versión 4.1 NS-047, 2007. Norma Técnica de servicio.

50 metros, salvo los criterios adoptados en la norma NS - 029 Notes Link Pozos de inspección o a la red.

La conexión se podrá realizar directamente a la red o al pozo de inspección y solo en los puntos donde existan YEES previstas, ó mediante la instalación de una SILLA YEE del mismo material del colector, sí éstas no existen, ya que solo están permitidas conexiones directamente a la red con un ángulo de 45° grados.

La tubería de descarga deberá ser de mínimo 250 mm y deberá tener una pendiente mínima del 2 %.

3.1.4 Cuadro comparativo de las Normas Elaboradas para Sumideros por la E.A.A.B. Luego de estudiar las tres versiones de las normas técnicas NS-047 de los sumideros, elaboramos un cuadro comparativo o resumen en el cual se muestran los aspectos más importantes de cada norma, además se incluyó una fila en la parte inferior donde se describieron los comentarios desde nuestra propia opinión, al igual se incluye una columna en la parte derecha de la tabla donde anotamos algunas recomendaciones buscando mejorar y complementar lo realizado por la E.A.A.B., con el fin de optimizar los parámetros utilizados en busca de la implementación adecuada de la norma para diseñar este tipo de estructuras.

Ver figura 3 Resumen de las normas técnicas de los sumideros de la E.A.A.B.

4. METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS AFOROS DE CAUDALES EN CAMPO

A continuación se presenta el proceso efectuado en campo de los aforos y posteriormente se procederá a ser analizados, tomamos un proyecto construido y ubicado en el barrio villas del diamante en la localidad de ciudad Bolívar en Bogotá, donde observamos una topografía montañosa con pendientes pronunciadas, el objeto del proyecto fue diseñar y construir una vía tipo vehicular en concreto, para lo cual se hizo necesario diseñar los colectores y estructuras de recolección de agua, según la normatividad vigente exigida por la empresa de E.A.A.B.

4.1 MEDICIÓN EN EL TERRENO.

A continuación se describe la parte constructiva de los sumideros de la obra localizado en ciudad Bolívar.

El dimensionamiento de un sumidero tipo, observados son de tipo especial con unas longitudes, anchos y una profundidad con una estructura en concreto reforzado, según los establecidos por la norma actual de la entidad.

Foto 1 Caja para sumidero combinado con salida en diámetro de 12”.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Foto 2. Caja con su Dimensionamiento para la Construcción del Sumidero.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Foto 3. Vista general del Sumidero con Desarenador.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Foto 4. Emparrillado superior incluyendo la tapa de sumidero y tapa de inspección para el mantenimiento del sumidero.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Foto 5 Se aprecia la magnitud del sumidero respecto al ancho de la vía.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Foto 6. Fundida de la losa superior del sumidero.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Foto 7 Pendiente de la vía y construcción del pozo de inspección donde se conecta el sumidero.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Foto 8. Sumidero Especial Terminado. (Este es el patrón que se va a utilizar para realizar para tomar el ensayo y análisis).



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Foto 9. Ubicación General del Proyecto “Ciudad Bolívar”.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS MEDICIONES REALIZADAS EN TERRENO.

Para efectuar estas mediciones se tomo como punto de referencia un pozo de inspecciones inicial, que recibe el caudal captado de un sumidero tipo especial tal como se evidencia en los siguientes registros fotográficos.

Foto 10. Zona de Intervención.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Posteriormente se procede a taponar todas las salidas dentro del pozo de inspección con el fin de medir las láminas de agua.

Foto 11, 12, 13, 14. Pozo de Inspección con el fin de Medir las Láminas de Agua.

Foto 11



Foto 12



Foto 13



Foto 14



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Foto 15. Una vez se empieza a descargar el caudal sobre la vía, el sumidero empieza a captar las aguas.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

4.2.1 Análisis del Estudio: Para esta investigación se tomaron cuatro escenarios típicos como son; el sumidero con rejilla sucia, sumidero restringiendo las rejilla de vía, restringiendo el vertedero lateral y en condiciones optimas; así mismo dentro de cada escenario se efectuaron los aforos en condiciones de caudal bajo, medio y alto con el fin de poder analizar, evaluar el comportamiento y las eficiencias así:

4.2.1.1 Sumidero con Rejilla Sucia. El procedimiento realizado simulando una precipitación para lo cual se utilizo un carro tanque con una capacidad de 10 m³ de agua tal como se muestra en los registros fotográficos No 15 y 16,

Foto 16 y 17. Registros Carro tanque Utilizado.

