

PROYECTO DE GRADO MESTRÍA INGENIERÍA CIVIL

ESTRUCTURA DE COSTOS EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

PRESENTADO POR:  
NESTOR ENRIQUE TOUS CHIMÁ

ASESOR:  
JUAN GUILLERMO SALDARRIAGA VALDERRAMA



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C.  
DICIEMBRE DE 2013

A Dios, en sus manos todo es posible

A mi familia por su apoyo, fortaleza y compañía

A mis amigos, quienes comprendieron mi ausencia durante las jornadas de trabajo  
académico

A mis compañeros de Confianza, quienes me alentaron y compartieron este proceso de  
formación

Al Ing. Juan Saldarriaga, por su asesoría en el desarrollo de este proyecto

Gracias

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO .....	i
INDICE DE FIGURAS .....	iv
ÍNDICE DE GRÁFICAS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos .....	2
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.1.1. “Diseño Optimizado de Redes de Drenaje Urbano”- Ivonne Navarro Pérez- 2009	3
2.1.2. “Diseño Hidráulico Optimizado de Redes de Alcantarillado Usando los Conceptos de Potencia Unitaria y Pendiente Lógica” –Diego Antonio Copete Rivera – 2012	4
2.1.3. “Diseño Optimizado de Sistemas de Alcantarillado Utilizando Conceptos de Resiliencia y Potencia Unitaria”- Camilo Andrés Salcedo - 2012.....	5
2.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	9
2.2.1. Excavación.....	10
2.2.2. Rellenos .....	10
2.2.3. Tuberías .....	11
2.2.4. Pozo de Inspección .....	11
2.2.5. Entibados .....	12
3. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LOS COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO .....	13
3.1. FUENTES DE INFORMACIÓN .....	13
3.2. COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	21

---

3.2.1.	Excavación.....	21
3.2.2.	Relleno.....	25
3.2.3.	Tubería.....	28
3.2.4.	Pozos de Inspección.....	30
3.2.5.	Entibado.....	32
3.3.	ACTUALIZACIÓN DE ESTRUCTURA DE COSTOS .....	34
3.3.1.	ACTUALIZACIÓN DE COSTOS UTILIZANDO EL IPC.....	35
3.3.2.	ACTUALIZACIÓN DE COSTOS UTILIZANDO NUEVA INFORMACIÓN DE PRESUPUESTOS .....	35
4.	RESULTADOS.....	36
4.1.	Ciudad 1: Topografía Plana Pendiente 0.3%.....	36
4.1.1.	Ciudad 1 a.....	37
4.1.1.1.	Costo de Excavación Ciudad 1.....	37
4.1.1.2.	Costo de Relleno Ciudad 1a.....	39
4.1.1.3.	Costo de la Tubería Ciudad 1a.....	39
4.1.1.4.	Costo del pozo de inspección Ciudad 1a.....	40
4.1.1.5.	Costo del Entibado Ciudad 1a.....	40
4.1.2.	Variación Ciudad 1, Ciudad 1b.....	45
4.2.	Ciudad 2: Topografía Plana 0.3 % .....	48
4.2.1.	Ciudad 2 a.....	49
4.2.2.	Ciudad 2 b.....	51
4.3.	Ciudad 3 Topografía Inclinada 1.0 %.....	53
4.3.1.	Ciudad 3 a.....	54
4.3.2.	Ciudad 3 b.....	56
4.4.	Ciudad 4 Topografía Plana 4%.....	57
4.4.1.	Ciudad 4 a.....	59
4.4.2.	Ciudad 4 b.....	61
4.4.3.	Ciudad 4 c.....	63

---

4.5.	Ciudad 5 Topografía Plana 0.6% .....	65
4.5.1.	Ciudad 5 a .....	66
4.5.2.	Ciudad 5 b .....	68
4.6.	Ciudad 6 Topografía Plana 0.3% .....	69
4.6.1.	Ciudad 6 a .....	71
4.6.2.	Ciudad 6 b .....	73
4.6.3.	Ciudad 6 c .....	75
4.7.	Ciudad 7 Topografía Plana 0.3% .....	77
4.7.1.	Ciudad 7 a .....	78
4.7.2.	Ciudad 7 b .....	80
4.8.	Ciudad 8 Topografía Plana 0.3% .....	82
4.8.1.	Ciudad 8 a .....	83
4.8.2.	Ciudad 8 b .....	85
4.9.	Ciudad 9 Topografía Plana 0.3% .....	87
4.9.1.	Ciudad 9 a .....	88
4.9.2.	Ciudad 9 b .....	90
4.9.3.	Ciudad 9 c .....	92
4.10.	Ciudad 10 Topografía Plana 0.3% .....	94
4.10.1.	Ciudad 10 a .....	95
4.10.2.	Ciudad 10 b .....	97
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	99
5.1.	ANÁLISIS DE CIUDADES Y SUS COMPONENTES .....	99
5.1.1.	ANÁLISIS DE LA CIUDAD 1 - ANÁLISIS COSTO DE LA EXCAVACIÓN 101	
5.2.	ANÁLISIS DE LA CIUDAD 2 – ANÁLISIS DE COSTO DEL RELLENO .....	103
5.3.	ANÁLISIS DE LA CIUDAD 3- ANÁLISIS DE COSTO DE LA EXCAVACIÓN 105	
5.4.	ANÁLISIS DE LA CIUDAD 4- ANÁLISIS DE COSTO DEL ENTIBADO .....	107

---

5.5. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 5- ANÁLISIS DE COSTOS EXCAVACIÓN, RELLENO Y ENTIBADO.....	110
5.6. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 6 - ANÁLISIS DE COSTOS DE EXCAVACIÓN, RELLENO Y ENTIBADO.....	112
5.7. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 7 – ANÁLISIS DE COSTO DEL RELLENO .....	115
5.8. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 8.....	117
5.9. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 9 – ANÁLISIS DE COSTO DEL ENTIBADO.....	119
5.10. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 10- ANÁLISIS DE COSTO DE EXCACVACIÓN Y RELLENO .....	122
5.11. ANÁLISIS CONJUNTO .....	124
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	125
7. BIBLIOGRAFÍA.....	127
8. ANEXOS.....	128

