

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**“ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA  
DE DRENAJE PLUVIAL EN EL SECTOR FLOR DE BASTIÓN – EL  
FORTÍN”**

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO CIVIL**

Presentado por:

**MARLON JOEL BAYONA PINTO**

**CRISTHIAN GEOVANNY RAMÍREZ PARRALES**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

Año: 2016

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por la fortaleza y fe que me dio a lo largo de mi carrera para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis padres: Guillermo Bayona Cuadra y Geoconda Pinto Tigrero, por ser los principales promotores de mis sueños, por todo el esfuerzo y apoyo incondicional que entregan día a día para convertirme en una persona de excelencia, y por confiar en mí.

A mis hermanos por haber estado siempre a mi lado aportando buenas cosas a mi vida y brindándome el cariño y apoyo necesario.

A Dennisse Merino, por todo el apoyo que me brindo desde que llego a mi vida.

Marlon Joel Bayona Pinto

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional a lo largo de todos estos años, por sus buenos consejos y enseñanzas que me han permitido ser una persona de bien.

A mi familia y a todas las personas que de una u otra manera me han ayudado a que hoy cumpla este sueño.

Al Ph. D. Miguel Ángel Chávez y al Ing. Rafael Valdez por su guía y apoyo en la realización de este proyecto.

Cristhian Ramírez

## **DEDICATORIA**

A Dios que me ha dado la vida y fortaleza, a mis padres, hermanos, familia en general, y a mi novia Dennisse Merino por ser el pilar fundamental de mi vida.

Marlon Joel Bayona Pinto

## DEDICATORIA

A mis padres: Guillermo Ramírez y Juana Parrales, a mi herma Julissa por siempre creer en mí y brindarme todo su apoyo incondicional.

A mi familia, en especial mis abuelos que siempre me aconsejaron, gracias Mazoila por darme siempre palabras de aliento.

A mi novia Lissette Calderón que ha sido un pilar fundamental en todos estos años de carrera.

Cristhian Ramírez

## **TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

---

Ing. Miguel Ángel Chávez, Ph. D.  
DIRECTOR DEL PROYECTO

---

M.Sc. Alby del Pilar Aguilar P.  
COORDINADORA DE  
INGENIERÍA CIVIL

# DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

(Reglamento de graduación de la ESPOL)

---

Marlon Joel Bayona Pinto

---

Cristhian Geovanny Ramírez Parrales

## RESUMEN

El presente trabajo, detalla todos los procedimientos y análisis desarrollados para evaluar la pre-factibilidad de las alternativas planteadas para el diseño del drenaje pluvial del canal 69a, ubicado en la zona denominada Sistema 2 de “Flor de Bastión - El Fortín” en la parroquia Pascuales cerca de Km 25 de la vía Perimetral.

Para minimizar los impactos que se producen en épocas de invierno se han planteado tres alternativas diferentes en cuanto a materiales, tipo de revestimiento y secciones transversales (canal excavado sin revestir, canal revestido de hormigón y un conducto cajón), con el propósito de mejorar esta situación.

Para seleccionar la alternativa que ofrece mayor beneficio a los habitantes de la zona de estudio, se ha valorado eficiencia, impacto ambiental y social, técnica y económicamente, de tal manera que se seleccione aquella que se más viable considerando valores éticos y morales.

En base a estos criterios se seleccionó la alternativa 3 que plantea un conducto cajón (canal enterrado), pese a tener un costo más elevado

comparado a la de un canal excavado sin revestir o a uno con revestimiento de hormigón, tiene un menor impacto ambiental y social.

Para su diseño se valoró como uno de los aspectos principales minimizar las afectaciones prediales que se encuentran al borde del drenaje natural y el movimiento de tierra, de manera que no repercutan a un elevado costo económico y social.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTO.....	I
DEDICATORIA.....	II
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN.....	III
RESUMEN.....	IV
ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII

### **CAPÍTULO 1 GENERALIDADES**

1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Ubicación del proyecto.....	6

### **CAPÍTULO 2 ESTUDIOS PRELIMINARES**

2.1 Estudios preliminares de la zona.....	9
2.1.1 Vías de acceso.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.2 Sistema de drenaje pluvial.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.3 Sistema de drenaje sanitario.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.4 Sistema de agua potable.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2 Topografía.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3 Estudio de suelo y geotécnia general.....	22
2.3.1 Estudio geotécnico.....	¡Error! Marcador no definido.

### **CAPÍTULO 3 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA CUENCA**

3.1 Precipitación y definición de hietogramas de diseño.....	35
3.2 Parámetros morfométricos de la cuenca.....	442
3.2.1 Elongación.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.2 Relación de circularidad.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.3 Índice de Gravelius o índice de compacidad.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.4 Factor de forma.....	¡Error! Marcador no definido.

3.2.5 Índice de alargamiento .....	¡Error! Marcador no definido.
3.3 Elaboración del modelo hidrológico.....	49
3.3.1 Definición del contorno de la cuenca.....	¡Error! Marcador no definido.
3.3.2 Subdivisión de la cuenca.....	¡Error! Marcador no definido.
3.4 Modelación hidrológica de la cuenca .....	564
3.5 Estimación de caudales pico recurrentes. ....	642

## **CAPÍTULO 4**

### **ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO.**

4.1 Metodología para el pre-dimensionamiento .....	697
4.1.1 Evaluación de la capacidad de la hidráulica actual del canal 69....	¡Error! Marcador no definido.
4.2 Planteamiento de las alternativas.....	764
4.2.1 Pre-Diseño de la alternativa 1 .....	¡Error! Marcador no definido.
4.2.2 Pre-diseño de la alternativa 2.....	¡Error! Marcador no definido.
4.2.3 Pre-diseño de la alternativa 3.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3 Comparación de alternativas.....	1053
4.3.1 Factibilidad técnica.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3.2 Factibilidad económica.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3.3 Factibilidad socio-ambiental .....	¡Error! Marcador no definido.
4.4 Ventajas del proyecto.....	1131
4.5 Restricciones del proyecto .....	1142

## **CAPÍTULO 5**

### **DISEÑO HIDRÁULICO DEL CONDUCTO CAJÓN (CANAL ENTERRADO)**

5.1 Criterios de diseño .....	1164
5.1.1 Periodo de recurrencia .....	¡Error! Marcador no definido.
5.1.2 Caudal de diseño .....	¡Error! Marcador no definido.
5.1.3 Velocidad mínima.....	¡Error! Marcador no definido.
5.1.4 Velocidad máxima.....	¡Error! Marcador no definido.
5.1.5 Pendiente mínima .....	¡Error! Marcador no definido.
5.1.6 Pendiente máxima .....	¡Error! Marcador no definido.
5.1.7 Métodos de cálculo de canales .....	¡Error! Marcador no definido.
5.1.8 Coeficiente de rugosidad (C) .....	¡Error! Marcador no definido.
5.2 Diseño hidráulico del conducto cajón .....	1320
5.2.1 Trazado del conducto.....	¡Error! Marcador no definido.
5.2.2 Perfil longitudinal.....	¡Error! Marcador no definido.
5.2.3 Dimensionamiento hidráulico de los conductos cajón	¡Error! Marcador no definido.
5.3 Estructuras especiales .....	1452

5.3.1	Sumideros	
.....	¡Error!	
<b>or! Marcador no definido.</b>		
5.3.2 Transiciones.....	¡Error! Marcador no definido.	
5.3.3	Caídas	
.....	¡Error!	
<b>Marcador no definido.</b>		
5.4 Presupuesto referencial de la obra.....		1541
<b>CONCLUSIONES.....</b>		¡Error!
<b>ror! Marcador no definido.3</b>		
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		16161
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		162
<b>ANEXOS</b>		
A-1 Planos		
A-2 Presupuestos		
A-3 Ficha ambiental		

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Coordenadas en el sistema UTM WGS 84.....	7
Tabla 2.1	Datos y coordenadas de las perforaciones realizadas .....	243
Tabla 2.2	Capacidad portante estrato arcilloso .....	298
Tabla 2.3	Capacidad portante estrato granular .....	298
Tabla 2.4	Capacidad admisible estrato arcilloso .....	29
Tabla 2.5	Capacidad admisible estrato granular .....	30
Tabla 3.1	Función de ajuste para las curvas IDF de la ciudad de Guayaquil .....	386
Tabla 3.2	Valores de precipitación para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años .....	397
Tabla 3.3	Resumen de los parámetros morfométricos de la cuenca .....	51
Tabla 3.4	Precipitación en los 5 minutos más lluviosos .....	575
Tabla 3.5	Valores de abstracción inicial ( $I_0$ ) .....	575
Tabla 3.6	Número de curvas para la cuenca.....	597
Tabla 3.7	Tiempo de concentración y retardo para cada subcuenca (Condición actual).....	58
Tabla 3.8	Tiempo de concentración y retardo para cada subcuenca (Condición futura) .....	620
Tabla 3.9	Resumen de los caudales picos.....	686
Tabla 4.1	Pendiente media del canal 69a .....	742
Tabla 4.2	Longitud media del canal 69a .....	742
Tabla 4.3	Caudales introducidos al modelo .....	764
Tabla 4.4	Tabla con las secciones adoptadas en el pre-diseño .....	786
Tabla 4.5	Total de predios afectados por alternativa 1 .....	79
Tabla 4.6	Longitud de los tramos del canal.....	820
Tabla 4.7	Criterios de diseño de alineamiento en planta .....	842
Tabla 4.8	Borde libre en función del caudal .....	875
Tabla 4.9	Secciones del canal para la alternativa 2 .....	88

Tabla 4.10	Afectaciones prediales alternativa 2 .....	91
Tabla 4.11	Alineamientos para la alternativa 2 .....	98
Tabla 4.12	Secciones para la alternativa 3 .....	1020
Tabla 4.13	Afectaciones prediales alternativa 3 .....	1042
Tabla 4.14	Coste de construcción de las alternativas .....	1075
Tabla 5.1	Caudal máximo para un periodo de retorno de 2 años .....	11917
Tabla 5.2	Caudal máximo para un periodo de retorno de 5 años .....	120
Tabla 5.3	Caudal máximo para un periodo de retorno de 10 años .....	121
Tabla 5.4	Caudal máximo para un periodo de retorno de 25 años .....	1220
Tabla 5.5	Caudales de diseño .....	1242
Tabla 5.6	Valores de rugosidad de Manning (Chow, V.T., 1959 .....	1275
Tabla 5.7	Pendiente y longitud del canal diseñado .....	13937
Tabla 5.8	Secciones adoptadas para ducto cajón.....	1421
Tabla 5.9	Características hidráulicas del conducto cajón.....	1442
Tabla 5.10	Coordenadas para la colocación de los sumideros .....	1475
Tabla 5.11	Transiciones utilizadas .....	151
Tabla 5.12	Resumen de costos del proyecto Canal 69 .....	1542

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Distribución de las cuencas en el sistema 2.....	4
Figura 1.2	Vista satelital de la zona .....	8
Figura 2.1	Casas de caña al pie del canal .....	10
Figura 2.2	Vista de los canales existentes .....	12
Figura 2.3	Invasión del cauce del canal y localización del predio en la zona .....	13
Figura 2.4	Invasión del cauce del canal y localización del predio en la zona .....	13
Figura 2.5	Ubicación de los colectores en la zona .....	14
Figura 2.6	Sistema de agua potable en el sector .....	16
Figura 2.7	Guardar el archivo en formato kml .....	17
Figura 2.8	Selección de los puntos requeridos para las curvas de nivel ...	18
Figura 2.9	Asignación de coordenadas a los puntos .....	19
Figura 2.10	Curvas de nivel del proyecto .....	200
Figura 2.11	Plano con curvas de nivel .....	211
Figura 2.12	Toma de muestras en campo (perforación S-69-D2) .....	244
Figura 2.13	Toma de muestras en campo (perforación S-69-D1) .....	254
Figura 2.14	Toma de muestras en campo (perforación S-69-A1).....	255
Figura 3.1	Cuenca analizada .....	342
Figura 3.2	Gráfico de isolíneas para Guayaquil .....	364
Figura 3.3	Curvas IDF de la ciudad de Guayaquil.....	375
Figura 3.4	Hietograma de diseño $Tr = 2$ años .....	41
Figura 3.5	Hietograma de diseño $Tr = 5$ años .....	39
Figura 3.6	Hietograma de diseño $Tr = 10$ años .....	420
Figura 3.7	Hietograma de diseño $Tr = 25$ años .....	420
Figura 3.8	Hietograma del aguacero 02/mar/2013 .....	431
Figura 3.9	Distribución de las microcuencas del canal 69 y sus tributarios .....	542
Figura 3.10	Subcuencas del grupo 1 .....	553
Figura 3.11	Subcuencas de los grupos 2, 3, 4 .....	553
Figura 3.12	Subcuencas de los grupos 5 y 6 .....	564
Figura 3.13	Puntos de aportaciones en la cuenca .....	653
Figura 3.14	Caudales en el punto 1 para diferentes periodos de retorno ..	664
Figura 3.15	Caudales en el punto 2 para diferentes periodos de retorno ..	664
Figura 3.16	Caudales en el punto 3 para diferentes periodos de retorno ..	675
Figura 3.17	Caudales en el punto 4 para diferentes periodos de retorno ..	675

Figura 4.1	Casas construidas cerca del cauce del canal.....	68
Figura 4.2	Invasión del cauce del canal 69a (Vista aguas arriba) .....	69
Figura 4.3	Perfil del canal 69a .....	720
Figura 4.4	Detalles de los coeficientes n de Manning utilizados en el canal .....	731
Figura 4.5	Puntos de aportaciones de caudal .....	753
Figura 4.6	Sección tipo S1 .....	797
Figura 4.7	Sección tipo S2.....	797
Figura 4.8	Sección tipo S3.....	797
Figura 4.9	Afectaciones prediales de la alternativa 1 .....	78
Figura 4.10	Alineamiento para la alternativa 2 .....	831
Figura 4.11	Alineamiento canal 69a alternativa 2 .....	853
Figura 4.12	Sección tipo 1 alternativa 2 .....	886
Figura 4.13	Sección tipo 2 alternativa 2 .....	897
Figura 4.14	Sección tipo 3 alternativa 2 .....	897
Figura 4.15	Anchura y predios existentes del canal 69a .....	88
Figura 4.16	Secciones tipo canal alternativa 2.....	891
Figura 4.17	Afectaciones alternativa 2 .....	92
Figura 4.18	Alineamiento de los canales para la alternativa 3 .....	964
Figura 4.19	Predios que invaden el canal .....	975
Figura 4.20	Predios que invaden el canal .....	986
Figura 4.21	Predios que invaden el canal .....	986
Figura 4.22	Construcciones de viviendas invadiendo el canal .....	997
Figura 4.23	Afectaciones para la alternativa 3 .....	1042
Figura 5.1	Caudales introducidos al modelo hidráulico .....	1231
Figura 5.2	Trazado del conducto cajón .....	1353
Figura 5.3	Predios invadiendo el lecho del canal .....	1364
Figura 5.4	Predios invadiendo el lecho del canal .....	1364
Figura 5.5	Perfil longitudinal abscisa 0+000 hasta 0+440 .....	1386
Figura 5.6	Perfil longitudinal abscisa 0+440 hasta 0+980 .....	1386
Figura 5.7	Perfil longitudinal abscisa 0+980 hasta 1+102.62 .....	1397
Figura 5.8	Sección tipo 1 (2 celdas).....	14139
Figura 5.9	Sección tipo 2 (2 celdas).....	1420
Figura 5.10	Sección tipo 3 (2 celdas).....	1420
Figura 5.11	Esquema de las transiciones .....	1497
Figura 5.12	Elementos de una caída en régimen subcrítico.....	1531

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Introducción

El presente trabajo consiste en el diseño de un sistema de drenaje pluvial para la debida evacuación de aguas lluvias en el sector Flor de Bastión - El Fortín en el periodo invernal. Se van a analizar tres alternativas propuestas para el proceso constructivo y se determinará finalmente el diseño más óptimo y apropiado, considerando el Costo-Beneficio, el impacto ambiental y social de la obra.

En la actualidad existe un canal de tierra de forma irregular que presenta serios problemas de capacidad hidráulica a lo largo de sus tramos, produciendo considerables desbordamientos en época de lluvia e inundando viviendas y zonas aledañas, afectando significativamente a los habitantes del sector.

Se ha detectado que el problema de drenaje del canal radica en varios aspectos, dentro de los cuales se destaca el hecho de que las estructuras de cruce de vías existentes a lo largo del canal, no poseen la capacidad suficiente para contener los caudales de crecientes que se pueden generar.

Otra problemática identificada es el hecho de que no se han respetado las servidumbres o rondas hidráulicas del canal por parte de los habitantes del sector, pues en un buen porcentaje de la longitud del canal analizado, se tienen construcciones y viviendas informales, invadiendo ambas orillas de este en forma concentrada, incluso su mismo cauce y su zona de influencia hidráulica. Esto implica un factor de riesgo inminente para las personas y sus bienes, pues, lamentablemente, en la época invernal reciente, se han perdido inclusive vidas humanas.

Para minimizar estos impactos se propondrán diferentes alternativas de solución para el drenaje pluvial de esta zona, tanto en cuanto a materiales y tipo de revestimiento, como de sección transversal hidráulica. Estas alternativas serán valoradas técnica, ambiental y económicamente, de manera que finalmente se seleccione aquella que sea más viable.

## **1.2 Antecedentes**

El presente proyecto surgirá de un análisis previo realizado, sobre los diseños del alcantarillado sanitario del sector y diseño del canal aguas abajo, en el cual se aclara que, dadas las condiciones de drenaje de la zona de estudio, se considerará importante la adecuación a mediano plazo del canal y ampliación de la infraestructura existente para garantizar una adecuada captación, conducción y disposición de la escorrentía.

Actualmente en la zona existen canales y estructuras especiales de hormigón armado, las cuales han ayudado en gran medida al drenaje de las aguas lluvias como son el canal 69, 69a, 69d, y 69e.

En este estudio se realizará un análisis a nivel general del funcionamiento del canal en terreno natural aguas arriba.

### **1.3 Justificación**

A través del tiempo se han realizado una gran cantidad de obras de ingeniería hidráulica en todo el mundo donde los canales abiertos han desempeñado un papel importante. A medida que los canales se convirtieron en una estructura de uso práctico; se ha catalogado como uno de los más importantes para la construcción de obras donde el agua cumple un papel primordial.

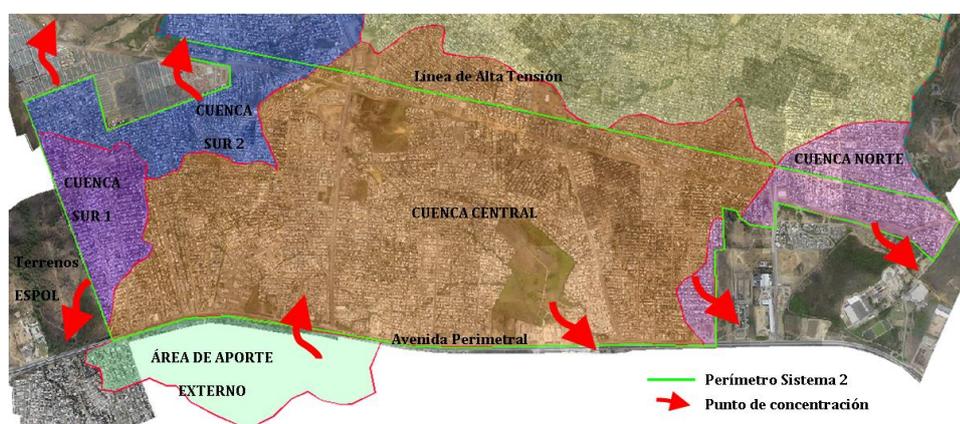
En el sector de Flor de Bastión se encuentra cruzando lo largo de toda su área un canal de aguas lluvias en terreno natural, el cual en la actualidad no presenta un estado hidráulico y ambiental favorable para los habitantes y propiedades del sector.

Recientemente se ha construido canales de hormigón armado aguas abajo en una determinada zona del sector, pero aguas arriba el canal sigue

estando en el mismo estado (terreno natural), ya que no se ha ejecutado un proyecto en la zona donde contemple el diseño y construcción de un sistema pluvial.

La longitud que conforma esta parte del canal de tierra es de unos 1120 m aproximadamente, causando daño en muchas ocasiones a los habitantes del sector debido a desastres naturales que se presentan en estados de tiempo no favorables, como inundaciones, malas condiciones sanitarias y ambientales originando enfermedades en la población.

Es por esta razón que se realizará el proyecto del diseño de un sistema de drenaje pluvial para evacuar las aguas lluvias en el sector planteado de tal manera que contrarreste los serios problemas que se originan a través del tiempo en el área.



**Figura 1.1** Distribución de las cuencas en el sistema 2  
Fuente: Interagua, 2015

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Diseñar un sistema de drenaje pluvial que sea funcional, técnico y económico que permita la evacuación de aguas lluvias de manera que cumpla un alto criterio de pre-factibilidad considerando Costo-Beneficio, Impacto Social y Ambiental en el sector “Flor de Bastión - El Fortín”.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Analizar las alternativas planteadas para el pre-diseño del sistema de drenaje para luego una selección posterior y diseño definitivo.
- Mitigar al máximo los daños que las aguas lluvias puedan causar a los habitantes y propiedades del sector.
- Brindar soluciones que disminuyan las enfermedades infectocontagiosas ocasionadas por la mala circulación de las aguas lluvias a través del canal de terreno natural.
- Mejorar las condiciones sanitarias y ambientales del sector por medio de la construcción de obras hidráulicas adecuadas que reduzcan el riesgo de inundación e impidan la mezcla de aguas lluvias con aguas residuales.

## 1.5 Ubicación del proyecto

El proyecto planteado se ubica en el Área Norte (Sector 2), perteneciente a la Parroquia Pascuales en la ciudad de Guayaquil. Esta área está ubicada al oeste de la avenida 56 NO (Vía Perimetral) a la altura del kilómetro 25, pasando por el Centro Comercial Mall del Fortín y comprende las siguientes Cooperativas: Flor de Bastión, Paraíso de la Flor y El Fortín.

Como se puede observar en la Figura 1, el proyecto está georreferenciado con las coordenadas anotadas en la Tabla 1 y delimitado como se describe a continuación:

**Norte:** Centro Comercial Mall del Fortín

**Sur:** Avenida Casuarina (Entrada de la Línea 8)

**Este:** Avenida 56 NO, Vía Perimetral km 25

**Oeste:** Poliducto

**Tabla 1. 1** Coordenadas en el sistema UTM WGS 84

<b>Punto</b>	<b>Coordenadas</b>	
	<b>Este (X)</b>	<b>Norte (Y)</b>
1	616546.00	9765800.00
2	616509.00	9766789.00
3	616885.00	9766814.00
4	616918.00	9765787.00

Fuente: Autores, 2016



Figura 1.2 Vista satelital de la zona  
Fuente: Google Earth

# CAPÍTULO 2

## 2. ESTUDIOS PRELIMINARES

### 2.1 Estudios preliminares de la zona

La zona está localizada al norte de Guayaquil en el denominado sistema 2, pertenece al suburbio periférico llamado El Fortín, el cual se asentó hace dos décadas sobre una zona montañosa al oeste de la vía perimetral (Km 25).

Según datos del Censo realizado en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en el sector de El Fortín y Flor de Bastión habitan más de 65.000 personas y tiene una extensión de terreno de 1372 ha aproximadamente.

Los pobladores iniciales, procedentes en su mayoría de la emigración rural, invadieron la zona; sin embargo, con el pasar del tiempo se han ido legalizando estas tierras. Sin embargo, aún con grandes problemas de marginación económica, en la actualidad algunas viviendas se construyen de cañas o madera, y están paradas en pilotines para crear un piso plano sobre la iniciación del cerro como se muestra en la figura 1.3.



**Figura 2.1** Casas de caña al pie del canal  
Fuente: Google Earth, 2016

### **2.1.1 Vías de acceso**

Las vías principales de acceso a la zona del proyecto son:

- Avenida Casuarina (entrada de la Línea 8).
- Avenida 56 NO (Vía Perimetral), entrando por el Mall del Fortín.
- Avenida Modesto Luque, entrando por el túnel del Paraíso de la Flor.

### **2.1.2 Sistema de drenaje pluvial**

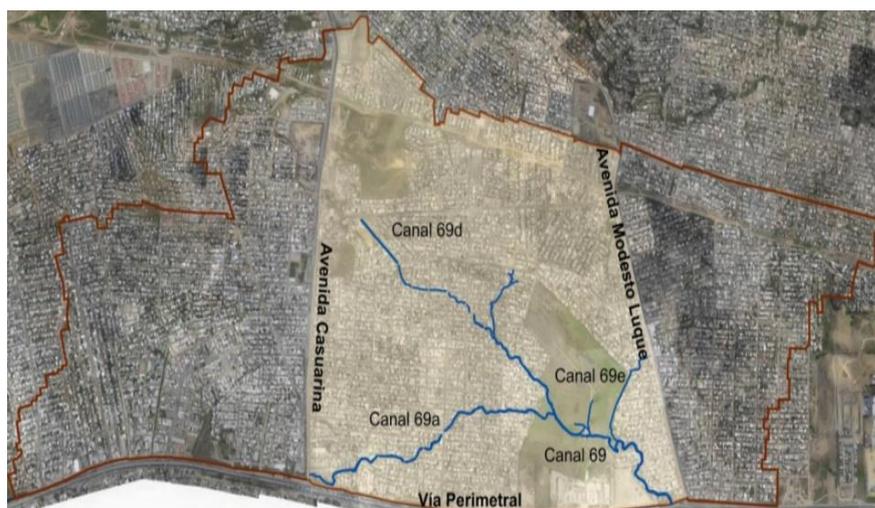
En la actualidad, la mayoría del drenaje pluvial se realiza por las vías y calles de la zona, las cuales descargan sus aguas al drenaje natural

existente. Sin embargo, existen tres colectores y una red de canales abiertos, siendo esta última el objeto del presente proyecto. A continuación, se describen por separado todos estos sistemas de drenaje pluvial: los canales y los colectores existentes.

**a) Canal 69**

De acuerdo con la nomenclatura utilizada por INTERAGUA, en el Cuadrante existe el canal 69 y tres ramales afluentes: canal 69a, canal 69d y canal 69e, a través de los cuales se realiza el drenaje de las aguas lluvias de la Cuenca Central del Sistema 2.

El canal 69 recibe los aportes pluviales provenientes de toda la cuenca central del sistema 2 a través de escorrentía directa y de los canales 69a, 69d 69e, siendo el primero objeto de nuestro estudio. El canal a estudiar tiene una longitud aproximada de 1120 metros, entregando sus aguas al canal 69 en el encuentro de la vía de acceso al Mall del Fortín.



**Figura 2.2** Vista de los canales existentes  
Fuente: Interagua, 2015

El canal 69a capta y conduce las aguas lluvias de la zona sur de la cuenca central hacia el Cuadrante, donde cruza con la Cooperativa el Fortín desde el Bloque 1 al Bloque 12 con una longitud aproximada de 1120 m. El Canal 69d a su vez capta y conduce los aportes pluviales de la zona occidental del Cuadrante (parte alta de la cuenca) hasta el encuentro con en canal 69a. El alcance de este proyecto comprende el canal 69a.

La sección transversal de estos canales es muy variada y en la mayoría de los casos se debe al proceso urbanístico acelerado sin planificación previa, que ha provocado la ocupación parcial de las zonas de servidumbre. En la siguiente lista de imágenes se aprecian algunos ejemplos de invasión del



cauce. En las figuras de la derecha se muestra la localización de los predios con un asterisco rojo.

## b) Colectores existentes

**Figura 2.3** Invasión del cauce del canal y localización del predio en la zona  
Fuente: Autores, 2016

Exist  
en  
otras  
tres  
obra  
s

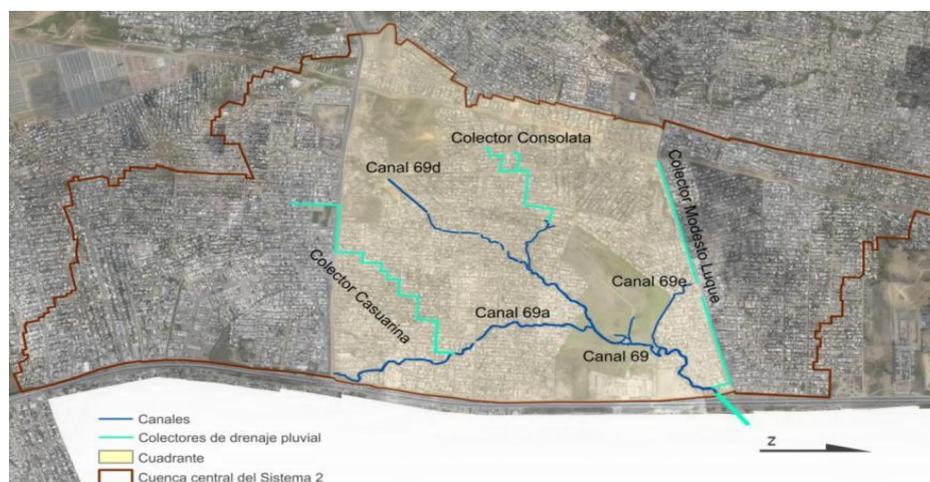


de  
dre

**Figura 2.4** Invasión en el cauce del canal y localización del predio en la zona  
Fuente: Autores, 2016

naje importantes en el área del Cuadrante que son: el colector Casuarina (El Fortín), el colector Bocatoma de Tanqueros (La Consolata) y el colector sobre la Avenida Modesto Luque. Así mismo, se han construido

recientemente otras obras de drenaje pluvial asociadas al Plan Emergente de drenaje pluvial en Flor de Bastión



**Figura 2.3** Ubicación de los colectores en la zona  
Fuente: Interagua, 2015

Además, se tienen en cuenta las obras proyectadas en otros estudios y diseños ya construidas, como son:

- Distribuidor de tráfico perimetral y Av. Casuarina.
- Plan emergente de drenaje vial en flor de Bastión.

### 2.1.3 Sistema de drenaje sanitario

INTERAGUA consideró, dentro del plan de expansión para el periodo 2006-2011, la provisión de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en Flor de Bastión. Así pues, en el área de estudio hay una red que ya está construida la Red Troncal Principal.

Es necesario estudiar los cruces de la red de saneamiento con el canal, pues esta ya está construida y debe ser considerado a la hora de diseñar el mismo.

#### **2.1.4 Sistema de agua potable**

En concreto, en el área en el que vamos a trabajar, existen redes de agua potable construidas, por lo que hay interferencias de estas redes directamente con el canal a diseñar.

De igual manera estas redes intersectan con el canal principal y sus otros canales tributarios.



**Figura 2.4** Sistema de agua potable en el sector  
Fuente: Autores, 2016

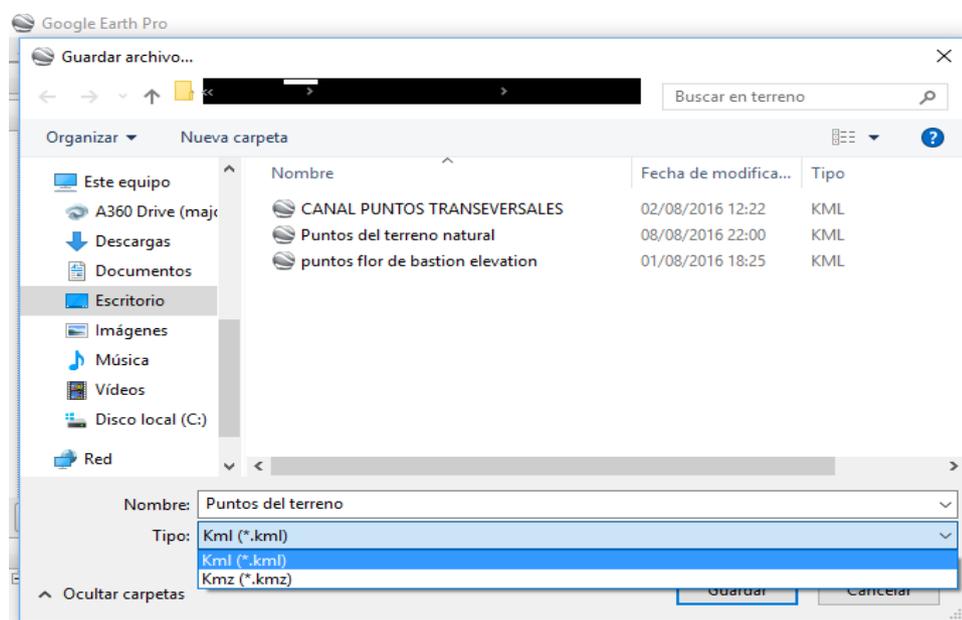
## 2.2 Topografía

La topografía del terreno sobre el que está asentado el Área Norte del Sector 2 es de tipo montañosa y tiene una extensión aproximada de 6.31 km<sup>2</sup> con una cota máxima de 32 msnm y 16 msnm como cota mínima.

Para el pre-dimensionamiento fue realizada por medio de 4 softwares, Google Earth Pro, la página web GPS Visualizer, Mapsource y AutoCAD Civil 3D lo cual consistió en utilizar estos programas en el orden mencionado y tener el cuidado necesario al momento de ubicar los puntos que serán de vital importancia al momento de generar las curvas de nivel.

En general, el proceso se basa en obtener un grupo de puntos tridimensional, es decir, con coordenadas X, Y, Z, para lo cual se utilizó como primer punto el software Google Earth. Se traza una ruta o se ubica puntos de manera que cubra la mayor parte del área de la zona de proyecto.

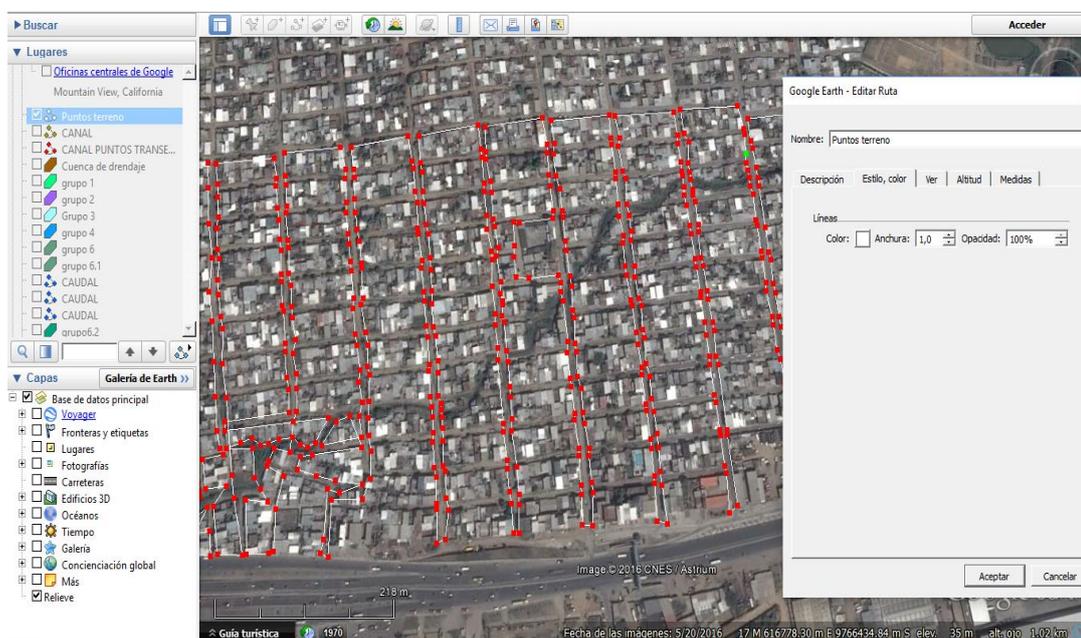
Se guardó el archivo o la ruta trazada en Google Earth Pro en formato **kml** de manera que sea compatible con el programa o software online GPS Visualizer.



**Figura 2.5** Guardar el archivo en formato kml  
Fuente: Autores, 2016

Al guardar la ruta en formato kml lo único que generó el software Google Earth Pro es la latitud (Y) y longitud (X) de los puntos del área, pero, para generar las curvas de nivel se necesitó de las cotas del grupo de puntos para lo cual entra en utilidad el programa online.

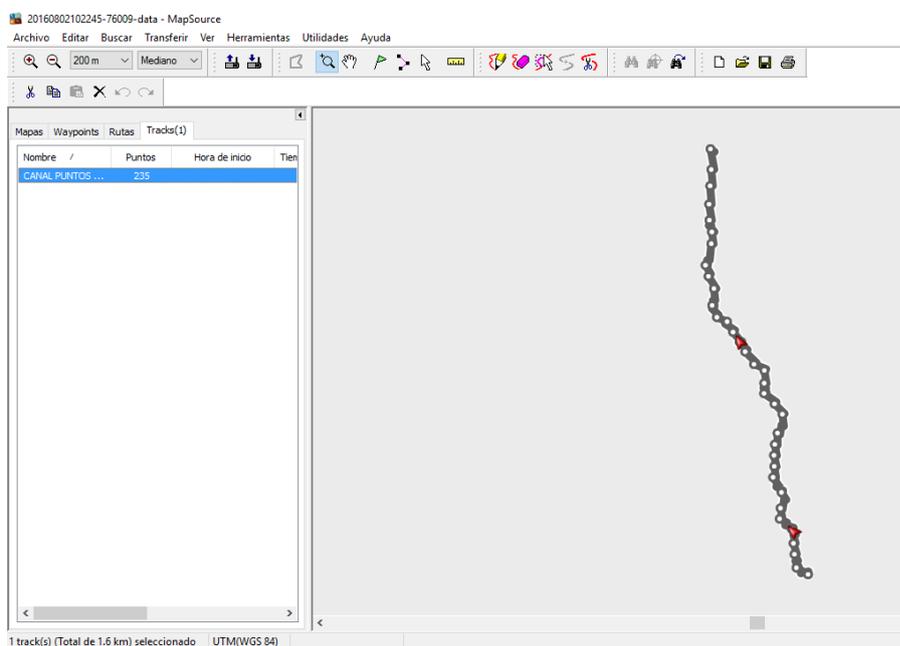
Se abre el archivo generado **kml** en el programa y lo que hará este es añadir la elevación a cada uno de los puntos manuales o de la ruta ubicada en la



zona de trabajo.

El programa generó un archivo formato GPX y se procedió a guardar.

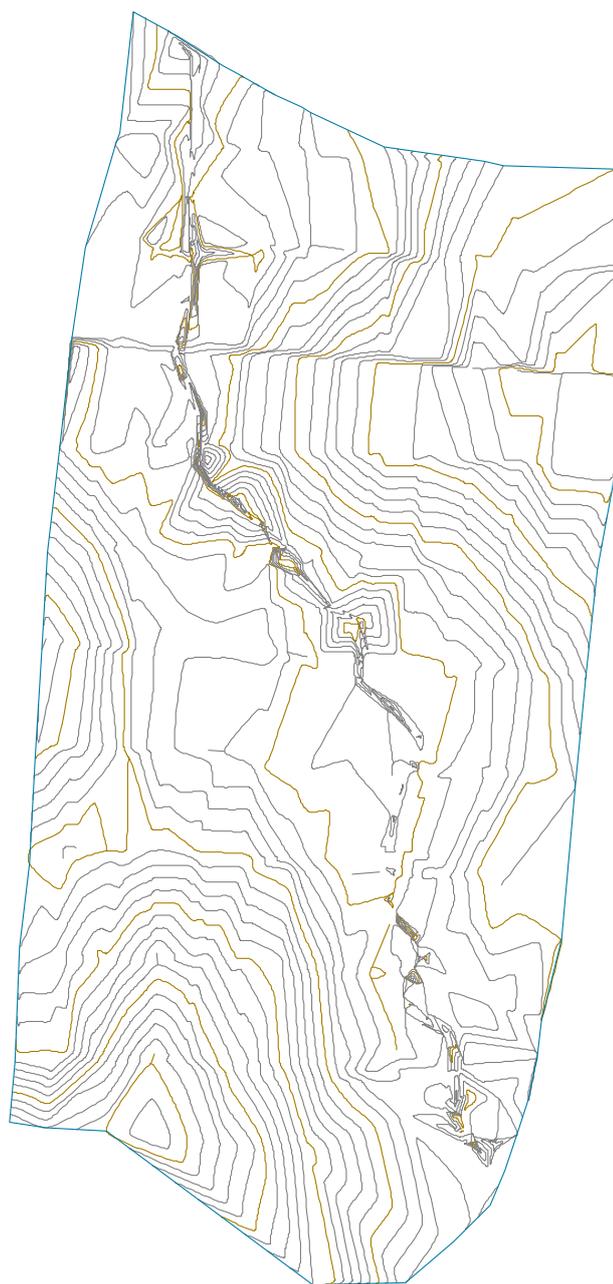
Con el software Mapsource se abre el archivo anterior generado GPX y se verificará la cantidad de puntos ubicados en el área, luego se lo exportó en formato txt. para poderlos modificarlos en Excel.