Foto 16



Foto 17



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

El flujo se controló mediante la calibración con los siguientes parámetros:

- Caudal bajo: Se abre el registro simulando que la intensidad de lluvia sea baja, luego se patronó un cronómetro con unos intervalos cada 15", y en el mismo periodo de tiempo se midió la profundidad de la lámina de agua en el pozo de inspección inicial.

Foto 18 y 19. Condición del sumidero - caudal bajo.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Posteriormente se realizaron los siguientes aforos presentados en la Cuadro 4

- Caudal medio: Se abre el registro simulando que la intensidad de la lluvia es media, luego se patronó un cronómetro con unos intervalos cada 15", en los cuales se midió la profundidad de la lámina de agua en el pozo de inspección inicial y se realizó los siguientes aforos presentados en la Cuadro 4.

Foto 20. Caudal Medio.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

- Caudal alto: Se abre el registro simulando que la intensidad de la lluvia alta, luego se patrono un cronometro con unos intervalos cada 15", en los cuales se midió la profundidad de la lámina de agua en el pozo de inspección inicial y se realizo los siguientes aforos presentados en la tabla 4.

Foto 21. Caudal Alto.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Tabla 4. Registro de Aforos Sumidero Sucio (Primer escenario).

Ø del pozo	H=Lámina	t (seg)	Q= m3/seg.	Restricción
1,7	1	15	BAJO	SUMIDERO SUCIO
1,7	1,2	30		
1,7	1,3	45		
1,7	1,4	60		
	4,9			
1,7	1,2	15	MEDIO	
1,7	1,3	30		
1,7	1,5	45		
1,7	1,7	60		
	5,7			
1,7	0,5	15	ALTO	
	2,7	30		
	2,5	45		
	1,8	60		
	7,5			

Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

4.2.1.2 Rejilla de la Vía Tapada. Para el siguiente aforo se encauso el caudal hacia la boca del sumidero (rejilla lateral y horizontal) y se efectuó el mismo procedimiento descrito anteriormente.

Foto 22. Rejilla de la Vía Tapada.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

- Caudal bajo: Nuevamente se continúa simulando la intensidad de la lluvia baja, tomando los intervalos cada 15" y en los cuales se midió la profundidad de la lámina de agua en el pozo de inspección inicial y se realizó los siguientes aforos presentados en la tabla 5.

Foto 23. Caudal Bajo.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

- Caudal medio: Nuevamente se continúa simulando que la intensidad de la lluvia media, tomando los intervalos cada 15", y en los cuales se midió la profundidad de la lámina de agua en el pozo de inspección inicial y se realizó los siguientes aforos presentados en la tabla 4

Foto 24. Caudal Medio.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

- Caudal alto: Nuevamente se continúa simulando que la intensidad de la lluvia alta, tomando los intervalos cada 15", y en los cuales se midió la profundidad de la lámina de agua en el pozo de inspección inicial y se realizó los siguientes aforos presentados en la tabla 4.

Foto 25. Caudal Alto.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Tabla 5. Registro de Aforos Sumidero con la rejilla de la vía Tapada (Segundo escenario).

Ø del pozo	H =Lámina	t (seg)	Q= m3/seg.	Restricción
1,7	0,9	15	BAJO	REJILLA DE LA VIA TAPADA
	1,1	30		
	1,2	45		
	1,1	60		
	4,3			
1,7	2,1	15	MEDIO	
	1,9	30		
	2	45		
	1,8	60		
	7,8			
1,7	2,5	15	ALTO	
	2,6	30		
	2,7	45		
	2,9	60		
	10,7			

Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

4.2.1.3 Sumidero Lateral Tapado. Para el siguiente aforo se encauso el caudal tapando la boca del sumidero lateral, y se efectuó el mismo procedimiento descrito anteriormente, con el fin de que el caudal ingrese solamente por la rejilla.