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.3-1 Esquema de un Tramo de Tubería .....	6
Figura 2.1.3-2 Volumen de Tierra Asociado a la Excavación de la Tubería .....	6
Figura 2.1.3-3 Ancho de Zanja según Manual Técnico para Alcantarillados Novafort y Novaloc. Tomado de PAVCO .....	7
Figura 2.1.3-4 Esquema del Entibado de una Zanja.....	8

### ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 3.2.1-1 Costos de Excavación en Material Común 0-2m.....	22
Gráfica 3.2.1-2 Costos de Excavación en Material Común 2-4m.....	23
Gráfica 3.2.1-3 Costos de Excavación en Material Conglomerado 0-2m.....	24
Gráfica 3.2.1-4 Costos de Excavación en Material Conglomerado 2-4m.....	24
Gráfica 3.2.2-1 Costos de Relleno en material seleccionado de la excavación.....	27
Gráfica 3.2.2-2 Costos de Relleno con material de préstamo de cantera.....	27
Gráfica 3.2.3-1 Diámetro Tubería Vs Costo.....	30
Gráfica 3.2.4-1 Profundidad Pozo de Inspección Vs Costo.....	31

---

Gráfica 3.2.5-1 Costo de Entibados.....	32
Gráfica 5.1-1 Costo por Ciudades. ....	100
Gráfica 5.1.1-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 1a.....	101
Gráfica 5.1.1-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 1b. ....	102
Gráfica 5.1.1-3 Variación Costos Ciudades 1a y 1 b.....	102
Gráfica 5.2-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 2a.....	103
Gráfica 5.2-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 2b. ....	104
Gráfica 5.2-3 Variación Costos Ciudades 2a y 2 b.....	104
Gráfica 5.3-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 3a.....	105
Gráfica 5.3-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 3b. ....	106
Gráfica 5.3-3 Variación Costos Ciudad 3a y 3 b.....	107
Gráfica 5.4-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 4a.....	108
Gráfica 5.4-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 4b. ....	108
Gráfica 5.4-3 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 4c.....	109
Gráfica 5.4-4 Variación Costos Ciudad 4a - 4 b y 4 c.....	109
Gráfica 5.5-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 5a.....	110
Gráfica 5.5-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 5b. ....	111
Gráfica 5.5-3 Variación Costos Ciudades 5a y 5 b.....	112
Gráfica 5.6-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 6a.....	113
Gráfica 5.6-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 6b. ....	113
Gráfica 5.6-3 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 6c.....	114
Gráfica 5.6-4 Variación Costos Ciudades 6a - 6 b y 6c .....	115
Gráfica 5.7-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 7a.....	116
Gráfica 5.7-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 7b. ....	116
Gráfica 5.7-3 Variación Costos Ciudades 7a y 7 b.....	117
Gráfica 5.8-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 8a.....	118
Gráfica 5.8-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 8b. ....	118
Gráfica 5.8-3 Variación Costos Ciudad 8a y 8 b.....	119
Gráfica 5.9-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 9a.....	120
Gráfica 5.9-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 9b. ....	120
Gráfica 5.9-3 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 9c.....	121
Gráfica 5.9-4 Variación Costos Ciudades 9 a- 9b y 9 b .....	121
Gráfica 5.10-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 10a.....	122
Gráfica 5.10-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 10b. ....	123
Gráfica 5.10-3 Variación Costos Ciudades 10a y 10 b.....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1-1 Costos de Excavación para Redes. Tomado y Modificado de IDU (2012) .....	5
Tabla 3.1-1 Fuentes Consultadas .....	19
Tabla 3.1-2 Variación IPC- Fuente DANE .....	20
Tabla 3.2.1-1 Tipos de Excavación. ....	22
Tabla 3.2.1-2 Costo de la Excavación .....	25
Tabla 3.2.2-1 Costo del Relleno. ....	28
Tabla 3.2.3-1 Costo de la Tubería. ....	29
Tabla 3.2.4-1 Costo Componentes pozo de Inspección.....	31
Tabla 3.2.5-1 Costo del Entibado. ....	32
Tabla 3.2.5-2 Resumen Ecuaciones de Costos. ....	34
Tabla 4.1-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 1. ....	36
Tabla 4.1-2 Variaciones Ciudad 1. ....	37
Tabla 4.1.1.5-1 Costo Total Tramo 1 Ciudad 1a. ....	41
Tabla 4.1.1.5-2 Estructura de Costos Ciudad 1a. ....	45
Tabla 4.1.2-1 Estructura de Costos Ciudad 1b. ....	47
Tabla 4.2-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 2. ....	48
Tabla 4.2-2 Sistema de Alcantarillado Ciudad 2. ....	48
Tabla 4.2.1-1 Estructura de Costos Ciudad 2a. ....	50
Tabla 4.2.2-1 Estructura de Costos Ciudad 2b. ....	52
Tabla 4.3-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 3. ....	53
Tabla 4.3-2 Variaciones Ciudad 3. ....	53
Tabla 4.3.1-1 Estructura de Costos Ciudad 3 a. ....	55
Tabla 4.3.2-1 Estructura de Costos Ciudad 3b. ....	57
Tabla 4.4-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 4. ....	58
Tabla 4.4-2 Variaciones Ciudad 4. ....	58
Tabla 4.4.1-1 Estructura de Costos Ciudad 4 a. ....	60
Tabla 4.4.2-1 Estructura de Costos Ciudad 4b. ....	62
Tabla 4.4.3-1 Estructura de Costos Ciudad 4c. ....	64
Tabla 4.5-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 5. ....	65
Tabla 4.5-2 Variaciones Ciudad 5 .....	65
Tabla 4.5.1-1 Estructura de Costos Ciudad 5a. ....	67
Tabla 4.5.2-1 Estructura de Costos Ciudad 5b. ....	69
Tabla 4.6-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 6. ....	70
Tabla 4.6-2 Variaciones Ciudad 6. ....	70
Tabla 4.6.1-1 Estructura de Costos Ciudad 6a. ....	72
Tabla 4.6.2-1 Estructura de Costos Ciudad 6b. ....	74