**Figura 2.7** Asignación de coordenadas a los puntos  
Fuente: Autores, 2016

En Excel se obtuvo el grupo de todos los puntos traídos desde un principio desde Google Earth Pro de manera ordenada con la elevación respectiva en cada punto y en un formato como lo muestra la figura **PENZD** y se lo guardó en **csv**.

Se puso en este formato de manera que AutoCAD Civil 3D lo pueda visualizar y con el manejo de este software se obtuvo las curvas de nivel para poder partir con el diseño del canal AALL.



**Figura 2.8** Curvas de Nivel del proyecto  
Fuente: Autores, 2016



**Figura 2.9** Plano con curvas de nivel  
Fuente: Autores, 2016

## **2.3 Estudio de suelo y geotecnia general**

Los estudios de suelos y geotecnia del canal fueron realizados por la empresa BORLETI S.A, con la finalidad de recuperar las muestras del subsuelo del sitio de cimentación, para evaluar sus características geomecánicas, determinar su capacidad portante y admisible. Al igual que analizar la estabilidad de los taludes del canal, analizar los asentamientos por consolidación y emitir recomendaciones generales para garantizar la estabilidad de las obras proyectadas.

### **2.3.1 Estudio geotécnico**

#### **2.3.1.1 Trabajo de campo**

Personal técnico calificado realizó las visitas técnicas al sitio de estudio y procedió a la ejecución de los trabajos de campo correspondientes para lograr el muestreo del área de proyecto, para lo cual se siguieron las normas AASTHO T-206 y ASTM D1586, aplicables en nuestro medio para este tipo de actividades.

Los sondeos realizados por el laboratorio y analizados en el presente estudio corresponde a dieciocho perforaciones con máquina a percusión y rotación, que alcanzaron una profundidad variable de entre 2.50 a 7.00 metros, donde se detectó una formación rocosa de alta capacidad portante que en ciertos

sectores aledaños al área de estudio aflora a nivel superficial y de donde se obtuvieron los datos geo-mecánicos necesarios para los análisis de estabilidad y cimentación de la alternativas planteadas.

Los sondeos fueron ejecutados en sitios estratégicos del área de implantación del proyecto conforme al plano de ubicación adjunto, que nos permitieron trazar perfiles estratigráficos representativos del área de cimentación del proyecto, cuyas coordenadas UTM WGS84 se describen a continuación.

**Tabla 2.1** Datos y coordenadas de las perforaciones realizadas

PERFORACIÓN #	COTA	PROFUNDIDAD	RELLENO	N.F.	COORDENADAS - ZONA 17 M	
		m.	m.	m.	N	E
S-69-D2	+16.324	3.00	-----	+16.694	9766850	0616578
S-69-D1	+16.749	3.00	1.50	+16.549	9766798	0616489
S-69-A1	+15.774	3.50	1.40	+15.674	9766776	0616607
S-69-A2	+15.500	2.50	1.30	+15.300	9766847	0616638
S-69-1	+14.978	2.50	1.50	+14.878	9766872	0616621
S-69-2	+14.499	3.00	1.20	+14.399	9766964	0616664
S-69-8	+16.715	3.50	1.60	+16.615	9767018	0616671
S-69-3	+14.250	3.00	1.20	+14.350	9767060	0616701
S-69-4	+13.699	3.50	1.20	+13.599	9767123	0616714
S-69-5	+13.603	2.50	0.50	+13.403	9767260	0616750
S-69-7	+11.929	3.50	1.40	+11.729	9767324	0616914
S-69-6	+12.246	3.50	0.30	+11.946	9767265	0616841
S-69-E1	+16.794	2.50	0.60	+16.894	9767254	0616448
S-69-E2	+15.878	2.50	1.20	+15.778	9767197	0616524
S-69-E3	+15.091	2.50	0.40	+14.991	9767151	0616619
BANQUETA 1	+14.250	5.00	-----	-----	9767388	0616945
BANQUETA 2	+14.750	7.00	-----	+11.550	9767288	0616875
BANQUETA 3	+14.555	4.00	-----	-----	9767220	0616733

Fuente: Borleti S.A., 2015

**Figura 2.10** Toma de muestras en campo (perforación S-69-D2)  
Fuente: Interagua, 2015



**Figura 2.11** Toma de muestras en campo (perforación S-69-D1)  
Fuente: Interagua, 2016



**Figura 2.12** Toma de muestras en campo (perforación S-69-A1)  
Fuente: Interagua, 2016

### **2.3.1.2 Ensayos de laboratorio**

Las muestras tomadas fueron sometidas a ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, tales como: Límites de Atterberg, contenido de humedad, granulometría por Tamiz # 4 y 200, y pesos unitarios; en campo se efectuaron a diferente profundidad toma de muestras alteradas mediante ensayos de penetración standard SPT, con el objeto de conocer las características geomecánicas de los estratos inferiores existentes.

- Límite líquido ASTM D 4318
- Límite plástico ASTM D 4318
- Humedad natural ASTM D 2216
- Granulometría ASTM C 136
- Peso unitario ASTM C 138
- Penetración standard SPT ASTM D 1586

### **2.3.1.3 Evaluación y características geotécnicas de los suelos de fundación**

Los resultados obtenidos en el presente estudio nos muestran a diferentes profundidades la presencia de suelos sedimentarios y residuales (arcillas y mezclas de arenas con arcillas y limos), que se encuentra cimentado sobre una formación rocosa cuyo número de golpes es mayor a 50 para una penetración de 12” en el ensayo de campo SPT, que revela su alta capacidad portante, que se presentan como se describe a continuación.

**Estrato 1.-** mezcla de arena con grava, arcilla y limo, color café algo amarillo, gris y gris algo verde, finos arcillosos y arcillo limosos plásticos y medianamente plásticos, consistencia y compacidad relativa suelta muy variable de blanda y medianamente compacta en las arcillas y de suelta a densa en las arenas, que pone en evidencia un comportamiento geomecánico muy errático; clasificación SUCS CH, CL, SC y SM,

**Estrato 2.-** formación rocosa blanda de matriz arcillosa con alto porcentaje de arena, color café algo amarilla y café algo verde, finos arcillo limosos plásticos y medianamente plásticos, cuyo número de golpes para una penetración de 12” en el ensayo de SPT es mayor a 50, lo que refleja su alta capacidad portante; clasificación SUCS SC, GC y GM.

Fin de los sondeos: se mantiene el estrato rocoso blando de alta capacidad portante.

#### **2.3.1.4 Parámetros geomecánicos obtenidos de los sondeos**

##### **Capacidad portante para cimentaciones superficiales**

A partir de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos ejecutados a las muestras recuperadas, en especial a las pruebas de SPT, se pudo determinar que la capacidad portante de los suelos naturales de fundación es mayor a 13.0 Ton/m<sup>2</sup> en estrato arcilloso, el estrato arenoso por su condición suelta puede estar propensa a reacomodos de partículas y pérdidas de volúmenes incuantificables ante eventos sísmicos o imposición de cargas, por lo que deberá ser sometido al proceso constructivo descrito más adelante para garantizar una capacidad portante igual o mayor a 26.0 Ton/m<sup>2</sup> utilizado en los análisis, y >180.0 Ton/m<sup>2</sup> en la formación rocosa blanda.

**Tabla 2. 2** Capacidad portante estrato arcilloso

SUELO Tipo	PROF. m	$\gamma$ t/m <sup>3</sup>	$\phi$ °	$\Delta L$ m	$\Sigma\sigma_{vo}$ Z	Z m	$q_u$ t/m <sup>2</sup>	Su ó Sd t/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma_{vo}$ t/m <sup>2</sup>	$\sigma_v$ Estrato t/m <sup>2</sup>	$\sigma_{vo}$ t/m <sup>2</sup>	$\bar{\sigma}_v = \sigma_v - u$ t/m <sup>2</sup>	$\sigma_{ver}$ t/m <sup>2</sup>	$q_c$ t/m <sup>2</sup>	$q_b$ t/m <sup>2</sup>	$N_f$	$N_q$	U t/m <sup>2</sup>	U <sub>t</sub> t/m <sup>2</sup>	m	n	l
F	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.27	0.00	0.00	0.00	2.27	0.00	0.0	0	0	0	0.00	0.00	0.000	
F	0.10	1.525	0	0.10	0.08	0.05	4.10	2.05	2.27	0.15	0.15	0.15	2.42	12.92	6.5		1	0	0.00	73.50	73.50	0.250
F	0.50	1.525	0	0.40	0.26	0.30	4.10	2.05	2.27	0.61	0.76	0.36	2.63	12.92	6.5		1	0.40	0.40	12.25	12.25	0.250
F	1.00	1.525	0	0.50	0.49	0.75	4.10	2.05	2.27	0.76	1.53	0.63	2.89	12.92	6.5		1	0.50	0.90	4.90	4.90	0.250
F	1.50	1.525	0	0.50	0.76	1.25	4.10	2.05	2.27	0.76	2.29	0.89	3.16	12.92	6.5		1	0.50	1.40	2.94	2.94	0.250
F	2.00	1.756	0	0.50	1.08	1.75	16.25	8.13	2.27	0.88	3.17	1.27	3.53	51.19	25.6		1	0.50	1.90	2.10	2.10	0.250
F	2.50	1.756	0	0.50	1.45	2.25	16.25	8.13	1.93	0.88	4.04	1.64	3.57	51.19	25.6		1	0.50	2.40	1.63	1.63	0.212
G	3.00	2.054	34	0.50	1.91	2.75	0.00	1.46	1.87	1.03	5.07	2.17	4.04	162.29	40.6	29	29	0.50	2.90	1.34	1.34	0.206

Fuente: Borleti S.A.

**Tabla 2.3** Capacidad portante estrato granular

		NIVEL FREÁTICO: 0.10 m.																				
SUELO Tipo	PROF. m	$\gamma$ t/m <sup>3</sup>	$\phi$ °	$\Delta L$ m	$\Sigma\sigma_{vo}$ Z	Z m	$q_u$ t/m <sup>2</sup>	Su ó Sd t/m <sup>2</sup>	$\Delta\sigma_{vo}$ t/m <sup>2</sup>	$\sigma_v$ Estrato t/m <sup>2</sup>	$\sigma_{vo}$ t/m <sup>2</sup>	$\bar{\sigma}_v = \sigma_v - u$ t/m <sup>2</sup>	$\sigma_{ver}$ t/m <sup>2</sup>	$q_c$ t/m <sup>2</sup>	$q_b$ t/m <sup>2</sup>	$N_f$	$N_q$	U t/m <sup>2</sup>	U <sub>t</sub> t/m <sup>2</sup>	m	n	l
G	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.78	0.00	0.00	0.00	1.78	0.00	0.0	0	0	0	0.00	0.00	0.000	
G	0.10	1.844	24	0.10	0.09	0.05	0.00	0.08	1.78	0.18	0.18	0.18	1.97	33.44	8.4	6	10	0	0.00	73.50	73.50	0.250
G	0.50	1.844	24	0.40	0.35	0.30	0.00	0.23	1.78	0.74	0.92	0.52	2.30	20.73	5.2	6	10	0.40	0.40	12.25	12.25	0.250
G	1.00	1.844	24	0.50	0.73	0.75	0.00	0.42	1.78	0.92	1.84	0.94	2.72	25.97	6.5	6	10	0.50	0.90	4.90	4.90	0.250
G	1.20	1.844	24	0.20	1.03	1.10	0.00	0.50	1.78	0.37	2.21	1.11	2.89	28.07	7.0	6	10	0.20	1.10	3.34	3.34	0.250
G	1.50	1.863	28	0.30	1.24	1.35	0.00	0.73	1.78	0.66	2.77	1.37	3.15	52.55	13.1	11	15	0.30	1.40	2.72	2.72	0.250
G	2.00	1.863	28	0.50	1.59	1.75	0.00	0.96	1.78	0.93	3.70	1.80	3.58	60.35	15.1	11	15	0.50	1.90	2.10	2.10	0.250
G	2.60	1.863	28	0.60	2.06	2.30	0.00	1.23	1.53	1.12	4.82	2.32	3.85	69.70	17.4	11	15	0.60	2.50	1.60	1.60	0.215
G	3.00	2.037	34	0.40	2.53	2.80	0.00	1.85	1.46	0.81	5.64	2.74	4.19	179.89	46.0	29	29	0.40	2.90	1.31	1.31	0.206

Fuente: Borleti S.A.

## Capacidad admisible para cimentaciones superficiales

La capacidad admisible aplicando los criterios de Karl Terzaghi, Meyerhot y Holguín, resulta de 6.50 Ton/m<sup>2</sup> para el estrato arcilloso con un factor de seguridad de 2, de 6.50 Ton/m<sup>2</sup> en el estrato de arena y >45.0 Ton/m<sup>2</sup> en la formación rocosa, en ambos casos con un factor de seguridad >4, cuyo factor de seguridad fue asumido en función del comportamiento errático del suelo arenoso y la formación rocosa blanda.

**Tabla 2.4** Capacidad admisible estrato arcilloso

NIVEL FREÁTICO: 0,10 m.

SUELO	PROF.	$\gamma$	$\phi$	$\Delta L$	$\Sigma \sigma_{v0}$	Z	$q_u$	$S_u \text{ ó } S_d$	$\Delta \sigma_{v0}$	$\sigma_v$ Estado	$\sigma_{v0}$	$\bar{\sigma}_v = \sigma_v - U$	$\sigma_{v0f}$	$q_0$	$q_a$	$N_y$	$N_q$	U	$U_t$	m	n	I
Tipo	m	ton/m <sup>3</sup>	°	m	ton/m <sup>2</sup>	m	ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>			ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>			ton/m <sup>2</sup>
F	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.27	0.00	0.00	0.00	2.27	0.00	0.0	0	0	0	0.00	0.00	0.000	
F	0.10	1.525	0	0.10	0.08	0.05	4.10	2.05	2.27	0.15	0.15	0.15	2.42	12.92	6.5		1	0	0.00	73.50	73.50	0.250
F	0.50	1.525	0	0.40	0.26	0.30	4.10	2.05	2.27	0.61	0.76	0.36	2.63	12.92	6.5		1	0.40	0.40	12.25	12.25	0.250
F	1.00	1.525	0	0.50	0.49	0.75	4.10	2.05	2.27	0.76	1.53	0.63	2.89	12.92	6.5		1	0.50	0.90	4.90	4.90	0.250
F	1.50	1.525	0	0.50	0.76	1.25	4.10	2.05	2.27	0.76	2.29	0.89	3.16	12.92	6.5		1	0.50	1.40	2.94	2.94	0.250
F	2.00	1.756	0	0.50	1.08	1.75	16.25	8.13	2.27	0.88	3.17	1.27	3.53	51.19	25.6		1	0.50	1.90	2.10	2.10	0.250
F	2.50	1.756	0	0.50	1.45	2.25	16.25	8.13	1.93	0.88	4.04	1.64	3.57	51.19	25.6		1	0.50	2.40	1.63	1.63	0.212
G	3.00	2.054	34	0.50	1.91	2.75	0.00	1.46	1.87	1.03	5.07	2.17	4.04	162.29	40.6	29	29	0.50	2.90	1.34	1.34	0.206

Fuente: Borleti S.A.

**Tabla 2. 5** Capacidad admisible estrato granular

SUELO		NIVEL FREATICO: 0.10 m.																I				
Tipo	PROF. m	$\gamma$ t/m <sup>3</sup>	$\phi$ °	$\Delta L$ m	$\Sigma \sigma_{vo}$ z	Z m	$q_u$ t/m <sup>2</sup>	$S_u \text{ ó } S_d$ t/m <sup>2</sup>	$\Delta \sigma_{vo}$ t/m <sup>2</sup>	$\sigma_{v \text{ Estrato}}$ t/m <sup>2</sup>	$\sigma_{vs}$ t/m <sup>2</sup>	$\bar{\sigma}_v = \sigma_{v-1}$ t/m <sup>2</sup>	$\sigma_{vef}$ t/m <sup>2</sup>	$q_d$ t/m <sup>2</sup>	$q_a$ t/m <sup>2</sup>	$N_f$	$N_q$	U t/m <sup>2</sup>	$U_t$ t/m <sup>2</sup>	m	n	I
G	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.78	0.00	0.00	0.00	1.78	0.00	0.0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.000
G	0.10	1.844	24	0.10	0.09	0.05	0.00	0.08	1.78	0.18	0.18	0.18	1.97	33.44	8.4	6	10	0	0.00	73.50	73.50	0.250
G	0.50	1.844	24	0.40	0.35	0.30	0.00	0.23	1.78	0.74	0.92	0.92	2.30	20.73	5.2	6	10	0.40	0.40	12.25	12.25	0.250
G	1.00	1.844	24	0.50	0.73	0.75	0.00	0.42	1.78	0.92	1.84	0.94	2.72	25.97	6.5	6	10	0.50	0.90	4.90	4.90	0.250
G	1.20	1.844	24	0.20	1.03	1.10	0.00	0.50	1.78	0.37	2.21	1.11	2.89	28.07	7.0	6	10	0.20	1.10	3.34	3.34	0.250
G	1.50	1.863	28	0.30	1.24	1.35	0.00	0.73	1.78	0.56	2.77	1.37	3.15	52.55	13.1	11	15	0.30	1.40	2.72	2.72	0.250
G	2.00	1.863	28	0.50	1.59	1.75	0.00	0.96	1.78	0.93	3.70	1.80	3.58	60.35	15.1	11	15	0.50	1.90	2.10	2.10	0.250
G	2.60	1.863	28	0.60	2.06	2.30	0.00	1.23	1.63	1.12	4.82	2.32	3.85	69.70	17.4	11	15	0.60	2.50	1.60	1.60	0.215
G	3.00	2.037	34	0.40	2.53	2.80	0.00	1.85	1.46	0.81	5.64	2.74	4.19	179.89	45.0	29	29	0.40	2.90	1.31	1.31	0.205

Fuente: Borleti S.A.

### 2.3.1.5 Conclusiones del estudio de suelo

- El estudio de suelo revela la presencia de suelos sedimentarios y residuales que se encuentran cimentados sobre una formación rocosa de alta capacidad portante detectada a poca profundidad.
- Los suelos superficiales son arcillosos y una mezcla de arenas con arcillas y gravas de consistencia variable de blanda a medianamente y compacidad relativa variable de suelta a medianamente densa.
- Las alternativas planteadas, son re-conformación del talud actual para garantizar su estabilidad y recubrirlo con losetas de hormigón para evitar erosión y la segunda alternativa es la construcción de un ducto cajón.

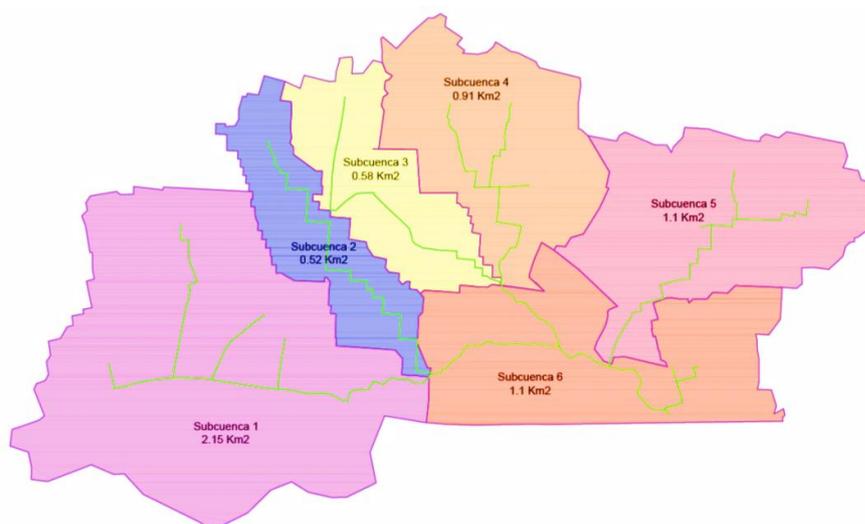
- De acuerdo al tipo de suelo detectado en las paredes del canal, arcillas de consistencia blanda a medianamente compacta, se podrán construir taludes con pendiente 1:1 (H:V) o 1.5:1 (H:V) para garantizar su estabilidad con un factor de seguridad mayor a 1.3 o 1.5.
- En el caso de optarse por esta alternativa, la loseta del fondo del canal será cimentado sobre una capa de 0.60 m de espesor de material granular.
- En el caso de ducto cajón el relleno bajo la losa de cimentación tendrá un espesor de 1.0 m.
- El relleno recomendado bajo las estructuras será compactado en capas de 0.20 o 0.30 m de espesor como máximo, espesor que dependerá del equipo vibratorio que se utilice, mediante la cantidad de agua suficiente y un equipo vibratorio cuyo peso y energía de compactación permita alcanzar como mínimo un 95% del método AASHTO T-180.

- El porcentaje de compactación descrito será verificado mediante la toma de densidades de campo con densímetro nuclear.

## CAPÍTULO 3

### 3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA CUENCA

En este capítulo se realiza el análisis hidrológico para las condiciones actuales de la zona de la cuenca, donde se estiman los caudales pico correspondientes a la salida de la misma, que son insumo base para el diagnóstico y planteamiento de alternativas.



**Figura 3.1** Cuenca Analizada  
Fuente: Autores, 2016

### 3.1 Precipitación y definición de hietogramas de diseño

Para el estudio se han tomado los datos de los pluviógrafos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Los registros de precipitación manejados corresponden a las estaciones

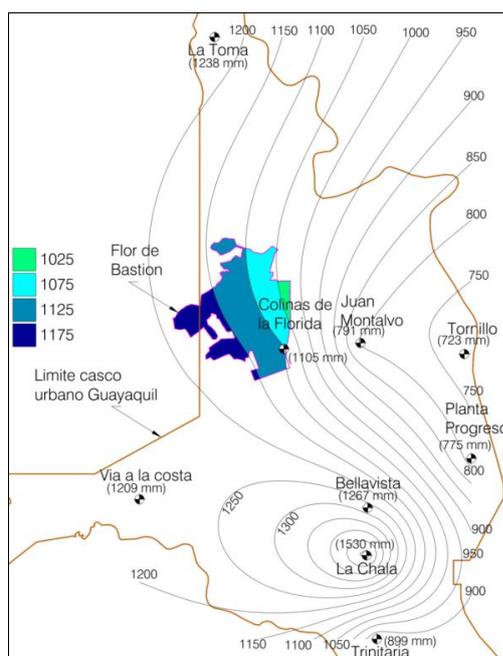
- Aeropuerto de Guayaquil
- Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)
- Universidad Estatal
- Samborondón
- Puerto Hondo
- Indulac (km 16 Vía a Daule)

Se analizaron, también, los registros de precipitación de las estaciones pluviográficas operadas por INTERAGUA:

- Bellavista Alta
- Cisterna
- La Chala
- Bastión Popular Bloque 3
- Vía a la Costa
- Juan Montalvo
- La Florida

- La Toma
- Progreso
- Tornillo
- Isla Trinitaria

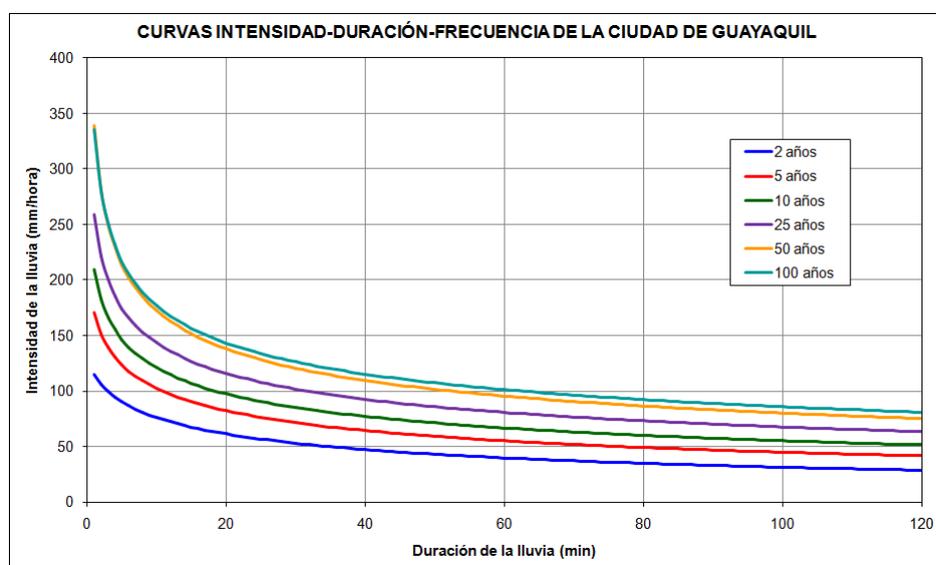
De los datos tomados por INTERAGUA se construyeron isólinas de precipitación (Isoyetas), ver Figura 3.2, para identificar variaciones asociadas a la localización geográfica del área proyecto (distribución espacial de la lluvia) con respecto de la zona donde se localiza la estación pluviométrica AEROPUERTO, cuyos registros se utilizaron para construir las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF).



**Figura 3.2** Gráfico de isólinas para Guayaquil  
Fuente: INTERAGUA, 2016

### Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de la Ciudad de Guayaquil (PMAA, 2011).

Al no presentar diferencias significativas, se optó por utilizar las curvas IDF ajustadas en el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado para la ciudad de Guayaquil, realizado para INTERAGUA con la asistencia técnica de JVP Consultores S.A.(2011), las cuales se representan en la Figura 13.



**Figura 3.3** Curvas IDF de la ciudad de Guayaquil  
Fuente: Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado (PMAA, 2011)

Las funciones de ajuste representativas de las curvas IDF para Guayaquil se presentan en la TABLA 3.1.

**Tabla 3.1** Función de ajuste para las curvas IDF de la ciudad de Guayaquil

Periodo de Retorno Tr (Años)	Ecuación curvas I-D-F		
	$I(t_d) = \frac{c}{t_d^e + f}$		
	<b>C</b>	<b>f</b>	<b>E</b>
<b>2</b>	742,53	5,47	0,63
<b>5</b>	570,75	2,35	0,5077
<b>10</b>	521,00	1,49	0,45
<b>25</b>	486,47	0,88	0,40
<b>50</b>	471,72	0,39	0,37
<b>100</b>	463,15	0,38	0,35

Fuente: Plan maestro de acueducto y alcantarillado (PMAA, 2011)

A partir de las intensidades obtenidas con estas curvas IDF, se determinaron los caudales para los eventos con periodo de retorno de 2, 5, 10 y 25 años. Se consideró una tormenta de diseño de 3 horas de duración (180 minutos) con la que, después de un análisis de acumulación de los incrementos de lluvia, arreglado mediante el método del bloque alterno, se obtuvieron los hietogramas de diseño de precipitación total.

En la FIGURA 3.4, FIGURA 3.5, FIGURA 3.6 y FIGURA 3.7 se muestran los hietogramas correspondientes a las tormentas con periodo de retorno de 2, 5, 10 y 25 años, las cuales serán las consideradas para la modelación hidrológica e hidráulica de los canales.

Estudiando el comportamiento para diferentes periodos de recurrencia se puede obtener un análisis consistente, ya que conocer los caudales para cada tiempo de retorno (Tr) permite conocer la magnitud de los eventos y compararlos con las informaciones aportadas por los ciudadanos en los recorridos de campo.

En la TABLA 3.2 se muestran los valores de precipitación obtenidos para cada uno de estos eventos recurrentes.

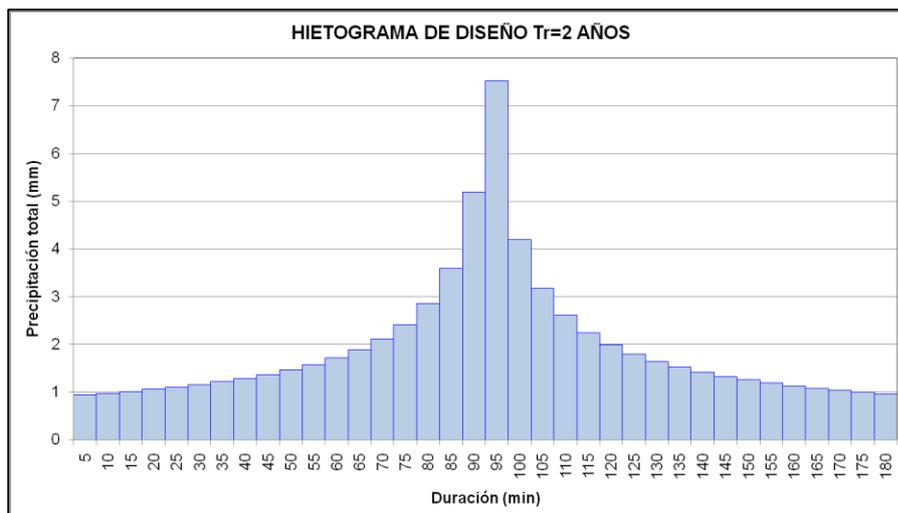
**Tabla 3.2** Valores de precipitación para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años

Duración (min)	Tr (años) - Valores en mm					
	2	5	10	25	50	100
0-5	0,94	1,66	2,24	2,94	3,56	3,98
5-10	0,97	1,71	2,29	3,01	3,63	4,06
10-15	1,01	1,76	2,36	3,08	3,71	4,14
15-20	1,06	1,82	2,42	3,16	3,80	4,23
20-25	1,10	1,88	2,50	3,24	3,90	4,34
25-30	1,16	1,95	2,58	3,34	4,01	4,45
30-35	1,22	2,03	2,67	3,44	4,13	4,57
35-40	1,29	2,12	2,77	3,56	4,26	4,71
40-45	1,37	2,22	2,89	3,69	4,41	4,87
45-50	1,46	2,34	3,02	3,85	4,59	5,05
50-55	1,58	2,48	3,18	4,03	4,79	5,26
55-60	1,71	2,64	3,37	4,24	5,03	5,51
60-65	1,89	2,85	3,60	4,50	5,33	5,82
65-70	2,11	3,11	3,90	4,83	5,70	6,20
70-75	2,41	3,47	4,29	5,27	6,20	6,71
75-80	2,86	3,98	4,86	5,90	6,92	7,43
80-85	3,59	4,83	5,79	6,94	8,11	8,63

<b>85-90</b>	5,19	6,77	7,94	9,34	10,92	11,41
<b>90-95</b>	7,52	10,31	12,22	14,56	17,84	18,07
<b>95-100</b>	4,20	5,55	6,58	7,82	9,12	9,64
<b>100-105</b>	3,17	4,35	5,25	6,34	7,42	7,94
<b>105-110</b>	2,61	3,70	4,54	5,55	6,52	7,03
<b>110-115</b>	2,25	3,28	4,08	5,04	5,93	6,43
<b>115-120</b>	1,99	2,97	3,74	4,66	5,50	6,00
<b>120-125</b>	1,80	2,74	3,48	4,37	5,17	5,66
<b>125-130</b>	1,64	2,56	3,27	4,13	4,91	5,38
<b>130-135</b>	1,52	2,40	3,10	3,93	4,68	5,15
<b>135-140</b>	1,41	2,28	2,95	3,77	4,50	4,96
<b>140-145</b>	1,33	2,17	2,83	3,63	4,33	4,79
<b>145-150</b>	1,25	2,07	2,72	3,50	4,19	4,64
<b>150-155</b>	1,19	1,99	2,62	3,39	4,06	4,51
<b>155-160</b>	1,13	1,91	2,54	3,29	3,95	4,39
<b>160-165</b>	1,08	1,85	2,46	3,20	3,85	4,28
<b>165-170</b>	1,03	1,79	2,39	3,12	3,76	4,19
<b>170-175</b>	0,99	1,73	2,32	3,04	3,67	4,10
<b>175-180</b>	0,96	1,68	2,27	2,97	3,59	4,02

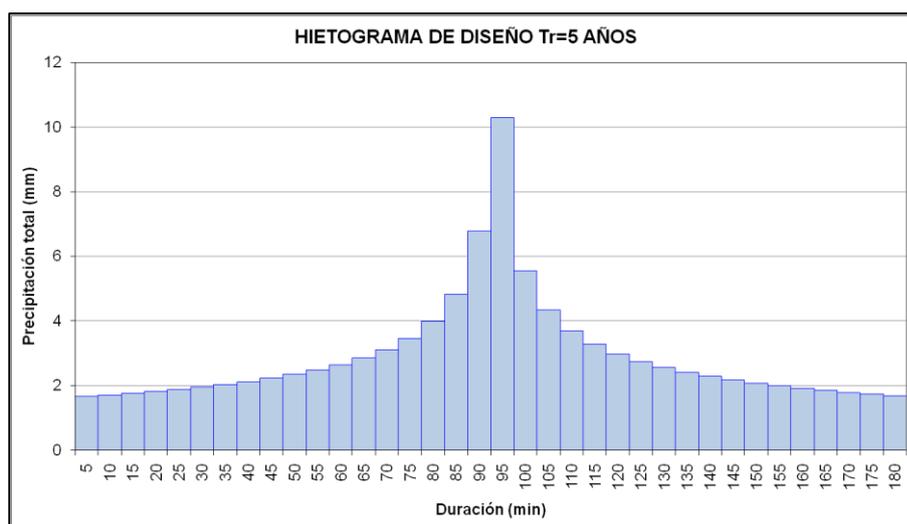
Fuente: Interagua, 2015

En el hietograma de diseño para el evento de tormenta con recurrencia de 2 años, se obtuvo una precipitación total máxima de 7,52 mm.



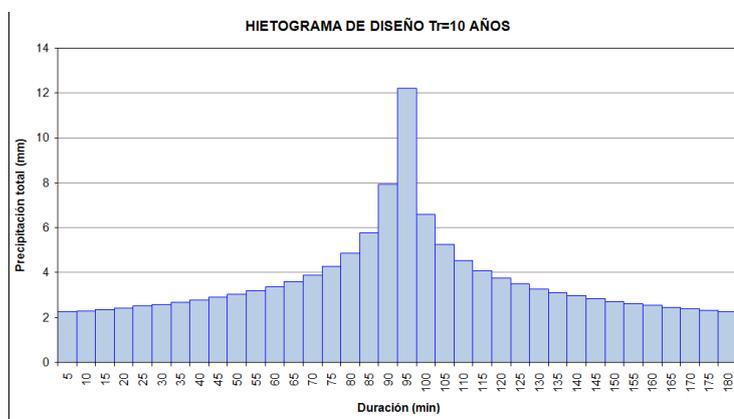
**Figura 3.4** Hietograma de diseño  $Tr = 2$  años  
Fuente: Interagua, 2016

En el hietograma de diseño para el evento de tormenta con recurrencia de 5 años, se obtuvo una precipitación total máxima de 10,31 mm.



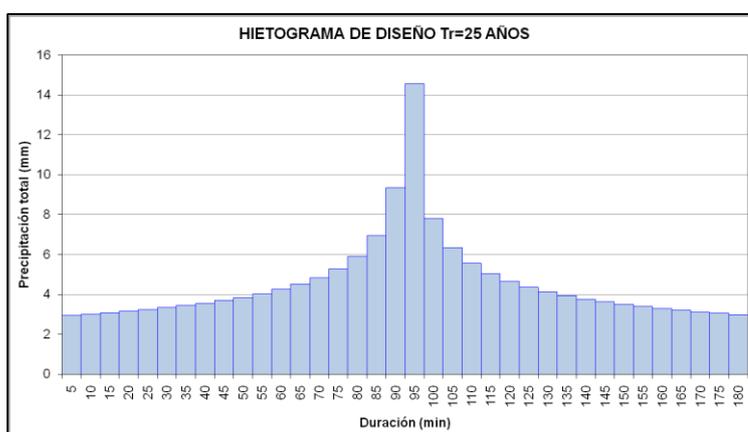
**Figura 3.5** Hietograma de diseño  $Tr = 5$  años  
Fuente: Interagua, 2016

En el hietograma de diseño para el evento de tormenta con recurrencia de 10 años, se obtuvo una precipitación total máxima de 12,22 mm.



**Figura 3.6** Hietograma de diseño Tr = 10 años  
Fuente: Interagua, 2016

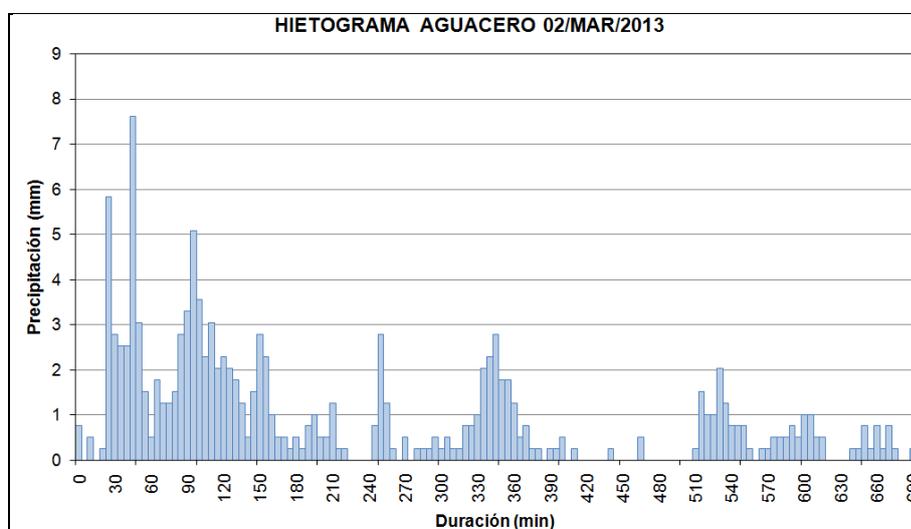
En el hietograma de diseño para el evento de tormenta con recurrencia de 25 años, se obtuvo una precipitación total máxima de 14,56 mm.



**Figura 3.7** Hietograma de diseño Tr = 25 años  
Fuente: Interagua, 2016

Estos hietogramas servirán de insumo al modelo hidrológico, pudiendo así obtener los hidrogramas de salida, para cada periodo de retorno, los cuales son necesarios para realizar la modelación hidráulica de los canales.

Adicionalmente se analizó el aguacero caído el 2 de marzo de 2013, el cual tuvo importantes consecuencias en términos de inundaciones y afectaciones a viviendas aledañas en el sector estudiado.



**Figura 3.8** Hietograma del aguacero 02/mar/2013  
Fuente: Plan maestro de acueducto y alcantarillado (PMAA, 2011)

El hietograma de tormenta de este evento, tuvo una precipitación máxima de 7,62 mm, es decir fue una lluvia con un periodo de recurrencia equivalente de 2 años.

## **3.2 Parámetros morfométricos de la cuenca**

En todo análisis hidrológico, parámetros tales como el área o el ancho de la cuenca van a condicionar la forma en que el caudal llegue al final de la cuenca, esto es, la manera en que se da el tránsito de la creciente.

La forma de la cuenca hidrográfica se define a partir de su configuración en planta y permite evaluar cómo es la escorrentía por el cauce principal, desde la parte alta de la cuenca hasta la desembocadura. En ella se pueden considerar muchos atributos específicos y resulta difícil su evaluación a partir de un solo parámetro.

Es frecuente evaluar la forma de la cuenca a partir de la elongación (E), la relación de circularidad (C) y el índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (Kc). A continuación, se exponen estas variables para la cuenca estudiada.