Foto 26. Sumidero Lateral Tapado.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

- Caudal bajo: Nuevamente se continua simulando que la intensidad de la lluvia baja, tomando los intervalos cada 15" y en los cuales se midió la profundidad de la lámina de agua en el pozo de inspección inicial y se realizo los siguientes aforos presentados en la tabla 6

Foto 27. Caudal Bajo.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

- Caudal medio: Nuevamente se continúa simulando que la intensidad de la lluvia media, tomando los intervalos cada 15", y en los cuales se midió la profundidad de la lámina de agua en el pozo de inspección inicial y se realizo los siguientes aforos presentados en la tabla No.6.

Foto 28. Caudal Medio.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

- Caudal alto: Nuevamente se continua simulando que la intensidad de la lluvia alta, tomando los intervalos cada 15", y en los cuales se midió la profundidad de la lámina de agua en el pozo de inspección inicial y se realizo los siguientes aforos presentados en la tabla 6

Foto 29. Caudal Alto.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Tabla 6. Registro de Aforos Sumidero Lateral Tapado. (Tercer escenario).

Ø del pozo	H=Lámina	t (seg)	Q= m3/seg.	Restricción
1,7	1,8	15	BAJO	SUMIDERO LATERAL TAPADO
	2,1	30		
	2,3	45		
	2,1	60		
	8,3			
1,7	2,4	15	MEDIO	
	2,3	30		
	2,5	45		
	2,6	60		
	9,8			
1,7	3,2	15	ALTO	
	3,5	30		
	3,3	45		
	3,6	60		
	13,6			

Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

4.2.1.4 Sumidero Completamente Limpio. Por último se dejó libre el sumidero de restricciones y se efectuaron las mediciones en condiciones óptimas “completamente limpio”, y se tomaron los siguientes aforos.

- Caudal bajo: Nuevamente se continua simulando que la intensidad de la lluvia baja, tomando los intervalos cada 15" y en los cuales se midió la profundidad de la lámina de agua en el pozo de inspección inicial y se realizo los siguientes aforos presentados en la tabla 7

Foto 30. Sumidero Completamente Limpio Caudal Bajo.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

- Caudal medio: Nuevamente se continúa simulando que la intensidad de la lluvia media, tomando los intervalos cada 15" y en los cuales se midió la profundidad de la lámina de agua en el pozo de inspección inicial y se realizo los siguientes aforos presentados en la tabla No.7

Foto 31. Caudal Medio.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

- Caudal alto: Nuevamente se continúa simulando que la intensidad de la lluvia alta, tomando los intervalos cada 15" y en los cuales se midió la profundidad de la lámina de agua en el pozo de inspección inicial y se realizo los siguientes aforos presentados en la tabla 7

Foto 32. Caudal Alto.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Tabla 7. Registro de Aforos Sumidero Lateral Tapado (Cuarto escenario).

Ø del pozo	H=Lámina	t (seg)	Q= m3/seg.	Restricción
1,7	2,2	15	BAJO	COMPLETAMENTE LIMPIO
	2,3	30		
	2,3	45		
	2,1	60		
	8,9			
1,7	2,7	15	MEDIO	
	2,4	30		
	2,3	45		
	2,5	60		
	9,9			
1,7	3,5	15	ALTO	
	3,8	30		
	3,9	45		
	4	60		
	15,2			

Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Según las diferentes mediciones realizadas en campo y utilizando las ecuaciones básicas se procedió a efectuar el análisis correspondiente utilizando los datos tomados en campo.

Por efectos de recursos, los ensayo realizados se efectuaron utilizando 10 m³ de agua correspondiente a la capacidad del vehículo, por tal motivo no se pudo realizar, la cantidad de aforos suficientes para dar una estadística más precisa del ensayo.

Obtenido los caudales mediante los aforos realizados, teniendo como base el diámetro del pozo 1,7 m y los registros tomados con el cronometro se procedió a calcular el volumen con la siguiente expresión:

$$Q= V/t$$

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Foto 33. Mediciones.



Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Tabla 8. Calculo de Volúmenes.