---

Tabla 4.6.3-1 Estructura de Costos Ciudad 6c. ....	76
Tabla 4.7-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 7. ....	77
Tabla 4.7-2 Variaciones Ciudad 7. ....	77
Tabla 4.7.1-1 Estructura de Costos Ciudad 7a. ....	79
Tabla 4.7.2-1 Estructura de Costos Ciudad 7b. ....	81
Tabla 4.8-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 8. ....	82
Tabla 4.8-2 Variaciones Ciudad 8. ....	82
Tabla 4.8.1-1 Estructura de Costos Ciudad 8a. ....	84
Tabla 4.8.2-1 Estructura de Costos Ciudad 8b. ....	86
Tabla 4.9-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 9. ....	87
Tabla 4.9-2 Variaciones Ciudad 9. ....	88
Tabla 4.9.1-1 Estructura de Costos Ciudad 9 a. ....	89
Tabla 4.9.2-1 Estructura de Costos Ciudad 9b. ....	91
Tabla 4.9.3-1 Estructura de Costos Ciudad 9c. ....	93
Tabla 4.10-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 10. ....	94
Tabla 4.10-2 Variaciones Ciudad 10. ....	94
Tabla 4.10.1-1 Estructura de Costos Ciudad 10 a. ....	96
Tabla 4.10.2-1 Estructura de Costos Ciudad 10b. ....	98
Tabla 5.1-1 Costo Total por Ciudades. ....	99
Tabla 5.11-1 Costo Promedio de los Componentes del sistema de Alcantarillado y sus porcentajes. ....	124

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

### 1.1. Introducción

El papel determinante de los sistemas de alcantarillado para el desarrollo de las poblaciones está dado por la captación de aguas lluvias y aguas residuales desde su vertimiento en instituciones, hogares e industrias hasta su disposición final en las plantas de tratamiento. El interés de la humanidad en el desarrollo de dichos sistemas se remonta al siglo IV a.C. cuando los Romanos enfocaron gran parte de su trabajo en la implementación de un adecuado manejo de las aguas desechadas.

La construcción de sistemas de captación y conducción de aguas provenientes de las precipitaciones y la recolección de aguas servidas, le permiten a la sociedad mantener un ambiente saludable mediante la correcta disposición de sus vertimientos, proteger las áreas urbanas de inundaciones, y mitigar las acciones de saturación de las áreas erosionables y susceptibles de deslizamientos. Así, el tratamiento de estas aguas va a propiciar la conservación del medio ambiente, el incremento de la productividad de las regiones dado el aprovechamiento del terreno urbanizable, la recuperación de los cuerpos de agua, la implantación de cultivos, la generación de industrias y la conservación de la diversidad de fauna y flora. Estos efectos se verán reflejados en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

En la actualidad se están generando políticas amigables con el medio ambiente que despiertan el interés en el estudio de metodologías para diseñar y construir sistemas de alcantarillado óptimos, que brinden una solución técnica ajustada a los requerimientos de los usuarios y que se encuentren dentro de las partidas presupuestales asignadas a cada municipio, en donde el componente económico se convierte en un factor fundamental para poder contratar y ejecutar las obras requeridas.

Teniendo en cuenta los análisis previos realizados en el Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados de la Universidad de los Andes – CIACUA, para establecer diseños óptimos con la asignación de recursos económicos a los diferentes elementos que componen un alcantarillado, en el presente proyecto de grado se presentará un estudio completo del comportamiento de los precios en el mercado colombiano y de las actividades que son necesarias para construir un sistema de alcantarillado, que comprenden excavación, relleno, tubería, pozos de inspección y entibados. Así mismo, se busca suministrar un criterio económico de evaluación de

alternativas para la construcción de alcantarillados y se utilizarán 10 ciudades hipotéticas en las que se aplicarán los costos de cada uno de los componentes del sistema, los cuales servirán para evaluar los resultados obtenidos. Es así que de una manera práctica, ajustada al medio actual y que podrá seguir siendo actualizada con el paso del tiempo, se contará con una herramienta para asignar costos en sistemas de alcantarillado.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Establecer una estructura de costos ajustada a las actividades propias de construcción de los sistemas de alcantarillado, por medio del análisis y recopilación de los datos de 43 proyectos en nuestro país.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Establecer el comportamiento de los costos de los sistemas de alcantarillado a partir de estudio de 43 proyectos y bases de datos de consulta del mercado colombiano.
- Estimar la estructura de costos de alcantarillados de acuerdo con sus actividades constructivas, las cuales servirán para evaluar económicamente las alternativas de diseño de dichos sistemas.
- Suministrar una expresión matemática para el cálculo del costo de la excavación, el relleno, el entibado, la tubería y los pozos de inspección, con base en las diferentes alternativas que se utilizan en Colombia.
- Proporcionar una base económica para incluir en los programas que actualmente se utilizan en la universidad a fin de actualizar dichos sistemas.
- Realizar una evaluación de la susceptibilidad del costo de los sistemas de alcantarillados frente a cambios en las actividades constructivas.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

En los permanentes estudios que adelanta Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillado – CIACUA, se han analizado métodos para la optimización del diseño de sistemas de alcantarillado, en donde se han utilizado criterios hidráulicos y económicos para comparar alternativas que permiten definir la mejor opción. A continuación se mencionarán los estudios previos y sus aportes al presente proyecto de grado.

#### 2.1.1. “Diseño Optimizado de Redes de Drenaje Urbano”- Ivonne Navarro Pérez- 2009

En su trabajo, Navarro estableció tres ecuaciones para analizar los costos asociados con su diseño, las dos primeras para evaluar el costo de la tubería y la tercera para hallar el costo de la excavación.