### **3.2.1 Elongación**

La elongación (E) es una medida adimensional, expresa la relación entre el diámetro de un círculo de área igual al área de la cuenca y la longitud de la cuenca, que se define como la línea recta entre el nacimiento y la desembocadura cuya dirección es paralela al cauce principal, es decir:

$$E = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{L}$$

Donde:

A: área de la cuenca, km<sup>2</sup>

L: longitud de la cuenca, km

La longitud medida de la cuenca como una línea recta desde el nacimiento hasta la desembocadura es de 3,37 km, y el área es de 6,31 km<sup>2</sup>, por lo tanto:

$$E = 1,128 \frac{\sqrt{6,31}}{3,37} = 0,84$$

La elongación toma un valor máximo de 1 si la cuenca es circular, y disminuye en la medida en que la cuenca es más alargada. Así pues, esta cuenca se clasificaría como poco elongada, lo que implica que el tránsito en ella se realizará más paulatinamente.

### 3.2.2 Relación de circularidad

La relación de circularidad (C) es el cociente entre el área de la cuenca y un círculo cuyo perímetro (P) es igual al de la cuenca, es decir:

$$C = \frac{4\pi A}{P^2}$$

Donde:

A: área de la cuenca, km<sup>2</sup>

P: perímetro de la cuenca, km

En este caso el perímetro de la cuenca es de 91,70 km, entonces:

$$C = \frac{4\pi \times 6,31}{91,70^2} = 0,86$$

Por lo tanto, para el caso de estudio, se tiene que la relación de circularidad es de 0,86. Su valor máximo es de 1 para una cuenca circular y disminuye en la medida que la cuenca se hace más alargada.

Por lo tanto, la cuenca se considera casi circular.

### 3.2.3 Índice de Gravelius o índice de compacidad

Es la relación entre el perímetro de la cuenca (P) y el perímetro de un círculo de igual área (A) que la de la cuenca, y se expresa como:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

A: área de la cuenca, km<sup>2</sup>

P: perímetro de la cuenca, km

Entonces:

$$K_c = 0,28 \frac{16,61}{\sqrt{6,31}} = 2,51$$

Por lo tanto, para el caso de estudio, se tiene que el índice de Gravelius es de 2,51. Cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular posee el coeficiente mínimo, igual a 1.

Hay mayor tendencia a las crecientes en la medida que este número sea próximo a la unidad.

### 3.2.4 Factor de forma

Es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca, y se expresa como:

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

A: área de la cuenca, km<sup>2</sup>

L: longitud axial de la cuenca (paralela al cauce principal), km

Entonces:

$$K_f = \frac{6,31}{3,37^2} = 0,56$$

Por lo tanto, para el caso de estudio, se tiene que el factor de forma es de 0,56. Una cuenca con factor de forma bajo está menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño, pero con mayor factor de forma. En este caso la

cuenca se considera más bien circular con susceptibilidad media a las crecientes.

### 3.2.5 Índice de alargamiento

Es un parámetro que muestra el comportamiento de forma de la cuenca, respecto a su tendencia de ser alargada en relación con su longitud axial, y con el ancho máximo de la cuenca. Igualmente, este índice permite predecir la dinámica del movimiento del agua en los drenajes y su potencia erosiva o de arrastre. EL índice de alargamiento se define como:

$$l_a = \frac{L_m}{l}$$

Donde:

$l_a$ : índice de alargamiento

$L_m$ : longitud axial máxima, km

$l$  : ancho máximo de la cuenca, km

El ancho máximo medido en forma perpendicular a la longitud máxima de la cuenca es de 2,38 km, luego:

$$l_a = \frac{3,37}{2,38} = 1,42$$

Aquellas cuencas que registran valores mayores a 1 presentan un área más larga que ancha, obedeciendo a una forma más alargada. Dado que el índice de alargamiento de la cuenca es mayor a la unidad, la cuenca se considera alargada.

En la TABLA 3.3 se resumen los parámetros morfométricos de la cuenca en estudio.

**Tabla 3.3** Resumen de los parámetros morfométricos de la cuenca

Parámetro	Fórmula	Resultado	Observación
Elongación	$E = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{L}$	0,84	La elongación toma un valor máximo de 1 si la cuenca es circular, y disminuye en la medida en que la cuenca es más alargada.
Relación de circularidad	$C = \frac{4\pi A}{P^2}$	0,86	Su valor máximo es de 1, para una cuenca circular y disminuye en la medida que la cuenca se hace más alargada.
Índice de Gravelius	$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	2,51	Cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular posee el coeficiente mínimo, igual a 1. Hay mayor tendencia a las crecientes en la medida que este número sea próximo a la unidad.
Factor de forma	$K_f = \frac{A}{L^2}$	0,56	Una cuenca con factor de forma bajo está menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño pero mayor factor de forma.
Índice de alargamiento	$l_a = \frac{L_m}{l}$	1,42	Cuenca alargada

Fuente: Autores, 2016

### 3.3 Elaboración del modelo hidrológico

En el presente numeral se realiza la modelación hidrológica de la cuenca, con el fin de obtener los caudales de diseño para diferentes eventos lluviosos de considerable magnitud con periodos de recurrencia definidos (2, 5, 10 y 25 años), así como el análisis del aguacero ocurrido el 2 de marzo de 2013,

considerado como un evento reciente que ocasionó un impacto importante en cuanto a inundaciones y afectaciones a viviendas aledañas al cauce.

El modelo hidrológico tiene en cuenta además las condiciones de topografía y cobertura actuales y futuras, para así obtener los caudales que permiten analizar el comportamiento actual del canal (diagnóstico), y a su vez los caudales que se esperan después de que la zona tenga un desarrollo proyectado, tal como pavimentación de calles y construcción de urbanizaciones, canales, entre otros.

### **3.3.1 Definición del contorno de la cuenca**

El contorno de la cuenca se definió con la ayuda de una herramienta de información geográfica, la cual permite identificar y calcularlos límites físicos de las cuencas y subcuencas dentro de un área definida a partir de un modelo digital de terreno.

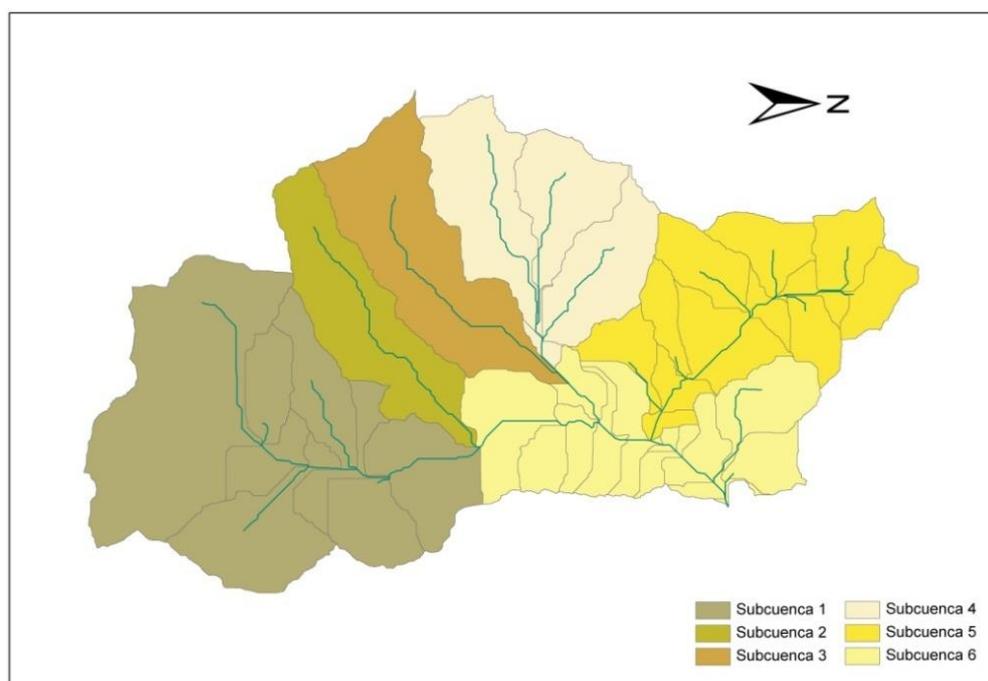
Por lo tanto, para la definición del contorno de la cuenca fue necesario, a partir del levantamiento topográfico de noviembre de 2013 realizado por INTERAGUA, cabe recalcar que estos datos altiplanimétricos fueron completados y mejorados en la zona del canal, incorporando las líneas de quiebre del terreno correspondientes a las vías, borde del canal, taludes y otras.

Así pues, con todas las curvas de nivel mejoradas, se generó el MDT que, posteriormente, fue sometido a un proceso de acondicionamiento con objeto de ajustarlo más a la realidad del terreno y conseguir una delimitación más fiel de las cuencas hidrográficas.

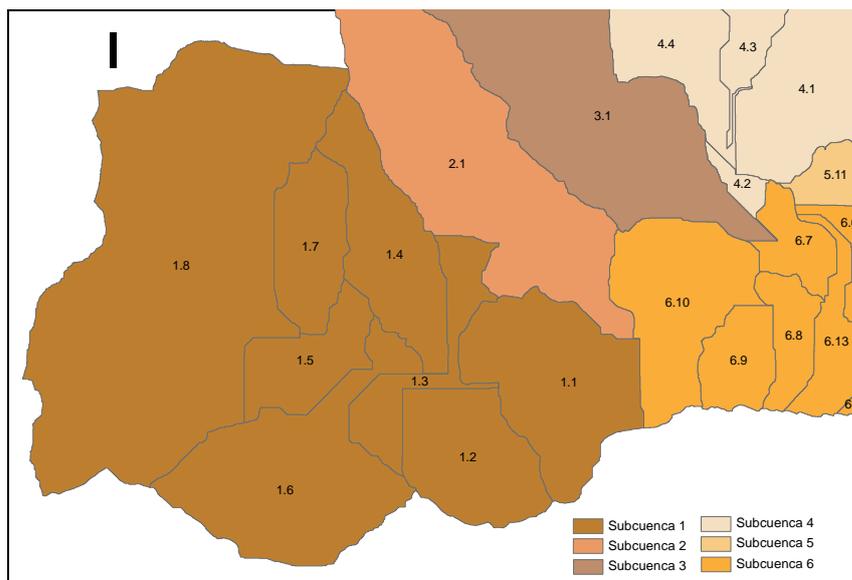
De esta manera, lo primero que se hizo fue rellenar los llamados sumideros. Estos no son más que celdas del raster rodeadas de otras con mayor cota. De no hacer esto, en el MDT el agua no fluiría de unas celdas a otras, quedándose estancada en estas depresiones. Una vez hecho esto, ya se calculan las direcciones de flujo, la acumulación del flujo. El umbral de precisión que se defina en este último punto, condicionará el número de subcuencas en que queda dividida nuestra cuenca hidrográfica. A partir de este punto, se generan las divisorias de aguas, los flujos y se procesa todo aquello con objeto de tener el número de subcuencas y tramos de río que más nos interese para el estudio. Hay que tener en cuenta que una subdivisión muy elevada implicaría inestabilidades en el modelo hidrológico, y una división muy agregada generaría un modelo poco adaptado a la realidad.

### 3.3.2 Subdivisión de la cuenca

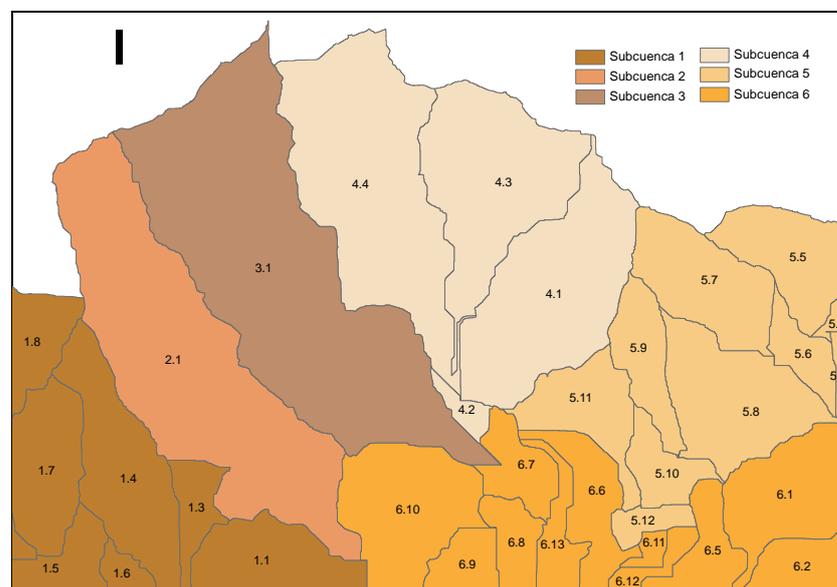
Teniendo esto en cuenta, se decidió subdividir la cuenca en 39 microcuencas pluviales, las cuales se pueden agrupar a su vez en 6 subcuencas con características similares de cobertura y tipos de suelo como podemos ver en la FIGURA 3.9.



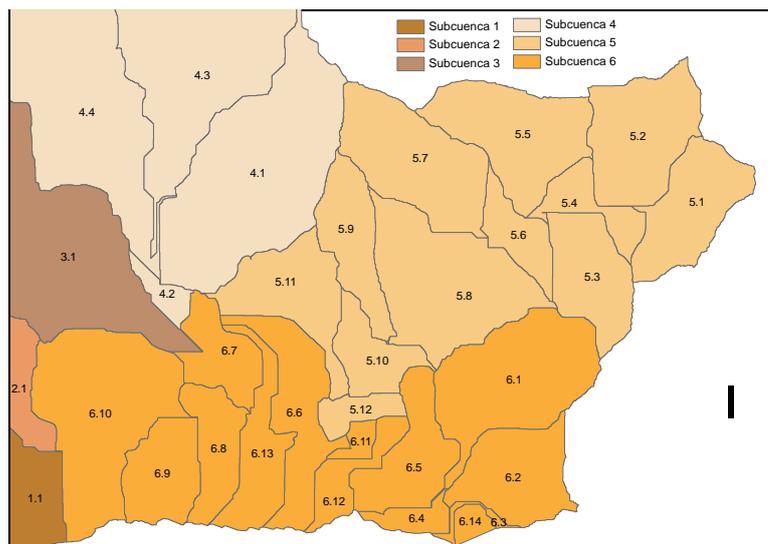
**Figura 3.9** Distribución de las microcuencas del canal 69 y sus tributarios  
Fuente: Autores, 2016



**Figura 3.10** Subcuencas del grupo 1  
Fuente: Autores, 2016



**Figura 3.11** Subcuencas de los grupos 2, 3, 4  
Fuente: Autores, 2016



**Figura 3.12** Subcuencas de los grupos 5 y 6  
Fuente: Autores, 2016

### 3.4 Modelación hidrológica de la cuenca

Una vez determinados los parámetros morfométricos de la cuenca, es necesario establecer una serie de parámetros hidrológicos que van a condicionar el volumen de caudal circundante por los drenajes de la cuenca hasta su desembocadura.

A partir del hietograma de diseño, y según el tipo de modelación hidrológica a realizar, se tomarán unos parámetros con objeto de definir la relación precipitación-escorrentía, el hidrograma y el tránsito de la creciente.

Se consideró un hietograma único para cada periodo de retorno, indicados en el numeral 3.1 de este capítulo del presente documento. La precipitación

en los 5 minutos más lluviosos, para cada periodo de recurrencia, se puede observar en la TABLA 3.4.

**Tabla 3.4** Precipitación en los 5 minutos más lluviosos

<b>Periodo de retorno (años)</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>
<b>Precipitación máxima (mm)</b>	7,52	10,31	12,22	14,56

Fuente: Autores, 2016

Para obtener la escorrentía que se genera con las precipitaciones definidas se ha empleado el método del SCS (*Soil Conservation Service*), para el cual es necesario tener en cuenta la precipitación total y la abstracción inicial (o umbral de escorrentía). La abstracción inicial se ha obtenido de forma tabulada en función del tipo y utilización de la superficie, la pendiente y el tipo de suelo referido a su permeabilidad. En la TABLA 3.5 se consideran los siguientes valores de abstracción inicial para cada una de los seis grupos de subcuencas principales.

**Tabla 3.5** Valores de abstracción inicial ( $I_0$ )

<b>Grupo de subcuenca</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Abstracción inicial (mm)</b>	15,26	13,93	22,10	16,50	15,99	20,43

Fuente: Autores, 2016

Una vez hecho esto, y de cara a conseguir los hidrogramas de salida de la cuenca, es necesario estimar el valor del tiempo de concentración. Se considerará la metodología del SCS a partir de la ecuación de retardo:

$$T_c = \frac{\left(\frac{10}{6}\right) L^{0,80} (2550 - 22,86 \text{ CN})^{0,70}}{14104 \text{ CN}^{0,70} S^{0,50}}$$

Donde:

$T_c$ : tiempo de concentración, en horas (h).

CN: Número de curva del SCS.

L: Longitud del cauce principal, en metros (m).

S: Pendiente del cauce principal, en metros por metro (m/m).

El número de curva está relacionado con la tipología del suelo y mide la permeabilidad del mismo. Para estimarlo se ha tenido en cuenta el tipo de suelo de cada uno de los seis grupos principales en que se agrupan las 40 subcuencas, calculando qué porcentaje de área ocupa cada tipo de terreno y realizando una suma ponderada de los coeficientes.

Este análisis se realizó tanto para la condición actual (diagnóstico), como para la futura (planeamiento de alternativas).

Así se han obtenido valores que oscilan entre 69,7 y 76,9 para la situación actual, lo que significa que estamos ante un suelo de relativa permeabilidad con poca o nula pavimentación de las vías. Mientras que para la condición futura los valores del número de curva varían entre 62,53 y 84,14.

En la TABLA 3.6 se muestran los valores medios del número de curva para cada grupo principal de subcuenca.

**Tabla 3.6** Número de Curvas para la Cuenca

<b>Subcuenca</b>	<b>CN actual</b>	<b>CN futuro</b>
1	76,90	79,00
2	78,49	78,97
3	69,68	72,96
4	75,49	78,56
5	76,06	78,16
6	71,32	77,09

Fuente: Autores, 2016

El tiempo de concentración correspondiente a cada microcuenca se puede observar en la TABLA 3.7. El tiempo de retardo se consideró como 0,60 veces el tiempo de concentración.

**Tabla 3.7** Tiempos de concentración y retardo para cada subcuenca (Condición actual)

<b>Sub cuenca</b>	<b>Longitud</b>	<b>Pendiente (m/m)</b>	<b>Número de Curva</b>	<b>Tiempo de concentración</b>	<b>Tiempo de retardo</b>
1.1	933,54	0,02	76,90	54,95	32,97
1.2	613,81	0,04	76,90	29,40	17,64
1.3	840,82	0,03	76,90	49,04	29,42
1.4	1107,55	0,06	76,90	39,33	23,60
1.5	705,66	0,02	76,90	50,80	30,48
1.6	1154,21	0,03	76,90	64,48	38,69
1.7	802,18	0,05	76,90	34,65	20,79
1.8	1378,46	0,04	76,90	58,98	35,39
2.1	1938,86	0,06	78,49	59,10	35,46
3.1	2105,38	0,04	69,68	96,22	57,73
4.1	1136,61	0,05	75,49	47,81	28,69
4.2	445,77	0,02	75,49	39,69	23,81
4.3	1253,24	0,04	75,49	55,30	33,18
4.4	1729,08	0,05	75,49	69,26	41,56
5.1	564,15	0,07	76,06	21,65	12,99
5.2	685,84	0,05	76,06	31,02	18,61
5.3	615,89	0,06	76,06	26,21	15,73
5.4	526,48	0,08	76,06	19,33	11,60
5.5	660,42	0,05	76,06	28,70	17,22
5.6	470,12	0,06	76,06	20,56	12,33
5.7	788,23	0,05	76,06	33,05	19,83

<b>Sub cuenca</b>	<b>Longitud</b>	<b>Pendiente (m/m)</b>	<b>Número de Curva</b>	<b>Tiempo de concentración</b>	<b>Tiempo de retardo</b>
5.8	687,86	0,03	76,06	37,86	22,71
5.9	695,60	0,06	76,06	29,50	17,70
5.10	460,81	0,04	76,06	26,16	15,70
5.11	686,76	0,03	76,06	40,51	24,31
5.12	370,24	0,02	76,06	27,05	16,23
5.12	151,01	0,04	76,06	10,48	6,29
6.1	1044,37	0,05	71,32	51,50	30,90
6.2	655,67	0,07	71,32	29,37	17,62
6.3	389,04	0,04	71,32	25,52	15,31
6.4	365,99	0,02	71,32	37,27	22,36
6.5	585,63	0,03	71,32	38,59	23,15
6.6	812,77	0,02	71,32	62,47	37,48
6.7	521,01	0,04	71,32	33,15	19,89
6.8	507,27	0,04	71,32	32,02	19,21
6.9	481,21	0,05	71,32	27,78	16,67
6.10	835,06	0,03	71,32	52,32	31,39
6.11	155,09	0,02	71,32	17,26	10,36
6.12	414,94	0,03	71,32	32,41	19,44
6.13	606,66	0,03	71,32	42,71	25,63
6.14	151,01	0,04	71,32	23,49	14,10

Fuentes: Autores, 2016

**Tabla 3.8** Tiempo de concentración y retardo para cada subcuenca (Condición futura)

Sub cuenca	Longitud	Pendiente (m/m)	Número de curva	Tiempo de concentración	Tiempo de retardo
1.1	933,54	0,02	77,76	53,57	32,14
1.2	613,81	0,04	78,75	27,83	16,7
1.3	840,82	0,03	80,31	44,24	26,54
1.4	1107,55	0,06	79,45	36,44	21,86
1.5	705,66	0,02	76,35	51,62	30,97
1.6	1154,21	0,03	80,29	58,21	34,93
1.7	802,18	0,05	79,7	31,86	19,11
1.8	1378,46	0,04	79,46	54,62	32,77
2.1	1938,86	0,06	78,97	58,24	34,94
3.1	2105,38	0,04	72,96	88,0	52,8
4.1	1136,61	0,05	77,31	45,34	27,2
4.2	445,77	0,02	78,16	36,7	22,02
4.3	1253,24	0,04	79,77	48,7	29,22
4.4	1729,08	0,05	79,01	62,43	37,46
5.1	564,15	0,07	80,85	18,74	11,24
5.2	685,84	0,05	79,98	27,59	16,55
5.3	615,89	0,06	79,54	23,63	14,18
5.4	526,48	0,08	80,95	16,68	10,01
5.5	660,42	0,05	80,29	25,28	15,17
5.6	470,12	0,06	79,57	18,52	11,11
5.7	788,23	0,05	80,41	29,01	17,41

Sub cuenca	Longitud	Pendiente (m/m)	Número de curva	Tiempo de concentración	Tiempo de retardo
5.8	687,86	0,03	79,39	34,29	20,57
5.9	695,6	0,06	79,18	26,89	16,14
5.1	460,81	0,04	77,54	25,05	15,03
5.11	686,76	0,03	69,67	48,37	29,02
5.12	370,24	0,02	70,6	31,5	18,9
6.1	1044,37	0,05	79,62	40,56	24,34
6.2	655,67	0,07	79,64	23,11	13,87
6.3	389,04	0,04	83,3	17,88	10,73
6.4	365,99	0,02	82,74	26,59	15,95
6.5	585,63	0,03	79,69	30,32	18,19
6.6	812,77	0,02	62,53	78,66	47,2
6.7	521,01	0,04	76,39	28,75	17,25
6.8	507,27	0,04	69,5	33,63	20,18
6.9	481,21	0,05	79,29	22,1	13,26
6.1	835,06	0,03	79,12	41,84	25,11
6.11	155,09	0,02	79,19	13,78	8,27
6.12	414,94	0,03	76,41	28,09	16,86
6.13	606,66	0,03	67,65	47,12	28,27
6.14	151,01	0,04	84,14	8,15	4,89

Fuente: Autores, 2016

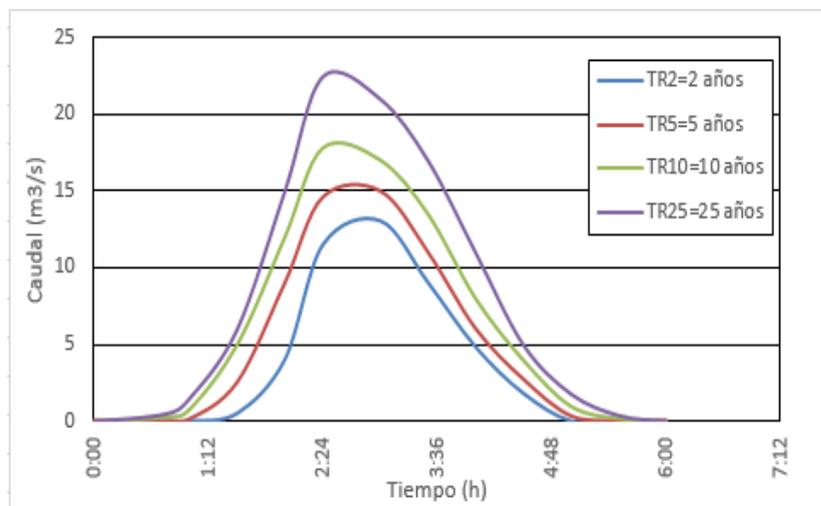
### **3.5 Estimación de caudales pico recurrentes.**

Los caudales necesarios para el análisis hidráulico del canal 69a se obtienen a partir del análisis hidrológico teniendo en cuenta las características actuales de cobertura y desarrollo vial. Se van a definir los caudales pico correspondientes a cada periodo de retorno y para cada punto de interés.



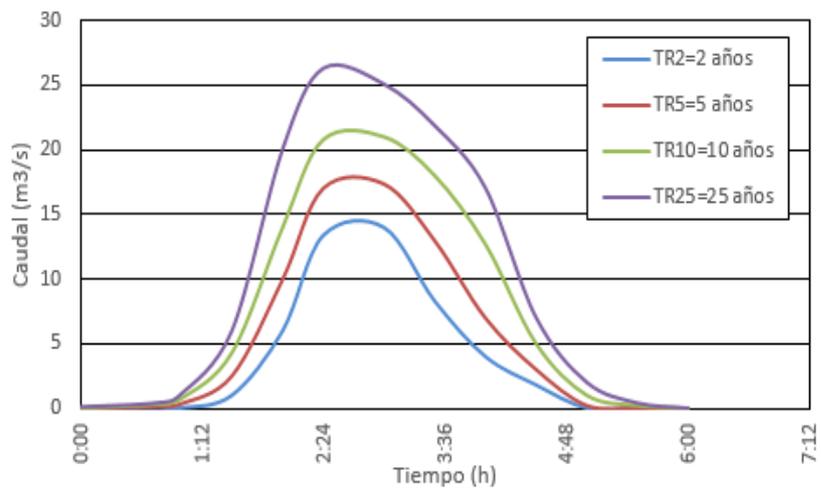
**Figura 3.13** Puntos de aportaciones en la cuenca  
Fuente: Google Earth, 2016

### Caudal en el punto Q<sub>1</sub> (inicio del estudio del canal 69a).



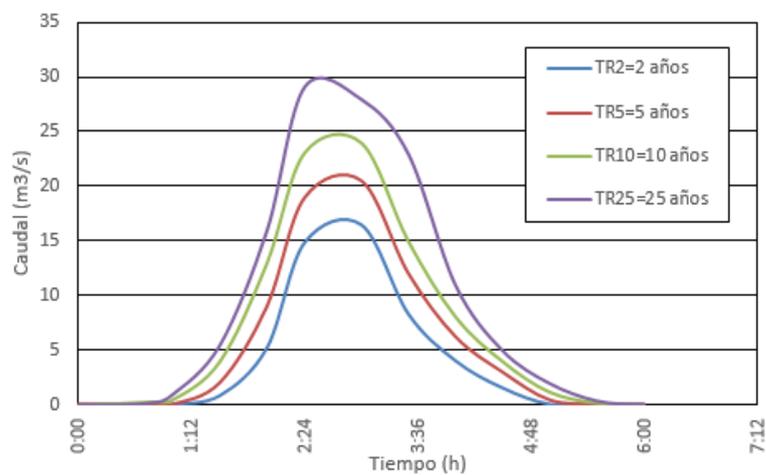
**Figura 3.14** Caudales en el punto 1 para diferentes periodos de retorno  
Fuente: Autores, 2016

### Caudal en el punto Q<sub>2</sub>



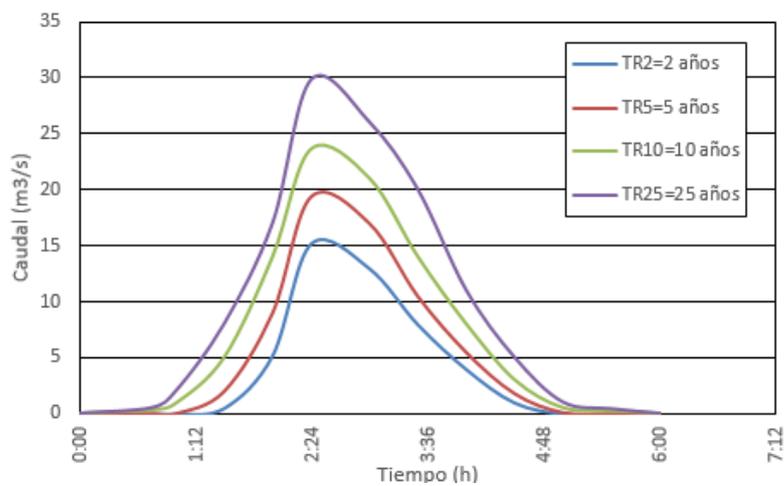
**Figura 3.15** Caudales en el punto 2 para diferentes periodos de retorno  
Fuente: Autores, 2016

### Caudal en el punto Q<sub>3</sub>



**Figura 3.16** Caudales en el punto 3 para diferentes periodos de retorno  
Fuente: Autores, 2016

### Caudal en el punto Q<sub>4</sub>



**Figura 3.17** Caudales en el punto 4 para diferentes periodos de retorno  
Fuente: Autores, 2016

**Tabla 3.9** Resumen de los caudales picos

<b>Punto</b>	<b>Tr 2</b>	<b>Tr 5</b>	<b>Tr 10</b>	<b>Tr 25</b>
<b>1</b>	11.47	14.62	17.80	22.46
<b>2</b>	13.39	17.07	20.78	26.22
<b>3</b>	14.87	18.96	23.10	29.14
<b>4</b>	15.21	19.40	23.62	29.80

Fuente: Autores, 2016

# CAPÍTULO 4

## 4. ANÁLIS DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO.

### 4.1 Metodología para el pre-dimensionamiento

#### 4.1.1 Evaluación de la capacidad de la hidráulica actual del canal 69.

El objetivo principal de este capítulo es el de dar un diagnóstico al comportamiento actual del canal ante eventos de creciente de determinada magnitud, verificar la capacidad hidráulica de las estructuras de paso existentes, así como la susceptibilidad del canal a inundaciones.

Una vez obtenidos los caudales pico circundantes por el canal 69a, en el escenario de la situación actual, se realiza el análisis hidráulico de estos cursos de agua para estudiar, según los distintos periodos de retorno, la altura que alcanza la lámina de agua a lo largo de los mismos. En los siguientes apartados se explicará los parámetros utilizados para el pre-dimensionamiento del canal 69a.

#### **Parámetros hidráulicos**

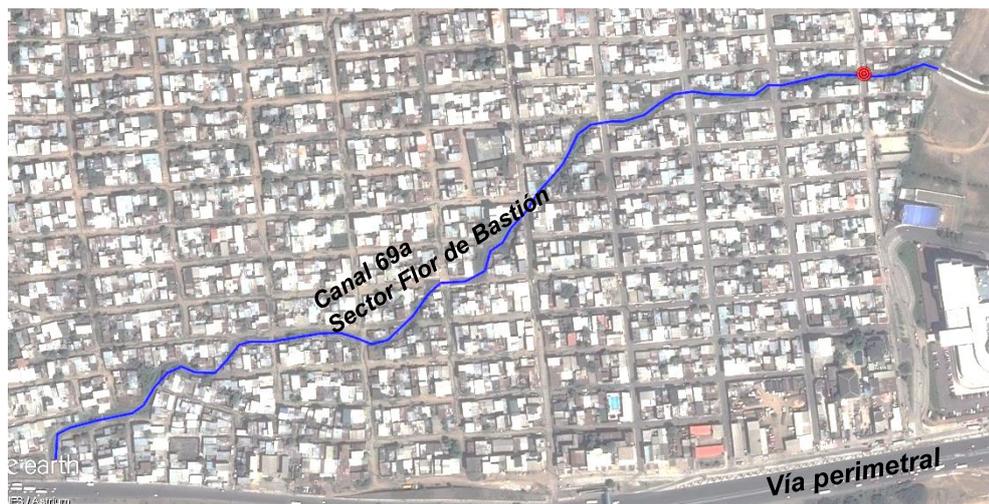
A la hora de realizar el estudio hidráulico del canal, lo primero es fijar los parámetros que van a condicionar el análisis. Estos son los correspondientes

a la geometría de la sección transversal y del perfil longitudinal del canal, al caudal, a la rugosidad, al tipo de flujo y a los diferentes elementos introducidos (obras de paso y obstrucciones).

La geometría de la sección transversal es muy diversa a lo largo de todo el recorrido de los canales. El ancho y la forma de las secciones se han visto condicionados por el proceso urbanístico acelerado sin planificación adecuada, que ha provocado la ocupación parcial de las zonas de servidumbre.



**Figura 4.1** Casas construidas cerca del cauce del canal  
Fuente: Google Earth, 2016

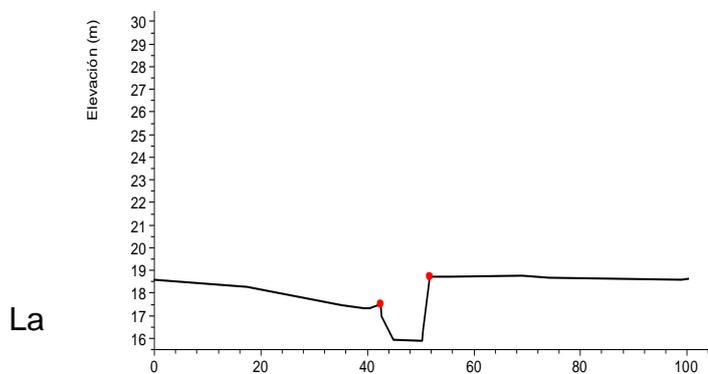


**Figura 4.2** Invasión del cauce del canal 69a (Vista aguas arriba)  
Fuente: Google Earth, 2016

Se han encontrado varias medidas con respecto al ancho de secciones transversales, existen tramos donde se han detectado cambios bruscos en el ancho de la sección, la separación entre las mismas puede ser inferior a 10 metros.

En el canal natural se pudo observar como varían los anchos en las secciones, estas varían mucho a medida que se recorre el canal, presentando en varios casos y en su mayoría anchos hasta 5 metros aproximadamente. Hay que recalcar también que existen secciones en las que las viviendas se encuentran muy apegas al canal.

En la figura se muestra una sección característica del canal natural la cual presenta un ancho aproximada de 8 metros.



sección del cauce

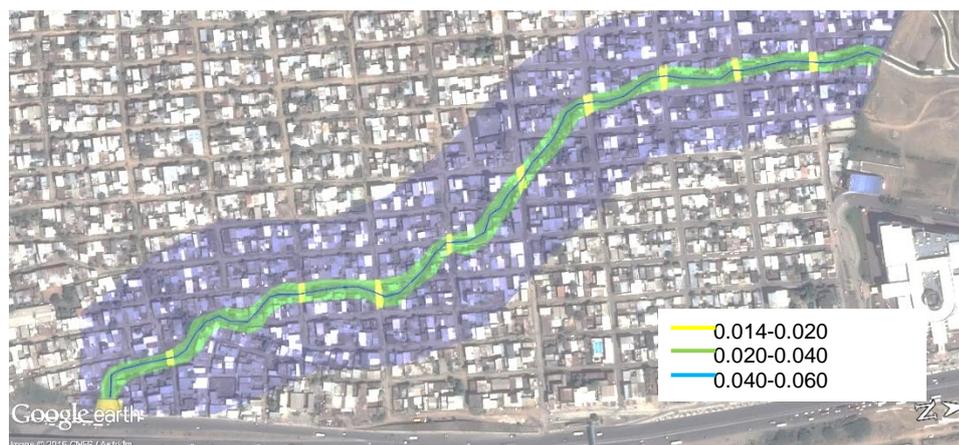
**Figura 4. 3** Perfil del canal 69a

principal

Fuente: Autores, 2016

es asimilable a una sección trapezoidal en la mayoría de los casos. Aproximadamente, el 35% de las secciones contempladas presentan un ancho de base inferior a 3 metros.

Respecto a la rugosidad, se han establecido diferentes coeficientes para cada sección y, dentro de ellas, distinguiendo entre el cauce principal y las márgenes. En la FÍGURA 30 se muestra los valores para el n de Manning empleados.



**Figura 4.4** Detalles de los coeficientes n de Manning utilizados en el canal  
Fuente: Google Earth, 2016

A la hora de seleccionar el valor adecuado del coeficiente, se ha tenido en cuenta: la rugosidad de la superficie, la vegetación, la irregularidad del canal, el alineamiento, el grado de obstrucción y el nivel de sedimentación y erosión. Se han tomado como punto de partida los coeficientes indicados en el libro: Hidráulica de canales abiertos (Chow V. T., 2004).

Por ejemplo, los cambios abruptos entre las secciones transversales se traducen en mayores coeficientes n de Manning, del mismo modo que sucede en los tramos con curvas bruscas y meandros seguidos.

Cabe mencionar que, atendiendo solo a la rugosidad de la superficie, los coeficientes de Manning del lecho del cauce principal, para todos los canales, estarían en torno a 0,025 pues en él predominan los granos finos a los

gruesos. Sin embargo, la vegetación y la presencia de obstrucciones suben el coeficiente  $n$  a valores en torno a 0,033.

Tras mencionar las características de las secciones transversales, resta hablar de las del perfil del río y de los caudales considerados.

En relación al perfil del río, el principal parámetro hidráulico es la pendiente. Como se ha mencionado anteriormente, las pendientes son reducidas, con una media del 1,43%.

**Tabla 4.1** Pendiente media del canal 69a

<b>Canal</b>	<b>Pendiente (%)</b>
Canal 69a	1,43

Fuente: Autores, 2016

En cuanto a la longitud, suma un total de 1120 metros aproximadamente, como se muestra en la siguiente tabla de la siguiente manera:

**Tabla 4. 2** Longitud media del canal 69a

<b>Canal</b>	<b>Longitud (m)</b>
Canal 69a	1120

Fuente: Autores, 2016.

Por último, en la FIGURA 4.5 se muestran los puntos en los que se han introducido caudales en para el pre-dimensionamiento.



**Figura 4.5** Puntos de aportaciones de caudal  
Fuente: Google Earth, 2016

### **Caudales introducidos en el modelo hidráulico**

Estos caudales aparecen reflejados en la TABLA 4.3, los cuales corresponden a la situación actual y son la base del diagnóstico.

**Tabla 4.3** Caudales introducidos al modelo

<b>Punto</b>	<b>Tr 2</b>	<b>Tr 5</b>	<b>Tr 10</b>	<b>Tr 25</b>
<b>1</b>	11.47	14.62	17.80	22.46
<b>2</b>	13.39	17.07	20.78	26.22
<b>3</b>	14.87	18.96	23.10	29.14
<b>4</b>	15.21	19.40	23.62	29.80

Fuente: Autores, 2016

## 4.2 Planteamiento de las alternativas

En esta sección se presentan las tres alternativas planteadas para dar solución al problema del drenaje pluvial en la zona Sector Flor de Bastión y El Fortín. Luego de analizar la capacidad hidráulica del sistema existente, se pudo tener un pre-diseño de la magnitud en que se deberían ampliar las secciones existentes para dar capacidad al aguacero de 10 años de periodo de retorno.

Se pensaron 3 alternativas: canal excavado sin revestir, con revestimiento de hormigón y canal enterrado (conducto cajón).

#### 4.2.1 Pre-Diseño de la alternativa 1

Tras analizar brevemente cada una, se determinó en no desarrollar la primera de ellas por razones técnicas, sociales y de mantenimiento. El hecho de tener el canal con terreno natural conlleva una elevada rugosidad, lo que se traduce en velocidades de flujo menores y, con ello, a mayores secciones en comparación a las obtenidas si los canales se revistieran con algún otro material de menor coeficiente de Manning.

Por ejemplo, para el caudal de diseño al final del canal, de 23,62 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 10 años, la sección requerida (trapezoidal) tendría 5,0 m de base, un ancho superficial de 10,0 m y una altura total de 2 m aproximadamente, teniendo en cuenta un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,025 (canal en tierra serpenteante y lento sin vegetación).

