ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

"DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL DE CALLES, EN EL PROYECTO VIAL SECTOR 3, DE LA PARROQUIA PASCUALES, UBICADO ENTRE EL KM 18 Y KM 22 DE LA VÍA PERIMETRAL (AV. 56 N-O), UTILIZANDO EL SOFTWARE "STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)" DE LA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentada por:

MIRANDA NARANJO SILVIA MERCEDES

PACHAR CANDO JEFFERSON FERNANDO

Directora:

ING. ALBY AGUILAR

GUAYAQUIL – ECUADOR

2012

AGRADECIMIENTO

La elaboración de este proyecto ha significado un arduo trabajo y sacrificio que más allá de otorgarnos una nota nos ha enriquecido como profesionales y nos llena de satisfacción y orgullo.

Agradecemos principalmente a nuestras familias y a todos los que de una u otra manera colaboraron en el desarrollo del proyecto con sus consejos, apoyo, ánimo, amistad y compañía aportando con su granito de arena para que este sueño sea hoy una realidad,

Silvita

Jefferson

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar hasta este punto y darme salud para lograr mis objetivos.

A mi principal motor y motivación diaria: mis padres y mis hermanos, por creer en mí y brindarme incondicionalmente su amor, apoyo y comprensión en los momentos de fortaleza y debilidad, los AMO.

A mis abuelos, tíos y primos por su cariño y aliento siempre presente.

Silvita

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a mis padres Luis y Mayra, mi abuelita Gloria, mi hermano Johan, que siempre han estado a mi lado, en cada etapa de mi vida, celebrando mis logros, y fortaleciéndome en mis fracasos.

Y a Natalia, una gran mujer que en los últimos años ha sido parte de mi vida, siempre a mi lado, compartiendo buenos y malos momentos.

Jefferson

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Eduardo Santos B.

DECANO DE LA FICT

PRESIDENTE

Ing. Alby Aguilar P.

DIRECTORA DE TESIS

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta tesina de grado nos corresponde exclusivamente.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

----------	**----------**
SILVIA MIRANDA N.	**JEFFERSON PACHAR C.**
AUTOR DE LA TESIS	**AUTOR DE LA TESIS**

SIMBOLOGÍA

t_{cs} ≡ Tiempo de concentración (min)

L ≡ Longitud del curso de agua más largo (Km)

H ≡ Diferencia de nivel entre la divisoria de agua y salida (m)

V ≡ Velocidad media del flujo (m/seg)

Rh ≡ Radio hidráulico de la tubería, canal $Rh = {}^{A_m}/_{P_m}$ (m)

A_m ≡ Área transversal del flujo (m2)

Pm ≡ Perímetro mojado (m)

S ≡ Pendiente hidráulica del tramo $S = hl$ (adimensional)

n ≡ Coeficiente de fricción (adimensional)

t_t ≡Tiempo de traslado (seg)

l ≡ Longitud del tramo en el cual escurre el agua (m)

V ≡ Velocidad media de traslado (m/seg)

c ≡ Coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales

C ≡Coeficiente de escorrentía promedio

I ≡ Intensidad de lluvia (mm/h)

tc ≡ Tiempo de concentración (min)

q ≡ es el caudal hidrológico (m^3/seg),

A ≡ es la superficie de la cuenca (ha),

B ≡ ancho del área aferente (m)

L ≡ Longitud de la cuneta (m)

Q ≡ Flujo total o flujo en la cuneta (m^3/s)

$Qs \equiv$ Capacidad de captación (m^3/s)

$E \equiv$ Eficiencia global del sumidero cuyo valor máximo es 1,0

$EH \equiv$ Eficiencia del sumidero horizontal

$EL \equiv$ Eficiencia del sumidero lateral

$D_c \equiv$ Diámetro interto real de la estructura de conexión (m)

$D_s \equiv$ Diámetro externo real de la tubería de salida (m)

$\Delta \equiv$ Ángulo de interseción entre los tramos (°)

$Pf \equiv$ Población proyectada/final al tiempo Tf (número de habitantes)

$Pi \equiv$ Población actual en el tiempo Ti (número de habitantes)

$R \equiv$ Tasa de crecimiento o el incremento de población anual (número de habitantes/año)

Tf y $Ti \equiv$ Años final e inicial, respectivamente (años)

$e \equiv$ Base del logaritmo natural

y ≡ Espesor de la película de agua al final de la trayectoria de flujo (mm)

$LR \equiv$ Longitud resultante de la trayectoria de flujo (m)

$SR \equiv$ Pendiente resultante, $SR = SL2 + Sx2$ (m/m)

$SL \equiv$ Pendiente longitudinal (m/m)

$Sx \equiv$ Pendiente transversal de la corona (m/m)

$\Delta z \equiv$ Caída máxima en la cámara

$dsal \equiv$ Diámetro interno de tubería de salida de la cámara

$(y/d)ent \equiv$ Relación entre tirante y diámetro interno en tubería de entrada a la cámara

$Fc \equiv$ Factor de la capacidad de la cámara

RESUMEN

Este documento presenta el diseño del sistema de drenaje superficial de calles, en el Área Norte del proyecto vial sector 3, de la parroquia Pascuales, el cual procura adaptarse al amanzanamiento existente y cumplir con los requisitos de ser una solución técnica, eficiente, y económica.

Para comprobar la funcionalidad del diseño se realizaron los cálculos hidráulicos necesarios además de una simulación del mismo en el software libre *Storm Water Management Model* (SWMM), de la Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos.

Mediante la ejecución de este proyecto de ingeniería, complementado con el diseño de una red de AAPP y AASS apropiado, se logrará cumplir con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los habitantes de este populoso Sector al reducir las zonas de inundación, disminuir las enfermedades infectocontagiosas y daños materiales ocasionadas por el actual ineficiente drenaje de las aguas lluvia.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES 1

1.1. INTRODUCCIÓN 1

1.2. ANTECEDENTES 3

1.3. JUSTIFICACIÓN 4

1.4. OBJETIVOS 8

1.4.1. OBJETIVO GENERAL 8

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8

1.5. UBICACIÓN 9

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO 12

2.1 DRENAJE SUPERFICIAL 12

2.1.1 CLASIFICACIÓN DEL DRENAJE SUPERFICIAL 14

2.1.2 SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL 16

2.2 HIDROLOGÍA DEL SECTOR EN ESTUDIO 18

2.2.1 CONCEPTOS GENERALES DE HIDROLOGÍA 19

2.2.2 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA 31

2.3 HIDRÁULICA APLICADA 32

2.3.1 MÉTODO RACIONAL 34

2.3.2 FÓRMULA DE MANNING 37

2.3.3 HIDRÁULICA DE SECCIONES 39

2.4 INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS 50

2.4.1 CÁMARAS DE INSPECCIÓN 50

2.5 INTRODUCCIÓN AL SWMM 52

2.5.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DRENAJE EN SWMM 58

2.5.2 MÉTODOS DE CÁLCULO 62

2.5.3 EL ENTORNO GRÁFICO 64

CAPÍTULO 3. ESTUDIOS PRELIMINARES 76

3.1 ESTUDIO PRELIMINAR DEL SECTOR 76

3.1.1 VÍAS DE ACCESO 77

3.1.2 TOPOGRAFÍA 78

3.1.3 FACTORES CLIMÁTICOS 78

3.1.4 PRECIPITACIONES 79

3.1.5 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS 82

3.1.6 SERVICIOS BÁSICOS 85

3.2 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN 86

3.2.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN 87

3.2.2 METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA 89
3.2.3 PROYECCIÓN POBLACIONAL 91
3.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 93
3.3.1 EQUIPOS UTILIZADOS EN EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 96
3.3.2 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DEL CAMPO 96
CAPÍTULO 4. DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL 98
4.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE 98
4.1.1 ÁREA DE DRENAJE 100
4.1.2 INTENSIDAD DE LLUVIA 103
4.1.3 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 104
4.1.4 CÁLCULO DE CAUDAL 105
4.1.5 ELEMENTOS DEL SISTEMA 111
4.2 SIMULACIÓN DEL DISEÑO CON EL SWMM 130
4.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS 142
4.3.1 CUENCA A 142
4.3.2 CUENCA B 144
4.3.3 CUENCA C 145

4.3.4 CUENCA D 146

4.3.5 CUENCA E 148

4.4 PRESUPUESTO REFERENCIAL 149

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 151

5.1 CONCLUSIONES 151

5.2 RECOMENDACIONES 154

ANEXOS 1

ANEXO A – PLANOS

ANEXO B – TABLAS DE CÁLCULO

ANEXO C – RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

ANEXO D – INFORMACIÓN CENSO POBLACIONAL - INEC

BIBLIOGRAFÍA 1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Coordenadas referidas al DATUM WGS84 proyección normal de MERCATOR 10

Tabla 2.1 Obras de drenaje superficial 15

Tabla 2.2 Valores para el coeficiente de fricción de Manning 26

Tabla 2.3 Valores para el coeficiente de escorrentía por tipos de zona..... 30

Tabla 2.4 Valores para el coeficiente de escorrentía por tipos de superficie 30

Tabla 2.5 Curvas Intensidad Duración Frecuencia 32

Tabla 2.6 Diámetro de cámaras de inspección según diámetro de tubería de salida 51

Tabla 3.1 Capacidad económica de la población por rangos de indicadores 83

Tabla 3.2 Áreas de desarrollo social no consolidadas o populares, Población NBI, índice CAPECO 84

Tabla 3.3 Dotación de Servicios Básicos en el Área Norte del Sector 3..... 86

Tabla 4.1 Cuencas de drenaje del Proyecto 102

Tabla 4.2 Cálculo de áreas tributarias máximas para cunetas 110

Tabla 4.3 Cálculos de longitud y caudal hidrológico para la cuneta seleccionada 113

Tabla 4.4 Cálculo de la velocidad y caudal hidráulico para la cuneta seleccionada 115

Tabla 4.5 Cálculo de áreas tributarias máximas para canaletas 119

Tabla 4.6 Longitud requerida de tuberías 120

Tabla 4.7 Secciones de canales trapezoidales y ductos cajón diseñados .. 123

Tabla 4.8 Longitud requerida de ductos y canales 125

Tabla 4.9 Cálculos realizados para comprobar la capacidad de sumideros 127

Tabla 4.10 Cálculo de la altura máxima de caída en cámaras 129

Tabla 4.11 Presupuesto Referencial Del Drenaje Superficial de Calles 149

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Vista satelital de la zona donde se encuentra ubicado el Proyecto denominado Sector 3 6

Ilustración 1.2 Vista satelital del Área Norte del Sector 3. 11

Ilustración 2.1 Ciclo hidrológico del agua 13

Ilustración 2.2 Componentes de un sistema de alcantarillado pluvial (1) 17

Ilustración 2.3 Componentes de un sistema de alcantarillado pluvial (2) 18

Ilustración 2.4 Sección transversal de cuneta uniforme 40

Ilustración 2.5 Sección transversal de cuneta en V 40

Ilustración 2.6 Tipos de sumideros 43

Ilustración 2.7 Vista general del espacio de trabajo 53

Ilustración 2.8 Modelo conceptual de la red de drenaje del SWMM 54

Ilustración 2.9 Componentes de un sistema de drenaje pluvial 58

Ilustración 2.10 Tipos de ductos que modela el SWMM 61

Ilustración 2.11 Red de drenaje pluvial del Sector 3, modelado en el SWMM 62

Ilustración 2.12 Elementos que conforman el menú de opciones del SWMM 64

Ilustración 2.13 Íconos incluidos en la barra de herramientas estándar 67

Ilustración 2.14 Íconos incluidos en la barra de herramientas de mapa 67

Ilustración 2.15 Barra de herramientas de animación 68

Ilustración 2.16 Íconos incluidos en la barra de herramientas de objeto 68

Ilustración 2.17 Barra de Estado 69

Ilustración 2.18 Categorías de objetos que se representan en el SWMM 70

Ilustración 2.19 Opciones de visualización posibles en el Mapa 71

Ilustración 2.20 Opciones de simulación 72

Ilustración 2.21 Errores de continuidad de acuerdo a la metodología de Cálculo 73

Ilustración 2.22 Reporte de la simulación 74

Ilustración 2.23 Perfil longitudinal de la lamina de agua en dentro de una red de drenaje 75

Ilustración 2.24 Comportamiento de un objeto en un lapso de tiempo 75

Ilustración 3.1 Flor de Bastión 77

Ilustración 3.2 Precipitación anual de Guayaquil 80

Ilustración 3.3 Ubicación de canales del norte..... 81

Ilustración 3.4 Subdivisión de zonas y sectores catastrales en el Sector 3 .. 88

Ilustración 4.1 Modelo digital del terreno en ARCGIS..... 101

Ilustración 4.2 Sección transversal de la cuneta seleccionada 112

Ilustración 4.3 Sección Transversal de Cuneta – Badén 117

Ilustración 4.4 Sección Transversal de Canaleta..... 118

Ilustración 4.5 Esquema de sección transversal de canales trapezoidales 124

Ilustración 4.6 Esquema de sección transversal de ductos cajón..... 124

Ilustración 4.7 Sumidero de reja empleado en el diseño 126

Ilustración 4.8 Importación de imagen de fondo antes de dibujar las cuencas de aportación 131

Ilustración 4.9 Mapa de fondo con las áreas definidas y dibujo de un sistema de drenaje..... 132

Ilustración 4.10 Opciones de Valores por defecto..... 133

Ilustración 4.11 Propiedades de las Áreas o subcuencas..... 134

Ilustración 4.12 Propiedades de los nodos 135

Ilustración 4.13 Propiedades principales de los ductos o canales 135

Ilustración 4.14 Propiedades principales de las descargas 136

Ilustración 4.15 Propiedades de los pluviómetros..... 136

Ilustración 4.16 Opciones generales de Simulación 137

Ilustración 4.17 Fecha y hora de la simulación 138

Ilustración 4.18 Tiempos de la simulación 138

Ilustración 4.19 Opciones de la Onda dinámica..... 139

Ilustración 4.20 Cuadro de dialogo de errores de continuidad 139

Ilustración 4.21 Reporte de resultados de la modelación 140

Ilustración 4.22 Perfil longitudinal de un sistema de drenaje durante la simulación..... 141

Ilustración 4.23 Tabla de resultados 141

Ilustración 4.24 Cámara de caída 144

Ilustración 4.25 Descarga de Cuenca C 145

Ilustración 4.26 Alineamiento del sistema de drenaje que cruza en medio de viviendas..... 147

Ilustración 4.27 Implantación parcial de sistema de drenaje en Cuenca C. 148

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 Hietograma de diseño 22

Gráfico 4.1 Curvas IDF Guayaquil 103

Gráfico 4.2 Caudal hidrológico vs Longitud de cuneta 114

Gráfico 4.3 Caudal hidráulico vs. Velocidad 116

ÍNDICE DE FOTOS

FOTO 1.1 Cauce que proviene de la Mz. 424 e ingresa a la Mz. 425, atravesando la Avenida 27 Norte 7

FOTO 3.1 Referencias físicas con marcas de pintura roja 95

Foto 4.1 Canal revestido de piedra – Descarga de Cuenca A 142

Foto 4.2 Ducto cajón – Ciudadela “Cumbres del Sol” 143

Foto 4.3 Ducto cajón que cruza la Calle Modesto Luque 146

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

En época de lluvias, es muy común que algunas zonas de la ciudad de Guayaquil se inunden y su sistema de alcantarillado colapse, por tal motivo resulta evidente la necesidad de contar con un sistema de drenaje adecuado, que sea capaz de evacuar con facilidad el agua proveniente de las precipitaciones tomando en cuenta las medidas necesarias para evitar inundaciones en las calles.

Este proyecto de tesis está enfocado en diseñar un sistema de drenaje pluvial que cumpla con los requisitos de ser una solución técnica, eficiente, y económica, realizando los diferentes cálculos hidráulicos que sean necesarios, considerando las normas y especificaciones técnicas dadas por las diferentes entidades gubernamentales encargadas.

Este caso en particular, se considerará los requerimientos técnicos establecidos por la M.I. Municipalidad de Guayaquil e INTERAGUA (entidad que tiene a su cargo los proyectos de expansión y mantenimiento de las redes de alcantarillado sanitario de la ciudad).

Es preciso mencionar que un sistema de drenaje pluvial en un proyecto vial va de la mano con el diseño geométrico de las vías, ya que las cotas y las

dimensiones de las mismas sirven de referencia para diseñar y colocar las diferentes estructuras hidráulicas necesarias en un sistema de drenaje.

Además del diseño del proyecto vial se necesita conocer la topografía, el uso de suelo que tiene el sector en estudio y datos hidrológicos como: intensidades de lluvias en el sector y el área de las cuencas de aportación de caudales, y así seleccionar las fórmulas hidráulicas que servirán para dimensionar los elementos que permitan evacuar las aguas lluvias.

Existen dos formas básicas de comprobar la funcionalidad del diseño: de manera manual (hojas de cálculo) y de manera automatizada (programas computacionales). Para este proyecto, las dos alternativas serán consideradas al momento de verificar la funcionalidad del diseño final.

De la gran variedad de software que existe en el mercado se ha seleccionado el Storm Water Management Model (SWMM) de la Agecia de Proteccion Ambiental de los Estados Unidos, Environmental Protection Agency (EPA), por sus siglas en ingles. Este programa permite simular el recorrido del agua desde el momento que cae a la superficie hasta la descarga, sin limitaciones por la extensión del proyecto, lo que ayuda a revisar cada tramo del diseño y a verificar entre varias alternativas cual sería la más conveniente.

El factor económico también es muy importante en todo proyecto de ingeniería motivo por el cual se tomará en cuenta el costo que generará la

construcción del diseño definitivo. Es preciso recalcar que considerar la opción menos costosa no implica que se trate de un diseño pobre en técnica.

1.2. ANTECEDENTES

La expansión poblacional en la ciudad de Guayaquil se ha dado de forma desorganizada, sin planificación a lo largo de la historia. Desde la época de los años 60' la población recién llegada a la ciudad se ha instalado principalmente en la periferia constituyendo ocupaciones informales de tierras, sin infraestructura urbana con precarias condiciones sanitarias y de seguridad.

El avance de estos asentamientos urbano marginales populares ha sido muy importante hacia el oeste de la ciudad donde se encuentran las parroquias Tarqui, Chongón y Pascuales que son las que adolecen de mayores deficiencias en los servicios básicos como: agua potable mediante redes, alcantarillado sanitario y pluvial, vías adecuadas, centros médicos, etc. Estas parroquias constituyen además centros de concentración de pobreza que presentan graves problemas de insalubridad.

Las cooperativas ubicadas al oeste de la vía Perimetral (entre los Km. 18 y 22), obedecen a invasiones que se han dado a lo largo de los últimos 20 años donde las casas son de caña, bloque, o mixtas y en cuanto a la operación vehicular la mayoría de las vías se encuentran en terreno natural,

solo algunas vías principales han sido asfaltadas, esto fue observado durante las visitas técnicas realizadas al sector. En el Anexo E de la presente tesis se muestran registros fotográficos que avalan lo indicado.

La M.I. Municipalidad de Guayaquil con la finalidad de garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria de la población de estas zonas populares permitiendo un apropiado tránsito de personas y vehículos, ha sectorizado el proyecto de vías en 3 grupos asignados como: Sector 1, Sector 2 y Sector 3, de manera que se realicen estudios y diseños independientes, simultáneos pero interrelacionados.

Los estudios y diseños planteados tienen como objetivo dotar dichos sectores (distribuidos entre las parroquias Pascuales y Tarqui) con las obras de infraestructura urbana requeridas, en función del flujo vehicular que hace uso de las vías y mejorar las condiciones sanitarias.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El asentamiento poblacional no programado en estas zonas marginales ha creado la necesidad de dar soluciones integrales en lo que se refiere al tráfico vehicular, drenaje superficial y salud comunitaria. Por tal razón, se debe elaborar proyectos que al ejecutarlos, permitan ordenar y distribuir tanto el tránsito como la evacuación de las aguas sin afectar a las familias asentadas en la zona, y sin dañar las avenidas, calles y peatonales

diseñadas, creando para la población mejores condiciones de desarrollo humano.

Para alcanzar el propósito de la M.I. Municipalidad de mitigar al máximo los daños que las aguas de lluvias puedan causar a las personas y propiedades, es necesario mejorar las condiciones de operación en las calles que actualmente se encuentran a nivel de terreno natural concretamente en el Sector 3 perteneciente a la parroquia Pascuales.

Este sector no cuenta en su totalidad con servicios básicos y las casas no están construidas de una manera organizada por lo que sus manzanas son muy irregulares, lo que da lugar a calles con anchos y longitudes variables donde el agua lluvia sigue las líneas de flujo natural ocasionando daños e inundación de viviendas o estancándose.

Debido a la gran extensión que abarca el territorio (151 ha. aproximadamente), se ha dividido el Sector 3 en dos áreas separadas por la Avenida Modesto Luque: Norte y Sur, cada una con 89.4 y 61.4 ha., respectivamente, las cuales se encuentran delimitadas como se indica en la Ilustración 1.1, donde se muestra la implantación del proyecto.

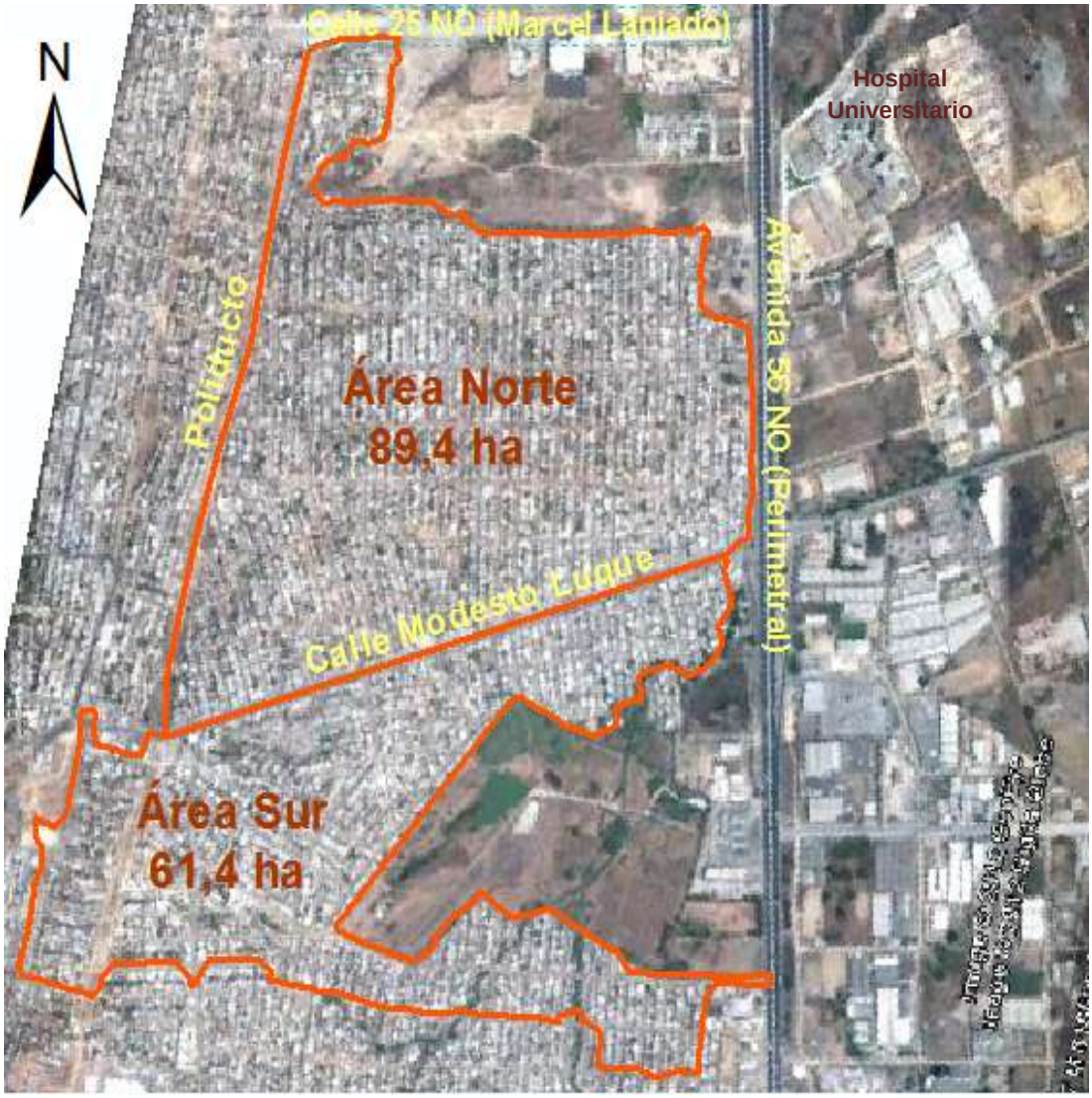


Ilustración 1.1 Vista satelital de la zona donde se encuentra ubicado el Proyecto denominado Sector 3 (imagen satelital Google Earth)

Considerando la superficie más accidentada, con cotas que varían desde 15 hasta 73 m.s.n.m., y de mayor extensión, la presente tesis se enfocará en el desarrollo del diseño del sistema de drenaje superficial en el Sector 3, específicamente del *Área Norte*, donde el crecimiento poblacional desmedido

y desorganizado ha afectado el recorrido natural del agua (como se muestra en la FOTO 1.1) ocasionando problemas de inundaciones y daños a propiedades.

Esta Área pertenece a la parroquia Pascuales e incluye las Cooperativas: El Futuro de los Niños y El Arbolito y Paraíso de la Flor Bloques 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10.

FOTO 1.1 Cauce que proviene de la Mz. 424 e ingresa a la Mz. 425, atravesando la Avenida 27 Norte

Este proyecto de ingeniería se muestra desafiante ya que el diseñador tiene que tomar en cuenta las edificaciones existentes y por lo tanto adaptarse a la rasante actual del terreno, disminuyendo así las opciones de diseño en gran medida.

Para este estudio se debe considerar el diseño de evacuación de aguas lluvias en zonas montañosas, se deberá verificar los sistemas existentes de servicios básicos y acoplar o complementar estos sistemas, determinando áreas de aportación, caudales, colectores, sumideros, tirantes, cámaras, canaletas, disipadores de energía, canales, ductos cajón y otras estructuras que permitan un adecuado funcionamiento de los sistemas.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un diseño funcional, técnico y económico del sistema del drenaje superficial pluvial para el Área Norte del proyecto vial Sector 3 localizado en la parroquia Pascuales, tomando en cuenta los lineamientos y especificaciones dados por la M.I. Municipalidad de Guayaquil e INTERAGUA.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mitigar al máximo los daños que las aguas de lluvias puedan causar a los habitantes y propiedades del Sector

- Garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria en la población, permitiendo un apropiado tránsito de personas y vehículos durante la ocurrencia de eventos naturales de origen pluvial

- Brindar soluciones que disminuyan las enfermedades infectocontagiosas ocasionadas por el ineficiente drenaje de las aguas lluvias

- Mejorar las condiciones sanitarias y ambientales del sector por medio de obras hidráulicas adecuadas que reduzcan el riesgo de inundación e impidan la mezcla de aguas las lluvias con las aguas residuales

- Comprobar la eficiencia del diseño de drenaje con el software Storm Water Management Model

1.5. UBICACIÓN

El área objeto del presente trabajo, es el Área Norte del denominado Sector 3, perteneciente a la Parroquia Pascuales. Esta área está ubicada al oeste de la avenida 56 NO (Vía Perimetral) a la altura del kilómetro 18, pasando el Hospital Universitario (dirección norte – sur) y comprende las siguientes Cooperativas: El Futuro de los Niños y El Arbolito y Paraíso de la Flor Bloques 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10.

Como se puede apreciar en la Ilustración 1.2, el Proyecto está georeferenciado con las coordenadas anotadas en la TABLA 1.1 y delimitado como se describe a continuación:

- Norte: Calle 25 NO (Marcel Laniado), entrada a Bloque 6 de Flor de Bastión

- Sur: Calle Modesto Luque,

- Este: Avenida 56 NO, vía Perimetral,
- Oeste: poliducto

Tabla 1.1 Coordenadas referidas al DATUM WGS84 proyección normal de MERCATOR

PUNTO	NORTE	ESTE
P1	2009532.11	491113.26
P2	2010827.74	491415.10
P3	2010841.98	491588.80
P4	2010474.65	492229.50
P5	2010289.56	492323.47
P6	2009907.97	492317.77

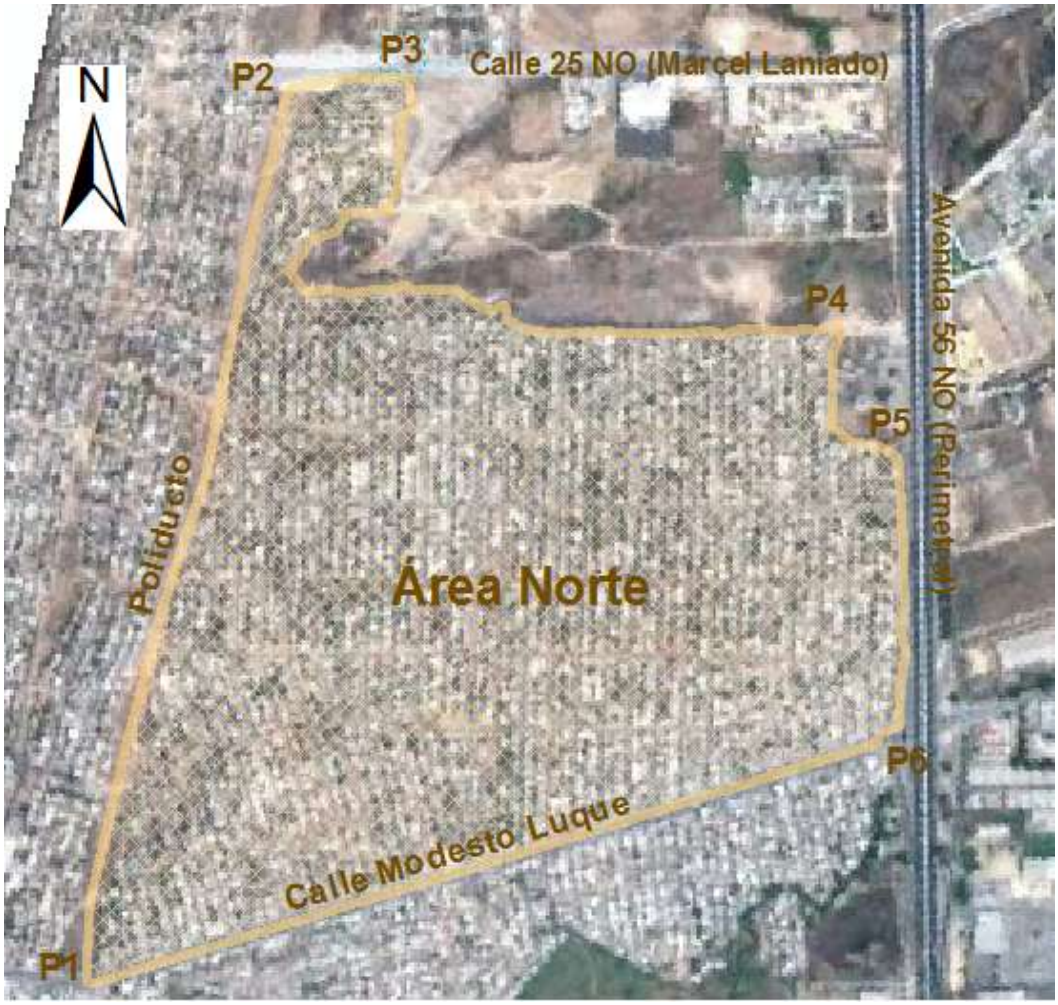


Ilustración 1.2 Vista satelital del Área Norte del Sector 3.

Área donde se diseñará el sistema de drenaje de aguas lluvias (imagen satelital Google Earth)

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 DRENAJE SUPERFICIAL

Como consecuencia de la actividad urbanizadora, los cauces naturales que conformaban la red hidrográfica original suelen ser profundamente alterados, lo que afecta de forma directa a su capacidad de desagüe y por lo tanto se propicia la escorrentía superficial que de no ser atendida correctamente puede llegar a ocasionar inundaciones. (Dolz, 1994, pág. 55)

El drenaje superficial es la remoción del exceso de agua sobre la superficie de la calzada hacia un sistema de alcantarillado pluvial, el cual tiene una adecuada salida.

Al caer sobre la superficie terrestre (como se muestra en la Ilustración 2.1), el agua de lluvia tiene varios destinos: escurre superficialmente, se infiltra en el subsuelo o se evapora. El agua que escurre de manera superficial se va uniendo y forma pequeños escurrideros que se convierten en arroyos y después en ríos los cuales llegan al mar o a una depresión continental como los lagos y las lagunas.

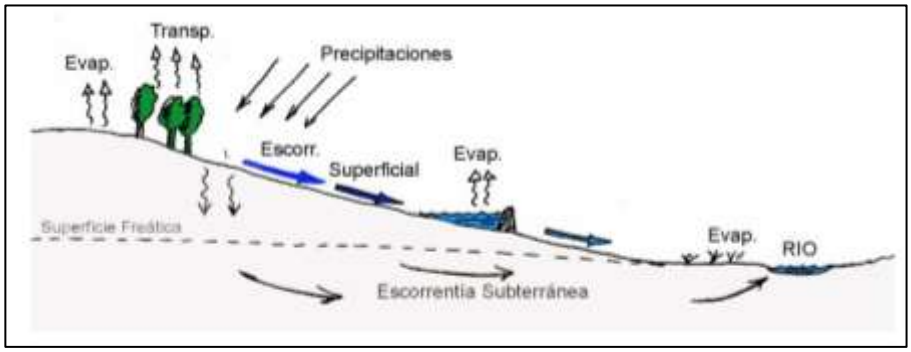


Ilustración 2.1 Ciclo hidrológico del agua

Fuente: (Sánchez San Román)

Cuando se construye una vía, casi siempre se corta el escurrimiento natural, permitiéndose el paso del agua solo en los sitios que se eligen para el proyecto, de manera que se evacue el agua lo más pronto posible. Así, el agua que antes de la construcción de la vía corría libremente debe canalizarse en forma adecuada para concentrarse en estos sitios, lo que origina las obras de captación y conducción.

El drenaje deberá hacerse, en general a donde y como iría normalmente el agua de no existir la vía, a causas naturales o artificiales, dotadas de las protecciones necesarias para evitar erosiones o sedimentaciones perjudiciales, disponiendo si es preciso de disipadores de energía.

El diseño del sistema abarca:

- La recogida de las aguas pluviales procedentes de la capa de rodadura y sus márgenes mediante cauces, cunetas y sumideros.

- La evacuación de las aguas recogidas a través de cunetas y sumideros hacia sistemas de alcantarillado pluvial, y más tarde a cauces naturales.

- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la vía, mediante su eventual acondicionamiento y la construcción de obras de drenaje transversal.

Los elementos del drenaje superficial se elegirán teniendo en cuenta:

- Las soluciones técnicamente disponibles

- La facilidad de su obtención.

- Las posibilidades y coste de su construcción y conservación

- Los daños que su presencia pueda producir.

2.1.1 CLASIFICACIÓN DEL DRENAJE SUPERFICIAL

El drenaje superficial se considera longitudinal o transversal, según la posición que las obras guarden con respecto al eje de la vía. La Tabla 2.1 hace un resumen de los diferentes dispositivos utilizados para el drenaje superficial los cuales en conjunto conforman el sistema de alcantarillado pluvial.

Tabla 2.1 Obras de drenaje superficial

OBRAS DE DRENAJE SUPERFICIAL	TRANSVERSAL	LONGITUDINAL	SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL
UBICACIÓN	Cruza la vía de un lado al otro	Paralela al eje de la vía	
DISPOSITIVO	Juegos de pendientes (bombeo, peraltes), alcantarillas, ductos,	Cunetas-badenes, canaletas, bordillos-cunetas, canales	
DESCARGA	Cunetas, canaletas, cauces naturales	Sumideros, colectores, cauces naturales	

"...Para la ubicación y dimensionamiento de estas obras se deben considerar los siguientes criterios:

- *Planta: las obras de drenaje transversal se dispondrán, de ser posible, en dirección coincidente con el cauce natural.*
- *Perfil: se tratará en lo posible de ajustar el perfil de la obra de drenaje transversal, al perfil del lecho del cauce*
- *Sección: se procurará respetar las dimensiones del cauce natural y no provocar fuertes estrechamientos, recurriendo para ello a un sobredimensionamiento…"* (Universidad de Granada)

2.1.2 SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

El alcantarillado de aguas de lluvia o pluvial está conformado por el conjunto de colectores y canales necesarios para evacuar la escorrentía superficial producida por la lluvia. Inicialmente el agua es captada a través de los sumideros en calles y llevada a una red de tuberías que van ampliando su sección a medida que aumenta el área de drenaje. Posteriormente estos colectores se hacen demasiado grandes y entregan su caudal a una serie de canales, los que harán la entrega final al río. (Comisión Nacional del Agua, 2007, p. 10)

2.1.2.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

Un sistema de alcantarillado pluvial está constituido por los componentes que se muestran en las Ilustraciones 2.2 y 2.3 y que se describen a continuación:

a) Bordillo-Cuneta

Pieza de hormigón que separa la calzada de la acera conformando de esta manera un canal comúnmente de sección triangular entre el bordillo y la calzada, llamado cuneta, destinado a conducir las aguas superficiales longitudinalmente hacia los sumideros.

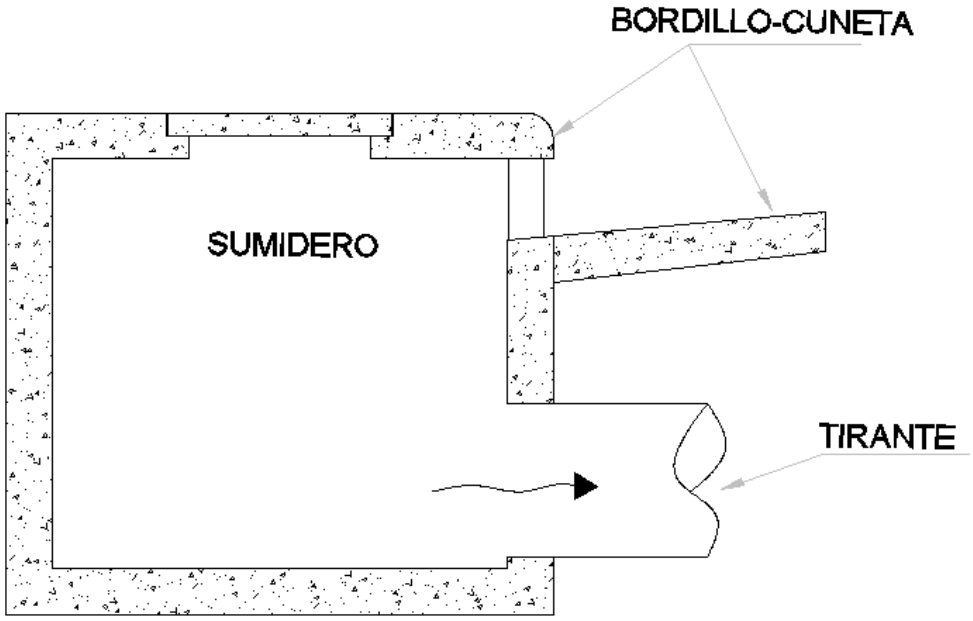


Ilustración 2.2 Componentes de un sistema de alcantarillado pluvial (1)

b) Sumidero

Estructura hidráulica destinada a captar las aguas superficiales, que consiste en una cámara de hormigón o PVC, ubicada bajo la acera o bajo la cuneta.

c) Tirante

Tubería destinada a conectar el sumidero con una cámara de inspección.

d) Cámara de inspección

Cámara de hormigón armado o PVC que une los diferentes tramos de colectores y recibe los tirantes desde los sumideros.

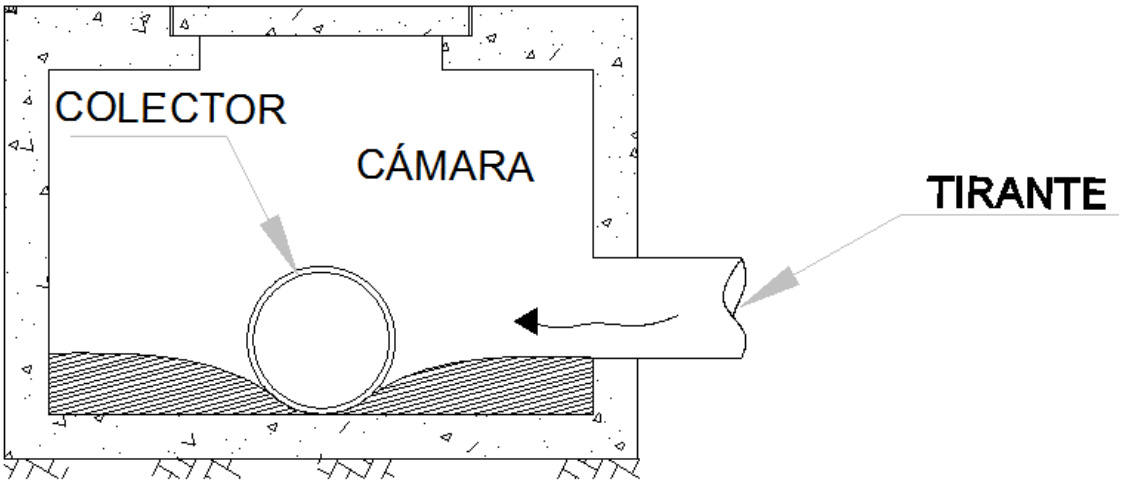


Ilustración 2.3 Componentes de un sistema de alcantarillado pluvial (2)

e) Colector

Canal, ducto o tubería que recibe la contribución del curso de agua de cierta área tributaria, se suele elaborar de hormigón simple, hormigón armado o PVC.

2.2 HIDROLOGÍA DEL SECTOR EN ESTUDIO

El estudio hidrológico está encaminado a proporcionar los caudales y variación de la intensidad de lluvia con respecto al tiempo de concentración, datos que nos permitirán iniciar el diseño de las diferentes estructuras que conformarán el drenaje superficial pluvial. Previo al inicio de este estudio fue necesario obtener información acerca de los parámetros hidrológicos

utilizados en las redes del sistema de alcantarillado pluvial de la ciudad de Guayaquil, operadas actualmente por INTERAGUA.

La infraestructura de alcantarillado pluvial de la ciudad de Guayaquil se encuentra conformada en general por los siguientes elementos: sumideros, tirantes, cámaras de inspección, colectores, tuberías, canales abiertos y ductos cajón (los cuales pueden ser dobles y sencillos); elementos que recolectan y transportan por gravedad las aguas lluvias desde las vías de la ciudad hasta los ríos Daule y Guayas y al Estero Salado.

2.2.1 CONCEPTOS GENERALES DE HIDROLOGÍA

2.2.1.1 CUENCA HIDROLÓGICA

Zona de la superficie terrestre en la cual, todas las gotas de agua que caen sobre ella procedentes de una precipitación se van a dirigir hacia el mismo punto de salida sea este un canal natural o artificial (punto que generalmente es el de menor cota de la cuenca).

Las cuencas y subcuencas hidrológicas se determinan en base a la información topográfica y la distribución de amanzanamiento.

2.2.1.2 PRECIPITACIÓN

Se llama precipitación a aquellos procesos mediante los cuales el agua cae de la atmósfera a la superficie de la tierra, en forma de lluvia (precipitación

pluvial), nieve o granizo. En nuestro país es la lluvia la responsable de los escurrimientos pluviales.

La magnitud de los escurrimientos superficiales está ligada proporcionalmente a la magnitud de la precipitación pluvial. Por este motivo, los estudios de drenaje parten del estudio de la precipitación para estimar los gastos de diseño que permiten dimensionar las obras de drenaje.

La medición de la precipitación se ha llevado a cabo principalmente con aparatos climatológicos conocidos como pluviómetros y pluviógrafos. Ambos se basan en la medición de una lámina de lluvia (mm), la cual se interpreta como la altura del nivel del agua que se acumularía sobre el terreno sin infiltrarse o evaporarse sobre un área unitaria. La diferencia entre estos dispositivos de medición consiste en que el primero mide la precipitación acumulada entre un cierto intervalo de tiempo de lectura (usualmente 24 hrs.) y el segundo registra en una gráfica (pluviograma) la altura de la lluvia acumulada de acuerdo al tiempo.

2.2.1.3 HIETOGRAMAS

El dimensionamiento hidráulico de las estructuras de drenaje urbano requiere la estimación del caudal pico.

Cuando las cuencas hidrográficas son grandes, o cuando están compuestas de dos o más cuencas pequeñas cuyo caudal fluye a un mismo punto, los

métodos de caudal pico son inapropiados para el diseño hidrológico. En estos casos es necesario estimar un histograma que represente la precipitación caída versus tiempo, conocido como hietrograma de diseño.

Para esto existen diversos procedimientos, varios de ellos basados en las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia. Uno de estos es el método de bloques alternos el cual comienza con la selección de la curva Intensidad-Duración-Frecuencia correspondiente al período de retorno deseado, o una ecuación que refleje dicha curva. En cualquiera de los casos, es posible leer gráficamente u obtener de la ecuación la intensidad de precipitación para diversos incrementos de tiempo. Lo siguiente es escoger la duración del evento de lluvia, distribuirlo en intervalos y calcular la precipitación caída en cada intervalo.

Para construir el hietograma se procede así: en el centro se coloca la precipitación registrada en el intervalo más lluvioso, a su derecha se coloca la precipitación registrada en el 2º intervalo más lluvioso, a la izquierda la registrada en el 3º intervalo más lluvioso, etc., obteniendo como resultado un histograma análogo al mostrado en el GRÁFICO 2.1.

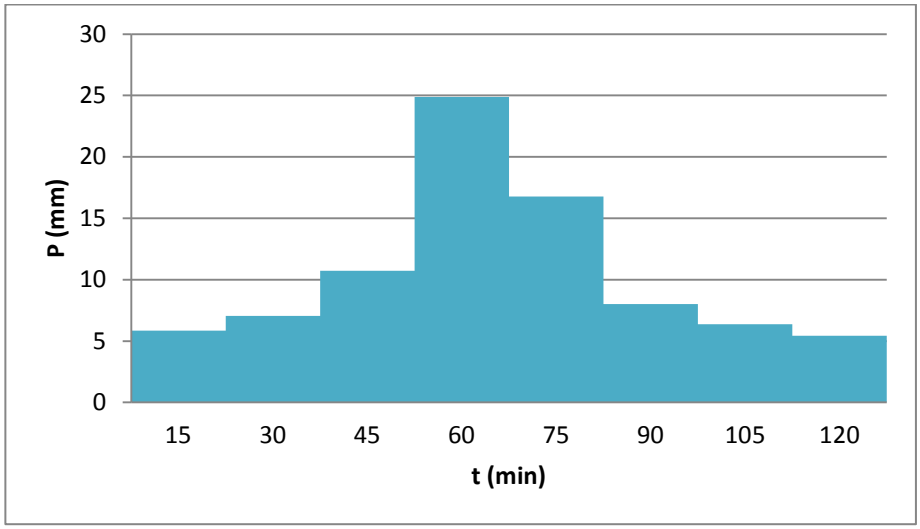


Gráfico 2.1 Hietograma de diseño

2.2.1.4 INTENSIDAD DE LLUVIA Y DURACIÓN

La intensidad de lluvia y la duración son dos conceptos asociados entre sí.

Intensidad de lluvia.- es la medida que determina lo fuerte que está lloviendo. La más fuerte de las lluvias, tiene la más fuerte de las intensidades. La intensidad se define como la altura de lluvia acumulada por unidad de tiempo usualmente expresada en mm/h. Podemos tener una expectativa de cuánto podría llover, pero se debe tener en cuenta que para cualquier lluvia, mientras más corto sea el periodo de concentración mayor será la magnitud de la intensidad de lluvia, ya que la intensidad de lluvia es una relación de cuanto llueve en un determinado periodo de tiempo y suponiendo que en una zona llueve una cantidad fija de agua, conforme mayor sea el tiempo en el que cae menor será la intensidad de lluvia.

Duración.- es el intervalo de tiempo que dura la lluvia, definiéndose en minutos.

2.2.1.5 DISTRIBUCIÓN DE LA LLUVIA

La lluvia o precipitación que cae al suelo se distribuye de diferentes formas:

- Almacenamiento superficial
- Almacenamiento por infiltración en el suelo (retención y detención), cuyo principal efecto es una disminución en el caudal máximo
    - El almacenamiento por retención se sostiene por un período largo y se agota por evaporación.
    - El almacenamiento por detención es por un período corto y se agota por el flujo hacia fuera del almacenamiento. (el objetivo es diferir el tiempo de alimentación de las aguas lluvias hacia la red de drenaje)

    El flujo fuera del almacenamiento de detención puede ser:

        - Flujo no saturado a través del suelo no saturado, cerca de la superficie terrestre.
        - Flujo de aguas subterráneas, a través de los acuíferos saturados más profundos.

- Escurrimiento superficial, a través de la superficie terrestre.

Siendo el escurrimiento superficial aquella parte de la lluvia que no es absorbida por el suelo mediante infiltración.

2.2.1.6 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Algunos lugares tienen una captación que está hidráulicamente más cerca para descargar a un punto que otras. En otras palabras, en un lugar puede empezar a llover ahora, pero se podría tardar algunos minutos u horas antes de que el agua llegue al punto de descarga.

Se supone que el máximo escurrimiento se presenta en el tiempo de concentración t_c cuando toda la cuenca está contribuyendo al flujo en su salida.

El tiempo de concentración t_c es el tiempo requerido por una gota de agua para fluir desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de estudio, se calcula mediante la ecuación (2.0).

$$t_C = t_{CS} + t_t \tag{2.0}$$

Donde:

$t_C \equiv$ Tiempo de concentración

$t_{CS} \equiv$ Tiempo de concentración sobre la superficie

$t_t \equiv$ Tiempo de traslado a través de los colectores

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN SOBRE LA SUPERFICIE t_{CS}

Para estimar el tiempo de concentración sobre la superficie, utilizaremos la fórmula de Kirpich que fue desarrollada para pequeñas cuencas montañosas por California Culverts Practice (1942):

$$t_{CS} = 60\left(0.87 * \left(\frac{L^3}{H}\right)\right)^{0.385} \quad (2.1)$$

Donde:

t_{CS} ≡ Tiempo de concentración (min)

L ≡ Longitud del curso de agua más largo (Km)

H ≡ Diferencia de nivel entre la divisoria de agua y salida (m)

TIEMPO DE TRASLADO EN LOS COLECTORES $\mathbf{t_t}$

Para determinar el tiempo de traslado en los colectores (tubería, canales, vialidad, etc.), se emplea la fórmula de Manning, ecuación (2.2).

$$V = \frac{1}{n} R_h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2.2)$$

Donde:

V ≡ Velocidad media del flujo (m/seg)

R_h ≡ Radio hidráulico de la tubería, canal $R_h = \frac{A_m}{P_m}$ (m)

A_m ≡ Área transversal del flujo (m^2)

$P_m \equiv$ Perímetro mojado (m)

$S \equiv$ Pendiente hidráulica del tramo $S = \frac{h}{l}$ (adimensional)

$n \equiv$ Coeficiente de fricción (adimensional)

Existen varios factores que afectan el valor del coeficiente de fricción, entre los que se encuentran principalmente: rugosidad de la superficie de conducción, presencia y tipo de vegetación, irregularidades y obstrucciones en la conducción, depósitos de materiales y erosión, tamaño y forma de la conducción, material suspendido y transporte de fondo. En la tabla 2.1 se presentan algunos valores de "n".

Tabla 2.2 Valores para el coeficiente de fricción de Manning

SUPERFICIE	$\boldsymbol{n}$
Cunetas y canales sin revestir	
En tierra natural, superficie uniforme y lisa	0,020-0,025
En tierra natural, superficie irregular	0,025-0,035
En tierra con ligera vegetación	0,035-0,045
En tierra con vegetación espesa	0,040-0,050
En tierra excavada mecánicamente	0,028-0,033
En roca, superficie lisa y uniforme	0,025-0,035
En roca, superficie rugosa e irregular	0,035-0,050
Cunetas y canales revestidos	
Hormigón hidráulico	0,012-0,017
Hormigón hidráulico revestido con gunita	0,016-0,022

Empedrado	0,020-0,030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0,017-0,020
Paredes empedradas, fondo de grava	0,023-0,033
Hormigón asfáltico	0,013-0,017

El tiempo de traslado resulta:

$$t_t = \frac{l}{V} \tag{2.3}$$

Donde:

t_t ≡Tiempo de traslado (seg)

l ≡ Longitud del tramo en el cual escurre el agua (m)

V ≡ Velocidad media de traslado (m/seg)

El tiempo de concentración para cada alcantarilla se determina sumando el tiempo de concentración para el área inmediatamente tributaria a la entrada de la alcantarilla más al tiempo de concentración para las áreas tributarias agua arriba. Cuando hay más de un área aguas arriba, el tiempo de concentración es el más largo de aquellos posibles.

Al tratarse de áreas aportantes pequeñas o con pendientes fuertes, si el tiempo de concentración resulta menor a 5 min se considerará este tiempo como mínimo para los sitios más pequeños de aporte pluvial.

2.2.1.7 PERÍODO DE RETORNO

El periodo de retorno y la frecuencia son descripciones estadísticas de la severidad de un evento de lluvia. El periodo de retorno es el lapso de tiempo que se da entre dos aguaceros que presentan una misma magnitud específica.

La frecuencia o probabilidad de excedencia es el inverso del periodo de retorno. Como se podría esperar, la lluvia con el más alto de los periodos de retorno, es la menos frecuente y presenta la más alta de las intensidades de lluvia.

2.2.1.8 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente C es una medida de la proporción de la lluvia que se convierte en escorrentía. No toda el agua de lluvia precipitada llega al sistema del alcantarillado; parte se pierde por factores tales como evaporación, intercepción vegetal, detención superficial en cunetas, zanjas o depresiones, y por infiltración. De todos los factores mencionados, el de mayor importancia es el de infiltración, el cual es función de la impermeabilidad del terreno y es por esto que en algunos casos se le llama coeficiente de impermeabilidad.

La determinación absoluta de este coeficiente es muy difícil ya que existen hechos que pueden hacer que su valor varíe con el tiempo. Por una parte,

las pérdidas por infiltración disminuyen con la duración de la lluvia debido a la saturación paulatina de la superficie del suelo y, por otra parte, la infiltración puede ser modificada de manera importante por la intervención del hombre en el desarrollo de la ciudad, por acciones tales como la tala de árboles y la construcción de nuevos sectores residenciales y comerciales. El coeficiente de escurrimiento se obtendrá de la siguiente formula:

$$C = \frac{\sum(c*a)}{\sum a} \tag{2.4}$$

Donde:

$c \equiv$ Coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales

$A \equiv$Áreas parciales (ha)

$\mathrm{C} \equiv$Coeficiente de escorrentía promedio

Las siguientes tablas muestran algunos valores de coeficiente de escorrentía dependiendo de la zona o superficie a ser analizada:

Tabla 2.3 Valores para el coeficiente de escorrentía por tipos de zona

(Tabla elaborada en base a la recopilación de datos de distintas fuentes)

TIPO DE ZONA	C
Zonas comerciales	
Áreas céntricas	0,70-0,95
Suburbios	0,50-0,70
Zona residenciales	
Unifamiliares	0,30-0,50
Bloques aislados	0,40-0,60
Bloques contiguos	0,60-0,80
Suburbana	0,25-0,40
Zonas verdes y especiales	
Parques y cementerios	0,10-0,25
Terrenos de juegos	0,20-0,35
Terrenos no edificados permeables	0,10-0,25
Terrenos no edificados impermeables	0,20-0,45

Tabla 2.4 Valores para el coeficiente de escorrentía por tipos de superficie

(Tabla elaborada en base a la recopilación de datos de distintas fuentes)

TIPO DE SUPERFICIE	C
Pavimentos	
Asfálticos	0,85-0,90
De hormigón	0,80-0,95
Aceras	0,75-0,85
De piedra y ladrillo	0,40-0,85
Calzada de tierra apisonada	0,15-0,30

Cubiertas	
Con pendientes	0,75-0,90
Planas	0,60-0,75
Jardines	
Sin pendientes	0,05-0,10
Césped, terreno arenoso	
2% de pendiente	0,05-0,10
2-7% de pendiente	0,10-0,15
>7% de pendiente	0,15-0,20
Césped, terreno compacto	
2% de pendiente	0,13-0,17
2-7% de pendiente	0,18-0,22
>7% de pendiente	0,25-0,35

2.2.2 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

La Ecuación Pluviométrica fue escogida de las curvas Intensidad Duración Frecuencia de la ciudad de Guayaquil determinadas en el año 2006, mediante el Plan Maestro de Aguas Lluvias de INTERAGUA. La intensidad de lluvia a utilizarse en el diseño será calculada a través de la ecuación:

$$I = A * (t_c{}^B) \tag{2.5}$$

Donde

I ≡ Intensidad de lluvia (mm/h)

t_c ≡ Tiempo de concentración (min)

Los valores de A y B para diferentes períodos de retorno, se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 2.5 Curvas Intensidad Duración Frecuencia
(Plan Maestro INTERAGUA 2006)

Tr AÑOS	t<34 min		34<t<120	
	A	B	A	B
2	149,2	-0,2877	367,4	-0,5452
3	160,4	-0,2800	390,2	-0,5329
5	181,8	-0,2645	438,1	-0,5148
10	199,1	-0,2562	477,9	-0,5052
25	217,6	-0,2491	520,9	-0,4969
50	229,9	-0,2455	546,3	-0,4914
100	240,6	-0,2423	574,1	-0,4891

Estos datos nos permitirán evaluar el desempeño del sistema ante eventos con periodos de retorno específicos. Para diseños de colectores y canales secundarios INTERAGUA recomienda períodos de retorno de 5 años; y para sistemas principales de grandes cuencas de drenaje urbano, se recomienda períodos de retorno de 10 años o 25 años.

2.3 HIDRÁULICA APLICADA

La primera preocupación del ingeniero hidráulico es la precipitación sobre el pavimento y el cálculo del flujo de agua que corre por las cunetas. Las

entradas al sistema de drenaje se deben diseñar por intervalos a lo largo del pavimento para reducir los riesgos de accidentes e inundaciones al mínimo.

A continuación hay una lista de factores clave que afectan el escurrimiento y que requieren especial atención en las estructuras de recogida de aguas lluvias:

- Frecuencia del evento de diseño y su correspondiente intensidad.
- Características físicas del drenaje superficial, incluyendo la extensión, bombeo, pendiente longitudinal de la calzada, longitud de drenaje y rugosidad.
- Características físicas de la estructura, incluyendo el tipo de entrada y sus dimensiones, capacidad y eficiencia.
- Localización o espaciamiento de entradas a lo largo del drenaje superficial.

Sin la combinación de cada uno de estos factores, un sistema podría estar sobre o sub-dimensionado. El primer caso es indeseable desde un punto de vista económico, mientras que el segundo sacrifica la funcionalidad de la vía y aumenta la posibilidad de daños. (McGraw-Hill, 2001)

Por lo tanto para el estudio y diseño de estructuras hidráulicas del sistema de drenaje es necesario conocer los caudales que serán transportados por las cunetas o alcantarillas; ya que de esto va a depender que el diseño sea más

duradero y de calidad. A lo largo de los años se ha notado la deficiencia que presentan las estructuras en cuanto a tiempo de duración, en su mayor parte debido a que no se toman en cuenta los detalles de las cuencas y sub-cuencas de la zona que pueden afectar el diseño a realizar.

Existen diferentes métodos para saber los caudales pico, uno de estos es por medio del método racional. Basándose en estos métodos se obtendrá un caudal promedio que nos servirá para el diseño de las estructuras Hidráulicas en cada cauce para lo cual es comúnmente usada la fórmula de Manning.

2.3.1 MÉTODO RACIONAL

El método racional es utilizado para determinar el caudal máximo generado por una lluvia correspondiente a un determinado periodo y es empleado comúnmente en el diseño de drenajes urbanos en cuencas menores a 1000 ha (10 km^2), sin embargo el Manual del MTOP lo recomienda para cuencas montañosas de tamaño inferior a 160 ha. Esta metodología (desarrollada en el año de 1889, pero que por su sencillez todavía se sigue utilizando) considera las características de la cuenca y sub-cuencas de drenaje, desde su tamaño, forma, pendiente hasta su cobertura vegetal que es la que determina el grado de escurrimiento además considera la intensidad máxima de precipitación.

La idea detrás del método racional es que si una lluvia con intensidad " i " empieza en forma instantánea y continúa en forma indefinida, la tasa de escorrentía continuará hasta que se llegue al tiempo de concentración " t " en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo en la salida. El producto de la intensidad de lluvia " i " y el área de la cuenca "A" es el caudal de entrada al sistema, iA, y la relación entre este caudal y el caudal pico Q (que ocurre en el tiempo t,) se conoce como el coeficiente de escorrentía C (0 < C < 1). Este se expresa en la fórmula racional:

$$q = \frac{CIA}{360} \tag{2.6}$$

Donde:

q ≡ es el caudal hidrológico (m^3/seg),
I ≡ es la intensidad (mm/h),
A ≡ es la superficie de la cuenca (ha),
C ≡ es un coeficiente de escorrentía sin dimensiones

En áreas urbanas, el área de drenaje usualmente está compuesta de sub-áreas o subcuencas de diferentes características superficiales. Como resultado, se requiere un análisis compuesto que tenga en cuenta las diferentes características. Las áreas de las subcuencas se denominan como Aj y los coeficientes de escorrentía para cada una de ellas se denominan

como Cj. La escorrentía pico se calcula al utilizar la siguiente forma de la fórmula racional:

$$q = \frac{I \sum_{j=i}^{m} C_j A_j}{360} \qquad (2.6.1)$$

Donde m es el número de subcuencas drenadas por un alcantarillado.