Su primera ecuación para el costo de la tubería la tomó a partir de un estudio realizado por el *Trenchless Technology Center* de Louisiana Tech Univeristy para establecer la curva de costos para tecnología de rehabilitación de alcantarillados correspondiente a tubería de PVC, la cual actualizó al año de su estudio en 2008.

$$C = 692.62d^{1.088} H^{0.303} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

donde:

C: Costo por metro lineal de tubería [COP/m]

d: Diámetro de la tubería en milímetros [mm]

H: Profundidad de la instalación en metros [m]

Para las dos ecuaciones siguientes tomó como referencia el “Estudio de Estructuración y Análisis de Información de Inversiones de los Prestadores de Acueducto y Alcantarillado”, que fue elaborado por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA). Con la primera ecuación se halla el costo de la tubería

$$C = 9579.31 k d^{0.5737} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

donde:

C: Costo por metro lineal de tubería a mayo de 2009 [COP/m]

d: Diámetro de la tubería en milímetros [mm]

k: Factor de conversión de pesos de diciembre de 2007 a mayo de 2009;

$$k=(1+IPC_{2008})*(1+IPC_{06/2009})=1.32$$

La siguiente ecuación permite calcular el costo de la excavación

$$C = 1163.77 k V^{1.31} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

donde:

C: Costo de excavación mecánica en material común a mayo de 2009 [COP]

V: Volumen de excavación por tubería en metros cúbicos [m<sup>3</sup>]

k: Factor de conversión de pesos de diciembre de 2007 a mayo de 2009

Para finalizar su estimación del costo total de un tramo incluyendo excavación y tubería, realiza la sumatoria de las ecuaciones 2.2 y 2.3:

$$C = k(9579.31 d^{0.5737} + 1163.77 V^{1.31}) \quad \text{Ecuación 2.4}$$

### 2.1.2. “Diseño Hidráulico Optimizado de Redes de Alcantarillado Usando los Conceptos de Potencia Unitaria y Pendiente Lógica” –Diego Antonio Copete Rivera – 2012

Copete, en su proyecto de grado requirió involucrar la función de costos para realizar comparaciones entre los costos constructivos y los criterios de confiabilidad; es así que implementó la ecuación 2.4 de Navarro, desarrollando el volumen de la excavación en función de la longitud y la pendiente.

$$C_{TOTAL} = (9579.31 * 1.32 * (20.54 d^{0.5737})) * L + 1163.77 * 1.32 * \left( (sen(atan(s)) * L * cos(atan(s))) * L * ((d * 0.0254) + 1) \right)^{1.31}$$

$$\text{Ecuación 2.5}$$

### 2.1.3. “Diseño Optimizado de Sistemas de Alcantarillado Utilizando Conceptos de Resiliencia y Potencia Unitaria”- Camilo Andrés Salcedo - 2012

De igual forma que en los dos proyectos anteriores, Salcedo debió hacer un comparativo de las alternativas diseñadas, para ello planteó una descripción de los diferentes componentes de las funciones de costo. En su análisis estableció los costos de la tubería, la excavación, el relleno, el entibado y los pozos de inspección.

El costo de la tubería lo obtuvo a partir de los catálogos de PAVCO de 2012, en donde tomó la variación de los precios de tuberías Novafort y Novaloc, en función de los diámetros comercialmente ofrecidos, definiendo que su ecuación para el costo de la tubería estaría dada por la siguiente expresión:

$$C = 622748 d^{1.9799} \quad \text{Ecuación 2.6}$$

donde:

C: Costo de la tubería por metro [COP/m]

d: Diámetro de la tubería en metros [m]

Los costos de la excavación los estableció con base en el volumen de material excavado y tomando su precio del Listado de Precios de Actividades de Referencia de Obra del IDU en su versión del 2012.

Actividad	Unidades	(\$COP)
Excavación Manual para Redes Profundidad 0-2m (incluye cargue)	m <sup>3</sup>	20,119.53
Excavación Manual para Redes Profundidad 2-3.5 m (incluye cargue)	m <sup>3</sup>	25,938.52
Excavación Mecánica para Redes Profundidad 0-3.5 m (incluye cargue)	m <sup>3</sup>	3,794.45

Tabla 2.1-1 Costos de Excavación para Redes. Tomado y Modificado de IDU (2012)

Para determinar el volumen de material a excavar, Salcedo presentó los siguientes gráficos y sus respectivos cálculos de la sección.

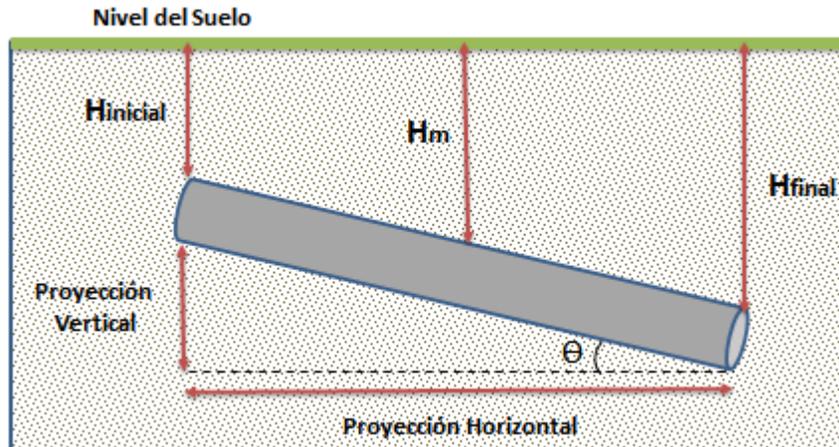


Figura 2.1.3-1 Esquema de un Tramo de Tubería

Dado que la sección de la excavación es en forma de cuña, estableció la profundidad media como el promedio entre la profundidad inicial y la final.

$$H_m = \frac{H_{inicial} + H_{final}}{2} \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Así mismo, realizó el cálculo de las proyecciones de la excavación con base en el siguiente gráfico:

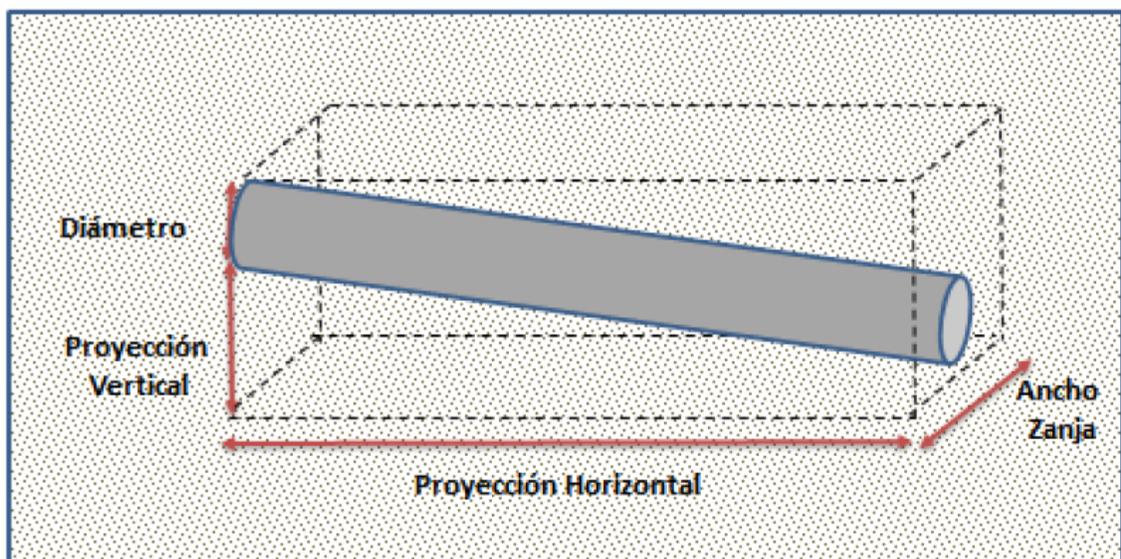


Figura 2.1.3-2 Volumen de Tierra Asociado a la Excavación de la Tubería

$$\text{Proyección Vertical} = L * \text{sen}(\theta) + d \quad \text{Ecuación 2.8}$$

$$\text{Proyección Horizontal} = L * \text{cos}(\theta) + d \quad \text{Ecuación 2.9}$$

$$\theta = \tan^{-1}(s) \quad \text{Ecuación 2.10}$$

De acuerdo con las especificaciones PAVCO dadas en el manual técnico para alcantarillados Novaloc y Novafort, el ancho de la zanja está dado por el ancho de la tubería más 0.4 m, es decir, 0.2 m a cada lado del tubo. Además se debe dejar sobre 0.15 cm de material, tal como lo muestra su figura.

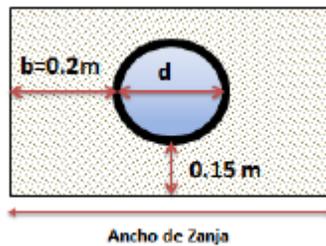


Figura 2.1.3-3 Ancho de Zanja según Manual Técnico para Alcantarillados Novafort y Novaloc. Tomado de PAVCO

$$w = d + 0.4 \quad \text{Ecuación 2.10}$$

Una vez conocida la geometría de la excavación, Salcedo obtuvo la siguiente ecuación para determinar el volumen de la excavación.

$$V_{Exc\ Tubería} = \frac{(L\text{Sen}(\theta)+d+0.15)*L\text{cos}(\theta)*(0.4+d)}{2} \quad \text{Ecuación 2.11}$$

Para tener la totalidad del volumen de excavación, a esta ecuación se le debe sumar el volumen de tierra que se encuentra encima de la cuña, que está dado por la profundidad media de la excavación.

Con base en los precios consultados en IDU y de acuerdo con la profundidad de excavación, su ecuación de costos para la excavación quedó de la siguiente manera

$$C_{Excavación} = (20119.53a + 25938.52b) * (V_{Exc.Tubería} + H_m * L * \text{Cos}(\theta)) \quad \text{Ecuación 2.12}$$

Siendo a y b variables binarias para establecer cual precio utilizar de acuerdo con la profundidad de la excavación, entre 0 y 2 metros o entre 2 y 3.5 metros.

Se observa que en el análisis planteado se utilizó como insumo el precio de IDU que aplica para la ciudad de Bogotá para las excavaciones en material común.

En relación con el costo del relleno, este fue determinado como el producto del volumen de excavación menos el volumen que ocupa la tubería, por el respectivo valor de la actividad de relleno que tomó de la lista de precios de referencia del IDU, para el año 2012 que correspondía a \$ 18,125.89 /m<sup>3</sup>, obteniendo la siguiente función:

$$C_{Relleno} = 18125.89 * \left( V_{Exc.Tubería} + H_m * L * Cos(\theta) - \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) H_m * L * Cos(\theta) \right)$$

Ecuación 2.13

Para determinar el costo del entibado, Salcedo presentó el siguiente esquema que muestra la composición de un entibado dentro de la zanja, como un elemento de confinamiento para las paredes de la excavación.

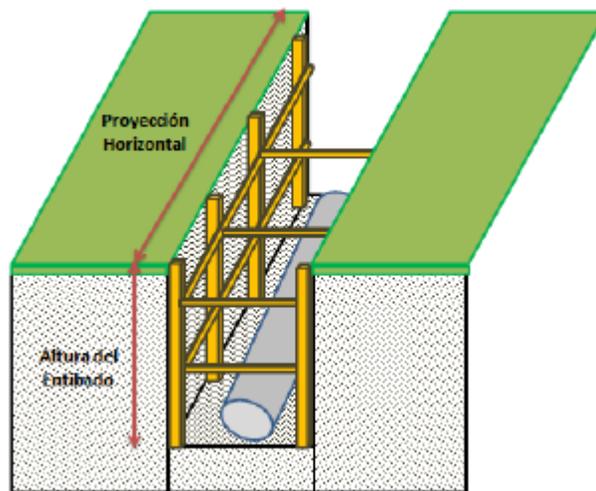


Figura 2.1.3-4 Esquema del Entibado de una Zanja

$$Z = Cota Terreno - Cota Batea + 0.15$$

Ecuación 2.14

El precio de referencia lo tomó de la lista de precios de referencia del IDU para Entibados del año 2012, que correspondía a \$ 23,033.89 m<sup>2</sup>. Además, aplicando la normatividad del Acueducto de Bogotá que estipula que se deben utilizar entibados

cuando la profundidad de la zanja supere los 1.20 m, empleó la variable binaria  $c$  en su ecuación para aplicar este parámetro.

$$C_{Entibado} = 23033.89 * (L * \text{Cos}(\theta) * Z * 2) * c$$

Ecuación 2.15

La anterior ecuación indica la profundidad a la que se debe instalar el entibado, que se supone como la profundidad media de la excavación  $H_m$ .