Cálculo de Volúmenes con intervalos de tiempo cada 15"									
	15"	30"	45"	60"	Area	VOL. 1	VOL2	VOL3	VOL4
BSS	0,01	0,012	0,013	0,014	2,269806	0,02269806	0,02723767	0,02950748	0,03177728
MSS	0,012	0,013	0,015	0,017	2,269806	0,02723767	0,02950748	0,03404709	0,0385867
ASS	0,005	0,027	0,025	0,018	2,269806	0,01134903	0,06128476	0,05674515	0,04085651
BRVT	0,009	0,011	0,012	0,011	2,269806	0,02042825	0,02496787	0,02723767	0,02496787
MRVT	0,021	0,019	0,02	0,018	2,269806	0,04766593	0,04312631	0,04539612	0,04085651
ARVT	0,025	0,026	0,027	0,029	2,269806	0,05674515	0,05901496	0,06128476	0,06582437
BRLT	0,018	0,021	0,023	0,021	2,269806	0,04085651	0,04766593	0,05220554	0,04766593
MRLT	0,024	0,023	0,025	0,026	2,269806	0,05447534	0,05220554	0,05674515	0,05901496
ARLT	0,032	0,035	0,033	0,036	2,269806	0,07263379	0,07944321	0,0749036	0,08171302
BCL	0,022	0,023	0,023	0,021	2,269806	0,04993573	0,05220554	0,05220554	0,04766593
MCL	0,027	0,024	0,023	0,025	2,269806	0,06128476	0,05447534	0,05220554	0,05674515
ACL	0,035	0,038	0,039	0,04	2,269806	0,07944321	0,08625263	0,08852243	0,09079224

Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Referente a la tabla 8, se considero la siguiente nomenclatura para el análisis de información al respecto así:

- BSS: Caudal bajo, con restricción sumidero sucio.
- MSS: Caudal medio, con restricción sumidero sucio
- ASS: Caudal alto, con restricción sumidero sucio

- BRVT: Caudal bajo, rejilla de la vía tapada
- MRVT: Caudal medio, rejilla de la vía tapada
- ARVT: Caudal alto, rejilla de la vía tapada

- BRLT: Caudal bajo, sumidero lateral tapado
- MRLT: Caudal medio, sumidero lateral tapado
- ARLT: Caudal alto, sumidero lateral tapado

- BCL: Caudal bajo, completamente limpio
- MCL: Caudal medio, completamente limpio
- ACL: Caudal alto, completamente limpio

Una vez determinado los volúmenes, se calcularon los respectivos caudales para cada intervalo de tiempo, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Calculo de Caudales.

	CAUDALES (m3/Seg.)			
	Q1	Q2	Q3	Q4
BSS	0,0015132	0,00181584	0,00196717	0,00211849
MSS	0,00181584	0,00196717	0,00226981	0,00257245
ASS	0,0007566	0,00408565	0,00378301	0,00272377
BRVT	0,00136188	0,00166452	0,00181584	0,00166452
MRVT	0,00317773	0,00287509	0,00302641	0,00272377
ARVT	0,00378301	0,00393433	0,00408565	0,00438829
BRLT	0,00272377	0,00317773	0,00348037	0,00317773
MRLT	0,00363169	0,00348037	0,00378301	0,00393433
ARLT	0,00484225	0,00529621	0,00499357	0,00544753
BCL	0,00332905	0,00348037	0,00348037	0,00317773
MCL	0,00408565	0,00363169	0,00348037	0,00378301
ACL	0,00529621	0,00575018	0,0059015	0,00605282

Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Tabla 10. Calculo de Caudales Mayorados.