Esta situación conllevaría un elevado volumen de movimiento de tierras y un mayor número de afectaciones prediales, que repercuten directamente en elevados costes económicos y sociales.

A continuación, se muestra una tabla en la que muestra las secciones tipo del pre-diseño para la primera alternativa (canal excavado sin revestir) correspondiente a cada valor máximo de caudal de aporte de la cuenca hacia el drenaje pluvial del sector Flor de Bastión.

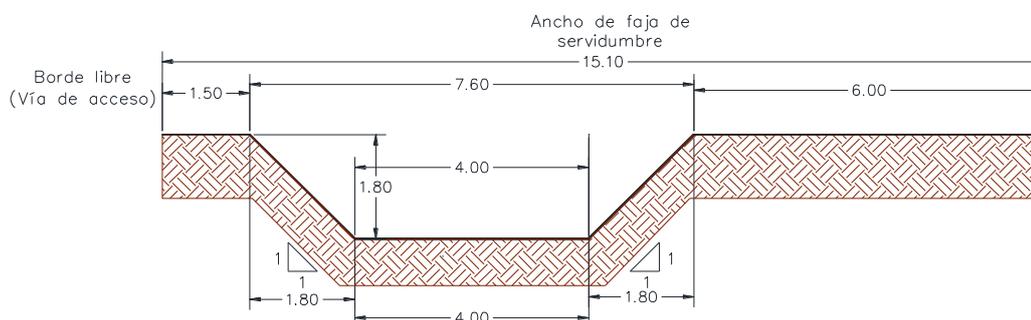
**Tabla 4.4** Tabla con las secciones adoptadas en el pre-diseño

De	A	Tipo	Descrip.	Sección transv.	Pendiente del tramo	Ancho base (m)	Altura total (m)	Ancho superf (m)	Servi (m)
0+000	0+440	1	Canal trapezoidal	4 x 1,8, z=1	0,35%	4,0	1,8	7,6	15,1
0+440	0+980	2	Canal trapezoidal	4,5x1,9, z=1	0,35%	4,5	1,9	8,3	15,8
0+980	1+114,85	3	Canal trapezoidal	5,0x2,0, z=1	0,35%	5,0	2,0	9,0	16,5

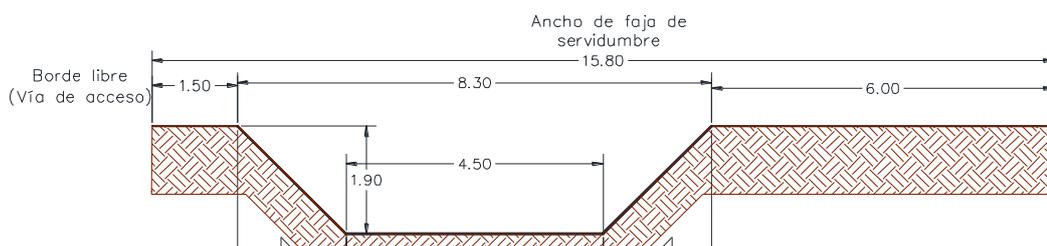
Fuente: Autores, 2016

Las secciones características se muestran en las siguientes figuras considerando anchos de soleras y espejos de agua que no afecten en gran medida a los predios que se ubican en los bordes del canal cumpliendo con el buen funcionamiento hidráulico.

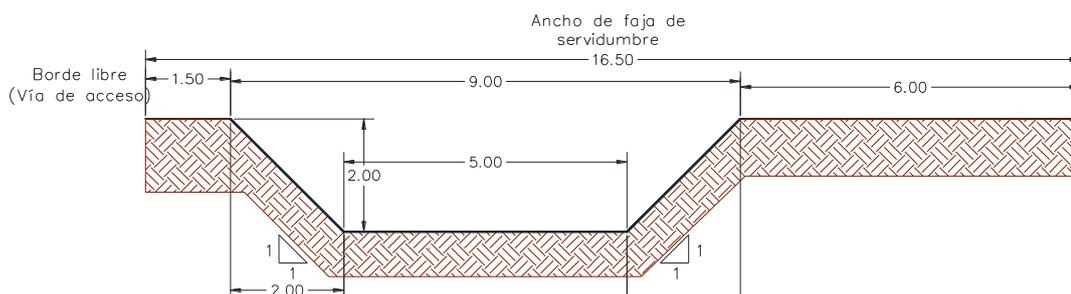
Con esto se puede determinar que, aun así, la afectación va ser de gran medida ya que las secciones son muy grandes y a esto hay que sumarles el ancho de servidumbre. Se puede observar que el máximo ancho que ocupara el canal de 17 metros aproximadamente, lo que no ocurre con las viviendas que están separadas por el canal con un ancho de 10 metros en promedio.



**Figura 4.6 Sección Tipo S1**  
Fuente: Autores, 2016



**Figura 4.7 Sección Tipo S2**  
Fuente: Autores, 2016



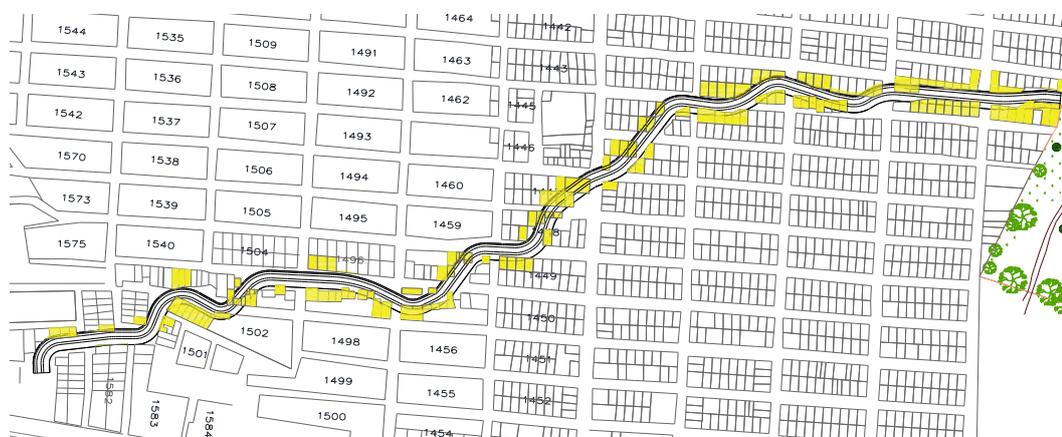
**Figura 4.8 Sección Tipo S3**  
Fuente: Autores, 2016

#### 4.2.1.1 Afectaciones prediales

Dado el nivel de invasión de las viviendas sobre el cauce, y debiendo hacer cumplir la ordenanza de servidumbre, la afectación de los predios es

en gran cantidad ya que la sección transversal del canal sin revestir es muy grande debido al coeficiente de rugosidad como se mencionó anteriormente. No obstante, y como ya se mencionó anteriormente, uno de los principales criterios de diseño ha sido el de minimizar estas afectaciones.

Una vez trazados los ejes de los canales, definidos los anchos de los cajones y el ancho de servidumbre (bajo el criterio de mínima afectación), se hizo un análisis del número de predios que se verían afectados.



**Figura 4.9** Afectaciones prediales de la alternativa 1  
Fuente: Autores, 2016.

**Tabla 4.5** Total de predios afectados por alternativa 1

Pedios en margen izquierdo	Pedios en margen derecho	Total de pedios afectados directamente	Área de afectación directa (m <sup>2</sup> )
64	82	146	4445,53

Fuente: Autores, 2016

#### 4.2.2 Pre-diseño de la alternativa 2

La alternativa número 2 se define mediante canal revestido en hormigón "in situ", con sección variable a lo largo de los alineamientos. El hormigón permite considerar unos coeficientes de rugosidad de Manning adecuados para obtener secciones con dimensiones lo suficientemente reducidas y conseguir, de esta manera, un menor volumen de movimiento de tierras y una menor afección predial.

En la alternativa se define el alineamiento correspondiente al canal objeto de nuestro estudio. Se consideran tres tipos de secciones claramente diferenciadas en cuanto a su solera. Se obtienen secciones trapezoidales con taludes 1:1 puesto que es la solución más adecuada para el canal.

##### 4.2.2.1 Definición de alineamiento

La definición del alineamiento deberá ser tal que reduzca en la medida de lo posible el coste final del proyecto. De esta forma, los alineamientos se

trazarán ajustándose lo más fielmente al eje actual del canal para asumir menor volumen de movimiento de tierras, teniendo en cuenta las posibles interferencias con las instalaciones existentes y las afectaciones prediales (ver Figura 4.10).

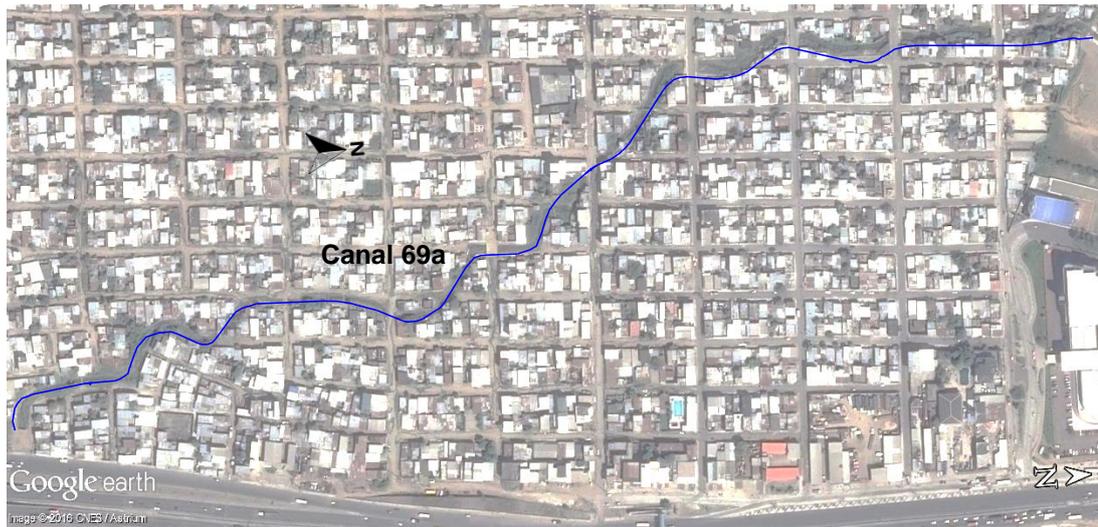
Este alineamiento tiene una longitud total de 1.114,85 m. La longitud del canal se puede identificar en la Tabla .

**Tabla 4.6** Longitud de los tramos del canal

<b>Canal</b>	<b>Longitud (m)</b>
69a.1	440,00
69a.2	540,00
69a.3	134,85

Fuente: Autores, 2016

Las principales secciones del alineamiento son los que se encuentran en los tramos finales del canal debido ya que estos deberán transportar la mayor parte del caudal transferido por la cuenca.



**Figura 4.10** Alineamiento para la alternativa 2  
Fuente: Google Earth, 2016

Para definir los diferentes alineamientos en planta es necesario considerar, previamente, una serie de condicionantes que limitan el trazado de los mismos. Estos criterios se definen en la TABLA 4.7:

(1) **b: ancho de la base.**

(2) Si  $\Delta < 20^\circ$  no se considera curva sino punto de quiebre.

**Tabla 4.7** Criterios de diseño de alineamiento en planta

Radio de curvatura	$\geq 10\text{m}$
	$\geq 7b^{(1)}$
Entre-tangencias	$\geq 5\text{m}$
Ángulo de deflexión	$\geq 20^\circ^{(2)}$

Fuente: Autores, 2016

Los radios de curvatura se limitan a 10m y las entre-tangencias 5m para evitar obtener una eficiencia hidráulica inadecuada. Igualmente, el ángulo de deflexión de una alineación curva debe ser mayor o igual a  $20^\circ$  por motivos constructivos.

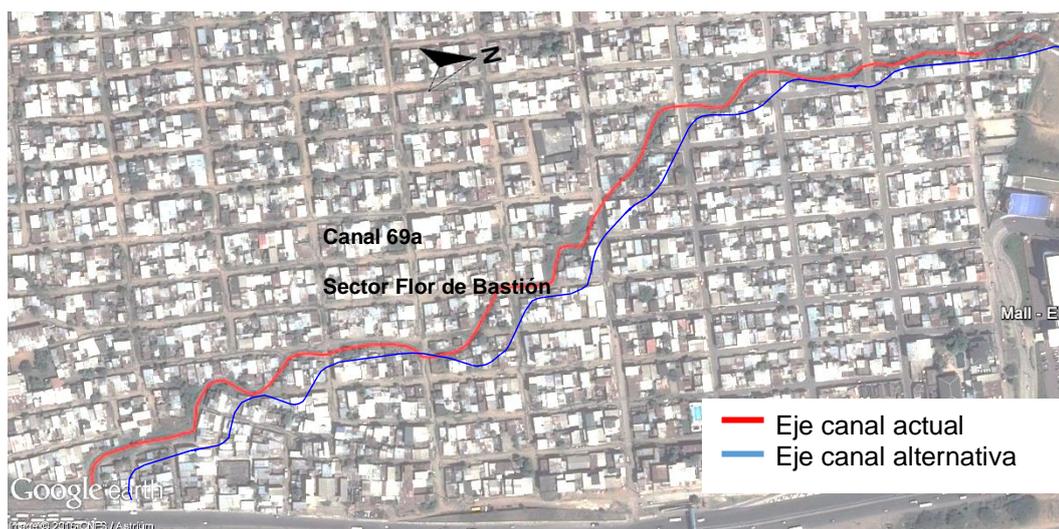
Por otro lado, es necesario evitar meandros en el alineamiento en planta con cambios de curvatura considerables y empates perpendiculares que dificulte el flujo del agua y favorezcan las pérdidas de energía.

El alineamiento del canal empata con el alineamiento del canal 69a ya construido con hormigón aguas abajo, con la misma cota para favorecer el

flujo principal de los canales, haciendo que ambos alineamientos sean prácticamente uno.

Los radios empleados son reducidos, pues no existe espacio suficiente y el trazado del mismo se ajusta al eje actual del canal.

Los meandros existentes en las zonas se reemplazarán por una alineación menos sinuosa con radios de curvatura amplios y alineaciones rectas (ver Figura 37). Como consecuencia de esta rectificación del trazado en planta con respecto al trazado actual del canal existente, se obtendrá un mayor movimiento de tierras. Sin embargo, la eficiencia hidráulica será óptima.



**Figura 4.11** Alineamiento canal 69a alternativa 2  
Fuente: Google Earth, 2016

Una vez definido el alineamiento en planta se procede al pre-diseño de los perfiles y las secciones transversales.

#### **4.2.2.2 Pre-diseño hidráulico**

El pre-diseño hidráulico se ha llevado a cabo con una serie de interacciones mediante cálculo de prueba y error hasta obtener los perfiles y las secciones más óptimas.

En primer lugar, se procede al pre diseño de cada uno de los perfiles correspondientes a cada uno de los alineamientos y una vez realizados estos se determinan las secciones.

Para el cálculo de las diferentes secciones se emplea la ecuación de Manning, que es función de la pendiente, el radio hidráulico, la velocidad y el coeficiente de rugosidad de Manning. Se considera un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,013 para todas las secciones ya que todas ellas irán revestidas de hormigón.

Los perfiles de cada alineamiento se definen con una pendiente lo más ajustada posible al terreno y compensando los rellenos y las excavaciones. Estas pendientes vienen limitadas por la velocidad máxima permitida y por el tipo de flujo. Las pendientes determinadas en el pre-diseño implican la

utilización de caídas, ya que no son suficientes para ajustarse al terreno y llegar a la cota deseada en el kilómetro final de cada alineamiento. La altura de estas caídas oscila entre 30 y 60 cm para evitar grandes saltos de agua.

Cabe mencionar que, para los trazados de los perfiles, únicamente será necesario respetar las cotas obligadas. Estas son las definidas para el inicio del canal conducto-cajón situado bajo vía Perimetral y Av. Casuarina y para el punto de descarga del canal aguas abajo a la altura del Centro Comercial Mall El Fortín.

En todos los tramos se define un borde libre (TABLA 22) para posibles eventualidades donde el agua pueda rebosar por encima del canal. Además, en los tramos curvos se consideran unas sobreelevaciones que vienen expresadas en función del radio de curvatura.

**Tabla 4.8** Borde libre en función del caudal

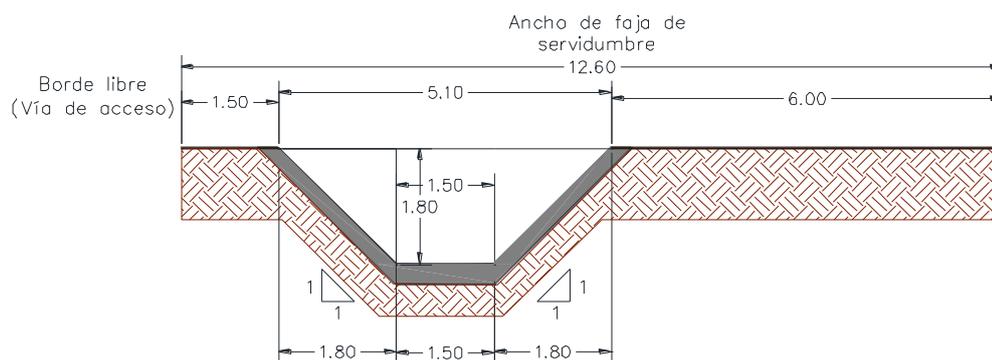
<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>BL (m)</b>
< 1,5	0,3
1,5 a 85	0,5
>85	0,9

Fuente: Autores, 2016

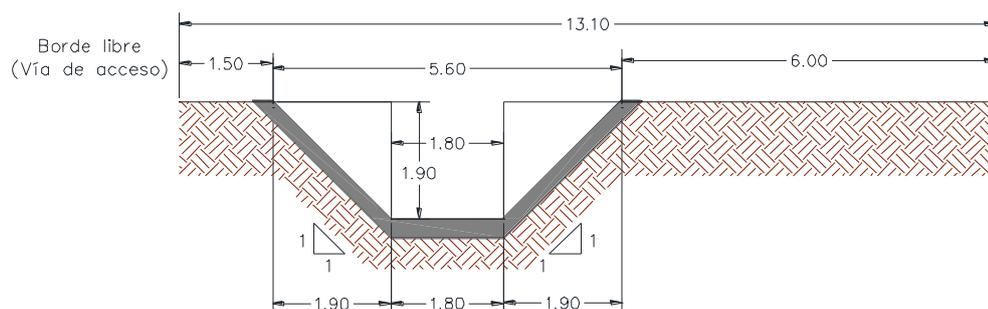
El trazado del perfil del canal tiene su inicio en la cota obligada, indicada anteriormente y su fin coincide con la cota de inicio del canal 69a aguas abajo ya construido.

Este canal tiene una pendiente del 0,35%, uniforme a lo largo de todo el perfil, y la sección se define con taludes 1:1 por el tipo de suelo y conservando soleras mínimas para disminuir las afecciones prediales.

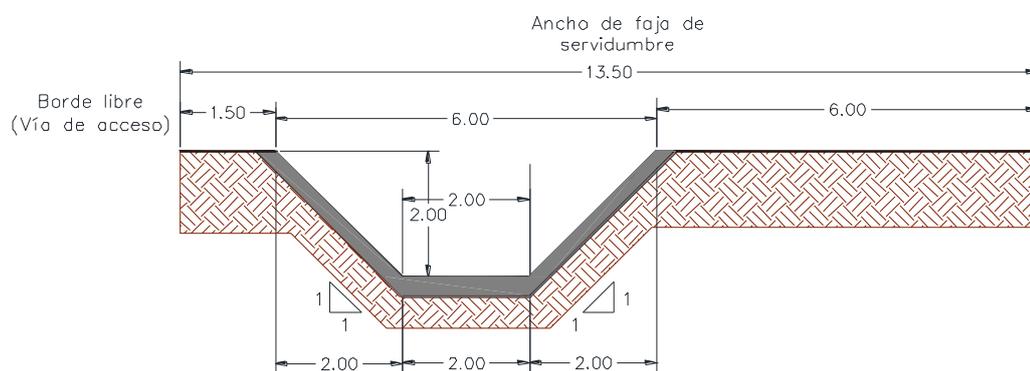
Las secciones características se muestran en las siguientes figuras considerando anchos de soleras y espejos de agua que no afecten en gran medida a los predios que se ubican en los bordes del canal cumpliendo con el buen funcionamiento hidráulico.



**Figura 4.12** Sección Tipo 1 alternativa 2  
Fuente: Autores, 2016



**Figura 4.13** Sección Tipo 2 alternativa 2  
Fuente: Autores, 2016



**Figura 4.14** Sección Tipo 3 alternativa 2  
Fuente: Autores, 2016

La anchura de la base viene condicionada por la profundidad de la lámina. Estas secciones varían de acuerdo al caudal introducido en diferentes tramos. Se pretende evitar obtener una profundidad elevada, superior a 2,0 m, y una longitud de ancho de soleras no tan gran grande para evitar daños prediales en la zona como se mencionó anteriormente.

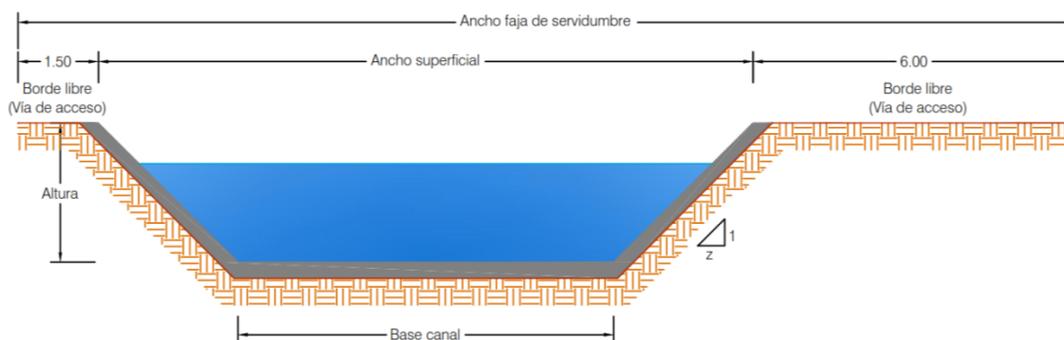
**Tabla 4. 9** Secciones del canal para la alternativa 2

De	A	Tip.	Descrip.	Sección transv.	Pend. del tramo	Ancho base (m)	Altura total (m)	Ancho superf. (m)	Servi. (m)
0+00 0	0+440,0	1	Canal trapezoidal	1,5 x 1,8, z=1	0,35%	1,5	1,8	5,1	12,6
0+44 0	0+980,0	2	Canal trapezoidal	1,8 x 1,9, z=1	0,35%	1,8	1,9	5,6	13,1
0+98 0	1+114,85	3	Canal trapezoidal	2,0x 2,0, z=1	0,35%	2,0	2,0	6,0	13,5

Fuente: Autores, 2016

**Figura 4.15** Anchura y predios existentes del canal 69a

En resumen, se han obtenido tres secciones diferentes en el pre-diseño hidráulico, las cuales se pueden cotejar en la TABLA 4.9.

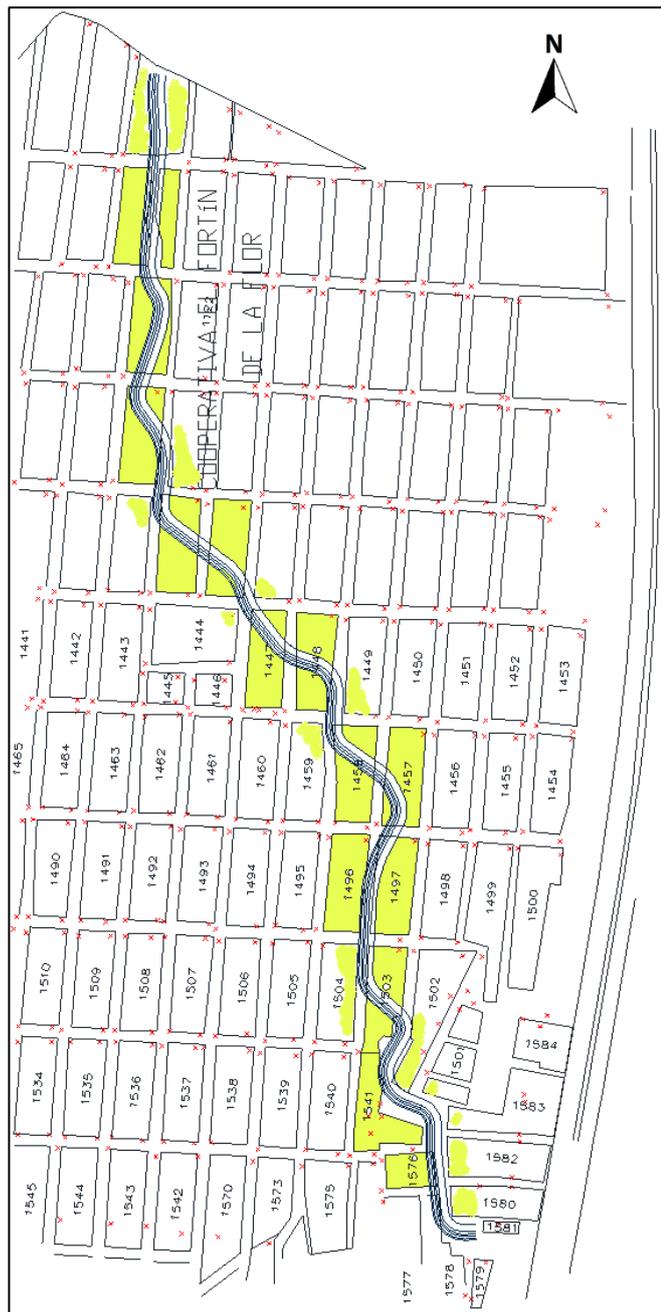


**Figura 4. 16** Secciones tipo canal alternativa 2  
Fuente: Autores, 2016

#### 4.2.2.3 Afectaciones prediales

Dado el nivel de invasión de las viviendas sobre el cauce, y debiendo hacer cumplir la ordenanza de servidumbre, resulta imposible no afectar a los predios. No obstante, y como ya se mencionó anteriormente, uno de los principales criterios de diseño ha sido el de minimizar estas afectaciones.

Una vez trazados los ejes de los canales, definidos los anchos de los cajones y el ancho de servidumbre (bajo el criterio de mínima afectación), se hizo un análisis del número de predios que se verían afectados.



**Figura 4. 17** Afectaciones alternativa 2  
 Fuente: Autores, 2016

**Tabla 4.10** Afectaciones prediales alternativa 2

Pedios en margen izquierda	Pedios en margen derecha	Total de predios afectados directamente	Área afectación directa en construcción (m2)
70	20	90	3228.69

Fuente: Autores, 2016

### 4.2.3 Pre-diseño de la alternativa 3

La tercera alternativa corresponde al drenaje de las aguas pluviales mediante un conducto cajón construido in situ. El pre-diseño de esta alternativa contempló dos sub-alternativas a su vez: conducto cajón prefabricado o conducto cajón construido in situ. Debido a la sinuosidad del canal actual y al grado de invasión de los predios sobre el mismo, la construcción mediante conducto cajón prefabricado resulta inviable, pues entre otros motivos los cambios de dirección resultarían muy costosos e hidráulicamente ineficientes. Esto es debido a que los proveedores locales no disponen de piezas especiales para efectuar estas transiciones y se considera que las uniones propuestas no garantizan la estanqueidad del conjunto. Del mismo modo ocurre en el caso de querer disponer varias celdas contiguas.

Por esta razón, se consideró más apropiada la construcción del cajón in situ, pues al permitir una mayor flexibilidad en cuanto al trazado en planta, se consigue una menor afectación predial.

#### **4.2.3.1 Definición de alineamiento**

A la hora de establecer el trazado tanto en planta como en alzado, se han de tener en cuenta ciertos aspectos:

- Los alineamientos en planta han de ser lo más rectilíneos posible, evitando las sinuosidades y procurando que los cambios de dirección sean menores a 60 grados.
- Se ubicarán pozos de registro en cada cambio de alineación. Por motivos de operación y mantenimiento, la distancia máxima entre cámaras de inspección no excederá de 80 metros. Excepcionalmente, se podrán alcanzar distancias mayores, siempre bajo justificación y nunca mayores a 120 metros.
- Se considera que una transición óptima entre secciones de distinto ancho es aquella en la que el ángulo formado entre el eje del canal y la línea que une los extremos de cada sección es inferior a 10 grados.
- Se procurará no hacer coincidir las caídas en alzado con cambios bruscos en el alineamiento en planta. Se considera cambio brusco

aquel en el que el ángulo entre los ejes de cada alineamiento en planta es menor a 120 grados.

- Habrá que respetar las cotas obligadas dadas por las alcantarillas existentes aguas arriba del canal 69a.
- Se trazarán pendientes no mayores a 0,50% para evitar alcanzar velocidades superiores a 4,0 m/s. No obstante, se deberá realizar un proceso de retroalimentación para obtener la combinación óptima entre pendiente y velocidad, de manera que no sea superior a esa cantidad ni inferior a 0,6 m/s.
- El trazado óptimo será aquel que minimice los movimientos de tierras, siempre y cuando ello no implique aumentar la sinuosidad del alineamiento. En caso de no ser posible esto, se tratará de elegir un alineamiento en alzado que compense los volúmenes de tierra excavados con los de relleno.

A continuación, se describen los alineamientos proyectados, destacando las particularidades de cada uno de ellos.

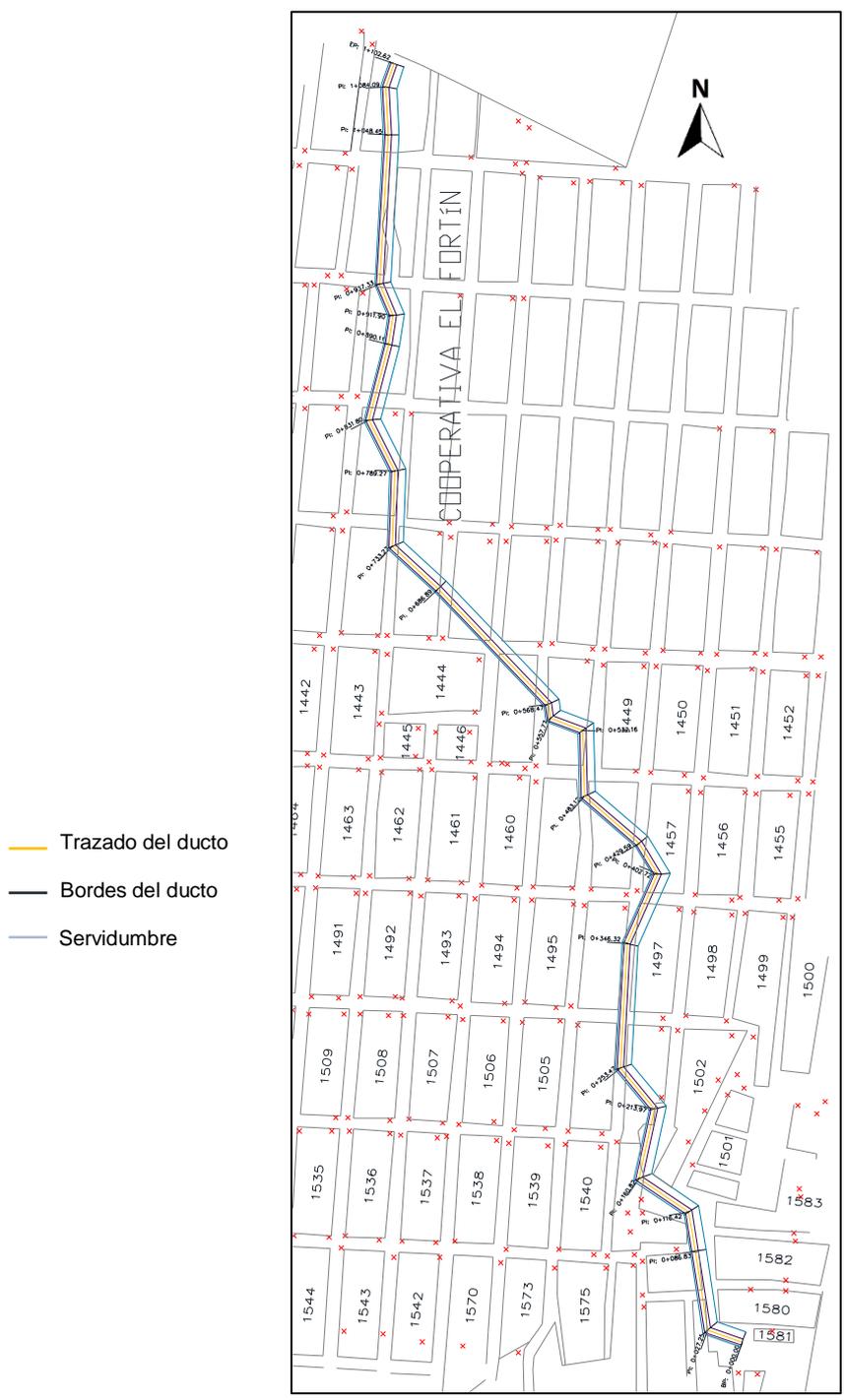
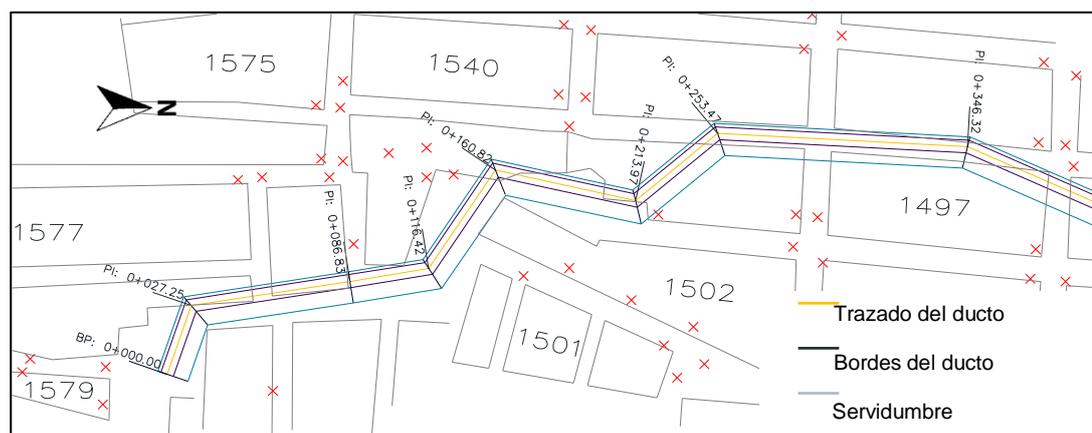


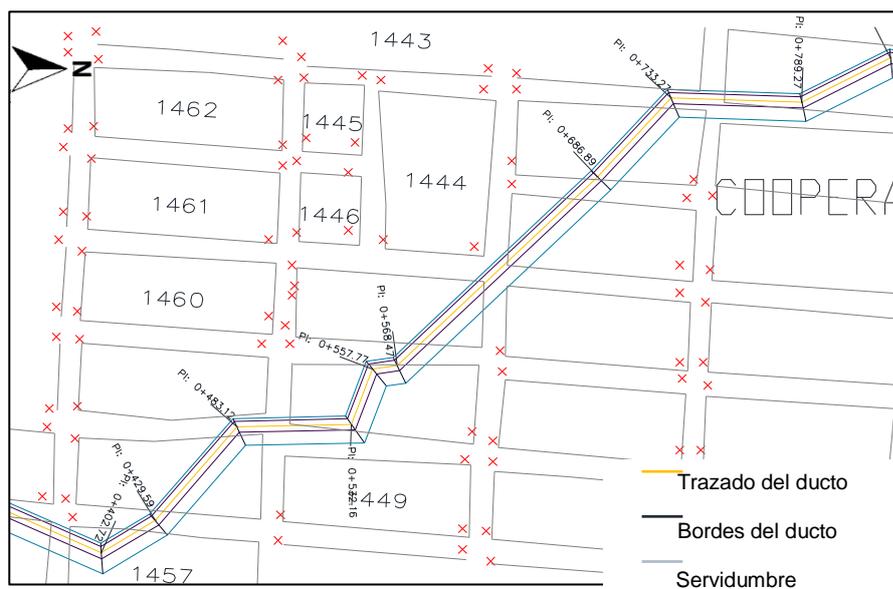
Figura 4.18 Alineamiento de los canales para la alternativa 3  
Fuente: Autores, 2016

Ya se comentó en el apartado anterior que el canal 69a presenta características particulares ya que presenta a lo largo de su longitud curvas muy pronunciadas. De esta manera, lo primero a tener en cuenta al proyectar el trazado era la rectificación de estas curvas, mucho más brusca que la rectificación de la alternativa 2 pues el conducto cajón no permite tanta flexibilidad en cuanto a los cambios de dirección se refiere.

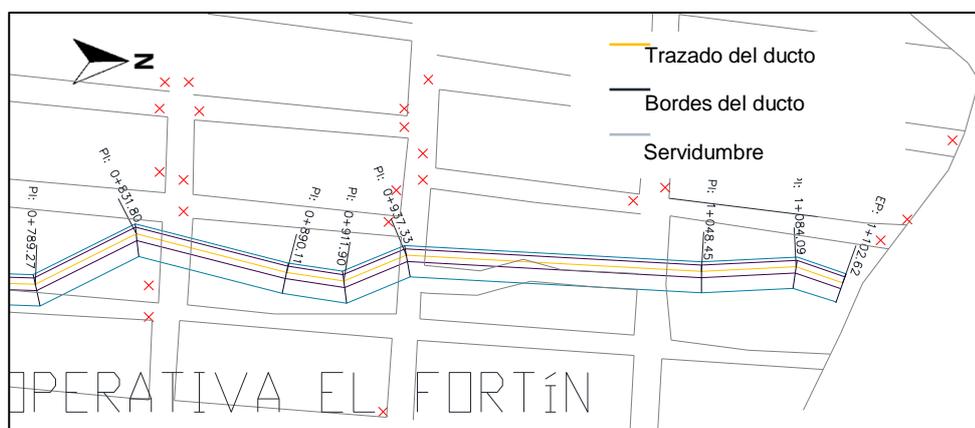
Cabe mencionar que, aun no teniendo que rectificar dichas curvas, estos predios se encontraban invadiendo las zonas actuales de servidumbre del canal, por lo que se hubiera visto igualmente afectado.



**Figura 4.19** Predios que invaden el canal  
Fuente: Autores, 2016



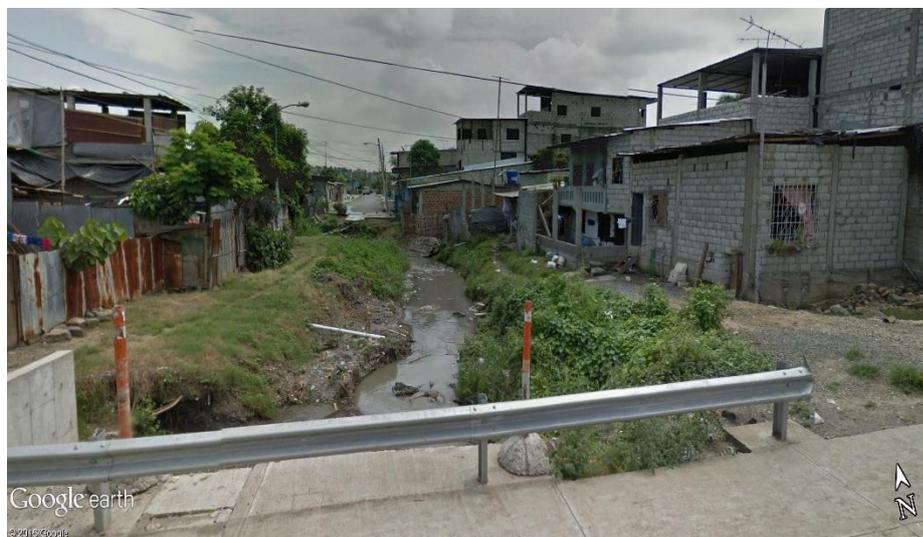
**Figura 4.20** Predios que invaden el canal  
Fuente: Autores, 2016



**Figura 4.21** Predios que invaden el canal  
Fuente: Autores, 2016

En relación a los predios existentes, ubicados en los primeros tramos metros del canal, se puede mencionar que la afectación será la que hubiera tenido lugar si, tal y como están hoy día, se aplicara la ordenanza de servidumbre de 7,5 metros (repartidos en 6 metros en una margen y 1,5 metros en la

otra). Se trata de viviendas construidas de hormigón, ladrillo, madera, mixtas, entre otras, ubicadas irregularmente a lo largo de las riberas.