Las suposiciones asociadas con el método racional son:

1. La tasa de escorrentía pico calculada en el punto de salida de la cuenca es una función de la tasa de lluvia promedio durante el tiempo de concentración, es decir, el caudal pico no resulta de una lluvia más intensa, de menor duración, durante la cual solamente una porción de la cuenca contribuye a la escorrentía a la salida de ésta.

2. El tiempo de concentración empleado es el tiempo para que la escorrentía se establezca y fluya desde la parte más remota del área de drenaje hacia el punto de entrada del alcantarillado que se está diseñando.

3. La intensidad de lluvia es constante durante toda la tormenta.

2.3.1.1 APLICACIÓN DEL MÉTODO

1.- Se estima el tiempo de concentración.

2.- Se evalúa el coeficiente de escurrimiento.

3.- Período de retorno del diseño, esto va a depender del tipo de estructura involucrada en el sistema de drenaje urbano.

4.- Intensidad de la lluvia, es la intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y asociada al periodo de retorno de diseño, se puede estimar con el método probabilístico que asocia estos parámetros en las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF).

5.- Se determina el Gasto pico o máximo. Definidas las magnitudes de las variables involucradas en la fórmula racional, se procede a calcular el gasto pico o máximo con la ecuación

2.3.2 FÓRMULA DE MANNING

La fórmula de Manning, previamente definida en la sección 2.2.1.6 ecuación (2.2), es muy utilizada por su sencillez ya que se dispone de infinidades de tablas para estimar el coeficiente de fricción "n". Es recomendada en el cálculo de flujos con superficie libre y en conductos cerrados con sección parcialmente llena.

Esta fórmula es empleada una vez que ha sido determinado el caudal máximo generado por la escorrentía superficial, para el cálculo de la velocidad del agua en canales y tuberías, lo que permite dimensionar los elementos que captarán y trasladarán este caudal hasta el lugar de descarga establecido.

Siguiendo la fórmula de Manning, la velocidad del agua que se desliza en una tubería o en un canal abierto está determinada por varios factores que se reúnen en esta ecuación empírica y se describen a continuación:

- El gradiente o la pendiente. Si todos los demás factores son iguales, la velocidad de la corriente aumenta cuando la pendiente es más pronunciada. Se suele calcular una media del gradiente del canal a partir de la diferencia de elevación entre varios conjuntos de puntos situados a 100 metros de distancia entre ellos.

- La rugosidad. El contacto entre el agua y los márgenes de la corriente causa una resistencia (fricción) que depende de la suavidad o rugosidad del canal. En las corrientes naturales la cantidad de vegetación influye en la rugosidad al igual que cualquier irregularidad que cause turbulencias.

- Forma. Los canales pueden tener idénticas áreas de sección transversal, pendientes y rugosidad, pero puede haber diferencias de velocidad de la corriente en función de su forma. La razón es que el agua que está cerca de los lados y del fondo de una corriente se desliza más lentamente a

causa de la fricción; un canal con una menor superficie de contacto con el agua tendrá menor resistencia fricción y, por lo tanto, una mayor velocidad. El parámetro utilizado para medir el efecto de la forma del canal se denomina radio hidráulico del canal. Se define como la superficie de la sección transversal dividida por el perímetro mojado, o sea la longitud del lecho y los lados del canal que están en contacto con el agua. El radio hidráulico tiene, por consiguiente, una cierta longitud y se representa por la letra Rh. Si todos los demás factores son constantes, cuanto menor es el valor de Rh menor será la velocidad.

2.3.3 HIDRÁULICA DE SECCIONES

En el diseño de sistemas de alcantarillado todos los elementos del sistema son dimensionados para ser construidos y funcionar bajo futuros eventos de lluvia (que no excedan el nivel hidrológico de diseño especificado).

2.3.3.1 CUNETAS

Las cunetas son secciones de hormigón junto al bordillo, diseñadas para conducir el agua hacia las entradas del sistema de drenaje durante un evento de lluvia y se construyen con pendientes transversales: uniformes, compuestas o parabólicas.

El área a drenar por las cunetas es relativamente pequeña, por lo que generalmente se proyectan éstas para que den capacidad a fuertes aguaceros de 5 a 15 minutos de duración.

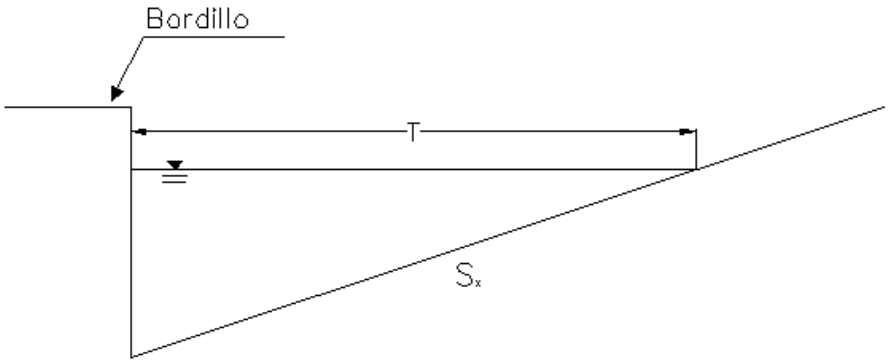


Ilustración 2.4 Sección transversal de cuneta uniforme

Es común emplear secciones transversales uniformes (triangular) cuando la pendiente transversal de la cuneta es menor al 10%. En caso de que la sección transversal uniforme no sea suficiente, es posible emplear la cuneta con sección en V para transmitir la escorrentía a lo largo del bordillo.

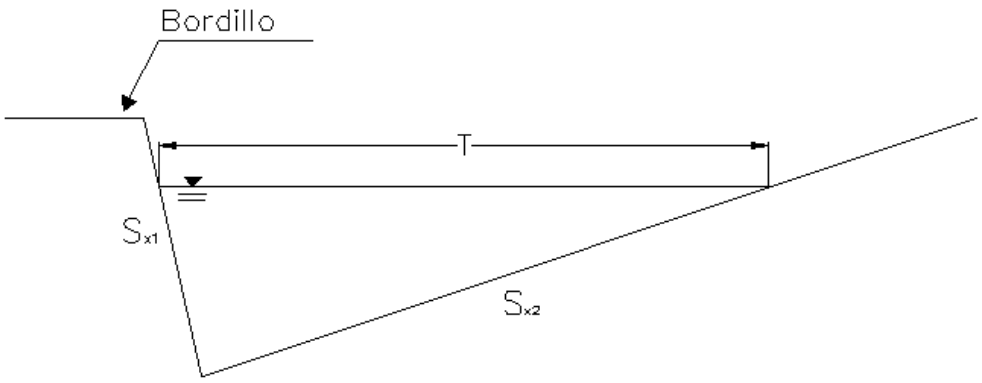


Ilustración 2.5 Sección transversal de cuneta en V

Las dimensiones, pendientes y otras características de las cunetas, se determinan mediante el flujo que va a escurrir por las mismas, ya que se debe verificar que la capacidad hidráulica de la estructura sea superior al caudal de diseño.

El caudal hidrológico se iguala al caudal hidráulico (ambos caudales son estimados con el método Racional y la fórmula de Manning respectivamente) y se despeja la longitud de la cuneta *L* que corresponde a la separación máxima entre sumideros.

$$q_{hidrológico} = 2{,}78 * 10^{-7} * C * I * A_{tributaria}$$

$$A_{tributaria} = B * L$$

Donde:

B ≡ ancho del área aferente (m)

L ≡ Longitud de la cuneta (m)

$$Q_{hidráulico} = V * A_{cuneta}$$

Igualando $q_{hidrológico} = Q_{hidráulico}$ y despejando *L* se obtiene la siguiente expresión:

$$L = \frac{R^{2/3} * S^{1/2} * A_{cuneta}}{2{,}78 * 10^{-7} * C * I * B * n} \quad (2.7)$$

2.3.3.2 SUMIDEROS

A medida que el flujo se acumula en la cuneta y alcanza la capacidad de diseño, éste es incorporado al sistema de drenaje por medio de sumideros.

Los sumideros pueden tener o no una capacidad establecida para interceptar el caudal que corre por la cuneta. Todos los tipos de sumideros captan más agua a medida que aumenta la altura de agua en la cuneta, pudiendo parte del caudal, sobrepasar el sumidero.

En general los sumideros se dividen en tres tipos:

- Sumideros de ventana o acera: consiste en una abertura a manera de ventana practicada en el bordillo o cordón de la acera, generalmente deprimida con respecto a la cuneta. El sumidero posee además de la ventana, un canal lateral de desagüe, una pequeña cámara de recolección de sedimentos y una tubería de conexión con el colector público.

- Sumideros de reja o calzada: consiste en la ejecución de una cámara donde penetran las aguas pluviales, esta se cubre con una reja para impedir la precipitación de vehículos, personas u objetos de cierto tamaño. Generalmente consta de una reja propiamente dicha, la cámara de desagüe y la tubería de conexión al colector.

- Sumideros mixtos o combinados: es una combinación de los dos anteriores, tratando de tomar de cada uno de ellos lo más positivo, mejorando la eficiencia del sumidero de ventana y reduciendo la ocupación de la calzada para el sumidero de rejas.

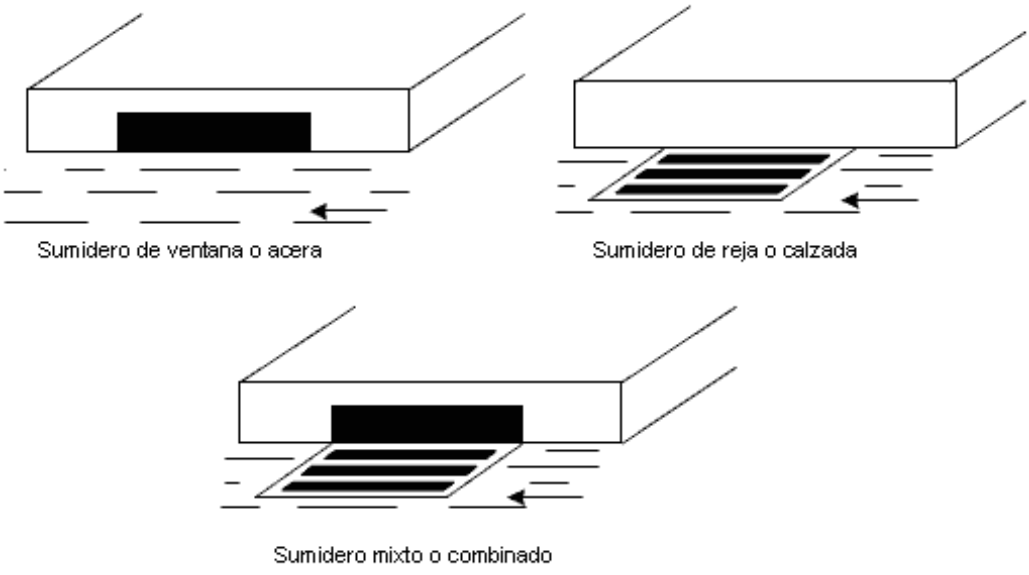


Ilustración 2.6 Tipos de sumideros

Fuente: (McGraw-Hill, 2001)

Un sumidero ubicado en una calle con pendiente no siempre logra captar toda el agua que viene por ella aunque teóricamente disponga de la capacidad para ello, mientras que uno ubicado en un punto bajo de una cuneta, captará eventualmente toda el agua que alcance (siempre que no quede completamente ahogado), pero la altura de agua puede tornarse excesiva si el sumidero no tuviese una altura suficiente.

La capacidad máxima de los sumideros depende del tipo, tamaño y diseño de la rejilla, siendo las dimensiones significativas el ancho de la reja normal y el ancho de abertura libre paralela al sentido de escurrimiento en la cuneta.

Su capacidad hidráulica se puede estimar suponiendo que funcionan como vertederos para pequeñas alturas de agua y como orificios para alturas de agua mayores, según se describe a continuación:

a) Sumidero horizontal de largo L (a lo largo de la cuneta, en metros) y ancho b (transversal a la vía, en metros) con una rejilla de área de aberturas A, en metros cuadrados, puede evacuar como máximo un caudal Q_m (m^3/s):

$Q_m = 1{,}66(L + 2b)h^{1{,}5}$ si funciona como vertedero $h < 1{,}6\frac{A}{L+2b}$ (2.8)

$Q_m = 2{,}66Ah^{0{,}5}$ si funciona como orificio $h \geq 1{,}6\frac{A}{L+2b}$ (2.9)

Donde:

$h \equiv$ altura de agua del escurrimiento en la calle frente al sumidero (m)

b) Sumidero lateral de largo L (a lo largo de la cuneta, en metros) y altura de abertura a (vertical, en metros), puede evacuar como máximo un caudal Q_m (m^3/s):

$Q_m = 1{,}27Lh^{1{,}5}$ si funciona como vertedero $h < a$ (2.10)

$Q_m = 2{,}66Lah^{0{,}5}$ si funciona como orificio $h \geq a$ (2.11)

Una vez realizados los cálculos hidráulicos pertinentes, es necesario verificar que el sumidero cumple con la condición principal de captar el caudal necesario para evacuarlo al colector de aguas lluvias. Se debe cumplir lo siguiente:

$$Q_s = E * Q_m \geq Q \tag{2.12}$$

Considerando que, $$E = (E_H + E_L) \tag{2.13}$$

Donde:

$Q \equiv$ Flujo total en la cuneta (m^3/s)

$Q_s \equiv$ Capacidad de captación (m^3/s)

$E \equiv$ Eficiencia global del sumidero cuyo valor máximo es 1,0

$E_H \equiv$ Eficiencia del sumidero horizontal

$E_L \equiv$ Eficiencia del sumidero lateral

En términos de diseño se define la eficiencia *E* de un sumidero, como la proporción que es capaz de captar del caudal que escurre por la cuneta. La eficiencia global del sumidero es la suma de las eficiencias del sumidero horizontal y del sumidero lateral y se ve afectada principalmente por las pendientes transversal y longitudinal de la cuneta, rugosidad del pavimento, caudal en la cuneta y la geometría de la entrada del sumidero. El cálculo se lo realiza con las siguientes ecuaciones:

a) Sumidero horizontal de largo L (m) y ancho b (m), colocado en la cuneta y que captura una proporción E_h del caudal que viene por la calle con un escurrimiento de ancho superficial T (m), una velocidad V (m/s) y una pendiente transversal de la cuneta S_x (m/m):

$$E_H = E_0 + R_s(1 - E_0) \qquad 0 \leq E_H \leq 1 \qquad (2.14)$$

$$E_0 = 1 - \left(1 - \frac{b}{T}\right)^{2,67} \qquad 0 \leq E_0 \leq 1 \qquad (2.15)$$

$$R_s = \frac{1}{\left(1 + \frac{0,0828V^{1,8}}{S_x L^{2,3}}\right)} \qquad 0 \leq R_s \leq 1 \qquad (2.16)$$

b) Sumidero lateral de altura a (m) dispuesto en la cuneta en que la altura del escurrimiento es h (m), y que captura una proporción E_L del caudal Q que escurre por la cuneta con un largo de la abertura del sumidero L (m), una pendiente longitudinal de la cuneta S_L (m/m), una pendiente transversal de la cuneta S_x (m/m) y un coeficiente de Manning *n*:

Si $h \leq a$ $\qquad E_L = 1 - \left(1 - \frac{L}{L_T}\right)^{1,8} \qquad 0 \leq E_L \leq 1 \qquad (2.17)$

Si $\qquad h > a \qquad\qquad E_L = 1 \qquad (2.18)$

Donde:

$$L_T = 0,817Q^{0,42}{S_L}^{0,3}(nS_x)^{-0,6}$$ con L_T mínimo igual a *L*

Notar que cuando la altura del escurrimiento sobrepasa la abertura del sumidero, el caudal captado viene limitado solamente por la capacidad máxima de captación del sumidero lateral.

Una vez que el escurrimiento superficial ha sido interceptado por la entrada de los sumideros una cámara permite que el flujo ingrese al sistema de drenaje en la subsuperficie. Estas cámaras también sirven de acceso para propósitos de limpieza e inspección. La altura de la estructura dependerá de la topografía y del perfil de drenaje.

El espaciamiento de los sumideros se determina por la geometría de la vía y el diseño de las cunetas. Para la correcta ubicación de los sumideros es necesario considerar la siguiente información:

- Planos de planta y perfil indicando las instalaciones existentes y propuestas en la vía
- Sección transversal típica de la vía
- Pendiente de la sección transversal
- Planos topográficos con las cuencas de drenaje
- Curvas Intensidad-duración-frecuencia para la tormenta de diseño

2.3.3.3 COLECTORES

El análisis del flujo, tanto en conductos cerrados como abiertos, se basa en la aplicación de tres ecuaciones básicas de la mecánica de fluidos: la de la continuidad, la de la energía y la de la cantidad de movimiento. (Báez Noguera, 2007)

El movimiento del fluido a lo largo de un conducto puede clasificarse como flujo en canal abierto o flujo en carga, dependiendo de la existencia o no de una superficie líquida libre sometida a la presión atmosférica. Cuando el conducto fluye lleno o a presión se denomina en carga. Si el flujo se produce en un conducto parcialmente lleno, o en un canal abierto, se denomina flujo en canal o en lámina libre.

Usualmente turbulento y variante con respecto al tiempo y localización dentro del conducto, el fluido en el conducto se refiere a un flujo inestable y no uniforme. Sin embargo por lo general la duración de un evento de lluvia es horas, el tiempo del agua fluyendo dentro de una alcantarilla individual es minutos, por lo tanto el flujo inestable dentro de los conductos es a menudo segundos.

Por esto, considerando la cantidad de flujo que pasa por la alcantarilla este puede ser considerado como estable sin alejarnos de la precisión del cálculo. Entendiéndose como flujo estable o permanente al flujo cuyas propiedades de fluido y condiciones de movimiento, en cualquier punto, no cambian con respecto al tiempo.

2.3.3.3.1 ECUACIONES DE FLUJO

Para el diseño de conductos para el transporte de fluidos, tanto si el flujo es a presión como en lámina libre, es necesario conocer: a) la relación existente entre el caudal y la pérdida de carga o la pendiente de la línea de energía,

b) las características del fluido, y c) la rugosidad y configuración de la tubería o canal.

Las ecuaciones del flujo de fluidos en **conductos cerrados** pueden derivarse tanto de consideraciones teóricas como de forma empírica. La ecuación de Poiseuille para flujo laminar y la ecuación universal de Darcy-Weisbach son ejemplos de ecuaciones deducidas teóricamente. Las fórmulas de Manning y Hazen-Williams, utilizadas para proyectar alcantarillas, son ejemplos de ecuaciones obtenidas experimentalmente.

Existen diversas fórmulas experimentales para determinar los caudales en **canales abiertos**, como las propuestas por Chezy, Ganguillet-Kutter, Manning y Scobey.

Como se mencionó anteriormente en la sección 2.3.2, por su simplicidad y por el considerable volumen de datos experimentales disponibles para estimar el coeficiente de rozamiento, la **fórmula de Manning** es la más comúnmente utilizada tanto para canales abiertos como para conductos cerrados. (Metcalf & Eddy, 1991)

Cabe recalcar que el propósito de esta sección es sólo una revisión de las ecuaciones de flujo, por lo que para ampliar los temas tratados será necesario consultar textos de mecánica de fluidos.

2.4 INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

Como se mencionó en la sección 2.1.2.1 además del bordillo-cuneta, sumideros, tirantes y tuberías o canales, los componentes del sistema de alcantarillado pluvial incluyen estructuras complementarias como son las cámaras de inspección e incluso disipadores de energía, en caso de requerirse.

Las instalaciones complementarias tienen como finalidad asegurar que el sistema funcione de acuerdo con lo previsto en el proyecto y de modo tal que pueda inspeccionarse y mantenerse en buenas condiciones de funcionamiento. (Metcalf & Eddy, 1991)

2.4.1 CÁMARAS DE INSPECCIÓN

Las principales instalaciones complementarias del sistema de drenaje son las estructuras de conexión de dos o más tramos de tuberías llamadas cámaras de inspección, comunicadas con la superficie con la finalidad de facilitar el acceso para inspección y limpieza.

Se recomienda su utilización en la iniciación de las tuberías, cambios de dirección, cambios en el tamaño de la tubería, cambios sustanciales en pendiente, intersección y a intervalos de 100 a 200 m en líneas rectas. En colectores principales con diámetros mayores a 1.50 m, o con entradas restringidas, la distancia entre estructuras de inspección puede ser del orden

de 300 m. En cualquier caso la distancia adoptada, que incide directamente en el costo del alcantarillado, debe ser sustentada con base en las consideraciones de limpieza y ventilación. (Metcalf & Eddy, 1991)

El diámetro interno de la cámara se debe determinar teniendo en cuenta que no exista interferencia entre los tramos que se conectan, dependerá del ángulo de intersección y del diámetro de la tubería de salida. Para establecer el diámetro se puede tomar como referencia la Tabla 2.6 o emplear la ecuación 2.19.

Tabla 2.6 Diámetro de cámaras de inspección según diámetro de tubería de salida

DIÁMETRO DE COLECTOR DE SALIDA (mm)	DIÁMETRO DE LA CÁMARA DE INSPECCIÓN
200 – 600	1.20
700 – 800	1.50
840 - 900	1.80

Fuente: (Báez Noguera, 2007)

$$D_c = \frac{D_s}{cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} \qquad (2.19)$$

Donde:

D_c ≡ Diámetro interno real de la estructura de conexión (m)

D_s ≡ Diámetro externo real de la tubería de salida (m)

Δ ≡ Ángulo de intersección entre los tramos (°)

2.5 INTRODUCCIÓN AL SWMM

El SWMM es un programa que permite verificar el diseño de una red de aguas lluvias mediante una simulación, de tal manera que podamos tener una idea clara del comportamiento del sistema de drenaje ante un evento de lluvia.

El Storm Water Management Model o Modelo de Gestión de Aguas Pluviales (SWMM) es un programa gratuito que puede ser descargado libremente de la página de la EPA, http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/wq/models/swmm/, y su instalación es muy fácil.

Este programa creado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA). Se desarrolló por primera vez en 1971, habiendo experimentado desde entonces diversas mejoras. La edición actual, que corresponde a la 5ta versión del programa, es un código rescrito completamente a partir de ediciones anteriores y funciona bajo Windows con una interfaz en inglés amigable para el usuario (Ilustración 2.7).

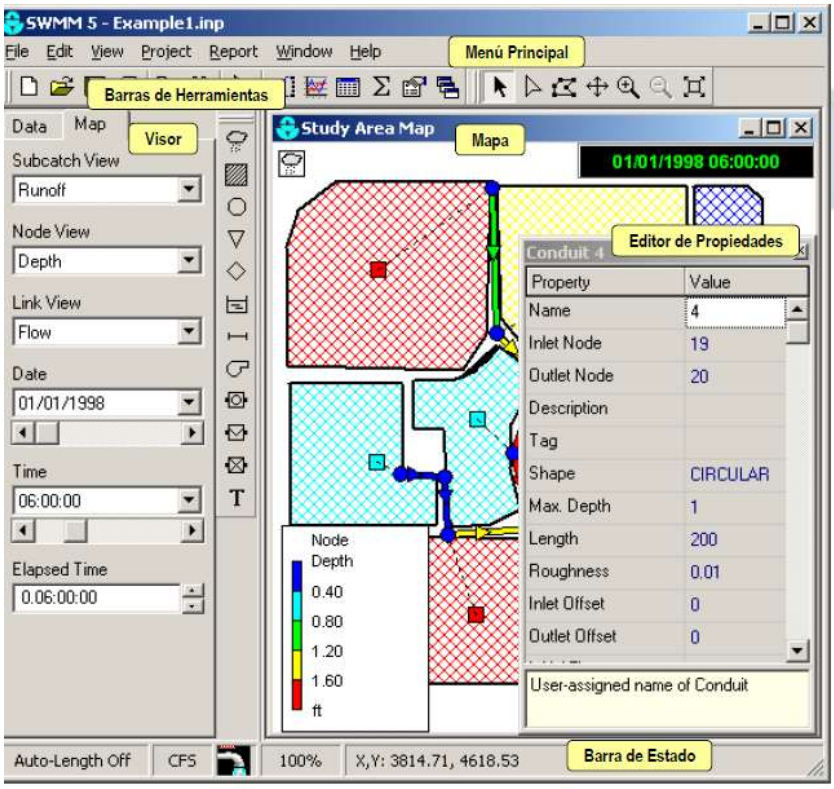


Ilustración 2.7 Vista general del espacio de trabajo

Este software es un modelo de simulación precipitación-escorrentía compuesto por un módulo de escorrentía o hidrológico y otro de transporte o hidráulico, los que permiten simular diferentes etapas del escurrimiento, transporte y almacenamiento de las aguas pluviales además de mostrar todos estos resultados en una gran variedad de formatos.

En el SWMM la red se considera como un conjunto de elementos (los OBJETOS) situados en una serie de capas. En este conjunto de capas se lleva a cabo el proceso hidrológico- hidráulico, primero ocurre la precipitación

desde la atmosfera hasta la capa superficial del suelo, después el escurrimiento superficial producido es encausado por medio de nodos y conductos hasta finalmente llegar a un punto de descarga. El modelo descrito anteriormente se ilustra en la Ilustración 2.8.

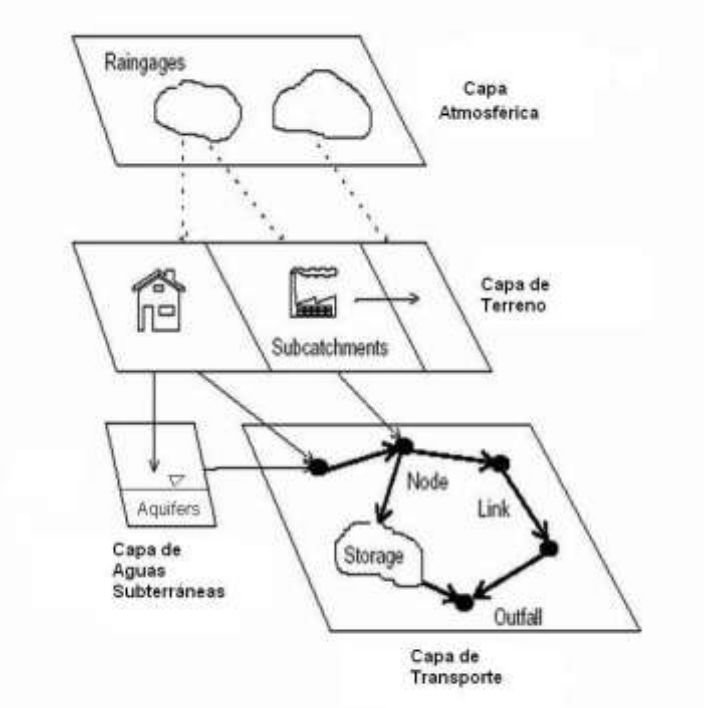
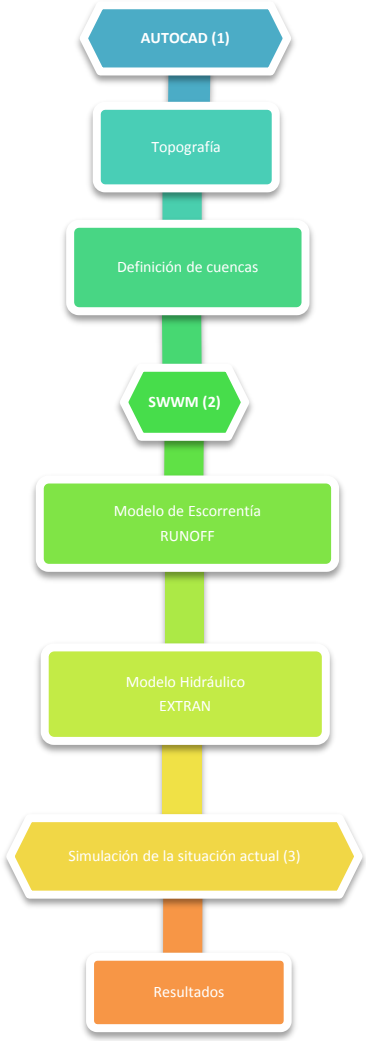


Ilustración 2.8 Modelo conceptual de la red de drenaje del SWMM

El proceso a seguir para realizar la simulación consta de tres fases descritas en el siguiente esquema:



Es decir que la información básica referente a la topografía del Sector y cuencas de drenaje se debe gestionar en base a AUTOCAD.

Es posible utilizarlo para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido. El SWMM nos permite simular tanto la capacidad como la calidad de agua evacuada, especialmente en

alcantarillados urbanos, funciona con una serie de cuencas donde cae el agua de lluvia y se genera la escorrentía superficial la cual es llevada a un sistema hidráulico compuesto por bordillos, cunetas, canales, tuberías, dispositivos de almacenamiento y tratamiento donde el recorrido del agua a través de estos elementos es analizado por el programa, así como el nivel y calidad del agua de escorrentía de cada cuenca, caudal, tubería o canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo.

El SWMM considera distintos procesos hidrológicos que se producen en la salida de las aguas urbanas. Entre estos se encuentran:

- Precipitaciones variables en el tiempo
- Evaporación de las aguas superficiales estancadas
- Intercepción de precipitaciones por almacenamiento en depresiones
- Infiltración de las precipitaciones en capas de suelos no saturadas

Cuando el área de estudio es muy grande, la dividimos en áreas de captación de aguas más pequeñas y homogéneas. Cada una de estas contiene fracciones de sub-áreas permeables e impermeables. Además el SWMM contiene un conjunto flexible de herramientas de modelación de características hidráulicas utilizado para analizar el flujo debido a la escorrentía superficial y los aportes externos de caudal a través de una red

de tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento. Estas herramientas incluyen capacidad de:

- Manejar redes de tamaño ilimitado
- Utilizar una amplia variedad de geometrías para las conducciones, tanto abiertas como cerradas, así como canales naturales
- Modelar elementos especiales como unidades de almacenamiento y tratamiento, divisores de flujo, bombas, vertederos y orificios.
- Aplicar caudales externos y concentraciones para determinar la calidad del agua de las aguas superficiales, caudales de infiltración en los colectores dependientes de la precipitación y aportes externos definidos por el usuario.
- Realizar el análisis hidráulico por distintos métodos como el flujo uniforme, la onda cinemática o la modelación completa por onda dinámica.
- Modelar distintos regímenes de flujo, como pueden ser remanso, entrada en carga, flujo inverso y acumulación en superficie.
- Aplicar controles dinámicos definidos por el usuario para simular el funcionamiento de las bombas, la abertura de los orificios o la posición de la cresta de un vertedero.

Además de modelar la generación y transporte de la escorrentía superficial, SWMM puede también estimar la producción y evolución de cargas contaminantes asociadas a dicha escorrentía. Para efectos de este trabajo de tesis no se analizará la calidad de las aguas pluviales.

2.5.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DRENAJE EN SWMM

El SWMM representa los diversos elementos del sistema de drenaje (ductos, cámaras, depósitos, etc.) y los procesos hidrológicos- hidráulicos que ocurren en el sistema, como precipitación, escurrimiento e infiltración.

En la Ilustración 2.9 se ilustran los componentes físicos típicos un sistema de drenaje de aguas pluviales que pueden presentarse dentro del mapa de SWMM. A continuación se describe cada uno de estos objetos.

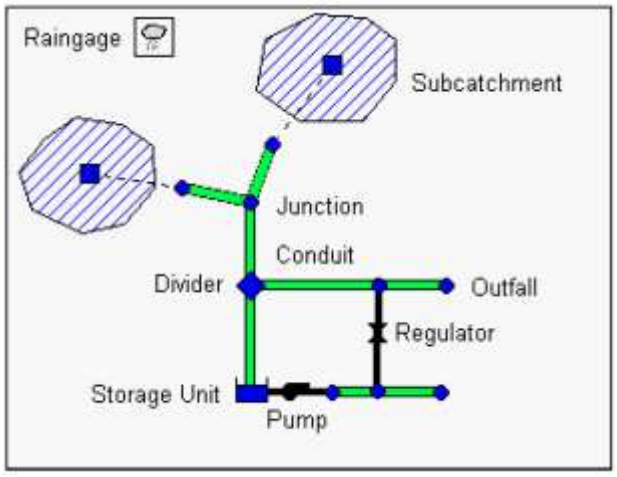


Ilustración 2.9 Componentes de un sistema de drenaje pluvial

Pluviómetros (Rain Gages): suministran los datos de entrada de las precipitaciones que ocurren sobre una o varias de las cuencas definidas en el área de estudio. Los datos de lluvia pueden ser definidos por el diseñador mediante series temporales de datos o provenir de un archivo externo al programa.

Cuencas (subcatchments): unidades hidrológicas de terreno cuya topografía y elementos del sistema de drenaje conducen la escorrentía directamente hacia un punto de descarga.

El diseñador es el encargado de dividir el área de estudio en el número adecuado de cuencas e identificar el punto de descarga (outlet) de cada una de ellas.

Las cuencas pueden dividirse en áreas permeables y áreas impermeables. La escorrentía superficial puede infiltrarse en la parte superior del terreno de las áreas permeables, pero no a través de las áreas impermeables. Las áreas impermeables pueden dividirse a su vez en dos áreas: una que contiene el almacenamiento en depresión y otra que no lo contempla. El flujo de escorrentía desde un área de la cuenca puede fluir hacia otra área o por el contrario dos áreas pueden drenar directamente hacia la salida de la cuenca.

La infiltración de lluvia de las zonas permeables de una determinada cuenca sobre la parte superior del suelo no saturado puede describirse utilizando tres modelos diferentes:

- El modelo de infiltración de Horton.
- El modelo de infiltración de Green-Ampt.
- El modelo de infiltración basado en el Número de Curva del SCS.

Junctions (uniones): cuya función es la de unir dos o más links. Este tipo de objeto puede representar los pozos de un sistema de alcantarillado, el cruce de calles, la unión de dos o más canales de drenaje, o algún nodo de conexión. La información básica que se debe suministrar a una unión en SWMM5 corresponde a su cota de fondo y a su altura hasta la superficie de terreno.

Outfalls (descargas): corresponden a nodos terminales de la red, donde se definen las condiciones de contorno aguas abajo cuando se utiliza el método de la Onda Dinámica para propagar el flujo en la red.

Dichas condiciones de contorno pueden ser del tipo calado crítico o calado normal del conducto que conecta con el Outfall, elevación fija de la lámina de agua en el nodo, tabla de mareas o una serie temporal entre la elevación de la lámina de agua y el tiempo. Un nodo de descarga sólo puede tener un conducto que lo conecta, y requiere como principales datos la cota de fondo y el tipo de condición de contorno a emplear.

Conduits (conductos): representan tuberías, conductos o canales superficiales (como cunetas) por las que circula el flujo y se debe precisar propiedades como su longitud, forma y rugosidad. En la Ilustración 2.10 se presentan los tipos de sección predefinidos en el SWMM, además de éstas es posible definir una sección irregular.

Name	Parameters	Shape	Name	Parameters	Shape
Circular	Depth		Filled Circular	Depth, Filled Depth	
Rectangular - Closed	Depth, Width		Rectangular – Open	Depth, Width	
Trapezoidal	Depth, Base Width, Side Slopes		Triangular	Depth, Top Width	
Horizontal Ellipse	Depth, Max. Width		Vertical Ellipse	Depth, Max. Width	
Arch	Depth, Max. Width		Parabolic	Depth, Top Width	
Power	Depth, Top Width, Exponent		Rectangular-Triangular	Depth, Top Width, Triangle Height	
Rectangular-Round	Depth, Top Width, Bottom Radius		Modified Baskethandle	Depth, Top Width	
Egg	Depth		Horseshoe	Depth	
Gothic	Depth		Catenary	Depth	
Semi-Elliptical	Depth		Baskethandle	Depth	
Semi-Circular	Depth				

Ilustración 2.10 Tipos de ductos que modela el SWMM

En la Ilustración 2.11 se ilustra un mapa en el que se representan la división de áreas, los colectores, cámaras y descargas.

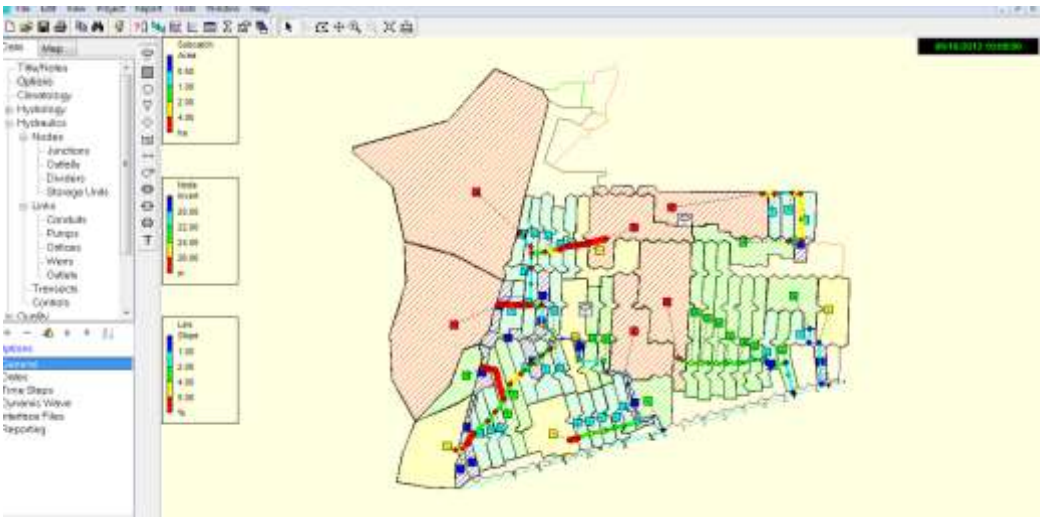


Ilustración 2.11 Red de drenaje pluvial del Sector 3, modelado en el SWMM

2.5.2 MÉTODOS DE CÁLCULO

SWMM es un modelo de simulación basado en fenómenos físicos, en su formulación emplea los principios de conservación de la masa, de la energía y de la cantidad de movimiento, siempre que es posible. En este apartado se describen brevemente los diferentes métodos empleados por SWMM para modelar tanto la cantidad como la calidad de la escorrentía derivada de la lluvia a lo largo de los siguientes procesos físicos.

Transformación lluvia-escorrentía

La transformación lluvia escorrentía se simula con el modelo del depósito no lineal, que es un modelo que se basa en el de la onda cinemática y en el principio de conservación de la masa.

Los parámetros que se requieren son la pendiente de la subcuenca, el ancho característico, el área, la rugosidad y la detención superficial.

Infiltración

Para el cálculo de la infiltración se pueden emplear tres alternativas: la fórmula de Horton, la de Green-Ampt y el método del SCS del número de curva.

Tránsito de caudales

El programa permite elegir entre tres diferentes metodologías de cálculo del flujo en la red de drenaje. La primera, denominada como Steady Flow Routing, consiste en asumir que en cada intervalo de tiempo de cálculo las condiciones del flujo no cambian; es decir, se tiene flujo permanente. La segunda metodología es denominada como Kinematic Wave (onda cinemática), y en esta se considera la variabilidad temporal del flujo. Este método resuelve la ecuación de Conservación de la Masa y una aproximación de la ecuación de Conservación de la Cantidad de Movimiento. El tercero de estos métodos consiste en la resolución de las ecuaciones completas de Saint Venant (Conservación de la Masa y Cantidad de Movimiento), denominado como método de la Onda Dinámica (Dynamic Wave). Este método es el físicamente más correcto, aunque requiere un mayor tiempo de proceso computacional.

2.5.3 EL ENTORNO GRÁFICO

La ventana principal presenta el aspecto mostrado en la Ilustración 2.12 y consta de los siguientes elementos de interacción con el usuario: un Menú Principal (Main menú), varias Barras de Herramientas (Toolbars), una Barra de Estado (Status bar), un Mapa del Área de Estudio (Study Area Map), un panel de navegación (Browser Panel) y el Editor de Propiedades (Property Editor).

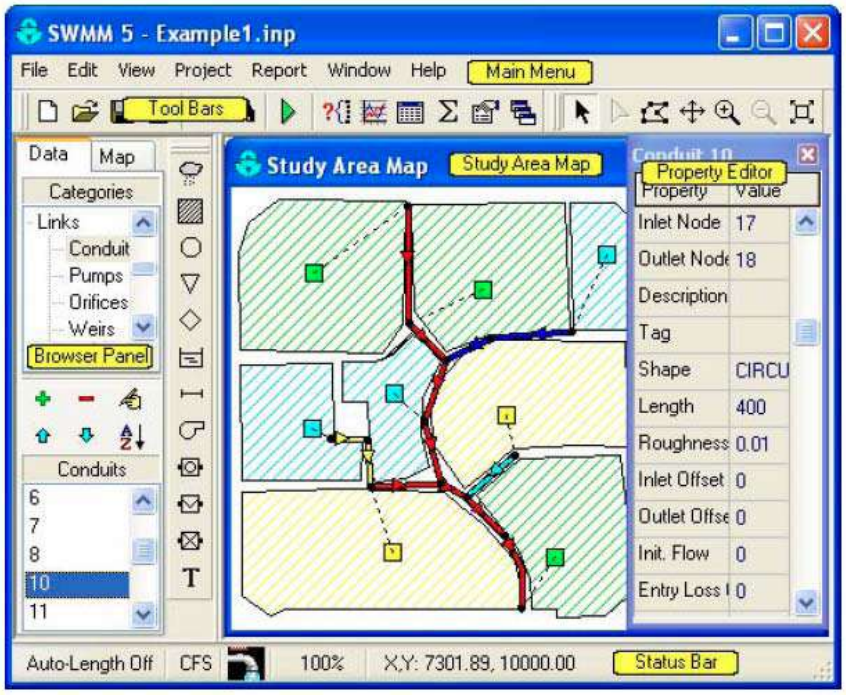


Ilustración 2.12 Elementos que conforman el menú de opciones del SWMM

MENÚ PRINCIPAL

El menú principal contiene una serie de opciones para controlar el programa, que son el menú View, el menú Project y el menú Report

View

La opción Backdrop se emplea para la introducción de fondos como planos urbanísticos o topográficos que pueden servir como referencia visual o incluso, si se dota al plano de coordenadas y se activa la opción Auto-Length (on) de la barra de estado, para incorporar directamente propiedades físicas como longitudes o áreas.

Otra opción interesante de este menú es la de consultas (Querys) que permiten la búsqueda de objetos que cumplan una serie de criterios geométricos (ej. pendiente de conducto) o de flujo (ej. velocidad o nivel de agua). Es importante señalar que la búsqueda de las propiedades geométricas la realiza en el paso de tiempo actual de la simulación (esto se verá con detalle al hablar del panel de navegación).

Por último, en el comando Map options se pueden configurar las propiedades visuales de los objetos mostrados en el mapa (grosores, tamaño de los nudos, tipo de relleno de las subcuencas).

Project

Aquí se encuentran las opciones del proyecto que se analiza como Details, que muestra el archivo de datos del modelo, Calibration data, que permite introducir ficheros con unformato específico para calibrar los parámetros del modelo a partir de la comparación condatos reales.

La opción Defaults permite establecer las preferencias para una serie de valores por defecto que tomará el SWMM. Este debe ser el primer paso a la hora realizar un nuevo modelo y permite especificar opciones para los identificadores de los elementos o las características que toman por defecto las subcuencas y los nudos.

Report

Presenta una serie de opciones para representar los resultados de las simulaciones de tipoGRÁFICO o en forma de tablas.

LA BARRA DE HERRAMIENTAS

La barra de herramientas (Toolbars) contiene un conjunto de botones de acceso rápido para ser usados en operaciones de creación de un proyecto. Estos botones pueden ser agrupados en cuatro categorías de barras de herramientas: estándar (EstandarToolbar), de mapa (MapToolbar), de

objetos (ObjectToolbar), y de animación (AnimationToolbar) como se muestra en las Ilustraciones 2.13, 2.14, 2.15, 2.16 y 2.17

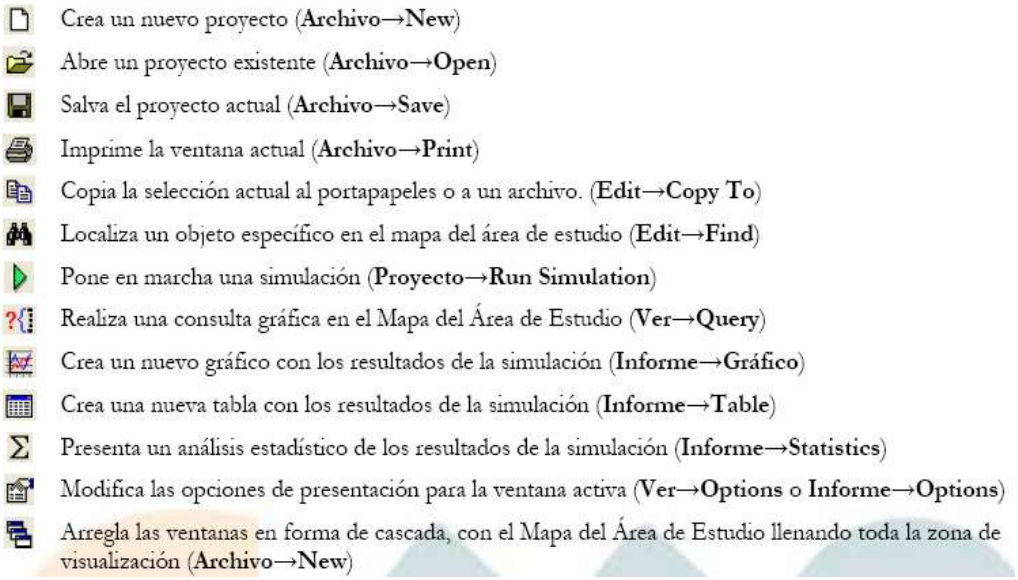


Ilustración 2.13 Íconos incluidos en la barra de herramientas estándar

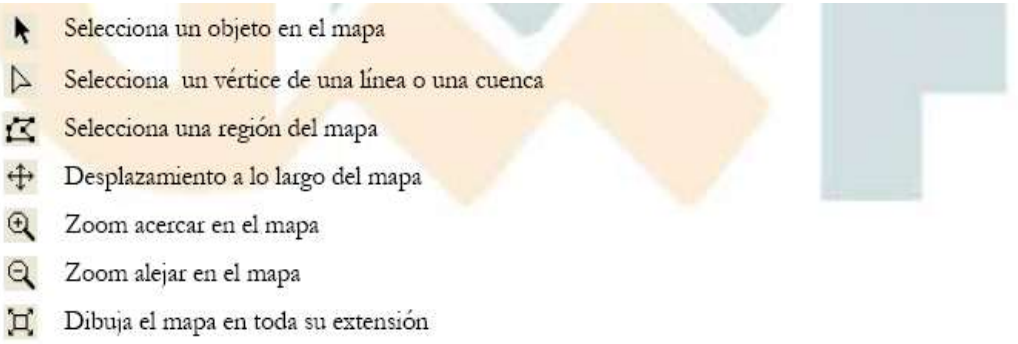


Ilustración 2.14 Íconos incluidos en la barra de herramientas de mapa

La barra de animación contiene controles para crear animaciones del Mapa del Área de Estudio y todos los gráficos de perfil a través del tiempo, es decir, actualiza automáticamente el código de colores del mapa y el perfil de la lámina de agua conforme el tiempo de simulación avanza o retrocede. En la Ilustración 2.15 se muestra la barra de animación y la función de sus distintos controles.

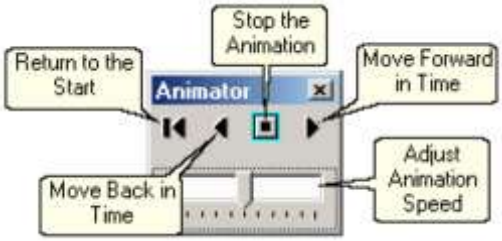


Ilustración 2.15 Barra de herramientas de animación

representa un objeto *Raingage*

representa un objeto *Subcatchment*

representa un objeto *Junction*

representa un objeto *Outfall*

representa un objeto *Divider*

representa un objeto *Storage Unit*

representa un objeto *Conduit*

representa un objeto *Pump*

representa un objeto *Orifice*

representa un objeto *Weir*

representa un objeto *Outlet*

corresponde a un objeto *Label* el cual representa una etiqueta de texto que puede ser agregada en el mapa del área de estudio

Ilustración 2.16 Íconos incluidos en la barra de herramientas de objeto

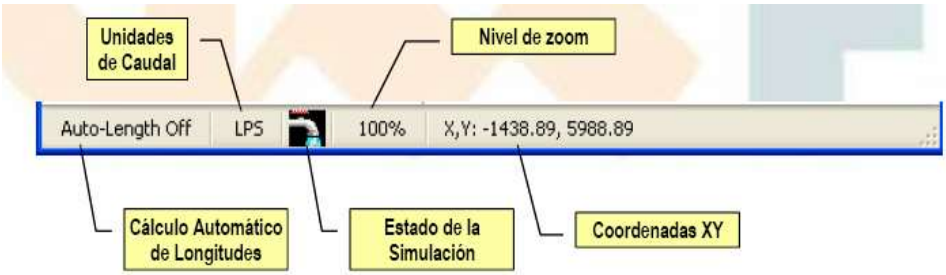


Ilustración 2.17 Barra de Estado

EL PANEL DE NAVEGACIÓN

El panel de navegación (Ilustraciones 2.18 y 2.19), que se ubica al costado izquierdo dentro de la pantalla principal, contiene dos fichas que pueden ser activadas por separado. Una de ellas es la ficha Data, bajo la cual se despliegan las diversas categorías de objetos disponibles en un proyecto de SWMM 5, y los nombres de los objetos individuales pertenecientes a la categoría actualmente seleccionada.

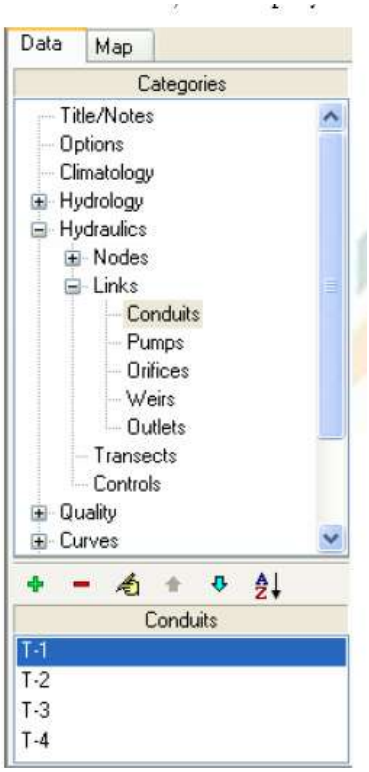


Ilustración 2.18 Categorías de objetos que se representan en el SWMM

Bajo la otra ficha, llamada Map, se encuentran propiedades que pueden ser activadas en el mapa del área de estudio cuando se ha realizado una simulación. Estas propiedades permiten destacar variables de algunos objetos en periodos de tiempo elegidos por el usuario como indica en la Ilustración 2.19

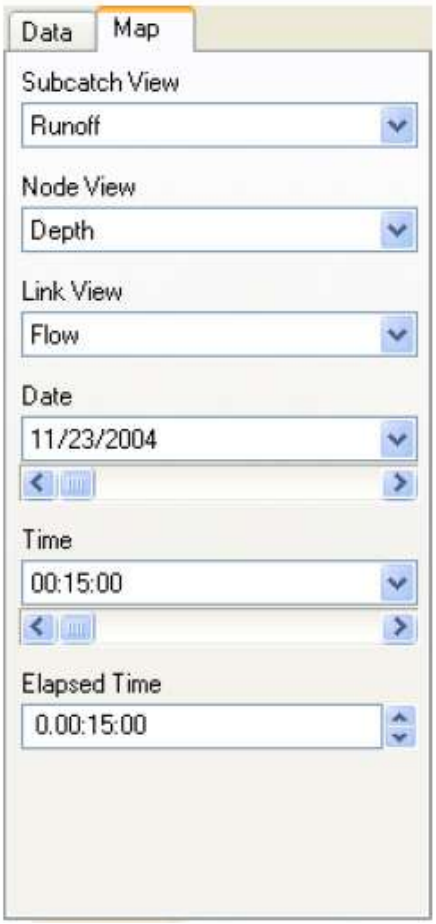


Ilustración 2.19 Opciones de visualización posibles en el Mapa

OPCIONES DE ANÁLISIS Y EJECUCIÓN

Antes de proceder a ejecutar la simulación se debe especificar algunas opciones de análisis. Para ello, en el panel de navegación lateral se debe hacer clic en *Options* y seleccionar las alternativas que se consideraran para la simulación, como indica en la Ilustración 2.20

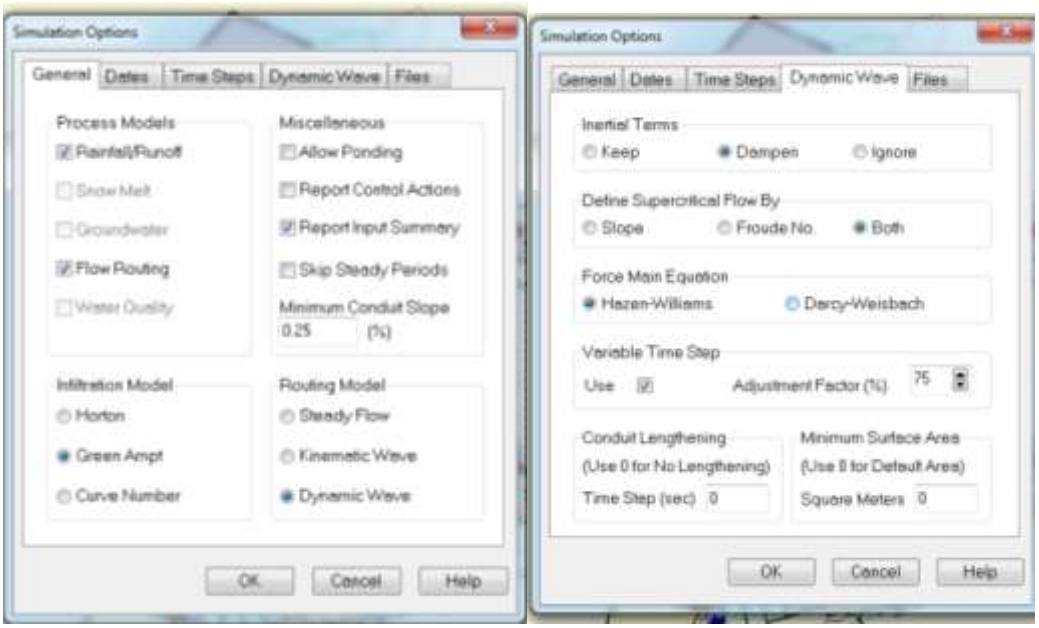


Ilustración 2.20 Opciones de simulación

Después de introducir toda la información necesaria, sólo queda realizar la simulación. Para ello basta hacer un click sobre el icono , o bien seleccionando desde el menú principal *Project >>RunSimulation*.

Inmediatamente después de la simulación aparecerá una ventana (Ilustración 2.21) donde se indica al usuario que la ejecución se ha realizado sin ningún contratiempo. Los errores de continuidad que aparecen en la ventana son propios de la metodología numérica sobre la que se basan los cálculos del SWMM 5, por lo que son esperables siempre.

Sin embargo, un error sobre algún nivel poco razonable, por ejemplo mayor al 10%, debería hacer al usuario cuestionar los resultados obtenidos.

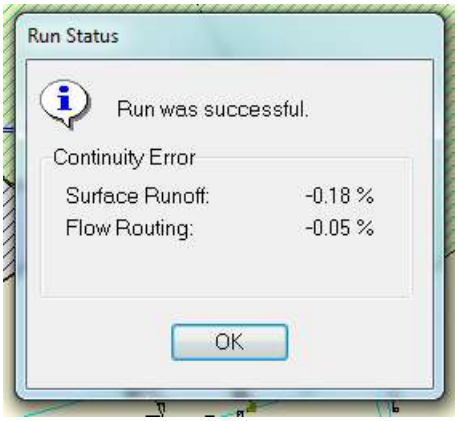


Ilustración 2.21 Errores de continuidad de acuerdo a la metodología de Cálculo

VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

Quizás el cambio más importante del SWMM 5 es el formato de la salida de los resultados de una simulación. Esta nueva versión incorpora diversas formas de visualizar los resultados, donde se incluye un informe del estado de la simulación, gráficos, tablas, perfiles longitudinales de la lámina de agua en la red, mapas de objetos, e incluso posibilidad de analizar estadísticamente los resultados.

Una primera manera de conocer los resultados de la simulación es a través del *Status Report*, que proporciona un práctico resumen de los resultados de la simulación realizada.

Para verlo hay que seleccionar desde el menú principal *Report>>Status* y se mostrará una hoja (Ilustración 2.22) con el reporte detallado de cada elemento.

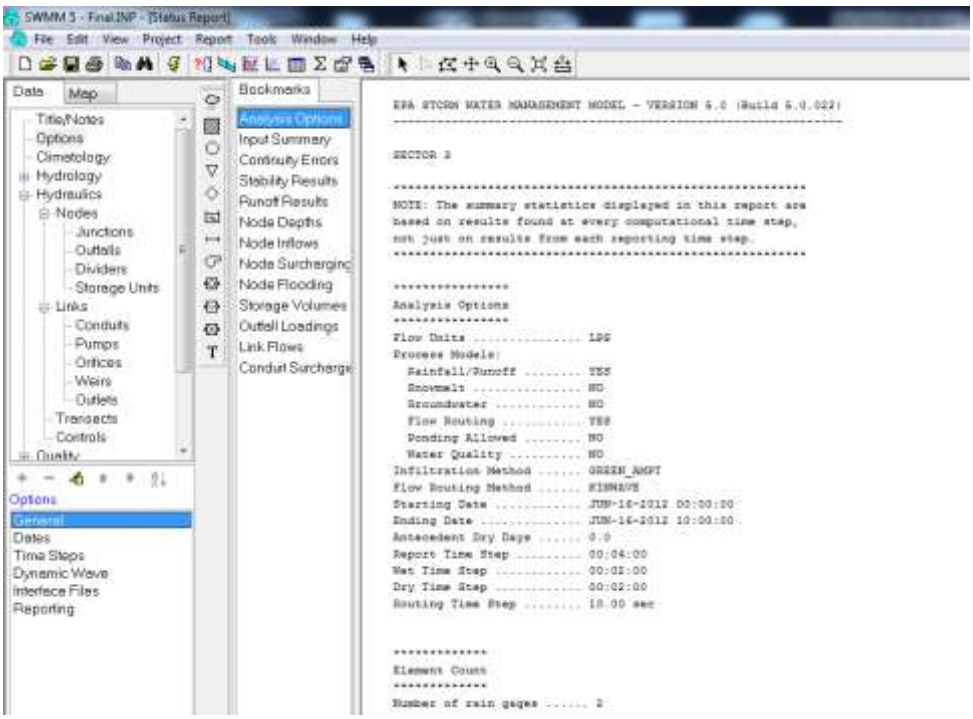


Ilustración 2.22 Reporte de la simulación

Otra manera de visualizar resultados es a través de gráficos. Para esto, del menú principal se debe seleccionar *Report>>Graph* y a continuación el tipo de gráfico que se desea. El SWMM 5 permite visualizar diferentes gráficos como se observa en las Ilustraciones 2.23 y 2.24.

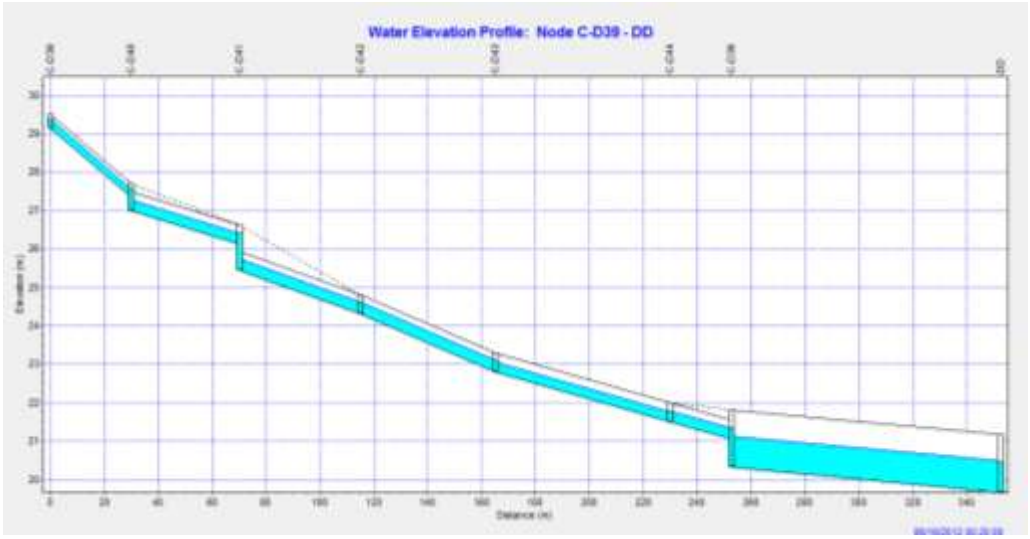


Ilustración 2.23 Perfil longitudinal de la lamina de agua en dentro de una red de drenaje

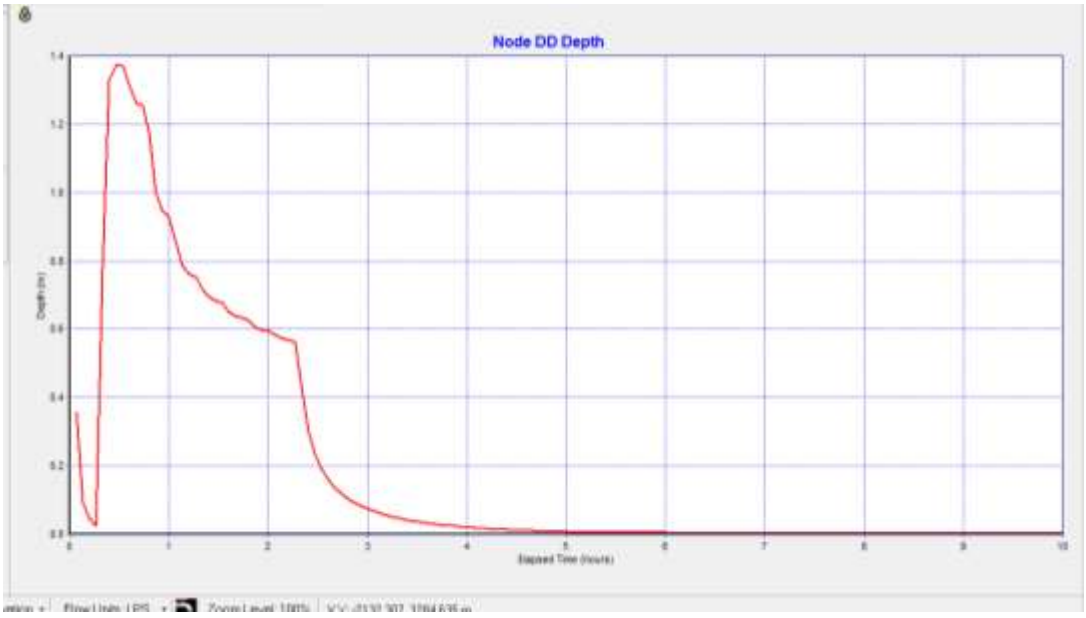


Ilustración 2.24 Comportamiento de un objeto en un lapso de tiempo

CAPÍTULO 3. ESTUDIOS PRELIMINARES

3.1 ESTUDIO PRELIMINAR DEL SECTOR

Ubicado al norte de Guayaquil, el Área Norte del Sector 3, objeto del presente estudio, pertenece al suburbio periférico llamado Flor de Bastión, el cual se asentó hace dos décadas sobre una zona montañosa al oeste de la vía Perimetral.