El costo de los pozos de inspección fue determinado con base en los precios consultados en Construdata en el año 2011, por lo que debió hacer el ajuste a valor presente tomando como tasa el IPC, cuya variación a 2012 fue de 1.043. La variable en el caso de los pozos de inspección fue la profundidad  $H$ .

$$C_{cámara\ de\ inspección} = 1.043 * (194014H_{Final}^2 + 194118H_{Final} + 856764)$$

Ecuación 2.16

Así las cosas, el valor total del sistema de alcantarillado se obtiene sumando las ecuaciones de cada uno de los componentes indicados. En su análisis, Salcedo utilizó diez ciudades hipotéticas con topografía variable y diferentes distribuciones de las redes de alcantarillado, las cuales fueron utilizadas para evaluar las funciones de costos obtenidas.

Es pertinente señalar que las unidades de medida, los volúmenes de excavaciones y rellenos, la geometría de los entibados y la profundidad de los pozos de inspección, son parámetros que se mantienen constantes en los sistemas de alcantarillado. De esta manera, dichos parámetros sirvieron como lineamientos de base para el presente proyecto de grado.

## 2.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO

En Colombia un tipo de contrato típico es a precios unitarios fijos sin fórmula de reajuste, tal como se estableció en la totalidad de los contratos y licitaciones analizadas. En este tipo de contrato se define cada actividad con su unidad de medida, su valor

unitario y su cantidad a ejecutar. El valor total ejecutado de cada actividad se obtiene multiplicando el precio pactado por sus respectivas cantidades. El costo directo total se obtiene al sumar los costos individuales de las actividades.

Para obtener el costo total del contrato, a los costos directos se le suman los gastos asociados con la administración, imprevistos y utilidades, conocidos como el AIU que equivale a un valor entre el 28 y 30% del valor de los costos directos.

En esta sección se presentan las especificaciones de los componentes analizados y su unidad de medida.

### **2.2.1. Excavación**

Es una actividad necesaria determinada para la construcción de la zanja que alojará la tubería del sistema de alcantarillado. Está sujeta a las características del terreno y la profundidad de la zanja. Los recursos se definen de acuerdo con el tipo de excavación que puede ser manual o a máquina.

En este estudio se limita al análisis de la excavación manual, cuyos recursos están determinados por la mano de obra de un ayudante y herramienta como pica y pala, cuyos rendimientos varían dependiendo del tipo de material y profundidad a excavar.

La unidad de medida es el volumen de material excavado que es el metro cúbico.

### **2.2.2. Rellenos**

Los rellenos componen el material de llenado de la zanja una vez instalada la tubería; la selección del tipo de material está sujeta a las características del terreno y al uso o tránsito de la vía excavada. El objetivo del material de relleno es disipar los esfuerzos que generan las cargas sobre la vía a fin de evitar el fallo por el traslado de dichas cargas a la red.

En condiciones normales lo usual es utilizar para el relleno el mismo material excavado, luego de una selección en obra por tamaños. Sin embargo, en caso de terrenos muy compresibles se recomienda utilizar material proveniente de una cantera cercana o mejor conocido como material de préstamo.

El relleno se debe hacer progresivamente en capas de 0.20 m, llevando a cabo la compactación de cada una de las capas, esto con el fin de evitar hundimientos en la longitud del trazado.

Los recursos empleados en los rellenos e incluidos en el presente estudio son, el material de relleno con unidad de medida por m<sup>3</sup>. Además se requiere de equipo como compactador.

### **2.2.3. Tuberías**

La tubería es el elemento de conducción de las aguas captadas en la red. La selección de los tubos está sujeta a la disponibilidad de materiales y nuevas tecnologías del mercado, que está determinada por la localización del proyecto y las facilidades de traslado e instalación.

En el presente estudio se tomó como referencia la tubería en PVC con exterior liso e interior corrugado, su denominación comercial es tipo NOVAFORT (producida por PAVCO); los cálculos realizados previamente se utilizó para su rugosidad el valor de  $1.5 \times 10^{-6}$  metros. Su forma de pago es por metro lineal de tubería suministrada e instalada.

### **2.2.4. Pozo de Inspección**

Los pozos de inspección son utilizados para las labores de limpieza de la red y conexiones por cambios en los alineamientos de la red, entre otros. Sus componentes se dividen en tres:

- Tapa del pozo de inspección, está constituida por un cono en concreto reforzado, con su tapa en hierro fundido; esta actividad se cuantifica por unidad que en este caso está determinada para pozos con un diámetro de 1.20 m.
- Cilindro, es el cuerpo del pozo de inspección, en este estudio se tomó como referencia el pozo en concreto de una resistencia de 21 MPa. Esta actividad se cuantifica por metro lineal que es función de la profundidad del pozo.

- Base del pozo, esta actividad comprende el piso o solado del pozo de inspección que es construido en concreto reforzado y en que se construyen las cañuelas que conducen el flujo dentro del pozo. La cuantificación de esta actividad se hace por unidad.

### **2.2.5. Entibados**

Los entibados son elementos utilizados para la contención de las paredes de la excavación; su uso está determinado por la norma RAS y en obra es la interventoría quien exige su uso, el cual es para prevenir el derrumbe y la desecación del terreno una vez elaborada la zanja.

El uso del entibado se hace de manera provisional mientras se adelantan las excavaciones y la instalación de la tubería, antes de empezar con el relleno este se debe retirar y puede ser nuevamente utilizado en la construcción de un tramo siguiente. En la obra se tiene un entibado por cada frente de instalación abierto.

El entibado está compuesto por láminas de madera o metálicas que se ponen a ambos lados de la zanja y mantienen abierta la excavación. Su medida de pago es por metro cuadrado.

### **3. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LOS COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO**

Una vez trazados los objetivos del presente proyecto de grado a continuación se describe la metodología utilizada para llevar a cabo la investigación de campo, en la cual se explicarán las bases de datos y proyectos consultados, las variables de las funciones que llevan a determinar el costo de cada uno de los componentes, los conceptos que aplican para establecer los costos unitarios de los componentes, la actualización de los datos a valor presente neto y, con el ánimo de dar vigencia a los costos, los ajustes que se deben realizar para que este documento se pueda utilizar como referencia para presupuestos futuros.