**Figura 4. 22** Construcciones de viviendas invadiendo el canal  
Fuente: Autores, 2016

El principal inconveniente de este canal no es tanto el trazado en planta sino el alineamiento en alzado. Como ya se mencionará en el siguiente apartado, el flujo en este canal presenta un régimen subcrítico, siendo la profundidad hidráulica mayor a 1 metro la cual obliga a enterrar la solera a una profundidad de 2 metros.

Este tramo de conducto cajón proyectado tiene una longitud total de 1102.62 metros y consta de 23 alineamientos, cuyas longitudes se desglosan en la siguiente tabla:

**Tabla 4. 11** Alineamientos para la alternativa 2

<b>Alineamiento</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Abscisa Inicial</b>	<b>Abscisa Final</b>
1	27.25	K0+000.00	K0+027.25
2	59.58	K0+027.25	K0+086.83
3	29.59	K0+086.83	K0+116.42
4	44.40	K0+116.42	K0+160.82
5	53.15	K0+160.82	K0+213.97
6	39.50	K0+213.97	K0+253.47
7	92.85	K0+253.47	K0+346.32
8	56.40	K0+346.32	K0+402.72
9	26.87	K0+402.72	K0+429.59
10	53.53	K0+429.59	K0+483.12
11	49.04	K0+483.12	K0+532.16
12	25.61	K0+532.16	K0+557.77
13	10.70	K0+557.77	K0+568.47
14	118.42	K0+568.47	K0+686.89
15	46.38	K0+686.89	K0+733.27
16	56.00	K0+733.27	K0+789.27
17	42.53	K0+789.27	K0+831.80
18	58.31	K0+831.80	K0+890.11
19	21.79	K0+890.11	K0+911.90
20	25.43	K0+911.90	K0+937.33
21	110.92	K0+937.33	K0+1048.25
22	35.84	K0+1048.25	K0+1084.09
23	18.53	K0+1084.09	K0+1102.62

Fuente: Autores, 2016

El primer pozo de registro se ubica debido al cambio de dirección entre los dos primeros alineamientos, los cuales forman un ángulo de 118 grados, los siguientes pozos de registros se ubican cada 80 metros aproximadamente, procurando evitar exceder esta distancia, caso contrario no sería lo más apropiado para el mantenimiento del canal.

#### **4.2.3.2 Pre-dimensionamiento hidráulico**

Tal y como se comentó anteriormente, los caudales obtenidos para el pre-dimensionamiento hidráulico del futuro diseño son algo superiores a los del diagnóstico del sistema existente.

En base a esos caudales y a los puntos en donde han de ser considerados, se han calculado las distintas secciones hidráulicas. Como ya se explicó anteriormente, se ha seguido un proceso iterativo entre el diseño del alzado y el cálculo geométrico de la sección, de manera que se obtuviera una combinación óptima entre pendiente y velocidad, tratando de minimizar los movimientos de tierra y las afectaciones prediales. Cabe mencionar que en todos los tramos ha sido necesario proyectar caídas, pues es la única manera de poder respetar las cotas obligadas y la velocidad máxima admisible de 4m/s. A continuación, se muestra una tabla en la que quedan recogidas las diferentes secciones obtenidas. En los siguientes apartados se describen las particularidades tratadas en los tramos del canal.

**Tabla 4.12** Secciones para la alternativa 3

De	A	Sección tipo	Nº de celdas	Ancho (m)	Alto (m)	Ancho total con servidumbre (m)
0+000,0	0+440,0	1	1	3,00	3,00	12,00
0+440,0	0+980,0	2	1	3,40	3,00	12,00
0+980,0	1+102,62	3	1	3,80	3,00	12,00

Fuente: Autores, 2016

El conducto correspondiente al canal 69a ha sido calculado para un caudal de 17,80, 22,35 y 23,62 m<sup>3</sup>/s. La sección obtenida está formada por tres secciones cajón de diferentes anchos por 3 metros de alto (sin contar el espesor de las paredes).

En este tramo se han tenido que sopesar dos criterios: el de extenderse a lo ancho y afectar a un mayor número de predios, o el de profundizarse y aumentar el movimiento de tierras. Esto es debido a la alta profundidad hidráulica obtenida, que o bien se mantiene o bien se reduce ampliando la base de la sección. Esta profundidad hidráulica es consecuencia del alto caudal manejado y de que el flujo circula en régimen subcrítico. Tratar de aumentar las pendientes y cambiar el régimen haría que las velocidades superaran los 4m/s.

Finalmente, y habiendo establecido las pendientes óptimas con apoyo en las caídas, se llegó a la conclusión de que sería menor el impacto y el coste

realizando conductos cajón de 3,00 m de altura máxima de dos celdas entre las cuales sumarían más de 4,00 m de ancho aproximadamente.

El alineamiento presenta una pendiente uniforme, a lo largo de todo el tramo, de 0,35%.

#### **4.2.3.3 Afectaciones prediales**

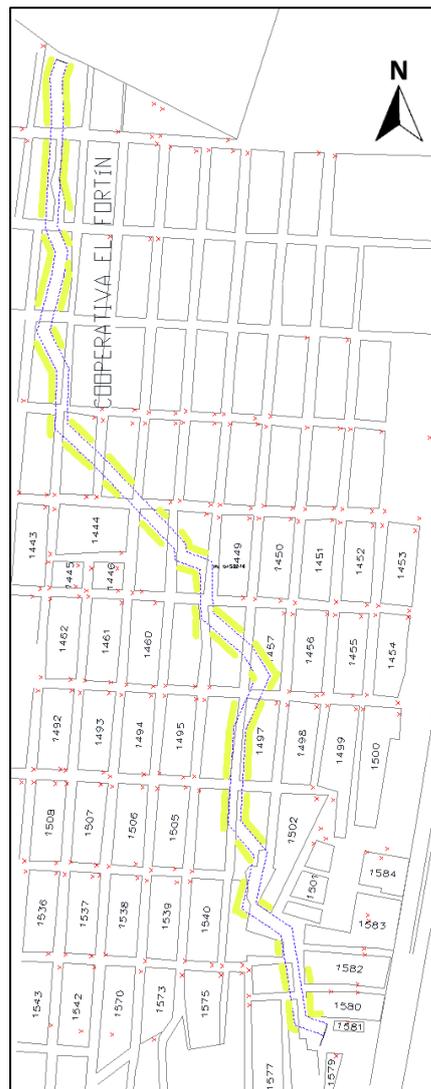
Dado el nivel de invasión de las viviendas sobre el cauce, y debiendo hacer cumplir la ordenanza de servidumbre, resulta imposible no afectar a los predios. No obstante, y como ya se mencionó anteriormente, uno de los principales criterios de diseño ha sido el de minimizar estas afectaciones.

Una vez trazados el eje del conducto, definidos los anchos de los cajones y el ancho de servidumbre (bajo el criterio de mínima afectación), se hizo un análisis del número de predios que se verían afectados, así como del porcentaje de los mismos de todas las manzanas que se encuentran involucradas. En la siguiente tabla se recoge un resumen del número de predios tratados por margen.

**Tabla 4. 13** Afectaciones prediales alternativa 3

Pedios en margen izquierda	Pedios en margen derecha	Total de predios afectados directamente	Área de afectación directa en construcción (m2)
34	40	74	1585.62

Fuente: Autores, 2016



**Figura 4.23** Afectaciones para la alternativa 3

Fuente: Autores, 2016

### **4.3 Comparación de alternativas**

#### **4.3.1 Factibilidad técnica**

La zona objeto de estudio, entendiendo como zona toda la cuenca de drenaje que realiza aportaciones al canal 69a, tiene una característica fundamental a tener en cuenta: el desarrollo urbanístico.

Actualmente las calles están siendo pavimentadas y los particulares realizan mejoras a sus viviendas, lo que afecta directamente a la escorrentía superficial de las calles (la construcción de canalones aporta mayor escorrentía a las vías).

Sin embargo, no siempre se puede estar seguro de los niveles de desarrollo futuros, así como de las posibles conexiones que se puedan acometer en un futuro al canal. Por ello, resultaría más ventajosa la alternativa del canal revestido, que siempre ante eventualidades se va a comportar mejor que un conducto enterrado, pues el flujo, al trabajar en presión, puede generar esfuerzos desproporcionados provocando colapsos en la estructura y en el terreno circundante.

En cuanto a la construcción, el conducto cajón requiere de encofrados más complejos, así como de estructuras especiales que precisan el uso de una gran volumetría de hormigón y una elevada cantidad de mano de obra.

Así pues, por las características de la zona objeto de estudio, que limitan los trazados y disposiciones de los canales a diseñar, se recomienda que la opción técnicamente más favorable (considerando criterios hidráulicos) es la de canal revestido.

### **4.3.2 Factibilidad económica**

A continuación, se hace un resumen de los resultados obtenidos en el presupuesto referencial.

#### **4.3.2.1 Coste de ejecución**

Tal y como se mencionaba anteriormente, la construcción del conducto cajón es más compleja y requiere de mayores cuantías de material y mano de obra. Es por eso que el coste económico es aproximadamente el 86% más que costo del canal revestido y un 400% en caso de ser un canal excavado sin revestir.

A continuación, se muestra un resumen de los costes de construcción del canal, sin tener en cuenta otros como podrían ser las expropiaciones. Quedan desglosados por alternativa:

**Tabla 4.14** Coste de construcción de las alternativas

<b>Costo construcción</b>	<b>Sin revestir (millones de \$)</b>	<b>Canal revestido (millones de \$)</b>	<b>Conducto cajón (millones de \$)</b>
<b>Total:</b>	<b>0,98</b>	<b>2,10</b>	<b>3,92</b>

Fuente: Autores, 2016

Como se aprecia en la TABLA 4.14, solo teniendo en cuenta los costos de construcción, la alternativa del conducto cajón representa la opción más costosa. Si se consideran el resto de rubros implicados en el proyecto (afectaciones prediales, instalaciones o reposición de servicios existentes entre otros), se obtiene que el coste final es de 2,79 para el canal excavado sin revestir, un 3,53 millón de dólares para el revestido y 4,82 millones de dólares para el conducto cajón.

#### **4.3.2.2 Coste de mantenimiento**

Los costes de mantenimiento representan una partida infravalorada en muchos proyectos, pero que tienen una relevancia considerable. Más aun en el caso de estructuras hidráulicas, pues la escasez de mantenimiento puede alterar en gran medida los comportamientos esperados de los flujos de agua.

Una operadora de aguas debe conocer lo que le va a costar mantener las estructuras al año, y con ello decidir si serán capaces o no de asumir estos costos. De no realizarse este balance económico, se podría incurrir en el abandono de las estructuras por falta de presupuesto, con la consiguiente alteración del funcionamiento hidráulico.

En este sentido, tanto el canal revestido como el conducto cajón presentan sus ventajas. El canal revestido es menos costoso de mantener en cuanto a que resulta más accesible. Sin embargo, los mantenimientos serían más frecuentes pues al estar descubierto la gente puede utilizarlo como vertedero de basura.

Pese a esta última consideración, cabe hacer hincapié en que el correcto funcionamiento del conducto cajón depende de que no se alteren las condiciones de flujo para las que ha sido proyectado. Cualquier acumulación de escombros en la solera podría generar un resalto, cambiando así el régimen de flujo para el que se ha diseñado, pudiendo presentar incapacidad hidráulica en alguna sección del mismo. Esto es algo a tener en cuenta pues al no estar cubiertos el canal aguas arriba, cualquier vertido de basura que se diera en los mismos y los propios arrastres de vegetación del canal tras las lluvias intensas, obstruirían el conducto y provocarían su incapacidad. Esta tendría sus consecuencias aguas arriba, lo que provocaría una crecida la cota de la lámina de agua inundando los predios aledaños a las márgenes.

Así pues, pese a que en condiciones normales un conducto cajón podría presentar ventajas en cuanto a la frecuencia de mantenimiento.

### **4.3.3 Factibilidad socio-ambiental**

#### **4.3.3.1 Coste ambiental**

El presente proyecto tiene una particularidad, y es que ambas alternativas tienen el mismo trazado en planta por lo que la afectación ambiental en ese sentido será la misma.

Sin embargo, hay otros impactos ambientales, derivados de la fase constructiva o de explotación, que difieren según sea la alternativa considerada. A continuación, se presentan los aspectos más relevantes.

En primer lugar, los movimientos de tierra a realizar con el conducto cajón son un 30% menores a los del canal revestido, por lo que la maquinaria a emplear y las emisiones generadas serán menores en la construcción de la alternativa dos. Sin embargo, considerando un Análisis del Ciclo de Vida (ACV) completo, cabe tener en cuenta que los volúmenes de hormigonado serán mayores con el conducto cajón, por lo que la contaminación producida en el origen de la fabricación del hormigón será mayor para el conducto cajón que para el revestido.

En relación a la fase de explotación de la estructura, la alternativa con conducto cajón presenta un impacto ambiental menor:

- Impacto social menor, al ser una alternativa más segura para el ciudadano.
- Menor impacto paisajístico por ser una estructura enterrada
- No supone una barrera física para el paso de fauna. Los animales podrían morir ahogados al intentar cruzar el canal revestido.
- Permite una recuperación de la vegetación en superficie, pues al estar soterrado se podrían recuperar los estratos vegetales suprimidos desbrozados en la construcción del mismo.
- Menor contaminación del agua. Se reducirían los vertidos incontrolados a lo largo de todo el conducto cajón. Al ser una estructura cerrada, no es posible hacer una conexión tan fácilmente o depositar cualquier tipo de basura, por lo que se tendría un mayor control de vertidos en la zona.
- Mejor calidad del aire. El vertido incontrolado procedente de las letrinas o redes no reguladas origina en las aguas procesos de descomposición biológica, en los que las bacterias consumen el oxígeno del agua para descomponer la materia orgánica. Acabado el oxígeno, los procesos de descomposición de los organismos anaeróbicos generan gases que provocan malos olores y una

reducción de la calidad del aire en la zona. Todo esto se evitaría con el conducto cajón.

- Menor cantidad de organismos vectores. El canal descubierto, debido a que es más susceptible de ser contaminado, induce a que entorno a él se desarrollen colonias de organismos vectores, que no son más que agentes infecciosos encargados de transmitir enfermedades. Así pues, con el conducto cajón se mejorarían las condiciones de salubridad existentes.

De esta manera, en términos generales, la alternativa más respetuosa con el medio ambiente sería la del conducto cajón.

#### **4.3.3.2 Coste social**

Los costes sociales forman parte del balance ambiental de un proyecto. Sin embargo, se ha querido separar por la importancia que tienen para este proyecto en concreto.

Tal y como se ha comentado en varias ocasiones, la zona objeto de estudio se caracteriza por la ocupación descontrolada de los terrenos aledaños al cauce del canal aguas arriba del sector Flor de Bastión. Asimismo, los vecinos de la zona tienen unas costumbres ya consolidadas en cuanto al uso

del canal existente como vertedero y como zona de paso utilizando viguetas o tableros.

Esta obra supondría, no solo tener que expropiar un número considerable de predios, sino cambiar las costumbres de todos los habitantes de la zona.

De forma general, el conducto cajón permitirá una menor cantidad de predios afectados, pues el canal revestido permite evitar de manera más fácil las viviendas existentes, pero las secciones transversales, incluyendo servidumbres, son de mayor ancho. Por su parte, el conducto cajón permite afectar menos en cuanto a sección transversal, pero dada la rigidez de su trazado es más difícil evitar algunos de los predios existentes.

Así pues, en relación a la afectación predial la alternativa del canal revestido presenta una diferencia significativa.

Por otro lado, en relación a la seguridad ciudadana, la alternativa del conducto cajón es la más indicada. Los vecinos de la zona han desarrollado costumbres de paso de una margen a otra del canal, las cuales es imposible cambiar a menos que se construyera un muro de elevada altura. De esta manera, el canal revestido conllevaría un problema de caídas y ahogamientos. Si es cierto que se pueden establecer medidas de protección, tales como vallas, rampas y escaleras de salida o cuerdas de agarre

ubicadas a lo largo de una sección transversal o disuasión. Sin embargo, el proyectista debe conocer las características sociales de la zona y saber que no por llevar a cabo estas medidas, la población va a estar más segura.

Por otro lado, el conducto cajón presenta una ventaja en cuanto a la salubridad. Además de vertidos comunes, en los canales descubiertos la población suele arrojar materia orgánica mayor (como cadáveres de animales). La presencia de todos estos contaminantes en el agua, como ya se ha mencionado en los anteriores párrafos, atrae a insectos y agentes patógenos que se encargan de transmitir enfermedades a los habitantes de la zona.

Con todo esto se llega a la conclusión de que la alternativa más adecuada, en cuanto al impacto social, es la del conducto cajón.

#### **4.4 Ventajas del proyecto**

- Una de las principales ventajas para el desarrollo de las alternativas es que se cuenta con un drenaje natural pluvial presentado un canal ya excavado minimizando la excavación y el costo del proyecto.
- El drenaje actual de la zona se ve facilitado debido a que en la zona aguas abajo específicamente el sector Lote Multipropósito ya se

cuenta un sistema diseñado y construido que ayuda a evacuar de manera más rápida las aguas lluvias y nos da un estimado de las dimensiones de las secciones transversales de este proyecto.

- La pendiente longitudinal de la rasante del canal natural ofrece una gran ventaja ya que por su inclinación ayuda a la rápida evacuación de las aguas lluvias favoreciendo a que se obtengan secciones con menores anchos y una a la vez una menor afectación predial al momento de diseñar.

#### **4.5 Restricciones del proyecto**

- En cuanto a la topografía de la zona y a su vulnerabilidad no se tuvo acceso a lugares específicos complicando de esta manera la toma de datos y al desarrollo de un levantamiento más detallado.
- Al momento de construir se deberá tomar una buena decisión en cuanto al manejo de agua ya que el proyecto a desarrollar se encuentra en una zona con alta densidad poblacional y esto podría traer más afectaciones al sector.
- Una de las principales desventajas en el desarrollo del proyecto es que se cuenta con un gran número de casas invadiendo los bordes

del canal natural lo cual limita el planteamiento y selección de las alternativas apropiadas.

- Considerando las afectaciones prediales la primera alternativa fue inviable ya que debido a un canal sin revestir presenta a una mayor rugosidad y con esto mayores secciones canal afectando directamente los predios aledaños al canal.
- El canal revestido presenta una desventaja por el ancho superficial de sus secciones transversales sumado a estas la ordenanza de servidumbre, afectando de igual manera los predios cercanos al canal.
- El costo de construcción es muy importante en la selección de una alternativa, y el conducto cajón tiene su desventaja en este criterio debido a que presenta un costo más elevado a las dos alternativas anteriores.

# **CAPÍTULO 5**

## **5. DISEÑO HIDRÁULICO DEL CONDUCTO CAJÓN (CANAL ENTERRADO)**

En el presente capítulo se presenta el desarrollo del proceso de diseño hidráulico de todos los componentes de la tercera alternativa para el manejo de las aguas lluvias que drenan por el canal 69a. Se incluyen los criterios de diseño que se han tenido en cuenta, así como el diseño hidráulico del conducto cajón y sus obras especiales asociadas, de manera que se logre un comportamiento adecuado para las condiciones de diseño establecidas, minimizando las afectaciones prediales y los movimientos de tierras requeridos para su respectiva construcción.

### **5.1 Criterios de diseño**

A continuación, se definen y establecen las condiciones para calcular y determinar los diferentes parámetros de diseño del conducto cajón pertenecientes al sistema de alcantarillado pluvial troncal de la zona del Cuadrante. Los parámetros de diseño constituyen los elementos básicos para desarrollar el diseño hidráulico bajo condiciones de flujo gradualmente variado para diferentes periodos de retorno.

### **5.1.1 Periodo de recurrencia**

Se define como periodo de recurrencia (o de retorno) de eventos hidrológicos máximos en obras de drenaje, el tiempo promedio, expresado en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez.

Su selección está en función de la ocurrencia de eventos de creciente, así como de la importancia de la zona. Se determina de acuerdo a la importancia de las áreas que puedan ser afectadas y por los daños, perjuicios o molestias causados por posibles inundaciones periódicas que impacten sobre los habitantes, el tráfico vehicular, el comercio y la industria entre otros.

En el caso del diseño de esta alternativa, se adoptó como periodo de recurrencia el de 10 años. Este periodo de retorno fue considerado para todo el sistema.

### **5.1.2 Caudal de diseño**

La estimación de los caudales fue realizada mediante modelos lluvia-escorrentía que representan los hietogramas de precipitación e hidrogramas de respuesta de las áreas de drenaje y que eventualmente tienen en cuenta la capacidad de amortiguamiento de las ondas de creciente. En concreto, se empleó el modelo hidrológico HEC-HMS, el cual realiza el cálculo del

hidrograma total considerando el hidrograma unitario afectado por la escorrentía directa o precipitación efectiva en cada duración unitaria del hidrograma, el cual se va desplazando de acuerdo a la duración para todos los incrementos de la lluvia efectiva.

De la misma manera se estimaron los caudales por medio del método racional el cual consiste en considerar la escorrentía de la zona, la intensidad de la lluvia y el área de drenaje.

La obtención de los caudales de diseño se realizó para cada uno de los periodos de retorno definidos, que para el caso del canal en estudio fueron de 2, 5, 10 y 25 años. Las tablas muestran los caudales máximos calculados por medio del método racional para los periodos de retorno definidos correspondientes al aporte de cada subcuenca de la zona del proyecto.

**Tabla 5.1** Caudal máximo para un periodo de retorno de 2 años

Periodo de retorno (TR): 2 años								
Subcuenca	Longitud (m)	Pendiente (m/m)	Área Subcuenca (Ha)	Número de Curva	Tiempo de concentración (min)	Tiempo de retardo (min)	Intensidad (mm/h)	Caudal máx (m <sup>3</sup> /s)
1.1	933.54	0.02	26.4	77.76	53.57	32.14	42.874887	1.1633386
1.2	613.81	0.04	14.3	78.75	27.83	16.7	63.740426	0.9368072
1.3	840.82	0.03	16.8	80.31	44.24	26.54	48.286158	0.833741
1.4	1107.55	0.06	15.4	79.45	36.44	21.86	54.341045	0.860098
1.5	705.66	0.02	11.6	76.35	51.62	30.97	43.880964	0.5231586
1.6	1154.21	0.03	29.1	80.29	58.21	34.93	40.693238	1.2170669
1.7	802.18	0.05	15.3	79.7	31.86	19.11	58.880313	0.9258929
1.8	1378.46	0.04	115	79.46	54.62	32.77	42.356202	5.0062678
2.1	1938.86	0.06	45.9	78.97	58.24	34.94	40.680014	1.9190796
6.8	507.27	0.04	5.77	69.5	33.63	20.18	57.018671	0.3381366
6.9	481.21	0.05	6.39	79.29	22.1	13.26	72.690315	0.4773936
6.10	835.06	0.03	19.7	79.12	41.84	25.11	49.967538	1.0117038
							<b>TOTAL</b>	<b>15.212685</b>

Fuente: Autores, 2016

**Tabla 5. 2** Caudal máximo para un periodo de retorno de 5 años

Periodo de retorno (TR): 5 años								
Subcuenca	Longitud (m)	Pendiente (m/m)	Área Subcuenca (Ha)	Número de Curva	Tiempo de concentración (min)	Tiempo de retardo (min)	Intensidad (mm/h)	Caudal máx. (m <sup>3</sup> /s)
1.1	933.54	0.02	26.4	77.76	53.57	32.14	50.562925	1.4831791
1.2	613.81	0.04	14.3	78.75	27.83	16.7	75.169933	1.1943667
1.3	840.82	0.03	16.8	80.31	44.24	26.54	56.944509	1.0629642
1.4	1107.55	0.06	15.4	79.45	36.44	21.86	64.085118	1.0965676
1.5	705.66	0.02	11.6	76.35	51.62	30.97	51.749405	0.6669923
1.6	1154.21	0.03	29.1	80.29	58.21	34.93	47.990077	1.5516792
1.7	802.18	0.05	15.3	79.7	31.86	19.11	69.438338	1.1804517
1.8	1378.46	0.04	115	79.46	54.62	32.77	49.951233	6.3826576
2.1	1938.86	0.06	45.9	78.97	58.24	34.94	47.974482	2.4466986
6.8	507.27	0.04	5.77	69.5	33.63	20.18	67.242878	0.4311016
6.9	481.21	0.05	6.39	79.29	22.1	13.26	85.724656	0.6086451
6.10	835.06	0.03	19.7	79.12	41.84	25.11	58.927382	1.2898549
							<b>TOTAL</b>	<b>19.395159</b>

Fuente: Autores, 2016

**Tabla 5. 3** Caudal máximo para un periodo de retorno de 10 años

Periodo de retorno (TR): 10 años								
Subcuenca	Longitud (m)	Pendiente (m/m)	Área Subcuenca (Ha)	Número de Curva	Tiempo de concentración (min)	Tiempo de retardo (min)	Intensidad (mm/h)	Caudal máx (m <sup>3</sup> /s)
1.1	933.54	0.02	26.4	77.76	53.57	32.14	57.281923	1.80629
1.2	613.81	0.04	14.3	78.75	27.83	16.7	85.158806	1.4545597
1.3	840.82	0.03	16.8	80.31	44.24	26.54	64.511517	1.2945311
1.4	1107.55	0.06	15.4	79.45	36.44	21.86	72.600998	1.335455
1.5	705.66	0.02	11.6	76.35	51.62	30.97	58.626067	0.8122967
1.6	1154.21	0.03	29.1	80.29	58.21	34.93	54.367185	1.8897127
1.7	802.18	0.05	15.3	79.7	31.86	19.11	78.665574	1.4376134
1.8	1378.46	0.04	115	79.46	54.62	32.77	56.588947	7.7731207
2.1	1938.86	0.06	45.9	78.97	58.24	34.94	54.349517	2.9797123
6.8	507.27	0.04	5.77	69.5	33.63	20.18	76.178373	0.5250171
6.9	481.21	0.05	6.39	79.29	22.1	13.26	97.116082	0.7412385
6.10	835.06	0.03	19.7	79.12	41.84	25.11	66.757882	1.57085
							<b>TOTAL</b>	<b>23.620397</b>

Fuente: Autores, 2016

Tabla 5. 4 Caudal máximo para un periodo de retorno de 25 años

Periodo de retorno (TR) de 25 años								
Subcuenca	Longitud (m)	Pendiente (m/m)	Área Subcuenca (Ha)	Número de Curva	Tiempo de concentración (min)	Tiempo de retardo (min)	Intensidad (mm/h)	Caudal máx (m <sup>3</sup> /s)
1.1	933.54	0.02	26.4	77.76	53.57	32.14	67.553334	2.2787991
1.2	613.81	0.04	14.3	78.75	27.83	16.7	100.42891	1.8350594
1.3	840.82	0.03	16.8	80.31	44.24	26.54	76.079291	1.6331688
1.4	1107.55	0.06	15.4	79.45	36.44	21.86	85.619323	1.684798
1.5	705.66	0.02	11.6	76.35	51.62	30.97	69.138501	1.0247862
1.6	1154.21	0.03	29.1	80.29	58.21	34.93	64.115945	2.3840446
1.7	802.18	0.05	15.3	79.7	31.86	19.11	92.771358	1.8136801
1.8	1378.46	0.04	115	79.46	54.62	32.77	66.736099	9.806499
2.1	1938.86	0.06	45.9	78.97	58.24	34.94	64.095109	3.7591782
6.8	507.27	0.04	5.77	69.5	33.63	20.18	89.838169	0.6623569
6.9	481.21	0.05	6.39	79.29	22.1	13.26	114.53029	0.9351398
6.10	835.06	0.03	19.7	79.12	41.84	25.11	78.728459	1.9817703
							<b>TOTAL</b>	<b>29.79928</b>

Fuente: Autores, 2016

Analizando los hietogramas se obtuvieron los caudales de diseño para cada punto de aporte, con la ayuda del sistema de modelación hidrológica HEC-HMS y por medio del método racional el cual seleccionamos uno. En la figura se indican todos los puntos de aporte de caudal considerados para el diseño hidráulico de los canales.



**Figura 5. 1** Caudales introducidos al modelo hidráulico  
Fuente: Google Earth, 2016

En la Tabla se reflejan los caudales correspondientes a la situación actual y que fueron la base para el diagnóstico.

**Tabla 5.5** Caudales de diseño

<b>Punto</b>	<b>Tr 2</b>	<b>Tr 5</b>	<b>Tr 10</b>	<b>Tr 25</b>
<b>1</b>	11.47	14.62	17.80	22.46
<b>2</b>	13.39	17.07	20.78	26.22
<b>3</b>	14.87	18.96	23.10	29.14
<b>4</b>	15.21	19.40	23.62	29.80

Fuente: Autores, 2016

### 5.1.3 Velocidad mínima

En general, la velocidad mínima permisible está determinada por el valor que evite la sedimentación de los materiales y no induce al crecimiento de plantas acuáticas y de musgo, producto del arrastre ocasionado por la escorrentía superficial. Puede adoptarse una velocidad media de 0.60 a 0.90 m/s, cuando el porcentaje de limos presente en el canal es pequeño (Chow, 1959)

Para el diseño del conducto cajón se adoptó una velocidad mínima de 0,60 m/s para favorecer la autolimpieza de los sedimentos. Sin embargo, se deben programar jornadas de limpieza y mantenimiento de los cajones y sus estructuras especiales de forma periódica (especialmente después de eventos de creciente), de manera que se minimice la obstrucción del área de flujo y se garanticen condiciones adecuadas de funcionamiento.

#### **5.1.4 Velocidad máxima**

La velocidad máxima en los canales de drenaje depende del riesgo de erosión que éstos puedan sufrir, el cual es función del material en que estén construidos. Para canales revestidos en hormigón, la velocidad máxima de flujo adoptada es de 8 m/s.

#### **5.1.5 Pendiente mínima**

La pendiente mínima de diseño debe ser tal que se evite la sedimentación de las partículas producto del lavado producido por la escorrentía superficial. Para este caso, la pendiente mínima está determinada para cumplir con lo descrito en el numeral 5.1.3 del presente documento.

#### **5.1.6 Pendiente máxima**

El valor de la pendiente máxima admisible es aquel para el cual se tenga una velocidad máxima definida en numeral 5.1.4 del presente informe.

#### **5.1.7 Métodos de cálculo de canales**

Para el dimensionamiento de la sección transversal del canal para cada alternativa se consideró flujo uniforme utilizando la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_0^{1/2}$$

Donde:

- V: Velocidad media de flujo en la sección transversal (m/s).  
n: Coeficiente de rugosidad de Manning ( $s/m^{1/3}$ ).  
R: Radio hidráulico de la sección transversal ( $m^3/s$ ).  
S<sub>0</sub>: Pendiente longitudinal del fondo o solera del canal (m/m).

El perfil longitudinal del flujo se calculó para una condición de flujo gradualmente variado, considerando el control en la entrega, dado por las condiciones a la entrada de la estructura en cajón de 4 celdas ubicada en la intersección de la vía Perimetral con av. Modesto Luque. Se utilizó la ecuación general para las curvas de remanso establecida, mediante el uso de programas de análisis de flujo gradualmente variado.

### **Borde libre**

El borde libre de un canal es la distancia vertical desde la parte superior del canal hasta la superficie del agua en la condición de diseño. Esta distancia debe ser lo suficientemente grande para prevenir que ondas o fluctuaciones en la superficie del agua causen desbordes por encima de los lados. Para este caso, se adopta un borde libre para canales abiertos, cuyo nivel corresponde al generado por el paso de la creciente de 25 años de periodo de retorno, calculado para secciones independientes.

Puesto que las estructuras especiales pueden generar efectos en el flujo a lo largo del canal, las secciones transversales del canal en las inmediaciones de estas estructuras podrían ser ampliadas para que cuenten con la capacidad de asumir estas variaciones de la lámina de agua, con lo que se adoptaría un borde libre mayor al establecido y definido según los efectos producidos en la lámina de agua.

### 5.1.8 Coeficiente de rugosidad (C)

Para la determinación de los coeficientes de rugosidad se tomaron como referencia los valores establecidos en la práctica de acuerdo a la compilación de valores del "n" de Manning para canales y planicies de inundación publicada en el libro "Hidráulica de Canales Abiertos" de Ven Te Chow, 1959.

**Tabla 5. 6** Valores de Rugosidad de Manning (Chow, V.T., 1959)

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
A. Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos			
A-1.			
Metal			
a. Latón, liso	0.009	0.010	0.013
b. Acero			
1. Estriado y soldado	0.010	0.012	0.014
2. Ribeteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
c. Hierro fundido			
1. Recubierto	0.010	0.013	0.014
2. No recubierto	0.011	0.014	0.016
d. Hierro forjado			
1. Negro	0.012	0.014	0.015
2. Galvanizado	0.013	0.016	0.017
e. Metal corrugado			

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
1. Subdrenaje	0.017	0.019	0.021
2. Drenaje de aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
A-2. No metal			
a. Lucita	0.008	0.009	0.010
b. Vidrio	0.009	0.010	0.013
c. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
d. Concreto			
1. Alcantarilla, recta y libre de basuras	0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras	0.011	0.013	0.014
3. Bien terminado	0.011	0.012	0.014
4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc., recto	0.013	0.015	0.017
5. Sin pulir, formaleta o encofrado metálico	0.012	0.013	0.014
6. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera lisa	0.012	0.014	0.016
7. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa	0.015	0.017	0.020
e. Madera			
1. Machihembrada	0.010	0.012	0.014
2. Laminada, tratada	0.015	0.017	0.020
f. Arcilla			
1. Canaleta común de baldosas	0.011	0.013	0.017
2. Alcantarilla vitrificada	0.011	0.014	0.017
3. Alcantarilla vitrificada con pozos de inspección, entradas, etc.	0.013	0.015	0.017
4. Subdrenaje vitrificado con juntas abiertas	0.014	0.016	0.018
g. Mampostería en ladrillo			
1. Barnizado o lacada	0.011	0.013	0.015
2. Revestida con mortero de cemento	0.012	0.015	0.017
h. Alcantarillados sanitarios recubiertos con limos y babas de aguas residuales, con curvas y conexiones	0.012	0.013	0.016
i. Alcantarillado con batea pavimentada, fondo liso	0.016	0.019	0.020
j. Mampostería de piedra, cementada	0.018	0.025	0.030
B. Canales revestidos o desarmables			
B-1.			
Metal			
a. Superficie lisa de acero			

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
1. Sin pintar	0.011	0.012	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
B-2. No metal			
a. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. Cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
c. Concreto			
1. Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	0.013	0.015
2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
d. Fondo e concreto terminado con llana de madera y con lados de			
1. Piedra labrada, en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.020	0.024
4. Mampostería de piedra cementada	0.020	0.025	0.030
5. Piedra suelta o riprap	0.020	0.030	0.035
e. Fondo de gravas con lados de			
1. Concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.020	0.023	0.026
3. Piedra suelta o riprap	0.023	0.033	0.026
f. Ladrillo			
1. Barnizado o lacado	0.011	0.013	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	0.015	0.018
g. Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2. Piedra suelta	0.023	0.032	0.035

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
h. Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i. Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
j. Revestimiento vegetal	0.030	.....	0.500
<b>C. Excavado o dragado</b>			
a. En tierra, recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
b. En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
c. Excavado con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060
d. Cortes en roca			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040
2. Afilados e irregulares	0.035	0.040	0.050
e. Canales sin mantenimiento, malezas y materiales sin cortar			
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad de flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140
<b>D. Corrientes naturales</b>			
D-1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
a. Corrientes en planicies			

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.045
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos.	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150
b. Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales			
1. Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: cantos rodados con rocas grandes	0.040	0.050	0.070
D-2. Planicies de inundación			
a. Pastizales, sin matorrales			
1. Pasto corto	0.025	0.030	0.035
2. Pasto alto	0.030	0.035	0.050
b. Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
c. Matorrales			
1. Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medios densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales medios densos, en verano	0.070	0.100	0.160
d. Árboles			
1. Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
3. Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
5. Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160
D-3. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de creciente >100 pies). El valor de n es menor que el correspondiente a corrientes menores con descripción similar, debido a que las bancas ofrecen resistencia menos efectiva.			
a. Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0.025	.....	0.060
b. Sección irregular y rugosa	0.035	.....	0.100

De esta manera, se ha considerado un valor de 0.013 para todos los tramos, pues ya sean en conducto cajón o en canal abierto, el material será hormigón encofrado in situ.

## 5.2 Diseño hidráulico del conducto cajón

A continuación, se describe el procedimiento llevado a cabo para diseñar geoméricamente hidráulicamente el conducto cajón, esto es: su alineamiento en planta, su sección transversal, el perfil longitudinal y todas las otras estructuras especiales requeridas para el adecuado comportamiento hidráulico del sistema.

### 5.2.1 Trazado del conducto

En primer lugar, se definió el alineamiento en planta del proyecto. Como punto de partida se tomó el trazado del eje actual del canal. El principal motivo fue el de minimizar las afectaciones prediales, ya que como se ha indicado en varias ocasiones, la mayor parte del canal se ha visto invadidos por asentamientos informales.

Por otra parte, respetar el eje natural del cauce permite minimizar el movimiento de tierras, pues la sección ya se encuentra naturalmente excavada.

A la hora de establecer el trazado tanto en planta como en alzado de los conductos cajón, se han tenido en cuenta ciertos aspectos:

- Los alineamientos en planta han de ser lo más rectilíneos posible, evitando las sinuosidades y procurando que los cambios de dirección sean menores a 60 grados.
- Se ubicarán cuellos de registro para inspección. Por motivos de operación y mantenimiento, la distancia máxima entre cuellos de inspección no excederá de 80 m. Excepcionalmente, se podrán alcanzar distancias mayores, siempre bajo justificación y nunca mayores a 120 metros.

- Se procurará no hacer coincidir las caídas en alzado con cambios bruscos en el alineamiento en planta. Se considera cambio brusco aquel en el que el ángulo entre los ejes de cada alineamiento en planta es menor a  $120^\circ$ .
- Habrá que respetar las cotas obligadas dadas por las alcantarillas proyectadas.
- Se trazarán pendientes no mayores a 0,50% para evitar alcanzar velocidades superiores a 4,0 m/s en el cálculo de secciones independientes. No obstante, se deberá realizar un proceso de retroalimentación para obtener la combinación óptima entre pendiente y velocidad, de manera que se mantenga en los límites de velocidad definidos en los criterios de diseño.
- En la modelación hidráulica, dadas las condiciones de contorno, transiciones, caídas u otras estructuras que influyan en el sistema, se esperarí obtener valores de velocidad no superiores a 8 m/s.
- El trazado óptimo será aquel que minimice los movimientos de tierras, siempre y cuando ello no implique aumentar la sinuosidad del alineamiento. En caso de no ser posible esto, se tratará de elegir un alineamiento en alzado que compense los volúmenes de tierra excavados con los de relleno, y que al mismo tiempo minimice las afectaciones prediales.

Siguiendo los anteriores criterios se llegó a una disposición del trazado que se presenta en la Figura 49, y con mayor detalle, en los planos correspondiente del Anexo. Planos.



**Figura 5. 2** Trazado del conducto cajón  
Fuente: Google Earth, 2016

Una vez definido el trazado general, se perfilaron los alineamientos, ajustándolos para cumplir ciertos criterios dependiendo de si se trataba de un conducto cajón o de un canal abierto revestido. A continuación, se detallan estos condicionantes. Merece señalar que esta alternativa de conducto cajón, responde a la necesidad que esta aporta a las necesidades de la zona.