Según el Censo de población y vivienda realizado en el año 2010, en Flor de Bastión habitan más de 65.000 personas y tiene una extensión de terreno de 1.372 ha aproximadamente. Los pobladores iniciales, procedentes en su mayoría de la emigración rural, invadieron la zona; sin embargo, han ido legalizando sus tierras con el transcurso de los años. Aún con graves problemas de marginación económica, en la actualidad algunas viviendas se construyen de cañas, y están paradas en pilotines para crear un piso plano sobre la inclinación del cerro.

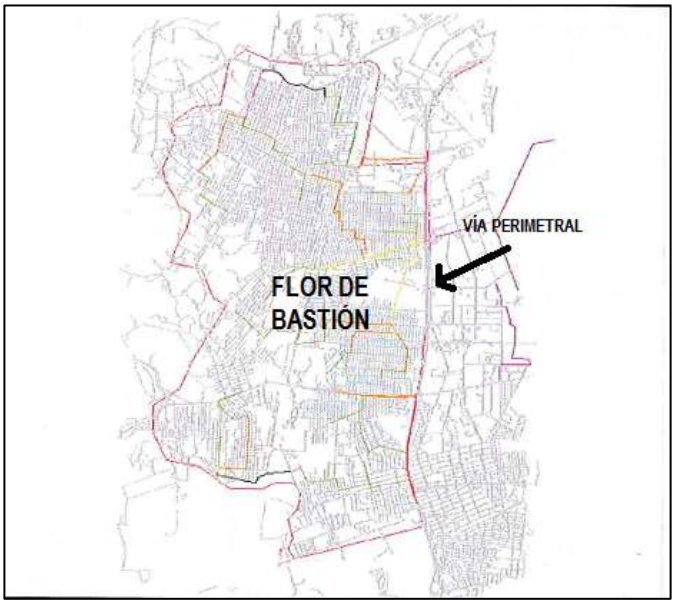


Ilustración 3.1 Flor de Bastión

Fuente: (INTERAGUA, 2010)

Con miras a contribuir con la accesibilidad y mejoramiento de calidad de vida en los barrios marginados de la ciudad, la M. I. Municipalidad de Guayaquil dentro de los planes de desarrollo municipal, se encuentra realizando estudios de consultoría, con el fin de ejecutar la pavimentación de las vías de acceso e internas en el SECTOR 3, ubicado en Flor de Bastión.

3.1.1 VÍAS DE ACCESO

Las vías principales de acceso son:

- Calle 25 NO (Marcel Laniado), ingreso al bloque 6 de Flor de Bastión
- Calle Modesto Luque, ingreso directo desde la vía Perimetral

3.1.2 TOPOGRAFÍA

La topografía del terreno sobre el que está asentado el Área Norte del Sector 3 es de tipo montañosa y tiene una extensión aproximada de 89.4 ha., con una cota máxima de 73 m.s.n.m. y mínima de 15 m.s.n.m.

El proyecto tiene aproximadamente 29 km de vías entre principales y secundarias que comprenden calles, avenidas pasajes y diagonales. La gran mayoría de estas vías se encuentran todavía a nivel de terreno natural.

Para efecto de este trabajo de tesis se considerará el proyecto vial a nivel de rasante, diseñada por Consulnac Cía. Ltda., consultora contratada por la M.I. Municipalidad de Guayaquil para realizar el levantamiento topográfico y diseño vial del proyecto.

Por tratarse de una zona habitada, el diseño vial tanto horizontal como vertical, se debe adaptar al nivel en que se encuentran las construcciones existentes.

3.1.3 FACTORES CLIMÁTICOS

Al igual que la ciudad de Guayaquil y que el resto del Ecuador, el Sector 3, tiene dos estaciones: invierno o época de lluvias, la cual comprende una temporada de enero a mayo aproximadamente; y la época de verano o época seca que va desde junio hasta diciembre.

La influencia de las corrientes marinas fría de Humboldt y cálida de El Niño producen que el clima del cantón Guayaquil sea del tipo tropical sabana y tropical monzón, con temperaturas elevadas durante la mayor parte del año. La temperatura promedio oscila entre los 20 y 27° C. (INTERAGUA, 2010)

3.1.4 PRECIPITACIONES

Las precipitaciones en Guayaquil están influenciadas por los sistemas atmosféricos y las condiciones térmicas del Océano Pacífico circundante, los niveles son muy variables de año a año y muestran diferentes características de acuerdo con las variaciones estacionales. La precipitación anual media es de 1.161,6 mm, y más del 90% se registra durante la estación lluviosa. (Delgado Menoscal, 2011)

En la Ilustración 3.2 se presentan valores de precipitaciones anuales registrados en Guayaquil.

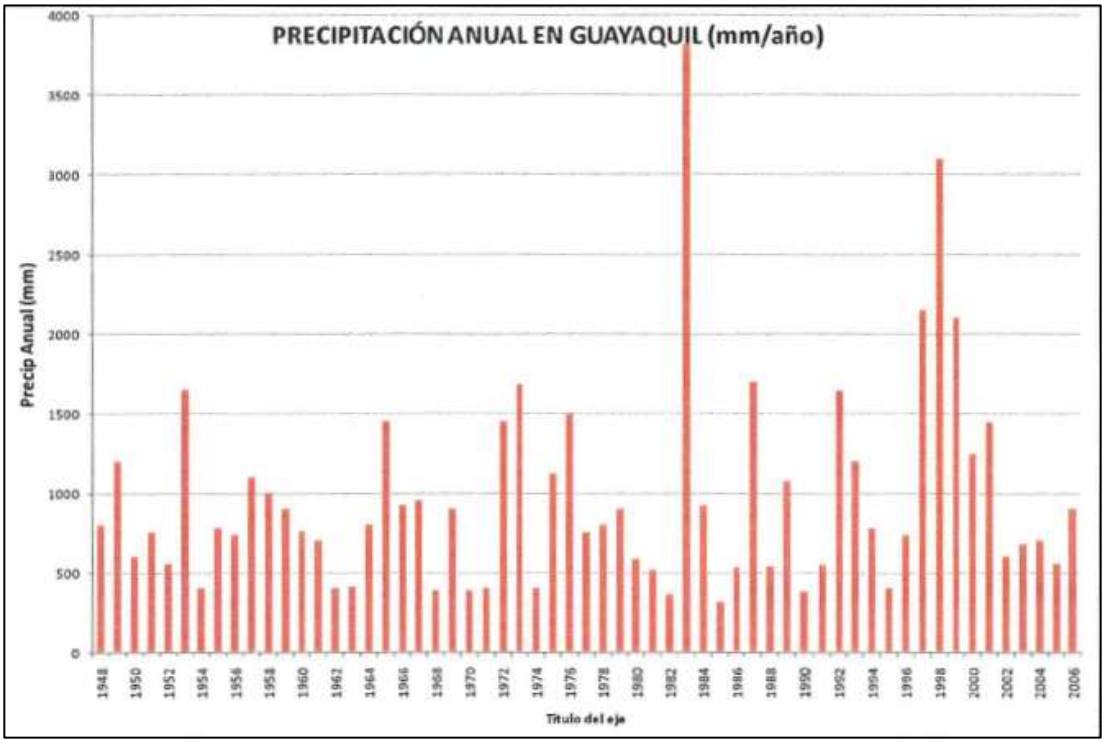


Ilustración 3.2 Precipitación anual de Guayaquil

Fuente: (INTERAGUA, 2010)

Debido a que Guayaquil se encuentra sobre la margen oeste de los ríos Daule y Guayas y sobre el Estero Salado, la evacuación del agua producto de las precipitaciones, es receptada principalmente por estos tres cuerpos de agua.

El Área Norte del Sector 3 se asienta en las cuencas ubicadas al norte de la ciudad, las cuales descargan principalmente al río Daule por medio de canales ilustrados en la Ilustración 3.3.

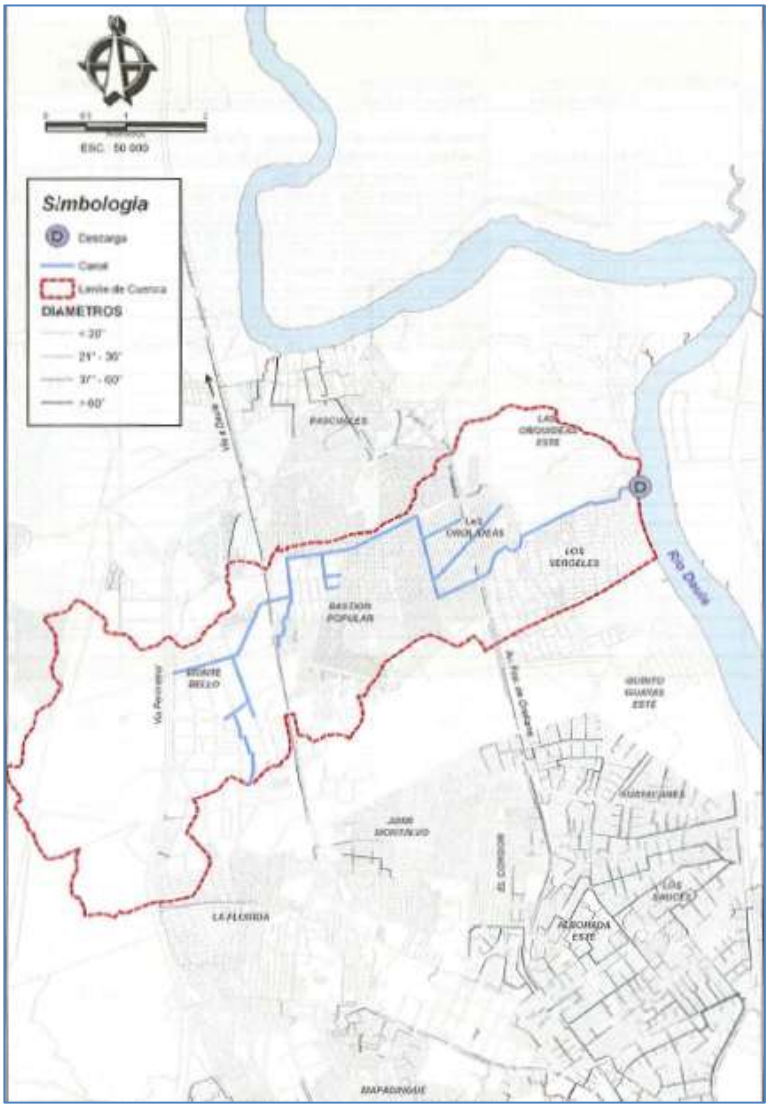


Ilustración 3.3 Ubicación de canales del norte

Fuente: (INTERAGUA, 2010)

3.1.5 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Para realizar la caracterización socioeconómica del presente proyecto, la principal fuente de información fue el informe “La pobreza en Guayaquil. Estudio comparativo de los indicadores: Necesidades básicas insatisfechas (NBI) y Capacidad económica (CAPECO) de la población de la ciudad de Guayaquil”, preparado por Softland S.A. para la M.I. Municipalidad de Guayaquil en julio de 2006.

El NBI es un indicador que mide el grado de insatisfacción de las necesidades básicas de la población en cuanto a: infraestructura, educación y salud de los habitantes de la cuidad.

- La medición de infraestructura está en función del acceso o no por parte de la vivienda a: agua potable, eliminación de aguas servidas, energías eléctrica, eliminación de basura, otros.
- La educación se mide mediante el grado de escolaridad y alfabetismo de los guayaquileños con más de 10 años de edad.
- La salud mediante la disponibilidad de médicos y camas hospitalarias.

El índice CAPECO o índice de Capacidad Económica tiene en cuenta:

- La condición de ocupación de los perceptores de ingresos.
- Los años de escolaridad aprobados en el sistema de enseñanza formal.

Este indicador se basa en el supuesto de la estrecha relación entre el nivel educativo con los ingresos de las personas, se parte del supuesto de que a mayor nivel de educación, mayores serán los ingresos percibidos y por otro lado se argumenta que la combinación de altas tasas de dependencia con bajos niveles de educación en el hogar, resultan en insuficiencia de ingresos para atender las necesidades de los miembros del hogar. (INTERAGUA, 2010)

Tabla 3.1 Capacidad económica de la población por rangos de indicadores

CAPACIDAD ECONÓMICA	RANGO ÍNDICE CAPECO
Muy baja	Menos de 3
Baja	De 3 a 4.5
Media	De 4.5 a 6
Media alta	De 6 a 7.5
Alta	Más de 7.5

Fuente: (Softland S.A., 2006)

El análisis por Zonas de Planificación Urbana, presentado en el informe, refleja que la parroquia Pascuales, a la que pertenece Flor de Bastión, tiene un 42.82% de población con NBI y un índice de CAPECO correspondiente a 2.72.

Para mayor profundidad de análisis, la Municipalidad de Guayaquil a través de la Dirección de Acción Social y Educación, efectuó una división de la ciudad tomando como unidades geográficas básicas subsectores catastrales, hoy identificados como sectores Urbanos, agrupados en 32 áreas de desarrollo social: 15 calificadas como áreas no consolidadas o populares y 17 áreas consolidadas.

Las áreas consolidadas son las que cuentan con infraestructura y servicios básicos: red y/o servicio de agua potable, sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, y servicio de provisión de energía eléctrica. Las áreas no consolidadas son las que carecen, o disponen en forma insuficiente, de alguno de los servicios básicos indicados anteriormente.

Tabla 3.2 Áreas de desarrollo social no consolidadas o populares, Población NBI, índice CAPECO

ÁREAS DE DESARROLLO SOCIAL	ZONA DE PLANIFICACIÓN URBANA	POBLACIÓN NBI %	ÍNDICE CAPECO
Batallón	Oeste	26.5	2.95
Cisne II	Oeste	28.5	2.95
Bastión	Pascuales	34.9	2.53
Flor de Bastión	Pascuales	54.2	2.40
Fortín	Pascuales	52.7	2.58
Inmaconsa	Pascuales	32.4	3.06
Pascuales	Pascuales	32	2.60

ÁREAS DE DESARROLLO SOCIAL	ZONA DE PLANIFICACIÓN URBANA	POBLACIÓN NBI %	ÍNDICE CAPECO
Vergeles	Pascuales	28	4.27
Trinitaria	Sur	49.2	2.73
Fertisa	Sur	28.7	3.10
Guasmo	Sur	30.3	2.86
Km 8 y medio	Norte	32.3	3.38
Mapasingue	Norte	25.7	3.65
Prosperina	Norte	27.9	3.22
Nueva Prosperina	Chongón	51.9	2.89

Fuente: (Softland S.A., 2006)

De acuerdo con ésta clasificación, Flor de Bastión corresponde a las áreas de desarrollo social no consolidadas. Siendo Flor de Bastión, como se muestra en la tabla 3.2, el área más crítica con un 54.2% de población con NBI y un índice de CAPECO correspondiente a 2.4.

3.1.6 SERVICIOS BÁSICOS

En la actualidad el Área Norte del Sector 3 dispone de la dotación de los siguientes servicios básicos:

Tabla 3.3 Dotación de Servicios Básicos en el Área Norte del Sector 3

(Recopilación de información de distintas fuentes)

DOTACIÓN DE SERVICIOS BÁSICOS	
AGUA POTABLE	Según el plan maestro del 2010 el 90% de los moradores obtienen el líquido vital por el sistema instalado por INTERAGUA y el 10% restante a través de tanqueros.
ENERGÍA ELECTRICA	Proporcionada en un 100% por la Corporación Nacional de Electricidad.
RECOLECCION DE DESECHOS	Este servicio esta disponible solo a lo largo de las principales vías de acceso, proporcionado por Puerto Limpio – Municipalidad de Guayaquil.
SERVIVIOS DE TELEFONIA CONVENCIONAL	Suministrada por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones.
ALCANTARILLADO SANITARIO	De manera parcial, en ciertas cooperativas INTERAGUA está trabajando con las instalaciones del sistema de alcantarillado, mientras en otras utilizan pozos sépticos.
ALCANTARILLADO PLUVIAL	Solo las vías principales cuentan con este servicio (Calles: Modesto Luque y Marcel Laniado, Vía Perimetral).

3.2 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

Una proyección poblacional es un cálculo que representa el crecimiento aproximado previsto en el número de habitantes de un lugar para un año futuro dado. Existen diferentes métodos para el cálculo de la proyección futura de la población a partir de modelos de crecimiento y lo recomendable

es emplearlos según el modelo al que se ajusta el comportamiento de la población respecto del tiempo. (CRI-UAEMéx)

En este caso el sistema troncal del diseño pluvial del proyecto se lo hará considerando un período de retorno de 10 años por lo que es necesario contar con los datos de la cantidad de habitantes y familias beneficiadas con este proyecto a la presente fecha, además de una estimación del número de habitantes que tendremos en estas zonas y sectores después de 10 años.

3.2.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

El Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) es el organismo encargado de recopilar las características demográficas de la población, así como también la información correspondiente a los matices sociales y económicos de los habitantes del Ecuador.

La información más reciente a la que se pudo referir para el presente estudio, es la correspondiente al Censo de población y vivienda realizado el año 2010. Esta última, sumada a la publicación sobre estadísticas y censos levantada en el año 2001, nos permite presentar el Anexo D con el detalle de datos poblacionales correspondientes al Área Norte del Sector 3, subdividida en zonas y sectores catastrales y diferenciados por sexo.

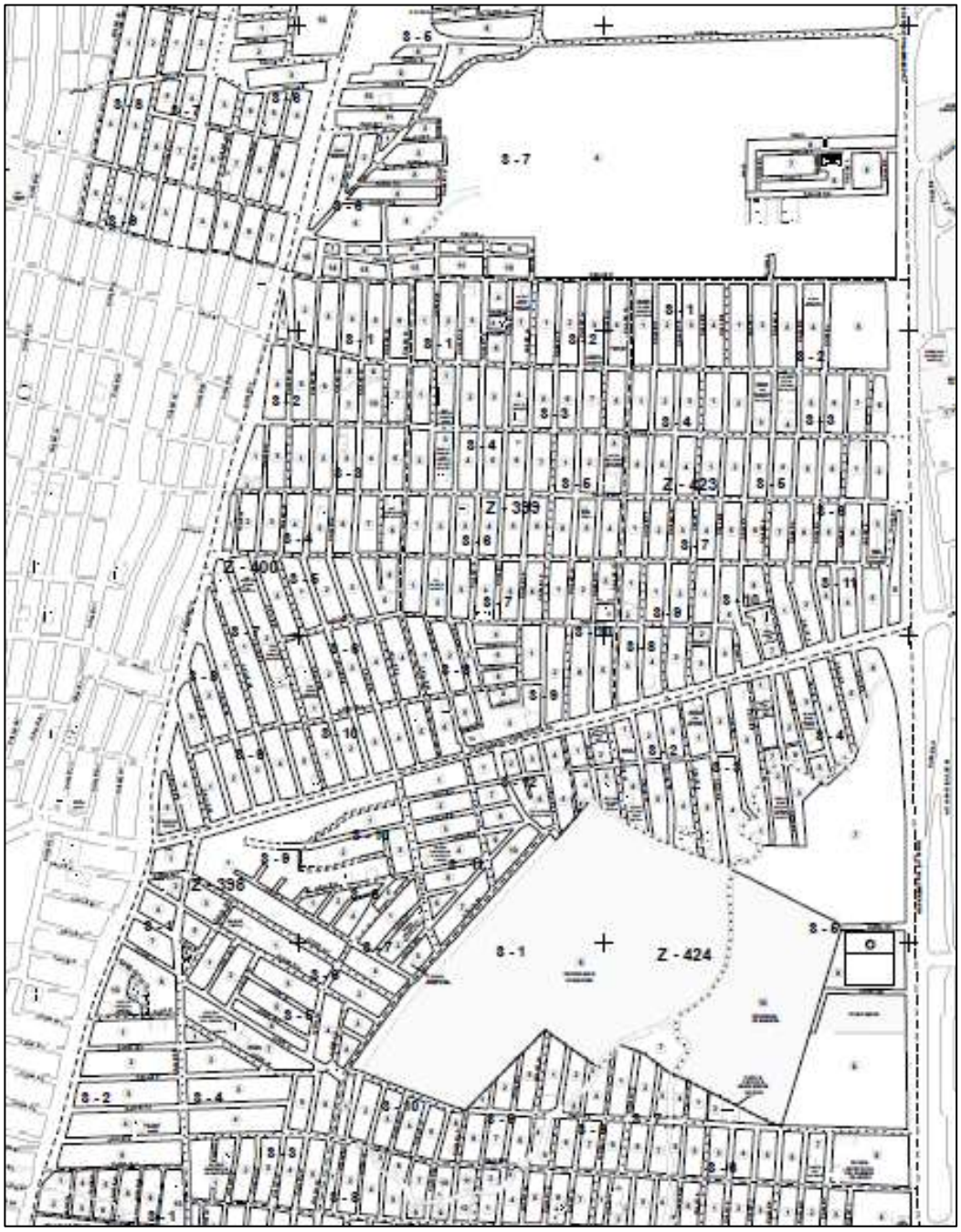


Ilustración 3.4 Subdivisión de zonas y sectores catastrales en el Sector 3

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2010)

3.2.2 METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA

Existen algunos métodos utilizados para calcular la proyección poblacional, entre los cuales están los:

- Métodos Gráficos.
- Métodos Matemáticos

3.2.2.1 MÉTODOS GRÁFICOS

Los métodos gráficos, debido a su simplicidad, son los usados con mayor frecuencia para predecir el crecimiento de la población. Consiste en extrapolar toda la información disponible de censos a través del tiempo. Una vez que se ha dibujado la curva, se extiende la misma hasta el año en que se desea conocer el número de habitantes. La debilidad de este método es el asumir implícitamente que las relaciones que han existido en el pasado, continuarán en el futuro en igual intensidad.

- Proyección Aritmética: se utiliza la escala aritmética en los dos ejes del plano cartesiano y se unen todos los puntos adyacentes con una línea recta.
- Proyección Geométrica: se utiliza la escala aritmética en el eje de las x (tiempo) y la escala logarítmica en el eje de las Y (población). De igual manera, una línea recta servirá para unir los puntos disponibles.

3.2.2.2 MÉTODOS MATEMÁTICOS

El uso de ecuaciones matemáticas supone el hecho que el crecimiento de la población a través de los años representa algún tipo de relación matemática identificable. Encontramos los siguientes:

- Aritmética o Crecimiento Constante: esta relación asume que el crecimiento de la población a lo largo del tiempo permanece constante. El método esta relacionando con la proyección aritmética descrita en la sección 3.2.2.1 la ecuación general es la siguiente:

$$P_f = P_i + R(T_f - T_i) \tag{3.1}$$

En donde:

$P_f \equiv$ Población proyectada/final al tiempo T_f (número de habitantes)

$P_i \equiv$ Población actual en el tiempo T_i (número de habitantes)

$R \equiv$ Tasa de crecimiento o el incremento de población anual (número de habitantes/año)

$T_f \; y \; T_i \equiv$ Años final e inicial, respectivamente (años)

- Geométrico o Crecimiento Proporcional: este método asume que el crecimiento a la población a lo largo del tiempo es proporcional a la población existente en un tiempo t. El método está relacionado con la proyección geométrica descrita en la sección 3.2.2.1. La integración de la curva nos da la siguiente ecuación:

$$P_f = P_i * e^{R(T_f - T_i)} \quad (3.2)$$

En donde

$e \equiv$ Base del logaritmo natural

- Método Logístico: este método establece que el crecimiento de la población ocurre en dos ciclos. En el primer ciclo, el crecimiento de la población empieza muy lentamente, pero el incremento absoluto en el número de habitantes por unidad de tiempo es constante hasta el final del período. En el segundo ciclo, el incremento absoluto en el número de habitantes por unidad de tiempo empieza a decrecer hasta que la población permanece estable.
- Método Logarítmico: supone que el crecimiento de la población es de tipo exponencial. La mejor manera de representar los crecimientos de población es en un gráfico semilogarítmico.

3.2.3 PROYECCIÓN POBLACIONAL

La proyección poblacional permitirá estimar el número de habitantes que se beneficiarán con la ejecución del presente proyecto considerado un periodo de diseño de 30 años por tratarse de una obra de drenaje pluvial.

Tal como se indicó en la sección 3.2.1 la información más fresca data del año 2010, por lo que los resultados detallados a continuación fueron calculados hacia el año 2042.

Se ha considerado evaluar las proyecciones por medio de los Métodos Aritméticos y Geométricos ya que en base a la información disponible estos representan los métodos más eficaces para el desarrollo de las proyecciones.

3.2.3.1 CÁLCULO DE LA POBLACIÓN PROYECTADA

3.2.3.1.1 MÉTODO ARITMÉTICO

TASA DE CRECIMIENTO 2001- 2010

$P_f = 18278$ $\quad P_f = P_i + R\,(T_f - T_i)$

$P_i = 16633$ $\quad 18278 = 16633 + R(2010 - 2001)$

$T_f = 2010$ $\quad R = \frac{18278-16633}{(2010-2001)}$

$T_i = 2001$ $\quad R = 182.78$

PROYECCIÓN POBLACIONAL AL 2042

$P_f = ?$ $\quad P_f = P_i + R\,(T_f - T_i)$

$P_i = 27048$ $\quad P_f = 18278 + 182.78(2042 - 2010)$

$T_f = 2042$ $\quad \boldsymbol{P_f = 24127}$

$T_i = 2010$

3.2.3.1.2 MÉTODO GEOMÉTRICO

TASA DE CRECIMIENTO 2001- 2010

$P_f = 18278$ $\quad P_f = P_i * e^{R\,(Tf-Ti)}$

$P_i = 16633$ $\quad 18278 = 16633e^{R\,(2010-2001)}$

$T_f = 2010$ $\quad R = \frac{\ln(1{,}0989)}{9}$

$T_i = 2001$ $\quad R = 0.01048$

PROYECCIÓN POBLACIONAL AL 2042

$P_f = ?$ $\quad P_f = P_i * e^{R\,(Tf-Ti)}$

$P_i = 18278$ $\quad P_f = 18278 * e^{0.01048(2042-2010)}$

$T_f = 2042$ $\quad \boldsymbol{P_f = 25561}$

$T_i = 2010$

De los resultados presentados se estableció para el presente estudio la selección de la proyección proporcionada por el Método Aritmético o de Crecimiento Constante, cuya cifra final determina que para el horizonte del proyecto, el número de habitantes en el Área Norte del Sector 3 que habrá sido beneficiada con el diseño del sistema de drenaje de aguas lluvias será de 24,127 personas.

3.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico del Sector en estudio fue realizado por CONSULNAC Cía. Ltda., consultora contratada por la M.I. Municipalidad de Guayaquil, tuvo como objetivo establecer las formas del relieve (curvas de nivel), detalles de retiros, líneas de fábricas e infraestructura existente, en particular de los servicios básicos (cajas, cámaras, sumideros, postes), con el

propósito de que estén debidamente representados en los planos y considerados tanto en los diseños viales como de drenaje.

La consultora efectuó el levantamiento planimétrico y altimétrico de las calles que se encuentran en terreno natural, pavimentadas y en mal estado, además de las calles, correspondientes a este Sector, que no constan en el plano de la ciudad de Guayaquil y que se encuentran también en terreno natural. Este trabajo fue realizado entre los meses de abril y julio del año 2011.

De manera complementaria se realizó el levantamiento topográfico en los tramos de calles donde existen canales de drenaje naturales, indicando todos los detalles para efectos de sus diseños.

Para agilitar el trabajo y debido a lo extenso del Sector se emplearon dos equipos topográficos completos. El levantamiento se realizó con nivelación de ida y regreso, enlazándose a puntos de control del IGM e indicando BMs de referencia, lo cual se encuentra documentado en libretas de campo y cálculo. Se dispuso de referencias físicas con marcas de pintura roja en lo que se refiere al abscisaje de las vías (cada 20 metros) y la ubicación de los BMs.

FOTO 3.1 Referencias físicas con marcas de pintura roja

En los planos, producto del levantamiento, se indica detalles de ubicación y nombre de: iglesias, escuelas, colegios, centros de salud, estaciones de transporte urbano, gasolineras, cuarteles, fábricas, hoteles, moteles y cualquier otro punto de referencia importante que ayude a la descripción y ubicación del proyecto. Cada calle levantada, dibujada y diseñada consta en el plano con su respectivo nombre, de acuerdo a la nueva nomenclatura de calles de la ciudad de Guayaquil, incluyendo cada una de sus calles transversales.

3.3.1 EQUIPOS UTILIZADOS EN EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Los equipos utilizados se describen a continuación:

- Estación total SOKKIA 639 RK
- Estación total SOKKIA 520 K
- 2 Prismas Metálicos 30 mm offset tipo SOKKIA estándar para baliza estándar, plataforma metálica.
- 2 Trípode de Aluminio estándar ideal para NIVEL, ESTACION o TEODOLITO.
- Nivel topográfico SOKKIA C-22
- Cinta métrica de 50 m.

3.3.2 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DEL CAMPO

Comprende las siguientes fases:

- Descarga de la información almacenada en la Estación Total directamente al computador, para luego transformarla en formato TXT y organizarla en una planilla EXCEL.
- Ingresar los puntos en formato TXT al programa AUTODESK CIVIL 3D y ayudado con croquis dibujados en campo, se procede a la unión de los puntos del levantamiento topográfico, que van formando las calles, avenidas, parterres, líneas de fábricas, aceras, etc.

- Generar las curvas de nivel a cada metro y los perfiles longitudinales de las vías con cotas de terreno natural con su respectivo abscisado utilizando las herramientas del programa AUTODESK CIVIL 3D.

CAPÍTULO 4. DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL

4.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE

Como se indicó en el Capítulo 1, de las casi 151 ha que abarca el Sector 3, éste proyecto de tesis se enfoca en el diseño del drenaje superficial de las 89,4 ha que ocupa el Área Norte por tratarse del área de mayor extensión y variación topográfica.

Al realizar el diseño se tomaron en cuenta varios aspectos como la intensidad de lluvia, los canales naturales de agua, el área tributaria que llegaría a cada uno de los sumideros y colectores, además de aprovechar las pendientes con las que cuenta el terreno.

El primer paso fue identificar el recorrido natural de la escorrentía superficial y plantear el alineamiento del sistema de drenaje pluvial de acuerdo al mismo.

El sistema diseñado incluye los bordillos-cuneta, cunetas-badenes y canaletas que se encargarán de recibir la escorrentía a lo largo de las vías para luego introducir el flujo a los colectores principales constituidos por tuberías de PVC Novaloc con diámetros que varían desde 475 mm hasta 840

mm, ductos cajón de hormigón armado rectangulares y canales trapezoidales recubiertos de hormigón con taludes laterales de z=0,5 y secciones transversales variables.

En los perfiles presentados en los planos se especifican los colectores a utilizar en cada tramo con su respectiva cota de invert, sección, longitud y pendiente.

Considerando tanto la importancia del Sector como las obras de drenaje planteadas además de los daños y molestias que ocasionan las inundaciones, el sistema de colectores se proyectó para un escurrimiento con una probabilidad de ocurrencia de 10 años en el caso de las cuencas de mayor extensión, donde se utilizan canales -abiertos y ductos cajón, y una probabilidad de ocurrencia de 5 años para las cuencas pequeñas (menores a 10 ha), donde se utilizan tuberías de PVC, mientras que los elementos de menor capacidad como cunetas y canaletas se proyectaron para un tormenta con un período de retorno de 2 años.

Como lugares de descarga se buscaron puntos que se pudieran conectar con el sistema de drenaje existente tanto en la Modesto Luque como en la vía Perimetral el cual finalmente desfoga en el río Daule.

El diseño se realizó por medio de una hoja de cálculo (Anexo B), la cual tiene como parámetros de entrada las áreas de drenaje, longitud de cada tramo y las cotas de la rasante de la vía o borde superior del canal o ducto de

acuerdo al alineamiento establecido. La hoja de cálculo garantiza los criterios de diseño tales como velocidad mínima, velocidad máxima, relación de caudales, no existencia de flujo crítico y recubrimiento mínimo.

Para la comprobación de la capacidad hidráulica del diseño se utiliza como herramienta el software SWMM de la EPA, después de ingresar todos los parámetros determinados mediante la hoja de cálculo se realiza la simulación y mediante un proceso iterativo se llega al diseño mas apropiado.

4.1.1 ÁREA DE DRENAJE

Para delimitar las cuencas de drenaje de acuerdo al cauce natural se determinaron los puntos altos y bajos considerando tanto las cotas de rasante del proyecto vial como la superficie del terreno por medio del programa Civil3D y su herramienta waterdrop que permite ver la dirección que toma el agua de lluvia al caer a la superficie.

Otra herramienta muy útil para la visualización y delimitación de las cuencas, es realizar un análisis de la superficie mediante un modelo digital del terreno (MDT) en un software de Sistemas de Información Geográfica como lo es el ARCGIS (Ilustración 4.1).

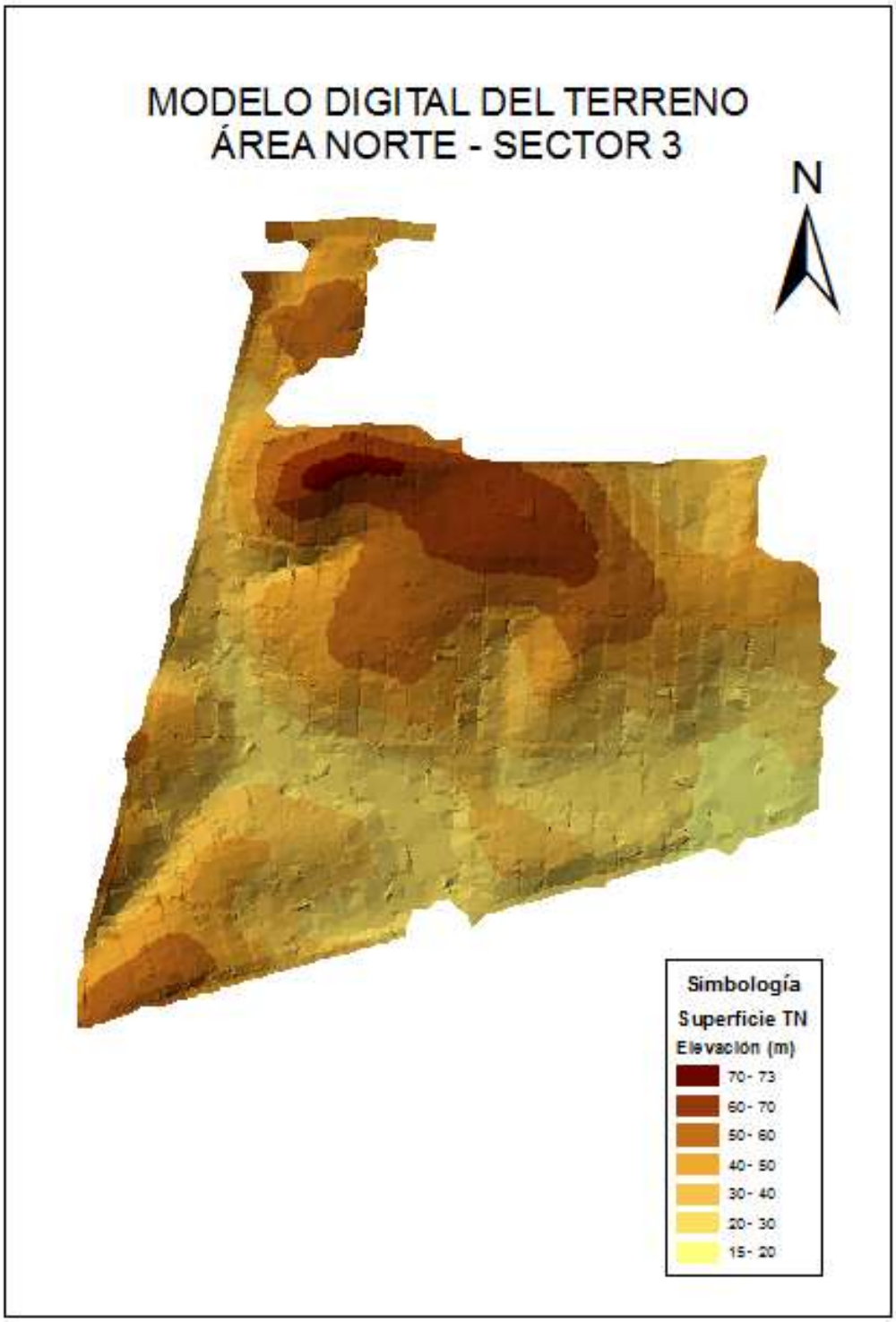


Ilustración 4.1 Modelo digital del terreno en ARCGIS

Se definieron 5 cuencas principales de drenaje como se detalla en la Tabla 4.1 y se ilustra en el Plano de Cuencas de Drenaje (Anexo A).

Tabla 4.1 Cuencas de drenaje del Proyecto

NOMBRE	EXTENSIÓN	DESCARGA
Cuenca A	5,15 ha	Canal natural hacia el norte del Proyecto
Cuenca B	2,27 ha	Vía de servicio que se conecta a la vía Perimetral
Cuenca C	5,02 ha	Cámara ubicada en la Modesto Luque
Cuenca D	83,02 ha	Ducto cajón que cruza la Modesto Luque
Cuenca E	17,27 ha	Cámara ubicada en la Modesto Luque

Luego se determinó la aportación que cada tramo de tubería o canal debía recolectar, éstas son las *áreas de drenaje o tributarias* representadas en el Plano de Áreas Tributarias y Dirección de la Escorrentía Superficial (Anexo A). Al inicio de un tramo, del primer pozo al segundo, se toma en cuenta el área tributaria que recolecta el primer pozo. A partir del segundo tramo, se toma en consideración su área tributaria más las áreas tributarias de los tramos anteriores.

Las áreas de drenaje utilizadas en el diseño tienen valores que varían entre 5.3 y 0.35 hectáreas.

Cabe anotar que existe una gran extensión de área fuera del perímetro del proyecto la cual drena hacia el área Norte del Sector 3 específicamente a la Cuenca D, desde las cooperativas ubicadas al Oeste del Poliducto. La suma de éstas áreas de drenaje es de aproximadamente 38 hectáreas.

4.1.2 INTENSIDAD DE LLUVIA

Como se expuso en la sección 2.2.2 las curvas Intensidad Duración Frecuencia de la ciudad de Guayaquil (Gráfico 6.1) fueron determinadas en el año 2006, mediante el Plan Maestro de Aguas Lluvias de INTERAGUA.

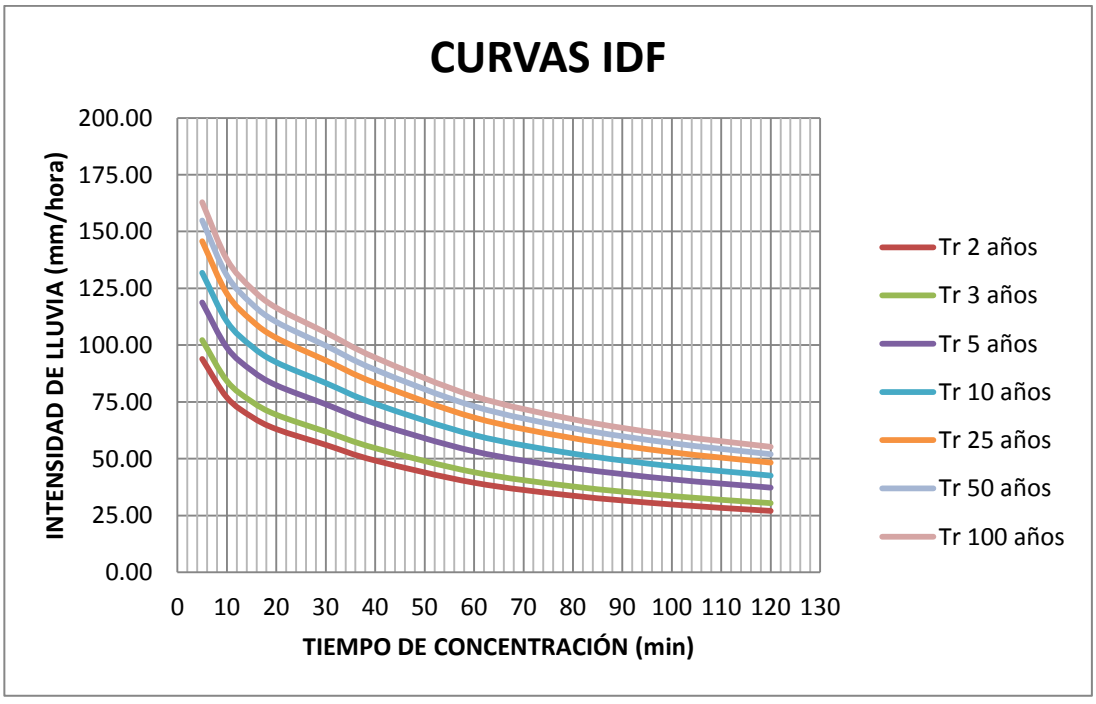


Gráfico 4.1 Curvas IDF Guayaquil

La intensidad de lluvia se determinó con las ecuaciones pluviométricas calculadas para períodos de retorno de 2, 5 y 10 años, dependiendo del tiempo de concentración de la siguiente manera:

$$I_{2\text{años}} = \frac{149.2}{t_c^{0.2877}} \text{ para } t_c < 34min \quad (4.1)$$

$$I_{2\text{años}} = \frac{367.4}{t_c^{0.5452}} \text{ para } 34\text{min} < t_c < 120min \quad (4.2)$$

$$I_{5\text{años}} = \frac{181,8}{t_c^{0.2645}} \text{ para } t_c < 34min \quad (4.3)$$

$$I_{5\text{años}} = \frac{438,1}{t_c^{0.5148}} \text{ para } 34\text{min} < t_c < 120min \quad (4.4)$$

$$I_{10\text{años}} = \frac{199.1}{t_c^{0.2562}} \text{ para } t_c < 34min \quad (4.5)$$

$$I_{10\text{años}} = \frac{477.9}{t_c^{0.5052}} \text{ para } 34\text{min} < t_c < 120min \quad (4.6)$$

4.1.3 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración está compuesto por la suma del tiempo de entrada y el tiempo de recorrido en el colector.

El tiempo de entrada corresponde al tiempo requerido para que la escorrentía llegue al sumidero o canal y se calculó con la fórmula de Kirpich (ecuación 2.1) utilizando como datos la distancia al punto más alejado y la pendiente entre ese punto más alejado y el sumidero o inicio de canal.

El tiempo de recorrido, asociado con el tiempo de viaje o tránsito del agua dentro del colector, se calculó con la expresión: $t_t = \frac{L_c}{60 \cdot V}$, la cual es equivalente a la ecuación 2.3 expresada en minutos.

Para tramos iniciales se consideró un mínimo tiempo de concentración de 5 minutos por tratarse de una zona residencial densamente poblada y con grandes pendientes.

4.1.4 CÁLCULO DE CAUDAL

Los caudales pluviales tanto para colectores como para canales se determinaron por el Método Racional (ecuación 2.6). Por éste método el caudal pico de aguas lluvias se calcula con base en la intensidad del evento de precipitación con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de escorrentía.

En este caso el coeficiente de escorrentía tiene un valor de 0,6 y corresponde a una zona residencial con casas contiguas (c1=0,7), patios sin revestir con pendientes mayores a 7% (c2=0,25) y vías pavimentadas (c3=0,9). El coeficiente fue determinado considerando las áreas proporcionales a cada superficie con la ecuación 2.4:

$$C = \frac{c_1 a_1}{A} + \frac{c_2 a_2}{A} + \frac{c_3 a_3}{A}$$

$$C = \frac{0{,}7 * 46{,}8\text{ha}}{89{,}4\text{ha}} + \frac{0{,}25 * 25{,}2\text{ha}}{89{,}4\text{ha}} + \frac{0{,}9 * 17{,}4\text{ha}}{89{,}4\text{ha}}$$

$$C \approx 0{,}6$$

Una vez conocido el caudal pluvial o de diseño, adoptando una pendiente, coeficiente de rugosidad (Tabla 2.2, dependiendo del material del colector) y sección transversal, con la ayuda de la fórmula de Manning (ecuación 2.2) se determina el caudal capaz de ser transportado por la tubería o canal.

4.1.4.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN - ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

Con la finalidad de determinar el área por la que puede fluir libremente el caudal de aguas lluvias hasta alcanzar una altura máxima sin ocasionar efectos adversos en la población, se estableció la sección transversal disponible de las vías y el caudal que soporta gracias a las pendientes fuertes propias del terreno.

Uno de los efectos adversos que genera la presencia de agua sobre la superficie de rodadura es el fenómeno de hidroplaneo y ocurre cuando una lámina continua de agua (y > 5 mm) queda involucrada en la interacción entre los neumáticos y el pavimento causando una disminución del poder de adherencia de las ruedas y el deslizamiento incontrolado del vehículo sobre la superficie húmeda.

El caudal que escurre en la corona corresponde sólo a la precipitación caída directamente sobre la proyección horizontal de ella, pues los flujos de agua

provenientes de techos, aceras y demás áreas deben ser interceptados mediante las cunetas antes de llegar a la vía.

El área tributaria máxima estará dada por la suma de caudales admisibles en la corona y la cuneta considerando las variaciones de la pendiente longitudinal de las vías, el coeficiente de escorrentía y la intensidad correspondiente a un T_r = 2 años y t_c = 5 min.

En el caso de la superficie de rodadura, la trayectoria de una gota de agua que cae (L_R) queda definida por una línea que depende de las pendientes superficiales. Al caer el agua, el espesor de la película (y) va aumentando hasta que alcanza el borde del pavimento o un dispositivo de drenaje y se lo puede determinar con ecuaciones o modelos de predicción.

El presente estudio se vale del método empírico del Road Research Laboratory para la determinación del espesor:

$$y = 0.0474 \frac{\sqrt{L_R * I}}{S_R^{0.2}}$$

Donde:

y ≡ Espesor de la película de agua al final de la trayectoria de flujo (mm)

L_R ≡ Longitud resultante de la trayectoria de flujo (m)

I ≡ Intensidad de la lluvia (mm/h)

S_R ≡ Pendiente resultante, $S_R = \sqrt{S_L^2 + S_x^2}$ (m/m)

S_L ≡ Pendiente longitudinal (m/m)

S_x ≡ Pendiente transversal de la corona (m/m)

La longitud resultante de la trayectoria de flujo se obtiene con la siguiente ecuación:

$$L_R = W\sqrt{1 + \frac{S_L{}^2}{S_x}}$$

Donde:

W ≡ Ancho de la corona con pendiente transversal constante (m)

La orientación de la trayectoria de flujo, es decir el ángulo (α) entre la pendiente transversal de la vía y la pendiente resultante, está dada por:

$$\mathrm{Tan}\alpha = \frac{S_L}{S_x}$$

Los datos empleados en el cálculo de caudal fluyendo en la superficie de rodadura fueron los siguientes:

- Bombeo de las vías: 2.5%
- Ancho de un carril (sin cuneta): 2.4 m

- Coeficiente de manning: 0.015 (calzada de hormigón asfáltico)
- Coeficiente de escorrentía: 0.60
- Intensidad de lluvia: 93.90 mm/h

La suma de los caudales obtenidos en la superficie de rodadura y la cuneta corresponde al caudal que fluye por un solo carril por lo que el área tributaria obtenida se debe multiplicar por dos para determinar el área total tributaria máxima en la vía.

Los resultados incluyendo el caudal que circula tanto por la corona como por la cuneta seleccionada en el diseño (sección 4.1.5.1) se muestran en la tabla 4.2 para pendientes longitudinales variables.

Tabla 4.2 Cálculo de áreas tributarias máximas para cunetas

S_L	Sx	S_R	W (m)	$L_{R\ (m)}$	α (°)	$y_{lámina\ de\ agua}$ (m)	A_{corona} (m^2)	P_{corona} (m)	Q_{corona} (m^3/s)	A_{cuneta} (m^2)	P_{cuneta} (m)	Q_{cuneta} (m^3/s)	$Q_{vía}$ (m^3/s)	$A_{drenada\ parcial}$ (ha)	$A_{drenada\ total}$ (ha)
1,00%	0,025	0,027	2,40	2,58	21,80	0,0015	4,6E-05	0,062	4,2E-06	0,069	0,849	0,1076	0,1076	0,688	1,375
2,00%	0,025	0,032	2,40	3,07	38,66	0,0016	5,1E-05	0,066	5,2E-06	0,069	0,849	0,1524	0,1524	0,974	1,947
3,00%	0,025	0,039	2,40	3,75	50,19	0,0017	5,8E-05	0,070	6,7E-06	0,069	0,850	0,1869	0,1869	1,194	2,388
4,00%	0,025	0,047	2,40	4,53	57,99	0,0018	6,5E-05	0,074	8,6E-06	0,069	0,850	0,2161	0,2161	1,381	2,761
5,00%	0,025	0,056	2,40	5,37	63,43	0,0019	7,2E-05	0,078	1,1E-05	0,069	0,850	0,2419	0,2419	1,546	3,091
6,00%	0,025	0,065	2,40	6,24	67,38	0,0020	7,9E-05	0,081	1,3E-05	0,069	0,850	0,2653	0,2653	1,695	3,390
7,00%	0,025	0,074	2,40	7,14	70,35	0,0021	8,5E-05	0,085	1,6E-05	0,069	0,850	0,2869	0,2869	1,833	3,666
8,00%	0,025	0,084	2,40	8,05	72,65	0,0021	9,2E-05	0,088	1,8E-05	0,069	0,850	0,3070	0,3070	1,962	3,923
9,00%	0,025	0,093	2,40	8,97	74,48	0,0022	9,8E-05	0,091	2,1E-05	0,069	0,850	0,3259	0,3260	2,083	4,165
10,00%	0,025	0,103	2,40	9,90	75,96	0,0023	1,0E-04	0,093	2,4E-05	0,069	0,850	0,3439	0,3439	2,197	4,395
11,00%	0,025	0,113	2,40	10,83	77,20	0,0023	1,1E-04	0,096	2,7E-05	0,069	0,850	0,3610	0,3610	2,307	4,613
12,00%	0,025	0,123	2,40	11,77	78,23	0,0024	1,1E-04	0,098	3,0E-05	0,069	0,850	0,3773	0,3773	2,411	4,822
13,00%	0,025	0,132	2,40	12,71	79,11	0,0025	1,2E-04	0,101	3,3E-05	0,069	0,850	0,3930	0,3931	2,512	5,023
14,00%	0,025	0,142	2,40	13,65	79,88	0,0025	1,3E-04	0,103	3,6E-05	0,070	0,850	0,4082	0,4082	2,608	5,216
15,00%	0,025	0,152	2,40	14,60	80,54	0,0026	1,3E-04	0,105	3,9E-05	0,070	0,850	0,4228	0,4228	2,702	5,403
16,00%	0,025	0,162	2,40	15,55	81,12	0,0026	1,4E-04	0,107	4,3E-05	0,070	0,850	0,4369	0,4370	2,792	5,584
17,00%	0,025	0,172	2,40	16,50	81,63	0,0027	1,4E-04	0,109	4,6E-05	0,070	0,851	0,4507	0,4507	2,880	5,760
18,00%	0,025	0,182	2,40	17,45	82,09	0,0027	1,5E-04	0,111	5,0E-05	0,070	0,851	0,4640	0,4641	2,965	5,930

4.1.5 ELEMENTOS DEL SISTEMA

4.1.5.1 BORDILLOS – CUNETA

A lo largo de todas las vías se construirán bordillos – cuneta de hormigón con sección transversal en V y capacidad hidráulica adecuada para transportar longitudinalmente el agua de lluvia que cae y escurre sobre la calzada, durante un evento de lluvia, hasta ingresar al sistema de drenaje mediante un sumidero.

Para la comprobación tanto de la capacidad hidráulica como de la longitud máxima que debe recorrer la escorrentía superficial antes de ingresar al sistema, se generan dos ábacos.

Como primer paso se selecciona una sección transversal la cual estará sujeta a comprobación y modificaciones hasta obtener una sección que cumpla con los requerimientos del diseño.

Una vez seleccionada la sección transversal, se establecen los parámetros como intensidad de lluvia, coeficiente de escorrentía, rugosidad y área aferente a la cuneta para luego determinar la longitud máxima entre sumideros y el caudal hidrológico variando el ancho característico del área aferente y la pendiente longitudinal de la cuneta como se muestra en la Tabla 4.3.

La sección que cumple con todos los requisitos se muestra en la Ilustración 4.2 y tiene pendientes transversales de 3H:1V del lado de la vía y 0.25H:1V del lado del bordillo.

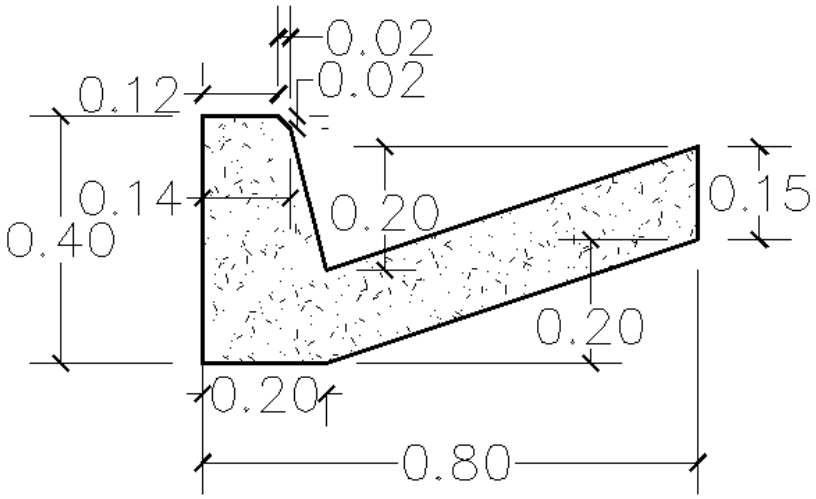


Ilustración 4.2 Sección transversal de la cuneta seleccionada

(Medidas en metros)

Los parámetros utilizados en los cálculos se enlistan a continuación:

- Intensidad de lluvia: 93.90 mm/h
- Coeficiente de escorrentía: 0.6
- Coeficiente de Manning (rugosidad): 0.012 (hormigón con buen acabado)
- Ancho característico: 30 – 70 m
- Pendiente Longitudinal: 1 – 18% (igual a rasante)

Tabla 4.3 Cálculos de longitud y caudal hidrológico para la cuneta seleccionada

B (m)	30		35		40		45		50		55		60		65		70	
S (%)	L (m)	Q (m3/s)	L (m)	Q (m3/s)	L (m)	Q (m3/s)	L (m)	Q (m3/s)	L (m)	Q (m3/s)	L (m)	Q (m3/s)	L (m)	Q (m3/s)	L (m)	Q (m3/s)	L (m)	Q (m3/s)
1,00%	209,56	0,10	179,62	0,10	157,17	0,10	139,71	0,10	125,74	0,10	114,31	0,10	104,78	0,10	96,72	0,10	89,81	0,10
2,00%	296,36	0,14	254,03	0,14	222,27	0,14	197,58	0,14	177,82	0,14	161,65	0,14	148,18	0,14	136,78	0,14	127,01	0,14
3,00%	362,97	0,17	311,12	0,17	272,23	0,17	241,98	0,17	217,78	0,17	197,98	0,17	181,48	0,17	167,52	0,17	155,56	0,17
4,00%	419,12	0,20	359,25	0,20	314,34	0,20	279,41	0,20	251,47	0,20	228,61	0,20	209,56	0,20	193,44	0,20	179,62	0,20
5,00%	468,59	0,22	401,65	0,22	351,44	0,22	312,39	0,22	281,15	0,22	255,59	0,22	234,30	0,22	216,27	0,22	200,82	0,22
6,00%	513,31	0,24	439,98	0,24	384,99	0,24	342,21	0,24	307,99	0,24	279,99	0,24	256,66	0,24	236,91	0,24	219,99	0,24
7,00%	554,44	0,26	475,24	0,26	415,83	0,26	369,63	0,26	332,67	0,26	302,42	0,26	277,22	0,26	255,90	0,26	237,62	0,26
8,00%	592,73	0,28	508,05	0,28	444,54	0,28	395,15	0,28	355,64	0,28	323,30	0,28	296,36	0,28	273,57	0,28	254,03	0,28
9,00%	628,68	0,30	538,87	0,30	471,51	0,30	419,12	0,30	377,21	0,30	342,92	0,30	314,34	0,30	290,16	0,30	269,43	0,30
10,00%	662,69	0,31	568,02	0,31	497,02	0,31	441,79	0,31	397,61	0,31	361,47	0,31	331,34	0,31	305,86	0,31	284,01	0,31
11,00%	695,03	0,33	595,74	0,33	521,27	0,33	463,35	0,33	417,02	0,33	379,11	0,33	347,52	0,33	320,78	0,33	297,87	0,33
12,00%	725,94	0,34	622,23	0,34	544,45	0,34	483,96	0,34	435,56	0,34	395,97	0,34	362,97	0,34	335,05	0,34	311,12	0,34
13,00%	755,58	0,36	647,64	0,36	566,68	0,36	503,72	0,36	453,35	0,36	412,13	0,36	377,79	0,36	348,73	0,36	323,82	0,36
14,00%	784,10	0,37	672,09	0,37	588,08	0,37	522,73	0,37	470,46	0,37	427,69	0,37	392,05	0,37	361,89	0,37	336,04	0,37
15,00%	811,62	0,38	695,68	0,38	608,72	0,38	541,08	0,38	486,97	0,38	442,70	0,38	405,81	0,38	374,59	0,38	347,84	0,38
16,00%	838,24	0,39	718,49	0,39	628,68	0,39	558,83	0,39	502,94	0,39	457,22	0,39	419,12	0,39	386,88	0,39	359,25	0,39
17,00%	864,04	0,41	740,60	0,41	648,03	0,41	576,03	0,41	518,42	0,41	471,29	0,41	432,02	0,41	398,79	0,41	370,30	0,41
18,00%	889,09	0,42	762,08	0,42	666,82	0,42	592,73	0,42	533,45	0,42	484,96	0,42	444,54	0,42	410,35	0,42	381,04	0,42

Con los resultados de la Tabla 4.3 se elabora el primer ábaco de diseño que corresponde al Gráfico 4.2 Caudal hidrológico vs. Longitud de cuneta, el cual nos facilita determinar la distancia máxima de cuneta a partir del ancho aferente y caudal hidrológico.