		CAUDALES (L/S)			
		15	30	45	60
		Q1 (L/S)	Q2 (L/S)	Q3 (L/S)	Q4 (L/S)
BSS	10000	15,13204	18,158448	19,671652	21,184856
MSS	10000	18,158448	19,671652	22,69806	25,724468
ASS	10000	7,56602	40,856508	37,8301	27,237672
BRVT	10000	13,618836	16,645244	18,158448	16,645244
MRVT	10000	31,777284	28,750876	30,26408	27,237672
ARVT	10000	37,8301	39,343304	40,856508	43,882916
BRLT	10000	27,237672	31,777284	34,803692	31,777284
MRLT	10000	36,316896	34,803692	37,8301	39,343304
ARLT	10000	48,422528	52,96214	49,935732	54,475344
BCL	10000	33,290488	34,803692	34,803692	31,777284
MCL	10000	40,856508	36,316896	34,803692	37,8301
ACL	10000	52,96214	57,501752	59,014956	60,52816

Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

Como en la simulación utilizamos un carrotanque que nos genera caudales muy pequeños, según se observa en los registros en la tabla No.10, se decidió mayorar el caudal multiplicándolo por una constante (K=10); como esta relación es lineal no se ven afectados los resultados de los aforos, una vez realizado este procedimiento se pudo verificar las eficiencias de los sumideros en los cuatro escenarios según las curvas de la norma vigente.

Tabla 11. Calculo de Eficiencia.

CALCULO DE EFICIENCIA

Q Totales (L/S)	T inundación	Q vía (L/S)	Q (%)		Eficiencia(%)
			CAPTADO	SUMIDERO	
18,54	1,00	47	39%	55%	BSS
21,56	1,1	60,59	36%	58%	MSS
35,31	1,20	76	46%	61%	ASS
16,27	1,00	47	35%	48%	BRVT
29,51	1,1	60,59	49%	79%	MRVT
40,48	1,20	76	53%	70%	ARVT
31,40	1,00	47	67%	93%	BRLT
37,07	1,1	60,59	61%	99%	MRLT
51,45	1,20	76	68%	89%	ARLT
33,67	1,00	47	72%	100%	BCL
37,45	1,1	60,59	62%	100%	MCL
57,50	1,20	76	76%	100%	ACL

Fuente: COLLAZOS DÍAZ, Leonardo; GUAYAMBUCO QUINTERO, Víctor. Autores del presente Trabajo de Grado. Febrero de 2010.

6. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

6.1 RECURSOS TÉCNICOS.

Los elementos utilizados para la realización de las mediciones fueron:

- Rollo de polietileno con un ancho de 2 mts.
- Arcilla
- Carrotanque con capacidad de 10 m³
- Cronómetros
- Arena
- Regla

6.2 RECURSOS HUMANOS.

- Director de proyecto
- Metodólogo asesor
- Especialistas en las áreas de hidráulica
- Ingenieros residentes
- Inspectores de campo
- Ayudantes

6.3 RECURSOS ECONÓMICOS.

Los costos propios del proyecto estuvieron a cargo de los estudiantes vinculados al proyecto.

7. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos de los aforos realizados en campo se concluye:

- Se analizaron las diferentes versiones de las normas del acueducto que han sido implantadas para el diseño de sumideros, pero se requiere que se estudien detenidamente otros parámetros tales como el dimensionamiento de las rejillas de la boca del sumidero, el encausamiento del caudal mediante un babero, la topografía etc.; esto con el fin de calibrar las curvas utilizadas referente a la eficiencia, con el fin de mejorar y optimizar la captación de agua lluvias teniendo en cuenta otras alternativas diferentes al sumidero de tipo especial exigido actualmente.
- Se realizaron los ensayos programados en terreno obteniendo los siguientes resultados:
 - La eficiencia del sumidero utilizando caudales de 47 L/S de escorrentía superficial, simulando una precipitación baja, arrojó como resultados estas eficiencias:

Comparación de eficiencias en Condición del Caudal Bajo			
Q total	Aforo q (l/s)	Eficiencia (Q total Aforado)	Eficiencia Según Norma
47	18,54	39%	49%
	16,27	35%	53%
	31,4	67%	44%
	33,67	72%	40%

Por lo tanto se concluye que en el primer escenario, es decir sumidero sucio, la eficiencia en los aforos tomados en el terreno corresponde al 39% del caudal y el exceso continúa hacia el siguiente sumidero, y comparando con la norma la eficiencia muestra un valor de 49%; en el segundo escenario es decir sumidero rejilla de la vía tapada, la eficiencia en los aforos tomados en el terreno corresponde al 35% del caudal, a pesar que se efectuó el encausamiento del caudal permitió establecer una eficiencia demasiado baja, la mayoría del caudal continúa hacia el siguiente sumidero, y la norma muestra un valor de 53% en la eficiencia lo que indica un error evidenciado claramente puesto que no es lógico.