**Figura 5. 3** Predios invadiendo el lecho del canal  
Fuente: Autores, 2016



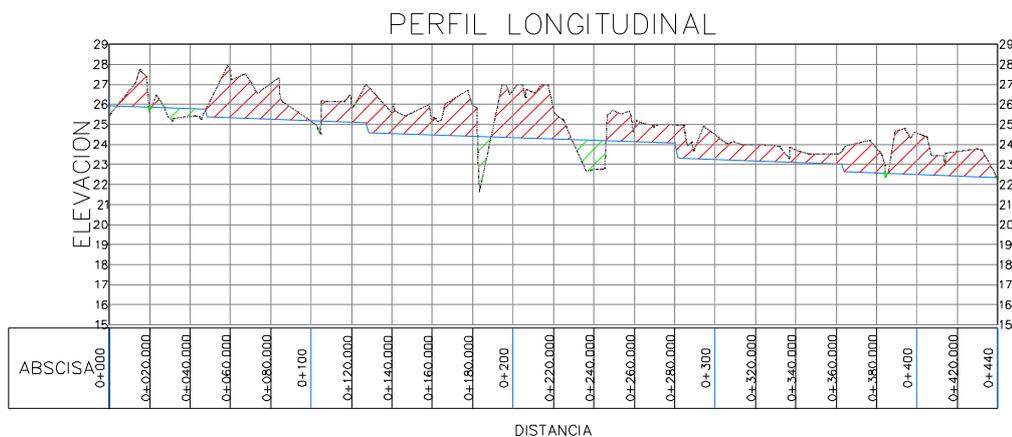
**Figura 5. 4** Predios invadiendo el lecho del canal  
Fuente: Autores, 2016

### 5.2.2 Perfil longitudinal

Tal y como se ha mencionado anteriormente, las pendientes se han establecido de tal forma que se cumplieran las velocidades mínimas y máximas de 0,60 m/s y 4 m/s respectivamente, calculadas las secciones independientemente. En la modelación hidráulica, dados los efectos que pueden producir las estructuras especiales, se esperarían obtener valores de velocidad no superiores a 4 m/s. Asimismo, se han tenido en cuenta los movimientos de tierra, diseñando un perfil longitudinal de tal forma que estos

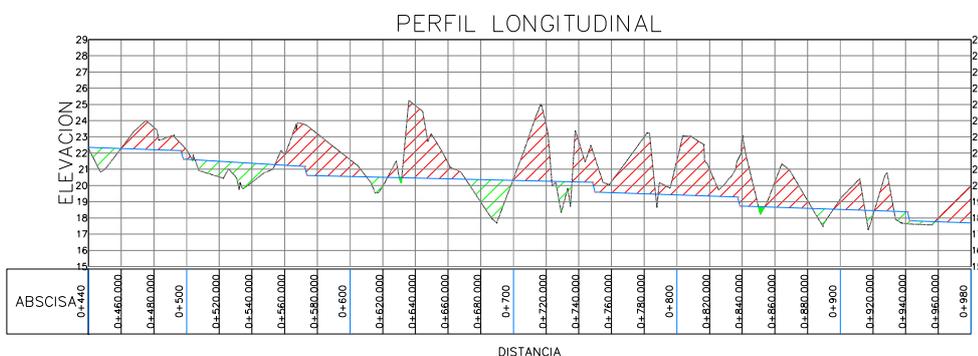
quedaran compensados (rellenos con excavaciones). A estas dos condiciones, velocidad y compensación del movimiento de tierras, se le añade el hecho de que el canal enterrado ha de cumplir con unas cotas ya establecidas. Estas son las definidas por las condiciones de frontera: el inicio del conducto-cajón situado bajo vía Perimetral y Av. Casuarina y para el punto de descarga del canal 69a aguas abajo a la altura del centro comercial Mall el Fortín. Igualmente, los trazados de los perfiles consideran las cotas de interferencia de la Red Troncal Sanitaria (RTS).

La pendiente actual del canal es aproximadamente del 1,43 %. Así pues, las mayores exigencias del trazado en alzado, en cuanto a velocidades máximas. Este se ha diseñado con una pendiente del 0,35% con la ayuda de caídas intermedias. Estas caídas no solo permiten llegar a la cota establecida en el encuentro con el canal 69a aguas abajo con la pendiente del 0,35% (máxima admisible) sino que ayudan a disipar la energía cinética generada en cada tramo. Se han proyectado un total de 4 caídas en este tramo abscisa 0+000 hasta 0+440.



**Figura 5. 5** Perfil longitudinal abscisa 0+000 hasta 0+440  
Fuente: Autores, 2016

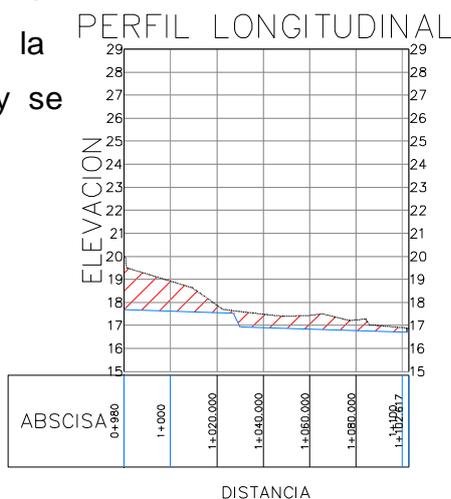
La siguiente figura muestra el perfil longitudinal desde la abscisa 0+440 a 0+980 el cual se diseñó con la misma pendiente de 0.35% y también fue necesario de diseñar 5 caídas de 30 a 60 cm aproximadamente.



**Figura 5. 6** Perfil longitudinal abscisa 0+440 hasta 0+980  
Fuente: Autores, 2016

Para el resto tramo 1+102.62, la valor de 0.35 % y se

del canal 0+980 hasta pendiente mantuvo el diseñaron 1 caidas de 30



a 60 cm aproximadamente.

**Figura 5. 7** Perfil longitudinal abscisa 0+980 hasta 1+102.62  
Fuente: Autores, 2016

A continuación, se presenta una tabla en la que se recogen las pendientes y longitudes por tramos:

**Tabla 5. 7** Pendiente y longitud del canal diseñado

<b>CANAL</b>	<b>Pendiente (m/m)</b>	<b>Kilómetro inicio</b>	<b>Kilómetro final</b>	<b>Longitud (m)</b>
<b>69a</b>	0,0035	0+000,00	0+440,00	440,00
<b>69a</b>	0,0035	0+440,00	0+980,00	540,00
<b>69a</b>	0,0035	0+980,00	1+102,62	122,62
<b>Longitud total</b>				<b>1102.62</b>

Fuente: Autores, 2016

A continuación, se describen los alineamientos proyectados, destacando las particularidades de cada uno de ellos.

### **5.2.3 Dimensionamiento hidráulico de los conductos cajón**

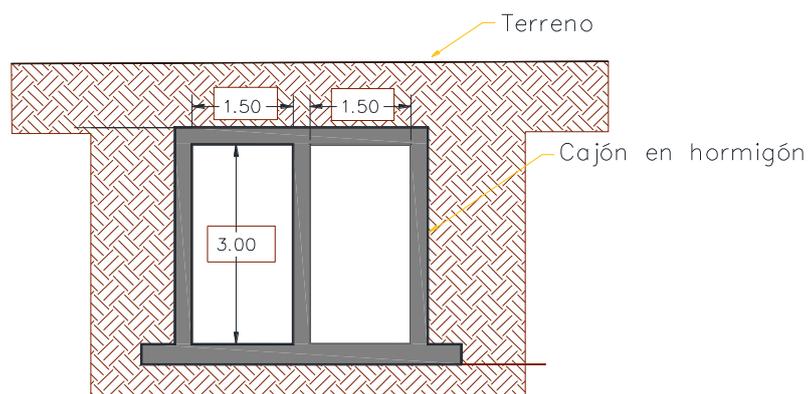
En base a los caudales de diseño y a los puntos en donde han de ser considerados, se han calculado las distintas secciones hidráulicas de cada cajón. Como ya se explicó anteriormente, se ha seguido un proceso iterativo entre el diseño del alzado y el cálculo geométrico de la sección, de manera que se obtuviera una combinación óptima entre pendiente y velocidad, tratando de minimizar los movimientos de tierra y las afectaciones prediales. Cabe mencionar que en todos los tramos ha sido necesario proyectar caídas, pues es la única manera de poder respetar las cotas obligadas y la velocidad máxima admisible de 4m/s.

#### **5.2.3.1 Borde libre y secciones transversales típicas**

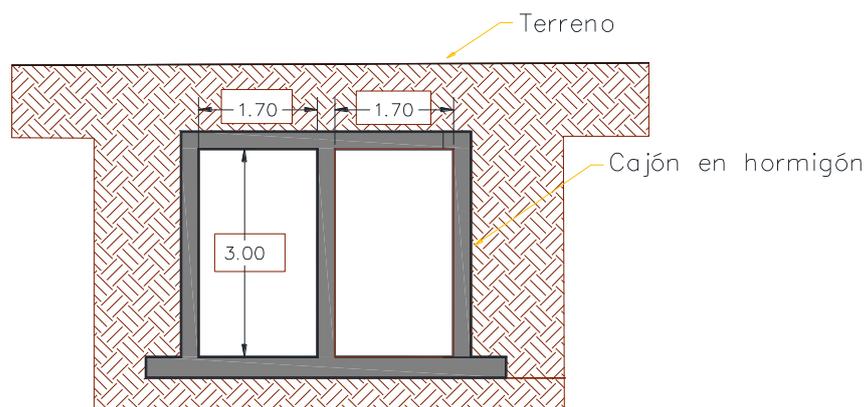
Tanto el perfil longitudinal de los tramos como las secciones son las mismas que las presentadas en el análisis de alternativas.

Así pues, la metodología de cálculo de las secciones ha sido la misma: mediante un proceso iterativo para determinar las combinaciones óptimas entre la pendiente longitudinal y las secciones transversales.

A continuación, se explican los diseños hechos para cada canal. De forma general, merece mencionar que se han proyectado 3 secciones de diferentes anchos. De la FIGURA 53 a la FIGURA 55, así como en la TABLA 35 se puede observar un resumen de las mismas, en el que se recoge el tipo de sección, dimensiones, y tramos en los que se encuentra.

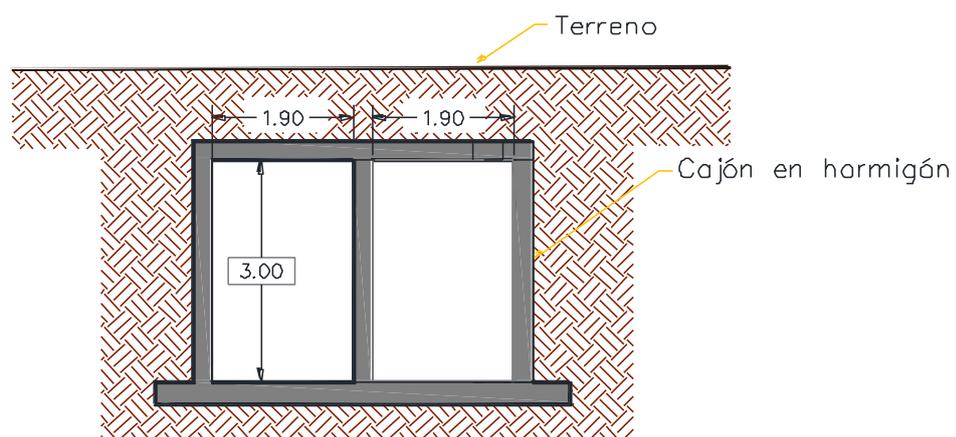


**Figura 5. 8** Sección tipo 1 (2 celdas)  
Fuente: Autores, 2016



Sección tipo	No. celdas	$S_0$ (m/m)	Ancho B (m)	Altura h (m)	Talud z	Ancho de servidumbre
Figura 5. 9 Sección tipo 2 (2 celdas)						

Fuente: Autores, 2016



**Figura 5. 10** Sección tipo 3 (2 celdas)

Fuente: Autores, 2016

El resumen de las secciones tipo para cada canal se muestran en la TABLA

5.3

**Tabla 5. 8** Secciones adoptadas para ducto cajón

1	2	0,0035	1,5	3,0	0	9.00
2	2	0,0035	1,7	3,0	0	9.20
3	2	0,0035	1,9	3,0	0	9.40

Fuente: Autores, 2016

El canal enterrado o conducto cajón ha sido diseñado para funcionar en régimen subcrítico con números de Froude inferiores a 0,81. La velocidad en ellos está en torno a los 3 m/s. Presenta tres secciones tipo con dimensiones diferentes.

Tabla 5. 9 Características hidráulicas del conducto cajón

Canal	$Q_d$ ( $m^3/s$ )	Características de la sección					Funcionamiento hidráulico								
		Num. de celdas	Longitud (m)	So (m/m)	Base	Altura	Prof.	Área	Perímetro mojado	Radio hidráulico	Velocidad	$Q_0$ ( $m^3/s$ )	$Q_d/Q_0$	d/h	
					B (m)	h (m)	d (m)	A ( $m^2$ )	Pm (m)	Rh (m)	v (m/s)				
69a	17.80	2	440.00	0.0035	1.5	3.0	2.49	7.46	12.94	0.576	3.15	25.80	0.69	0.83	
69a	22.35	2	540.00	0.0035	1.7	3.0	1.88	6.39	10.91	0.585	3.18	30.88	0.72	0.63	
69a	23.62	2	122.62	0.0035	1.9	3.0	1.74	6.62	10.76	0.615	3.29	36.15	0.65	0.58	

Fuente: Autores, 2016

### 5.3 Estructuras especiales

La presencia de depresiones, cursos de agua, cruces de vías, afectaciones prediales o accidentes topográficos, incorporan condiciones especiales y particulares al canal proyectado, de manera que será necesario considerar estructuras complementarias que permitan superar estos obstáculos. Entre los tipos de estructuras especiales, en el canal enterrado se contemplan los siguientes:

- Sumideros
- Transiciones
- Caídas

La alternativa seleccionada para el manejo de las aguas lluvias del canal 69a tiene una componente principal cajones de hormigón armado, esto es debido a que son muy útiles para los casos donde las afectaciones prediales son importantes, así como donde la geometría requerida lo permita. En estos conductos cajón, se proyectarán los correspondientes sumideros y colectores para captar y transportar las aguas de escorrentía superficial que drenan por la superficie de las calles del sector, hacia las diferentes cámaras de inspección que conectan los tramos de conductos cajón.

De la misma manera deben contar con transiciones debidamente calculadas para el periodo de retorno adoptado, al igual que las caídas para que este tenga una pendiente adecuada y que el flujo no sobrepase la velocidad máxima de diseño para el hormigón (4 m/s).

A lo largo de este numeral, se presenta el diseño hidráulico de tales estructuras.

### **5.3.1 Sumideros**

Son estructuras diseñadas y construidas para cumplir con el propósito de captar las aguas de escorrentía y entregarlas a las coberturas, fuentes superficiales, a las estructuras de conexión o cámaras de inspección de los alcantarillados de lluvias (EPM, 2009).

Estas estructuras pueden ser diseñadas para captar las aguas de manera lateral o transversal a la dirección del flujo y se localizan en vías vehiculares y/o peatonales. Se pueden seguir los siguientes criterios de localización de sumideros:

- Puntos bajos y depresiones.
- Disminución de pendientes longitudinales en vías.
- Antes de puentes o terraplenes.

- Antes de cruces de calles o pasos peatonales.
- Captación de sedimentos.

En el caso del canal 69a se requerirían al menos 1 sitios con sumideros para captar y llevar el agua lluvia que drena por las vías hacia los conductos cajones proyectados. En este orden de ideas, se plantean la colocación de 10 sumideros simple aproximadamente en los bordes del cajón, y sumideros transversales, en donde se pueden identificar puntos bajos y de concentración de flujo de agua por acumulación. El sumidero simple se adaptó para que pueda captar un caudal máximo de 10 l/s y el sumidero transversal para que pueda captar un caudal máximo de 30 l/s por metro de ancho de sumidero. En la TABLA 37 se muestra el resumen del cálculo de los sumideros y su localización en las coordenadas del proyecto.

**Tabla 5. 10** Coordenadas para la colocación de los sumideros

Canal	Coordenadas		Caudal captado l/s
	Este	Norte	
69a	616809.04	9565896.05	10
69a	616856.73	9765901.12	10
69a	616785.90	9765984.73	10
69a	616839.68	9765983.52	10
69a	616776.80	9765993.21	10
69a	616768.60	9766157.43	10
69a	616661.06	9766341.92	30
69a	616733.48	9766340.74	30
69a	616571.16	9766530.81	30
69a	616585.97	9766702.96	30

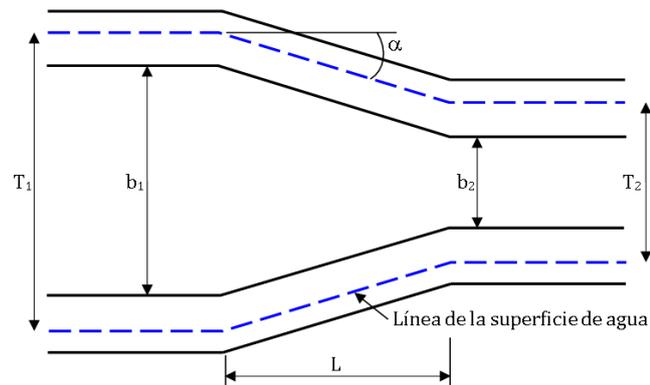
Fuente: Autores, 2016

Estos sumideros deben conectarse a los conductos cajón mediante tuberías de manera que conduzcan las aguas recolectadas a los cajones correspondientes.

### **5.3.2 Transiciones**

Las transiciones se contemplan como medida para reducir las pérdidas de carga hidráulica en los cambios de sección transversal de los cajones. Es decir, la transición es una estructura que se usa para ir modificando en forma gradual la sección transversal de un canal, cuando se tiene que unir dos tramos con diferente forma de sección transversal, pendiente o dirección. Por lo tanto, la finalidad de la transición es evitar que el paso de una sección a la siguiente, de dimensiones y características diferentes, se realice de un modo brusco, reduciendo así las pérdidas de carga en el canal.

Por facilidad de construcción, las transiciones proyectadas para los cambios de sección transversal del canal se diseñarán como transiciones rectas, para las cuales se define una longitud de transición de modo que las pérdidas de energía en el paso entre dos tramos de características diferentes sean las mínimas posibles (ver FIGURA 51).



**Figura 5. 11** Esquema de las transiciones

La longitud de la transición  $L$  se calcula en función del ángulo que forman los espejos de agua antes y después de la transición:

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 \tan \alpha}$$

Donde

$T_1$  y  $T_2$ : Espejos de agua, m

$\alpha$ : Ángulo que forman los espejos de agua

Según el *Bureau of Reclamation* (U.S. Bureau of Reclamation, 1987), se encontró que para  $\alpha = 12,5^\circ$  se consiguen pérdidas de energía mínimas en la

transición, y que éste ángulo puede ser aumentado hasta 22,5° sin que el cambio en la transición sea brusco. Por lo tanto, para la determinación de la longitud óptima de las transiciones rectas del canal enterrado se empleará el ángulo de 12,5°. La longitud mínima por su parte se calculará con el ángulo máximo para transiciones rectas:

$$L_{\text{óptima}} = \frac{T_1 - T_2}{2 \tan(12,5^\circ)}$$

$$L_{\text{mín}} = \frac{T_1 - T_2}{2 \tan(22,5^\circ)}$$

En total se tiene contempladas 3 transiciones para el conducto cajón.

Las transiciones se realizan tanto de estructuras existentes a obras proyectadas, así como entre secciones proyectadas tales como canal – canal, cajón – canal, box culvert – canal. Para todas las transiciones proyectadas se adoptó la longitud óptima redondeada al múltiplo de 50 cm superior.

En algunos casos, el cambio de anchos superficiales entre secciones resulta en longitudes de transiciones inferiores a 1,0 m, en estos casos se adoptó como longitud mínima de transición de 1,0 m, para minimizar las pérdidas de energía.

En la TABLA 5.11 se muestra el cálculo de las longitudes de transición para cada uno de los cambios de sección que se tienen en el trazado del canal, incluyendo las estructuras de cruce:

**Tabla 5. 11** Transiciones utilizadas

Canal	Transición	T <sub>1</sub> (m)	T <sub>2</sub> (m)	L <sub>mín</sub> (m)	L <sub>óptima</sub> (m)	L (m)
69a	SECCION 1-SECCION 2	1,5	1,70	1,0	1,0	1,0
69a	SECCIÓN 2 - SECCIÓN 2	1,7	1,9	1,0	1,0	1,0
69a	SECCION 3 -CANAL 69a aguas abajo	5,00	3,8	1,44	2,7	2,7

Fuente: Autores, 2016

### 5.3.3 Caídas

Las caídas son estructuras utilizadas en aquellos puntos donde es necesario efectuar cambios bruscos en la rasante del canal enterrado como consecuencia de salvar los desniveles existentes entre los puntos de entrada y salida del proyecto, debido a que las pendientes empleadas en el diseño de los mismos son relativamente reducidas como para unir ambos puntos sin el empleo de caídas.

Las caídas, por tanto, permiten unir dos tramos (uno superior y otro inferior) de los cajones, por medio de un plano vertical o inclinado, consiguiendo así que el agua salte libremente o no se desprege del perfil de la caída y caiga en el tramo de abajo.

La finalidad de una caída es conducir agua desde una elevación alta hasta una elevación baja y disipar la energía generada por esta diferencia de niveles.

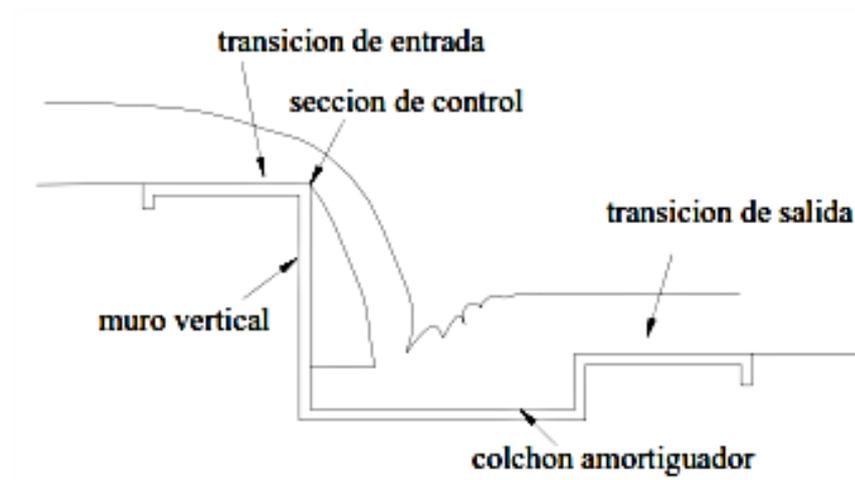
En este sentido se deben distinguir dos tipos de caídas en función del régimen de flujo que impera tanto aguas arriba como aguas abajo de las estructuras de caída. Esto se debe a que el comportamiento del flujo a su paso por las estructuras de caída será diferente en función del tipo de régimen.

Para este caso el flujo es lento como velocidades alrededor de 3m/s, presentado un régimen suscrito a lo largo del conducto cajón.

En las caídas en régimen subcrítico la velocidad aumentará en la propia caída lo que conlleva a que el flujo cambie a régimen supercrítico y posteriormente se reduce la velocidad aguas abajo de la estructura de caída para que el flujo cambie a régimen subcrítico mediante la formación de un resalto hidráulico.

Este tipo de caídas estarán formadas por una caída vertical compuesta por los siguientes elementos:

- Transición a la entrada, que une por medio de un estrechamiento progresivo la sección del canal superior con la sección de control.
- Sección de control, es la sección correspondiente al punto donde se inicia la caída, cercano a este punto se presentan las condiciones críticas.
- Caída en sí, la cual es de sección rectangular y puede ser vertical o inclinada.
- Poza o colchón amortiguador, es de sección rectangular, siendo su función la de absorber la energía cinética del agua al pie de la caída.
- Transición de salida, une la poza de disipación con el canal aguas abajo.



**Figura 5. 12** Elementos de una caída en régimen subcrítico

#### 5.4 Presupuesto referencial de la obra

Se elaboró un presupuesto referencial con base en APU's definidos por INTERAGUA, dividiendo el conducto en secciones tipo. Es decir, se tienen tres secciones tipo (S1, S2, S3) y el material constructivo con que se va a realizar el proyecto es hormigón armado.

Para cada tipo de sección se obtuvieron las correspondientes cantidades de obra, de acuerdo con los diseños hidráulicos y estructurales.

Como resumen se presenta la TABLA 5.12, donde se reflejan los costos directos, indirectos y de afectaciones prediales para cada sección típica definida en el diseño:

**Tabla 5. 12** Resumen de costos del proyecto Canal 69

Conducto Cajón	Sección	Costos directos indirectos	Costo afectaciones prediales	Costo total (\$)	% del costo afectaciones prediales
69 A	S1 (HA)	\$ 1,829,824.66	\$ 202,477.10	2,032,301.76	39.90%
69 A	S2 (HA)	\$ 1,884,703.54	\$ 248,494.62	2,133,198.16	48.97%
69 A	S3 (HA)	\$ 599,038.86	\$ 56,426.68	655,465.54	11.13%
<b>TOTAL, SIN IVA</b>		\$ 4,313,567.06	\$ 507,398.40	4,820,965.46	

Fuente: Autores, 2016

De acuerdo a lo anterior, el valor total de las obras asciende a US\$4'820,965.46. Este valor incluye costos de afectaciones prediales. En la tabla anterior se observa también el porcentaje del costo total que corresponde las afectaciones prediales, de las cuales el tramo que mayor incidencia tiene con respecto al total es la sección S1.

## CONCLUSIONES

1. Los sectores de Flor de Bastión y El Fortín constituyen asentamientos populares no planificados ni supervisados por ninguna institución, por lo cual no cuentan con servicios básicos, esto implica que en épocas lluviosas se presenten grandes problemas en el drenaje pluvial de la zona provocando el colapso de las estructuras hidráulicas existentes afectando de manera directa a los habitantes del sector.
2. Aproximadamente 65000 habitantes del Sector serán beneficiados con este proyecto, mejorando de esta manera su calidad de vida en cuanto su salud, entorno ambiental y social. Se tendrá una debida evacuación de la escorrentía superficial evitando así futuras inundaciones, proliferación de enfermedades, pérdidas humanas y materiales.
3. Teniendo en cuenta que el periodo de diseño para el planteamiento de alternativas fue de 10 años, el canal existente dadas las condiciones actuales de los mismos incluyendo cobertura y uso del suelo, no tiene la capacidad suficiente para contener y transportar un caudal de esta recurrencia. De hecho, para una creciente de 2 años de periodo de retorno el canal presenta desbordamientos considerables, especialmente en la zona aguas abajo, es decir, en cercanías del punto de entrega, afectando significativamente la

población asentada en estas zonas. Esto se debe, en parte, a que todas las estructuras ubicadas a lo largo del trazado del canal, no tienen una capacidad suficiente para contener los caudales que se pueden generar en cada uno de los cruces.

4. Otro factor que incide en los constantes desbordamientos actuales, es el hecho de que el canal presenta invasión en su ronda hidráulica por construcciones informales, esto hace que el canal tenga una rugosidad mayor en sus márgenes, lo cual se refleja en un aumento considerable de la lámina de agua. Por lo tanto, y teniendo en consideración todos estos aspectos, se hace imprescindible el mejoramiento y ampliación de la capacidad hidráulica del canal en toda su longitud, incluyendo las estructuras de paso, de manera que se pueda transportar de manera segura el caudal de diseño de 10 años de periodo de recurrencia.

5. De acuerdo a la topografía del terreno se dividió a la cuenca central en 6 sub-cuencas que van a drenar el agua al conducto hacia el colector ubicado en la avenida Modesto Luque de Flor de Bastión para luego ser descargado al río Daule.

6. Debido a la irregularidad del terreno se presentaron pendientes muy pronunciadas lo cual ayuda a la rápida evacuación del agua superficial

generada por las lluvias, sin embargo estas provocarían daños en el sistema debido a las grandes velocidades, por esto se diseñaron estructuras especiales para evitar este problema.

7. Considerando todos estos resultados se pudo establecer que las tres alternativas más viables para la solución del drenaje pluvial de la zona eran: canal escavado sin revestir, canal revestido (hormigón) y canal enterrado (conducto cajón).

8. En este primer paso se descartó la alternativa de canal escavado sin revestir, pues los caudales manejados llevarían o a velocidades demasiado elevadas que provocarían el arrastre del material de los taludes, o a secciones demasiado anchas que conllevarían una injustificada afectación predial.

9. En cuanto a la segunda alternativa, se la descartó por el costo social ya que por su diseño hidráulico en cuanto a secciones transversales afectaba en gran porcentaje a los predios aledaños al canal existente.

10. Analizando la tercera alternativa, se plantearon dos posibilidades: conducto cajón prefabricado o construido in situ. Finalmente, por condicionantes en cuanto al trazado y a los materiales proporcionados por

los proveedores locales, se consideró inviable el conducto prefabricado. En cuanto a las dos últimas alternativas estudiadas, cabría mencionar que ambas dan solución hidráulica al problema de drenaje de la zona, una presentando mayores anchos de sección transversal (canal revestido) y la otra con un trazado más rígido (conducto cajón).

11. Hechos los pre-diseños, se procedió a valorar las cantidades de obra que se generarían con cada alternativa y con ello, el presupuesto aproximado. Se obtuvo que el conducto cajón iba a tener un costo más elevado que las dos primeras alternativas, con montos totales de 3, 4 y 5 millones de dólares respectivamente.

12. Considerando que el coste económico no es suficiente para valorar la idoneidad de un proyecto, se pasó a valorar el impacto ambiental: sobre el medio físico, sobre el medio cultural, sobre el paisaje o la sociedad entre otros.

13. Con ello se llegó a la conclusión de que el conducto cajón generaría una menor cantidad de impactos en el momento de explotación, pues durante la construcción el impacto de ambas alternativas sería semejante. El canal enterrado evita los vertidos incontrolados, permite que el espacio superior sea reutilizado, no supone una barrera para el paso de la fauna,

permite mejores condiciones de salubridad en la zona y reduce a cero el riesgo de caídas y ahogamientos.

14. Cada una de las alternativas presenta sus ventajas y sus inconvenientes: ninguna es lo suficientemente buena ni lo suficientemente mala, pero por la gran cantidad de predios existentes al borde del canal y por un menor impacto que este generaría, el conducto cajón es la alternativa más factible. El canal a lo largo de toda su longitud presenta viviendas al borde del mismo, por lo que un canal descubierto sería un gran riesgo para los vecinos de la zona. A menos que se expropiaran las viviendas de primera y segunda línea, lo cual es socialmente y económicamente inviable, las entradas de los predios quedarían al borde del canal, por lo que se recomienda proyectar este canal mediante conducto cajón.

15. Como conclusión general, cabe mencionar que la mejor alternativa será aquella que genere menor impacto ambiental: sobre el medio físico, sobre el medio cultural, sobre el paisaje o la sociedad entre otros impactos como se mencionó anteriormente ya que el canal se encuentra sobre toda una población.

## RECOMENDACIONES

1. Controlar los asentamientos informales y concientizar a la población del sector sobre el peligro que se puede presentar construir sus viviendas en lugares que obstruyen el cauce natural del agua, ya que se ha visto en reiteradas ocasiones como el flujo se incrementa en época invernal afectando incluso los cimientos de las casas.
2. Promover el cuidado de las obras de drenaje, como son los canales, sumideros, alcantarillas entre otros, evitando represamientos y limpiando todo tipo de restos que pueden interrumpir el paso del agua. El mantenimiento es imprescindible para el correcto funcionamiento del sistema, por lo que se recomienda programar jornadas de mantenimiento y limpieza periódicas para asegurar que el flujo sea correctamente transportado y evacuado de una forma más segura.
3. Para un mejor diseño se recomienda realizar un levantamiento topográfico más detallado, ya que debido a la localización y forma del terreno se presentaron complicaciones en la toma de datos.

# BIBLIOGRAFÍA

[1] Campos Aranda, Procesos del Ciclo Hidrológico. San Luis Potosí, S.L.P., México: Universidad Autónoma de San Luis de Potosí, 1992.

[2] Chow, V. T, Hidráulica de Canales Abiertos. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana S.A, 1994.

[3] Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. Hidrología Aplicada. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana S.A, 1994

[4] EPM. Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de EPM, Medellín 2009.

[5] Escritt. Sewerage and Sewage Treatment. International Practice. New York: W. D. Haworth. Jhon Wiley, 1984.

[6] FHWA. Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels - HEC-14. Denver, Colorado: National Highway Institute, 2006.

[7] FHWA, HYDRAULIC DESIGN OF HIGHWAY CULVERTS - HDS-5. Washington, 2012.

[8] Haestad Methods, Dyhouse, G., Hatchett, J., & Benn, J. Floodplain Modeling Using HEC-RAS. Exton, Pennsylvania USA: Bentley Institute Press, 2007.

[9] Hidroestudios, Estudios de factibilidad y diseños definitivos del sistema de abastecimiento de agua potable en Flor de Bastión. Guayaquil, 2007.

[10] INEC, CENSO 2010. GUAYAQUIL, GUAYAS, ECUADOR, 2010.

[11] INTERAGUA, Plan de Inversiones de Alcantarillado Sanitario 2011-2013. Guayaquil, 2011.

[12] INVIAS, Manual de Drenaje Para Carreteras. Bogotá D.C., Colombia, 2009.

[13] JVP, Ajuste al Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de la Ciudad de Guayaquil. Guayaquil, 2011.

[14] López Cualla, Elementos de Diseño para Acueductos Alcantarillados. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2004.

[15] Matos Rueda R, Pequeñas Obras Hidráulicas - Aplicación a cuencas andinas. Montevideo: PHI/UNESCO, 2011.

[16] Méndez M. V. Elementos de Hidráulica de Canales. Caracas, 2011.

[17] Monsalve S, Hidrología en la Ingeniería, Segunda Edición ed, Bogotá D.C. Escuela Colombiana de Ingeniería, 1999.

[18] Novak, P., Moffat, A. I., Nalluri, C., & Narayanan, R. Hydraulic Structures. Abingdon, Oxon: Tylor & Francis, 2007.

# **ANEXOS**

**A-1 PLANOS**

**A-2 PRESUPUESTOS**

**A-3 FICHA AMBIENTAL**

## PRESUPUESTOS

### Canal excavado sin revestir

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD DE OBRA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>1.1. OBRA CIVIL.</b>				
<b>1.1.1. PREPARACION DEL SITIO Y REPLANTEO DE LAS OBRAS. SONDEOS</b>				
DESBROCE Y LIMPIEZA DE TALUD INCLUYE TRANSPORTE DEL DESALOJO (PREINVERNAL)	m2	9938.75	0.46	4,571.83
<b>SUB-TOTAL 1</b>				<b>4,571.83</b>
<b>1.1.2 INSTALACIÓN PARA COLECTORES</b>				
TRANSPORTE E INSTALACION DE TUBERIA PVC RIGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA D = 200 -220 MM. PARA COLECTOR.	m.	64.30	2.21	142.10
INSTALACION DE TUBERIA DE HA DE D=40"	m.	58.15	29.74	1,729.38
TRANSPORTE E INSTALACION DE TUBERIA PVC RIGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA D = 160 MM -175 mm. PARA RAMAL DOMICILIARIO	m.	30.00	1.95	58.50
<b>SUB-TOTAL 2</b>				<b>1,929.98</b>
<b>1.1.3 EXCAVACIÓN Y RELLENO PARA COLECTORES</b>	m3	317.45	15.71	4,987.14

EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	317.45	22.87	7,260.08	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	634.90	4.02	2,552.30	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	441.51	11.40	5,033.21	
DEMOLICION DE CAJAS DOMICILIARIAS DE AA.SS.	u.	9.00	12.44	111.96	
DEMOLICION DE ESTRUCTURA DE HA CON EQUIPO	m3	31.59	144.78	4,573.60	
ROTURA Y RESANE DE PARED DE CAJA DOMICILIARIA PARA EMPATE DE RAMAL DOMICILIARIO DE AA.SS.	u.	12.00	11.45	137.40	
<b>SUB-TOTAL 3</b>					<b>24,655.69</b>
<b>1.1.4 CONSTRUCCION DE CÁMARA TIPO I (3 UNIDADES)</b>		<b>3.00</b>			
EXCAVACION EN TIERRA O CONGLOMERADO A MANO	m3	-	5.64	-	
EXCAVACION A MAQUINA HASTA 2.00M DE ALTURA	m3	-	2.84	-	
EXCAVACION A MAQUINA MAYOR A 2.00M HASTA 3.50M DE ALTURA	m3	-	2.64	-	
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	119.95	15.71	1,884.41	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	79.97	22.87	1,828.83	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	199.92	4.02	803.66	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	17.99	11.40	205.11	
ENTIBADO DE PROTECCION A PARTIR DE 1.50M DE PROFUNDIDAD.	m2	113.01	6.86	775.25	

TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 2.01 HASTA 3.50 METROS DE PROFUNDIDAD PARA TUBERIAS DE ALCANTARILLADO	m2	5.43	14.85	80.64	
HORMIGON SIMPLE F'c = 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS MAYORES A 3.01 METROS DE ALTURA CON ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE-ACELERANTE 1% DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3	23.01	241.85	5,564.63	
SUMINISTRO E INSTALACION DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	Kg.	3,377.11	1.79	6,045.02	
IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACION PARA HORMIGON FRESCO	Kg	50.52	3.43	173.28	
SUMINISTRO Y APLICACION DE ADITIVO ADHESIVO EPOXICO PARA LIGAR HORMIGON NUEVO CON EXISTENTE ( SIKADUR 32 PRIMER )	Kg.	6.54	30.22	197.64	
IMPERMEABILIZACIÓN IGOL DENSO MAS IMPRIMANTE DOS MANOS	m2	68.10	12.31	838.31	
SUMINISTRO E INSTALACION DE CINTA PVC 0-15 CM PARA JUNTAS DE CONSTRUCCION.	m.	15.08	7.43	112.04	
BOMBEO DE D=4".	Día	4.20	54.51	228.94	
BOMBEO NOCTURNO DE D=4"	noche	1.80	115.46	207.83	
<b>1.1.5. CONSTRUCCION DE CANAL TRAPEZOIDAL 69 SECCION: 1 L=440m.</b>					
EXCAVACION A MAQUINA MAYOR A 3.50M DE ALTURA	m3		3.18	-	
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	4,266.62	15.71	67,028.60	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	4,266.62	22.87	97,577.60	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	10,562.36	4.02	42,460.69	

RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL DEL LUGAR	m3		4.17	-	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	1,864.97	11.40	21,260.66	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO GRUESO ( PIEDRAS > 15 CM )	m3	1,637.76	12.53	20,521.13	
BOMBEO DE D=4".	Día	179.00	54.51	9,757.29	
TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 2.01 HASTA 3.50 METROS DE PROFUNDIDAD PARA TUBERIAS DE ALCANTARILLADO	m2	15.40	14.85	228.69	
ROTURA Y RESANE DE CAMARA SIN PRESENCIA DE AGUA DE D=20" - 33"	u.		89.85	-	
<b>SUB-TOTAL 5</b>					<b>258,834.66</b>
<b>1.1.6. CONSTRUCCION DE CANAL TRAPEZOIDAL 69A SECCION: 2 L=540m.</b>					
EXCAVACION A MAQUINA MAYOR A 3.50M DE ALTURA	m3		3.18	-	
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	8,064.20	15.71	126,688.58	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	8,064.20	22.87	184,428.25	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	2,398.52	4.02	9,642.05	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL DEL LUGAR	m3		4.17	-	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	4,565.77	11.40	52,049.78	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO GRUESO ( PIEDRAS > 15 CM )	m3	4,293.20	12.53	53,793.80	