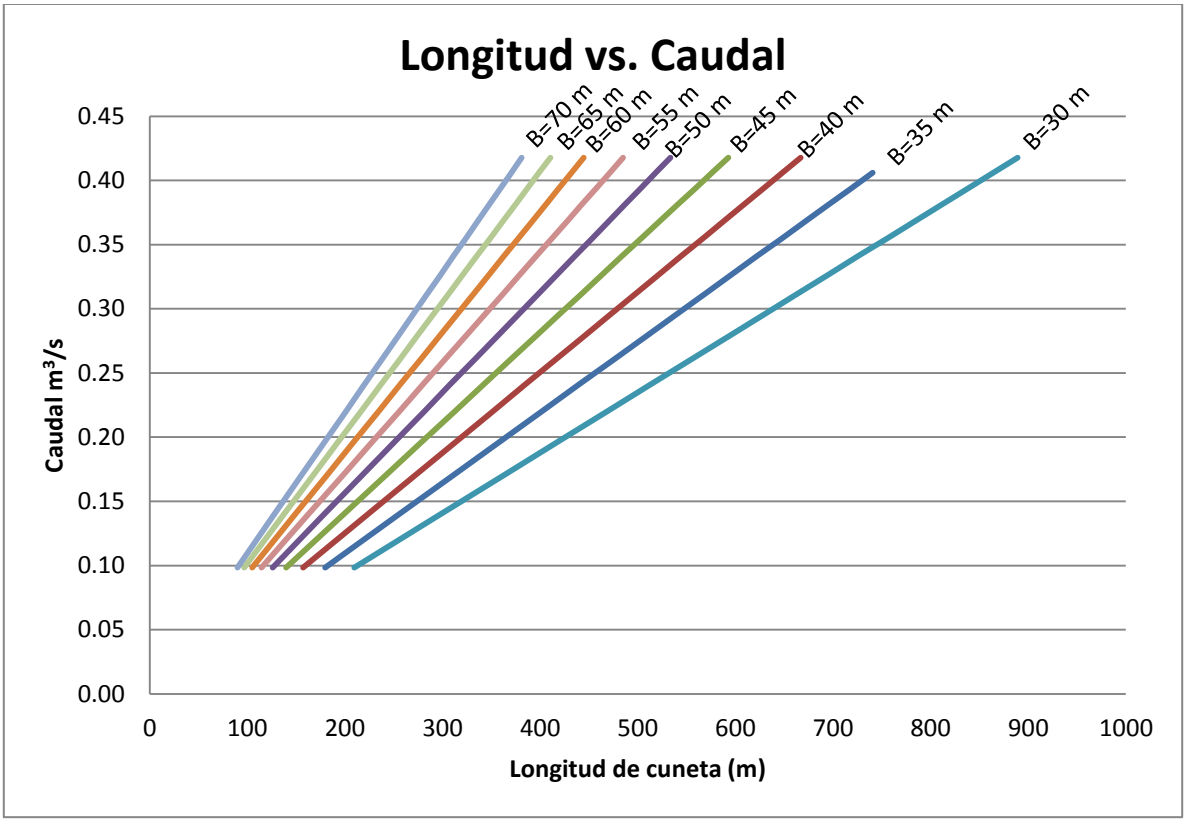


Gráfico 4.2 Caudal hidrológico vs Longitud de cuneta

Recurriendo a los mismos parámetros utilizados en el cálculo de longitud de la cuneta se determina la velocidad de evacuación de la escorrentía superficial y el caudal hidráulico de la sección para diferentes alturas hidráulicas y pendientes longitudinales como se observa en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Cálculo de la velocidad y caudal hidráulico para la cuneta seleccionada

S (%)		2,00%		4,00%		6,00%		8,00%		10,00%		12,00%		14,00%		16,00%		18,00%	
y (m)	A (m^2)	V (m/s)	Q (m3/s)	V (m/s)	Q (m3/s)	V (m/s)	Q (m3/s)	V (m/s)	Q (m3/s)	V (m/s)	Q (m3/s)	V (m/s)	Q (m3/s)	V (m/s)	Q (m3/s)	V (m/s)	Q (m3/s)	V (m/s)	Q (m3/s)
0,02	0,001	0,46	0,000	0,65	0,000	0,80	0,001	0,92	0,001	1,03	0,001	1,13	0,001	1,22	0,001	1,31	0,001	1,38	0,001
0,04	0,003	0,73	0,002	1,04	0,003	1,27	0,003	1,47	0,004	1,64	0,004	1,79	0,005	1,94	0,005	2,07	0,005	2,20	0,006
0,05	0,004	0,85	0,003	1,20	0,005	1,47	0,006	1,70	0,007	1,90	0,008	2,08	0,008	2,25	0,009	2,40	0,010	2,55	0,010
0,06	0,006	0,96	0,006	1,36	0,008	1,66	0,010	1,92	0,011	2,15	0,013	2,35	0,014	2,54	0,015	2,72	0,016	2,88	0,017
0,08	0,010	1,16	0,012	1,64	0,017	2,01	0,021	2,33	0,024	2,60	0,027	2,85	0,030	3,08	0,032	3,29	0,034	3,49	0,036
0,10	0,016	1,35	0,022	1,91	0,031	2,34	0,038	2,70	0,044	3,02	0,049	3,31	0,054	3,57	0,058	3,82	0,062	4,05	0,066
0,12	0,023	1,52	0,036	2,16	0,050	2,64	0,062	3,05	0,071	3,41	0,080	3,73	0,087	4,03	0,094	4,31	0,101	4,57	0,107
0,14	0,032	1,69	0,054	2,39	0,076	2,93	0,093	3,38	0,108	3,78	0,120	4,14	0,132	4,47	0,142	4,78	0,152	5,07	0,161
0,15	0,037	1,77	0,065	2,50	0,091	3,06	0,112	3,54	0,129	3,95	0,145	4,33	0,158	4,68	0,171	5,00	0,183	5,31	0,194
0,16	0,042	1,85	0,077	2,61	0,109	3,20	0,133	3,69	0,154	4,13	0,172	4,52	0,188	4,88	0,203	5,22	0,217	5,54	0,230
0,18	0,053	2,00	0,105	2,82	0,149	3,46	0,182	3,99	0,210	4,47	0,235	4,89	0,258	5,28	0,278	5,65	0,297	5,99	0,315
0,20	0,065	2,14	0,139	3,03	0,197	3,71	0,241	4,28	0,279	4,79	0,311	5,25	0,341	5,67	0,368	6,06	0,394	6,43	0,418

Con los resultados obtenidos de la Tabla 4.4 se elabora el segundo ábaco de diseño que corresponde al Gráfico 4.3 Caudal hidráulico vs. Velocidad para diferentes pendientes longitudinales y profundidades hidráulicas de la cuneta.

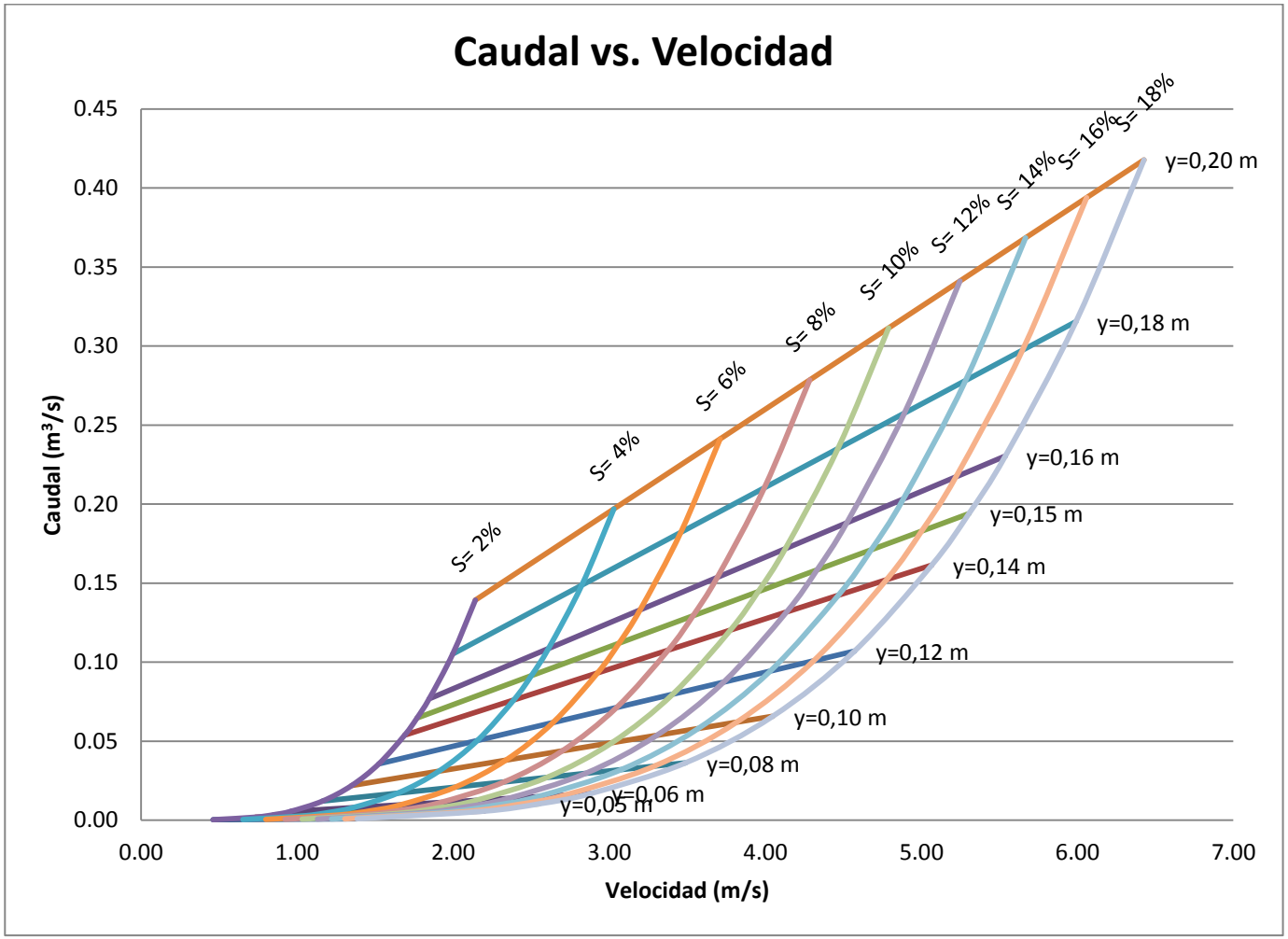


Gráfico 4.3 Caudal hidráulico vs. Velocidad

El volumen acumulado a lo largo del bordillo – cuneta se conducirá a la siguiente manzana y así sucesivamente, siempre que la pendiente longitudinal lo permita, hasta llegar al sumidero más próximo o punto más bajo, con este objetivo las cunetas se continúan en las intersecciones de las calles por medio de cunetas tipo badén.

La ubicación de las cunetas – badén se muestran en el Anexo A - Plano de Implantación del Sistema de Drenaje y la sección transversal se ilustra en la Ilustración 4.3.

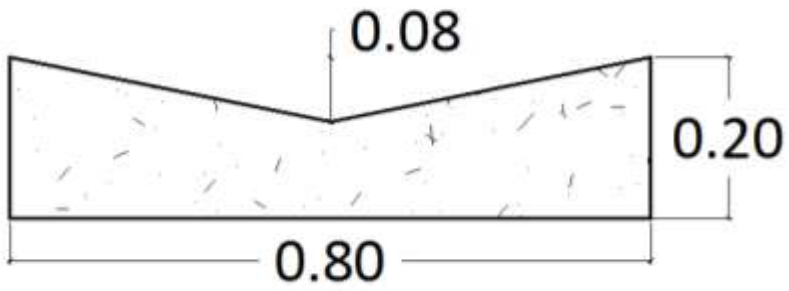


Ilustración 4.3 Sección Transversal de Cuneta – Badén

(Medidas en metros)

Por tratarse de un Sector en el que las construcciones se han llevado a cabo sin ningún tipo de control, existen algunas manzanas en las que el espacio disponible para las vías es angosto, en estos casos el diseño vial propone una peatonal con un ancho de 4 m y el drenaje superficial se realizará a través de canaletas (Ilustración 4.4) ubicadas en cada lado de la peatonal.

En los casos en que la pendiente longitudinal es muy fuerte (mayor a 20%), se construirán escalinatas, las cuales drenarán superficialmente por medio de canales de 0.30 m de ancho por 0.20 m de alto en cada lado, para permitir la evacuación de las aguas lluvias.

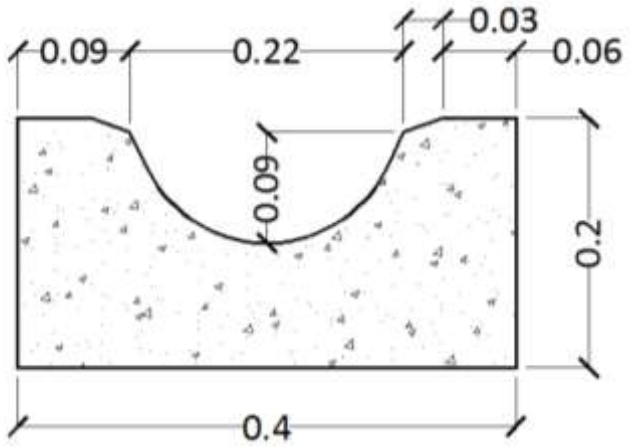


Ilustración 4.4 Sección Transversal de Canaleta

(Medidas en metros)

La Tabla 4.5 resume el cálculo realizado para comprobar que la sección transversal seleccionada de canaletas es capaz de transportar el caudal generado por las áreas de aportación que en el caso de las peatonales son menores a 1 ha.

Tabla 4.5 Cálculo de áreas tributarias máximas para canaletas

S (%)	$A_{canaleta}$ (m^2)	$P_{canaleta}$ (m)	$Q_{canaleta}$ (m^3/s)	$A_{drenada\ parcial}$ (ha)	$A_{drenada\ total}$ (ha)
1,00%	0,019	0,3456	0,0229	0,146	0,293
2,00%	0,019	0,3456	0,0324	0,207	0,414
3,00%	0,019	0,3456	0,0397	0,254	0,507
4,00%	0,019	0,3456	0,0458	0,293	0,585
5,00%	0,019	0,3456	0,0512	0,327	0,655
6,00%	0,019	0,3456	0,0561	0,359	0,717
7,00%	0,019	0,3456	0,0606	0,387	0,774
8,00%	0,019	0,3456	0,0648	0,414	0,828
9,00%	0,019	0,3456	0,0687	0,439	0,878
10,00%	0,019	0,3456	0,0724	0,463	0,926
11,00%	0,019	0,3456	0,0760	0,485	0,971
12,00%	0,019	0,3456	0,0794	0,507	1,014
13,00%	0,019	0,3456	0,0826	0,528	1,055
14,00%	0,019	0,3456	0,0857	0,548	1,095
15,00%	0,019	0,3456	0,0887	0,567	1,134
16,00%	0,019	0,3456	0,0916	0,585	1,171
17,00%	0,019	0,3456	0,0944	0,603	1,207
18,00%	0,019	0,3456	0,0972	0,621	1,242

4.1.5.2 COLECTORES

Después de recorrer las cunetas y cunetas-badenes, el escurrimiento superficial será trasladado hacia la descarga por tuberías, ductos cajón rectangulares o canales abiertos de sección trapezoidal, dependiendo de la extensión del área tributaria y del recorrido del alineamiento del sistema de drenaje en cada cuenca.

Los colectores seguirán en general las pendientes del terreno natural con el fin de no generar excesiva excavación y durante el diseño se verificará que se cumplan los criterios hidráulicos respecto a velocidades máximas y mínimas además de la no existencia de flujo crítico ($0.9 \geq F_R \geq 1.1$).

Los cálculos y resultados del diseño de los colectores pluviales se presentan en el Anexo B y los respectivos planos en planta y perfil en el Anexo A.

4.1.5.2.1 TUBERÍAS

Se emplean tuberías de PVC Novaloc, cuyo coeficiente de rugosidad es de 0,009, cuando el alineamiento principal del sistema de drenaje recorre las vías y es posible empatarse a la descarga considerando el recubrimiento necesario.

En la Tabla 4.6 se resume las longitudes de tuberías por diámetro, necesarias para cada cuenca de drenaje.

Tabla 4.6 Longitud requerida de tuberías

DIÁMETRO (mm)		LONGITUD (m)			
COMERCIAL	INTERIOR	CUENCA A	CUENCA C	CUENCA E	TOTAL
475,00	450,00	212,8	42,6	-	255,4
525,00	500,00	38,3	-	-	38,3
640,00	600,00	-	161,3	-	161,3
690,00	650,00	54,9	24,3		79.2
790,00	750,00	-	-	145.9	145.9
840,00	800,00	-	-	8.6	8.6

En cuanto al caudal transportado, se cumple con el criterio recomendado por INTERAGUA que establece que el caudal de diseño q debe ser menor que el caudal a sección llena Q cumpliéndose la relación $q/Q \leq 0.85$, caso contrario se adopta otro diámetro y/o pendiente para el tramo diseñado.

Con el valor de q/Q se determinó, según los valores de las relaciones hidráulicas para secciones circulares (Anexo B – Tabla B.5), la relación v/V en la cual se remplaza la velocidad a sección llena v, determinada anteriormente con la fórmula de Manning, y se despeja la velocidad real V del flujo dentro de la tubería.

La velocidad máxima real se consideró de 7.5 m/s, según recomendación del fabricante de la tubería Novaloc, mientras que la velocidad mínima real debe ser de 0.60 m/s, preferiblemente mayor que 1.0 m/s para minimizar los problemas de sedimentación para lo cual se verificó el comportamiento de autolimpieza del flujo cumpliendo el criterio de fuerza tractiva $T \geq 3\ {}^{N}/_{m^2}$.

Cada tramo se calculó considerando el caudal en sus extremos más bajos, trabajándose, si es necesario, contra pendiente y respetando un recubrimiento mínimo de 0.9 m sobre el lomo de la tubería.

4.1.5.2.2 DUCTOS CAJÓN Y CANALES ABIERTOS

Siempre que el alineamiento del sistema coincida con el eje de la vía se emplean ductos cajón de hormigón armado y sección rectangular (*z = 0.0*), caso contrario se emplean canales trapezoidales abiertos (*z = 0.5*) de hormigón simple, en ambos casos el coeficiente de rugosidad correspondiente es de *0,013.*

La sección transversal del ducto o canal cambia principalmente por dos razones: cuando se incorpora un caudal importante o cuando existe un cambio brusco de pendiente en el terreno. Las dimensiones de cada sección por tramo se establecieron mediante un proceso iterativo, variando principalmente la base y la altura.

Como resultado se establecieron 14 diferentes secciones (entre rectangulares y trapezoidales), las cuales se resumen en la Tabla 4.7 y en el Anexo A - Plano General de Drenaje se muestra la ubicación, longitud y pendiente de cada sección.

Tabla 4.7 Secciones de canales trapezoidales y ductos cajón diseñados

SECCIÓN	ANCHO BASE B	ALTURA CANAL H	Z	ANCHO SUPERFICIAL T
1	0,30	0,35	0,50	0,65
2	0,45	0,50	0,50	0,95
3	0,55	0,65	0,50	1,20
4	0,65	0,70	0,50	1,35
5	0,70	0,80	0,50	1,50
6	1,00	1,00	0,50	2,00
7	1,30	1,60	0,50	2,90
8	0,70	0,35	0,00	0,70
9	1,00	0,50	0,00	1,00
10	1,60	0,80	0,00	1,60
11	2,00	1,00	0,00	2,00
12	2,00	1,60	0,00	2,00
13	3,00	1,60	0,00	3,00
14	3,00	2,00	0,00	3,00

En el caso de los canales trapezoidales, la altura H de cada sección se seleccionó en base al tirante normal Y_n del flujo de tal manera que se cuente con un borde libre mínimo de 25.00%, siendo el borde libre la diferencia de altura entre el borde superior del canal y el tirante normal. Los canales son de hormigón simple de 210 kg/cm^2 y un espesor de 10 cm.

La Ilustración 4.5 muestra un esquema general de las distintas secciones transversales para los canales trapezoidales.

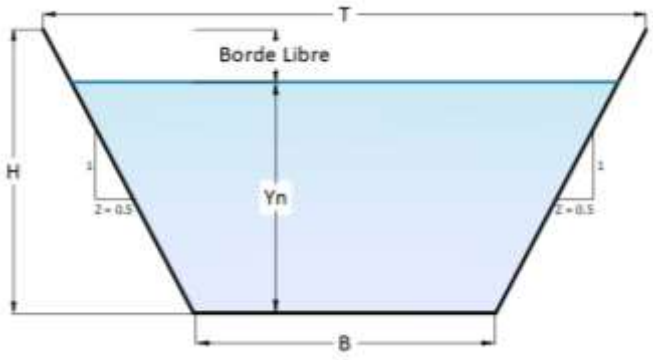


Ilustración 4.5 Esquema de sección transversal de canales trapezoidales

En el caso de los ductos cajón, al igual que en las tuberías, las dimensiones internas de la sección transversal se seleccionaron de tal manera que se cumpla con la relación $q/Q \leq 0.85$. Los ductos son de hormigón armado de 280 kg/cm^2 y paredes de 0.20 m de espesor.

La Ilustración 4.6 muestra un esquema general de las distintas secciones transversales de los ducto cajón.

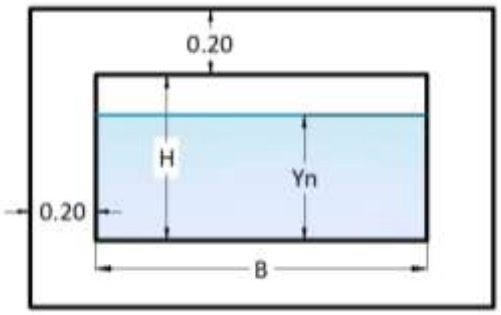


Ilustración 4.6 Esquema de sección transversal de ductos cajón

(medidas en metros)

La Tabla 4.8 contiene un resumen de la longitud necesaria de cada una de las 14 secciones según la cuenca de drenaje.

Tabla 4.8 Longitud requerida de ductos y canales

SECCIÓN	LONGITUD (m)		
	CUENCA D	CUENCA E	TOTAL
1	50,0		50,0
2	385,0		385,0
3	163,6		163,6
4	120	50,0	170,0
5	140	145,0	285,0
6	45,0		45,0
7	111,0		111,0
8	67,8		67,8
9	180,6		180,6
10	23,7		23,7
11	220,6		220,6
12	90	85,0	175,0
13	409	26,7	435,7
14	100,1		100,1

4.1.5.3 SUMIDEROS

El presente estudio contempla la construcción de sumideros de reja o calzada y para su ubicación se toma en cuenta diferentes aspectos como: la pendiente longitudinal de las vías, el área tributaria máxima (Tabla 4.2) además de la longitud y capacidad de conducción de las cunetas (Tabla 4.3) así como la capacidad de captación del sumidero (Tabla 4.8).

Para el cálculo de la capacidad máxima de los sumideros primero fue necesario estimar si su funcionamiento hidráulico corresponde al de

vertederos u orificios empleando las ecuaciones 2,8 y 2,9 para luego calcular el Q_m y el Q_s.

Las dimensiones *L* y *b* del sumidero junto con su respectiva rejilla con barras de ϕ=18 mm paralelas a la dirección del flujo y separadas una distancia de 48 mm entre sí, se ilustran en la Ilustración 4.7.

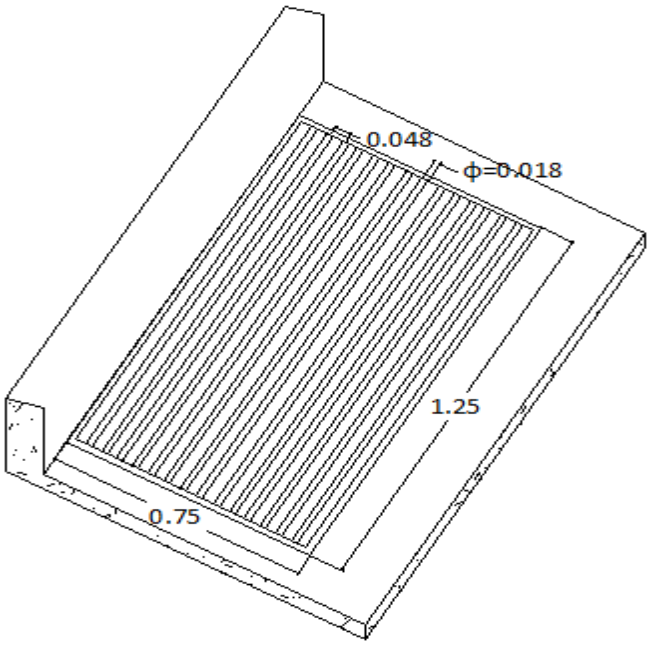


Ilustración 4.7 Sumidero de reja empleado en el diseño

(medidas en metros)

El análisis determinó que el funcionamiento hidráulico es el de un vertedero, los diferentes valores de caudal máximo y capacidad de captación según la variación de la pendiente longitudinal se muestran en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9 Cálculos realizados para comprobar la capacidad de sumideros

S_L (%)	V (m/s)	Q (m^3/s)	h (m)	T (m)	Q_m (m^3/s)	R_s	E_0	E_H	Q_s (m^3/s)
3,00%	2,68	0,183	0,202	0,75	0,414	0,497	1,00	1,00	0,414
4,00%	3,10	0,211	0,202	0,76	0,414	0,433	1,00	1,00	0,414
5,00%	3,47	0,236	0,202	0,76	0,415	0,385	1,00	1,00	0,415
6,00%	3,80	0,258	0,202	0,77	0,415	0,346	1,00	1,00	0,415
7,00%	4,10	0,279	0,202	0,77	0,415	0,316	1,00	1,00	0,415
8,00%	4,38	0,298	0,202	0,77	0,415	0,290	1,00	1,00	0,415
9,00%	4,65	0,316	0,202	0,78	0,416	0,269	1,00	1,00	0,416
10,00%	4,90	0,333	0,202	0,78	0,416	0,251	1,00	1,00	0,416
11,00%	5,14	0,350	0,203	0,78	0,416	0,235	1,00	1,00	0,416
12,00%	5,37	0,365	0,203	0,79	0,416	0,221	1,00	1,00	0,416
13,00%	5,59	0,380	0,203	0,79	0,417	0,209	1,00	1,00	0,416
14,00%	5,80	0,394	0,203	0,79	0,417	0,198	1,00	1,00	0,417
15,00%	6,00	0,408	0,203	0,79	0,417	0,189	1,00	1,00	0,417

Los datos empleados fueron los siguientes:

- Largo del sumidero = 1,25 m
- Ancho del sumidero = 0,75 m
- Pendiente transversal de la cuneta = 0,29 m/m
- Área de aberturas de rejilla = 0,48 m^2

Los sumideros se comunican con las cámaras por medio de tirantes de PVC de 200 mm de diámetro, los cuales permiten evacuar el flujo acumulado de una estructura a otra.

4.1.5.4 CÁMARAS

Las estructuras de conexión o cámaras serán de hormigón armado de 280 kg/cm^2 con un diámetro interno de 1,20 m (referencia Tabla 2.6) y se colocarán en base a los siguientes criterios:

- Al comienzo de todo colector
- En la intersección de colectores
- En todo cambio de dirección
- En todo cambio de pendiente
- En todo cambio de diámetro

Por tratarse de cámaras de unión con régimen de flujo supercrítico en las tuberías de entrada y salida, se estimó el valor de la máxima caída que se puede colocar en la cámara, con la finalidad de evitar problemas de flujo crítico y pérdida de capacidad estructural, mediante la siguiente expresión:

$$\Delta z = \frac{d_{sal}}{17}\left[15 + \frac{F_c - 1}{(y/d)_{ent} - 0.85}\right]$$

Donde:

$\Delta z \equiv$ Caída máxima en la cámara

$d_{sal} \equiv$ Diámetro interno de tubería de salida de la cámara

$(y/d)_{ent} \equiv$ Relación entre tirante y diámetro interno en tubería de entrada a la cámara

$F_c \equiv$ Factor de la capacidad de la cámara definido por:

$$F_c = 2 \quad si \quad y/d < 0.7$$

$$F_c = 14.6 - 17.3(y/d) \quad si \quad 0.7 < y/d < 0.75$$

Los resultados del cálculo se resumen en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10 Cálculo de la altura máxima de caída en cámaras

Cámara	d_{sal} (mm)	$(y/d)_{ent}$	F_c	Δz (m)
A2	450,00	0,63	2,00	0,28
A3	450,00	0,57	2,00	0,30
A5	650,00	0,69	2,00	0,33
C2	600,00	0,72	2,07	0,23
C3	600,00	0,69	2,00	0,31
C4	650,00	0,72	2,07	0,25
E1	750,00	0,40	2,00	0,56
E2	800,00	0,52	2,00	0,56

4.1.5.5 DISIPADORES DE ENERGÍA

Cuando el terreno tiene altas pendientes es necesario dividir en tramos los canales para controlar las velocidades con la que el agua pluvial los recorre y llega a los puntos de cambio de dirección. Entre cada tramo se utilizan rampas que consisten en canales cortos de pendiente fuerte, con velocidades altas y régimen supercrítico.

4.2 SIMULACIÓN DEL DISEÑO CON EL SWMM

Finalizados todos los caculos hidráulicos que corresponden al diseño del drenaje pluvial, es posible comprobar si las cotas, pendientes, longitudes y secciones transversales de los colectores son los apropiados para evacuar de manera adecuada la escorrentía superficial.

Se optó por realizar una simulación con el programa SWMM (Storm Water Management Model) siendo ésta una de las formas más prácticas y técnicas de comprobar la eficiencia del diseño. A continuación se describirán los pasos a seguir para realizar una simulación con el SWMM.

Primero se necesita definir las áreas o cuencas de aportación del proyecto, para esto se puede utilizar como referencia un dibujo o un plano de fondo para facilitar la delimitación de las áreas, y se lo hace de la siguiente manera (Ilustración 4.8):

1.- Ir a la opción View -> backdrop-> load

2.- Buscar el archivo que se va a usar como imagen de fondo, puede ser en formato JPG, BitMapa, o un meta archivo, es recomendable utilizar un meta archivo ya que no pierde su resolución al realizarle un Zoom.

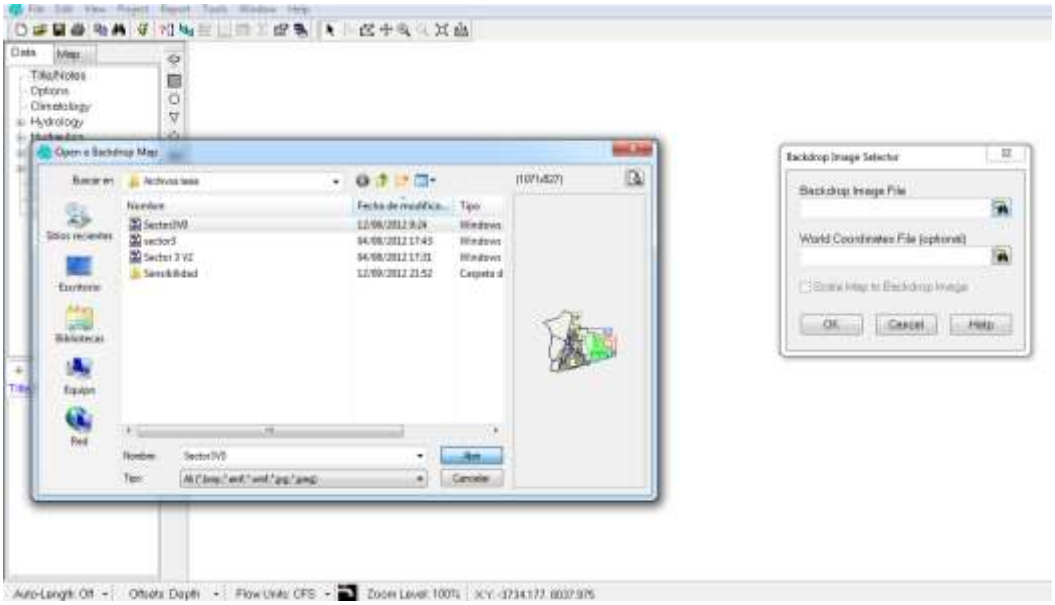


Ilustración 4.8 Importación de imagen de fondo antes de dibujar las cuencas de aportación

Una vez que se tiene la imagen de fondo se procede a dibujar las áreas de aportación de cada cuenca haciendo un click en el icono . Luego, se dibuja cada esquina de las áreas dando click derecho en el mouse y click izquierdo al terminar de dibujar el área.

Estas descargaran en los nodos de manera que el todo el agua sea encausada a través de los ductos, canales o tubería.

A continuación se procede a dibujar las cámaras y uniones de los tramos de canales y ductos representados por los nodos, se selecciona el icono correspondiente al objeto *junction* y se señala con el cursor el lugar donde se necesite colocar el nodo.

Después se unirán los nudos a través de canales o ductos que son representados con el icono que corresponde al objeto *link*. Se los dibuja haciendo un click en el nodo inicial y otro en el nodo final.

Para desalojar la escorrentía superficial se necesita colocar los puntos de descargas (*outfall*) representados por el icono .

El comportamiento de todos los elementos que forman parte del sistema se simula baja la influencia de un evento de lluvia que es representada mediante un pluviómetro .

La Ilustración 4.9 ilustra el sistema de drenaje de la cuenca D representado por áreas, colectores, nodos, descarga y un evento de lluvia.

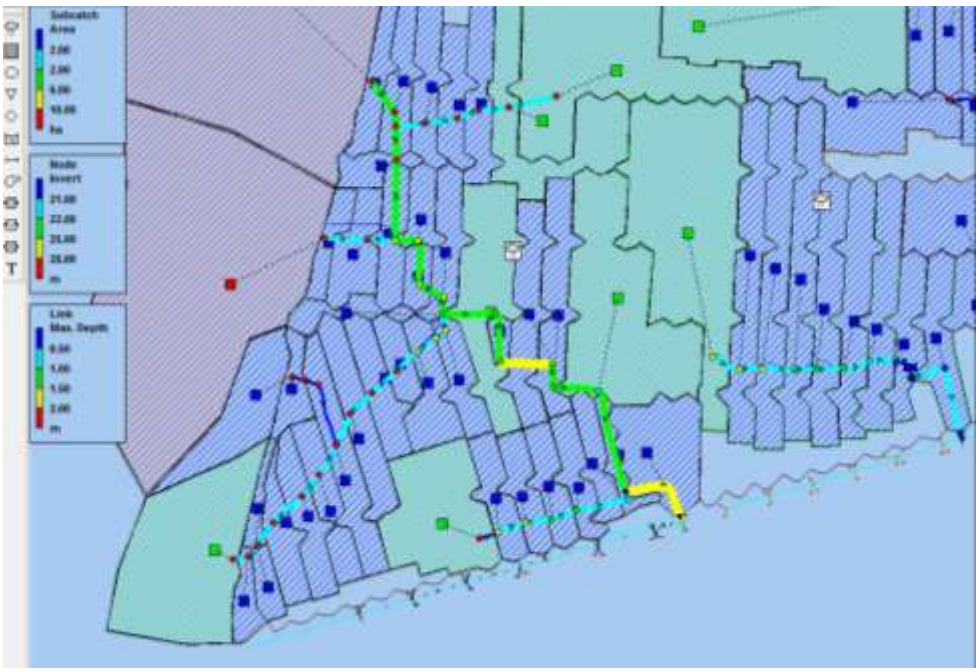


Ilustración 4.9 Mapa de fondo con las áreas definidas y dibujo de un sistema de drenaje

Las propiedades de cada objeto se las puede establecer a medida que se va avanzando con la inserción de los dibujos o después de haber colocado todos los objetos, en este caso las propiedades se definieron después de dibujar los objetos de cada cuenca.

Además existe la posibilidad de establecer las opciones y propiedades por defecto de cada elemento, haciendo click en *Project -> Defaults* donde aparecerá la ventana que se muestra en la Ilustración 4.10 con el menú de opciones para cada elemento.

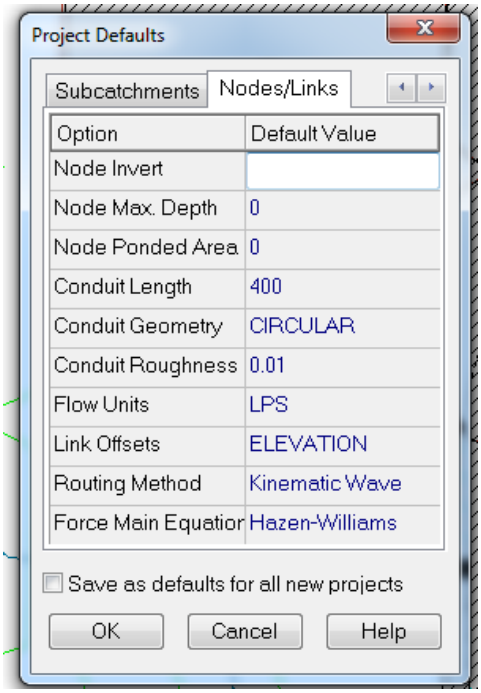


Ilustración 4.10 Opciones de Valores por defecto

Cada elemento tiene propiedades individuales como longitud, ancho, pendientes, nomenclatura, etc y estas se modifican señalando el ícono (*selección de objeto*) y luego dando doble click sobre el elemento que se desea modificar, donde aparecerá el cuadro de propiedades de cada elemento como se muestran en las Ilustraciones 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 y 4.15.

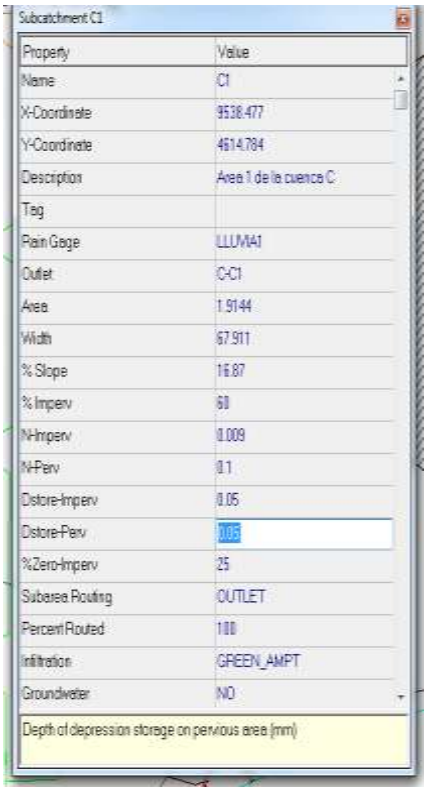


Ilustración 4.11 Propiedades de las Áreas o subcuencas

Ilustración 4.12 Propiedades de los nodos

Ilustración 4.13 Propiedades principales de los ductos o canales

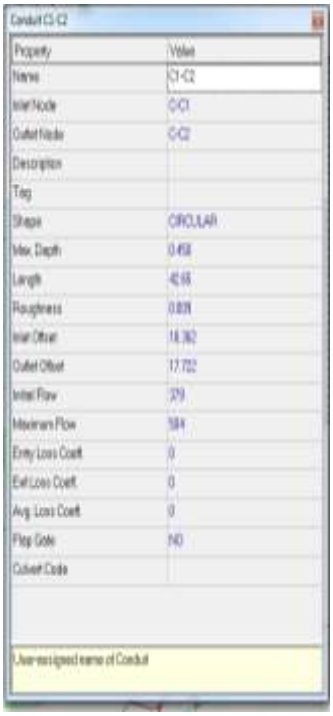


Ilustración 4.14 Propiedades principales de las descargas

Ilustración 4.15 Propiedades de los pluviómetros

Las diferentes propiedades o atributos que se irán definiendo a conveniencia del diseño y una vez ingresados, se deberá chequear que todos los elementos estén correctamente representados en el programa.

Después de que se han comprobado los datos se continúa con la parte de la simulación del comportamiento del sistema ante el evento de lluvia configurado en el pluviómetro, para esto primero habrá que modificar las opciones de simulación. Entre estas opciones tenemos:

General, en esta pestaña es posible definir el proceso de modelación, el modelo de infiltración y escorrentía además de indicar si es preciso mostrar en el reporte un resumen de las propiedades ingresadas de cada elemento, como se indica en la Ilustración 4.16.

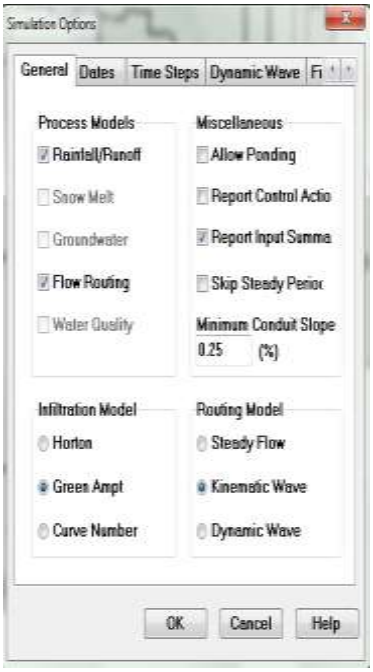


Ilustración 4.16 Opciones generales de Simulación

Dates, que contiene los datos de las fechas del análisis como se ilustra en la Ilustración 4.17, donde también se puede incluir opciones de auto limpieza y antecedentes de lluvias en días anteriores.

Ilustración 4.17 Fecha y hora de la simulación

Time Steps, que controla el tiempo de la simulación, reporte, autolimpieza y lluvia, como se indica en la Ilustración 4.18.

Ilustración 4.18 Tiempos de la simulación

Dynamic Wave, opciones de la onda dinámica donde se definen opciones de flujo de superficial, el tipo de ecuación, como se muestra en la Ilustración 4.19.

Ilustración 4.19 Opciones de la Onda dinámica

Habiendo definido las opciones de simulación se procede a realizar la corrida de la simulación haciendo un click en el botón , donde aparecerá un cuadro donde indicara que la simulación se realizo con éxito como indica en la Ilustración 4.20.

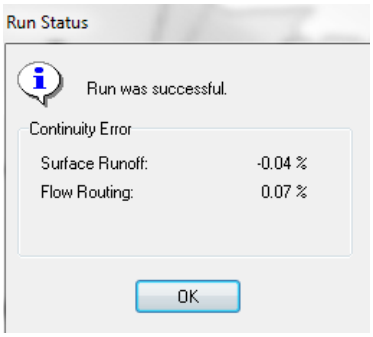


Ilustración 4.20 Cuadro de dialogo de errores de continuidad

Realizada la simulación, aparece un cuadro de dialogo donde se indican los errores de continuidad que son de -0,04% y 0.07%, estos errores están dentro del rango aceptable ya que deben ser menores a 10%, caso contrario se debería desconfiar de los resultados de la simulación.

Los resultados obtenidos se presentan en el Anexo C y se los puede observar o estudiar de diferente forma, ya sea mediante un reporte de notas (Ilustración 4.21), una vista longitudinal del perfil del sistema (Ilustración 4.22), de manera gráfica o en una tabla (Ilustración 4.23) esto ayuda a comprender de una mejor manera lo que sucede dentro del sistema durante un evento de lluvia.

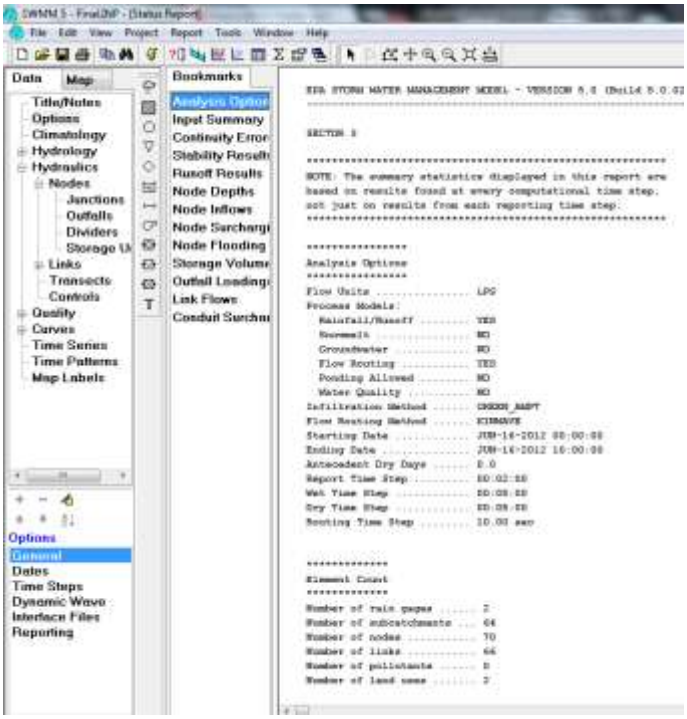


Ilustración 4.21 Reporte de resultados de la modelación

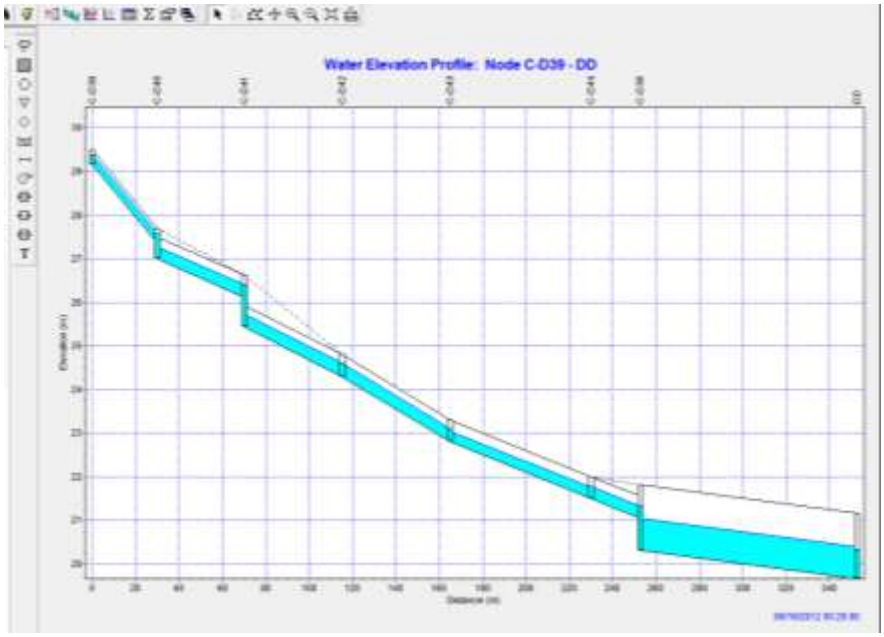


Ilustración 4.22 Perfil longitudinal de un sistema de drenaje durante la simulación

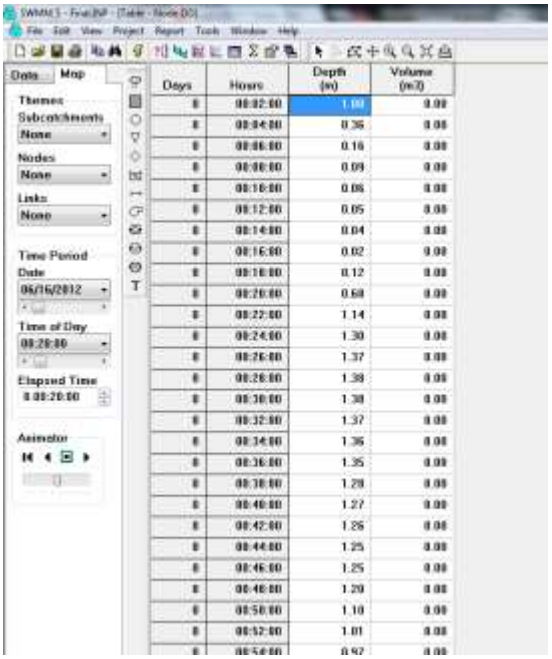


Ilustración 4.23 Tabla de resultados

4.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.3.1 CUENCA A

La escorrentía generada en las 5.15 ha de la Cuenca A es conducida mediante las cunetas y cunetas – badenes hasta los sumideros ubicados en los puntos bajos de las vías para luego fluir por un sistema de tuberías de PVC – Novaloc, con diámetros que van desde 475 hasta 690 mm (Anexo A y B – Tabla B.1), hacia la descarga.

El sistema esta conformado por dos ramales, el primero recoge escorrentía desde la Avenida 6 hasta llegar a la cámara de descarga en la Avenida 7, donde se encuentra con el segundo ramal que recoge el agua que fluye desde el Oeste de la Avenida 7.

La descarga se realiza a un canal que se formó por el recorrido natural de la escorrentía generada y que fue revestido de piedra (Foto 4.1) por la empresa Repcontver S.A. ya que el mencionado canal pasa por sus instalaciones.

Foto 4.1 Canal revestido de piedra – Descarga de Cuenca A

Después de recorrer el predio de la empresa Repcontver, el flujo del canal se comunica por medio de un ducto cajón, ubicado en la vía de ingreso a la ciudadela "Cumbres del Sol" cuya sección transversal es de aproximadamente 0.8 m de alto por 1.5 m de ancho, con el sistema de drenaje existente en la Calle Marcel Laniado.

Como se puede apreciar en la Foto 4.2 se debe hacer trabajos de limpieza en el ducto con la finalidad de mantenerlo operativo.

Foto 4.2 Ducto cajón – Ciudadela "Cumbres del Sol"

A pesar de que durante la simulación del sistema en el SWMM no se presentan problemas de inundación o sobrecarga tanto en cámaras como en colectores (ver Anexo C), la altura de caída en la cámara C-A2 es de 1 m superando el Δz calculado correspondiente a 0.278 m, por este motivo es preciso colocar un tubo bajante, como se muestra en la Ilustración 4.24.

El tubo bajante unirá la tubería de entrada con el fondo de la cámara con el propósito de mitigar problemas de turbulencia, flujo inestable y pérdida de capacidad estructural.

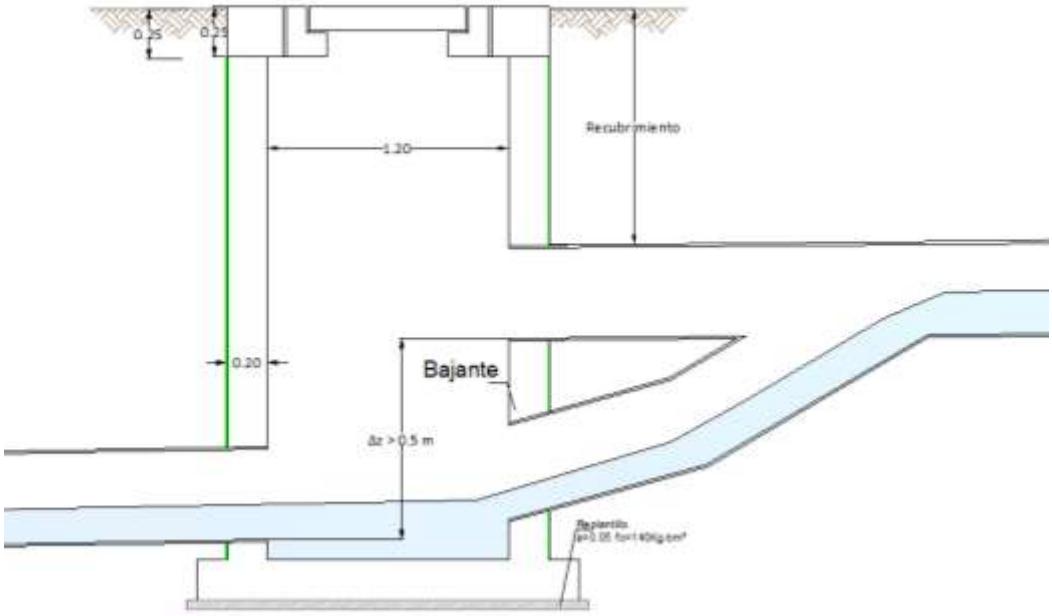


Ilustración 4.24 Cámara de caída

4.3.2 CUENCA B

El área total de esta cuenca es de 2.27 ha y la pendiente longitudinal promedio corresponde a 5.00%, al comparar esta información con los resultados mostrados en la Tabla 4.2 se comprueba que la escorrentía puede fluir superficialmente mediante cunetas y badenes – cunetas sin causar problemas de inundación o hidroplaneo. (ver Anexo A)

La descarga de la Cuenca B se da a la vía de servicio que comunica el Sector 3 con la vía Perimetral, la cual consta de sumideros que introducirán el flujo al sistema de drenaje existente.

4.3.3 CUENCA C

La cuenca C abarca un área de 5.02 ha y la escorrentía es captada por un sistema de colectores de PVC – Novaloc, cuyos diámetros varían entre 475 y 690 mm, hasta descargar en el sistema de drenaje de la Calle Modesto Luque con la conexión de la cámaras C3 y CD (existente) mediante el colector C4-CD como se ilustra en la Ilustración 4.25. (ver Anexo A)

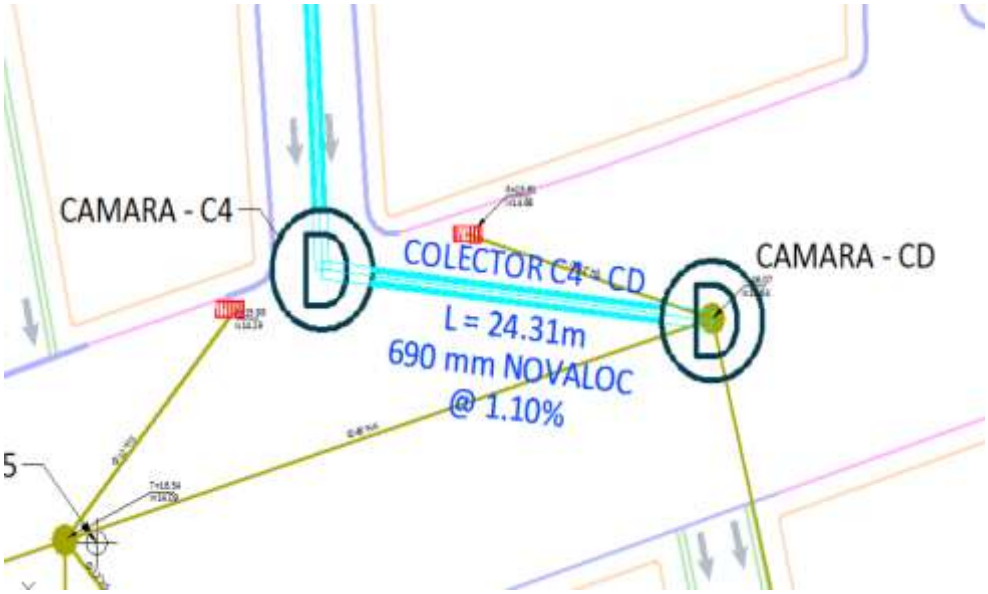


Ilustración 4.25 Descarga de Cuenca C

Durante la simulación del sistema no se presentaron inconvenientes de inundación o sobrecarga lo que comprueba las capacidades hidráulicas de los colectores seleccionados para esta cuenca (ver Anexo B – Tabla B.2 y Anexo C)

Como particularidad, la Cuenca C tiene un tramo de 32 m, colector C2-C3, diseñado en contrapendiente del terreno natural, esto obedece al propósito de disminuir la presencia de quiebres o cambios de dirección en el alineamiento respetando en todo momento el recubrimiento mínimo de 0.90 m sobre el lomo de la tubería y la altura de caída máxima en las cámaras.

4.3.4 CUENCA D

La cuenca D es la más extensa, comprende 44.69 ha propias del Área Norte del Sector 3 más 38.33 ha que drenan hacia ella desde el Oeste, dando lugar a un flujo mayor de 10 m3/s. Además del gran volumen de escorrentía que genera esta cuenca de drenaje, el trazado del alineamiento del sistema es complejo ya que el recorrido del agua cruza las manzanas pasando en medio de viviendas (Anexo A).

El sistema, conformado por 5 ramales y un troncal principal, contempla tanto canales trapezoidales de hormigón simple como ductos cajón rectangulares de hormigón armado (Anexo B – Tabla B.3), que cumplen la función de captar y conducir el agua de lluvia hasta el ducto cajón (Foto 4.3) que cruza transversalmente la Calle Modesto Luque con una sección transversal de 2.5 x 2.5 m y que transporta el volumen acumulado hasta el Área Sur del Sector 3 donde será empleado para fines recreativos el ser descargado a un lago del Parque Multipropósito que la M.I. Municipalidad de Guayaquil tiene como proyecto construir.

Foto 4.3 Ducto cajón que cruza la Calle Modesto Luque

Cuando los puntos más bajos de la cuenca se encuentran en medio de las manzanas, los colectores serán canales trapezoidales de hormigón simple que al cruzar las vías transversalmente estarán cubiertos por una loseta de hormigón armado en el caso de anchos superficiales de máximo 1 m, para anchos mayores será necesario continuar el alineamiento del sistema con un ducto cajón de capacidad hidráulica equivalente a la del canal trapezoidal. Este tipo de estructuras se utilizan con la finalidad de evitar la interrupción vehicular.

Ilustración 4.26 Alineamiento del sistema de drenaje que cruza en medio de viviendas

Al realizar la simulación se obtiene como resultado que de los 42 colectores y 39 nodos que conforman el sistema, existen 2 colectores que funcionarán a sección llena por un período menor a 10 minutos y 1 nodo que podría inundarse también durante un período menor a 10 minutos (Anexo C), situación que se considera inofensiva en función del tamaño de la cuenca y el período de retorno de 10 años considerado para el diseño.

4.3.5 CUENCA E

El sistema de la Cuenca E recoge la escorrentía de 17.27 ha y está conformado por canales trapezoidales, ductos cajón y colectores (ver Anexos A y B - Tabla B.4) que al igual que en la Cuenca C, descargan el volumen acumulado al sistema de drenaje existente en la Calle Modesto Luque (Ilustración 4.27).

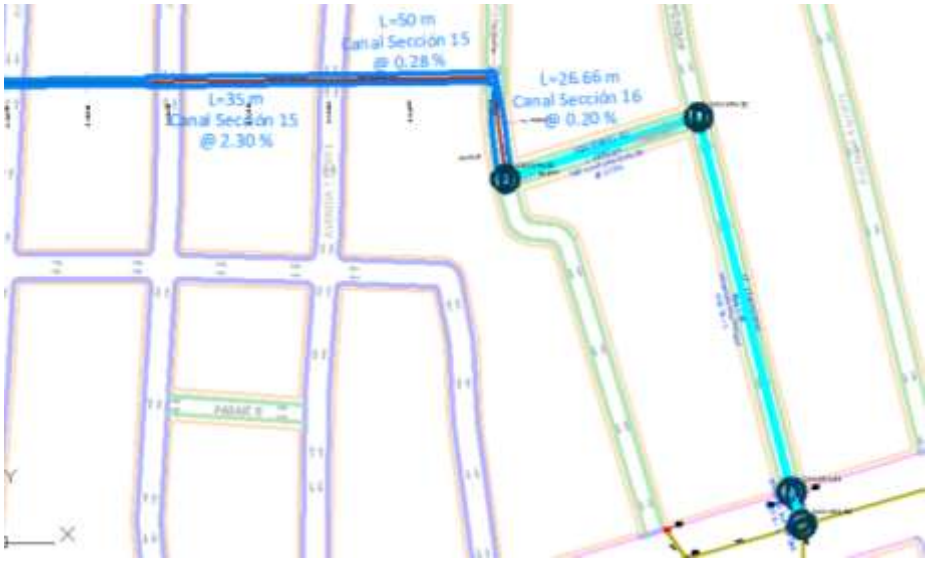


Ilustración 4.27 Implantación parcial de sistema de drenaje en Cuenca C

Para poder incorporar el volumen que descarga esta cuenca al sistema de drenaje existente, es necesario lograr un flujo subcritico en el ducto cajón justo antes de ingresar a las tuberías de PVC con el objetivo de que el fluido se vacíe poco a poco hacia la Calle principal.

La simulación del sistema demuestra que las 3 tuberías de PVC trabajarán a capacidad llena durante un periodo máximo de 20 minutos además según este análisis la cámara E2 se inunda por un lapso de tiempo menor de 10 minutos pudiendo ocasionar daños que se consideran despreciables tomando en cuenta que se esta modelando una lluvia de 2 horas de duración para un período de retorno de 10 años.

4.4 PRESUPUESTO REFERENCIAL

Tabla 4.11 Presupuesto Referencial Del Drenaje Superficial de Calles

CÓDIGO	RUBRO	UNIDAD	P.U.	CANTIDAD	TOTAL
TDS-100	EXCAVACION SIN CLASIFICACION INC. DESALOJO	M3	$ 0,65	9.355	$ 6.080,75
TDS-200	MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO INC. TRANSPORTE	M3	$ 8,90	1.605	$ 14.284,50
TDS-201	MATERIAL DE PRESTAMO LOCAL	M3	$ 4,50	864	$ 3.888,00
TDS-305	BORDILLO CUNETA F'C=280 KG/CM2	ML	$ 23,36	48.561	$ 1.134.384,96
TDS-306	CANALETA DE H.S (40X20)CM f'C=280 KG/CM2 INC.ENLUCIDO	ML	$ 13,65	1.311	$ 17.895,15
TDS-325	TAPA DE CÁMARA DE INSPECCION DE H.A DE 0,80 M*0,80 M*0,15 M, F'C=280 KG/CM2	U	$ 161,68	15	$ 2.425,20
TDS-315	HORMIGON ESTRUCTURAL/ CEM PORT CL-B F'C=280 KG/CM2 (INC,ENC) (CANALES,DUCTOS CAJON, CUNETAS BADENES, CAMARAS)	M3	$ 238,50	2.358	$ 562.383,00
TDS-400	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 (CAMARAS CUNETAS BADEN, MUROS, DUCTOS)	KG	$ 1,97	188.800	$ 371.936,00
TDS-616	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC NOVAFORT D=200 MM	ML	$ 18,33	145	$ 2.657,85
TDS-620	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC NOVALOC D=475 MM	ML	$ 83,33	255	$ 21.249,15
TDS-622	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC NOVALOC D=525 MM	ML	$ 104,14	38	$ 3.957,32
TDS-624	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC NOVALOC D=640 MM	ML	$ 125,00	161	$ 20.125,00
TDS-626	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC NOVALOC D=690 MM	ML	$ 145,67	175	$ 25.492,25

	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL Y SEGURIDAD LABORAL				
TDS-A1	CONTROL DE POLVO (AGUA)	M3	$ 3,09	200	$ 618,00
TDS-A2	MONITOREO Y MEDICIÓN DE RUIDO	ESTAC.	$ 38,61	4	$ 154,44
TDS-A3	CONTROL Y MONITOREO DE MATERIAL PARTICULADO	ESTAC	$ 24,93	8	$ 199,44
TDS-S1	PROTECCION PARA EL TRABAJADOR	U	$ 29,10	60	$ 1.746,00
TDS-S2	CHARLAS DE CONCIENCIACION	U	$ 23,56	4	$ 94,24
				VALOR TOTAL	$ 2.189.571,25

Nota: las cantidades calculadas para los rubros considerados en este presupuesto referencial, corresponden exclusivamente al proyecto de drenaje superficial de aguas lluvias.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El Sector 3 constituye un asentamiento popular establecido sin planificación ni supervisión alguna y como consecuencia de la deficiencia en el abastecimiento de servicios básicos, en época de invierno presenta grandes problemas por el agua pluvial que escurre no solo sobre las calles y avenidas aún no pavimentadas sino también en medio de las casas que se han ubicado a los lados del cauce natural de la escorrentía que se genera.

- Considerando un horizonte de proyecto de 30 años, se determinó que aproximadamente 24,127 habitantes del Área Norte del Sector 3 se verán beneficiados con la ejecución del sistema de drenaje pluvial propuesto en el presente estudio, mejorando su calidad de vida y condiciones de salud al garantizar una rápida y adecuada evacuación de la escorrentía superficial evitando el brote de focos infecciosos y la mezcla de aguas residuales con aguas lluvias.