#### **3.1. FUENTES DE INFORMACIÓN**

El enfoque del presente trabajo de grado, ha sido determinado por una investigación de campo detallada a partir de la consulta de las diversas fuentes disponibles para establecer los costos de los sistemas de alcantarillado en Colombia. En principio, se accedió a las bases de datos especializadas en suministro de precios para la formulación de presupuestos de las entidades estatales encargadas de la contratación de obras de alcantarillados y proveedores, luego se procedió a investigar de manera directa la contratación en diferentes localidades del país, verificando precios en licitaciones y contratos suscritos entre los años 2010 y 2013.

En la primera parte de la investigación se consultaron las bases de datos de Construdata, el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y el proveedor de tuberías PAVCO, en las que se buscaron los precios asociados con las excavaciones, rellenos, tubería, pozos de inspección y entibados, con el fin de delimitar el alcance de la investigación de conformidad con las actividades ofrecidas en el mercado.

Teniendo como punto de partida los precios y actividades suministrados por las referencias señaladas y dado que el objetivo del presente trabajo es la investigación de una amplia gama de precios reales que rigen la construcción en Colombia, se accedió a 130 anexos técnicos de licitaciones y contratos de entidades públicas, que requerían construir sistemas de alcantarillados o algunos de sus componentes.

Del universo señalado, se incluyeron en el presente trabajo los presupuestos que mostraban las actividades de obra objeto investigación con sus respectivos precios, lo que obligó a descartar los proyectos que no mostraban los costos. Es así que del universo de 130 proyectos consultados, el análisis de precios se redujo a 43 proyectos entre bases de datos, licitaciones públicas y contratos.

Nº	Entidad Consultada	Tipo de Fuente	Objeto	Lugar de Construcción
1	Construdata	Base de datos de 2013	-	Bogotá D.C.- Medellín- Cali- Barranquilla
2	Instituto de Desarrollo Urbano	Base de datos de 2013	-	Bogotá D.C.
3	PAVCO	Base de datos de 2013	-	Bogotá D.C.
4	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá	Base de datos de 2013	-	Bogotá D.C.
5	EMPAS (Empresa Acueducto y Alcantarillado de Santander)	Contrato N° 001974 de 2013.	Construcción del interceptor sanitario Menzuli- Aranzoque Municipio de Floridablanca Departamento de Santander	Floridablanca
6	Plan de Aguas Caldas	Licitación Pública LP-SV-002 de 2012	Mejoramiento de las redes de acueducto y alcantarillado en municipios Caldas	Viterbo- Samaná- Salamina
7	Instituto de Desarrollo Urbano	Licitación Pública IDU-LP-SGI-010 de 2012	Complementación de los estudios y diseños, mantenimiento, rehabilitación y/o reconstrucción de la calle 169 B en el sector comprendido entre el canal de Córdoba y la avenida Boyacá	Bogotá D.C.
8	Proactiva Aguas de Montería	Licitación Pública PAM-PC-LC-018 de 2012	Construcción extensión de redes de alcantarillado y colector matriz del barrio Cantaclaro Etapa I del municipio de Montería Departamento de Córdoba	Montería - Córdoba

**Tabla 3.1-1 Fuentes Consultadas**

N°	Entidad Consultada	Tipo de Fuente	Objeto	Lugar de Construcción
9	Gobernación de Antioquia	Licitación LP- 20-08 de 2012	Construcción de obras de protección en los sectores la Asomadera, el Arriero, el Hormiguero y red de alcantarillado en la Primavera y la Asomadera, de la conexión vial Guillermo Gaviria Correa en el Departamento de Antioquia.	Primavera La Asomadera - Antioquia
10	Empresa de Aguas Y Aseo de Risaralda S.A ESP	Licitación Pública LP - EAAR - 02 DE 2012	Ejecución de obras para la optimización del sistema de alcantarillado del municipio de Marsella Risaralda	Marsella - Risaralda
11	Aguas de Magdalena	Contrato N° CO-001 de 2010	Optimización del Sistema de Acueducto de los Municipios de Ciénaga y Pueblo Viejo, Magdalena	Ciénaga y Pueblo Viejo- Magdalena
12	Aguas de Manizales S.A. E.S.P.	Contrato N° 20110249 de 2011	Obras para la reducción de la vulnerabilidad de las conducciones planta Luis Prieto- Niza, sector Sicolsa Manizales	Manizales - Caldas
13	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira E.S.P. S.A.	Licitación Pública SI-056-11 de 2011	Empalmes interceptor río Consota: Hacienda La Paz, Mercasa, Obras en Casa Lúker, empalme Coralina y viaducto contiguo , lleno contiguo a Mercasa	Pereira - Risaralda
14	Empresa de Servicios Públicos del Meta S.A. EDESA S.A. E.S.P	Solicitud Pública de Ofertas N°003 de 2013	Redes matrices, sectorización y ampliación redes – acueducto y alcantarillado municipio de Granada - Meta	Granada - Meta
15	Empresa de Servicios Públicos del Meta S.A. EDESA S.A. E.S.P	Solicitud Pública de Ofertas N° 010 de 2011	Construcción colector Ocoa fase II del plan maestro de alcantarillado sanitario del municipio de Villavicencio, Meta	Villavicencio - Meta
16	Corporación Autónoma Regional de Caldas- CORPOCALDAS	Licitación Pública LP-003-2011	Reparación y reconstrucción del interceptor de aguas residuales de la quebrada Manizales	Manizales- Caldas