Ahora tomado el tercer escenario, es decir el sumidero lateral tapado la eficiencia en los aforos tomados en el terreno corresponde al 67% del caudal y el exceso continúa hacia el siguiente sumidero, y comparando con

la norma la eficiencia muestra un valor de 44%, es decir esta muy limitado este valor referente al tomado en campo.

Ahora tomado el cuarto escenario, es decir el sumidero completamente limpio la eficiencia en los aforos tomados en el terreno corresponde al 72% del caudal y el exceso continua hacia al siguiente sumidero, y comparando con la norma la eficiencia muestra un valor de 40%, al igual que el anterior sigue muy limitado este valor referente al tomado en campo.

Según lo anterior y basados en la norma vigente utilizada por la EAAB, se nota claramente el concepto que a mayor caudal menor eficiencia y a menor caudal mayor eficiencia en la captación del sumidero, suponiendo que las condiciones sean optimas; pero teniendo en cuenta las mediciones realizadas observamos que la mejor eficiencia se presenta con el sumidero de rejilla en la vía, y esta directamente relacionada con el mantenimiento y limpieza tanto en la rejilla lateral como en la rejilla de la vía.

- La eficiencia del sumideros utilizando caudales de 60,59 L/S de escorrentía superficial, simulando una precipitación media, arrojo como resultados estas eficiencias:

Comparación de eficiencias en Condición del Caudal Bajo			
Q total	Aforo q (l/s)	Eficiencia (Q total Aforado)	Eficiencia Según Norma
47	18,54	39%	49%
	16,27	35%	53%
	31,4	67%	44%
	33,67	72%	40%

El comportamiento es similar al analizado anteriormente, en los dos primeros escenarios la eficiencia obtenida tanto en campo, como en la norma de la EAAB son demasiado bajas lo cual indica que aproximadamente el caudal de exceso iría al siguiente sumidero; en el tercer y cuarto escenario las eficiencias son relativamente iguales lo cual indica que un sumidero de tipo convencional con rejilla en la vía sería suficiente para la captación de las aguas de escorrentía en el sector escogido para nuestro estudio.

- Las eficiencias de los sumideros utilizando caudales de 76 L/S de escorrentía superficial, simulando una precipitación alta, arrojo como resultados estas eficiencias:

Comparación de eficiencias en Condición del Caudal Bajo			
Q total	Aforo q (l/s)	Eficiencia (Q total Aforado)	Eficiencia Según Norma
47	18,54	39%	49%
	16,27	35%	53%
	31,4	67%	44%
	33,67	72%	40%

- En este escenario donde es imprescindible las excelentes condiciones de mantenimiento del sumidero se obtuvieron las mejores eficiencias con respecto a los aforos tomados en campo, como se puede ver la eficiencia máxima del 76%. Contradictoriamente las eficiencias calculadas según las gráficas y ecuaciones de la EAAB son las mas bajas como consecuencia del principio establecido que a mayores caudales menores eficiencias. Es bueno aclarar que esta condición de mantener completamente limpias las rejillas, en nuestro medio es complejo por la falta de cultura e inconsciencia de los usuarios.
- En los diseños uno de los parámetros fundamentales es el criterio para incluir la pendiente transversal. Para nuestro estudio se midió un bombeo del 1%, lo cual genera una menor eficiencia para la captación de las aguas, pudiendo mejorar considerablemente la captación con una pendiente transversal del 2%.
- Las gráficas implícitas de la norma NS-047 Versión 4,1 donde se presenta el principio inversamente proporcional que a mayor caudal menor eficiencia y viceversa, se recomienda elaborar una calibración de las curvas con base en los aforos reales tomados en campo y los respectivos aportes técnicos, además que se optimicen todas las condiciones tanto topográficas, como de presupuesto y utilización de sumideros convencionales y de tipo especial con tendencia a mejorar la infraestructura de redes hidráulicas .
- En el proyecto escogido se observa la implementación de grandes cajas ubicadas según diseños aprobados por la EAAB, que tienen como finalidad efectuar un mantenimiento periódico del sumidero, lo anterior adicionado a la implementación de tuberías con grandes diámetros para tratar de satisfacer las necesidades de evacuación de aguas lluvias trae como consecuencia el gasto de una serie de recursos sin asegurar la solución a los problemas de inundación en las vías, por este motivo se recomienda estudiar mas detenidamente la normativa de diseño para este tipo de estructuras.
- Debe analizarse todo lo referente a costos de la infraestructura de redes hidráulicas, en el caso de los sumideros se observa que un sumidero de tipo especial construido según la norma vigente cuesta aproximadamente tres