- Basados en la topografía del terreno y el proyecto vial, el área en estudio se divide principalmente en cinco cuencas cuya extensión varía entre 5.02 y 83.02 ha que descargan principalmente al río Daule después de incorporarse a los colectores existentes. Cada una de estas cuencas cuenta con un sistema de drenaje independiente diseñado a partir del nivel de rasante de la vía terminada, el cual concuerda con el nivel de ingreso a los inmuebles.

- El tipo de colector empleado en cada cuenca se determinó esencialmente en base al recorrido del alineamiento del sistema, el área de aportación, el volumen de escorrentía generado y la disponibilidad de espacio además de la cota y estructura de descarga, dando como resultado el diseño de 1209.6 m de canal de hormigón simple con sección trapezoidal, 1203.3 m de ducto cajón de hormigón armado y 688.7 m de tuberías de PVC. Antes de ingresar a los colectores el flujo recorrerá las cunetas, canaletas y badenes que han sido diseñados con una sección hidráulica adecuada considerando la ubicación de los sumideros y puntos bajos de las cuencas.

- Las pendientes longitudinales que tienen las vías del Área Norte del Sector 3 representan una ventaja al ayudar con la rápida evacuación del agua superficial generada por las lluvias, pero las grandes velocidades que alcanza el flujo podrían llegar a causar daños en el pavimento asfaltico erosionándolo.

- El presupuesto referencial se determinó incluyendo cantidades requeridas de hormigón, acero de refuerzo y excavación para todas las estructuras que forman parte del sistema, así como longitudes de tuberías de PVC.

- El tiempo empleado para realizar la simulación del sistema en el SWMM es corto y los resultados se pueden representar de diferentes maneras, una de ellas es la gráfica de perfiles, una opción práctica e interactiva que da una idea clara de lo que sucede dentro del sistema pluvial durante un evento de lluvia constituyéndose en una herramienta clave para la comprobación de regímenes de flujo y capacidades hidráulicas.

- A pesar de no ser compatible con programas como el Autocad Civil 3D, el SWMM representa una práctica ayuda para el diseñador sin dejar de ser sólo una herramienta que no daría buenos resultados de no ser manejada por un profesional capacitado.

5.2 RECOMENDACIONES

- Establecer mayor control de los asentamientos informales y concienciar a la población sobre el peligro que representa construir en lugares que obstruyen el cauce natural del agua, ya que en época invernal el flujo se incrementa considerablemente llegando a afectar incluso los cimentos de las casas.

- Corroborar el levantamiento topográfico del Sector previo a la construcción del sistema, ya que el paso del invierno puede modificar la topografía en ciertos puntos debido a la erosión.

- Promover el cuidado de las obras de drenaje, evitar que se produzcan represamientos limpiando todo tipo de restos que pueden interrumpir el paso del agua. Estas actividades son indispensables para el correcto desempeño del sistema.

- Este proyecto deberá ser puesto a consideración de la entidad encargada de la expansión del sistema de alcantarillado de la ciudad (INTERAGUA) para verificar su viabilidad en conjunto con el diseño del sistema aguas servidas y agua potable.

- Considerar la instalación de subdrenes debajo de las estructuras que serán asentadas sobre suelos arcillosos u orgánicos debido a las posibles filtraciones de agua.

- Antes de ingresar los objetos que representaran los elementos del sistema con sus respectivas propiedades en el SWMM es importante relacionarse con el manual ya que el programa está disponible en el idioma inglés.

- Considerar la compatibilidad entre los programas que se van a utilizar como herramientas para representar y simular el diseño con la finalidad de optimizar el tiempo de trabajo.

ANEXOS

ANEXO A – PLANOS

Plano DS-01 Modelo Digital del Terreno y Flujo Natural del Agua

Plano DS-02 Áreas Tributarias y Dirección de la Escorrentía Superficial

Plano DS-03 Sistema de Drenaje Superficial

Plano DS-04 Sistema de Colectores Pluviales Cuencas A y C

Plano DS-05 Sistema de Colectores Pluviales Cuenca D Ramal 1-6 y 7-9

Plano DS-06 Sistema de Colectores Pluviales Cuenca D Ramal 11-13 y 24-27

Plano DS-07 Sistema de Colectores Pluviales Cuenca D Ramal 18-23 y 23-17

Plano DS-08 Sistema de Colectores Pluviales Cuenca D Ramal 40-39 y Troncal Principal 10-17

Plano DS-09 Sistema de Colectores Pluviales Cuenca D Troncal Principal 17-D

Plano DS-10 Sistema de Colectores Pluviales Cuenca E

Plano DS-11 Detalles de Drenaje

ANEXO B – TABLAS DE CÁLCULO

Tabla B.1 Cálculo hidráulico de colectores del sistema de drenaje pluvial - cuenca A

Tabla B.2 Cálculo hidráulico de colectores del sistema de drenaje pluvial - cuenca C

Tabla B.3 Cálculo hidráulico de colectores del sistema de drenaje pluvial - cuenca D

Tabla B.4 Cálculo hidráulico de colectores del sistema de drenaje pluvial - cuenca E

Tabla B.5 Relaciones hidráulicas para tuberías parcialmente llenas

ANEXO C – RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

C.1 Reporte de resultados del SWMM

C.2 Reportes gráficos del SWMM

ANEXO D – INFORMACIÓN CENSO POBLACIONAL - INEC

Tabla D.1 Población Área Norte del Sector 3, Censo 2001 INEC

Tabla D.1 Población Área Norte del Sector 3, Censo 2010 INEC

ANEXO E – REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANEXO A – PLANOS

Plano DS-01 Modelo Digital del Terreno y Flujo Natural del Agua

Plano DS-02 Áreas Tributarias y Dirección de la Escorrentía Superficial

Plano DS-03 Sistema de Drenaje Superficial

Plano DS-04 Sistema de Colectores Pluviales Cuencas A y C

Plano DS-05 Sistema de Colectores Pluviales Cuenca D Ramal 1-6 y 7-9

Plano DS-06 Sistema de Colectores Pluviales Cuenca D Ramal 11-13 y 24-27

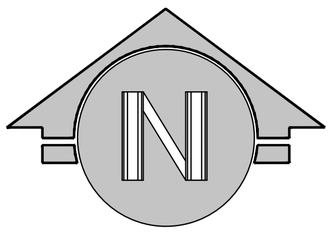
Plano DS-07 Sistema de Colectores Pluviales Cuenca D Ramal 18-23 y 23-17

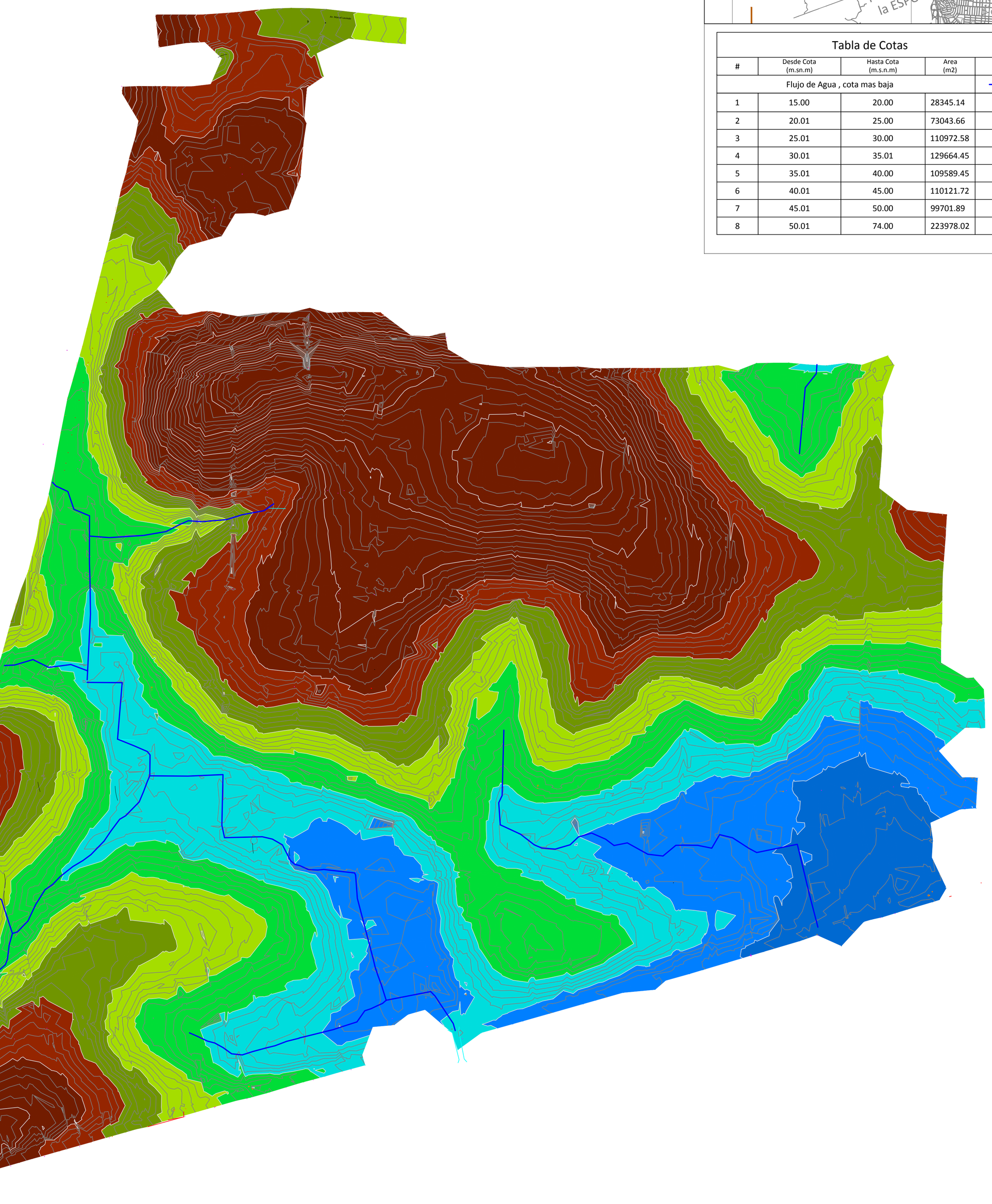
Plano DS-08 Sistema de Colectores Pluviales Cuenca D Ramal 40-39 y Troncal Principal 10-17

Plano DS-09 Sistema de Colectores Pluviales Cuenca D Troncal Principal 17-D

Plano DS-10 Sistema de Colectores Pluviales Cuenca E

Plano DS-11 Detalles de Drenaje





REFERENCIA

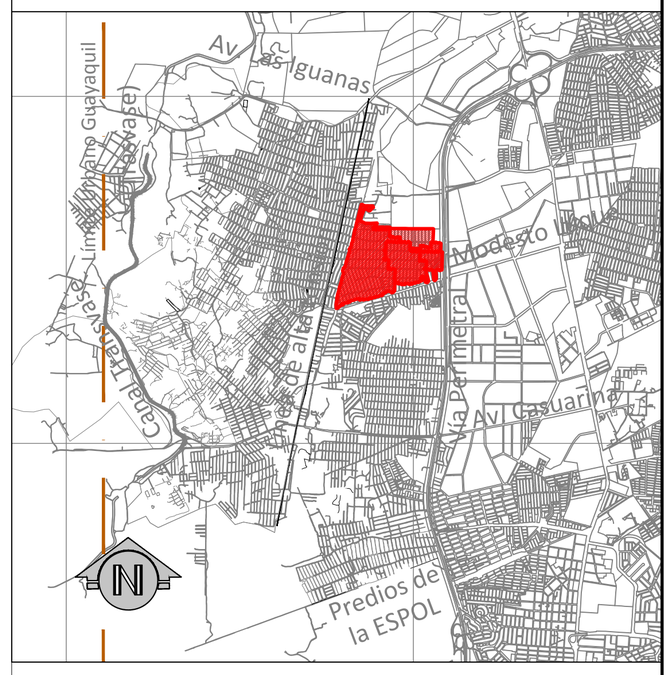


Tabla de Cotas

#	Desde Cota (m.sn.m)	Hasta Cota (m.s.n.m)	Area (m2)	Color
Flujo de Agua , cota mas baja				
1	15.00	20.00	28345.14	
2	20.01	25.00	73043.66	
3	25.01	30.00	110972.58	
4	30.01	35.01	129664.45	
5	35.01	40.00	109589.45	
6	40.01	45.00	110121.72	
7	45.01	50.00	99701.89	
8	50.01	74.00	223978.02	

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS:

DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL DE CALLES, EN EL PROYECTO VIAL SECTOR 3, DE LA PARROQUIA PASCUALES, UBICADO ENTRE EL KM 18 Y KM 22 DE LA VIA PERIMETRAL(AV. 56 N-0), UTILIZANDO EL SOFTWARE "STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)" DE LA ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)

NOMBRE DEL ARCHIVO: MDT y recorrido natural.dwg

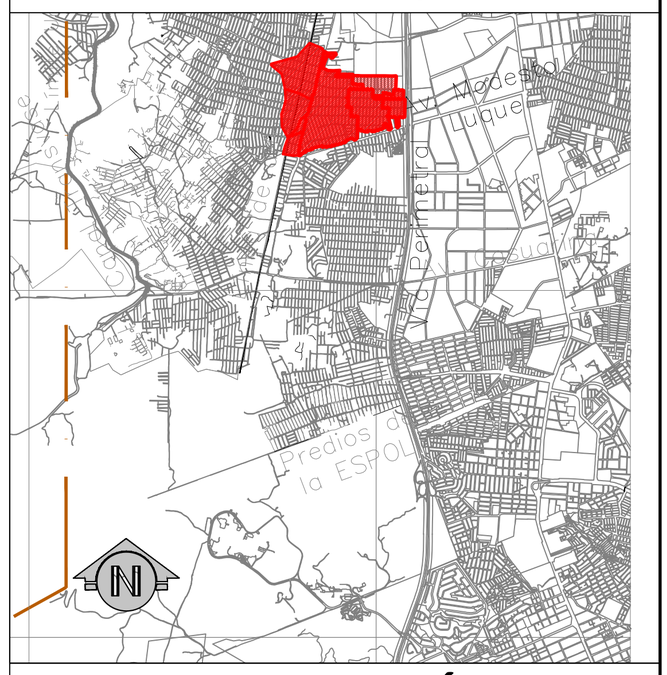
FECHA: OCUTBRE/2012

CONTIENE: MODELO DIGITAL DEL TERRENO Y FLUJO NATURAL DEL AGUA ÁREA NORTE

ESCALA: 1:2500

DISEÑADO POR:	DISEÑADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	LAMINA:
JEFFERSON PACHAR	SILVIA MIRANDA	DIRECTORA DE TESIS ING. ALBY AGUILAR P.	DECANO FICT ING. EDUARDO SANTOS B.	DS-01

REFERENCIA



SIMBOLOGÍA

- SUMIDERO
- DIRECCION DEL FLUJO DE AGUA
- CAMARA
- TIRANTE
- CUNETA BADEN
- REJILLA DE CANALES EN ESCALINATAS
- CANAL O DUCTO CAJON
- COLECTOR

NOTA:
Sistema de Coordenadas - Datum WGS84 Proyección Normal de Mercator

N= 2 011 000 E= 491 400

N= 2 011 000 E= 491 900

N= 2 010 500 E= 491 900

N= 2 009 500 E= 491 900

0 50 100 200 Metros

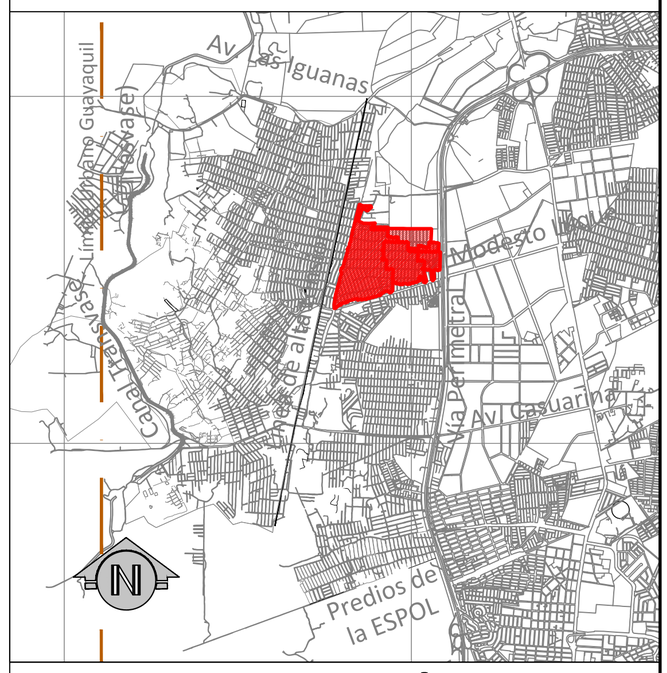
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS: DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL DE CALLES, EN EL PROYECTO VIAL SECTOR 3, DE LA PARROQUIA PASCUALES, UBICADO ENTRE EL KM 18 Y KM 22 DE LA VIA PERIMETRAL(AV. 56 N-0), UTILIZANDO EL SOFTWARE "STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)" DE LA ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)	NOMBRE DEL ARCHIVO: AREAS TRIBUTARIAS.dwg
	FECHA: OCUTBRE/2012
CONTIENE: AREAS TRIBUTARIAS Y DIRECCIÓN DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL ÁREA NORTE	ESCALA: 1:2500

DISEÑADO POR:	DISEÑADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	LAMINA:
JEFFERSON PACHAR	SILVIA MIRANDA	DIRECTORA DE TESIS ING. ALBY AGUILAR P.	DECANO FICT ING. EDUARDO SANTOS B.	DS-02

REFERENCIA



SIMBOLOGÍA

- SUMIDERO
- DIRECCION DEL FLUJO DE AGUA
- CAMARA
- TIRANTE
- CUNETA BADEN
- REJILLA DE CANALES EN ESCALINATAS
- CANAL O DUCTO CAJON
- COLECTOR

NOTA:
Sistema de Coordenadas - Datum WGS84 Proyección Normal de Mercator

N= 2 011 000 E= 491 400

N= 2 011 000 E= 491 900

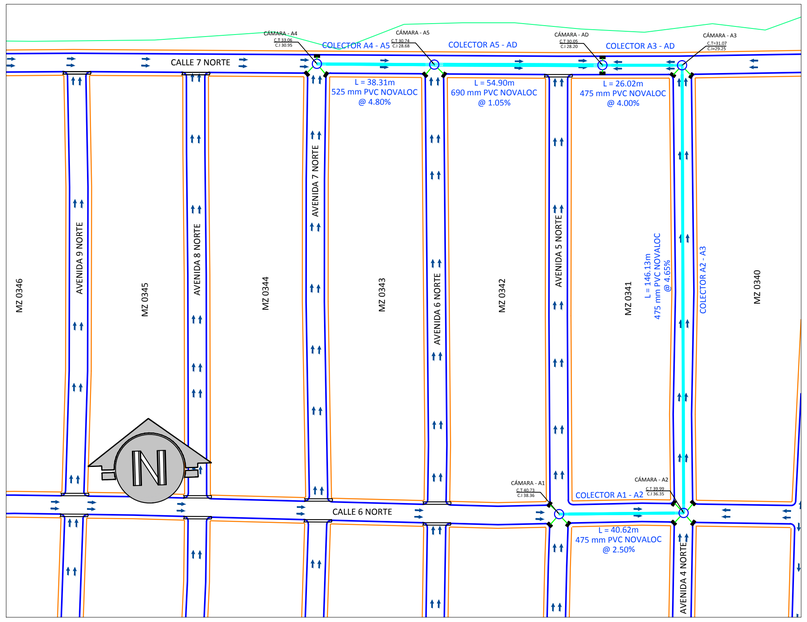
N= 2 010 500 E= 491 900

N= 2 009 500 E= 491 900

0 50 100 200 Metros

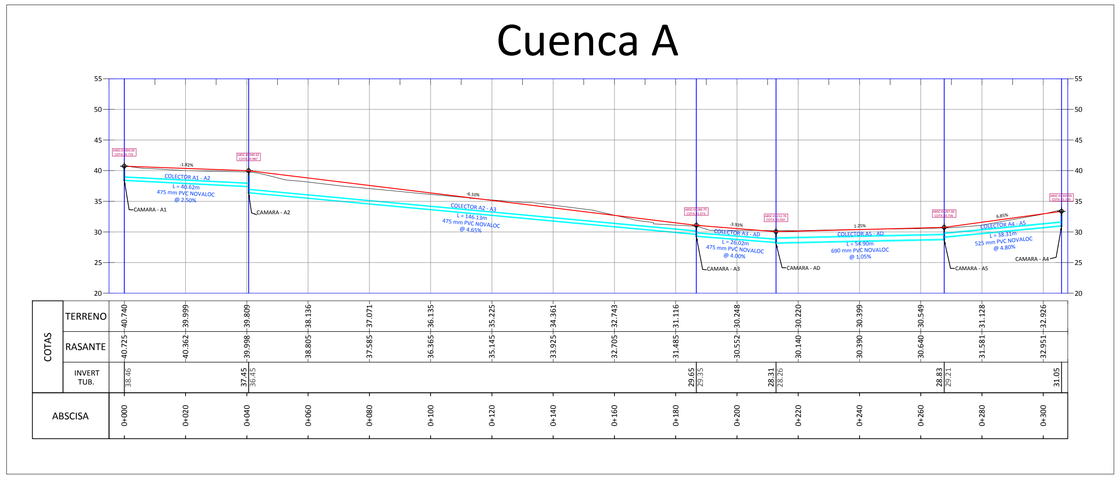
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**	
TESIS: DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL DE CALLES, EN EL PROYECTO VIAL SECTOR 3, DE LA PARROQUIA PASCUALES, UBICADO ENTRE EL KM 18 Y KM 22 DE LA VIA PERIMETRAL(AV. 56 N-0), UTILIZANDO EL SOFTWARE "STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)" DE LA ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)	**NOMBRE DEL ARCHIVO:** Plano General de Drenaje.dwg **FECHA:** OCUTBRE/2012
CONTIENE: SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL ÁREA NORTE	**ESCALA:** 1:2500
DISEÑADO POR: JEFFERSON PACHAR **DISEÑADO POR:** SILVIA MIRANDA **REVISADO POR:** DIRECTORA DE TESIS ING. ALBY AGUILAR P. **REVISADO POR:** DECANO FICT ING. EDUARDO SANTOS B.	**LAMINA:** DS-03

CUENCA A



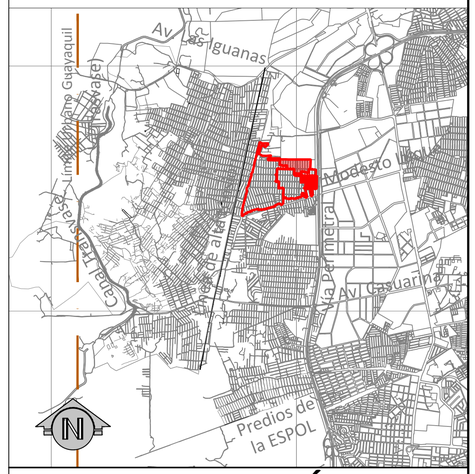
VISTA EN PLANTA
ESCALA 1: 1000

Cuenca A



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H=1: 1000
V=1: 500

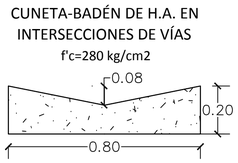
REFERENCIA



SIMBOLOGÍA

- SUMIDERO
- DIRECCIÓN DEL FLUJO DE AGUA
- CÁMARA
- TIRANTE
- CUNETA BADÉN
- REJILLA DE CANALES EN ESCALINATAS
- CANAL O DUCTO CAJÓN
- COLECTOR

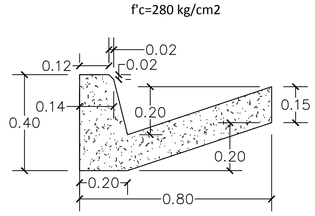
CUNETA-BADÉN DE H.A. EN INTERSECCIONES DE VÍAS
f'c=280 kg/cm2



NOTA: Ver detalle de armado en Plano de Detalles de Drenaje

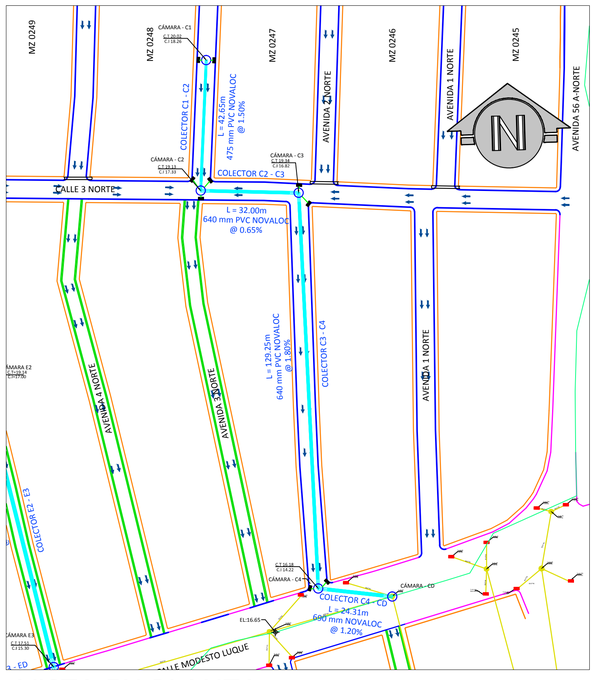
CANALETA DE H.S. EN PEATONALES
f'c=280 kg/cm2

BORDILLO-CUNETA DE H.S. EN VÍAS
f'c=280 kg/cm2



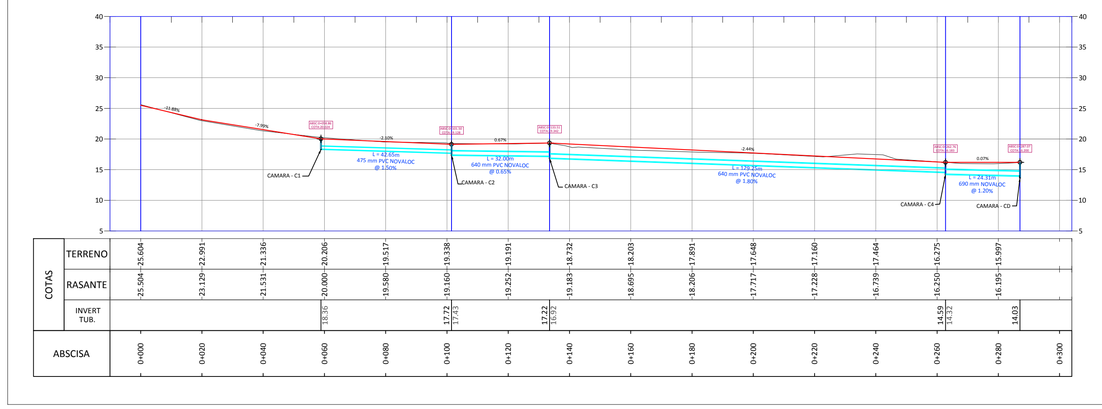
NOTAS:
- **Todas las medidas están en metros**
- **Ver detalle de armado en plano de Detalles de Drenaje - DS-11**
- **Ver detalle de cámaras y sumideros en plano de Detalles de Drenaje - DS-11**
- **El diámetro mostrado en los colectores corresponde al comercial, para el cálculo se consideró el interior**

CUENCA C



VISTA EN PLANTA
ESCALA 1: 1000

Cuenca C



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H=1: 1000
V=1: 500

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS: DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL DE CALLES, EN EL PROYECTO VIAL SECTOR 3, DE LA PARROQUIA PASCUALES, UBICADO ENTRE EL KM 18 Y KM 22 DE LA VIA PERIMETRAL(AV. 56 N-0), UTILIZANDO EL SOFTWARE "STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)" DE LA ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)

NOMBRE DEL ARCHIVO: Cuenca A y C.dwg

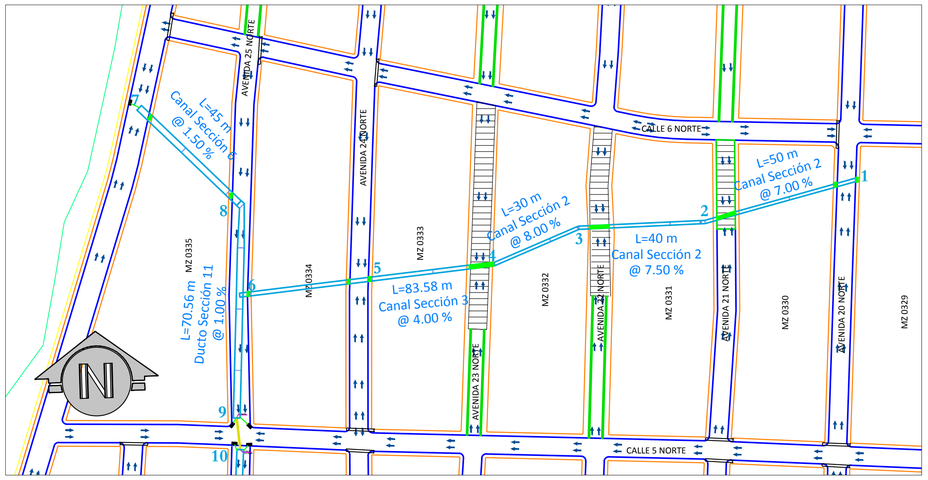
FECHA: OCUTBRE/2012

CONTIENE: SISTEMA DE COLECTORES PLUVIALES CUENCAS A Y C ÁREA NORTE

ESCALA: INDICADA

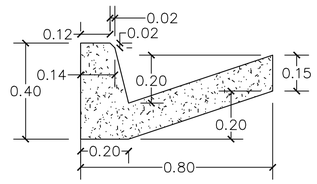
DISEÑADO POR:	DISEÑADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	LAMINA:
JEFFERSON PACHAR	SILVIA MIRANDA	DIRECTORA DE TESIS ING. ALBY AGUILAR P.	DECANO FICT ING. EDUARDO SANTOS B.	DS-04

CUENCA D
RAMAL 1-6 Y RAMAL 7-9

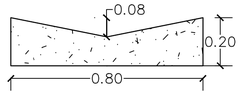


VISTA EN PLANTA
ESCALA 1: 1000

BORDILLO-CUNETA DE H.S. EN VÍAS
f'c=280 kg/cm2

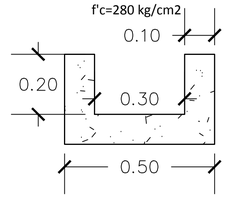


CUNETA-BADÉN DE H.A. EN INTERSECCIONES DE VÍAS
f'c=280 kg/cm2

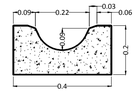


NOTA: Ver detalle de armado en Plano de Detalles de Drenaje

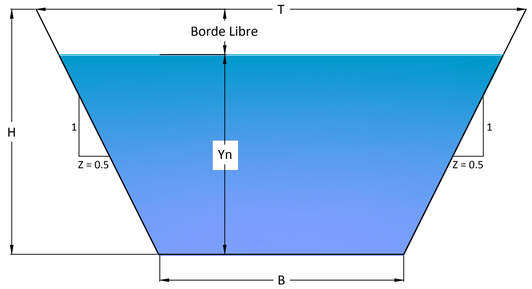
CANAL DE H.S. EN ESCALINATAS
f'c=280 kg/cm2



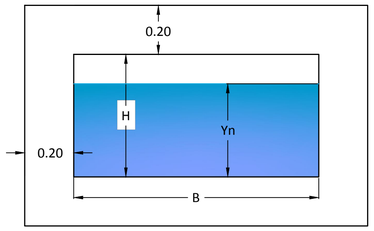
CANALETA DE H.S. EN PEATONALES
f'c=280 kg/cm2



CANAL TRAPEZOIDAL DE H.S.



DUCTO CAJÓN DE H.A.

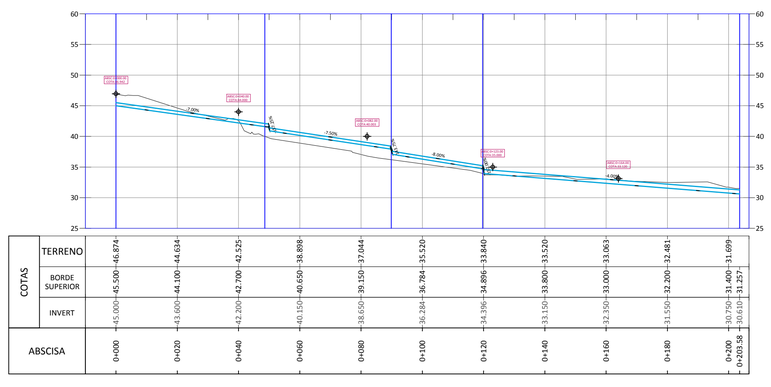


NOTA: Ver detalle de armado en Plano de Detalles de Drenaje

TABLA DE SECCIONES TRANSVERSALES DE CANALES Y DUCTOS

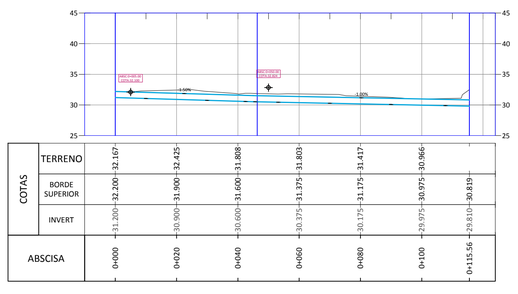
SECCIÓN	ANCHO BASE B	ALTURA CANAL H	Z	ANCHO SUPERFICIAL T
1	0,30	0,35	0,50	0,65
2	0,45	0,50	0,50	0,95
3	0,55	0,65	0,50	1,20
4	0,65	0,70	0,50	1,35
5	0,70	0,80	0,50	1,50
6	1,00	1,00	0,50	2,00
7	1,30	1,60	0,50	2,90
8	0,70	0,35	0,00	0,70
9	1,00	0,50	0,00	1,00
10	1,60	0,80	0,00	1,60
11	2,00	1,00	0,00	2,00
12	2,00	1,60	0,00	2,00
13	3,00	1,60	0,00	3,00
14	3,00	2,00	0,00	3,00

Cuenca D - Ramal 1-6



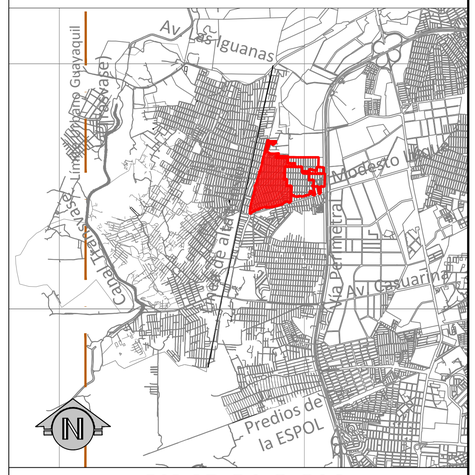
PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H=1: 1000
V=1: 500

Cuenca D - Ramal 7-9



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H=1: 1000
V=1: 500

REFERENCIA



SIMBOLOGIA

- SUMIDERO
- DIRECCION DEL FLUJO DE AGUA
- CAMARA
- TIRANTE
- CUNETA BADEN
- REJILLA DE CANALES EN ESCALINATAS
- CANAL O DUCTO CAJON
- COLECTOR

NOTAS:
- **Todas las medidas están en metros**
- **Ver detalle de armado en plano de Detalles de Drenaje - DS-11**
- **Ver detalle de cámaras y sumideros en plano de Detalles de Drenaje - DS-11**
- **El diámetro mostrado en los colectores corresponde al comercial, para el cálculo se consideró el interior**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS: DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL DE CALLES, EN EL PROYECTO VIAL SECTOR 3, DE LA PARROQUIA PASCUALES, UBICADO ENTRE EL KM 18 Y KM 22 DE LA VIA PERIMETRAL(AV. 56 N-0), UTILIZANDO EL SOFTWARE "STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)" DE LA ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)

NOMBRE DEL ARCHIVO:

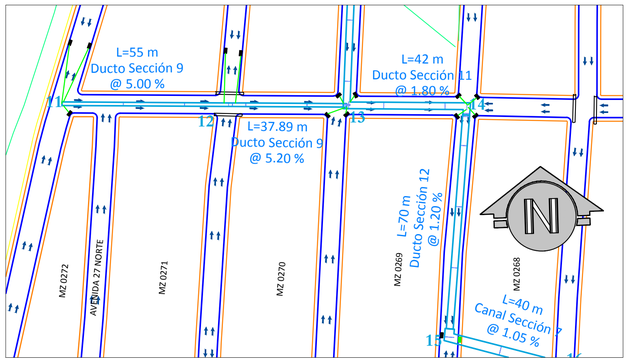
FECHA: OCUTBRE/2012

CONTIENE: SISTEMA DE COLECTORES PLUVIALES CUENCA D RAMAL 1-6 Y RAMAL 7-9 ÁREA NORTE

ESCALA: INDICADA

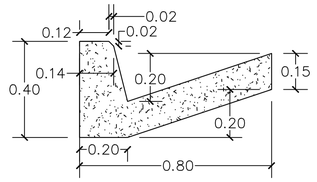
DISEÑADO POR:	DISEÑADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	LAMINA:
JEFFERSON PACHAR	SILVIA MIRANDA	DIRECTOR/A DE TESIS ING. ALBY AGUILAR P.	DECANO FICT ING. EDUARDO SANTOS B.	DS-05

CUENCA D
RAMAL 11-13

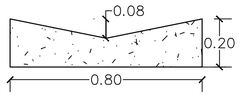


VISTA EN PLANTA
ESCALA 1: 1000

BORDILLO-CUNETA DE H.S. EN VÍAS
f'c=280 kg/cm2

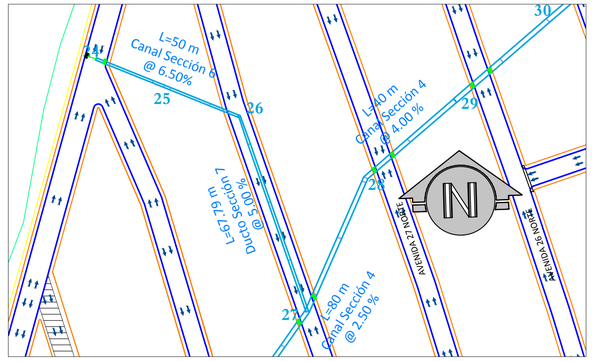


CUNETA-BADÉN DE H.A. EN INTERSECCIONES DE VÍAS
f'c=280 kg/cm2



NOTA: Ver detalle de armado en Plano de Detalles de Drenaje

CUENCA D
RAMAL 24-27



VISTA EN PLANTA
ESCALA 1: 1000

CANAL TRAPEZOIDAL DE H.S.

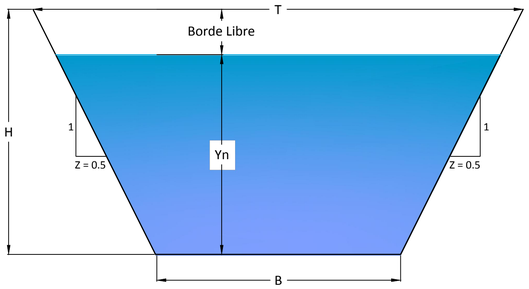
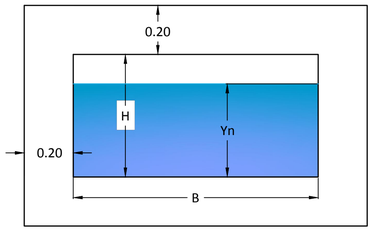


TABLA DE SECCIONES TRANSVERSALES DE CANALES Y DUCTOS

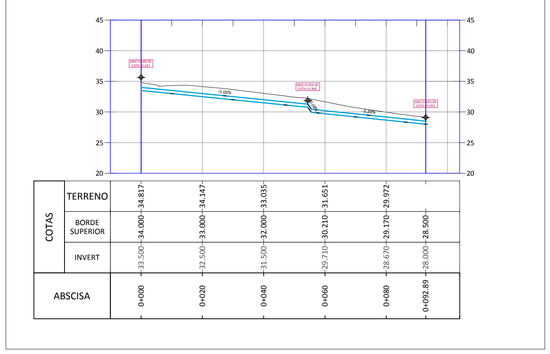
SECCIÓN	ANCHO BASE B	ALTURA CANAL H	Z	ANCHO SUPERFICIAL T
1	0,30	0,35	0,50	0,65
2	0,45	0,50	0,50	0,95
3	0,55	0,65	0,50	1,20
4	0,65	0,70	0,50	1,35
5	0,70	0,80	0,50	1,50
6	1,00	1,00	0,50	2,00
7	1,30	1,60	0,50	2,90
8	0,70	0,35	0,00	0,70
9	1,00	0,50	0,00	1,00
10	1,60	0,80	0,00	1,60
11	2,00	1,00	0,00	2,00
12	2,00	1,60	0,00	2,00
13	3,00	1,60	0,00	3,00
14	3,00	2,00	0,00	3,00

DUCTO CAJÓN DE H.A.



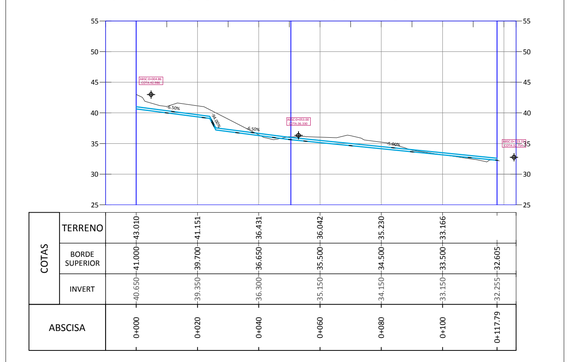
NOTA: Ver detalle de armado en Plano de Detalles de Drenaje

Cuenca D - Ramal 11-13



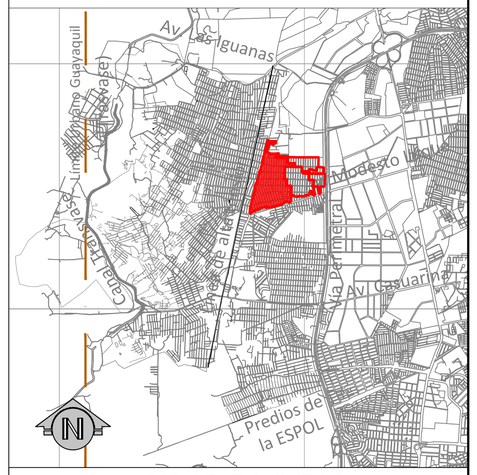
PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H=1: 1000
V=1: 500

Cuenca D - Ramal 24-27



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H=1: 1000
V=1: 500

REFERENCIA



SIMBOLOGIA

- SUMIDERO
- DIRECCION DEL FLUJO DE AGUA
- CAMARA
- TIRANTE
- CUNETA BADEN
- REJILLA DE CANALES EN ESCALINATAS
- CANAL O DUCTO CAJON
- COLECTOR

NOTAS:
- **Todas las medidas están en metros**
- **Ver detalle de armado en plano de Detalles de Drenaje - DS-11**
- **Ver detalle de cámaras y sumideros en plano de Detalles de Drenaje - DS-11**
- **El diámetro mostrado en los colectores corresponde al comercial, para el cálculo se consideró el interior**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS:
DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL DE CALLES, EN EL PROYECTO VIAL SECTOR 3, DE LA PARROQUIA PASCUALES, UBICADO ENTRE EL KM 18 Y KM 22 DE LA VIA PERIMETRAL(AV. 56 N-0), UTILIZANDO EL SOFTWARE "STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)" DE LA ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)

NOMBRE DEL ARCHIVO:
Fondo D y E.dwg

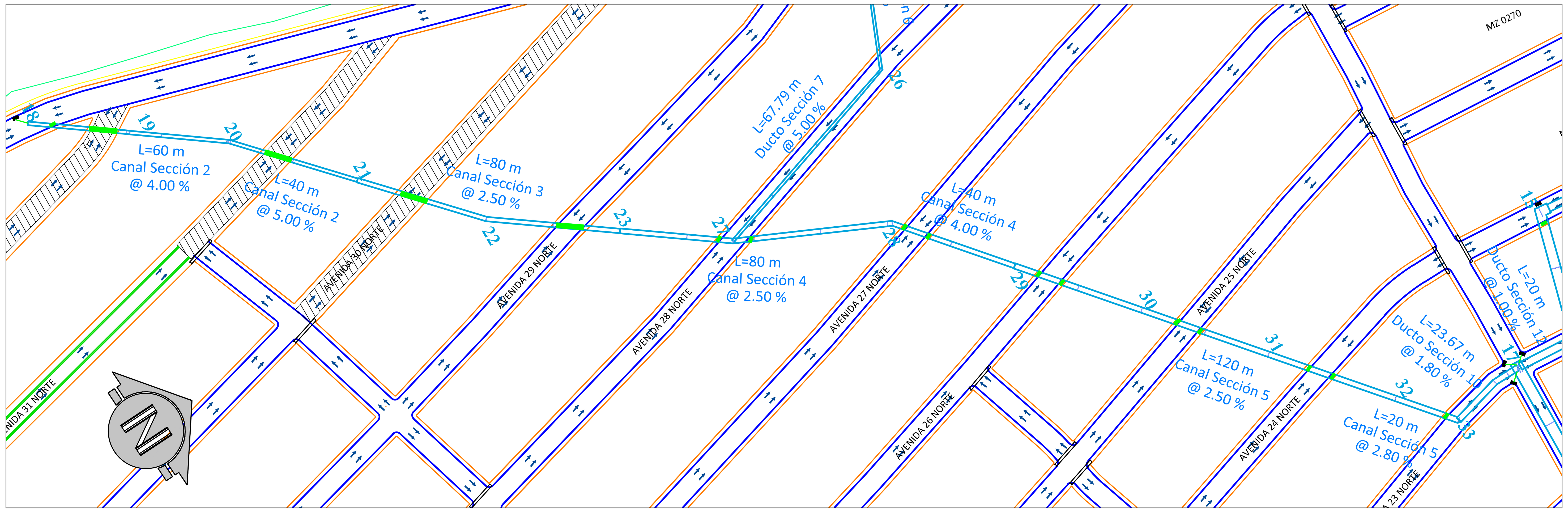
FECHA:
OCUTBRE/2012

CONTIENE:
SISTEMA DE COLECTORES PLUVIALES
CUENCA D RAMAL 11-13 Y RAMAL 24-27
ÁREA NORTE

ESCALA:
INDICADA

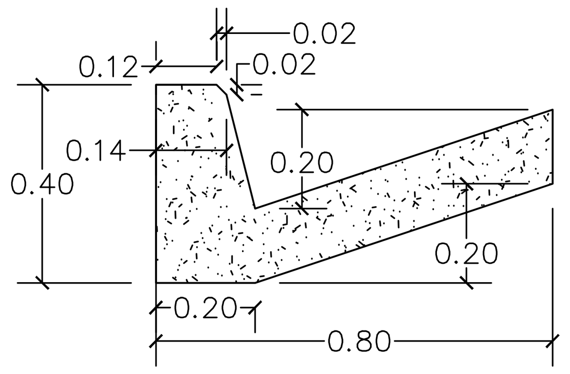
DISEÑADO POR:	DISEÑADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	LAMINA:
JEFFERSON PACHAR	SILVIA MIRANDA	DIRECTORA DE TESIS ING. ALBY AGUILAR P.	DECANO FICT ING. EDUARDO SANTOS B.	DS-06

CUENCA D
RAMAL 18-23 Y RAMAL 23-17

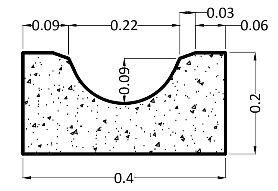


VISTA EN PLANTA
ESCALA 1: 1000

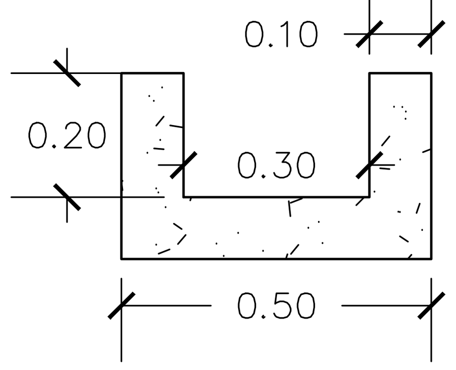
BORDILLO-CUNETA DE H.S. EN VÍAS
f'c=280 kg/cm2



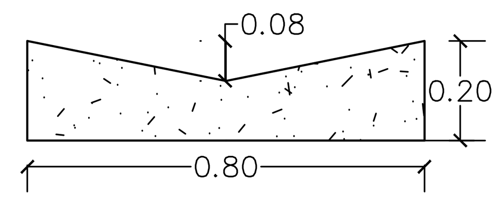
CANALETA DE H.S.
EN PEATONALES
f'c=280 kg/cm2



CANAL DE H.S. EN
ESCALINATAS
f'c=280 kg/cm2

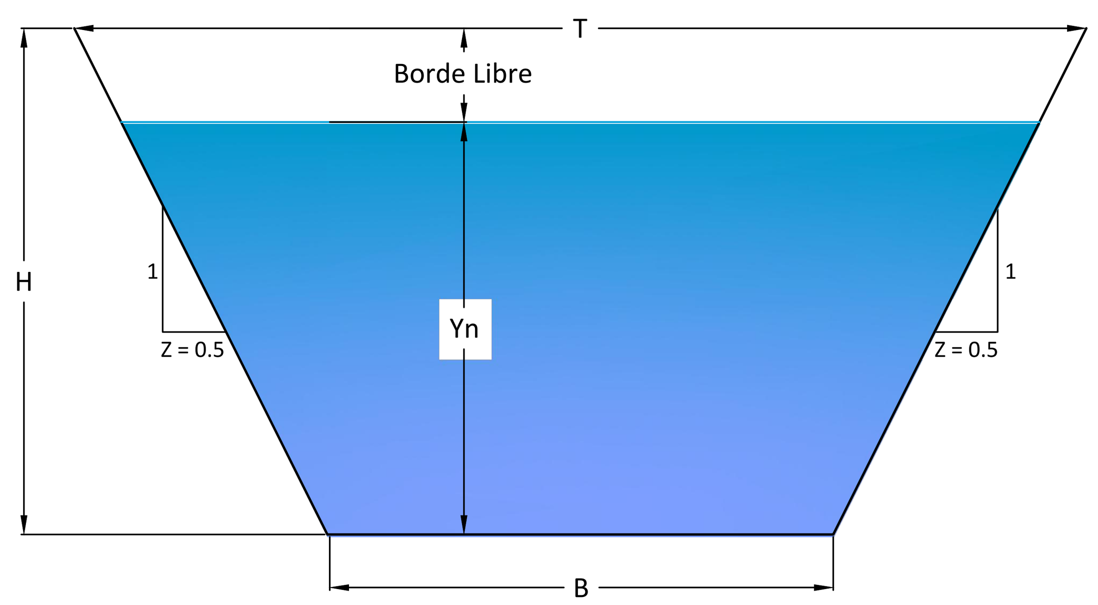


CUNETA-BADÉN DE H.A. EN
INTERSECCIONES DE VÍAS
f'c=280 kg/cm2

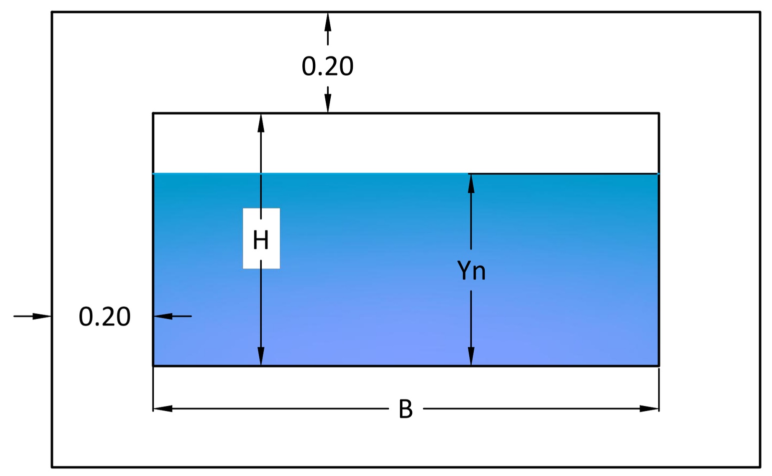


NOTA: Ver detalle de armado en Plano de Detalles de Drenaje

CANAL TRAPEZOIDAL DE H.S.



DUCTO CAJÓN DE H.A.

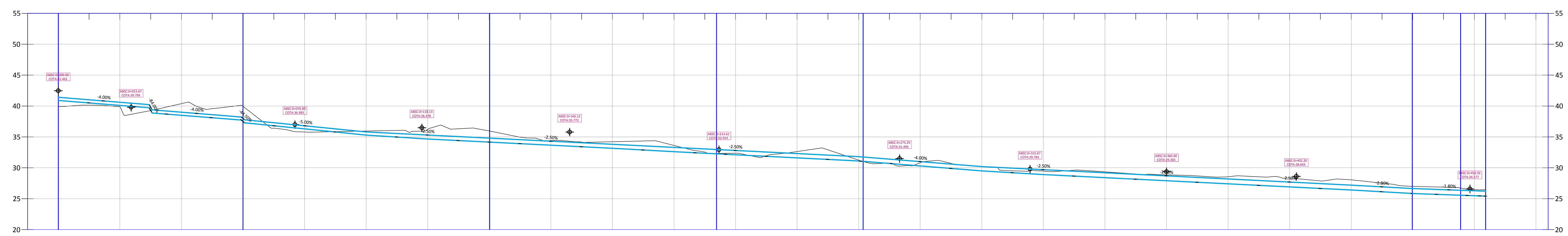


NOTA: Ver detalle de armado en Plano de Detalles de Drenaje

TABLA DE SECCIONES TRANSVERSALES DE CANALES Y DUCTOS

SECCIÓN	ANCHO BASE B	ALTURA CANAL H	Z	ANCHO SUPERFICIAL T
1	0,30	0,35	0,50	0,65
2	0,45	0,50	0,50	0,95
3	0,55	0,65	0,50	1,20
4	0,65	0,70	0,50	1,35
5	0,70	0,80	0,50	1,50
6	1,00	1,00	0,50	2,00
7	1,30	1,60	0,50	2,90
8	0,70	0,35	0,00	0,70
9	1,00	0,50	0,00	1,00
10	1,60	0,80	0,00	1,60
11	2,00	1,00	0,00	2,00
12	2,00	1,60	0,00	2,00
13	3,00	1,60	0,00	3,00
14	3,00	2,00	0,00	3,00

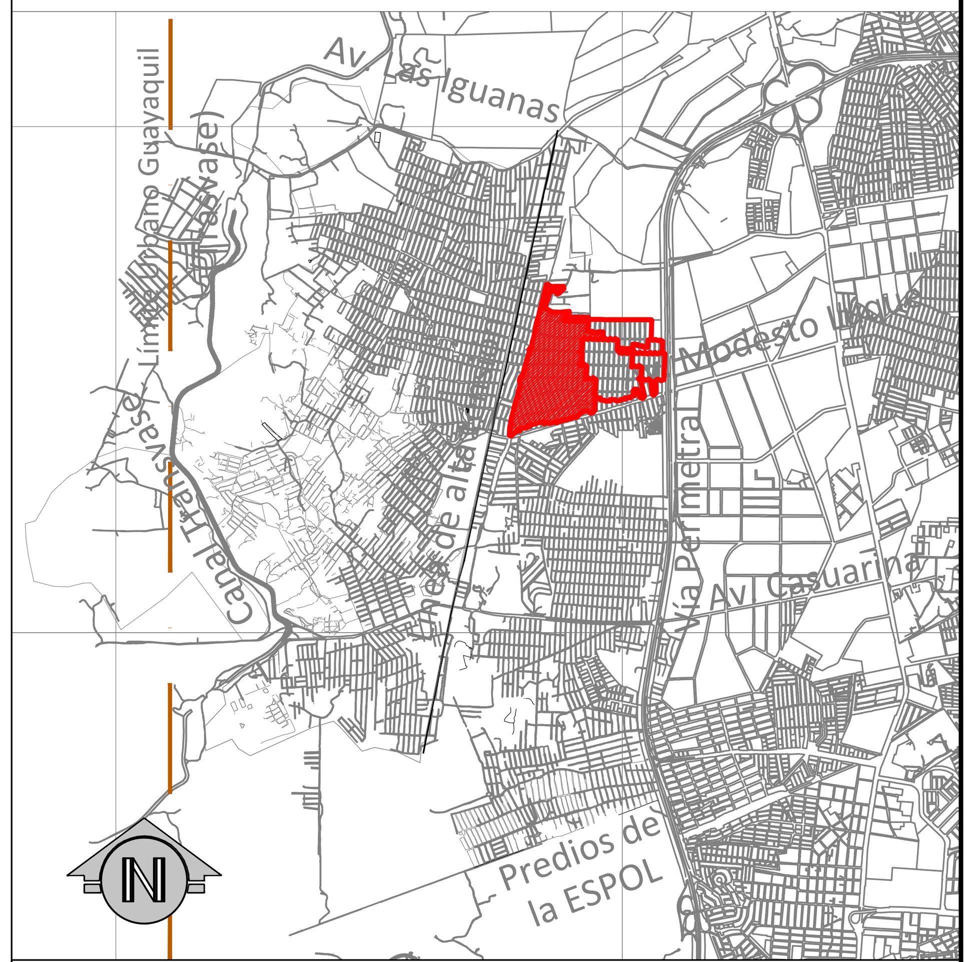
Cuenca D - Ramal 18-23 y 23-17



ABSCISA	COTAS TERRENO	COTAS BORDE SUPERIOR	COTAS INVERT
0+000	39.903	41.400	40.900
0+020	39.879	40.600	40.100
0+040	40.373	39.000	38.500
0+060	39.957	37.998	37.498
0+080	35.782	36.800	36.300
0+100	35.941	35.800	35.300
0+120	36.215	35.300	34.650
0+140	35.963	34.800	34.150
0+160	34.403	34.300	33.650
0+180	34.217	33.800	33.150
0+200	33.616	33.300	32.600
0+220	32.358	32.800	32.100
0+240	32.628	32.300	31.600
0+260	31.239	31.800	31.100
0+280	30.813	31.000	30.300
0+300	30.220	30.200	29.500
0+320	29.467	29.700	28.900
0+340	29.347	29.200	28.400
0+360	28.845	28.700	27.900
0+380	28.558	28.200	27.400
0+400	28.363	27.700	26.900
0+420	28.058	27.200	26.400
0+440	26.988	26.640	25.840
0+460	26.430	26.280	25.480
0+463.67		26.210	25.410

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H=1: 1000
V=1: 500

REFERENCIA



SIMBOLOGIA

- SUMIDERO
- DIRECCION DEL FLUJO DE AGUA
- CAMARA
- TIRANTE
- CUNETA BADEN
- REJILLA DE CANALES EN ESCALINATAS
- CANAL O DUCTO CAJON
- COLECTOR

NOTAS:
- **Todas las medidas están en metros**
- **Ver detalle de armado en plano de Detalles de Drenaje - DS-11**
- **Ver detalle de cámaras y sumideros en plano de Detalles de Drenaje - DS-11**
- **El diámetro mostrado en los colectores corresponde al comercial, para el cálculo se consideró el interior**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS: DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL DE CALLES, EN EL PROYECTO VIAL SECTOR 3, DE LA PARROQUIA PASCUALES, UBICADO ENTRE EL KM 18 Y KM 22 DE LA VIA PERIMETRAL(AV. 56 N-0), UTILIZANDO EL SOFTWARE "STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)" DE LA ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)

NOMBRE DEL ARCHIVO: Perfiles D y E.dwg

FECHA: OCUTBRE/2012

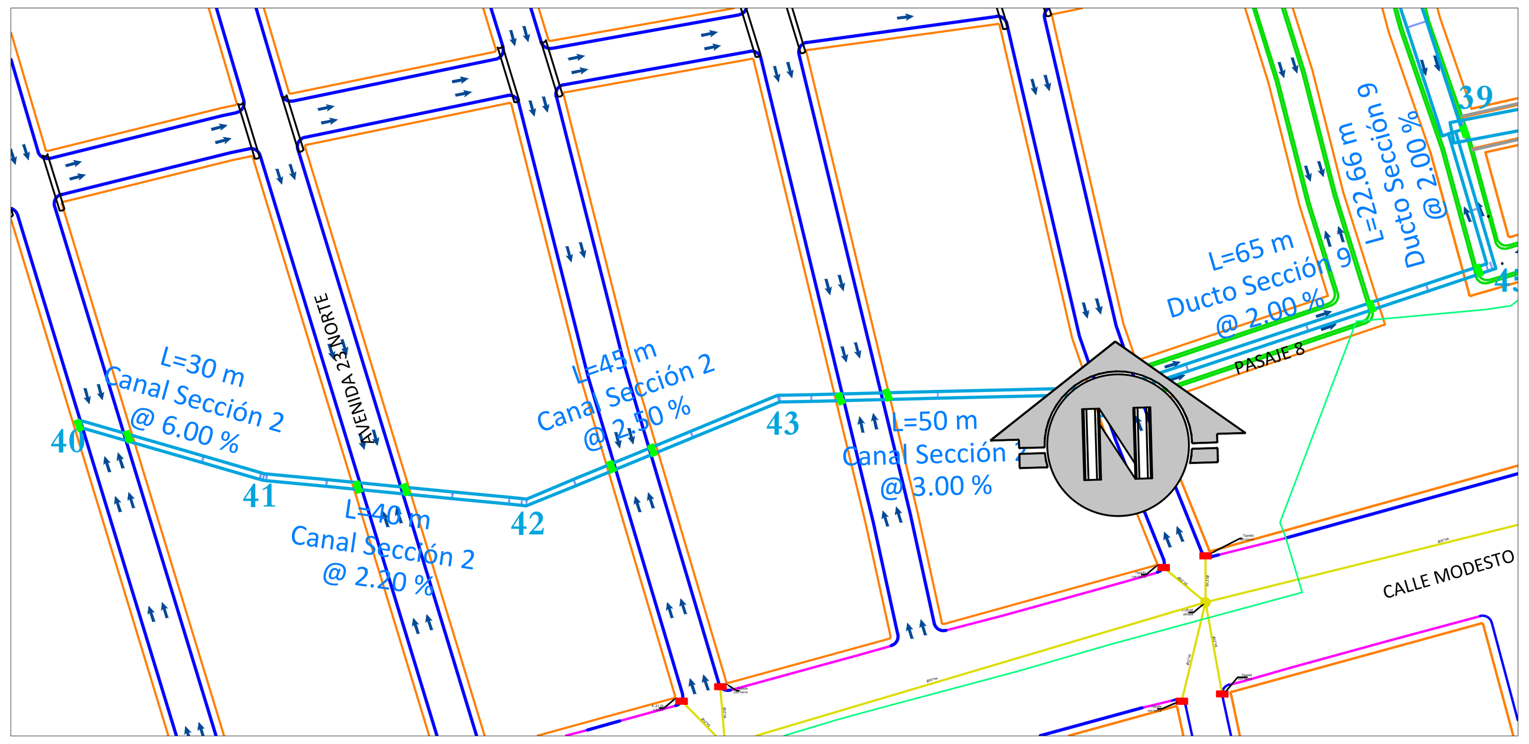
CONTIENE: SISTEMA DE COLECTORES PLUVIALES
CUENCA D RAMAL 18-23 Y RAMAL 23-17
ÁREA NORTE

ESCALA: INDICADA

DISEÑADO POR: JEFFERSON PACHAR
DISEÑADO POR: SILVIA MIRANDA
REVISADO POR: DIRECTORA DE TESIS ING. ALBY AGUILAR P.
REVISADO POR: DECANO FICT ING. EDUARDO SANTOS B.