BOMBEO DE D=4".	Día	41.00	54.51	2,234.91	
TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 2.01 HASTA 3.50 METROS DE PROFUNDIDAD PARA TUBERIAS DE ALCANTARILLADO	m2	1,177.28	14.85	17,482.67	
ROTURA Y RESANE DE CAMARA SIN PRESENCIA DE AGUA DE D=20" - 33"	u.		89.85	-	
<b>SUB-TOTAL 6</b>					<b>446,320.04</b>
<b>1.1.7 CONSTRUCCION DE CANAL TRAPEZOIDAL 69 D SECCION: 3 L=134.85m.</b>					
EXCAVACION A MAQUINA MAYOR A 3.50M DE ALTURA	m3		3.18	-	
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	3,903.11	15.71	61,317.86	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	3,903.11	22.87	89,264.13	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	2,300.58	4.02	9,248.33	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL DEL LUGAR	m3		4.17	-	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	712.26	11.40	8,119.76	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO GRUESO ( PIEDRAS > 15 CM )	m3	696.80	12.53	8,730.90	
BOMBEO DE D=4".	Día	60.00	54.51	3,270.60	
SUMINISTRO E INSTALACION DE CINTA PVC 0-15 CM PARA JUNTAS DE CONSTRUCCION.	m.	351.40	7.43	2,610.90	
TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 2.01 HASTA 3.50 METROS DE PROFUNDIDAD PARA TUBERIAS DE ALCANTARILLADO	m2	1,700.00	14.85	25,245.00	

ROTURA Y RESANE DE CAMARA SIN PRESENCIA DE AGUA DE D=20" - 33"	u.		89.85	-	
<b>SUB-TOTAL 7</b>					<b>207,807.48</b>
<b>1.1.8 MANEJO DE AGUA.</b>					
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	60.00	15.71	942.60	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	60.00	22.87	1,372.20	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	120.00	11.40	1,368.00	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	120.00	4.02	482.40	
BOMBEO DE D=4".	Día	120.00	54.51	6,541.20	
<b>SUB-TOTAL 8</b>					<b>10,706.40</b>
<b>1.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y FACTORES AMBIENTALES.</b>					
<b>1.2.1. SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SEÑALIZACION.</b>					
COSTO TOTAL DE SEGURIDAD FISICA, INDUSTRIAL Y SEÑALIZACION DE CONFORMIDAD CON EL MANUAL INTERAGUA.	Global	15,980.45	1.00	15,980.45	
<b>SUB-TOTAL 9</b>					<b>15,980.45</b>
<b>1.2.2. RUBROS AMBIENTALES.</b>					
MONITOREO Y MEDICION DE RUIDO	h.	19.00	17.85	339.15	
MONITOREO Y MEDICION DE POLVO PM10 Y PM 2,5	h.	79.00	31.88	2,518.52	
CONTROL DE POLVO ( AGUA )	m3	1,211.00	3.06	3,705.66	

MONITOREO Y MEDICION DE AIRE NOX, SO2, CO2	h.	79.00	38.25	3,021.75	
EVENTOS DE CAPACITACION PARA FISCALIZADORES Y A PERSONAL DEL CONTRATISTA	u.	2.00	340.00	680.00	
<b>SUB-TOTAL 10</b>					<b>10,265.08</b>
<b>1.3 ROMPIMIENTO DE PREDIOS PARA LOS CASOS DE EXPROPIACIÓN</b>					
ROTURA DE AREA DE CONSTRUCCIÓN	m2	4,445.53	320.00	1,422,569.60	
<b>SUB-TOTAL 11</b>					<b>1,422,569.60</b>
<b>(A) TOTAL 1</b>					<b>2,403,641.21</b>
<b>TOTAL OBRA CIVIL</b>					<b>2,403,641.21</b>
<b>2. COSTOS DISPOSICION MATERIAL DESALOJO A IGUANAS.</b>					
DISPOSICIÓN DE MATERIAL DE DESALOJO EN EL BOTADERO DE LAS IGUANAS	Tn.	60,550.27	6.45	390,549.27	
<b>(B) TOTAL 2</b>					<b>390,549.27</b>
<b>Total sin IVA A+B:</b>					<b>2,794,190.48</b>

## Canal excavado revestido con hormigón

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD DE OBRA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	
<b>1.1. OBRA CIVIL.</b>					
<b>1.1.1. PREPARACION DEL SITIO Y REPLANTEO DE LAS OBRAS. SONDEOS</b>					
DESBROCE Y LIMPIEZA DE TALUD INCLUYE TRANSPORTE DEL DESALOJO (PREINVERNAL)	m2	9938.75	0.46	4,571.83	
<b>SUB-TOTAL 1</b>					<b>4,571.83</b>
<b>1.1.2 INSTALACIÓN PARA COLECTORES</b>					
TRANSPORTE E INSTALACION DE TUBERIA PVC RIGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA D = 200 -220 MM. PARA COLECTOR.	m.	64.30	2.21	142.10	
INSTALACION DE TUBERIA DE HA DE D=40"	m.	58.15	29.74	1,729.38	
TRANSPORTE E INSTALACION DE TUBERIA PVC RIGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA D = 160 MM -175 mm. PARA RAMAL DOMICILIARIO	m.	30.00	1.95	58.50	
<b>SUB-TOTAL 2</b>					<b>1,929.98</b>
<b>1.1.3 EXCAVACIÓN Y RELLENO PARA COLECTORES</b>					
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	317.45	15.71	4,987.14	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	317.45	22.87	7,260.08	
	m3	634.90	4.02	2,552.30	

RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	441.51	11.40	5,033.21	
DEMOLICION DE CAJAS DOMICILIARIAS DE AA.SS.	u.	9.00	12.44	111.96	
DEMOLICION DE ESTRUCTURA DE HA CON EQUIPO	m3	31.59	144.78	4,573.60	
ROTURA Y RESANE DE PARED DE CAJA DOMICILIARIA PARA EMPATE DE RAMAL DOMICILIARIO DE AA.SS.	u.	12.00	11.45	137.40	
<b>SUB-TOTAL 3</b>					<b>24,655.69</b>
<b>1.1.4 CONSTRUCCION DE CÁMARA TIPO I (3 UNIDADES)</b>		<b>3.00</b>			
EXCAVACION EN TIERRA O CONGLOMERADO A MANO	m3	-	5.64	-	
EXCAVACION A MAQUINA HASTA 2.00M DE ALTURA	m3	-	2.84	-	
EXCAVACION A MAQUINA MAYOR A 2.00M HASTA 3.50M DE ALTURA	m3	-	2.64	-	
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	119.95	15.71	1,884.41	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	79.97	22.87	1,828.83	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	199.92	4.02	803.66	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	17.99	11.40	205.11	
ENTIBADO DE PROTECCION A PARTIR DE 1.50M DE PROFUNDIDAD.	m2	113.01	6.86	775.25	
TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 2.01 HASTA 3.50 METROS DE PROFUNDIDAD PARA TUBERIAS DE ALCANTARILLADO	m2	5.43	14.85	80.64	

HORMIGON SIMPLE F`C = 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS MAYORES A 3.01 METROS DE ALTURA CON ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE-ACELERANTE 1% DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3	23.01	241.85	5,564.63	
SUMINISTRO E INSTALACION DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	Kg.	3,377.11	1.79	6,045.02	
IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACION PARA HORMIGON FRESCO	Kg	50.52	3.43	173.28	
SUMINISTRO Y APLICACION DE ADITIVO ADHESIVO EPOXICO PARA LIGAR HORMIGON NUEVO CON EXISTENTE ( SIKADUR 32 PRIMER )	Kg.	6.54	30.22	197.64	
IMPERMEABILIZACIÓN IGOL DENSO MAS IMPRIMANTE DOS MANOS	m2	68.10	12.31	838.31	
SUMINISTRO E INSTALACION DE CINTA PVC 0-15 CM PARA JUNTAS DE CONSTRUCCION.	m.	15.08	7.43	112.04	
BOMBEO DE D=4".	Día	4.20	54.51	228.94	
BOMBEO NOCTURNO DE D=4"	noche	1.80	115.46	207.83	
<b>1.1.4.1 CONSTRUCCION DE LOSA CIMENTACIÓN</b>		<b>3.00</b>			
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO GRUESO ( PIEDRAS > 15 CM )	m3	7.50	12.53	93.98	
REPLANTILLO DE H.S. F`C= 140 KG/CM2	m3	0.94	88.17	82.66	
HORMIGON SIMPLE F`C = 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS MAYORES A 3.01 METROS DE ALTURA CON ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE-ACELERANTE 1% DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3	4.69	241.85	1,133.67	
SUMINISTRO E INSTALACION DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	Kg.	11.33	1.79	20.29	
SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE SIKAFLEX 1A	Kg				

PARA RECUBRIMIENTO DE TUBERÍAS		5.70	37.92	216.22	
HORMIGON SIMPLE F`C=210 KG/CM2	m3	1.56	115.90	180.80	
<b>1.1.4.2 CONSTRUCCION DE LOSA DESMONTABLE</b>		<b>3.00</b>			
HORMIGON SIMPLE F`C = 350 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS CON INHIBIDOR DE CORROSION SIN CLORUROS Y MICRO SILICE AL 5 % DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3	3.90	342.58	1,336.70	
SUMINISTRO E INSTALACION DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	Kg.	17.99	1.79	32.20	
SUMINISTRO Y MAQUINACION DE ELEMENTOS DE ACERO ASTM A-36 PARA TUBERIAS, BRIDAS Y ACCESORIOS INCLUYE SANDBLASTING, CON RECUBRIMIENTO GALVANIZADO E=75MICRAS EN CALIENTE.	Kg.	90.72	4.73	429.11	
TAPA DE HIERRO DUCTIL DN 600 MM CLASE D 400 (*)	u.	9.60	227.90	2,187.84	
TRANSPORTE E INSTALACION DE LOSA DESMONTABLE	u.	9.60	31.52	302.59	
SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE MORTERO SIKAGROUT	Kg	48.25	0.74	35.71	
<b>SUB-TOTAL 4</b>					<b>24,997.35</b>
<b>1.1.5. CONSTRUCCION DE CANAL TRAPEZOIDAL 69 SECCION: 1 L=440m.</b>					
EXCAVACION A MAQUINA MAYOR A 3.50M DE ALTURA	m3		3.18	-	
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	2,471.24	15.71	38,823.18	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	2,471.24	22.87	56,517.26	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	10,562.36	4.02	42,460.69	

RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL DEL LUGAR	m3		4.17	-	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	2,215.78	11.40	25,259.89	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO GRUESO ( PIEDRAS > 15 CM )	m3	2,032.49	12.53	25,467.10	
REPLANTILLO DE H.S. F`C= 140 KG/CM2	m3	1,403.52	88.17	123,747.94	
BOMBEO DE D=4".	Día	179.00	54.51	9,757.29	
HORMIGON SIMPLE F`C = 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS HASTA 3.00 METROS DE ALTURA CON ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE-ACELERANTE 1% DEL PESO DEL CEMENTO Y ADITIVO EN POLVO CON SILICE-FUME 5 % DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3	758.03	268.70	203,682.66	
HORMIGON SIMPLE F`C = 350 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS CON INHIBIDOR DE CORROSION SIN CLORUROS Y MICRO SILICE AL 5 % DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3		342.58	-	
SUMINISTRO E INSTALACION DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	Kg.	68,222.46	1.79	122,118.20	
IMPERMEABILIZACIÓN IGOL DENSO MAS IMPRIMANTE DOS MANOS	m2	13,013.03	12.31	160,190.36	
SUMINISTRO E INSTALACION DE CINTA PVC 0-15 CM PARA JUNTAS DE CONSTRUCCION.	m.	878.50	7.43	6,527.26	
TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 2.01 HASTA 3.50 METROS DE PROFUNDIDAD PARA TUBERIAS DE ALCANTARILLADO	m2	15.40	14.85	228.69	
ROTURA Y RESANE DE CAMARA SIN PRESENCIA DE AGUA DE D=20" - 33"	u.		89.85	-	
<b>SUB-TOTAL 5</b>					<b>814,780.52</b>

<b>1.1.6. CONSTRUCCION DE CANAL TRAPEZOIDAL 69A SECCION: 2 L=540m.</b>					
EXCAVACION A MAQUINA MAYOR A 3.50M DE ALTURA	m3		3.18	-	
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	4,975.25	15.71	78,161.18	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	4,975.25	22.87	113,783.97	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	2,398.52	4.02	9,642.05	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL DEL LUGAR	m3		4.17	-	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	5,230.59	11.40	59,628.73	
REPLANTILLO DE H.S. F`C= 140 KG/CM2	m3	107.34	88.17	9,464.22	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO GRUESO ( PIEDRAS > 15 CM )	m3	4,000.00	12.53	50,120.00	
BOMBEO DE D=4".	Día	41.00	54.51	2,234.91	
HORMIGON SIMPLE F`C = 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS HASTA 3.00 METROS DE ALTURA CON ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE-ACELERANTE 1% DEL PESO DEL CEMENTO Y ADITIVO EN POLVO CON SILICE-FUME 5 % DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3	1,162.19	268.70	312,280.45	
HORMIGON SIMPLE F`C = 350 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS CON INHIBIDOR DE CORROSION SIN CLORUROS Y MICRO SILICE AL 5 % DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3		342.58	-	
SUMINISTRO E INSTALACION DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	Kg.	104,597.10	1.79	187,228.81	
IMPERMEABILIZACIÓN IGOL DENSO MAS IMPRIMANTE DOS MANOS	m2	1,108.03	12.31	13,639.87	

SUMINISTRO E INSTALACION DE CINTA PVC 0-15 CM PARA JUNTAS DE CONSTRUCCION.	m.	263.55	7.43	1,958.18	
TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 2.01 HASTA 3.50 METROS DE PROFUNDIDAD PARA TUBERIAS DE ALCANTARILLADO	m2	1,177.28	14.85	17,482.67	
ROTURA Y RESANE DE CAMARA SIN PRESENCIA DE AGUA DE D=20" - 33"	u.		89.85	-	
<b>SUB-TOTAL 6</b>					<b>855,625.04</b>
<b>1.1.7 CONSTRUCCION DE CANAL TRAPEZOIDAL 69 D SECCION: 3 L=134.85m.</b>					
EXCAVACION A MAQUINA MAYOR A 3.50M DE ALTURA	m3		3.18	-	
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	2,905.40	15.71	45,643.83	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	2,905.40	22.87	66,446.50	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	2,300.58	4.02	9,248.33	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL DEL LUGAR	m3		4.17	-	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	1,235.64	11.40	14,086.30	
REPLANTILLO DE H.S. F`C= 140 KG/CM2	m3	115.00	88.17	10,139.55	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO GRUESO ( PIEDRAS > 15 CM )	m3	938.12	12.53	11,754.64	
BOMBEO DE D=4".	Día	60.00	54.51	3,270.60	
HORMIGON SIMPLE F`C = 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS HASTA 3.00 METROS DE ALTURA CON ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE-ACELERANTE 1% DEL PESO DEL CEMENTO Y	m3	309.76	268.70	83,232.51	

ADITIVO EN POLVO CON SILICE-FUME 5 % DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)					
HORMIGON SIMPLE F`C = 350 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS CON INHIBIDOR DE CORROSION SIN CLORUROS Y MICRO SILICE AL 5 % DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3		342.58	-	
SUMINISTRO E INSTALACION DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	Kg.	29,347.43	1.79	52,531.90	
IMPERMEABILIZACIÓN IGOL DENSO MAS IMPRIMANTE DOS MANOS	m2	1,400.00	12.31	17,234.00	
SUMINISTRO E INSTALACION DE CINTA PVC 0-15 CM PARA JUNTAS DE CONSTRUCCION.	m.	351.40	7.43	2,610.90	
TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 2.01 HASTA 3.50 METROS DE PROFUNDIDAD PARA TUBERIAS DE ALCANTARILLADO	m2	1,700.00	14.85	25,245.00	
ROTURA Y RESANE DE CAMARA SIN PRESENCIA DE AGUA DE D=20" - 33"	u.		89.85	-	
<b>SUB-TOTAL 7</b>					<b>341,444.06</b>
<b>1.1.8 MANEJO DE AGUA.</b>					
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	60.00	15.71	942.60	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	60.00	22.87	1,372.20	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	120.00	11.40	1,368.00	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	120.00	4.02	482.40	
BOMBEO DE D=4".	Día	120.00	54.51	6,541.20	
<b>SUB-TOTAL 8</b>					<b>10,706.40</b>

<b>1.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y FACTORES AMBIENTALES.</b>					
<b>1.2.1. SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SEÑALIZACION.</b>					
COSTO TOTAL DE SEGURIDAD FISICA, INDUSTRIAL Y SEÑALIZACION DE CONFORMIDAD CON EL MANUAL INTERAGUA.	Global	15,980.45	1.00	15,980.45	
<b>SUB-TOTAL 9</b>					<b>15,980.45</b>
<b>1.2.2. RUBROS AMBIENTALES.</b>					
MONITOREO Y MEDICION DE RUIDO	h.	19.00	17.85	339.15	
MONITOREO Y MEDICION DE POLVO PM10 Y PM 2,5	h.	79.00	31.88	2,518.52	
CONTROL DE POLVO ( AGUA )	m3	1,211.00	3.06	3,705.66	
MONITOREO Y MEDICION DE AIRE NOX, SO2, CO2	h.	79.00	38.25	3,021.75	
EVENTOS DE CAPACITACION PARA FISCALIZADORES Y A PERSONAL DEL CONTRATISTA	u.	2.00	340.00	680.00	
<b>SUB-TOTAL 10</b>					<b>10,265.08</b>
<b>1.3 ROMPIMIENTO DE PREDIOS PARA LOS CASOS DE EXPROPIACIÓN</b>					
ROTURA DE AREA DE CONSTRUCCIÓN	m2	3,228.69	320.00	1,033,180.80	
<b>SUB-TOTAL 11</b>					<b>1,033,180.80</b>
<b>(A) TOTAL 1</b>					<b>3,138,137.20</b>
<b>TOTAL OBRA CIVIL</b>					<b>3,138,137.20</b>

<b>2. COSTOS DISPOSICION MATERIAL DESALOJO A IGUANAS.</b>					
DISPOSICIÓN DE MATERIAL DE DESALOJO EN EL BOTADERO DE LAS IGUANAS	Tn.	60,550.27	6.45	390,549.27	
<b>(B) TOTAL 2</b>					<b>390,549.27</b>
<b>Total sin IVA A+B:</b>					<b>3,528,686.47</b>

### Presupuesto Conducto Cajón 2 celdas

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD DE OBRA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	
<b>1.1 OBRA CIVIL</b>					
<b>1.1.1 PREPARACION DEL SITIO Y REPLANTEO DE LAS OBRAS. SONDEOS</b>					
PREPARACION DEL SITIO, REPLANTEO DE LA OBRA PARA INSTALACION DE TUBERIAS	m.		0.29	-	
DESBROCE Y LIMPIEZA DE TALUD INCLUYE TRANSPORTE DEL DESALOJO (PREINVERNAL)	m2	9938.75	0.46	4,571.83	
<b>SUB-TOTAL 1</b>					<b>4,571.83</b>
<b>1.1.2 INSTALACIÓN PARA COLECTORES</b>					
TRANSPORTE E INSTALACION DE TUBERIA PVC RIGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA D = 160 MM -175 mm. PARA RAMAL DOMICILIARIO	m.	20.00	1.95	39.00	
TRANSPORTE E INSTALACION DE TUBERIA PVC RIGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA D = 200 -220 MM. PARA COLECTOR.	m.	47.80	2.21	105.64	
INSTALACION DE TUBERIA DE HA DE D=40"	m.	50.00	29.74	1,487.00	
<b>SUB-TOTAL 2</b>					<b>1,631.64</b>
<b>1.1.3 EXCAVACIÓN Y RELLENO PARA COLECTORES</b>					
EXCAVACION A MAQUINA MAYOR A 3.50M DE ALTURA	m3		3.18	-	

EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	260.38	15.71	4,090.49	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	260.38	22.87	5,954.78	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	520.75	4.02	2,093.42	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	362.06	11.40	4,127.48	
DEMOLICION DE CAJAS DOMICILIARIAS DE AA.SS.	u.	8.00	12.44	99.52	
DEMOLICION DE ESTRUCTURA DE HA CON EQUIPO	m3	10.53	144.78	1,524.53	
ROTURA Y RESANE DE PARED DE CAJA DOMICILIARIA PARA EMPATE DE RAMAL DOMICILIARIO DE AA.SS.	u.	9.00	11.45	103.05	
<b>SUB-TOTAL 3</b>					<b>17,993.27</b>
<b>1.1.4 CONSTRUCCION DE CÁMARA TIPO I (1 UNIDADES)</b>		<b>1.00</b>			
EXCAVACION EN TIERRA O CONGLOMERADO A MANO	m3	-	5.64	-	
EXCAVACION A MAQUINA HASTA 2.00M DE ALTURA	m3	-	2.84	-	
EXCAVACION A MAQUINA MAYOR A 2.00M HASTA 3.50M DE ALTURA	m3	-	2.64	-	
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	39.98	15.71	628.14	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	26.66	22.87	609.61	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	66.64	4.02	267.89	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	39.31	11.40	448.11	
ENTIBADO DE PROTECCION A PARTIR DE 1.50M DE PROFUNDIDAD.	m2	37.67	6.86	258.42	

TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 2.01 HASTA 3.50 METROS DE PROFUNDIDAD PARA TUBERIAS DE ALCANTARILLADO	m2	1.81	14.85	26.88	
HORMIGON SIMPLE F'C = 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS MAYORES A 3.01 METROS DE ALTURA CON ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE-ACELERANTE 1% DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3	7.67	241.85	1,854.88	
SUMINISTRO E INSTALACION DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	Kg.	1,125.70	1.79	2,015.01	
IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACION PARA HORMIGON FRESCO	Kg	16.84	3.43	57.76	
SUMINISTRO Y APLICACION DE ADITIVO ADHESIVO EPOXICO PARA LIGAR HORMIGON NUEVO CON EXISTENTE ( SIKADUR 32 PRIMER )	Kg.	2.18	30.22	65.88	
IMPERMEABILIZACIÓN IGOL DENSO MAS IMPRIMANTE DOS MANOS	m2	22.70	12.31	279.44	
SUMINISTRO E INSTALACION DE CINTA PVC 0-15 CM PARA JUNTAS DE CONSTRUCCION.	m.	5.03	7.43	37.35	
BOMBEO DE D=4".	Día	1.40	54.51	76.31	
BOMBEO NOCTURNO DE D=4"	noche	0.60	115.46	69.28	
<b>1.1.4.1 CONSTRUCCION DE LOSA CIMENTACIÓN</b>		<b>1.00</b>			
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO GRUESO ( PIEDRAS > 15 CM )	m3	2.50	12.53	31.33	
REPLANTILLO DE H.S. F'C= 140 KG/CM2	m3	0.31	88.17	27.55	
HORMIGON SIMPLE F'C = 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS MAYORES A 3.01 METROS DE ALTURA CON ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE-ACELERANTE 1% DEL PESO DEL CEMENTO (	m3	1.56	241.85	377.89	

INCLUYE ENCOFRADO)					
SUMINISTRO E INSTALACION DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	Kg.	3.78	1.79	6.76	
SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE SIKAFLEX 1A PARA RECUBRIMIENTO DE TUBERÍAS	Kg	1.90	37.92	72.07	
HORMIGON SIMPLE F'C=210 KG/CM2	m3	0.52	115.90	60.27	
<b>1.1.4.2 CONSTRUCCION DE LOSA DESMONTABLE</b>		<b>1.00</b>			
HORMIGON SIMPLE F'C = 350 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS CON INHIBIDOR DE CORROSION SIN CLORUROS Y MICRO SILICE AL 5 % DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3	1.30	342.58	445.57	
SUMINISTRO E INSTALACION DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	Kg.	6.00	1.79	10.73	
SUMINISTRO Y MAQUINACION DE ELEMENTOS DE ACERO ASTM A-36 PARA TUBERIAS, BRIDAS Y ACCESORIOS INCLUYE SANDBLASTING, CON RECUBRIMIENTO GALVANIZADO E=75MICRAS EN CALIENTE.	Kg.	30.24	4.73	143.04	
TAPA DE HIERRO DUCTIL DN 600 MM CLASE D 400 (*)	u.	3.20	227.90	729.28	
TRANSPORTE E INSTALACION DE LOSA DESMONTABLE	u.	3.20	31.52	100.86	
SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE MORTERO SIKAGROUT	Kg	16.08	0.74	11.90	
<b>SUB-TOTAL 4</b>					<b>8,712.21</b>
<b>1.1.5. CONSTRUCCION DE CONDUCTO CAJÓN 69 SECCION: 1 L=440m.</b>					
EXCAVACION A MAQUINA MAYOR A 3.50M DE ALTURA	m3		3.18	-	
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	2,531.13	15.71	39,764.05	

EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	2,531.13	22.87	57,886.94	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	21,863.77	4.02	87,892.36	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL DEL LUGAR	m3		4.17	-	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	7,455.37	11.40	84,991.22	
REPLANTILLO DE H.S. F´C= 140 KG/CM2	m3	1,335.27	88.17	117,730.72	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO GRUESO ( PIEDRAS > 15 CM )	m3	6,527.25	12.53	81,786.44	
BOMBEO DE D=4".	Día	179.00	54.51	9,757.29	
HORMIGON SIMPLE F´C = 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS HASTA 3.00 METROS DE ALTURA CON ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE-ACELERANTE 1% DEL PESO DEL CEMENTO Y ADITIVO EN POLVO CON SILICE-FUME 5 % DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3	2,029.50	268.70	545,326.65	
HORMIGON SIMPLE F´C = 350 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS CON INHIBIDOR DE CORROSION SIN CLORUROS Y MICRO SILICE AL 5 % DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3		342.58	-	
SUMINISTRO E INSTALACION DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	Kg.	263,835.00	1.79	472,264.65	
IMPERMEABILIZACIÓN IGOL DENSO MAS IMPRIMANTE DOS MANOS	m2	13,013.03	12.31	160,190.36	
SUMINISTRO E INSTALACION DE CINTA PVC 0-15 CM PARA JUNTAS DE CONSTRUCCION.	m.	878.50	7.43	6,527.26	
TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 2.01 HASTA 3.50 METROS DE PROFUNDIDAD PARA TUBERIAS DE ALCANTARILLADO	m2	731.09	14.85	10,856.69	

ROTURA Y RESANE DE CAMARA SIN PRESENCIA DE AGUA DE D=20" - 33"	u.		89.85	-	
<b>SUB-TOTAL 5</b>					<b>1,674,974.63</b>
<b>1.1.6 CONSTRUCCION DE CONDUCTO CAJÓN 69 A SECCION: 2 L=540m</b>					
EXCAVACION A MAQUINA MAYOR A 3.50M DE ALTURA	m3		3.18	-	
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	5,568.63	15.71	87,483.18	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	5,568.63	22.87	127,354.57	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	3,266.23	4.02	13,130.24	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL DEL LUGAR	m3		4.17	-	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	3,468.37	11.40	39,539.42	
REPLANTILLO DE H.S. F´C= 140 KG/CM2	m3	105.40	88.17	9,293.12	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO GRUESO ( PIEDRAS > 15 CM )	m3	8,717.75	12.53	109,233.41	
BOMBEO DE D=4".	Día	41.00	54.51	2,234.91	
HORMIGON SIMPLE F´C = 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS HASTA 3.00 METROS DE ALTURA CON ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE-ACELERANTE 1% DEL PESO DEL CEMENTO Y ADITIVO EN POLVO CON SILICE-FUME 5 % DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3	2,609.55	268.70	701,186.09	
HORMIGON SIMPLE F´C = 350 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS CON INHIBIDOR DE CORROSION SIN CLORUROS Y MICRO SILICE AL 5 % DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3		342.58	-	

SUMINISTRO E INSTALACION DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	Kg.	339,241.50	1.79	607,242.29	
IMPERMEABILIZACIÓN IGOL DENSO MAS IMPRIMANTE DOS MANOS	m2	1,108.03	12.31	13,639.87	
SUMINISTRO E INSTALACION DE CINTA PVC 0-15 CM PARA JUNTAS DE CONSTRUCCION.	m.	316.26	7.43	2,349.81	
TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 2.01 HASTA 3.50 METROS DE PROFUNDIDAD PARA TUBERIAS DE ALCANTARILLADO	m2	1,156.00	14.85	17,166.60	
ROTURA Y RESANE DE CAMARA SIN PRESENCIA DE AGUA DE D=20" - 33"	u.		89.85	-	
<b>SUB-TOTAL 6</b>					<b>1,729,853.51</b>
<b>1.1.7 CONSTRUCCION DE CONDUCTO CAJÓN 69 D SECCION: 3 L=122.26m.</b>					
EXCAVACION A MAQUINA MAYOR A 3.50M DE ALTURA	m3		3.18	-	
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	587.43	15.71	9,228.53	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	587.43	22.87	13,434.52	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	3,617.50	4.02	14,542.35	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL DEL LUGAR	m3		4.17	-	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	2,129.20	11.40	24,272.88	
REPLANTILLO DE H.S. F´C= 140 KG/CM2	m3	117.30	88.17	10,342.34	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO GRUESO ( PIEDRAS > 15 CM )	m3	1,020.00	12.53	12,780.60	
BOMBEO DE D=4".	Día	60.00	54.51	3,270.60	

HORMIGON SIMPLE F'C = 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS HASTA 3.00 METROS DE ALTURA CON ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE-ACELERANTE 1% DEL PESO DEL CEMENTO Y ADITIVO EN POLVO CON SILICE-FUME 5 % DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3	617.72	268.70	165,981.36	
HORMIGON SIMPLE F'C = 350 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS CON INHIBIDOR DE CORROSION SIN CLORUROS Y MICRO SILICE AL 5 % DEL PESO DEL CEMENTO ( INCLUYE ENCOFRADO)	m3		342.58	-	
SUMINISTRO E INSTALACION DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	Kg.	80,303.60	1.79	143,743.44	
IMPERMEABILIZACIÓN IGOL DENSO MAS IMPRIMANTE DOS MANOS	m2	1,428.00	12.31	17,578.68	
SUMINISTRO E INSTALACION DE CINTA PVC 0-15 CM PARA JUNTAS DE CONSTRUCCION.	m.	439.25	7.43	3,263.63	
TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 2.01 HASTA 3.50 METROS DE PROFUNDIDAD PARA TUBERIAS DE ALCANTARILLADO	m2	1,734.00	14.85	25,749.90	
ROTURA Y RESANE DE CAMARA SIN PRESENCIA DE AGUA DE D=20" - 33"	u.		89.85	-	
<b>SUB-TOTAL 7</b>					<b>444,188.83</b>
<b>1.1.8 MANEJO DE AGUA.</b>					
EXCAVACION EN SUELO DURO CON EQUIPO	m3	60.00	15.71	942.60	
EXCAVACION EN ROCA CON EQUIPO MECANICOS	m3	60.00	22.87	1,372.20	
RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.	m3	120.00	11.40	1,368.00	
DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM. (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3	120.00	4.02	482.40	
BOMBEO DE D=4".	Día				

		120.00	54.51	6,541.20	
<b>SUB-TOTAL 8</b>					<b>10,706.40</b>
<b>1.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y FACTORES AMBIENTALES.</b>					
<b>1.2.1. SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SEÑALIZACION.</b>					
COSTO TOTAL DE SEGURIDAD FISICA, INDUSTRIAL Y SEÑALIZACION DE CONFORMIDAD CON EL MANUAL INTERAGUA.	Global	12,266.18	1.00	12,266.18	
<b>SUB-TOTAL 9</b>					<b>12,266.18</b>
<b>1.2.2. RUBROS AMBIENTALES.</b>					
MONITOREO Y MEDICION DE RUIDO	h.	33.00	17.85	589.05	
MONITOREO Y MEDICION DE POLVO PM10 Y PM 2,5	h.	127.00	31.88	4,048.76	
CONTROL DE POLVO ( AGUA )	m3	2,287.00	3.06	6,998.22	
MONITOREO Y MEDICION DE AIRE NOX, SO2, CO2	h.	127.00	38.25	4,857.75	
EVENTOS DE CAPACITACION PARA FISCALIZADORES Y A PERSONAL DEL CONTRATISTA	u.	3.00	340.00	1,020.00	
<b>SUB-TOTAL 10</b>					<b>17,513.78</b>
<b>1.3 ROMPIMIENTO DE PREDIOS PARA LOS CASOS DE EXPROPIACIÓN</b>					
ROTURA DE AREA DE CONSTRUCCIÓN	m2	1,585.62	320.00	507,398.40	
<b>SUB-TOTAL 11</b>					<b>507,398.40</b>
<b>(A) TOTAL 1</b>					<b>4,429,810.68</b>

<b>TOTAL OBRA CIVIL</b>					<b>4,429,810.68</b>
<b>2. COSTOS DISPOSICION MATERIAL DESALOJO A IGUANAS.</b>					
DISPOSICIÓN DE MATERIAL DE DESALOJO EN EL BOTADERO DE LAS IGUANAS	Tn.	60,550.27	6.46	391,154.78	
<b>(B) TOTAL 2</b>					<b>391,154.78</b>
<b>Total sin IVA A+B:</b>					<b>4,820,965.46</b>

## **FICHA AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

### **DISEÑO DE CONDUCTO CAJON (CANAL ENTERRADO) SECTOR FLOR DE BASTIÓN**



**PRESENTADO POR:**

Marlon Joel Bayona Pinto

Cristhian Geovanny Ramírez Parrales

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE DEL 2016

## IDENTIFICACION DEL PROYECTO.

<b>1. PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD.</b>
Diseños de Conductos cajón (canal enterrado) sector Flor de Bastión

<b>2. DATOS GENERALES.</b>			
Sistema de coordenadas UTM WGS84, Zona (correspondiente al Huso Horario) Centroides del proyecto, obra o actividad:			
<b>Vértice:</b>	<b>Este X:</b>	<b>Norte Y:</b>	<b>Altitud: (msnm)</b>
1	616601	9766794	24m
2	616629	9766774	23m
3	616628	9766742	23m
4	616623	9766706	24m
5	616621	9766662	24m
6	616625	9766616	24m
7	616628	9766574	24m
8	616619	9766521	24m
9	616637	9766485	26m
10	616636	9766433	25m
11	616664	9766404	26m
12	616708	9766353	26m
13	616747	9766328	26m
14	616753	9766309	26m
15	616771	9766252	24m
16	616797	9766225	24m
17	616827	9766197	24m
18	616820	9766151	25m
19	616807	9766108	26m
20	616806	9766065	26m
21	616810	9766037	27m
22	616832	9766003	28m

23	616822	9765955	27m
24	616850	9765940	29m
25	616855	9765879	29m
26	616863	9765847	30m
27	616881	9765839	31m
28	616878	9765813	30m
29	616838	9765823	30m
30	616826	9765873	29m
31	616820	9765910	27m
32	616783	9765934	25m
33	616793	9765989	26m
34	616777	9766018	25m
35	616774	9766051	24m
36	616772	9766078	23m
37	616773	9766114	23m
38	616778	9766137	23m
39	616788	9766169	24m
40	616770	9766200	23m
41	616747	9766216	24m
42	616738	9766254	25m
43	616731	9766269	25m
44	616699	9766303	27m
45	616676	9766342	25m
46	616649	9766369	25m
47	616608	9766399	25m
48	616598	9766439	23m
49	616602	9766469	23m
50	616587	9766512	22m
51	616582	9766545	23m
52	616593	9766573	24m
53	616591	9766624	24m
54	616595	9766709	25m
55	616597	9766738	24m
56	616601	9766794	24m

<b>Estado del proyecto, obra o actividad:</b>	Construcción X	Operación <input type="checkbox"/>	Cierre <input type="checkbox"/>	Abandono <input type="checkbox"/>
<b>Dirección del proyecto, obra o actividad:</b> Flor de Bastión entre la línea de alta tensión, la Vía Perimetral y la Avenida Casuarina llegando al sistema canal de hormigón canal 69a				
<b>Cantón:</b> Guayaquil		<b>Ciudad:</b> Guayaquil	<b>Provincia:</b> Guayas	
<b>Parroquia:</b>	<b>Zona no delimitada:</b>		<b>Periferia:</b>	
<b>Urbana:</b> X				
<b>Rural:</b>				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.</b>				
<b>Área del proyecto (ha o m2):</b> 1917,91 m <sup>2</sup>	Infraestructura (residencial, industrial, u otros): Canal 69a.			
<b>Mapa de ubicación:</b> Ilustración 1 Imagen Satelital Canal 69 <sup>a</sup>				
<b>Fuente:</b> Google Earth, 2016.				
				