veces mas de lo que cuesta un sumidero convencional, trayendo como consecuencia la utilización de los recursos que pueden ser utilizados para el desarrollo de otro tipo de obras.

En relación a los costos de estas estructuras hidráulicas podemos evidenciar una gran diferencia, puesto que los sumideros de tipo convencional son mucho más económicos que los de tipo especial. En general se observa un 130% o más elevados los costos cuando se construyen sumideros tipo especial, afectando directamente los presupuestos destinados para proyectos de carácter vial en Bogotá.

8. RECOMENDACIONES

Es debe hacer en mención que la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, realice una revisión de la normatividad vigente teniendo en cuenta el estudio realizado en este trabajo de grado, con el fin de optimizar la construcción de este tipo de estructuras

En lo permisible al realizar un diseño en Bogotá, se recomienda separar los parámetros de diseño tanto para la zona plana como con pendiente, la EAAB, debería establecer curvas de eficiencia en campo más no en laboratorio, para lo cual se recomienda efectuar todos los estudios necesarios en terreno, teniendo en cuenta las diferentes variables según las diferentes zonas topográficas.

Se recomienda dejar la opción de incluir sumideros tipo lateral y transversal, de acuerdo con el caso puntual donde se requiera una estructura con unas características determinadas.

En las normas de diseño se debería a estudiar otras alternativas para la recolección de caudales, tales como la retención de caudales, con el fin de optimizar el tamaño de los sumideros y la disminución de los diámetros de entrega a los colectores principales, lo cual sería beneficioso para la reducción de costos en la construcción.

Es importante el mantenimiento preventivo y rutinario con el fin de que no se pierda la eficiencia para la captación y manejo de los caudales, en el estudio realizado determinamos la importancia de la limpieza de estas estructuras.

Se debe implementar en los diseños, el encauzamiento de los caudales en las entradas de los sumideros con el fin de que se retengan las mayores cantidades de agua, máxime en los sitios con mayores pendientes longitudinales; en la rejilla se recomienda implementar mayores áreas en sus aberturas de captación para evitar la colmatación, además se debería tener en cuenta el material de la rejilla.

9. BIBLIOGRAFÍA

CURIEL RODRÍGUEZ, J. Plan Nacional de Instalaciones Hidrometeorológicas. Caracas MOP. CPLANARH. CNHM. Volumen 3. 1976.

LÓPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Segunda Edición. Bogotá, Colombia. 1995.

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLE. "Drenaje Urbano". Instituto Nacional de Obras Sanitarias. Juan J. Bolinaza I. Coordinador Republica de Venezuela. Caracas, Venezuela. 1979.

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ.
Normas de la Empresa de Acueductos y alcantarillado de Bogotá (E.A.A.B).
NORMA NS-047. Versión 3,0 (Sumideros). Tipo de documento: Norma técnica de servicio. Fecha: 08/11/2006 al 27/10/2010

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ.
Normas de la Empresa de Acueductos y alcantarillado de Bogotá (E.A.A.B).
NORMA NS-047 Versión 4,0 (Sumideros). Tipo de documento: Norma técnica de servicio. Fecha: al 27/10/2010 al 30/07/2007

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ.
Normas de la Empresa de Acueductos y alcantarillado de Bogotá (E.A.A.B).
NORMA NS-047 Versión 4,1 (Sumideros). Tipo de documento: Norma técnica de servicio. Fecha: 30/07/2007. Estado Vigente.

A N E X O S

**ANEXO 1. CUADRO RESUMEN DE LAS NORMAS ESTABLECIDAS POR LA
E.A.A.B. PARA SUMIDEROS**