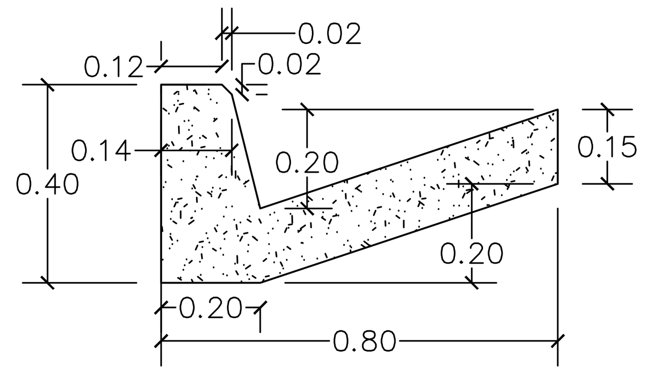
LAMINA: DS-07

CUENCA D
RAMAL 40-39

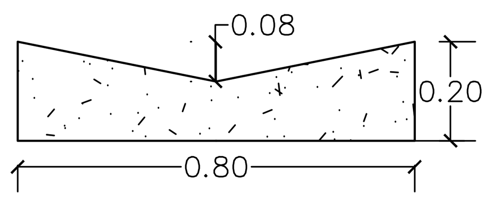


VISTA EN PLANTA
ESCALA 1: 1000

BORDILLO-CUNETA DE H.S. EN VÍAS
f'c=280 kg/cm2

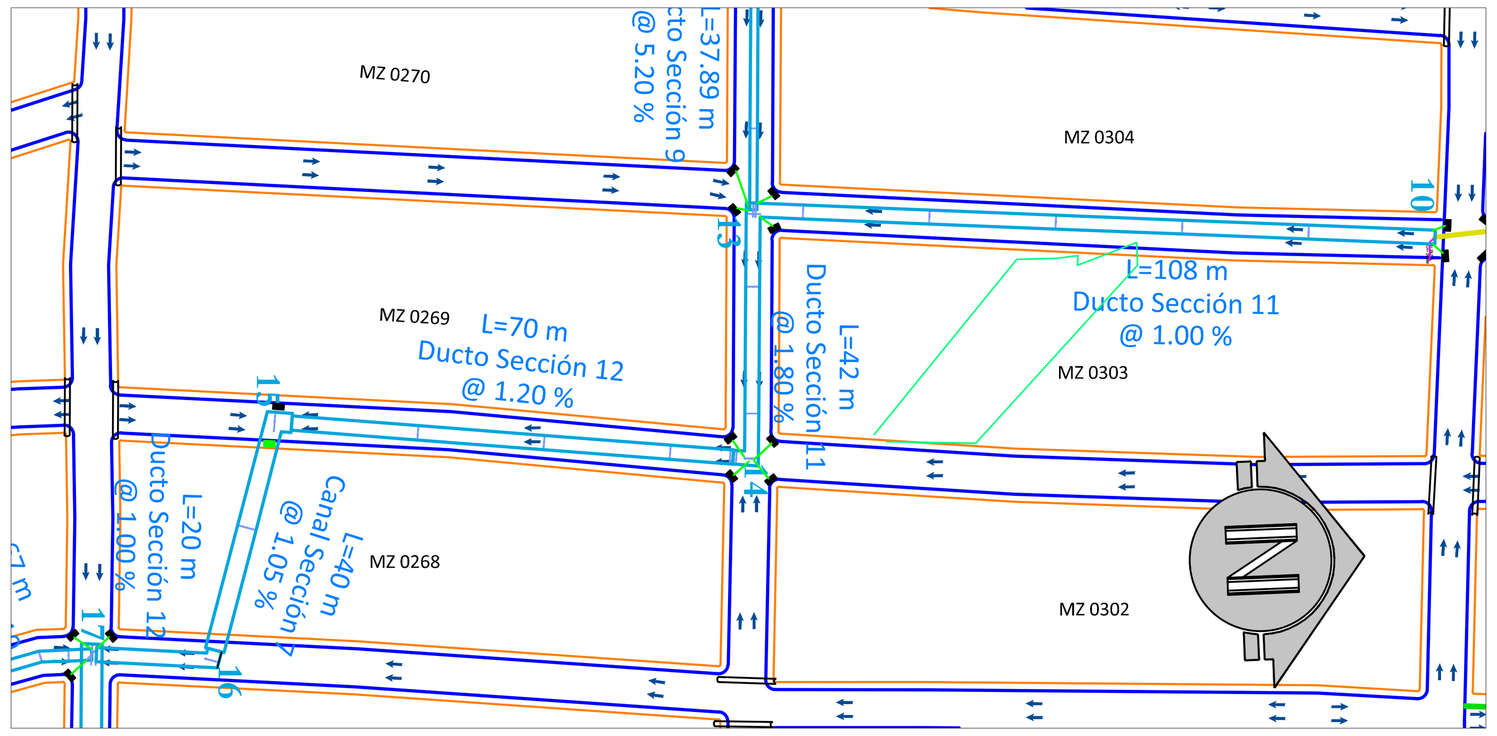


CUNETA-BADÉN DE H.A. EN INTERSECCIONES DE VÍAS
f'c=280 kg/cm2



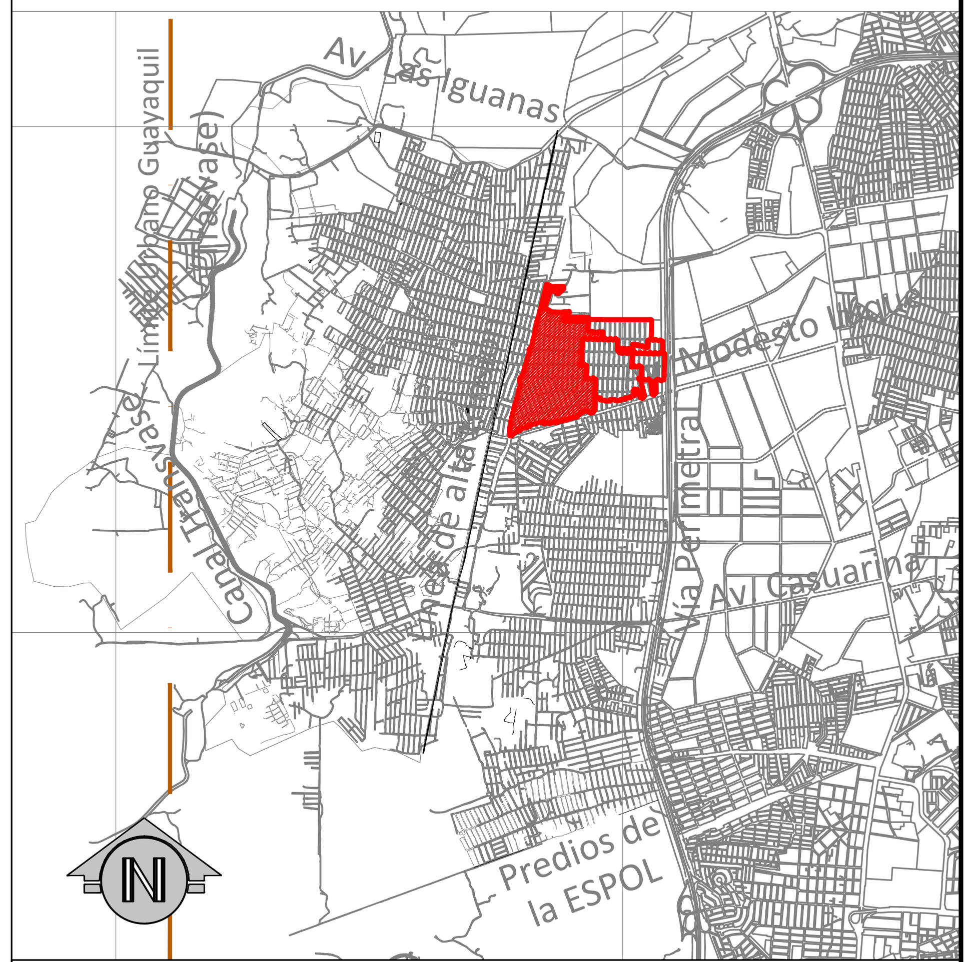
NOTA: Ver detalle de armado en Plano de Detalles de Drenaje

CUENCA D
TRONCAL PRINCIPAL RAMAL 10-17



VISTA EN PLANTA
ESCALA 1: 1000

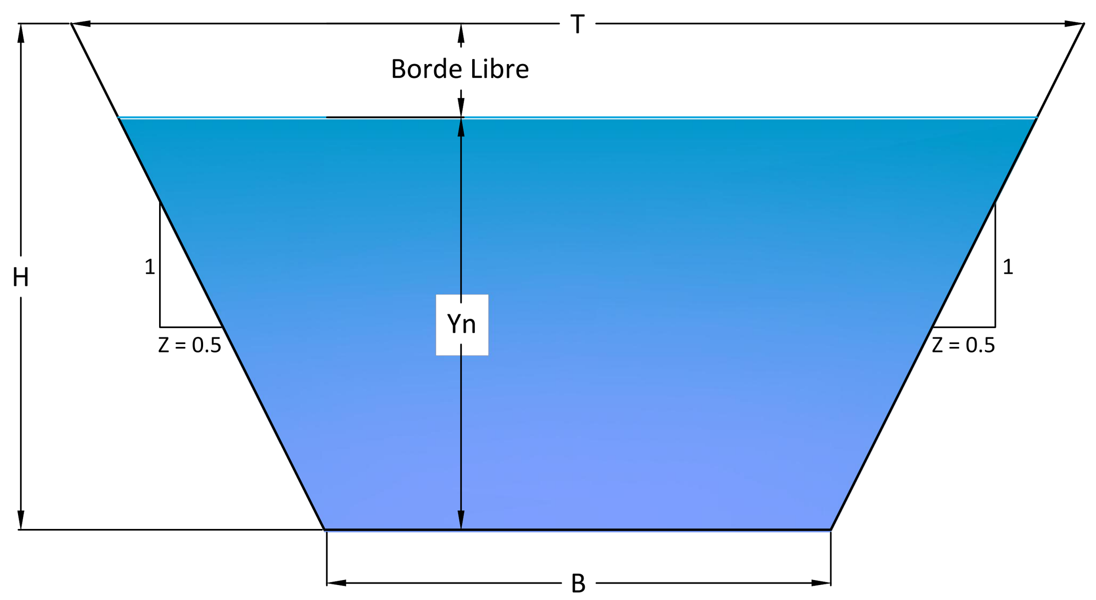
REFERENCIA



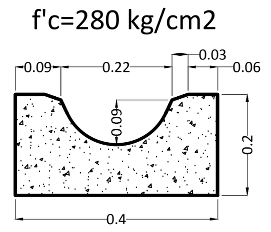
SIMBOLOGIA

- SUMIDERO
- DIRECCION DEL FLUJO DE AGUA
- CAMARA
- TIRANTE
- CUNETA BADEN
- REJILLA DE CANALES EN ESCALINATAS
- CANAL O DUCTO CAJON
- COLECTOR

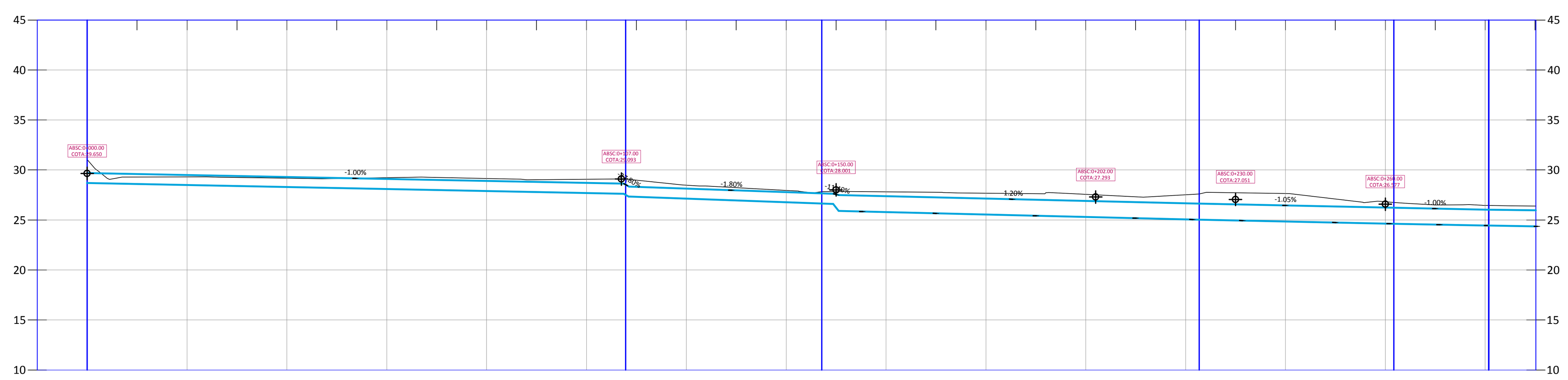
CANAL TRAPEZOIDAL DE H.S.



CANALETA DE H.S.
EN PEATONALES
f'c=280 kg/cm2



Cuenca D - Troncal Principal Ramal 10-17



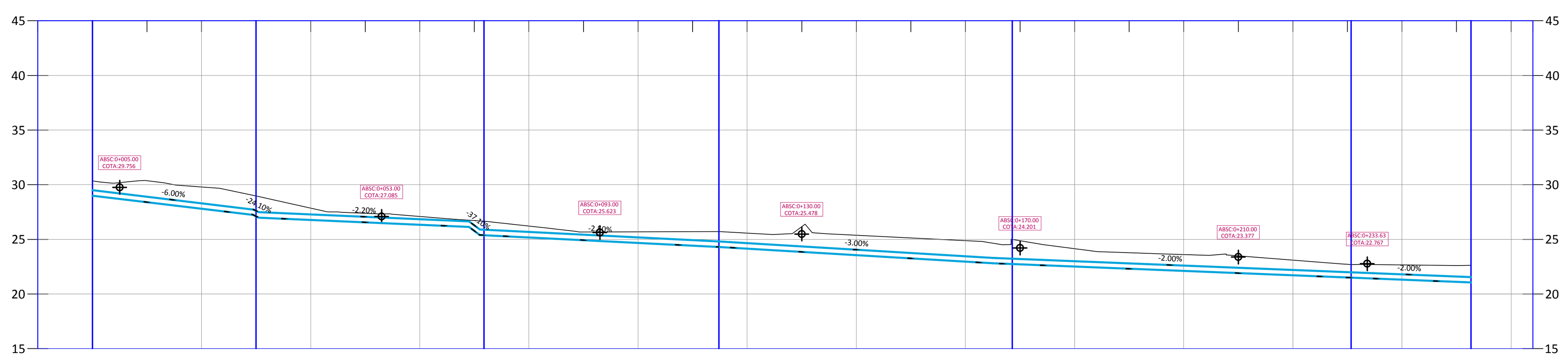
COTAS																
COTAS	TERRENO	31.056	29.301	29.188	29.224	29.150	29.070	28.477	27.945	27.812	27.673	27.555	27.519	27.641	26.823	26.455
	BORDE SUPERIOR	29.700	29.500	29.300	29.100	28.900	28.700	28.140	27.780	27.381	27.141	26.901	26.661	26.450	26.240	26.040
	INVERT	28.700	28.500	28.300	28.100	27.900	27.700	27.140	26.780	25.781	25.541	25.301	25.061	24.850	24.640	24.440
ABSCISA		0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+140	0+160	0+180	0+200	0+220	0+240	0+260	0+280

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H=1: 1000
V=1: 500

NOTAS:

- Todas las medidas están en metros
- Ver detalle de armado en plano de Detalles de Drenaje - DS-11
- Ver detalle de cámaras y sumideros en plano de Detalles de Drenaje - DS-11
- El diámetro mostrado en los colectores corresponde al comercial, para el cálculo se consideró el interior

Cuenca D - Ramal 40-39



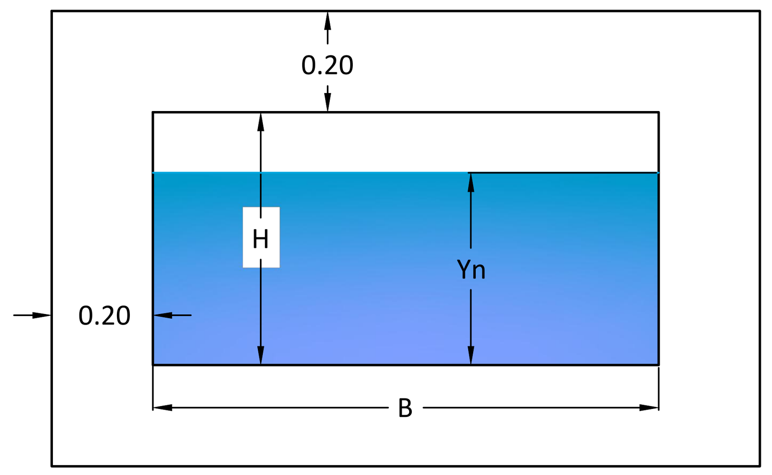
COTAS																
COTAS	TERRENO	30.354	29.785	27.846	27.090	26.215	25.681	25.564	25.380	24.878	24.139	23.609	23.093	22.653	
	BORDE SUPERIOR	29.500	28.300	27.280	26.840	25.675	25.175	24.650	24.050	23.450	23.000	22.600	22.200	21.800	21.547
	INVERT	29.000	27.800	26.780	26.340	25.175	24.675	24.150	23.550	22.950	22.500	22.100	21.700	21.300	21.050
ABSCISA		0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+140	0+160	0+180	0+200	0+220	0+240	0+252.66

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H=1: 1000
V=1: 500

TABLA DE SECCIONES TRANSVERSALES DE CANALES Y DUCTOS

SECCIÓN	ANCHO BASE B	ALTURA CANAL H	Z	ANCHO SUPERFICIAL T
1	0,30	0,35	0,50	0,65
2	0,45	0,50	0,50	0,95
3	0,55	0,65	0,50	1,20
4	0,65	0,70	0,50	1,35
5	0,70	0,80	0,50	1,50
6	1,00	1,00	0,50	2,00
7	1,30	1,60	0,50	2,90
8	0,70	0,35	0,00	0,70
9	1,00	0,50	0,00	1,00
10	1,60	0,80	0,00	1,60
11	2,00	1,00	0,00	2,00
12	2,00	1,60	0,00	2,00
13	3,00	1,60	0,00	3,00
14	3,00	2,00	0,00	3,00

DUCTO CAJÓN DE H.A.



NOTA: Ver detalle de armado en Plano de Detalles de Drenaje

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS: DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL DE CALLES, EN EL PROYECTO VIAL SECTOR 3, DE LA PARROQUIA PASCUALES, UBICADO ENTRE EL KM 18 Y KM 22 DE LA VIA PERIMETRAL(AV. 56 N-0), UTILIZANDO EL SOFTWARE "STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)" DE LA ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)

NOMBRE DEL ARCHIVO: Perfiles D y E.dwg

FECHA: OCUTBRE/2012

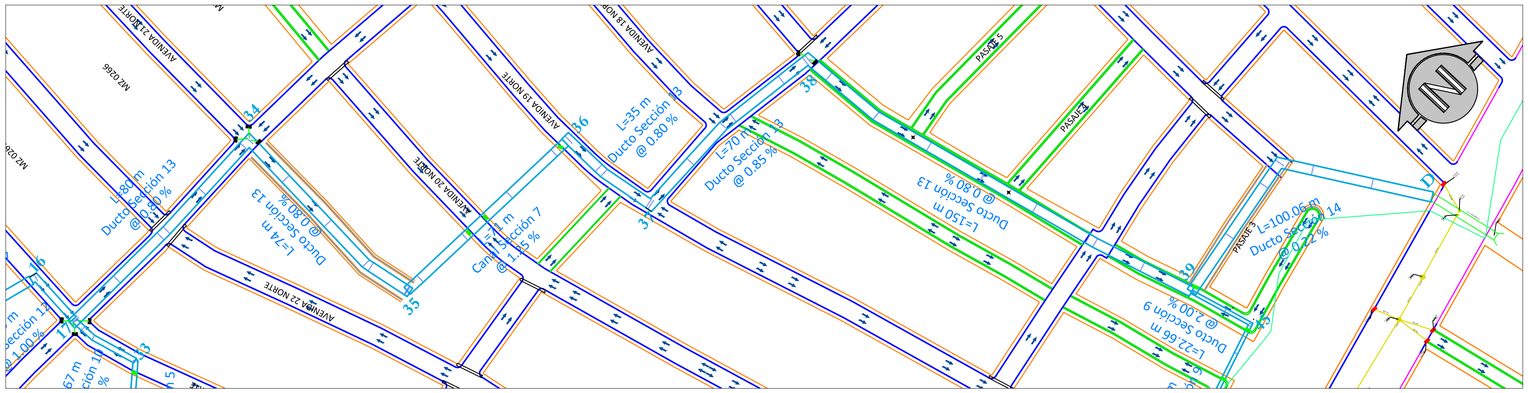
CONTIENE: SISTEMA DE COLECTORES PLUVIALES
CUENCA D RAMAL 40-39 Y TRONCAL PRINCIPAL RAMAL 10-17
ÁREA NORTE

ESCALA: INDICADA

DISEÑADO POR: JEFFERSON PACHAR
DISEÑADO POR: SILVIA MIRANDA
REVISADO POR: DIRECTORA DE TESIS ING. ALBY AGUILAR P.
REVISADO POR: DECANO FICT ING. EDUARDO SANTOS B.

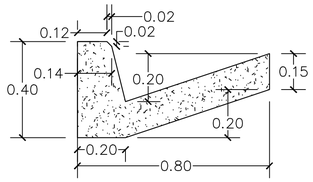
LAMINA: DS-08

CUENCA D
TRONCAL PRINCIPAL RAMAL 17-D

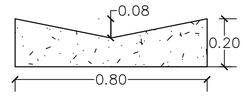


VISTA EN PLANTA
ESCALA 1: 1000

BORDILLO-CUNETA DE H.S. EN VÍAS
f'c=280 kg/cm2

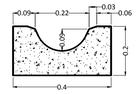


CUNETA-BADÉN DE H.A. EN INTERSECCIONES DE VÍAS
f'c=280 kg/cm2



NOTA: Ver detalle de armado en Plano de Detalles de Drenaje

CANALETA DE H.S. EN PEATONALES
f'c=280 kg/cm2



CANAL TRAPEZOIDAL DE H.S.

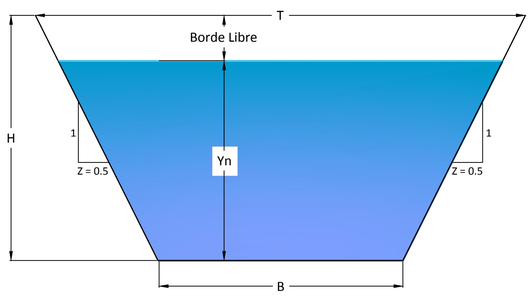
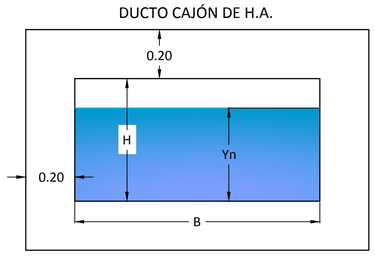


TABLA DE SECCIONES TRANSVERSALES DE CANALES Y DUCTOS

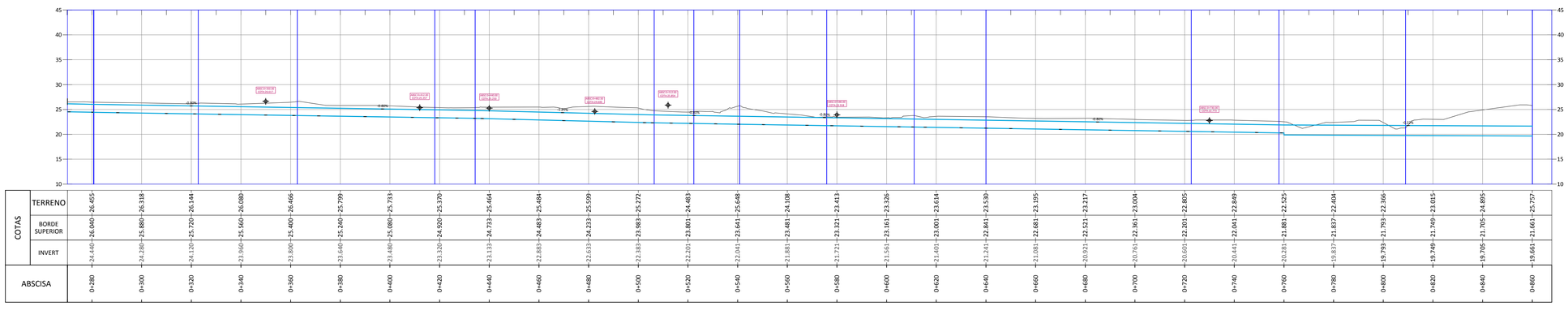
SECCIÓN	ANCHO BASE B	ALTURA CANAL H	Z	ANCHO SUPERFICIAL T
1	0,30	0,35	0,50	0,65
2	0,45	0,50	0,50	0,95
3	0,55	0,65	0,50	1,20
4	0,65	0,70	0,50	1,35
5	0,70	0,80	0,50	1,50
6	1,00	1,00	0,50	2,00
7	1,30	1,60	0,50	2,90
8	0,70	0,35	0,00	0,70
9	1,00	0,50	0,00	1,00
10	1,60	0,80	0,00	1,60
11	2,00	1,00	0,00	2,00
12	2,00	1,60	0,00	2,00
13	3,00	1,60	0,00	3,00
14	3,00	2,00	0,00	3,00

DUCTO CAJÓN DE H.A.



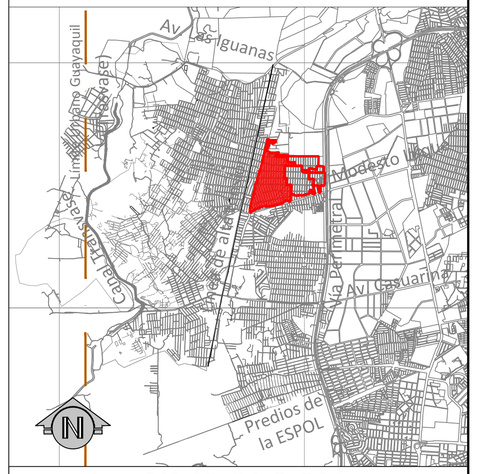
NOTA: Ver detalle de armado en Plano de Detalles de Drenaje

Cuenca D - Troncal Principal Ramal 17-D



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H=1: 1000
V=1: 500

REFERENCIA



SIMBOLOGIA

- SUMIDERO
- DIRECCION DEL FLUJO DE AGUA
- CAMARA
- TIRANTE
- CUNETA BADEN
- REJILLA DE CANALES EN ESCALINATAS
- CANAL O DUCTO CAJON
- COLECTOR

NOTAS:
- **Todas las medidas están en metros**
- **Ver detalle de armado en plano de Detalles de Drenaje - DS-11**
- **Ver detalle de cámaras y sumideros en plano de Detalles de Drenaje - DS-11**
- **El diámetro mostrado en los colectores corresponde al comercial, para el cálculo se consideró el interior**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS: DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL DE CALLES, EN EL PROYECTO VIAL SECTOR 3, DE LA PARROQUIA PASCUALES, UBICADO ENTRE EL KM 18 Y KM 22 DE LA VIA PERIMETRAL(AV. 56 N-0), UTILIZANDO EL SOFTWARE "STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)" DE LA ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)

NOMBRE DEL ARCHIVO: Pantilla D y E.dwg

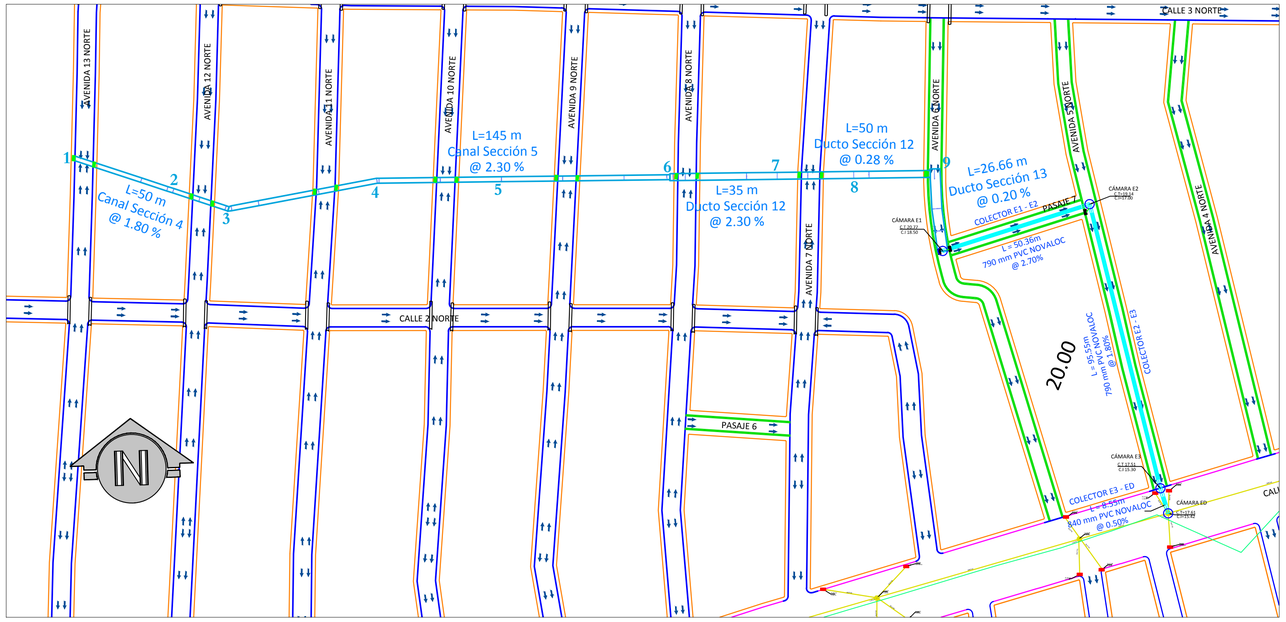
FECHA: OCUTBRE/2012

CONTIENE: SISTEMA DE COLECTORES PLUVIALES CUENCA D TRONCAL PRINCIPAL RAMAL 17-D ÁREA NORTE

ESCALA: INDICADA

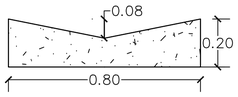
DISEÑADO POR:	DISEÑADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	LAMINA:
JEFFERSON PACHAR	SILVIA MIRANDA	DIRECTOR(A) DE TESIS: ING. ALBY AGUILAR F.	DECANO FICT: ING. EDUARDO SANTOS B.	DS-09

CUENCA E



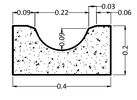
VISTA EN PLANTA
ESCALA 1: 1000

CUNETA-BADÉN DE H.A. EN INTERSECCIONES DE VÍAS
f'c=280 kg/cm2

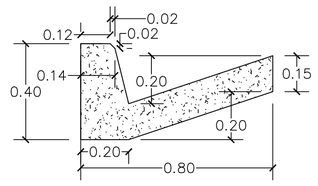


NOTA: Ver detalle de armado en Plano de Detalles de Drenaje

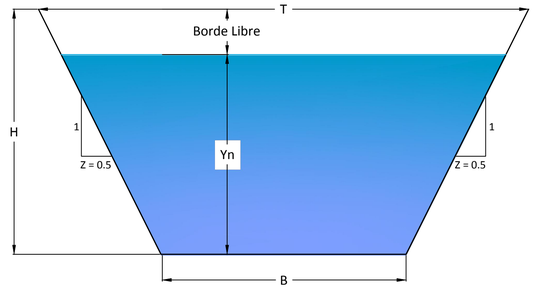
CANALETA DE H.S. EN PEATONALES
f'c=280 kg/cm2



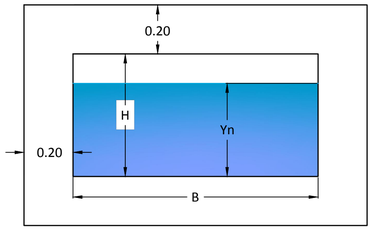
BORDILLO-CUNETA DE H.S. EN VÍAS
f'c=280 kg/cm2



CANAL TRAPEZOIDAL DE H.S.



DUCTO CAJÓN DE H.A.

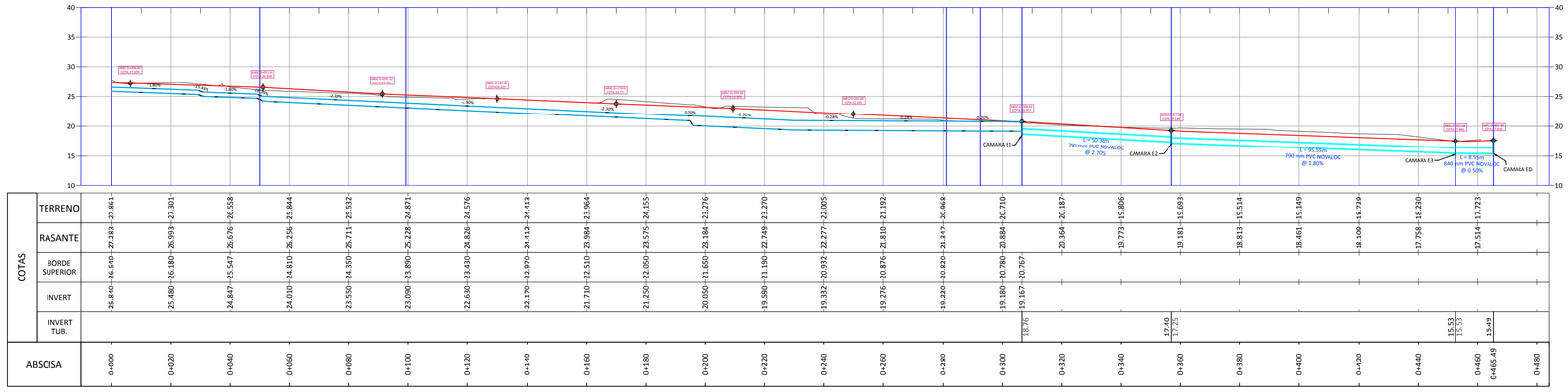


NOTA: Ver detalle de armado en Plano de Detalles de Drenaje

TABLA DE SECCIONES TRANSVERSALES DE CANALES Y DUCTOS

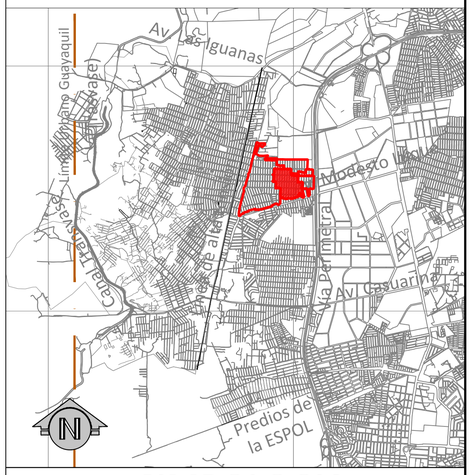
SECCIÓN	ANCHO BASE B	ALTURA CANAL H	Z	ANCHO SUPERFICIAL T
1	0,30	0,35	0,50	0,65
2	0,45	0,50	0,50	0,95
3	0,55	0,65	0,50	1,20
4	0,65	0,70	0,50	1,35
5	0,70	0,80	0,50	1,50
6	1,00	1,00	0,50	2,00
7	1,30	1,60	0,50	2,90
8	0,70	0,35	0,00	0,70
9	1,00	0,50	0,00	1,00
10	1,60	0,80	0,00	1,60
11	2,00	1,00	0,00	2,00
12	2,00	1,60	0,00	2,00
13	3,00	1,60	0,00	3,00
14	3,00	2,00	0,00	3,00

Cuenca E



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA H=1: 1000
V=1: 500

REFERENCIA



SIMBOLOGIA

- SUMIDERO
- DIRECCION DEL FLUJO DE AGUA
- CAMARA
- TIRANTE
- CUNETA BADEN
- REJILLA DE CANALES EN ESCALINATAS
- CANAL O DUCTO CAJON
- COLECTOR

NOTAS:
- Todas las medidas están en metros
- Ver detalle de armado en plano de Detalles de Drenaje - DS-11
- Ver detalle de cámaras y sumideros en plano de Detalles de Drenaje - DS-11
- El diámetro mostrado en los colectores corresponde al comercial, para el cálculo se consideró el interior

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS: DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL DE CALLES, EN EL PROYECTO VIAL SECTOR 3, DE LA PARROQUIA PASCUALES, UBICADO ENTRE EL KM 18 Y KM 22 DE LA VIA PERIMETRAL(AV. 56 N-0), UTILIZANDO EL SOFTWARE "STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)" DE LA ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)

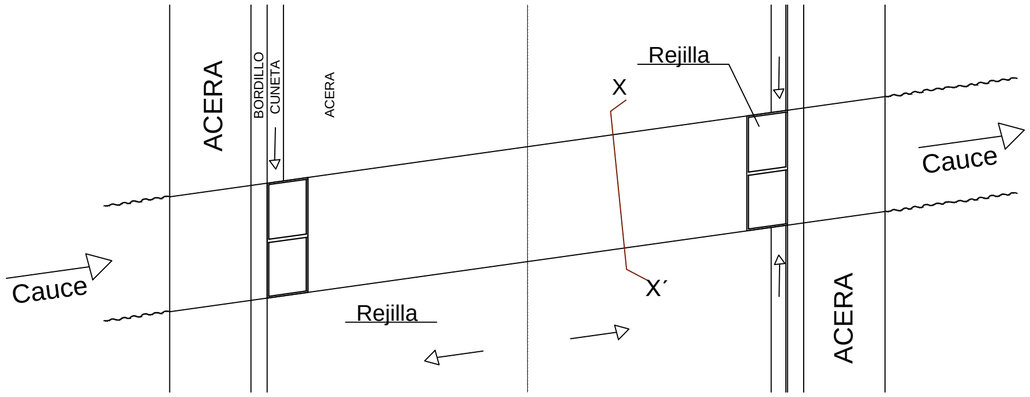
NOMBRE DEL ARCHIVO: Cuenca E y E Area

FECHA: OCUTBRE/2012

CONTIENE: SISTEMA DE COLECTORES PLUVIALES CUENCA E ÁREA NORTE

ESCALA: INDICADA

DISEÑADO POR:	DISEÑADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	LAMINA:
JEFFERSON PACHAR	SILVIA MIRANDA	DIRECTORA DE TESIS ING. ALBY AGUILAR P.	DECANO FICT ING. EDUARDO SANTOS B.	DS-10

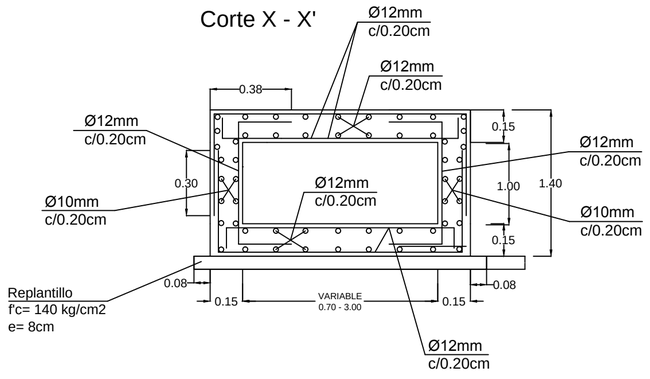


Vista en Planta Ducto Cajón

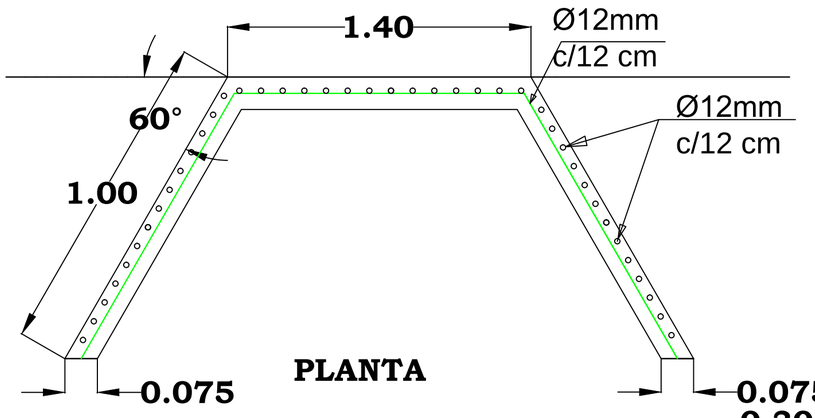
NOTAS
* Recubrimiento Interior 4cm
* Recubrimiento Exterior 3cm
* Hierro Corrugado fy = 4200 kg/cm2
* Hormigon f'c = 280 kg/cm2

DUCTO CAJON

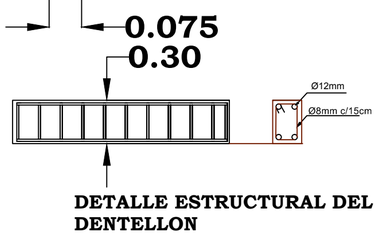
Detalle Estructural Ducto Cajón



Escala 1:250

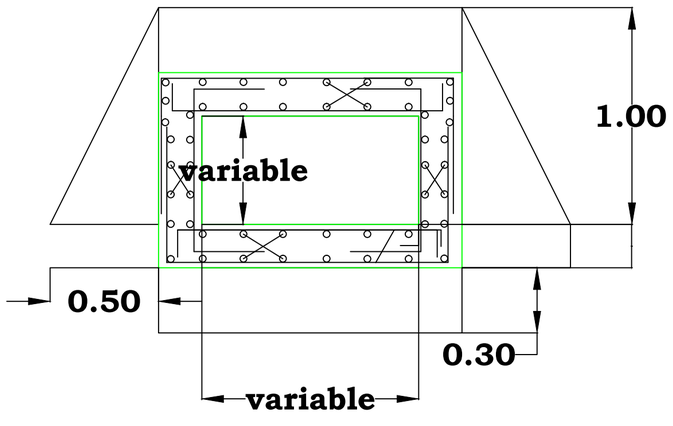


PLANTA



DETALLE ESTRUCTURAL DEL DENTELLON

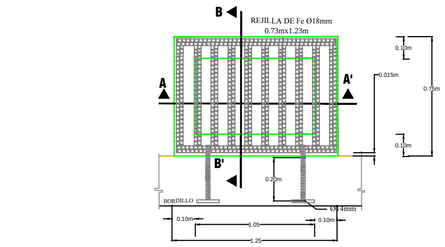
VISTA FRONTAL



MURO DE ALA

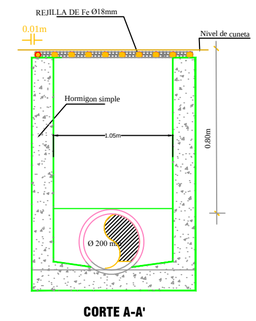
NOTAS
* Todas las medidas están en metros
* Hierro Corrugado fy = 4200 kg/cm2
* Hormigon f'c = 280 kg/cm2

SUMIDERO SIMPLE

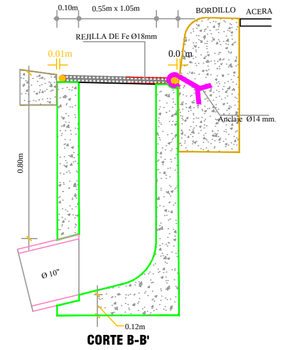


NOTA :
Las rejillas deben ser pintadas con pintura anticorrosiva, en dos manos.

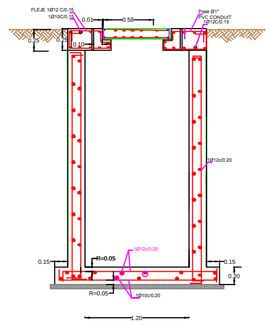
Las medidas estan dadas en metros
Salvo explicacion expresa

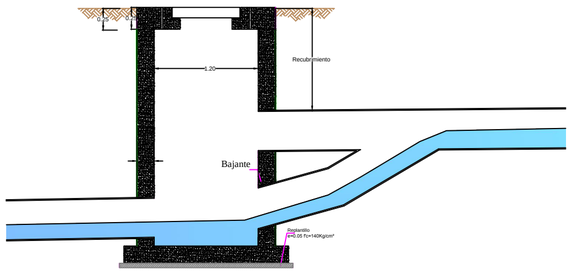


CORTE A-A'

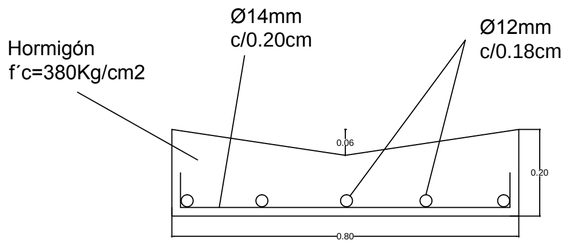


CORTE B-B'





CAMARA DE INSPECCION TIPO



CUNETA BADEN

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

TESIS: DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL DE CALLES, EN EL PROYECTO VIAL SECTOR 3, DE LA PARROQUIA PASCUALES, UBICADO ENTRE EL KM 18 Y KM 22 DE LA VIA PERIMETRAL(AV. 56 N-0), UTILIZANDO EL SOFTWARE "STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)" DE LA ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)	NOMBRE DEL ARCHIVO: DISEÑODRENAJE_DETALLES_TESIS.dwg
	FECHA: OCUTBRE/2012
CONTIENE: DETALLES DE DRENAJE	ESCALA: INDICADA
DISEÑADO POR: JEFFERSON PACHAR / DISEÑADO POR: SILVIA MIRANDA / REVISADO POR: DIRECTORA DE TESIS ING. ALBY AGUILAR P. / REVISADO POR: DECANO FICT ING. EDUARDO SANTOS B.	LAMINA: DS-11

ANEXO B – TABLAS DE CÁLCULO

Tabla B.1 Cálculo hidráulico de colectores del sistema de drenaje pluvial - cuenca A

Tabla B.2 Cálculo hidráulico de colectores del sistema de drenaje pluvial - cuenca C

Tabla B.3 Cálculo hidráulico de colectores del sistema de drenaje pluvial - cuenca D

Tabla B.4 Cálculo hidráulico de colectores del sistema de drenaje pluvial - cuenca E

Tabla B.5 Relaciones hidráulicas para tuberías parcialmente llenas

TABLA B.1 CÁLCULO HIDRÁULICO DE COLECTORES DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL - CUENCA A

Proyecto: Diseño drenaje pluvial	Método Racional: Q = (C x i x A)/ 360 ; (en m^3/s) donde C= 0,6	Q = A x V Área de la Cuenca: A = en hectáreas — ECUACION DE CONTINUIDAD
Ubicación: Área Norte Sector 3 - **Cuenca A**	Intensidad de Lluvia: i = 181,8 x t^-0,2645 para: t <= 34 min; en mm/h	$V = 1/n \times Rh^{2/3} \times S^{1/2}$ — ECUACION DE MANNING
Fecha: Septiembre de 2012	i = 438,1 x t^-0,5148 para: 34 min < t < 120 min; en mm/h	n_1 = 0,013 (PARA HORMIGÓN) — COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
Diseño: S. Miranda / J. Pachar	Tiempo de Concentración Inicial: t = 5 minutos Período de retorno: 5 años	n_2 = 0,009 (PARA TUBERÍAS DE PVC)

TUBERÍAS DE PVC

Ubicación	Tramo	Cámara	Longitud (m)	Área (ha)			Tiempo (min)		q (m^3/s)		Sección	DIÁMETRO (mm)			S	V	T	Q	Relaciones Hidráulicas				v	d	t	F	Desni.	Caída	Cota Superior		Cota Lomo int.		Cota Inv.	
				Propia	Adicional	Total	llegada	escur.	por Ha.	Total		Calculado	Comercial	Interno	(%)	m/s	N/m^2	m^3/s	q/Q	v/V	d/D	t/T	m/s	mm	N/m^2		m	m	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
Calle 6, entre Av 5 y 4	A1-A2	A1	40,62	1,99		1,99	5,00	0,18	0,198	0,393	Circular	372,25	475,00	450,00	2,50	4,09	27,59	0,651	0,60	0,91	0,63	1,14	3,72	282,15	31,32	2,24	1,02		40,73	39,99	38,93	37,91	38,46	37,45
Avenida 4, entre calle 6 y 7	A2-A3	A2	146,13	0,35		2,33	5,18	0,51	0,196	0,458	Circular	350,85	475,00	450,00	4,65	5,58	51,32	0,888	0,52	0,86	0,57	1,08	4,79	256,05	55,42	3,02	6,79	1,00	39,99	31,07	36,91	30,11	36,45	29,65
Calle 7, entre Av 4 y 5	A3-AD	A3	26,02	0,95		3,28	5,69	0,09	0,191	0,628	Circular	406,24	475,00	450,00	4,00	5,18	44,15	0,824	0,76	0,97	0,73	1,20	5,02	328,95	52,97	2,80	1,04	0,30	31,07	30,05	29,81	28,77	29,35	28,31
Calle 7, entre Av 7 y 6	A4-A5	A4	38,31	4,59		4,59	6,64	0,11	0,184	0,843	Circular	438,49	525,00	500,00	4,80	6,09	58,86	1,195	0,71	0,95	0,69	1,18	5,77	346,00	69,51	3,13	1,84	-	33,36	30,74	31,56	29,72	31,05	29,21
Calle 7, entre Av 6 y 5	A5-AD	A5	54,90	0,56		5,15	6,76	0,27	0,183	0,942	Circular	607,96	690,00	650,00	1,05	3,39	16,74	1,125	0,84	0,99	0,78	1,21	3,37	505,70	20,32	1,51	0,58	0,30	30,74	30,05	29,50	28,93	28,83	28,26

TABLA B.2 CÁLCULO HIDRÁULICO DE COLECTORES DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL - CUENCA C

Proyecto: Diseño drenaje pluvial	Método Racional: Q = (C x i x A)/ 360 ; (en m^3/s) donde C= 0,6	Q = A x V Área de la Cuenca: A = en hectáreas — ECUACION DE CONTINUIDAD
Ubicación: Área Norte Sector 3 - **Cuenca C**	Intensidad de Lluvia: i = 181,8 x t^-0,2645 para: t <= 34 min; en mm/h	$V = 1/n \times Rh^{2/3} \times S^{1/2}$ — ECUACION DE MANNING
Fecha: Septiembre de 2012	i = 438,1 x t^-0,5148 para: 34 min < t < 120 min; en mm/h	n_1 = 0,013 (PARA HORMIGÓN) — COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
Diseño: S. Miranda / J. Pachar	Tiempo de Concentración Inicial: t = 5 minutos Período de retorno: 5 años	n_2 = 0,009 (PARA TUBERÍAS DE PVC)

TUBERÍAS DE PVC

Ubicación	Tramo	Cámara	Longitud (m)	Área (ha)			Tiempo (min)		q (m^3/s)		Sección	DIÁMETRO (mm)			S	V	T	Q	Relaciones Hidráulicas				v	d	t	F	Desni.	Caída	Cota Superior		Cota Lomo int.		Cota Inv.	
				Propia	Adicional	Total	llegada	escur.	por Ha.	Total		Calculado	Comercial	Interno	(%)	m/s	N/m^2	m^3/s	q/Q	v/V	d/D	t/T	m/s	mm	N/m^2		m	m	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
Avenida 3, entre C1 y calle 3	C1-C2	C1	42,65	1,91		1,91	5,00	0,23	0,198	0,379	Circular	404,11	475,00	450,00	1,50	3,17	16,55	0,504	0,75	0,97	0,72	1,20	3,07	325,80	19,82	1,72	0,64		20,02	19,13	18,82	18,18	18,36	17,72
Calle 3, entre Av. 3 y Av. 2	C2-C3	C2	32,00	0,67		2,58	5,23	0,22	0,196	0,505	Circular	526,60	640,00	600,00	0,65	2,53	9,56	0,715	0,71	0,95	0,69	1,18	2,40	415,20	11,30	1,19	0,21	0,22	19,13	19,34	18,05	17,84	17,43	17,22
Avenida 2, entre Calle 3 y Modesto Luque	C3-C4	C3	129,25	2,04		4,63	5,45	0,53	0,193	0,895	Circular	539,09	640,00	600,00	1,80	4,21	26,49	1,190	0,75	0,97	0,72	1,20	4,07	434,40	31,70	1,97	2,33	0,30	19,34	16,18	17,54	15,21	16,92	14,59
Modesto Luque - CD	C4-CD	C4	24,31	0,39		5,02	5,98	0,11	0,189	0,947	Circular	594,13	690,00	650,00	1,20	3,62	19,13	1,203	0,79	0,98	0,74	1,21	3,54	483,60	23,05	1,63	0,29	0,25	16,18	16,20	14,99	14,70	14,32	14,03

TABLA B.3 CÁLCULO HIDRÁULICO DE COLECTORES DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL - CUENCA D

Proyecto: Diseño drenaje pluvial
Ubicación: Área Norte Sector 3 - **Cuenca D**
Fecha: Septiembre de 2012
Diseño: S. Miranda / J. Pachar

Método Racional: Q = (C x i x A)/ 360 ; (en m^3/s) donde C= 0,6

Intensidad de Lluvia: i = 199,1 x t^-0,2562 para: t <= 34 min; en mm/h

i = 477,9 x t^-0,5052 para: 34 min < t < 120 min; en mm/h

Tiempo de Concentración Inicial: t = 5 minutos Período de retorno: 10 años

Q = A x V Área de la Cuenca: A = en hectáreas ECUACION DE CONTINUIDAD

$V = 1/n \times Rh^{2/3} \times S^{1/2}$ ECUACION DE MANNING

n_1 = 0,013 (PARA HORMIGÓN) COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

n_2 = 0,009 (PARA TUBERÍAS DE PVC)

CANALES TRAPEZOIDALES / DUCTO CAJÓN RECTANGULARES

Ramal	Tramo	Longitud	Área (ha)			Tiempo (min)		q (m^3/s)		Sección	Secc. Óptima		Sec. Adoptada				BL	A_m	P_m	R_h	S	v	Q_{Yn}	Q	q/Q	F	Desni.	Cota Borde Sup.		Cota Invert	
		(m)	Propia	Adicional	Total	llegada	escur.	por Ha.	Total		B (m)	Y_n (m)	B (m)	Y_n (m)	Z	H (m)	%	m2	m	m	(%)	m/s	m^3/s	m^3/s			m	Inicio	Fin	Inicio	Fin
1-6	1-2	50,00	4,20		4,20	5,00	0,14	0,220	0,924	Trapezoidal	0,37	0,30	0,45	0,27	0,50	0,50	46,0	0,16	1,05	0,15	7,00	5,79	0,926			3,92	3,50	45,50	42,00	45,00	41,50
	2-3	40,00	2,13		6,33	5,14	0,10	0,218	1,379	Trapezoidal	0,43	0,35	0,45	0,35	0,50	0,50	30,0	0,22	1,23	0,18	7,50	6,68	1,470			4,07	3,00	41,40	38,40	40,90	37,90
	3-4	30,00	0,96		7,28	5,24	0,07	0,217	1,581	Trapezoidal	0,45	0,36	0,45	0,36	0,50	0,50	28,0	0,23	1,25	0,18	8,00	7,02	1,615			4,21	2,40	37,60	35,20	37,10	34,70
	4-5	40,00	0,78		8,06	5,31	0,12	0,216	1,741	Trapezoidal	0,53	0,43	0,55	0,42	0,50	0,65	35,4	0,32	1,49	0,21	4,00	5,52	1,766			3,07	1,60	34,60	33,00	33,95	32,35
	5-6	43,58	0,90		8,96	5,44	0,13	0,215	1,927	Trapezoidal	0,55	0,44	0,55	0,45	0,50	0,65	30,6	0,35	1,56	0,22	4,00	5,69	1,992			3,07	1,74	33,00	31,26	32,35	30,61
						5,56																								
7-9	7-8	45,00	3,79	21,22	25,01	6,81	0,15	0,203	5,077	Trapezoidal	0,95	0,77	1,00	0,75	0,50	1,00	25,2	1,03	2,68	0,38	1,50	4,98	5,129			2,07	0,68	32,20	31,53	31,20	30,52
	8-9	70,56	0,80	8,96	34,77	6,96	0,26	0,202	7,025	Rectangular			2,00	0,79		1,01		1,58	3,58	0,44	1,00	4,46	7,047	9,782	0,72	1,60	0,71	31,53	30,82	30,52	29,81
						7,23																								
11-13	11-12	55,00	0,64	11,59	12,23	5,00	0,14	0,220	2,690	Rectangular			1,00	0,42		0,50		0,42	1,84	0,23	5,00	6,42	2,696	3,413	0,79	3,16	2,75	34,00	31,25	33,50	30,75
	12-13	37,89	0,88		13,11	5,14	0,09	0,218	2,857	Rectangular			1,00	0,44		0,50		0,44	1,87	0,24	5,20	6,69	2,944	3,481	0,82	3,22	1,97	30,47	28,50	29,97	28,00
						5,24																								
10-17 Troncal Principal 1	10-13	108,00	0,77	34,77	35,54	7,23	0,40	0,200	7,108	Rectangular			2,00	0,80		1,00		1,60	3,60	0,44	1,00	4,48	7,168	9,692	0,73	1,60	1,08	29,70	28,62	28,70	27,62
	13-14	42,00	0,41	13,11	49,05	7,63	0,12	0,197	9,664	Rectangular			2,00	0,78		1,00		1,56	3,56	0,44	1,80	5,95	9,282	13,037	0,74	2,15	0,76	28,36	27,60	27,36	26,60
	14-15	70,00	0,49		49,54	7,75	0,22	0,196	9,710	Rectangular			2,00	1,01		1,60		2,02	4,02	0,50	1,20	5,33	10,767	19,516	0,50	1,69	0,84	27,50	26,66	25,90	25,06
	15-16	40,00	0,36		49,90	7,97	0,13	0,195	9,730	Trapezoidal	1,29	1,05	1,30	1,05	0,50	1,60	34,4	1,92	3,65	0,53	1,05	5,14	9,869			1,82	0,42	26,66	26,24	25,06	24,64
	16-17	20,00	0,83		50,73	8,10	0,07	0,194	9,842	Rectangular			2,00	1,02		1,60		2,04	4,04	0,50	1,00	4,88	9,955	17,795	0,55	1,54	0,20	26,24	26,04	24,64	24,44
						8,16																								
18-23	18-19	30,00	0,39	3,99	4,38	5,00	0,10	0,220	0,964	Trapezoidal	0,42	0,34	0,45	0,34	0,50	0,50	33,0	0,21	1,20	0,18	4,00	4,82	1,012			2,98	1,20	41,40	40,20	40,90	39,70
	19-20	30,00	0,65		5,03	5,10	0,10	0,219	1,102	Trapezoidal	0,44	0,36	0,45	0,36	0,50	0,50	28,4	0,23	1,25	0,18	4,00	4,98	1,145			2,98	1,20	39,40	38,20	38,90	37,70
	20-21	40,00	0,70		5,73	5,20	0,12	0,217	1,244	Trapezoidal	0,45	0,36	0,45	0,36	0,50	0,50	28,0	0,23	1,25	0,18	5,00	5,55	1,277			3,33	2,00	37,80	35,80	37,30	35,30
	21-22	40,00	0,90		6,63	5,32	0,15	0,216	1,432	Trapezoidal	0,54	0,43	0,55	0,43	0,50	0,65	33,8	0,33	1,51	0,22	2,50	4,41	1,455			2,43	1,00	35,80	34,80	35,15	34,15
	22-23	40,00	0,87		7,50	5,48	0,15	0,215	1,612	Trapezoidal	0,56	0,45	0,55	0,46	0,50	0,65	29,2	0,36	1,58	0,23	2,50	4,54	1,634			2,43	1,00	34,80	33,80	34,15	33,15
						5,62																								

TABLA B.3 CÁLCULO HIDRÁULICO DE COLECTORES DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL - CUENCA D

Proyecto: Diseño drenaje pluvial
Ubicación: Área Norte Sector 3 - **Cuenca D**
Fecha: Septiembre de 2012
Diseño: S. Miranda / J. Pachar