<b>EQUIPOS Y ACCESORIOS PRINCIPALES.</b>				
1.- Excavadora de orugas	3.- Motoniveladora	5.- Mixer		
2.- Tractor de orugas	4.- Volquetas	6.- Herramienta menor		
Observaciones:				
<b>REQUERIMIENTO DE PERSONAL.</b>				
Aproximadamente 100 Personas				
<b>ESPACIO FÍSICO DEL PROYECTO.</b>				

<b>Área Total (m2, ha):</b> 1917,91 m <sup>2</sup>		<b>Área de Implantación (m2, ha):</b>	
<b>Agua Potable:</b> SI ( x ) NO ( )		<b>Consumo de agua (m3):</b> N/A	
<b>Energía Eléctrica:</b> SI ( x ) NO ( )		<b>Consumo de energía eléctrica (Kv):</b> N/A	
<b>Acceso Vehicular:</b> SI ( x ) NO ( )		<b>Facilidades de transporte para acceso:</b>	
<b>Topografía del terreno:</b> Irregular		<b>Tipo de Vía:</b> Lastrada (Ripio)	
<b>Alcantarillado:</b> SI ( ) NO ( x )		<b>Telefonía:</b> Móvil ( x ) Fija ( ) Otra ( )	
<b>Observaciones:</b>			
<b>SITUACIÓN DEL PREDIO</b>			
<b>Alquiler:</b>		<b>Compra:</b>	
<b>Comunitarias:</b>		<b>Zonas restringidas:</b>	
<b>Otros (Detallar):</b>			
<b>Observaciones:</b>			
<b>UBICACIÓN COORDENADAS DE LA ZONA DEL PROYECTO.</b>			
Sistema de coordenadas UTM WGS84 Zona (correspondiente al Huso Horario) para la creación de un polígono de implantación. (mínimo cuatro puntos)			
<b>Vértice:</b>	<b>Este X:</b>	<b>Norte Y:</b>	<b>Altitud: (msnm)</b>
1	616546.00	9765800.00	Altitud: (msnm) 48m
2	616509.00	9766789.00	Altitud: (msnm) 24 m
3	616885.00	9766814.00	Altitud: (msnm) 34 m
4	616918.00	9765787.00	Altitud: (msnm) 31 m

### 3.- MARCO LEGAL REFERENCIAL

<b>Marco legal referencial y sectorial</b>	
<p>CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR</p>	<p>Título I: De los Principios fundamentales. En el numeral 7 del Artículo 3 se menciona que es un deber patrimonial defender el patrimonio natural y cultural del país.</p> <p>Título II: Capítulo 2: De los Derechos del Buen vivir. Artículo 14 Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumakkawsay.</p> <p>Título II: Capítulo 6: De los Derechos de Libertad. En el numeral 27 del Artículo 66. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.</p>
<p>Ley de Gestión Ambiental</p>	<p>Artículos: 1,5,12,13,19,20,21,28,29,33,40,41,43</p>

<p>Ley Orgánica de Régimen Municipal.</p>	<p>De acuerdo a la Autonomía Municipal que le atribuye la Ley Orgánica de Régimen Municipal en los Artículos 11, 14, numeral (16), 16, 143 y 149, establecen plenas funciones, responsabilidades y competencias con plena autonomía para proteger el medio físico cantonal, prevenir y controlar el deterioro de los recursos hídricos y regular las actividades productivas y de servicios que puedan afectar los sistemas ambientales para uso público. La Ley Orgánica de Régimen Municipal, en los Arts. 16, 264, 265 y 267, establece plena autonomía y competencia a los Gobiernos Municipales para autorizar y conceder el uso de actividades productivas, agrícolas, de servicios, industriales y la explotación de arteriales, canteras, en los ríos, lagos y lechos de las fuentes de agua, que constituyen un riesgo ambiental y que atenten contra la población y los principios de conservación, desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.</p>
<p>Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.</p>	<p>Publicado en el Registro Oficial No. 097 del 31 de Mayo de 1976 (LPCCA), expedida en 1976 y en 1999, mediante la promulgación de la LGA se reformó íntegramente el marco institucional de la LPCCA que establecía un régimen de gestión ambiental a través del Comité Interinstitucional de Protección del Ambiente actualmente reemplazado por los esquemas administrativos creados por la Ley de Gestión Ambiental. Las disposiciones que se mantienen en esta ley son las siguientes: Art. 1, Art. 10, Art. 11, Art. 12, Art. 15, Art. 16, Arts. 17, 18, 19, Art. 20, Art. 21, Art. 23, Art. 24, Art. 25, Art. 29, Art. 30.-</p>
<p>Acuerdo Ministerial 068: Reforma del Acuerdo Ministerial 068: Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Libro VI, Título I del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA) R.O 033- Quito, miércoles 31 de julio del 2013</p>	<p>Art. 25.- Del registro del promotor,- Previamente a registrar cualquier proyecto, obra o actividad, el promotor deberá contar con un nombre de usuario y contraseña que le asignará el sistema SUIA, para lo cual deberá cumplir con todo el proceso de registro, en la página WEB del Ministerio del Ambiente. Una vez culminado el proceso de registro el sistema SUIA notificará al proponente en su dirección de correo electrónico si el proceso fue exitoso, y le asignará un nombre de usuario y contraseña.... El proponente deberá registrarse en el SUIA por una sola vez, independientemente de los proyectos, obras o actividades que presente en el futuro. Art. 26.- Del registro del proyecto, obra o actividad. - Todos los proyectos, obras o actividades, que generen impactos y riesgos ambientales, deberán</p>

	<p>regularizarse mediante el SUIA</p> <p>Art. 28.- Del certificado de intersección.- El certificado de intersección, es un documento electrónico, generado por el SUIA, a partir de coordenadas UTM datum: WGS-84,17S, en el que se indica que el proyecto, obra o actividad propuesto por el promotor interseca o no, con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Bosques y Vegetación Protectora, Patrimonio Forestal del Estado, Zona Intangible Cuyabeno Imuya, Núcleo del Parque Nacional Yasuní y Zona de Amortiguamiento Núcleo Parque Nacional Yasuní y otras de alta prioridad.</p> <p>El certificado de intersección es un documento necesario y obligatorio para continuar con el proceso de registro de un proyecto, obra o actividad: sin la obtención del mismo, no se podrá continuar con el proceso de regularización ambiental.</p> <p>Art. 39.- De la categoría II (licencia ambiental categoría II).- Dentro de ésta categoría se encuentran catalogados los proyectos, obras o actividades cuyos impactos ambientales y/o riesgo ambiental, son considerados de bajo impacto. Todos los proyectos, obras o actividades catalogados dentro de ésta categoría, deberán regularizarse ambientalmente a través de la obtención de una licencia ambiental, que será otorgada por la autoridad ambiental competente, mediante el SUIA.</p> <p>Art. 44.- De los objetivos de la ficha ambiental.- La ficha ambiental permite describir de manera general, el marco legal aplicable, las principales actividades de los proyectos, obras o actividades que según la categorización ambiental nacional, son consideradas de bajo impacto; además se describe su entorno en los aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos y propone medidas a través de un plan de manejo ambiental para prevenir, mitigar y minimizar los posibles impactos ambientales.</p>
<p>Ley Orgánica de Salud</p>	<p>Publicada en el Registro Oficial N° 423 del 22 de diciembre del 2006. Este documento señala en los Art. 95 y 96 respectivamente lo siguiente: "La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias" y "Toda persona natural o jurídica tiene la obligación de proteger los acuíferos, las frentes y cuencas hidrográficas que sirvan para el abastecimiento de agua para consumo humano. Se prohíbe realizar actividades de cualquier tipo, que pongan en riesgo de contaminación las fuentes de captación de agua.</p>
<p>Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional 2393 del Ministerio del Trabajo.</p>	<p>Art. 1.- Ámbito de Aplicación. - Las disposiciones del presente Reglamento se aplicarán a toda actividad laboral y en todo centro de trabajo, teniendo como objetivo la prevención, disminución o eliminación de los riesgos del trabajo y el mejoramiento del medio ambiente de trabajo.</p>
<p>Ordenanzas que Establece los Requisitos y Procedimientos para el Otorgamiento de las Licencias Ambientales a Las Entidades del Sector Privado que Efectúen Obras Desarrollen Proyectos de Inversión Públicos o Privados y/o de Servicios Dentro del Cantón Guayaquil.</p>	<p>Régimen Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos. Listados Nacionales de Productos Químicos Prohibidos, Peligrosos y de Uso severamente Restringido.</p> <p>NTE INEN 2266: Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos.</p> <p>NTE INEN 2288: Productos Químicos Industriales Peligrosos. Etiquetado de Precaución. Requisitos. Ordenanza del Plan Regulador de Desarrollo Urbano de Guayaquil.</p>

## 4.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### Descripción del Proyecto

#### 4.1 Localización.

El presente estudio tiene por objeto el diseño del conducto cajón 69a tal y como se muestra en la siguiente imagen. Dichos canales se encuentran en la zona nororiental del Cuadrante, sector ubicado en Flor de Bastión entre la línea de alta tensión, la Vía Perimetral y la Avenida Casuarina.



#### 4.2 Dimensión del proyecto.

Se diseñarán, aproximadamente, 1.120 metros de canal, que quedan desglosados de la siguiente manera:

Tramo canal	Longitud (m)
Canal 69a	440
Canal 69a	545
Canal 69a	135
<b>Total</b>	<b>1120</b>

En concreto, los tramos del canal que es alcance de este proyecto se encuentra dentro de la zona Flor de Bastión y el Fortín. En dicha área se pueden encontrar asentamientos poblacionales populares no controlados, localizados en las zonas de servidumbre a lo largo de todo el canal.

El trazado del conducto se mantendrá, en términos generales, en el diseño, ya que no sólo resulta conveniente aprovechar el cauce natural de estos drenajes, sino que también, las viviendas existentes, no han dejado espacio para que el trazado pueda variar libremente.

En ciertos puntos, se modificará ligeramente con objeto de optimizar el funcionamiento hidráulico del mismo y su construcción.

En cuanto a la ocupación transversal, se buscará optimizar el coste global del proyecto (costes de construcción y socio ambientales) combinando el aumento del ancho con el del calado, de manera que la ocupación de las márgenes no será notoria.

## 5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:

Interacción en el Proceso		
Materiales, Insumos, Equipos	Fase del Proceso	Impactos Potenciales
Manejo de Aguas Durante la Construcción	Etapa de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación del agua.</li> </ul>
Localización y Replanteo	Etapa de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retiro de capa vegetal existente</li> </ul>
Desbroce y limpieza del área	Etapa de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retiro de capa vegetal existente</li> </ul>
Vallas Informativas, Accesos y Señalización	Etapa de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>N/A</li> </ul>
Excavaciones	Etapa de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación de suelo.</li> <li>Consumo de recursos.</li> <li>Material Particulado.</li> <li>Generación de Ruido.</li> <li>Generación de Vibraciones.</li> <li>Generación de Gases de combustión.</li> </ul>
Retiro, Transporte y Disposición de Sobrantes de Excavación	Etapa de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación de suelo.</li> <li>Consumo de recursos.</li> <li>Material Particulado.</li> <li>Generación de Ruido.</li> <li>Generación de Vibraciones.</li> <li>Generación de Gases de combustión</li> </ul>
Rellenos/Pedraplén	Etapa de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generación de Ruido.</li> <li>Generación de Vibraciones.</li> <li>Generación de Gases de combustión.</li> </ul>
Compactación	Etapa de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generación de Ruido.</li> <li>Generación de Vibraciones.</li> <li>Generación de Gases de combustión.</li> </ul>

Encofrados Metal/Madera	Etapa de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desechos de maderas.</li> <li>• Desechos reciclables</li> </ul>
Hormigonado	Etapa de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de Ruido.</li> <li>• Generación de Vibraciones.</li> <li>• Generación de Gases de combustión.</li> </ul>
Desencofrado	Etapa de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de Ruido.</li> <li>• Desechos de madera.</li> </ul>
Curado del hormigón (Agua)	Etapa de Construcción	N/A
Retiro del campamento	Etapa de Operación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de ruido y vibraciones.</li> <li>• Generación de polvo.</li> <li>• Generación de escombros.</li> <li>• Generación de residuos.</li> <li>• Alteración de suelo y paisaje.</li> </ul>

## 6. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE IMPLANTACIÓN.

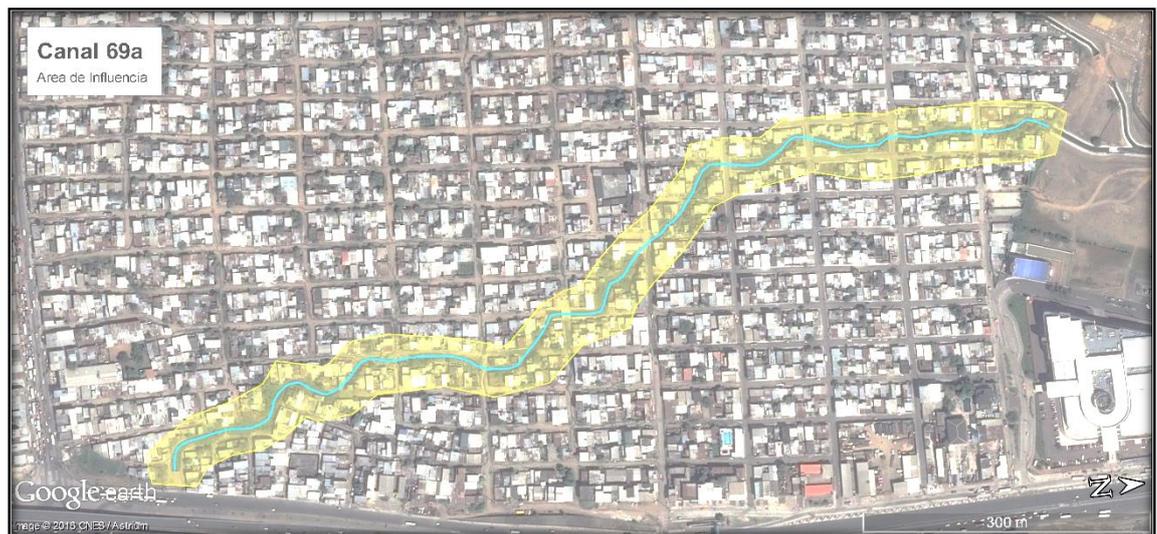
### 6.1 Área de implantación física. -

El proyecto se desarrolla en el sector Noroeste de la ciudad de Guayaquil el sector denominado Flor de Bastión entre la Avenida Modesto Luque, la Vía Perimetral y la Avenida Casuarina, con una longitud aproximada de 1110,00 metros de canal.



## Área de Influencia. -

Se considera como área de afectación aproximada, medida a partir del eje de los canales, de 6,63 ha.



## Altitud.

La altitud del área donde se desarrolla el proyecto se encuentra entre los 16 y 32 msnm (metros sobre el nivel del mar).

## Clima.

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 es de 25°C aproximadamente.

El cantón, al igual que todo el Ecuador, 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.

Parámetros climáticos promedio del cantón y de la ciudad de Guayaquil													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Temperatura máxima media (°C)	31	30	32	32	30	29	28	28	30	29	30	31	30
Temperatura máxima media (°F)	88	87	89	89	87	85	84	84	86	85	86	88	86
Temperatura mínima media (°C)	21	20	18	22	20	15	17	15	16	17	18	20	15
Temperatura mínima media (°F)	74	75	76	75	74	72	70	69	70	71	72	73	72
Precipitaciones (mm)	22,35	27,94	28,70	18,03	5,33	1,77	0,25	0,00	0,25	0,25	0,25	3,00	108,45

Fuente: [Weatherbase](#)

## Geología, Geomorfología, Suelo.

### Geología.

Dentro de la geología regional relacionada con el área de ejecución del proyecto encontramos la formación Cayo que es un grupo potente de rocas de origen volcánico-clástico, sobreyaciendo a la Formación Piñón e

infrayaciendo a la Formación Guayaquil. Esta formación estaba dividida en tres miembros:

Calentura siendo este el miembro basal, Cayo SS, y Guayaquil en la parte superior.

El área de la vía perimetral construida para el descongestionamiento urbano del tráfico pesado la ciudad, en todo su recorrido tiene gran cantidad de afloramientos que han quedado expuestos con los cortes que se hicieron para su construcción.

Mostrando así su columna litológica.

AFLORAMIENTO		CORTE	POTENCIA (m.)	LITOLOGÍA	DESCRIPCION	FORMACION
617345 9764390	617295 9764544					
<b>VIA PERIMETRAL</b>			12,20	AGLOMERADO	Aglomerado volcano sedimentario, rico en fragmentos piroclásticos de color café claro	<b>CAYO</b>
			2,50	LUTITA	Arenisca con intercalaciones decimétricas de lutitas de color gris oscuro	
			1,60	LUTITA	Lutita silícea de color plomo	
			0,92	LUTITA	Grauwaca	
			6,70	LUTITA	Lutita silícea con intercalaciones decimétricas de areniscade color plomo	
			1,10	LUTITA	Arenisca color plomo	
			3,20	LUTITA	Lutita silícea con intercalaciones decimétricas de areniscade color plomo	
			0,80	LUTITA	Grauwaca	
			4,80	LUTITA	Lutita silícea con intercalaciones decimétricas de areniscade color plomo	
			1,50	LUTITA	Grauwaca	
			6,50	LUTITA	Lutita silícea con intercalaciones decimétricas de arenisca color café claro	
			6,10	LUTITA	Arenisca color café claro, con diaclasamiento de 2 m.	
			1,60	LUTITA	Lutita silícea de color café	
			0,70	LUTITA	Arenisca con intercalaciones decimétricas de lutitas	
	0,80	LUTITA	Lutita silícea de color verde			

Levantamiento litológico de la vía Perimetral

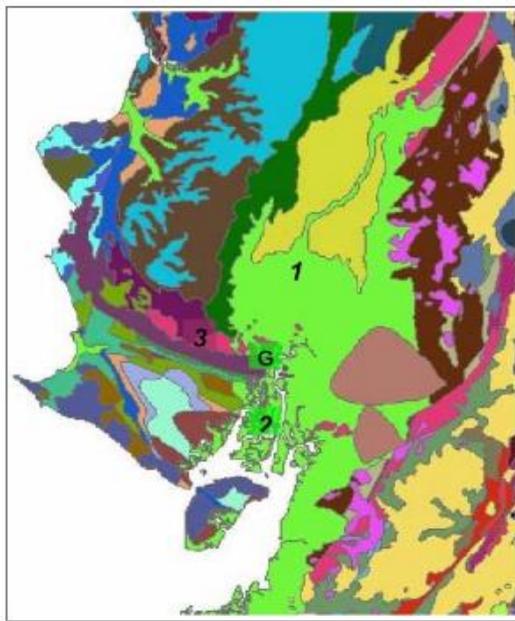
### Geomorfología.

En la geomorfología de la ciudad de Guayaquil, convergen tres marco-dominios geológicos cada uno de estos presenta sus propias características geomorfológicas, estos marco-dominios son:

Llanura aluvial de los ríos Daule y Babahoyo.

El complejo deltaico- estuarino de la Ría Guayas.

Las colinas de la cordillera Chongón –Colonche.



Macrodominios geomorfológicos de Guayaquil:

1.- Llanura aluvial ríos Daule y Babahoyo;

2.- Llano estuarino-deltaico de la ría Guayas;

3.- Cordillera Chongón- Colonche;

G.- Guayaquil.

### **Suelo.**

En cuanto al suelo, en términos generales la zona presenta unos suelos definidos por un primer nivel de rellenos arenosos con escombros, piedras y gravas, seguido de otro de matriz arcillosa.

### **Zonas de Riesgo.**

El principal riesgo que presenta la zona de desarrollo del proyecto son las inundaciones en la época invernal.

### **Ocupación actual del área de implantación.**

El uso del suelo ha sido modificado a terreno urbanizado en la actualidad.

### **Pendiente, y tipo de suelo.**

Se observa que la pendiente es predominantemente irregular, y sus suelos están definidos por un primer nivel de rellenos arenosos con escombros, piedras y gravas, seguido de otro de matriz arcillosa.

### **Condiciones de drenaje.**

El área de desarrollo del proyecto al igual que en la mayoría de los asentamientos periféricos de la ciudad de Guayaquil, son producto de invasiones de tierras, en zonas inundable, que por su topografía y características de suelo es de mal drenaje y esta situación se agrava porque poco a poco fueron rellorando para construir sus casas de forma desordenada, sin dejar lugar para el desfogue de las aguas servidas y de lluvia,

## **Hidrología, aire, ruido.**

La ciudad de Guayaquil posee varias cuencas de drenaje concentradas en 4 zonas principales: Norte, Centro, Sur y Oeste. La zona Noroeste, donde se encuentra el área del proyecto, se encuentra delimitada por una cadena montañosa hacia el oeste y el río Daule hacia el este por lo que el escurrimiento superficial de sus cuencas es por lo general en sentido oeste-este.

Las pendientes más pronunciadas se encuentran al oeste de la Vía Perimetral mientras que en la parte cercana al río se encuentran terrenos muy bajos y sujetos a inundaciones durante crecidas periódicas del río Daule.

## **Aire.**

Los principales contaminantes de la calidad del aire en la ciudad de Guayaquil, son las emisiones al aire de gases de combustión producidos por el consumo derivados de petróleo, como son Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx), Bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>) y Material Particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>).

En el caso de la zona del proyecto, por ser una zona de carácter residencial, no hay presencia de fuentes importantes de estos contaminantes, salvo los originados por las fuentes móviles, en especial los vehículos pesados representados por los buses de servicio público.

### **Ruido.**

En la zona de implantación del proyecto la mayor fuente de contaminación auditiva es el tráfico vehicular, que circula principalmente por la Vía Perimetral, y las Avenidas Casuarina y Avenida Modesto Luque.

## **6.2 Área de implantación biótica.**

### **Ecosistema.**

De acuerdo con la clasificación de Cañadas (1983), basada en el sistema bioclimático de Holdridge (1947, 1967), de amplio uso en el Ecuador, el área de implantación del proyecto corresponde a la Región Subtropical.

El número de meses ecológicamente secos es de aproximadamente 6 meses y dentro de esta estación los días considerados fisiológicamente secos fluctúan entre los 54 y 99 días. Según Cañadas esta Zona de Vida corresponde a la formación ecológica Bosque semidecídulo de tierras bajas

de la costa que se caracteriza por perder las hojas (en eso consiste el hábito de decíduo).

El ecosistema del área del proyecto actualmente se encuentra altamente intervenido de manera antrópica ya que se observa una gran diversidad de usos de suelos, principalmente por áreas urbanas.

### **Cobertura vegetal.**

Según la clasificación de Sierra et. al. (1999), el área del proyecto se encuentra en la Subregión Sur de la Costa del Ecuador, por lo tanto el punto de vista de formaciones vegetales, los árboles más conspicuos pertenecen a la familia de las Bombacáceas; la familia más diversa es la Leguminosaceae. La altura promedio del dosel varía entre 8 y 12m. (Josse, 2001).

**Flora Característica:** *Gliricidia brenningii*, *Machaerium millei* (Fabaceae); *Prosopis juliflora*, *Acacia guarango*, *Albizia multiflora* (Mimosaceae); *Muntingia calabura* (Eleaeocarpaceae); *Bombax ruizii*, *Ceiba trichystandra*, *Cavanillesia platanifolia* (Bombacaceae); *Tabebuia chrysantha* (Bignoniaceae); *Trichilia hirta* (Meliaceae); *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae); *Cochlospermum vitifolium* (Cochlospermaceae); *Simira ecuadorensis* (Rubiaceae). En áreas disturbadas: *Celtis iguanaeus* (Ulmaceae) y *Acnistus arborescens* (Solanaceae).

La mayor parte del canal transcurre por terreno natural, no edificado. En el predominan estratos de vegetación suprimidos (vegetación herbácea y acuática).



Sin embargo, cabe mencionar la existencia de una pequeña isla, en el canal 69, donde se pueden encontrar especies arbóreas de altura considerable.

### **Fauna Asociada.**

En la actualidad la fauna encontrada en el área del proyecto en su gran mayoría son aves las cuales son especies típicas adaptadas de áreas intervenidas de hábitos generales tales como:

Tangara azuleja, *Thraupisepiscopus*.

Mosquero social, *Myiozetetes similis*.

Hornero del Pacífico, *Furnarius cinamomus*.

Negro matorralero, *Dives warszewiczi*.

Garrapatero piquiliso, *Crotophaga ani*.

Gallinazo negro, *Coragyps atratus*.

Tortolita ecuatoriana, *Columbina buckleyi*.

Además, existen la presencia de una especie de reptil que es la Iguana verde común, *Iguana iguana*.

### **Medio perceptual (paisajismo).**

En el área de implantación y alrededores de proyecto, no se encuentran sectores de interés turístico ni elementos que pudieran potenciar la riqueza del paisaje.

### **6.3 Área de implantación social.**

El censo poblacional, del año 2010 permite describir de manera actualizada la situación poblacional de la ciudad de Guayaquil, pero no proporciona datos reales sobre la zona de estudio específicamente, pero poniendo en consideración los diferentes censos realizados por el INEC, la población de la

Provincia de Guayas, el Cantón de Guayaquil y la Ciudad de Guayaquil (Casco Urbano), la población ha presentado variaciones a lo largo del tiempo.

Como se muestra en el cuadro a continuación basado en datos oficiales de los diferentes censos del INEC.

Censo/Año	Provincia	Cantón	Ciudad
	Población (hab)	Población (hab)	Población (hab)
<b>1950</b>	582,144	331,972	258,966
<b>1962</b>	979,223	567,895	510,804
<b>1974</b>	1,512,373	907,013	823,219
<b>1982</b>	2,038,454	1,328,005	1,199,344
<b>1990</b>	2,515,148	1,570,390	1,508,444
<b>2001</b>	3,303,034	2,038,789	1,985,379
<b>2010</b>	3,645,483	2,350,915	2,291,158
<b>2010 proyectado</b>	3,744,351	2,306,479	2,286,772
<b>Diferencia (%)</b>	2.64	-1.93	-0.19

Fuente: Elaborado a partir de información oficial del INEC

### **Demografía.**

Según el Censo de Población y vivienda la ciudad de Guayaquil tiene 2,350.915 habitantes, los mismos se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

HOMBRES	MUJERES	TOTAL
1158.22	1.192.694	2.350.915

Fuente: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>

En cuanto a la edad, la mayoría de la ciudad es menor de 64 años y el porcentaje de niños es cercano al 30 por ciento de los habitantes Guayaquileños.

#### **Descripción de los principales servicios.**

En la zona de implementación del proyecto se dispone de los siguientes servicios básicos:

Red pública de agua potable	Red pública de alcantarillado			Recolección de basura	Energía eléctrica	Servicio telefónico	Vía pavimentada, adoquinada o concreto
	Tanques sépticos	Pozo séptico	Otros				
99,35%	40%	20%	40%	59,00%	97,70%	Celulares	15%

Fuente: Encuesta realizada en el sector.

Los centros de salud que se encuentran distribuidos en la zona del proyecto son:

Institución	Ubicación	Horario de
-------------	-----------	------------

		<b>Atención</b>
Subcentro Paraíso de la Flor	Bloque 6	8h00 a 16h00
Subcentro Los Mangos	Bloque 3	
Subcentro Las Iguanas	Bloque 8	
<b>Plan de Aseguramiento Popular PAP</b>		
Subcentro Maternidad del Bastión	Bloque 3 mz. 224, sl. 17	7h00 a 16h00
Subcentro Paraíso del Bastión	Bloque 6 mz. 670 sl. 16	
<b>Puntos de Atención Hogar de Cristo</b>		
Subcentro Bloque 6	Bloque 6	8h00 a 14h00
Subcentro Bloque 8	Bloque 8	
Subcentro Tiwinza	Bloque Tiwinza	

Fuente: Elaborado a partir de información del Ministerio de Salud.

En la zona de desarrollo del proyecto se encuentra el Colegio Fiscal Vicente Rocafuerte.

### **Actividades socio-económicas.**

La mayoría de las actividades económicas en los alrededores del área del proyecto está representada por implantaciones industriales (medianas y pequeñas empresas).

Cerca de la mitad de la población de la zona trabaja en construcción y empresas privadas, seguidos por en menor grado por empleadas domésticas y dueños de sus propios negocios. De este último punto se destacan las tiendas, cabinas telefónicas y almacenes de minicomercio.

### **Organización social.**

La población se organiza socialmente bajo formas de primer grado de carácter comunal, barrial dentro de la zona.

### **Aspectos culturales.**

La lengua de la mayoría de la población del cantón es el castellano. La principal religión del barrio es la católica

Las principales festividades son las siguientes:

- Fin de año
- Año nuevo
- Viernes santo
- Día de difuntos (02 de noviembre)
- Navidad (25 de diciembre)

## 7. PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES.

PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES			
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	POSITIVO NEGATIVO	ETAPA DEL PROYECTO
Aire	Contaminación auditiva Nivel de Material Particulado Emisión de Gases de combustión contaminantes Emisión de Olores	Negativo	Construcción
Suelo	Contaminación Superficial Cambio de condiciones naturales del suelo	Negativo	Construcción
Agua	Contaminación de Cuerpos superficiales con residuos sólidos. Contaminación de Cuerpos superficiales con aguas residuales. Cambio en el drenaje natural	Negativo	Construcción
Factor Biótico	Disminución de Flora Disminución de Fauna Destrucción de hábitats	Negativo	Construcción
Factor Social	Inundaciones	Negativo	Construcción
	Control de Inundaciones	Positivo	
	Ausencia de saneamiento Básicos	Negativo	
	Cambio de usos del suelo y afectación predial	Negativo	
	Valorización de tierra	Positivo	
	Generación de empleos	Positivo	
	Afectación de vías secundarias	Negativo	
	Generación de expectativas	Positivo	
Mejora de calidad de vida de la comunidad	Positivo		

## 8. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.

### PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS.

PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS					
<b>OBJETIVOS:</b> Prevenir y/o minimizar la incidencia de los potenciales impactos identificados sobre los componentes ambientales.					PPM-01
<b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Instalaciones de la empresa contratista					
<b>RESPONSABLE:</b> Contratista					
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
Prevención y Mitigación de impactos	Permiso y otros trámites	Revisión y Análisis de la Planificación y el Marco Legal	100 % ejecutadas las actividades de análisis con respecto a la ejecución del proyecto.	Documentación aprobada	1 mes
	Construcción y funcionamiento de campamentos, bodegas y talleres de obra	Diseño de Campamento	100% ejecutadas la elaboración de planos y aislamiento de áreas.	Planos aprobados/verificación en obra	1 mes

**PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS**

**OBJETIVOS:** Prevenir y/o minimizar la incidencia de los potenciales impactos identificados sobre los componentes ambientales.

**LUGAR DE APLICACIÓN:** Instalaciones de la empresa contratista

**RESPONSABLE:** Contratista

PPM-01

		Controles para la ejecución del proyecto	100% cumplimiento del cronograma	Informes, reportes mensuales	Permanente
	Señalización de las áreas de trabajo	Señalización en campamento, talleres y patio de maquinarias	100% de señales colocadas acuerdo a plan	Registros mensuales fotografía y documentos de señalización	Permanente
		Señalización en fuentes de materiales			
		Señalización en los frentes de trabajo			
	Operación de la maquinaria y de los equipos	Adecuación del espacio para estacionamiento	100% parqueos operativos	Registro mensual de condiciones de estacionamiento	6 meses
		Mantenimiento preventivo y calibración de la maquinaria y los vehículos	100% ejecutadas los planes de mantenimiento de acuerdo a manuales de equipos	Fichas de mantenimiento de los equipos. Registro de la disposición de aceites usados	Permanente

**PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS**

**OBJETIVOS:** Prevenir y/o minimizar la incidencia de los potenciales impactos identificados sobre los componentes ambientales.

**LUGAR DE APLICACIÓN:** Instalaciones de la empresa contratista

**RESPONSABLE:** Contratista

PPM-01

		Control de las emisiones de polvo	100% uso de lonas en volquetes para cubrir materiales	Registros mensuales de condición de las vías Registros fotográficos de cubiertas de lona en volquetes	4 meses
	Riesgo de incendio	Control de la emisión del material particulado	Número y Porcentaje de empleados capacitados.	Registros fotográficos Registros firmados por asistentes Certificado otorgado por el capacitador	Permanente
		capacitación a todo el personal, en la cual se tratará los siguientes temas:			
		Procedimientos a seguir en caso de incendio			
		Uso de extintores			
		Esta capacitación se solicitará al B.C.B.			

**PLAN DE MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS Y LIQUIDOS.**

<b>PLAN DE MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS Y LIQUIDOS</b>					
<b>OBJETIVOS:</b> Realizar el adecuado manejo y disposición final de los residuos líquidos y sólidos domésticos generados en la obra para no afectar al ambiente ni a la salud de las personas.					PMD-01
<b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Instalaciones de la empresa contratista					
<b>RESPONSABLE:</b> Contratista					
<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO IDENTIFICADO</b>	<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PLAZO (meses)</b>

Residuos Líquidos	Sólidos y	<p>Contaminación del agua. Contaminación del aire por olores. Contaminación visual. Proliferación de vectores (roedores, moscas, mosquitos, cucarachas, etc.). Contaminación del suelo por inadecuada disposición de residuos sólidos. Riesgos para la salud pública / ocupacional.</p>	<p>Separación de las aguas lluvias de las aguas residuales y disposición de forma ambientalmente adecuada. Recolección, separación, transportación y disposición adecuadas de los residuos sólidos generados en la obra. Recolección, separación, transportación y disposición adecuadas de los residuos sólidos generados en la obra de origen orgánico.</p>	<p>100% Cumplimiento de las Normas Ambientales Vigentes.</p>	<p>Registro de separación de las aguas residuales y aguas lluvias.  Registros de los servicios higiénicos instalados y operativos.  Registros del tratamiento de las aguas residuales si fuera el caso.</p>	Permanente
----------------------	-----------	---	---	--	---	------------

**PLAN DE COMUNICACIÓN, CAPACITACIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD LABORAL.**

<b>PLAN DE COMUNICACIÓN, CAPACITACIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD LABORAL</b>					
<b>CAMPAÑAS DE CAPACITACIÓN SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b>					
<b>OBJETIVOS:</b> Reducir el riesgo de contaminación por inadecuada disposición de residuos sólidos y líquidos generados en las áreas de desarrollo del proyecto mediante la organización y conocimiento del personal involucrado.					PCC-01
<b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Instalaciones de la empresa contratista y sitios de obra					
<b>RESPONSABLE:</b> Contratista					
<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO IDENTIFICADO</b>	<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PLAZO (meses)</b>

**PLAN DE COMUNICACIÓN, CAPACITACIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD LABORAL**

**CAMPAÑAS DE CAPACITACIÓN SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

**OBJETIVOS:** Reducir el riesgo de contaminación por inadecuada disposición de residuos sólidos y líquidos generados en las áreas de desarrollo del proyecto mediante la organización y conocimiento del personal involucrado.

**LUGAR DE APLICACIÓN:** Instalaciones de la empresa contratista y sitios de obra

**RESPONSABLE:** Contratista

PCC-01

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
Capacitación Ambiental y Seguridad Laboral	Riesgo de contaminación por inadecuada disposición de Residuos sólidos y líquidos.	Higiene para el adecuado uso de las instalaciones. Caracterización, y almacenamiento de residuos reciclables de acuerdo a la identificación de recipientes para su almacenamiento. Debe además realizarse campañas en las que se informe a todos los funcionarios de la obra acerca de las actividades a desarrollar, el objeto del contrato y datos generales del contratista y contratante.	Número y Porcentaje de personal del área de talleres que ha recibido la capacitación	Registro firmado de asistencia a las diferentes capacitaciones. Registros fotográficos de capacitación	Permanente

**PLAN DE COMUNICACIÓN, CAPACITACIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD LABORAL**

**CAMPAÑAS DE CAPACITACIÓN SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

**OBJETIVOS:** Reducir el riesgo de contaminación por inadecuada disposición de residuos sólidos y líquidos generados en las áreas de desarrollo del proyecto mediante la organización y conocimiento del personal involucrado.

**LUGAR DE APLICACIÓN:** Instalaciones de la empresa contratista y sitios de obra

**RESPONSABLE:** Contratista

PCC-01

<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO IDENTIFICADO</b>	<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PLAZO (meses)</b>
	Riesgos de accidentes e incidentes laborales	Seguridad para garantizar la implementación de la señalización, el adecuado manejo de los insumos y material de desalojo de obra, y la adecuada operación de maquinaria y equipos.			

**PLAN DE RELACIONES COMUNITARIAS.**

**PLAN DE RELACIONES COMUNITARIAS**

**PROGRAMA DE COMUNICACIÓN Y REGISTRO DE INCONFORMIDADES POR PARTE DE LA COMUNIDAD**

**OBJETIVOS:** Instruir a la población, en general, respecto a las características del proyecto y sus consecuencias ambientales así como divulgar de manera didáctica el contenido del Plan de Manejo Ambiental, para mitigar los impactos ambientales identificados y evaluados.

PRC-01

**LUGAR DE APLICACIÓN:** Instalaciones de la empresa contratista y en sitios de obra

**RESPONSABLE:** Contratista

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
Relaciones comunitarias	Protestas de la comunidad por carencia de información sobre el proyecto.	Diseñar e implementar un programa de comunicación y participación ciudadana. Establecer coordinación con las diferentes entidades públicas y privadas	Número y Porcentaje de personal de las comunidades que ha recibido información sobre el proyecto.	Registros de la ejecución de los eventos de capacitación (fotos, listas de firmas de asistentes, etc.).	1 mes

**PLAN DE CONTINGENCIAS.**

**PLAN DE CONTINGENCIAS**

<b>OBJETIVOS:</b> Tener una herramienta funcional que permita al promotor del proyecto y a la empresa contratista tener una guía operativa eficiente que permita solventar las consecuencias de los riesgos ambientales que se pudieran suscitar durante ejecución del proyecto.					<b>PDC-01</b>
<b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Instalaciones de la empresa contratista y en sitios de obra					
<b>RESPONSABLE:</b> Contratista					
<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO IDENTIFICADO</b>	<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PLAZO (meses)</b>
Salud e Instalaciones físicas	Daños a las instalaciones y a la salud del personal.	Instalar extintores en todas las áreas de la empresa. Realizar la recarga y mantenimiento anual de los extintores y señalización Presentar el Plan de Contingencia debidamente aprobado.	100% cumplimiento de la medida	Registro Fotográfico y Registros de Mantenimiento.	Permanente

**PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.**

<b>PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL</b>
<b>PROGRAMA DE DOTACION DE EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL</b>

<b>OBJETIVOS:</b> Establecer un las medidas de seguridad y salud en el trabajo para la construcción del proyecto, así como las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes, y posibles enfermedades profesionales y riesgos derivados de los trabajos.					PSS-01
<b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Instalaciones de la empresa contratista y en sitios de obra					
<b>RESPONSABLE:</b> Contratista					
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
Salud y Seguridad Ocupacional	Riesgo para la salud y seguridad ocupacional	La empresa dotará al personal que labora en los diferentes frentes de trabajos del siguiente Equipo de Protección Personal: Mascarillas de uso continuo Protectores auditivos Gafas protectoras Botas con punta de acero Protectores Auditivos Mandil Guantes industriales Ropa de trabajo	Número y porcentaje de personal que cuenta con EPP adecuado de acuerdo a su área de trabajo y sus requerimientos.	Registros firmados de charlas e inducciones realizadas al personal EPP.	Permanente
		Además se realizarán charlas e inducciones periódicas con la finalidad de indicar la obligatoriedad del uso del Equipo de	Número de charlas e inducciones realizadas al personal.	Registros firmados de charlas e inducciones realizadas al personal	

**PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

**PROGRAMA DE DOTACION DE EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL**

**OBJETIVOS:** Establecer un las medidas de seguridad y salud en el trabajo para la construcción del proyecto, así como las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes, y posibles enfermedades profesionales y riesgos derivados de los trabajos.

PSS-01

**LUGAR DE APLICACIÓN:** Instalaciones de la empresa contratista y en sitios de obra

**RESPONSABLE:** Contratista

ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
		Protección entregado por la Empresa.			
		Se realizará el reemplazo del EPP que se encuentre deteriorado.		Registros fotográficos de charlas e inducciones	

**PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO.**

**PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO**

<b>OBJETIVOS:</b> Formular un programa de monitoreo ambiental para determinar el nivel de contaminación (ruido, emisión de polvo, gases de combustión) debido a la ejecución del proyecto.					<b>PMS-01</b>
<b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Instalaciones de la empresa contratista y en sitios de obra					
<b>RESPONSABLE:</b> Contratista					
<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO IDENTIFICADO</b>	<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PLAZO (meses)</b>
Efluentes	Sanciones por incumplimiento de las normas ambientales vigentes. Reclamos de la comunidad. Rechazo de la comunidad por la ejecución de la obra, por contaminación ambiental.	Supervisar la aplicación correcta del Plan de Manejo Ambiental, en sus diversos componentes, como: ruido, polvo, emisión de gases, señalización, control de materiales peligrosos, desechos sólidos, desechos líquidos, obras de protección, entre otros. Control del cumplimiento de disposiciones legales. Formulación de informes.	Resultados de monitoreos	Informe de laboratorio Acreditado.	8 meses



**PLAN DE REHABILITACIÓN DE ÁREAS CONTAMINADAS.**

PLAN DE REHABILITACIÓN DE ÁREAS CONTAMINADAS					
<b>OBJETIVOS:</b> Proponer medidas de rehabilitación de las áreas que pudieran ser afectadas por eventos de emergencias o de contaminación ambiental.					<b>PRA-01</b>
<b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Instalaciones de la empresa contratista y en sitios de obra					
<b>RESPONSABLE:</b> Contratista					
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
Agua , Suelo , Aire	Afectación a recursos e infraestructura por eventos de contaminación o de emergencias	Ejecutar la reparación y/o compensación ambiental	100% de la actividad	Reportes de medidas correctivas	Cuando se requiera

**PLAN DE CIERRE, ABANDONO Y ENTREG DEL AREA.**

<b>PLAN DE CIERRE, ABANDONO Y ENTREGA DEL AREA</b>					
<b>OBJETIVOS:</b> Es lograr que al culminar su vida útil, el lugar ocupado por la empresa constructora quede restaurado ambientalmente.					<b>PCA-01</b>
<b>LUGAR DE APLICACIÓN:</b> Instalaciones de la empresa contratista y en sitios de obra					
<b>RESPONSABLE:</b> Contratista					
<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO IDENTIFICADO</b>	<b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>	<b>PLAZO (meses)</b>
Agua , Suelo , Aire	Afectación a recursos e infraestructura por eventos de contaminación o de emergencias	Culminada la etapa de construcción, se procederá a retirar todas las instalaciones utilizadas, limpiar totalmente el área intervenida y disponer los residuos que así lo ameriten mediante un gestor ambiental autorizado.	100% cumplimiento de la medida	Registro de entrega de desechos a gestores según el tipo de residuo.	Finalización del proyecto



10.

**CRONOGRAMA VALORADO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)**

CRONOGRAMA VALORADO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL													
PLANES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	PRESUPUESTO
Plan de Mitigación y Prevención	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4.500,00
Prevención de Incendios													
Plan de Manejo de Desechos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	5.000,00
Programa de Manejo de Residuos Sólidos y Líquidos													
Plan de Comunicación y Capacitación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3.600,00
Programa de Capacitación de Manejo de Residuos Sólidos y Líquidos													
Plan de Relaciones Comunitarias	X	X				X	X						6.000,00
Programa de Comunicación con la comunidad	X	X				X	X						2.400,00
Plan de Contingencia	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4.800,00
Plan de Seguridad y Salud Programa de Dotación de Equipo de Protección Personal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	20.000,00
Plan de Monitoreo y Seguimiento Programa de monitoreo de efluentes	X	X				X						X	33.600,00
Plan de Rehabilitación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4.800,00
Programa de Rehabilitación de áreas contaminadas													
Plan de Cierre, Abandono y entrega del área												X	3.500,00
<b>TOTAL</b>	En letras				Ochenta y Ocho mil doscientos dólares								<b>88.200,00</b>

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Cañadas Cruz, L. 1983, Datos del Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador.
- Sierra, R. (Ed.). 1999. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Eco-Ciencia. Quito, Ecuador.
- <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Manual de procedimientos para la elaboración de Ficha Ambiental, CAN MAE., mayo 2013.
- Licencia Ambiental Categoría II, Ficha Ambiental, Can MAE., mayo 2013.
- Acuerdo Ministerial 068, Ministerio del Ambiente, R.O 31 de julio del 2013 Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Libro VI: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.