Método Racional: Q = (C x i x A)/ 360 ; (en m^3/s) donde C= 0,6

Intensidad de Lluvia: i = 199,1 x t^-0,2562 para: t <= 34 min; en mm/h

i = 477,9 x t^-0,5052 para: 34 min < t < 120 min; en mm/h

Tiempo de Concentración Inicial: t = 5 minutos Período de retorno: 10 años

Q = A x V Área de la Cuenca: A = en hectáreas ECUACION DE CONTINUIDAD

$V = 1/n \times Rh^{2/3} \times S^{1/2}$ ECUACION DE MANNING

n_1 = 0,013 (PARA HORMIGÓN)

n_2 = 0,009 (PARA TUBERÍAS DE PVC) COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

CANALES TRAPEZOIDALES / DUCTO CAJÓN RECTANGULARES

Ramal	Tramo	Longitud	Área (ha)			Tiempo (min)		q (m^3/s)		Sección	Secc. Óptima		Sec. Adoptada				BL	A_m	P_m	R_h	S	v	Q_{Yn}	Q	q/Q	F	Desni.	Cota Borde Sup.		Cota Invert	
		(m)	Propia	Adicional	Total	llegada	escur.	por Ha.	Total		B (m)	Y_n (m)	B (m)	Y_n (m)	Z	H (m)	%	m2	m	m	(%)	m/s	m^3/s	m^3/s			m	Inicio	Fin	Inicio	Fin
24-27	24-25	25,00	0,47	1,53	2,01	5,00	0,09	0,220	0,441	Trapezoidal	0,29	0,23	0,30	0,23	0,50	0,35	34,8	0,10	0,81	0,12	6,50	4,85	0,485			3,56	1,63	41,00	39,38	40,65	39,02
	25-26	25,00			2,01	5,09	0,09	0,219	0,439	Trapezoidal	0,29	0,23	0,30	0,23	0,50	0,35	34,8	0,10	0,81	0,12	6,50	4,85	0,485			3,56	1,63	37,63	36,00	37,28	35,65
	26-27	67,79	1,31		3,32	5,17	0,25	0,218	0,724	Rectangular			0,70	0,23		0,35		0,16	1,16	0,14	5,00	4,59	0,734	1,341	0,54	3,07	3,39	36,00	32,61	35,65	32,26
						5,42																									
23-17	23-28	80,00		10,82	10,82	5,62	0,27	0,213	2,304	Trapezoidal	0,64	0,52	0,65	0,52	0,50	0,70	25,7	0,47	1,81	0,26	2,50	4,95	2,327			2,49	2,00	33,80	31,80	33,10	31,10
	28-29	40,00	1,15		11,97	5,89	0,11	0,211	2,525	Trapezoidal	0,61	0,49	0,65	0,47	0,50	0,70	32,9	0,42	1,70	0,25	4,00	6,06	2,545			3,16	1,60	31,80	30,20	31,10	29,50
	29-30	40,00	0,87		12,83	6,00	0,13	0,210	2,695	Trapezoidal	0,68	0,55	0,70	0,55	0,50	0,80	31,3	0,54	1,93	0,28	2,50	5,20	2,808			2,53	1,00	30,20	29,20	29,40	28,40
	30-31	40,00	0,49		13,33	6,13	0,13	0,209	2,785	Trapezoidal	0,69	0,56	0,70	0,55	0,50	0,80	31,3	0,54	1,93	0,28	2,50	5,20	2,808			2,53	1,00	29,20	28,20	28,40	27,40
	31-32	40,00	0,94		14,27	6,26	0,13	0,207	2,953	Trapezoidal	0,70	0,57	0,70	0,58	0,50	0,80	27,5	0,57	2,00	0,29	2,50	5,27	3,004			2,52	1,00	28,20	27,20	27,40	26,40
	32-33	20,00	0,70		14,97	6,38	0,06	0,206	3,083	Trapezoidal	0,70	0,57	0,70	0,57	0,50	0,80	28,8	0,56	1,97	0,28	2,80	5,56	3,114			2,67	0,56	27,20	26,64	26,40	25,84
	33-17	23,67			14,97	6,44	0,09	0,206	3,083	Rectangular			1,60	0,44		0,80		0,70	2,48	0,28	1,80	4,44	3,108	7,195	0,43	2,14	0,43	26,64	26,21	25,84	25,41
						6,53																									
17-39 Troncal Principal 2	17-34	80,00	2,50	65,70	68,20	8,16	0,24	0,194	13,230	Rectangular			3,00	1,39		1,60		4,17	5,78	0,72	0,80	5,53	23,060	27,845	0,48	1,50	0,64	26,04	25,40	24,44	23,80
	34-35	74,00	0,19		68,39	8,41	0,22	0,192	13,130	Rectangular			3,00	1,38		1,60		4,14	5,76	0,72	0,80	5,52	22,853	27,822	0,47	1,50	0,59	25,40	24,81	23,80	23,21
	35-36	71,00	1,28		69,67	8,63	0,20	0,191	13,307	Trapezoidal	1,41	1,14	1,30	1,19	0,50	1,60	25,6	2,26	3,96	0,57	1,25	5,92	13,379			1,98	0,89	24,81	23,92	23,21	22,32
	36-37	35,00	1,33		71,00	8,83	0,12	0,190	13,490	Rectangular			3,00	1,01		1,60		3,03	5,02	0,60	0,80	4,91	14,877	27,856	0,48	1,56	0,28	23,92	23,64	22,32	22,04
	37-38	70,00	4,16		75,16	8,95	0,23	0,189	14,205	Rectangular			3,00	1,04		1,60		3,12	5,08	0,61	0,80	4,97	15,506	27,868	0,51	1,56	0,56	23,64	23,08	22,04	21,48
	38-39	150,00	0,38		75,53	9,18	0,50	0,188	14,200	Rectangular			3,00	1,04		1,60		3,12	5,08	0,61	0,80	4,97	15,506	27,868	0,51	1,56	1,20	23,08	21,88	21,48	20,28
						9,69																									
40-39	40-41	30,00	2,41		2,41	5,00	0,10	0,220	0,531	Trapezoidal	0,31	0,25	0,45	0,21	0,50	0,50	58,0	0,12	0,92	0,13	6,00	4,85	0,582			3,63	1,80	29,50	27,70	29,00	27,20
	41-42	40,00	0,74		3,15	5,10	0,19	0,219	0,689	Trapezoidal	0,42	0,34	0,45	0,32	0,50	0,50	36,0	0,20	1,17	0,17	2,20	3,52	0,704			2,21	0,88	27,50	26,62	27,00	26,12
	42-43	45,00	0,69		3,84	5,29	0,19	0,217	0,833	Trapezoidal	0,44	0,35	0,45	0,35	0,50	0,50	30,3	0,22	1,23	0,18	2,50	3,86	0,849			2,35	1,13	25,93	24,80	25,43	24,30
	43-44	50,00	0,68		4,52	5,49	0,19	0,215	0,972	Trapezoidal	0,45	0,36	0,45	0,36	0,50	0,50	28,0	0,23	1,25	0,18	3,00	4,30	0,989			2,58	1,50	24,80	23,30	24,30	22,80
	44-45	65,00	1,27		5,79	5,68	0,29	0,213	1,234	Rectangular			1,00	0,34		0,50		0,34	1,68	0,20	2,00	3,75	1,275	2,159	0,57	2,05	1,30	23,30	22,00	22,80	21,50
	45-39	22,66			5,79	5,97	0,10	0,210	1,216	Rectangular			1,00	0,33		0,50		0,33	1,66	0,20	2,00	3,71	1,224	2,150	0,57	2,06	0,45	22,00	21,55	21,50	21,05
						6,07																									
DESCARGA	39-D	100,06	1,69	81,33	83,02	9,69	0,54	0,185	15,358	Rectangular			3,00	1,67		2,00		5,01	6,34	0,79	0,22	3,08	15,431	19,534	0,79	0,76	0,22	21,88	21,66	19,88	19,66

TABLA B.4 CÁLCULO HIDRÁULICO DE COLECTORES DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL - CUENCA E

Proyecto: Diseño drenaje pluvial
Ubicación: Área Norte Sector 3 - **Cuenca E**
Fecha: Septiembre de 2012
Diseño: S. Miranda / J. Pachar

Método Racional: $Q = (C \times i \times A)/360$; (en m^3/s) — donde C= 0,6

Intensidad de Lluvia: $i = 199{,}1 \times t^{-0{,}2562}$ para: $t <= 34$ min; en mm/h

$i = 477{,}9 \times t^{-0{,}5052}$ para: 34 min < t < 120 min; en mm/h

Tiempo de Concentración Inicial: t = 5 minutos — Período de retorno: 10 años

$Q = A \times V$ Área de la Cuenca: A = en hectáreas — ECUACION DE CONTINUIDAD

$V = 1/n \times Rh^{2/3} \times S^{1/2}$ — ECUACION DE MANNING

n_1 = 0,013 (PARA HORMIGÓN)

n_2 = 0,009 (PARA TUBERÍAS DE PVC) — COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

CANALES TRAPEZOIDALES / DUCTO CAJÓN RECTANGULARES

Ramal	Tramo	Longitud (m)	Área (ha)			Tiempo (min)		q (m^3/s)		Sección	Secc. Óptima		Sec. Adoptada				BL %	A_m m2	P_m m	R_h m	S (%)	v m/s	Q_m m^3/s	Q m^3/s	q/Q	F	Desni. m	Cota Borde Sup.		Cota Invert	
			Propia	Adicional	Total	llegada	escur.	por Ha.	Total		B (m)	Y. (m)	B (m)	Y. (m)	Z	H (m)											Inicio	Fin	Inicio	Fin
	1-2	30,00	5,30		5,30	6,15	0,14	0,208	1,103	Trapezoidal	0,52	0,42	0,65	0,37	0,50	0,70	47,1	0,31	1,48	0,21	1,80	3,64	1,128			1,91	0,54	26,54	26,00	25,84	25,30
	2-3	20,00	1,89		7,19	6,28	0,08	0,207	1,489	Trapezoidal	0,58	0,47	0,65	0,45	0,50	0,70	35,7	0,39	1,66	0,24	1,80	3,94	1,537			1,88	0,36	25,70	25,34	25,00	24,64
	3-4	50,00	1,88		9,07	6,37	0,18	0,207	1,879	Trapezoidal	0,60	0,49	0,70	0,45	0,50	0,80	43,8	0,42	1,71	0,25	2,30	4,58	1,924			2,18	1,15	25,04	23,89	24,24	23,09
	4-5	40,00	1,87		10,94	6,55	0,14	0,205	2,243	Trapezoidal	0,64	0,52	0,70	0,50	0,50	0,80	37,5	0,48	1,82	0,26	2,30	4,80	2,304			2,17	0,92	23,89	22,97	23,09	22,17
	5-6	55,00	1,52		12,46	6,69	0,19	0,204	2,542	Trapezoidal	0,68	0,55	0,70	0,54	0,50	0,80	32,7	0,52	1,91	0,27	2,30	4,90	2,548			2,13	1,27	22,97	21,71	22,17	20,90
	6-7	35,00	1,45		13,91	6,87	0,12	0,202	2,810	Rectangular			2,00	0,36		1,60		0,72	2,72	0,26	2,30	4,81	3,463	27,062	0,10	2,56	0,81	21,77	20,96	20,17	19,36
	7-8	25,00	1,41		15,33	7,00	0,19	0,202	3,096	Rectangular			2,00	0,69		1,60		1,38	3,38	0,41	0,28	2,24	3,091	9,424	0,33	0,86	0,07	20,96	20,89	19,36	19,29
	8-9	25,00			15,33	7,18	0,19	0,200	3,065	Rectangular			2,00	0,69		1,60		1,38	3,38	0,41	0,28	2,24	3,091	9,424	0,33	0,86	0,07	20,89	20,82	19,29	19,22
	9-E1	26,66	0,89		16,22	7,37	0,23	0,199	3,227	Rectangular			3,00	0,57		1,60		1,71	4,14	0,41	0,20	1,91	3,266	13,905	0,23	0,81	0,05	20,82	20,77	19,22	19,17
						7,60																								

TUBERÍAS DE PVC

Ubicación	Tramo	Cámara	Longitud (m)	Área (ha)			Tiempo (min)		q (m^3/s)		Sección	DIÁMETRO (mm)			S (%)	V m/s	T N/m²	Q m^3/s	Relaciones Hidráulicas				v m/s	d mm	t N/m²	F	Desni. m	Caída m	Cota Superior		Cota Lomo Int.		Cota Inv.	
				Propia	Adicional	Total	llegada	escur.	por Ha.	Total		Calculado	Comercial	Interno					q/Q	v/V	d/D	t/T							Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin
Pasaje 7, entre avenida 6 y 5	E1-E2	E1	50,36			0,00	7,60	0,20	0,197	0,731	Circular	463,11	790,00	750,00	2,70	5,98	49,66	2,642	0,28	0,72	0,40	0,86	4,28	302,25	42,81	2,49	1,36		20,77	19,14	19,53	18,17	18,76	17,40
Avenida 5, Modesto Luque	E2-E3	E2	95,55	1,05		1,05	7,80	0,40	0,196	0,938	Circular	548,50	790,00	750,00	1,80	4,88	33,11	2,157	0,43	0,83	0,52	1,02	4,03	387,75	33,80	2,07	1,72	0,15	19,14	17,46	18,02	16,30	17,25	15,53
	E3-ED	E3	8,55			1,05	8,19	0,06	0,194	0,935	Circular	694,10	840,00	800,00	0,51	2,71	10,01	1,364	0,69	0,94	0,68	1,17	2,55	543,20	11,74	1,11	0,04		17,46	17,61	16,30	16,26	15,53	15,49

TABLA B.5 RELACIONES HIDRÁULICAS PARA TUBERÍAS PARCIALMENTE LLENAS

q / Q	v / V	d / D	t / T
0,00	0,000	0,000	0,000
0,01	0,290	0,076	0,195
0,02	0,344	0,108	0,273
0,03	0,386	0,131	0,328
0,04	0,419	0,152	0,375
0,05	0,445	0,169	0,415
0,06	0,468	0,186	0,452
0,07	0,488	0,201	0,485
0,08	0,506	0,215	0,515
0,09	0,523	0,228	0,542
0,10	0,539	0,241	0,568
0,11	0,553	0,253	0,592
0,12	0,567	0,265	0,615
0,13	0,579	0,276	0,637
0,14	0,591	0,287	0,658
0,15	0,602	0,297	0,678
0,16	0,614	0,307	0,697
0,17	0,625	0,317	0,715
0,18	0,636	0,326	0,732
0,19	0,646	0,335	0,748
0,20	0,656	0,344	0,764
0,21	0,665	0,353	0,779
0,22	0,674	0,362	0,794
0,23	0,683	0,370	0,809
0,24	0,692	0,379	0,822
0,25	0,700	0,387	0,836
0,26	0,708	0,395	0,849
0,27	0,716	0,403	0,862
0,28	0,724	0,411	0,874
0,29	0,732	0,418	0,885
0,30	0,739	0,426	0,897
0,31	0,747	0,433	0,908
0,32	0,754	0,440	0,918
0,33	0,761	0,448	0,929
0,34	0,768	0,455	0,939

TABLA B.5 RELACIONES HIDRÁULICAS PARA TUBERÍAS PARCIALMENTE LLENAS

q / Q	v / V	d / D	t / T
0,35	0,775	0,462	0,949
0,36	0,782	0,469	0,959
0,37	0,788	0,476	0,968
0,38	0,795	0,483	0,978
0,39	0,801	0,490	0,987
0,40	0,807	0,497	0,996
0,41	0,813	0,503	1,004
0,42	0,819	0,510	1,013
0,43	0,825	0,517	1,021
0,44	0,830	0,523	1,029
0,45	0,836	0,530	1,037
0,46	0,841	0,537	1,045
0,47	0,847	0,543	1,052
0,48	0,852	0,550	1,059
0,49	0,857	0,556	1,067
0,50	0,862	0,563	1,074
0,51	0,857	0,569	1,080
0,52	0,872	0,576	1,087
0,53	0,877	0,582	1,083
0,54	0,882	0,589	1,100
0,55	0,887	0,595	1,106
0,56	0,891	0,602	1,112
0,57	0,896	0,608	1,118
0,58	0,900	0,614	1,124
0,59	0,904	0,621	1,129
0,60	0,909	0,627	1,135
0,61	0,913	0,634	1,140
0,62	0,917	0,640	1,145
0,63	0,921	0,646	1,150
0,64	0,925	0,653	1,155
0,65	0,929	0,659	1,159
0,66	0,933	0,666	1,164
0,67	0,937	0,672	1,168
0,68	0,941	0,679	1,173
0,69	0,944	0,686	1,177

TABLA B.5 RELACIONES HIDRÁULICAS PARA TUBERÍAS PARCIALMENTE LLENAS

q / Q	v / V	d / D	t / T
0,70	0,948	0,692	1,181
0,71	0,951	0,699	1,184
0,72	0,955	0,705	1,188
0,73	0,959	0,712	1,191
0,74	0,963	0,718	1,194
0,75	0,967	0,724	1,197
0,76	0,970	0,731	1,200
0,77	0,974	0,738	1,202
0,78	0,977	0,744	1,205
0,79	0,981	0,751	1,207
0,80	0,984	0,758	1,209
0,81	0,988	0,764	1,211
0,82	0,991	0,771	1,213
0,83	0,994	0,778	1,214
0,84	0,997	0,785	1,215
0,85	1,000	0,792	1,216
0,86	1,003	0,800	1,217
0,87	1,007	0,806	1,217
0,88	1,012	0,812	1,217
0,89	1,016	0,818	1,217
0,90	1,020	0,825	1,217
0,91	1,024	0,831	1,213
0,92	1,028	0,838	1,215
0,93	1,032	0,845	1,214
0,94	1,036	0,852	1,213
0,95	1,040	0,859	1,211
0,96	1,043	0,866	1,209
0,97	1,047	0,874	1,206
0,98	1,050	0,881	1,202
0,99	1,053	0,890	1,198
1,00	1,056	0,898	1,193
1,01	1,059	0,908	1,187
1,02	1,061	0,918	1,179
1,03	1,063	0,930	1,168

q= caudal real	v= velocidad real	d= altura de lámina	t= fuerza tractiva real
Q= capacidad lleno	V= velocidad lleno	D= diámetro interno	T= fuerza tractiva lleno

ANEXO C – RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

C.1 REPORTE DE RESULTADOS DEL SWMM

C.2 REPORTES GRÁFICOS DEL SWMM

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.0 (Build 5.0.022)

SECTOR 3

****
NOTE: The summary statistics displayed in this report are
based on results found at every computational time step,
not just on results from each reporting time step.
****

****
Analysis Options
****
Flow Units ..... LPS
Process Models:
  Rainfall/Runoff ..... YES
  Snowmelt ..... NO
  Groundwater ..... NO
  Flow Routing ..... YES
  Ponding Allowed ..... NO
  Water Quality ..... NO
Infiltration Method ..... CURVE_NUMBER
Flow Routing Method ..... DYNWAVE
Starting Date JUN-16-2012 00:00:00
Ending Date JUN-16-2012 12:00:00
Antecedent Dry Days 0.0
Report Time Step 00:01:00
Wet Time Step 00:01:00
Dry Time Step 00:01:00
Routing Time Step ..... 15.00 sec

WARNING 02: maximum depth increased for Node CO-E1

****
Element Count
****
Number of rain gages 2
Number of subcatchments ... 65
Number of nodes 70
Number of links 66
Number of pollutants 0
Number of land uses 2

****
Landuse Summary
****

Name	Sweeping Interval	Maximum Removal	Last Swept
Residencial	0.00	0.00	0.00
Rustico	0.00	0.00	0.00

****
Raingage Summary
****

Name	Data Source	Data Type	Recording Interval

status report final

LLUVIA1	5AÑOS	CUMULATIVE	15 min.
LLUVIA2	10AÑOS	CUMULATIVE	15 min.

****
Subcatchment Summary
****

Name	Area	Width	%Imperv	%Slope	Rain Gage
Outlet					
A1	1.99	70.00	60.00	11.4000	LLUVIA1
C-A1					
A2	0.35	58.00	60.00	8.8500	LLUVIA1
C-A2					
A3	0.95	50.00	60.00	13.3600	LLUVIA1
C-A3					
A4	4.59	88.00	60.00	14.6300	LLUVIA1
C-A4					
A5	0.56	38.00	60.00	14.1400	LLUVIA1
C-A5					
A6	0.56	54.00	60.00	9.6900	LLUVIA1
C-AD					
C1	1.91	67.91	60.00	16.8700	LLUVIA1
C-C1					
C2	0.70	48.18	60.00	7.6000	LLUVIA1
C-C2					
C3	2.04	71.17	60.00	10.5300	LLUVIA1
C-C3					
C4	0.39	30.31	60.00	2.9600	LLUVIA1
C-C4					
D1	4.20	121.46	60.00	12.4300	LLUVIA2
C-D1					
D10	0.77	44.43	60.00	14.8300	LLUVIA2
C-D9-10					
D11	0.64	48.00	60.00	16.6100	LLUVIA2
C-D11					
D11'	11.59	250.00	60.00	16.6100	LLUVIA2
C-D11					
D12	0.88	58.01	60.00	16.4200	LLUVIA2
C-D12					
D14	0.77	35.40	60.00	15.4000	LLUVIA2
C-D13					
D15	0.49	44.06	60.00	15.7800	LLUVIA2
C-D14					
D16	0.36	50.00	60.00	8.6200	LLUVIA2
C-D15					
D17	0.83	137.47	60.00	15.7700	LLUVIA2
C-D16					
D17''	0.28	180.00	60.00	12.7400	LLUVIA2
C-D17					
D18	3.99	230.00	60.00	20.1400	LLUVIA2
C-D18					
D19	0.39	16.96	60.00	20.1400	LLUVIA2
C-D18					
D2	2.13	135.63	60.00	12.3900	LLUVIA2
C-D2					
D20	0.30	22.00	60.00	20.0100	LLUVIA2
C-D19					
D20'	0.34	33.00	60.00	18.4600	LLUVIA2
C-D19					
D21	0.70	61.33	60.00	22.1500	LLUVIA2

C-D20					
D22	0.90	63.06	60.00	20.2300	LLUVIA2
C-D21					
D23	0.88	55.77	60.00	20.0800	LLUVIA2
C-D22					
D24	0.48	37.29	60.00	20.0900	LLUVIA2
C-D24					
D24'	1.53	118.00	60.00	20.0900	LLUVIA2
C-D24					
D26	1.31	67.02	60.00	16.6100	LLUVIA2
C-D26					
D27	1.15	77.94	60.00	14.4700	LLUVIA2
C-D28					
D28	0.87	104.14	60.00	15.5000	LLUVIA2
C-D29					
D29	0.49	57.59	60.00	14.4000	LLUVIA2
C-D30					
D3	0.96	59.12	60.00	23.8200	LLUVIA2
C-D3					
D30	0.94	67.59	60.00	9.8500	LLUVIA2
C-D31					
D31	0.70	39.95	60.00	15.7700	LLUVIA2
C-D32					
D32	2.22	104.66	60.00	13.6400	LLUVIA2
C-D17					
D33	0.19	27.28	60.00	12.2000	LLUVIA2
C-D34					
D34	1.28	56.50	60.00	12.2000	LLUVIA2
C-D35					
D35	1.33	42.69	60.00	12.7700	LLUVIA2
C-D36					
D36	4.16	125.00	60.00	12.1440	LLUVIA2
C-D37					
D38	0.38	37.59	60.00	6.8200	LLUVIA2
C-D38					
D39	2.41	76.18	60.00	13.1000	LLUVIA2
C-D40					
D4	0.78	58.00	60.00	25.4000	LLUVIA2
C-D4					
D40	0.73	76.18	60.00	12.0300	LLUVIA2
C-D41					
D41	0.69	23.20	60.00	10.2800	LLUVIA2
C-D42					
D42	0.68	21.81	60.00	9.4900	LLUVIA2
C-D43					
D43	0.67	21.53	60.00	11.4000	LLUVIA2
C-D44					
D44	0.60	37.38	60.00	9.5600	LLUVIA2
C-D44					
D45	1.69	96.00	60.00	9.0100	LLUVIA2
C-D39					
D5	0.90	48.00	60.00	22.6000	LLUVIA2
C-D5					
D7	0.71	30.76	60.00	11.5500	LLUVIA2
C-D7					
D7'	21.22	320.00	60.00	11.5500	LLUVIA2
C-D7					
D9	0.80	80.20	60.00	14.8200	LLUVIA2
C-D8					
E1	5.30	109.00	60.00	14.2000	LLUVIA2
C-E1					
E2	1.89	49.54	60.00	13.4700	LLUVIA2
C-E2					

E3	1.88	49.69	60.00	12.5000	LLUVIA2
C-E3					
E4	1.87	49.52	60.00	11.9000	LLUVIA2
C-E4					
E5	1.52	56.32	60.00	12.9800	LLUVIA2
C-E5					
E6	1.45	54.29	60.00	12.1400	LLUVIA2
C-E6					
E7	1.41	53.28	60.00	10.1300	LLUVIA2
C-E7					
E8	0.89	55.21	60.00	11.7900	LLUVIA2
C-E8					
E9	1.05	63.32	60.00	9.5940	LLUVIA2
CO-E2					
D7´´	3.09	12.00	60.00	19.4200	LLUVIA2
C-D7					

****
Node Summary
****

Name	Type	Invert Elev.	Max. Depth	Ponded Area	External Inflow
C-A1	JUNCTION	38.41	2.31	0.0	
C-A2	JUNCTION	36.40	3.59	0.0	
C-A3	JUNCTION	29.30	1.77	0.0	
C-A4	JUNCTION	31.00	2.36	0.0	
C-A5	JUNCTION	28.78	1.95	0.0	
C-C1	JUNCTION	18.31	1.71	0.0	
C-C2	JUNCTION	17.33	1.80	0.0	
C-C3	JUNCTION	16.82	2.52	0.0	
C-C4	JUNCTION	14.22	1.97	0.0	
C-D1	JUNCTION	45.00	0.50	0.0	
C-D9-10	JUNCTION	28.70	2.11	0.0	
C-D11	JUNCTION	33.50	0.50	0.0	
C-D12	JUNCTION	29.97	1.28	0.0	
C-D13	JUNCTION	27.36	1.26	0.0	
C-D14	JUNCTION	25.90	1.70	0.0	
C-D15	JUNCTION	25.06	1.60	0.0	
C-D16	JUNCTION	24.64	1.60	0.0	
C-D17	JUNCTION	24.44	1.77	0.0	
C-D18	JUNCTION	40.90	0.50	0.0	
C-D19	JUNCTION	38.90	1.30	0.0	
C-D2	JUNCTION	40.90	1.10	0.0	
C-D20	JUNCTION	37.30	0.90	0.0	
C-D21	JUNCTION	35.15	0.65	0.0	
C-D22	JUNCTION	34.15	0.65	0.0	
C-D23	JUNCTION	33.10	0.70	0.0	
C-D24	JUNCTION	40.65	0.35	0.0	
C-D25	JUNCTION	37.28	2.09	0.0	
C-D26	JUNCTION	35.65	0.35	0.0	
C-D27	JUNCTION	32.25	0.70	0.0	
C-D28	JUNCTION	31.10	0.70	0.0	
C-D29	JUNCTION	29.40	0.80	0.0	
C-D30	JUNCTION	28.40	0.80	0.0	
C-D3	JUNCTION	37.10	1.30	0.0	
C-D31	JUNCTION	27.40	0.80	0.0	
C-D33	JUNCTION	25.84	0.80	0.0	
C-D34	JUNCTION	23.80	1.60	0.0	
C-D35	JUNCTION	23.21	1.60	0.0	
C-D36	JUNCTION	22.32	1.60	0.0	
C-D37	JUNCTION	22.04	1.60	0.0	

C-D38	JUNCTION	21.48	1.60	0.0
C-D39	JUNCTION	19.88	2.00	0.0
C-D40	JUNCTION	29.00	0.50	0.0
C-D4	JUNCTION	33.95	1.25	0.0
C-D41	JUNCTION	27.00	0.70	0.0
C-D42	JUNCTION	25.43	1.19	0.0
C-D43	JUNCTION	24.30	0.50	0.0
C-D44	JUNCTION	22.80	0.50	0.0
C-D45	JUNCTION	21.50	0.50	0.0
C-D5	JUNCTION	32.35	0.65	0.0
C-D6	JUNCTION	30.22	1.04	0.0
C-D7	JUNCTION	31.20	1.00	0.0
C-D8	JUNCTION	30.52	1.00	0.0
C-E2	JUNCTION	25.00	1.00	0.0
C-E3	JUNCTION	24.24	1.10	0.0
C-E4	JUNCTION	23.09	0.80	0.0
C-E5	JUNCTION	22.17	0.80	0.0
C-E6	JUNCTION	20.17	1.60	0.0
C-E7	JUNCTION	19.36	1.60	0.0
C-E8	JUNCTION	19.29	1.60	0.0
C-E9	JUNCTION	19.22	1.60	0.0
CO-E2	JUNCTION	17.00	2.14	0.0
CO-E3	JUNCTION	15.40	2.06	0.0
CO-E1	JUNCTION	18.60	2.17	0.0
C-E1	JUNCTION	25.84	0.70	0.0
C-AD	JUNCTION	28.20	1.84	0.0
C-D32	JUNCTION	26.40	0.80	0.0
C-DD	OUTFALL	19.66	2.00	0.0
C-CD	OUTFALL	13.64	1.04	0.0
C-ED	OUTFALL	15.42	0.86	0.0
DescargaCanal	OUTFALL	27.80	0.85	0.0

****
Link Summary
****

Name	From Node	To Node	Type	Length	%Slope	Roughness
A1-A2	C-A1	C-A2	CONDUIT	40.6	2.5020	0.0090
A2-A3	C-A2	C-A3	CONDUIT	146.1	4.6550	0.0090
A4-A5	C-A4	C-A5	CONDUIT	38.3	4.8059	0.0090
C1-C2	C-C1	C-C2	CONDUIT	42.6	1.5008	0.0090
C2-C3	C-C2	C-C3	CONDUIT	32.0	0.6500	0.0090
C3-C4	C-C3	C-C4	CONDUIT	129.3	1.8007	0.0090
C4-CD	C-C4	C-CD	CONDUIT	24.3	1.1971	0.0090
COE2-COE3	CO-E2	CO-E3	CONDUIT	95.5	1.8004	0.0090
COE3-ED	CO-E3	C-ED	CONDUIT	8.6	0.5029	0.0090
D10-D13	C-D9-10	C-D13	CONDUIT	108.0	1.0001	0.0130
D11-D12	C-D11	C-D12	CONDUIT	55.0	5.0063	0.0130

D12-D13	C-D12	C-D13	CONDUIT	37.9	5.2063
0.0130					
D13-D14	C-D13	C-D14	CONDUIT	42.0	1.8098
0.0130					
D14-D15	C-D14	C-D15	CONDUIT	70.0	1.2001
0.0130					
D16-D17	C-D16	C-D17	CONDUIT	20.0	1.0001
0.0130					
D15-D16	C-D15	C-D16	CONDUIT	40.0	1.0501
0.0130					
D17-D34	C-D17	C-D34	CONDUIT	80.0	0.8000
0.0130					
D18-D19	C-D18	C-D19	CONDUIT	30.0	4.0032
0.0130					
D19-D20	C-D19	C-D20	CONDUIT	30.0	4.0032
0.0130					
D1-D2	C-D1	C-D2	CONDUIT	50.0	7.0172
0.0130					
D20-D21	C-D20	C-D21	CONDUIT	40.0	5.0063
0.0130					
D21-D22	C-D21	C-D22	CONDUIT	40.0	2.5008
0.0130					
D22-D23	C-D22	C-D23	CONDUIT	40.0	2.5008
0.0130					
D23-D27	C-D23	C-D27	CONDUIT	34.0	2.5008
0.0130					
D25-D26	C-D25	C-D26	CONDUIT	25.0	6.5339
0.0130					
D24-D25	C-D24	C-D25	CONDUIT	25.0	6.5339
0.0130					
D26-D27	C-D26	C-D27	CONDUIT	67.8	5.0070
0.0130					
D27-D28	C-D27	C-D28	CONDUIT	46.0	2.5008
0.0130					
D28-D29	C-D28	C-D29	CONDUIT	40.0	4.0032
0.0130					
D29-D30	C-D29	C-D30	CONDUIT	40.0	2.5008
0.0130					
D30-D31	C-D30	C-D31	CONDUIT	40.0	2.5008
0.0130					
D2-D3	C-D2	C-D3	CONDUIT	40.0	7.5212
0.0130					
D33-D17	C-D33	C-D17	CONDUIT	23.7	1.8169
0.0130					
D34-D35	C-D34	C-D35	CONDUIT	74.0	0.7973
0.0130					
D35-D36	C-D35	C-D36	CONDUIT	71.0	1.2536
0.0130					
D36-D37	C-D36	C-D37	CONDUIT	35.0	0.8000
0.0130					
D37-D38	C-D37	C-D38	CONDUIT	70.0	0.8000
0.0130					
D38-D39	C-D38	C-D39	CONDUIT	150.0	0.8000
0.0130					
D38-DD	C-D39	C-DD	CONDUIT	100.1	0.2199
0.0130					
D40-D41	C-D40	C-D41	CONDUIT	30.0	6.0108
0.0130					
D3-D4	C-D3	C-D4	CONDUIT	30.0	8.0257
0.0130					
D41-D42	C-D41	C-D42	CONDUIT	40.0	2.2005
0.0130					
D42-D43	C-D42	C-D43	CONDUIT	45.0	2.5119

0.0130					
D43-D44	C-D43	C-D44	CONDUIT	50.0	3.0014
0.0130					
D44-D45	C-D44	C-D45	CONDUIT	65.0	2.0004
0.0130					
D45-D38	C-D45	C-D39	CONDUIT	22.7	1.9863
0.0130					
D4-D5	C-D4	C-D5	CONDUIT	40.0	4.0032
0.0130					
D5-D6	C-D5	C-D6	CONDUIT	43.6	3.9958
0.0130					
D6-D9	C-D6	C-D9-10	CONDUIT	40.6	1.0109
0.0130					
D9-D6	C-D8	C-D6	CONDUIT	30.0	1.0001
0.0130					
E2-E3	C-E2	C-E3	CONDUIT	20.0	1.8003
0.0130					
E3-E4	C-E3	C-E4	CONDUIT	50.0	2.3006
0.0130					
E4-E5	C-E4	C-E5	CONDUIT	40.0	2.3006
0.0130					
E5-E6	C-E5	C-E6	CONDUIT	55.0	2.3097
0.0130					
E6-E7	C-E6	C-E7	CONDUIT	25.0	3.2417
0.0130					
E7-E8	C-E7	C-E8	CONDUIT	35.0	0.2000
0.0130					
COE1-COE2	CO-E1	CO-E2	CONDUIT	50.4	2.7015
0.0090					
E1-E2	C-E1	C-E2	CONDUIT	30.0	1.8003
0.0130					
A5-AD	C-A5	C-AD	CONDUIT	54.9	1.0511
0.0090					
A3-AD	C-A3	C-AD	CONDUIT	26.0	4.0040
0.0090					
CanalPiedra	C-AD	DescargaCanal	CONDUIT	20.0	2.0004
0.0240					
E8-E9	C-E8	C-E9	CONDUIT	25.0	0.2800
0.0130					
E9-COE1	C-E9	CO-E1	CONDUIT	26.7	0.1875
0.0130					
D7-D8	C-D7	C-D8	CONDUIT	45.0	1.5113
0.0130					
D31-D32	C-D31	C-D32	CONDUIT	40.0	2.5008
0.0130					
D32-D33	C-D32	C-D33	CONDUIT	20.0	2.8011
0.0130					

****
Cross Section Summary
****

Conduit	Shape	Full Depth	Full Area	Hyd. Rad.	Max. Width	No. of Barrels	Full Flow
A1-A2	CIRCULAR	0.45	0.16	0.11	0.45	1	651.45
A2-A3	CIRCULAR	0.45	0.16	0.11	0.45	1	888.57

A4-A5	CIRCULAR	0.50	0.20	0.12	0.50	1
1195.75						
C1-C2	CIRCULAR	0.45	0.16	0.11	0.45	1
504.53						
C2-C3	CIRCULAR	0.60	0.28	0.15	0.60	1
715.10						
C3-C4	CIRCULAR	0.60	0.28	0.15	0.60	1
1190.20						
C4-CD	CIRCULAR	0.65	0.33	0.16	0.65	1
1201.36						
COE2-COE3	CIRCULAR	0.75	0.44	0.19	0.75	1
2157.82						
COE3-ED	CIRCULAR	0.80	0.50	0.20	0.80	1
1354.65						
D10-D13	RECT_CLOSED	1.00	2.00	0.33	2.00	1
7396.78						
D11-D12	RECT_CLOSED	0.50	0.50	0.17	1.00	1
2606.41						
D12-D13	RECT_CLOSED	0.50	0.50	0.17	1.00	1
2657.97						
D13-D14	RECT_CLOSED	1.00	2.00	0.33	2.00	1
9950.61						
D14-D15	RECT_CLOSED	1.60	3.20	0.44	2.00	1
15705.46						
D16-D17	RECT_CLOSED	1.60	3.20	0.44	2.00	1
14336.90						
D15-D16	TRAPEZOIDAL	1.60	3.36	0.69	2.90	1
20659.08						
D17-D34	RECT_CLOSED	1.60	4.80	0.52	3.00	1
21404.82						
D18-D19	TRAPEZOIDAL	0.50	0.35	0.22	0.95	1
1982.27						
D19-D20	TRAPEZOIDAL	0.50	0.35	0.22	0.95	1
1982.27						
D1-D2	TRAPEZOIDAL	0.50	0.35	0.22	0.95	1
2624.47						
D20-D21	TRAPEZOIDAL	0.50	0.35	0.22	0.95	1
2216.75						
D21-D22	TRAPEZOIDAL	0.65	0.57	0.28	1.20	1
2988.63						
D22-D23	TRAPEZOIDAL	0.65	0.57	0.28	1.20	1
2988.63						
D23-D27	TRAPEZOIDAL	0.70	0.70	0.32	1.35	1
3950.66						
D25-D26	TRAPEZOIDAL	0.35	0.17	0.15	0.65	1
937.46						
D24-D25	TRAPEZOIDAL	0.35	0.17	0.15	0.65	1
937.46						
D26-D27	RECT_CLOSED	0.35	0.24	0.12	0.70	1
1006.94						
D27-D28	TRAPEZOIDAL	0.70	0.70	0.32	1.35	1
3950.66						
D28-D29	TRAPEZOIDAL	0.70	0.70	0.32	1.35	1
4998.45						
D29-D30	TRAPEZOIDAL	0.80	0.88	0.35	1.50	1
5352.94						
D30-D31	TRAPEZOIDAL	0.80	0.88	0.35	1.50	1
5352.94						
D2-D3	TRAPEZOIDAL	0.50	0.35	0.22	0.95	1
2717.08						
D33-D17	RECT_CLOSED	0.80	1.28	0.27	1.60	1
5498.90						
D34-D35	RECT_CLOSED	1.60	4.80	0.52	3.00	1

21368.63						
D35-D36	TRAPEZOIDAL	1.60	3.36	0.69	2.90	1
22572.89						
D36-D37	RECT_CLOSED	1.60	4.80	0.52	3.00	1
21404.82						
D37-D38	RECT_CLOSED	1.60	4.80	0.52	3.00	1
21404.82						
D38-D39	RECT_CLOSED	1.60	4.80	0.52	3.00	1
21404.82						
D38-DD	RECT_CLOSED	2.00	6.00	0.60	3.00	1
15396.30						
D40-D41	TRAPEZOIDAL	0.50	0.35	0.22	0.95	1
2428.99						
D3-D4	TRAPEZOIDAL	0.50	0.35	0.22	0.95	1
2806.73						
D41-D42	TRAPEZOIDAL	0.50	0.35	0.22	0.95	1
1469.68						
D42-D43	TRAPEZOIDAL	0.50	0.35	0.22	0.95	1
1570.22						
D43-D44	TRAPEZOIDAL	0.50	0.35	0.22	0.95	1
1716.40						
D44-D45	RECT_CLOSED	0.50	0.50	0.17	1.00	1
1647.57						
D45-D38	RECT_CLOSED	0.50	0.50	0.17	1.00	1
1641.74						
D4-D5	TRAPEZOIDAL	0.65	0.57	0.28	1.20	1
3781.27						
D5-D6	TRAPEZOIDAL	0.65	0.57	0.28	1.20	1
3777.79						
D6-D9	RECT_CLOSED	1.00	2.00	0.33	2.00	1
7436.80						
D9-D6	RECT_CLOSED	1.00	2.00	0.33	2.00	1
7396.78						
E2-E3	TRAPEZOIDAL	0.70	0.70	0.32	1.35	1
3351.99						
E3-E4	TRAPEZOIDAL	0.80	0.88	0.35	1.50	1
5134.23						
E4-E5	TRAPEZOIDAL	0.80	0.88	0.35	1.50	1
5134.23						
E5-E6	TRAPEZOIDAL	0.80	0.88	0.35	1.50	1
5144.38						
E6-E7	RECT_CLOSED	1.60	3.20	0.44	2.00	1
25812.55						
E7-E8	RECT_CLOSED	1.60	3.20	0.44	2.00	1
6411.50						
COE1-COE2	CIRCULAR	0.75	0.44	0.19	0.75	1
2643.24						
E1-E2	TRAPEZOIDAL	0.70	0.70	0.32	1.35	1
3351.99						
A5-AD	CIRCULAR	0.65	0.33	0.16	0.65	1
1125.68						
A3-AD	CIRCULAR	0.45	0.16	0.11	0.45	1
824.10						
CanalPiedra	TRAPEZOIDAL	0.85	0.96	0.37	1.55	1
2892.48						
E8-E9	RECT_CLOSED	1.60	3.20	0.44	2.00	1
7586.20						
E9-COE1	RECT_CLOSED	1.60	4.80	0.52	3.00	1
10363.70						
D7-D8	TRAPEZOIDAL	1.00	1.50	0.46	2.00	1
8496.29						
D31-D32	TRAPEZOIDAL	0.80	0.88	0.35	1.50	1
5352.94						

D32-D33	TRAPEZOIDAL	0.80	0.88	0.35	1.50	1
5665.24						

Runoff Quantity Continuity	Volume hectare-m	Depth mm
Total Precipitation	9.613	83.812
Evaporation Loss	0.000	0.000
Infiltration Loss	3.747	32.668
Surface Runoff	5.697	49.675
Final Surface Storage	0.172	1.500
Continuity Error (%)	-0.037	

Flow Routing Continuity	Volume hectare-m	Volume 10^6 ltr
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	5.697	56.975
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	0.000	0.000
External Outflow	6.014	60.139
Internal Outflow	0.004	0.039
Storage Losses	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.316	3.160
Final Stored Volume	0.000	0.004
Continuity Error (%)	-0.078	

Highest Continuity Errors

Node CO-E3 (-6.01%)
Node C-A2 (-1.26%)
Node C-C3 (-1.21%)
Node C-D38 (-1.02%)

Time-Step Critical Elements

Link COE3-ED (71.47%)
Link D16-D17 (7.57%)

Highest Flow Instability Indexes

Link COE3-ED (5)
Link COE2-COE3 (2)
Link C4-CD (2)
Link COE1-COE2 (1)
Link A4-A5 (1)

Routing Time Step Summary

Minimum Time Step : 0.50 sec
Average Time Step : 3.85 sec

status report final

Maximum Time Step : 15.00 sec
Percent in Steady State : 0.00
Average Iterations per Step : 2.27

****
Subcatchment Runoff Summary
****

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10^6 ltr	Peak Runoff LPS	Runoff Coeff
A1	74.51	0.00	0.00	29.33	43.60	0.87	290.43	0.585
A2	74.51	0.00	0.00	29.33	43.63	0.15	51.47	0.586
A3	74.51	0.00	0.00	29.33	43.61	0.41	139.49	0.585
A4	74.51	0.00	0.00	29.33	43.59	2.00	654.48	0.585
A5	74.51	0.00	0.00	29.33	43.62	0.25	83.15	0.585
A6	74.51	0.00	0.00	29.33	43.62	0.24	82.57	0.585
C1	74.51	0.00	0.00	29.33	43.61	0.83	281.26	0.585
C2	74.51	0.00	0.00	29.33	43.61	0.30	102.95	0.585
C3	74.51	0.00	0.00	29.33	43.60	0.89	298.61	0.585
C4	74.51	0.00	0.00	29.33	43.60	0.17	57.22	0.585
D1	85.11	0.00	0.00	33.63	49.96	2.10	689.40	0.587
D10	85.11	0.00	0.00	33.63	49.98	0.38	127.47	0.587
D11	85.11	0.00	0.00	33.63	49.99	0.32	106.11	0.587
D11'	85.11	0.00	0.00	33.63	49.96	5.79	1891.82	0.587
D12	85.11	0.00	0.00	33.63	49.99	0.44	145.99	0.587
D14	85.11	0.00	0.00	33.63	49.98	0.38	127.39	0.587
D15	85.11	0.00	0.00	33.63	50.00	0.24	80.94	0.587
D16	85.11	0.00	0.00	33.63	50.00	0.18	58.88	0.588
D17	85.11	0.00	0.00	33.63	50.02	0.42	138.11	0.588
D17''	85.11	0.00	0.00	33.63	50.12	0.14	46.42	0.589
D18	85.11	0.00	0.00	33.63	49.99	2.00	661.70	0.587

D19						
0.19	64.39	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.98
D2						
1.06	352.87	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.98
D20						
0.15	49.74	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.99
D20'						
0.17	56.59	0.588	85.11	0.00	0.00	33.63	50.00
D21						
0.35	116.06	0.588	85.11	0.00	0.00	33.63	50.00
D22						
0.45	148.75	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.99
D23						
0.44	145.41	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.99
D24						
0.24	79.63	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	50.00
D24'						
0.77	253.92	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	50.00
D26						
0.66	217.67	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.98
D27						
0.57	190.58	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.99
D28						
0.43	143.75	0.588	85.11	0.00	0.00	33.63	50.01
D29						
0.25	81.46	0.588	85.11	0.00	0.00	33.63	50.01
D3						
0.48	158.75	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.99
D30						
0.47	155.92	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.98
D31						
0.35	115.91	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.98
D32						
1.11	367.26	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.98
D33						
0.10	31.68	0.588	85.11	0.00	0.00	33.63	50.01
D34						
0.64	212.15	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.97
D35						
0.67	219.28	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.97
D36						
2.17	688.69	0.612	85.11	0.00	0.00	32.96	52.12
D38						
0.19	62.32	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.99
D39						
1.21	397.51	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.97
D4						
0.39	128.73	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	50.00
D40						
0.37	121.86	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	50.00
D41						
0.35	113.63	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.96
D42						
0.34	112.14	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.96
D43						
0.33	109.64	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.97
D44						
0.30	100.00	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.98
D45						
0.84	279.83	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.98
D5						
0.45	149.53	0.587	85.11	0.00	0.00	33.63	49.99
D7						
			85.11	0.00	0.00	33.63	49.97

0.35	116.73	0.587					
D7'			85.11	0.00	0.00	33.63	49.95
10.60	3300.98	0.587					
D9			85.11	0.00	0.00	33.63	50.00
0.40	133.10	0.587					
E1			85.11	0.00	0.00	33.63	49.96
2.65	859.84	0.587					
E2			85.11	0.00	0.00	33.63	49.96
0.94	309.43	0.587					
E3			85.11	0.00	0.00	33.63	49.96
0.94	308.36	0.587					
E4			85.11	0.00	0.00	33.63	49.96
0.93	305.36	0.587					
E5			85.11	0.00	0.00	33.63	49.97
0.76	250.81	0.587					
E6			85.11	0.00	0.00	33.63	49.97
0.73	239.83	0.587					
E7			85.11	0.00	0.00	33.63	49.97
0.71	233.26	0.587					
E8			85.11	0.00	0.00	33.63	49.98
0.44	147.42	0.587					
E9			85.11	0.00	0.00	33.63	49.98
0.53	174.33	0.587					
D7''			85.11	0.00	0.00	18.32	65.13
2.01	392.98	0.765					

****
Node Depth Summary
****

Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Time of Max Occurrence days hr:min
C-A1	JUNCTION	0.14	0.29	38.71	0 00:00
C-A2	JUNCTION	0.14	0.29	36.69	0 00:00
C-A3	JUNCTION	0.16	0.30	29.61	0 00:00
C-A4	JUNCTION	0.17	0.34	31.34	0 00:00
C-A5	JUNCTION	0.22	0.43	29.22	0 00:30
C-C1	JUNCTION	0.15	0.33	18.64	0 00:00
C-C2	JUNCTION	0.24	0.41	17.74	0 00:30
C-C3	JUNCTION	0.24	0.48	17.30	0 00:00
C-C4	JUNCTION	0.26	0.62	14.83	0 00:30
C-D1	JUNCTION	0.09	0.26	45.26	0 00:00
C-D9-10	JUNCTION	0.28	0.79	29.49	0 00:00
C-D11	JUNCTION	0.13	0.47	33.97	0 00:00
C-D12	JUNCTION	0.14	0.49	30.46	0 00:00
C-D13	JUNCTION	0.30	0.92	28.28	0 00:30
C-D14	JUNCTION	0.32	0.87	26.77	0 00:00
C-D15	JUNCTION	0.42	1.16	26.22	0 00:25
C-D16	JUNCTION	0.47	1.27	25.91	0 00:00
C-D17	JUNCTION	0.34	0.86	25.30	0 00:26
C-D18	JUNCTION	0.11	0.31	41.21	0 00:00
C-D19	JUNCTION	0.12	0.34	39.24	0 00:00
C-D2	JUNCTION	0.12	0.30	41.20	0 00:00
C-D20	JUNCTION	0.13	0.36	37.66	0 00:00
C-D21	JUNCTION	0.15	0.39	35.54	0 00:00
C-D22	JUNCTION	0.16	0.44	34.59	0 00:00
C-D23	JUNCTION	0.15	0.48	33.58	0 00:00
C-D24	JUNCTION	0.08	0.21	40.86	0 00:00
C-D25	JUNCTION	0.08	0.23	37.51	0 00:00

C-D26	JUNCTION	0.07	0.22	35.87	0	00:00
C-D27	JUNCTION	0.20	0.53	32.78	0	00:30
C-D28	JUNCTION	0.17	0.49	31.59	0	00:00
C-D29	JUNCTION	0.20	0.53	29.93	0	00:00
C-D30	JUNCTION	0.20	0.54	28.94	0	00:00
C-D3	JUNCTION	0.13	0.34	37.44	0	00:00
C-D31	JUNCTION	0.21	0.56	27.96	0	00:00
C-D33	JUNCTION	0.15	0.49	26.33	0	00:00
C-D34	JUNCTION	0.34	0.92	24.72	0	00:00
C-D35	JUNCTION	0.68	1.59	24.80	0	00:30
C-D36	JUNCTION	0.35	1.05	23.37	0	00:00
C-D37	JUNCTION	0.36	0.97	23.01	0	00:00
C-D38	JUNCTION	0.36	0.97	22.45	0	00:00
C-D39	JUNCTION	0.60	1.51	21.39	0	00:00
C-D40	JUNCTION	0.07	0.19	29.19	0	00:00
C-D4	JUNCTION	0.15	0.39	34.34	0	00:00
C-D41	JUNCTION	0.11	0.27	27.27	0	00:30
C-D42	JUNCTION	0.12	0.33	25.76	0	00:00
C-D43	JUNCTION	0.14	0.35	24.65	0	00:00
C-D44	JUNCTION	0.11	0.34	23.14	0	00:00
C-D45	JUNCTION	0.11	0.33	21.83	0	00:00
C-D5	JUNCTION	0.16	0.43	32.78	0	00:00
C-D6	JUNCTION	0.27	0.75	30.97	0	00:00
C-D7	JUNCTION	0.38	0.89	32.09	0	00:30
C-D8	JUNCTION	0.22	0.75	31.27	0	00:00
C-E2	JUNCTION	0.16	0.46	25.46	0	00:30
C-E3	JUNCTION	0.16	0.43	24.67	0	00:00
C-E4	JUNCTION	0.18	0.47	23.56	0	00:00
C-E5	JUNCTION	0.20	0.51	22.68	0	00:00
C-E6	JUNCTION	0.10	0.38	20.55	0	00:00
C-E7	JUNCTION	0.26	0.79	20.15	0	00:31
C-E8	JUNCTION	0.25	0.86	20.15	0	00:31
C-E9	JUNCTION	0.21	0.96	20.18	0	00:31
CO-E2	JUNCTION	0.58	2.14	19.14	0	00:25
CO-E3	JUNCTION	0.61	2.06	17.46	0	00:00
CO-E1	JUNCTION	0.46	1.58	20.18	0	00:31
C-E1	JUNCTION	0.13	0.35	26.19	0	00:00
C-AD	JUNCTION	0.22	0.54	28.74	0	00:30
C-D32	JUNCTION	0.35	0.80	27.20	0	00:00
C-DD	OUTFALL	0.53	1.25	20.91	0	00:30
C-CD	OUTFALL	0.00	0.00	13.64	0	00:00
C-ED	OUTFALL	0.00	0.00	15.42	0	00:00
DescargaCanal	OUTFALL	0.22	0.54	28.34	0	00:30

****
Node Inflow Summary
****

Node	Type	Maximum Lateral Inflow LPS	Maximum Total Inflow LPS	Time of Max Occurrence days hr:min	Lateral Inflow Volume 10^6 ltr	Total Inflow Volume 10^6 ltr

C-A1	JUNCTION	290.41	290.41	0	00:29	0.866
0.865						
C-A2	JUNCTION	51.47	383.18	0	00:00	0.152
1.022						
C-A3	JUNCTION	139.49	504.45	0	00:00	0.413
1.448						
C-A4	JUNCTION	654.33	654.33	0	00:30	2.002
2.001						
C-A5	JUNCTION	83.15	808.90	0	00:00	0.246
2.253						
C-C1	JUNCTION	281.25	281.25	0	00:29	0.835
0.835						
C-C2	JUNCTION	102.95	384.09	0	00:29	0.305
1.145						
C-C3	JUNCTION	298.58	682.60	0	00:29	0.891
2.041						
C-C4	JUNCTION	57.21	860.79	0	00:00	0.170
2.236						
C-D1	JUNCTION	689.33	689.33	0	00:29	2.098
2.097						
C-D9-10	JUNCTION	127.47	5873.18	0	00:00	0.385
18.422						
C-D11	JUNCTION	1997.66	1997.66	0	00:29	6.110
6.109						
C-D12	JUNCTION	145.99	2644.63	0	00:00	0.440
6.577						
C-D13	JUNCTION	127.39	9894.84	0	00:00	0.385
25.573						
C-D14	JUNCTION	80.94	8726.42	0	00:00	0.244
25.878						
C-D15	JUNCTION	58.88	8770.76	0	00:00	0.178
26.117						
C-D16	JUNCTION	138.11	9117.34	0	00:25	0.417
26.642						
C-D17	JUNCTION	413.68	11639.67	0	00:00	1.249
35.638						
C-D18	JUNCTION	726.08	726.08	0	00:29	2.191
2.190						
C-D19	JUNCTION	106.33	927.52	0	00:00	0.321
2.517						
C-D2	JUNCTION	352.87	1041.81	0	00:29	1.065
3.170						
C-D20	JUNCTION	116.06	1025.73	0	00:00	0.350
2.874						
C-D21	JUNCTION	148.75	1232.50	0	00:00	0.449
3.332						
C-D22	JUNCTION	145.41	1242.58	0	00:29	0.439
3.777						
C-D23	JUNCTION	0.00	1512.91	0	00:00	0.000
3.797						
C-D24	JUNCTION	333.55	333.55	0	00:29	1.006
1.006						
C-D25	JUNCTION	0.00	421.55	0	00:00	0.000
1.008						
C-D26	JUNCTION	217.67	551.22	0	00:29	0.657
1.667						
C-D27	JUNCTION	0.00	2336.84	0	00:00	0.000
5.478						
C-D28	JUNCTION	190.58	1984.26	0	00:29	0.575
6.080						
C-D29	JUNCTION	143.75	2696.78	0	00:00	0.434
6.542						
C-D30	JUNCTION	81.46	2478.59	0	00:00	0.246

6.798						
C-D3	JUNCTION	158.74	1200.27	0	00:29	0.479
3.656						
C-D31	JUNCTION	155.92	2731.03	0	00:00	0.470
7.290						
C-D33	JUNCTION	0.00	2593.48	0	00:00	0.000
7.668						
C-D34	JUNCTION	31.68	10858.81	0	00:00	0.096
35.846						
C-D35	JUNCTION	212.14	13106.88	0	00:00	0.641
36.700						
C-D36	JUNCTION	219.27	11236.60	0	00:30	0.665
37.549						
C-D37	JUNCTION	688.68	15307.36	0	00:00	2.168
39.843						
C-D38	JUNCTION	62.32	13902.40	0	00:00	0.188
40.182						
C-D39	JUNCTION	279.83	15350.31	0	00:00	0.845
44.389						
C-D40	JUNCTION	397.49	397.49	0	00:29	1.206
1.206						
C-D4	JUNCTION	128.73	1486.75	0	00:00	0.388
4.051						
C-D41	JUNCTION	121.86	519.23	0	00:29	0.368
1.577						
C-D42	JUNCTION	113.62	632.63	0	00:30	0.345
1.928						
C-D43	JUNCTION	112.13	773.08	0	00:00	0.342
2.275						
C-D44	JUNCTION	209.63	953.82	0	00:29	0.635
2.921						
C-D45	JUNCTION	0.00	1278.20	0	00:00	0.000
2.938						
C-D5	JUNCTION	149.53	1535.50	0	00:00	0.451
4.509						
C-D6	JUNCTION	0.00	7596.58	0	00:00	0.000
17.962						
C-D7	JUNCTION	3765.02	3765.02	0	00:30	12.961
12.960						
C-D8	JUNCTION	133.10	4724.72	0	00:00	0.402
13.386						
C-E2	JUNCTION	309.39	1168.32	0	00:30	0.943
3.602						
C-E3	JUNCTION	308.32	1475.42	0	00:30	0.941
4.551						
C-E4	JUNCTION	305.32	1818.80	0	00:00	0.933
5.494						
C-E5	JUNCTION	250.80	2047.50	0	00:00	0.759
6.273						
C-E6	JUNCTION	239.82	2381.67	0	00:00	0.726
7.036						
C-E7	JUNCTION	233.25	4698.42	0	00:00	0.707
7.754						
C-E8	JUNCTION	147.42	2638.25	0	00:30	0.445
8.231						
C-E9	JUNCTION	0.00	2725.57	0	00:30	0.000
8.276						
CO-E2	JUNCTION	174.32	2808.01	0	00:25	0.526
8.826						
CO-E3	JUNCTION	0.00	2609.98	0	00:31	0.000
8.825						
CO-E1	JUNCTION	0.00	3141.91	0	00:33	0.000
8.307						

C-E1	JUNCTION	859.68	859.68	0	00:29	2.650
2.649						
C-AD	JUNCTION	82.57	1299.39	0	00:30	0.244
3.953						
C-D32	JUNCTION	115.91	2862.10	0	00:00	0.350
7.663						
C-DD	OUTFALL	0.00	13125.00	0	00:30	0.000
44.605						
C-CD	OUTFALL	0.00	786.86	0	00:00	0.000
2.242						
C-ED	OUTFALL	0.00	11402.00	0	02:41	0.000
9.330						
DescargaCanal	OUTFALL	0.00	1298.80	0	00:30	0.000
3.965						

****
Node Surcharge Summary
****

Surcharging occurs when water rises above the top of the highest conduit.

Node	Type	Hours Surcharged	Max. Height Above Crown Meters	Min. Depth Below Rim Meters
CO-E2	JUNCTION	0.20	0.994	0.000
CO-E3	JUNCTION	0.49	1.134	0.000
C-D32	JUNCTION	0.01	0.000	0.000

****
Node Flooding Summary
****

Flooding refers to all water that overflows a node, whether it ponds or not.

Node	Hours Flooded	Maximum Rate LPS	Time of Max Occurrence days hr:min	Total Flood Volume 10^6 ltr	Maximum Ponded Depth Meters
CO-E2	0.01	553.36	0 00:25	0.002	2.14
CO-E3	0.02	1132.44	0 01:03	0.038	2.06
C-D32	0.01	1070.46	0 00:00	0.012	0.80

****
Outfall Loading Summary
****

Outfall Node	Flow Freq. Pcnt.	Avg. Flow LPS	Max. Flow LPS	Total Volume 10^6 ltr
C-DD	100.00	4228.87	13125.00	44.605
C-CD	90.51	238.14	786.86	2.242
C-ED	99.48	931.93	11402.00	9.330
DescargaCanal	96.40	394.99	1298.80	3.965
System	96.60	5793.92	17711.73	60.143

****
Link Flow Summary
****

Link	Type	Maximum |Flow| LPS	Time of Max Occurrence days	hr:min	Maximum |Veloc| m/sec	Max/ Full Flow	Max/ Full Depth
A1-A2	CONDUIT	383.18	0	00:00	4.28	0.59	0.55
A2-A3	CONDUIT	504.45	0	00:00	5.83	0.57	0.53
A4-A5	CONDUIT	808.90	0	00:00	6.60	0.68	0.60
C1-C2	CONDUIT	371.64	0	00:00	3.48	0.74	0.64
C2-C3	CONDUIT	384.05	0	00:30	2.57	0.54	0.52
C3-C4	CONDUIT	860.79	0	00:00	4.56	0.72	0.63
C4-CD	CONDUIT	786.86	0	00:00	6.22	0.65	0.68
COE2-COE3	CONDUIT	2609.98	0	00:31	5.91	1.21	1.00
COE3-ED	CONDUIT	11402.00	0	02:41	>50.00	8.42	1.00
D10-D13	CONDUIT	7041.68	0	00:00	4.46	0.95	0.79
D11-D12	CONDUIT	2644.63	0	00:00	5.91	1.01	0.97
D12-D13	CONDUIT	2861.36	0	00:00	7.79	1.08	0.99
D13-D14	CONDUIT	8726.42	0	00:00	5.61	0.88	0.80
D14-D15	CONDUIT	8770.76	0	00:00	4.73	0.56	0.59
D16-D17	CONDUIT	8135.44	0	00:00	4.40	0.57	0.65
D15-D16	CONDUIT	8979.23	0	00:25	4.86	0.43	0.69
D17-D34	CONDUIT	10858.81	0	00:00	4.47	0.51	0.54
D18-D19	CONDUIT	927.52	0	00:00	4.74	0.47	0.64
D19-D20	CONDUIT	1025.73	0	00:00	4.79	0.52	0.69
D1-D2	CONDUIT	897.05	0	00:00	5.77	0.34	0.53
D20-D21	CONDUIT	1232.50	0	00:00	5.49	0.56	0.71
D21-D22	CONDUIT	1237.43	0	00:00	3.95	0.41	0.64
D22-D23	CONDUIT	1512.91	0	00:00	4.42	0.51	0.68
D23-D27	CONDUIT	1679.13	0	00:00	4.30	0.43	0.65
D25-D26	CONDUIT	432.63	0	00:00	4.67	0.46	0.64
D24-D25	CONDUIT	421.55	0	00:00	4.68	0.45	0.63
D26-D27	CONDUIT	716.05	0	00:00	3.58	0.71	0.82
D27-D28	CONDUIT	1793.69	0	00:30	4.34	0.45	0.67
D28-D29	CONDUIT	2696.78	0	00:00	6.22	0.54	0.70
D29-D30	CONDUIT	2478.59	0	00:00	4.93	0.46	0.66
D30-D31	CONDUIT	2731.03	0	00:00	5.08	0.51	0.69
D2-D3	CONDUIT	1130.06	0	00:00	6.12	0.42	0.61
D33-D17	CONDUIT	3729.66	0	00:00	7.73	0.68	0.61
D34-D35	CONDUIT	13106.88	0	00:00	4.41	0.61	0.75
D35-D36	CONDUIT	11033.11	0	00:30	5.04	0.49	0.76
D36-D37	CONDUIT	15307.36	0	00:00	5.09	0.72	0.63
D37-D38	CONDUIT	13902.40	0	00:00	4.77	0.65	0.61
D38-D39	CONDUIT	14125.26	0	00:00	4.84	0.66	0.63
D38-DD	CONDUIT	13125.00	0	00:30	3.27	0.85	0.69
D40-D41	CONDUIT	510.67	0	00:00	4.69	0.21	0.40
D3-D4	CONDUIT	1486.75	0	00:00	6.84	0.53	0.70
D41-D42	CONDUIT	519.05	0	00:30	3.24	0.35	0.55
D42-D43	CONDUIT	773.08	0	00:00	3.65	0.49	0.68
D43-D44	CONDUIT	891.08	0	00:00	4.11	0.52	0.70
D44-D45	CONDUIT	1278.20	0	00:00	3.79	0.78	0.67
D45-D38	CONDUIT	1231.07	0	00:00	3.70	0.75	0.66
D4-D5	CONDUIT	1535.50	0	00:00	5.00	0.41	0.63
D5-D6	CONDUIT	1823.78	0	00:00	5.53	0.48	0.66
D6-D9	CONDUIT	5873.18	0	00:00	4.11	0.79	0.72
D9-D6	CONDUIT	5772.80	0	00:00	4.02	0.78	0.72
E2-E3	CONDUIT	1270.46	0	00:00	3.70	0.38	0.60
E3-E4	CONDUIT	1818.80	0	00:00	4.34	0.35	0.57
E4-E5	CONDUIT	2047.50	0	00:00	4.40	0.40	0.61

E5-E6	CONDUIT	2381.67	0	00:00	4.80	0.46	0.65
E6-E7	CONDUIT	4698.42	0	00:00	5.09	0.18	0.32
E7-E8	CONDUIT	2491.42	0	00:30	1.95	0.39	0.51
COE1-COE2	CONDUIT	2636.11	0	00:25	6.40	1.00	1.00
E1-E2	CONDUIT	1070.82	0	00:00	3.62	0.32	0.51
A5-AD	CONDUIT	747.08	0	00:00	3.42	0.66	0.67
A3-AD	CONDUIT	514.78	0	00:00	4.33	0.62	0.75
CanalPiedra	CONDUIT	1298.80	0	00:30	2.49	0.45	0.63
E8-E9	CONDUIT	2725.57	0	00:30	2.26	0.36	0.56
E9-COE1	CONDUIT	3141.91	0	00:33	1.85	0.30	0.58
D7-D8	CONDUIT	4724.72	0	00:00	4.84	0.56	0.72
D31-D32	CONDUIT	2862.10	0	00:00	5.17	0.53	0.82
D32-D33	CONDUIT	2593.48	0	00:00	5.05	0.46	0.79

****
Flow Classification Summary
****

Conduit	Adjusted /Actual Length	Fraction of Time in Flow Class: Dry	Up Dry	Down Dry	Sub Crit	Sup Crit	Up Crit	Down Crit	Avg. Froude Number	Avg. Flow Change
A1-A2	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.95	0.0001
A2-A3	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.97	0.0001
A4-A5	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.16	0.0002
C1-C2	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.30	0.0002
C2-C3	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.60	0.0002
C3-C4	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.65	0.0002
C4-CD	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.57	0.0009
COE2-COE3	1.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.86	0.00	0.01	1.45	0.0020
COE3-ED	1.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	1.13	0.0337
D10-D13	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.53	0.0002
D11-D12	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.99	0.0002
D12-D13	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.05	0.0002
D13-D14	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	0.0002
D14-D15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.81	0.00	0.00	1.34	0.0001
D16-D17	1.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.92	0.00	0.00	1.33	0.0002
D15-D16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	0.00	0.00	1.52	0.0001

D17-D34	1.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.83	0.00	0.00	1.43
0.0002									
D18-D19	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.74
0.0001									
D19-D20	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.76
0.0001									
D1-D2	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.60
0.0001									
D20-D21	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.07
0.0001									
D21-D22	1.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.84	0.00	0.00	1.93
0.0001									
D22-D23	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.28
0.0001									
D23-D27	1.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.86	0.00	0.00	1.66
0.0001									
D25-D26	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	3.04
0.0001									
D24-D25	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.23
0.0001									
D26-D27	1.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.77	0.00	0.20	1.33
0.0002									
D27-D28	1.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.91	0.00	0.00	2.15
0.0001									
D28-D29	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.93
0.0001									
D29-D30	1.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.95	0.00	0.00	2.16
0.0001									
D30-D31	1.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.94	0.00	0.00	2.13
0.0001									
D2-D3	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.75
0.0001									
D33-D17	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.89
0.0002									
D34-D35	1.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.01	0.00	0.00	0.82
0.0001									
D35-D36	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.71
0.0001									
D36-D37	1.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.83	0.00	0.00	1.39
0.0002									
D37-D38	1.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.83	0.00	0.00	1.43
0.0002									
D38-D39	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.83	1.45
0.0002									
D38-DD	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.83
0.0003									
D40-D41	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.29
0.0000									
D3-D4	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.88
0.0001									
D41-D42	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.08
0.0001									
D42-D43	1.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.91	0.00	0.00	1.83
0.0001									
D43-D44	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	2.41
0.0001									
D44-D45	1.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.89	0.00	0.00	1.85
0.0002									
D45-D38	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.88
0.0002									
D4-D5	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	2.51
0.0001									
D5-D6	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.88

0.0001									
D6-D9	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.54
0.0002									
D9-D6	1.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.83	0.00	0.00	1.31
0.0002									
E2-E3	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.98
0.0001									
E3-E4	1.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.95	0.00	0.00	1.92
0.0001									
E4-E5	1.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.91	0.00	0.00	1.97
0.0001									
E5-E6	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.30
0.0001									
E6-E7	1.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.75	0.00	0.00	1.05
0.0000									
E7-E8	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.70
0.0002									
COE1-COE2	1.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.95	3.05
0.0004									
E1-E2	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.99
0.0001									
A5-AD	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.51	1.96
0.0002									
A3-AD	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.38	3.12
0.0002									
CanalPiedra	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.20
0.0001									
E8-E9	1.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.42	0.00	0.00	0.85
0.0003									
E9-COE1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.95	0.75
0.0004									
D7-D8	1.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	0.00	0.00	1.77
0.0001									
D31-D32	1.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.94	0.00	0.00	1.52
0.0001									
D32-D33	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.94
0.0001									

****
Conduit Surcharge Summary
****

Conduit	Hours Full: Both Ends	Hours Full: Upstream	Hours Full: Dnstream	Hours Above Full Normal Flow	Hours Capacity Limited
COE2-COE3	0.21	0.21	0.21	0.23	0.20
COE3-ED	0.31	0.31	0.33	0.71	0.31
D11-D12	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
D12-D13	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
COE1-COE2	0.19	0.19	0.19	0.01	0.01

Analysis begun on: Sun Oct 07 20:45:53 2012
Analysis ended on: Sun Oct 07 20:45:55 2012
Total elapsed time: 00:00:02

C.2 REPORTES GRÁFICOS DEL SWMM

Útiles para el análisis de sistema de drenaje pluvial, una vez realizada la simulación.

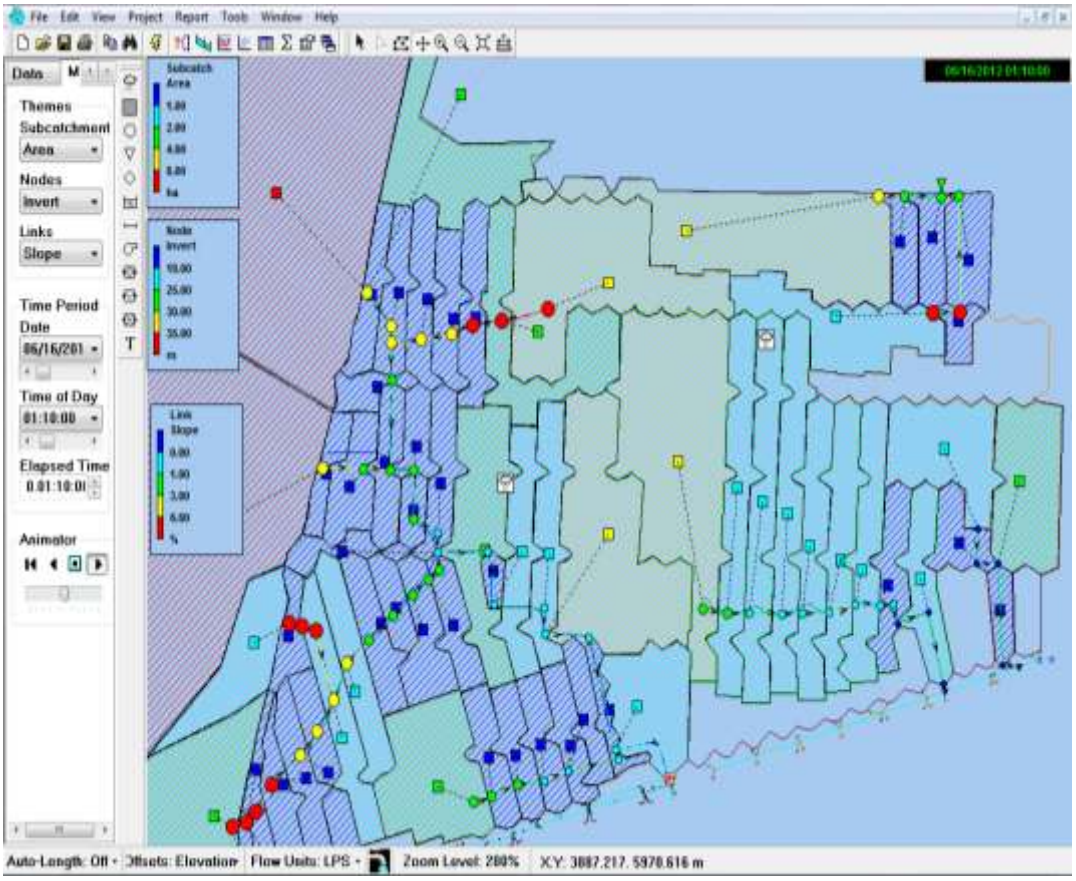


Ilustración C.1 Representación gráfica en planta del sistema de drenaje pluvial del Sector 3, análisis (por colores) de variables como área de las cuencas, invert de los nodos y pendiente de los colectores.

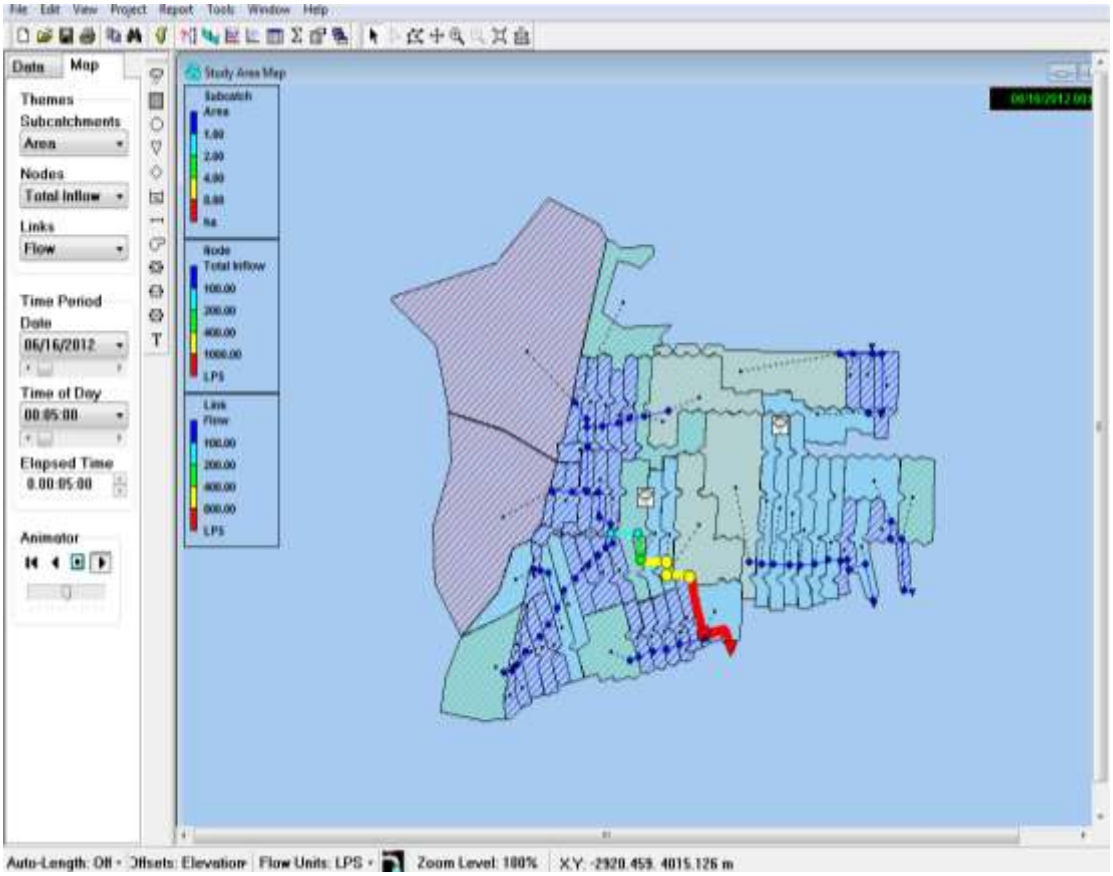


Ilustración C.2 Representación gráfica en planta del sistema de drenaje pluvial del Sector 3, análisis (por colores) de variables como área de las cuencas, carga hidráulica en nodos y colectores con respecto al tiempo en el que se produce el evento de lluvia

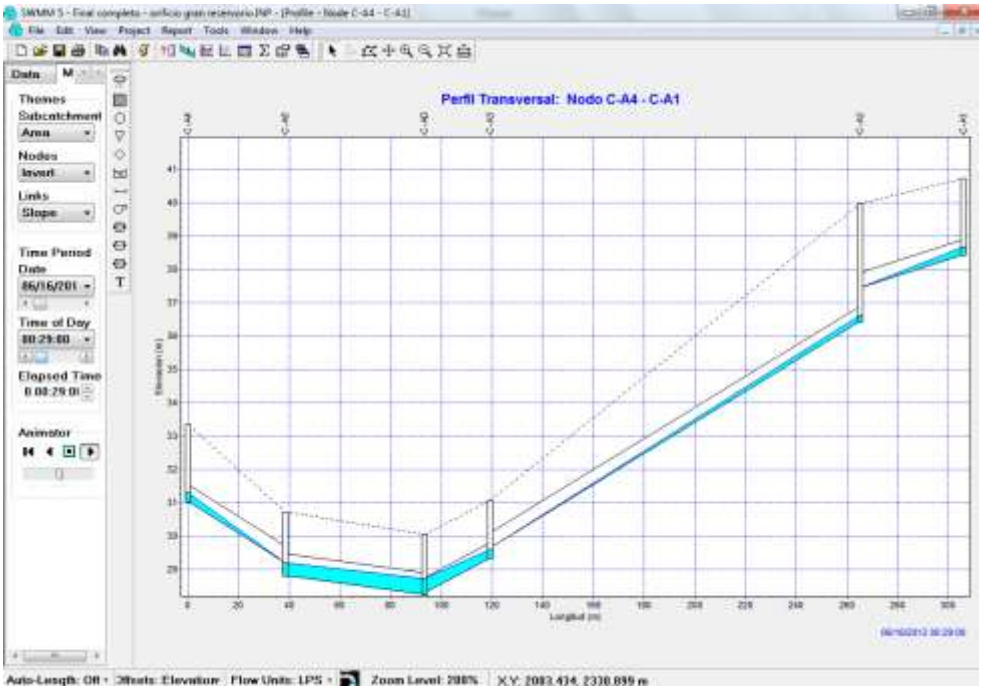


Ilustración C.3 Perfil longitudinal de las cámaras y colectores de la cuenca A

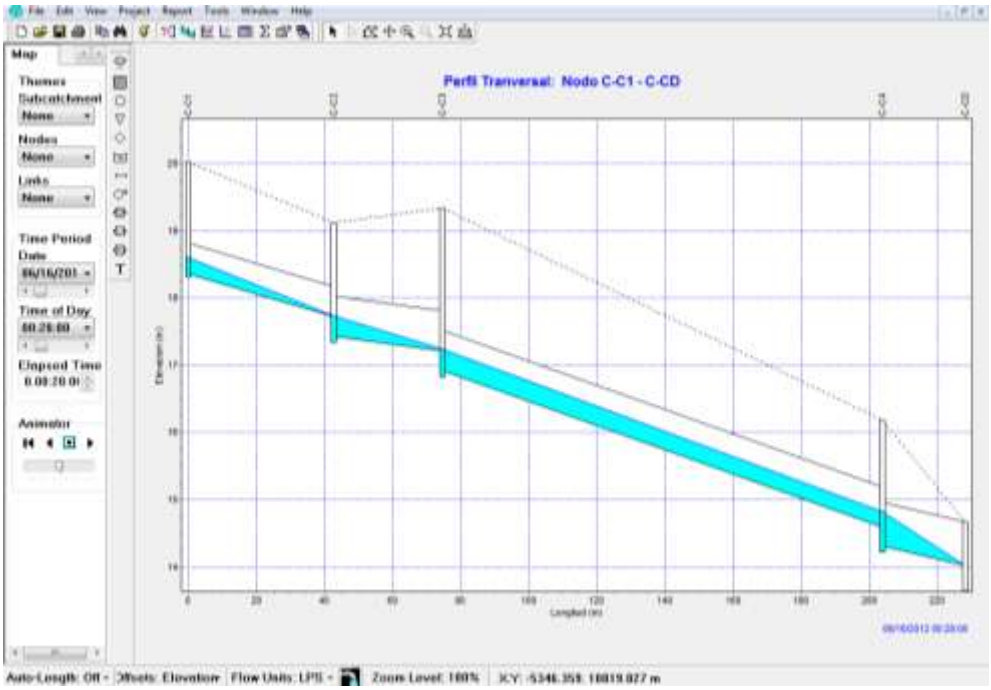


Ilustración C.4 Perfil longitudinal de las cámaras y colectores de la cuenca C.

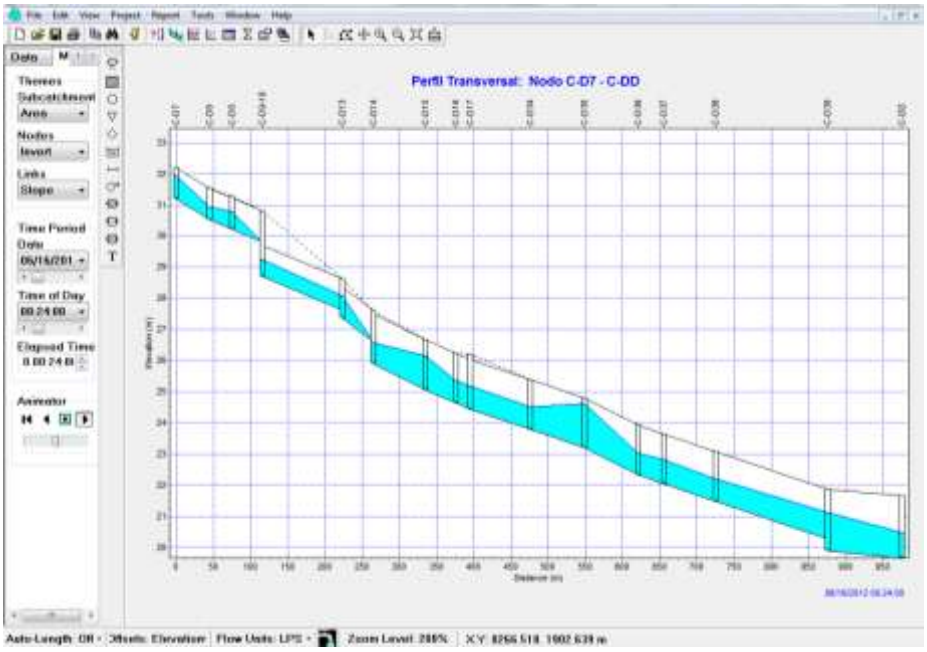


Ilustración C.5 Perfil longitudinal de las cámaras y colectores del ramal principal de la cuenca D.

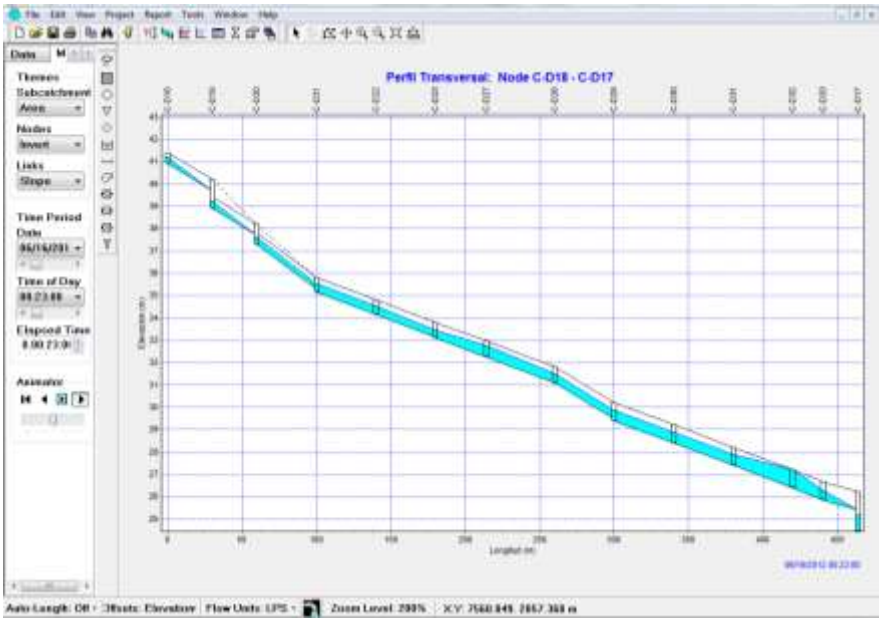


Ilustración C.6 Perfil longitudinal de las cámaras y colectores de uno de los ramales secundarios de la cuenca D, desde el nodo D18 hasta el nodo D17.

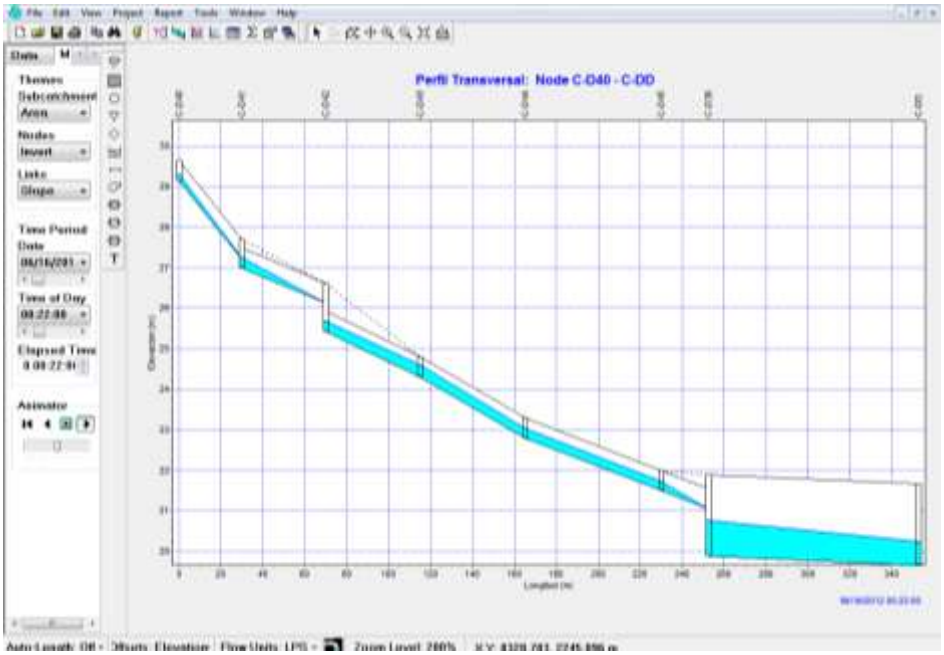


Ilustración C.7 Perfil longitudinal de las cámaras y colectores de uno de los ramales secundarios de la cuenca D, desde el nodo D40 hasta la descarga.

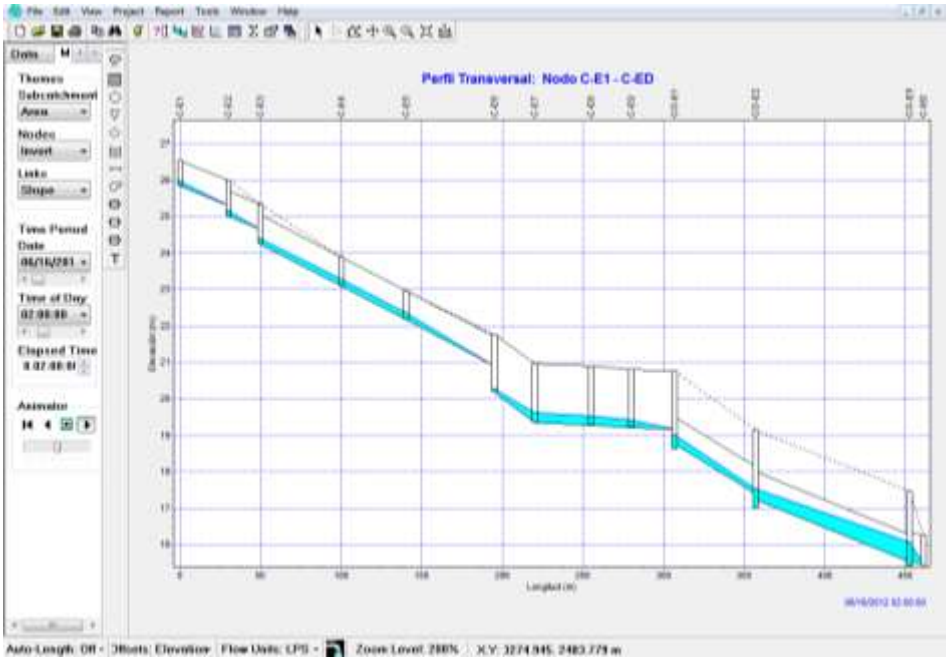


Ilustración C.8 Perfil longitudinal de las cámaras y colectores de la cuenca E.

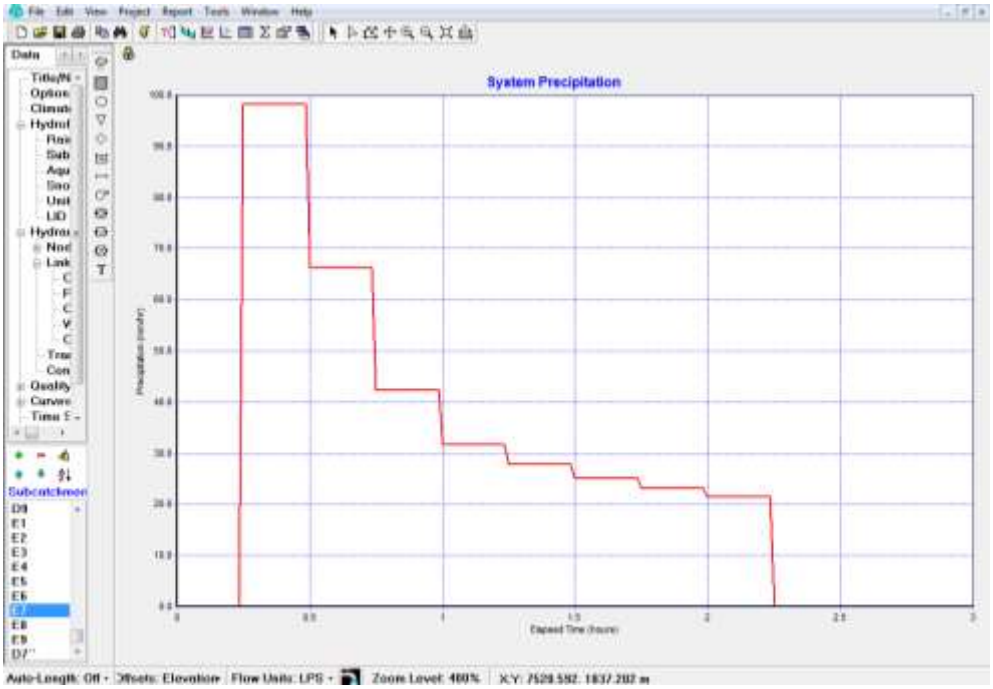


Ilustración C.9 Gráfico de Precipitación vs tiempo en el sistema de drenaje.

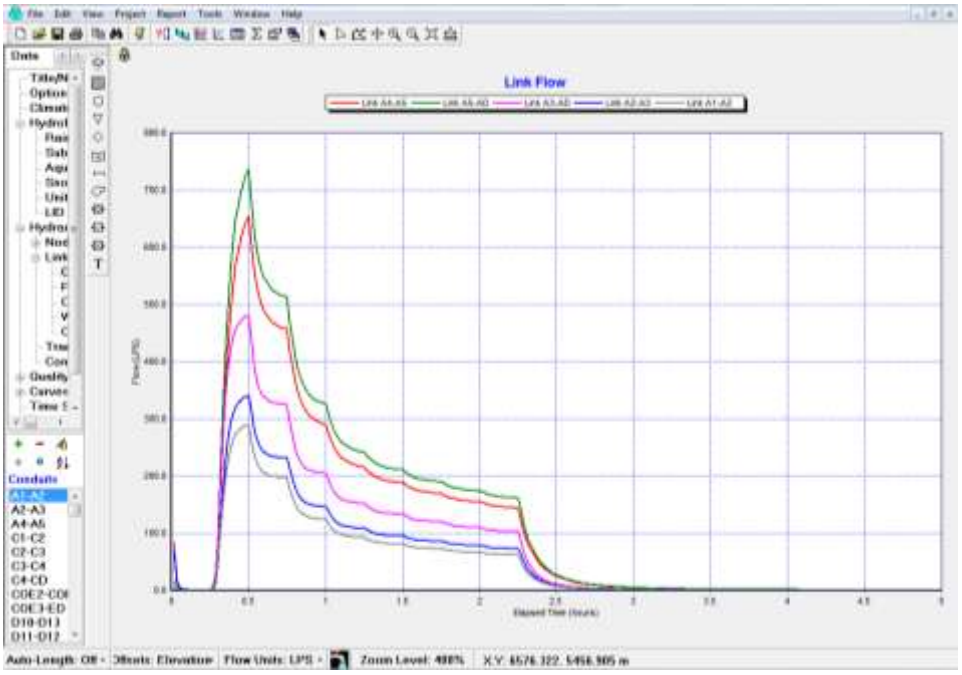


Ilustración C.10 Gráfico de Caudal vs. Tiempo en colectores de la cuenca A.

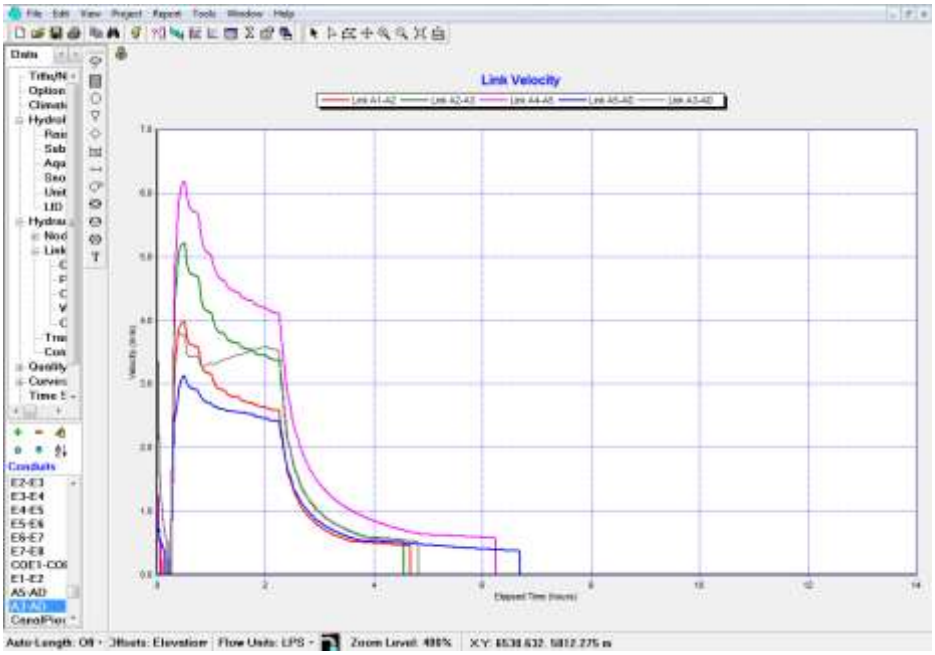


Ilustración C.11 Gráfico de Velocidad vs. Tiempo en colectores de la cuenca A.

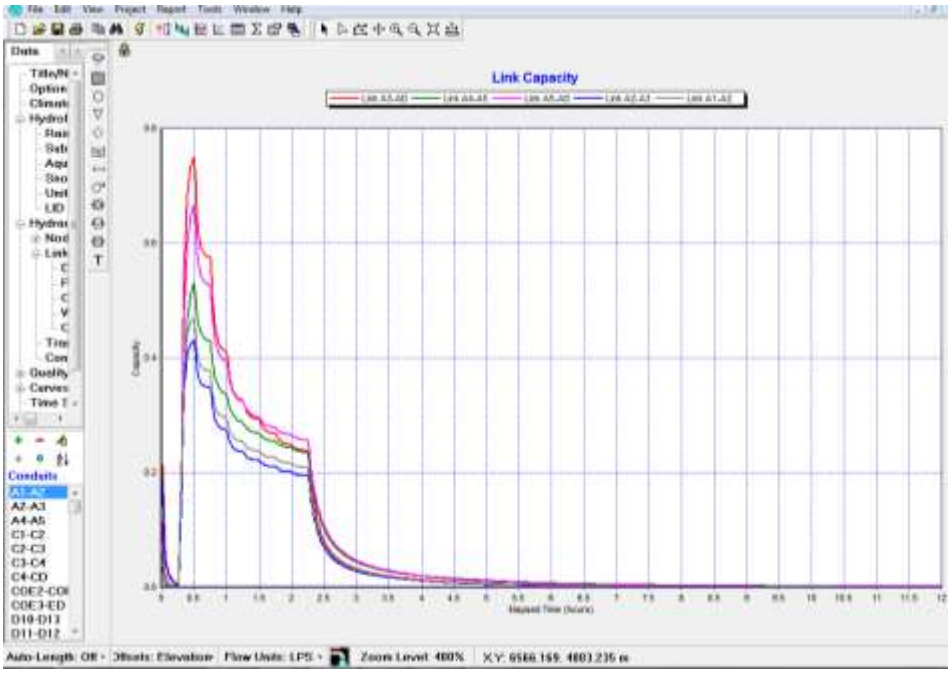


Ilustración C.12 Gráfico de capacidad de colectores en uso vs tiempo en la cuenca A.

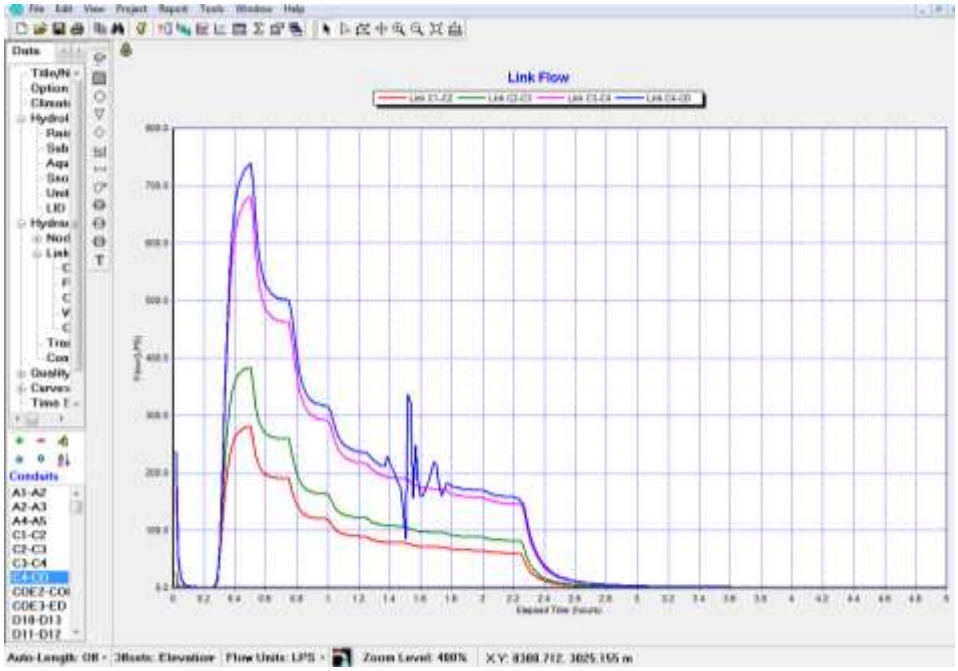


Ilustración C.13 Gráfico de Caudal vs. Tiempo en colectores de la cuenca C.

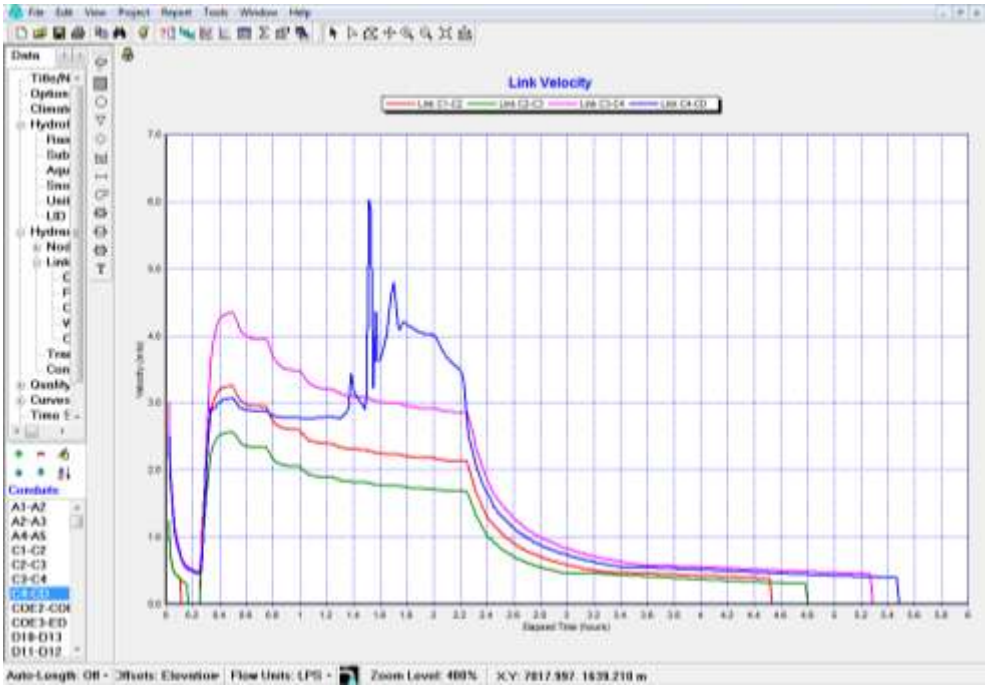


Ilustración C.14 Gráfico de Velocidad vs. Tiempo en colectores de la cuenca C.

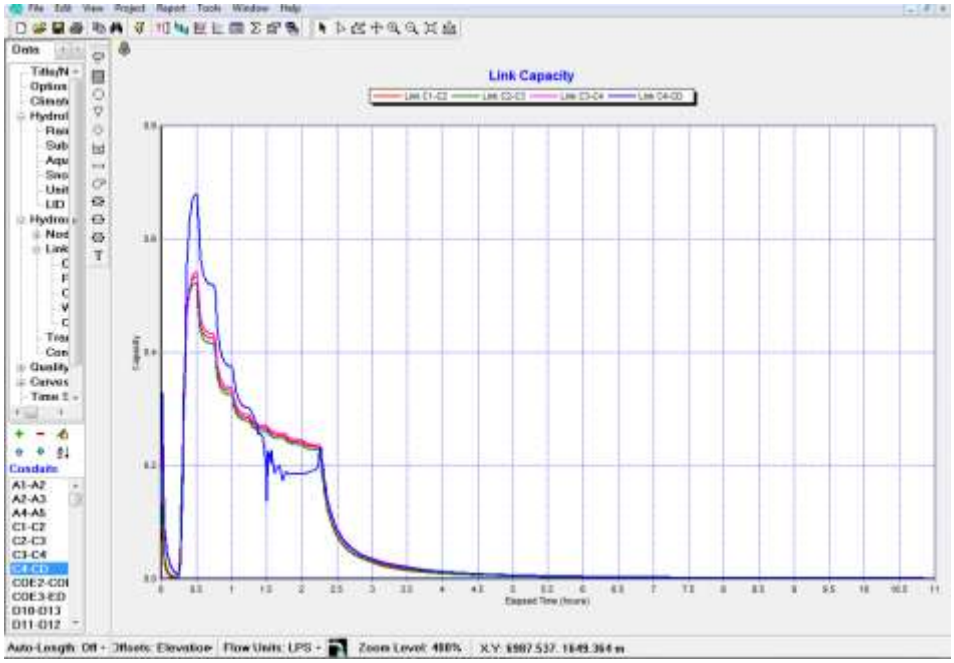


Ilustración C.15 Gráfico de capacidad de colectores en uso vs tiempo en la cuenca C.

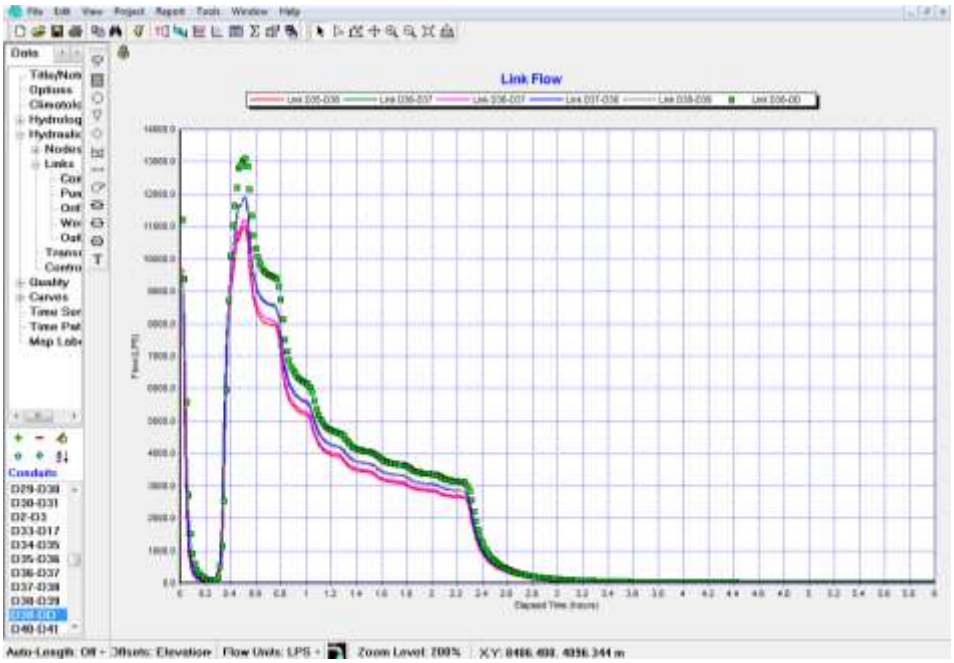


Ilustración C.16 Gráfico de Caudal vs. Tiempo en colectores del ramal con mayor carga hidráulica de la cuenca D.

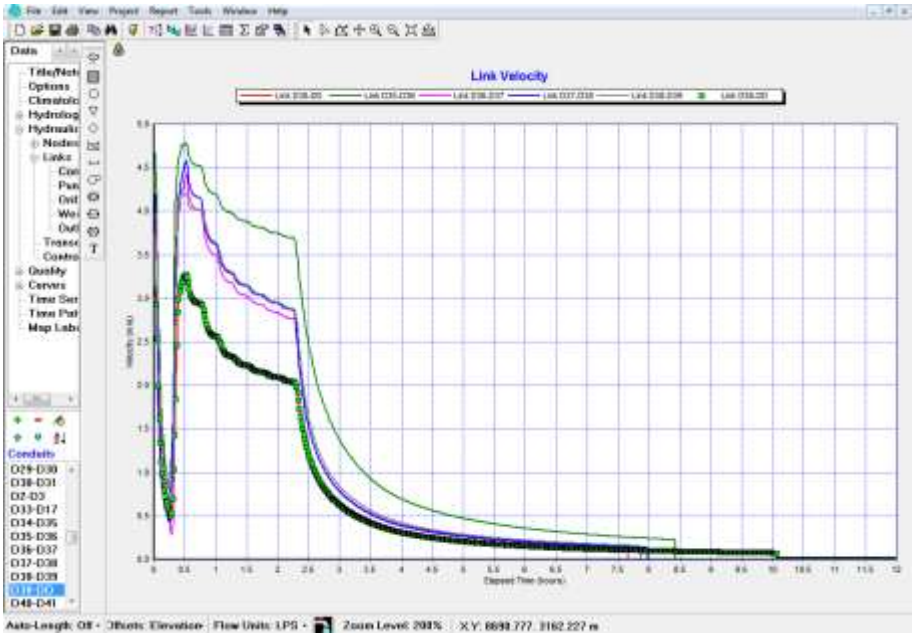


Ilustración C. 17 Gráfico de Velocidad vs. Tiempo en colectores del ramal con mayor carga hidráulica de la cuenca D.

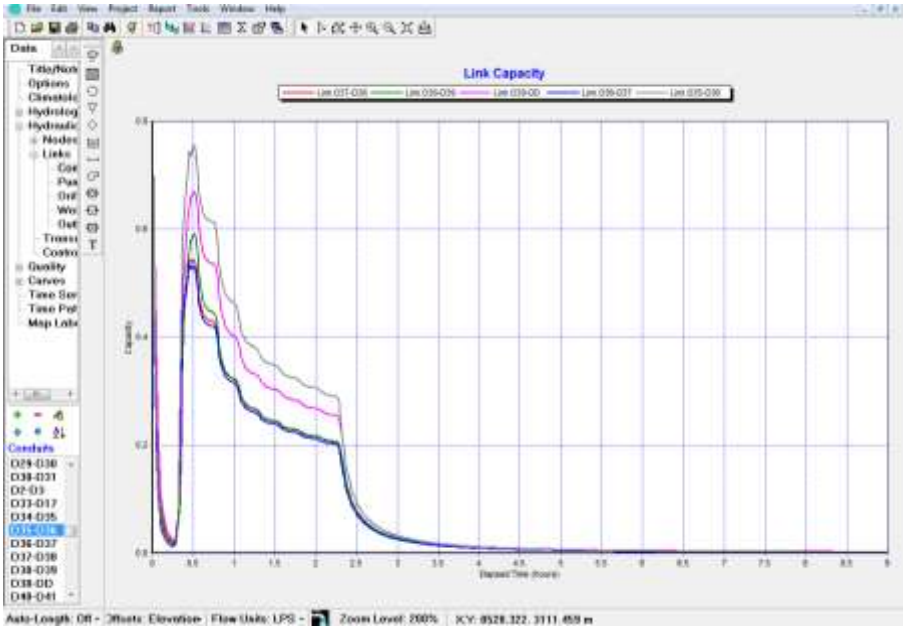


Ilustración C. 18 Gráfico de capacidad del colector en uso vs. Tiempo en el ramal con mayor carga hidráulica de la cuenca D.

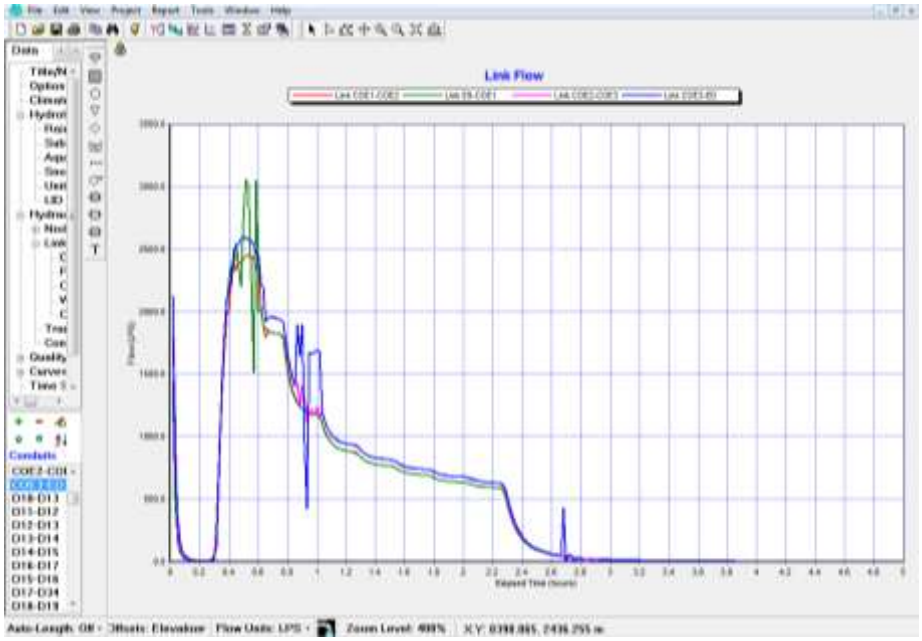


Ilustración C.19 Gráfico de Caudal vs. Tiempo en los colectores del tramo con mayor carga hidráulica de la cuenca E.

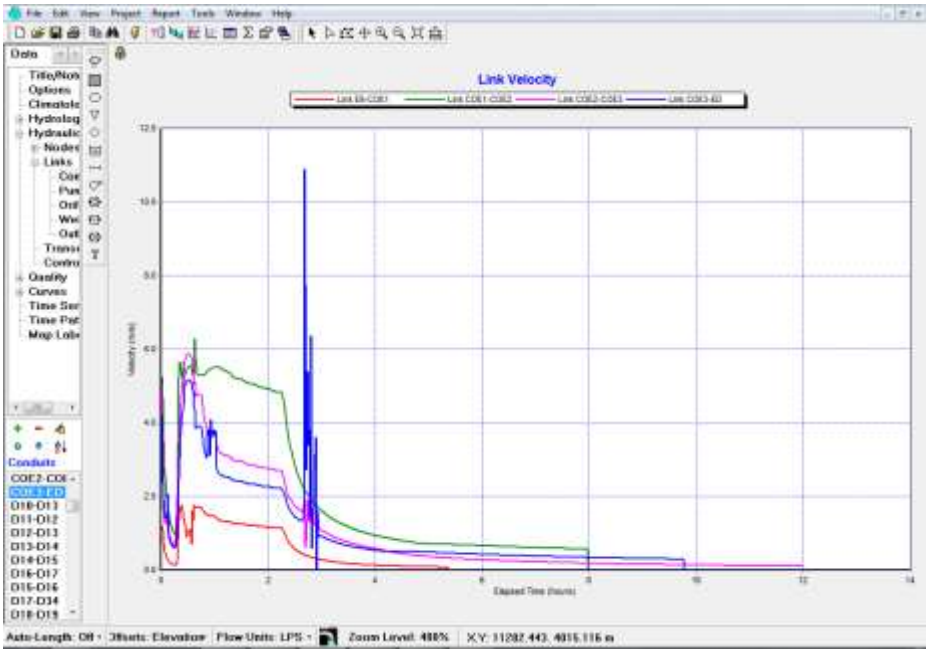


Ilustración C.20 Gráfico de Velocidad vs. Tiempo en los colectores del tramo con mayor carga hidráulica de la cuenca E.

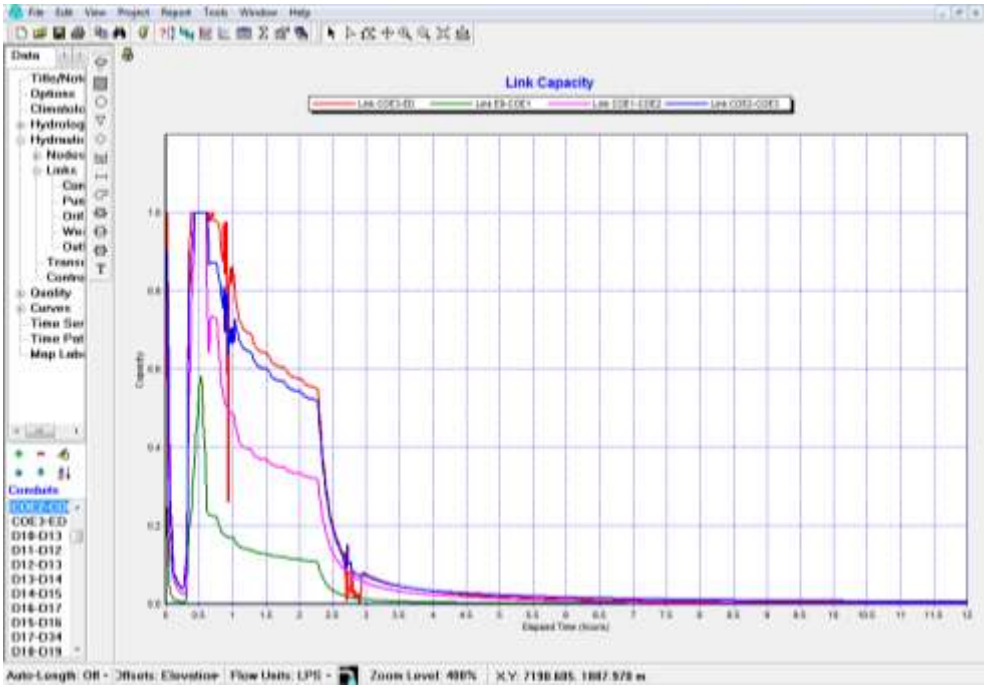


Ilustración C.21 Gráfico de Caudal vs. Tiempo en colectores del tramo con mayor carga hidráulica de la cuenca E.

ANEXO D – INFORMACIÓN CENSO POBLACIONAL - INEC

Tabla D.1 Población Área Norte del Sector 3, Censo 2001 INEC

Tabla D.1 Población Área Norte del Sector 3, Censo 2010 INEC

TABLA D.1 POBLACIÓN ÁREA NORTE DEL SECTOR 3,

CENSO 2001 INEC

CÓDIGO DE ZONA	CÓDIGO DE SECTOR	HOMBRE	MUJER	TOTAL
35	1	206	224	430
	2	303	264	567
	3	245	267	512
	4	266	255	521
	5	282	263	545
	6	274	272	546
	7	266	270	536
	8	320	318	638
	9	262	284	546
	10	239	249	488
36	9	220	213	433
44	1	283	305	588
	2	253	286	539
	3	271	265	536
	4	250	253	503
	5	250	272	522
	6	279	275	554
	7	295	313	608
	8	267	275	542
	9	238	234	472
	10	235	222	457
45	1	300	285	585
	2	321	297	618
	3	310	293	603
	4	312	274	586
	5	315	285	600
	6	279	258	537
	7	250	281	531
	8	251	240	491
	9	253	228	481
	10	249	269	518
TOTAL		8.344	8.289	**16.633**

TABLA D.2 POBLACIÓN ÁREA NORTE DEL SECTOR 3,

CENSO 2010 INEC

CÓDIGO DE ZONA	CÓDIGO DE SECTOR	HOMBRE	MUJER	TOTAL
399	1	300	296	596
	2	327	313	640
	3	306	294	600
	4	333	306	639
	5	326	330	656
	6	312	294	606
	7	273	294	567
	8	245	234	479
	9	304	274	578
	10	258	294	552
400	1	341	325	666
	2	305	349	654
	3	299	303	602
	4	281	290	571
	5	285	287	572
	6	276	276	552
	7	287	289	576
	8	296	290	586
	9	283	272	555
	10	230	202	432
422	6	340	312	652
423	1	320	318	638
	2	339	302	641
	3	279	289	568
	4	292	284	576
	5	283	284	567
	6	329	311	640
	7	298	273	571
	8	202	157	359
	9	161	165	326
	10	271	283	554
	11	254	253	507
TOTAL		9.235	9.043	**18.278**

ANEXO E – REGISTRO FOTOGRÁFICO

FOTO D.1 Cruce que cruza entre las Mzs. 394 y 393

FOTO D.2 Caudal de lluvias corre por la calle 3N frente a la Mzs. 266 y 267

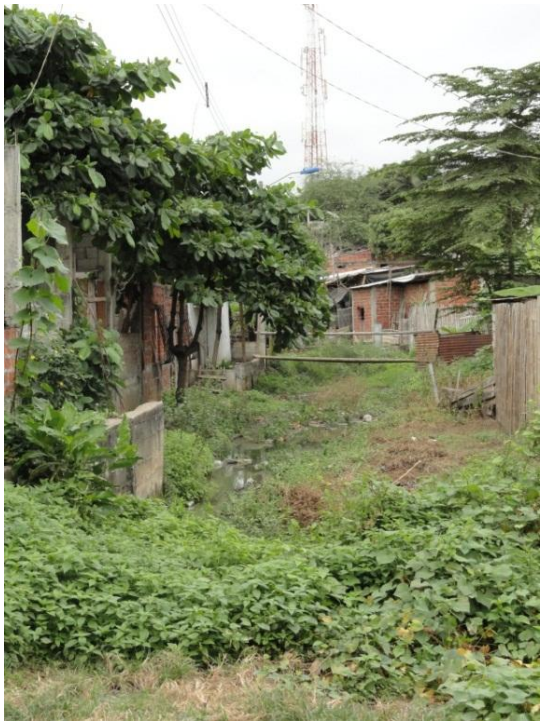


FOTO D.3 Cauce de drenaje que atraviesa la Mz. 405

FOTO D.4 Alcantarilla existente de ∅=1.40 m en intersección de Calle 5N y Av. 25N

FOTO D.5 El caudal que cruza por la alcantarilla, escurre por superficie de Av. 25N

FOTO D.6 Cauce de drenaje que atraviesa la Mz. 234

FOTO D.7 Cauce de drenaje cruza entre las Av. 31 y 30 N

FOTO D.8 Cauce de drenaje pasa en medio de inmuebles

FOTO D.9 Canal al que drena la Cuenca A

FOTO D.10 Ducto cajón que cruza la Modesto Luque

BIBLIOGRAFÍA

1. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS, Censo Nacional de Población y Vivienda, 2001 y 2010.

2. METCALF & EDDY, Ingeniería de Aguas Residuales, McGraw-Hill, 1991

3. SOFTLAND S.A., La pobreza en Guayaquil. Estudio comparativo de los indicadores: Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) y Capacidad Económica (CAPECO) de la población de la ciudad de Guayaquil, M.I. Municipalidad de Guayaquil, Julio 2006

4. INTERAGUA, Revisión y Actualización del Plan Maestro – AAPP, AASS y AALL, Guayaquil 2010

5. LARRY W. MAYS, Stormwater Collection Systems Design Handbook, McGraw-Hill, 2001

6. BÁEZ NOGUERA, Ingeniería Ambiental. Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales y Pluviales, Ediciones Uninorte, 2007

7. DOLZ, Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes de colectores, Universidad

Politécnica de Cataluña, Departamento de Ingeniería, Hidráulica y Medioambiente, 1994

8. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Manual del Usuario del SWMM Modelo de Gestión de Aguas Pluviales 5.0 ve, Traducción al español por GMMF

9. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Applications Manual, Storm Water Management Model, Department of Civil and Environmental Engineering

10. CONSULNAC Geotecnia y Materiales Cía. Ltda., Estudios Preliminares y Diseños Definitivos del Proyecto: construcción de vías ubicadas entre el km 18 y km 22 de AV. 56 NO (Perimetral al Oeste) Sector 3, de la parroquia Pascuales.