**Tabla 3.1-1 Fuentes Consultadas (Continuación)**

N°	Entidad Consultada	Tipo de Fuente	Objeto	Lugar de Construcción
17	IDU	Contrato N° 032 de 2011	Continuación y terminación de la construcción de la calzada sur de la avenida la Sirena (calle 153) desde la avenida Paseo de los Libertadores (autopista norte) hasta la avenida Boyacá, en Bogotá D.C.	Bogotá D.C.
18	Gobernación de Santander	Licitación Pública N° INF-OBR-11-155 de 2011	Construcción del alcantarillado Interceptor del municipio de Cerrito, Departamento de Santander	Cerrito - Santander
19	Instituto de Desarrollo Urbano	Licitación Pública N° LP-SGI-014-2011 de 2011	Construcción de la intersección a desnivel de la avenida Laureano Gómez (AK 9) por calle 94 y su conexión con la avenida Santa Bárbara (AK 19) en Bogotá D,C, correspondiente código de obra 104 del acuerdo 180 de 2005 de valorización	Bogotá D.C.
20	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB	Contrato N° 1-01-31100- 541 de 2011	Obras de rehabilitación de redes de alcantarillado y obras de rehabilitación de pavimentos y andenes de la calle 92, entre Avenida Carrera 15 y Autopista sur calzada sur	Bogotá D.C.
21	Municipio de Fortul	Contrato N° 026 de 2011	Construcción de alcantarillado sanitario centro poblado nuevo Caranal, municipio de Fortul, Departamento de Arauca fase II	Centro poblado Nuevo Caranal – Fortul - Arauca
22	Sociedad de Acueducto y Alcantarillado de Buenaventura	Licitación Pública Sociedad de Acueducto y Alcantarillado de Buenaventura	Construcción de obras de infraestructura sistema de acueducto y alcantarillado	Buenaventura- Valle del Cauda
23	Departamento de Caldas	Licitación Pública N° LP-SV-007-2011 de 2011	Mejoramiento de redes de acueducto y alcantarillado en los municipios vinculados al PDA de Caldas	Belalcázar, La Dorada, Filadelfia, Marulanda, San José, Risaralda y Marquetalia - Caldas

**Tabla 3.1-1 Fuentes Consultadas (Continuación)**

N°	Entidad Consultada	Tipo de Fuente	Objeto	Lugar de Construcción
24	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio EAAV E.S.P.	Solicitud privada de ofertas N° 124 DE 2011	Obras complementarias alcantarillado pluvial barrio la Rosita Fase II	Villavicencio - Meta
25	Empresa de Servicios Públicos de Sabana de Torres – ESPUSATO E.S.P.	Contrato de riesgo compartido o Joint Venture	Construcción y ampliación del plan maestro de acueducto y alcantarillado del municipio de Sabana de Torres- Santander	Sabanas de Torres - Santander
26	Empresa de Servicios Públicos de Piedecuesta	Contrato de Obra N° 0108 de 2011	Construcción de Alcantarillado Pluvial barrio Los Cisnes	Piedecuesta - Santander
27	Gobernación del Atlántico	Licitación Pública No. SAPSB 011 de 2010	Alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio de Tubará - primera etapa	Tubará- Atlántico
28	Empresa de Servicios Públicos de El Banco - Magdalena	Invitación Pública N° 001 de 2011	Seleccionar un contratista idóneo, que con plena autonomía técnica, administrativa y financiera, realice los estudios, diseños y las obras de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales y un sector del sistema de alcantarillado de las comunas 1 y 2 de la zona urbana del municipio de El Banco Magdalena	El Banco- Magdalena
29	Aguas del Sur de La Guajira	Invitación Privada No 143 de 2.010	Construcción redes secundarias alcantarillado aguas residuales e instalación sistemas sanitarios en los barrios el Pilar, las Delicias y zonas aledañas municipio de Barrancas Departamento de la Guajira	Barrancas - Guajira
30	Empresa de Servicios Públicos del Meta EDESA S.A. E.S.P.	Licitación Pública N° 001 de 2010	Plan maestro de alcantarillado sanitario de Villavicencio Interceptor Ocoa Sur tramo OC-1 a OC-2	Villavicencio - Meta

**Tabla 3.1-1 Fuentes Consultadas (Continuación)**

Nº	Entidad Consultada	Tipo de Fuente	Objeto	Lugar de Construcción
31	Constructora Bogotá Fase III S.A.	Contrato N° 077 de 2010	Construcción de las obras del desvío de la red de alcantarillado de la Calle 12, trabajos que se localizan entre las Carreras 8 y 10 y entre las Calles 12 y 13 pertenecientes al tramo 4 de la Carrera 10 del contrato IDU 136-2007	Bogotá D.C.
32	Alcaldía Municipal Villagarzón	Licitación Pública N° 009 de 2010	Construcción III etapa alcantarillado pluvial sobre la Carrera Cuarta entre Calles 4 y 6, Calle 6 entre Carrera 4 y 5, Calle 5 entre Carreras 2 y 4	Villagarzón- Putumayo
33	Municipio de Filandia	Licitación Pública N° 002 de 2010	Plan maestro de alcantarillado etapa 1. construcción de colectores sectores 1 y 2 del municipio de Filandia, Quindío	Filandia- Quindío
34	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de San José del Guaviare EMPOAGUAS E.S.P.	Invitación de Mayor Cuantía No.001 DE 2010	Construcción del alcantarillado sanitario de los barrios del sur y occidente de San José del Guaviare	San José del Guaviare - Guaviare
35	Municipio de Acacías	Licitación Pública de 2010	Mejoramiento de alcantarillado sanitario y pluvial barrios la Independencia y Samán en el municipio de Acacías	Acacías- Meta
36	Empresa de Aguas y Aseo de Risaralda S.A. E.S.P.	Proceso de Contratación No. EAAR - OC - 001 DE 2010	Ejecución obras plan maestro de acueducto y alcantarillado municipio de Santa Rosa de Cabal	Santa Rosa de Cabal - Risaralda
37	Empresa de Servicios Públicos del Meta EDESA S.A. E.S.P.	Licitación Pública N° 001 de 2010	Construcción de colectores secundarios del sistema de alcantarillado sanitario en el municipio de Granada	Granada - Meta

**Tabla 3.1-1 Fuentes Consultadas (Continuación)**

N°	Entidad Consultada	Tipo de Fuente	Objeto	Lugar de Construcción
38	Gobernación del Atlántico	Licitación Pública de 2010	Construcción de la infraestructura de redes de acueducto y alcantarillado sanitario en la ruta no. 6 y no. 7 de Transmetro en el municipio de Soledad, Departamento del Atlántico	Soledad - Atlántico
39	Sociedad de Acueducto y Alcantarillado de Buenaventura	Contrato de 2010	Construcción red de alcantarillado barrio El Cristal	Buenaventura
40	Municipio de Santa Ana	Licitación Pública N° 05 de 2010	Construcción de la III etapa del alcantarillado sanitario del barrio 1° de mayo, II etapa de los barrios 12 de febrero, el Prado y barrio Santander Sector Cementerio, optimización de la estación elevadora del barrio los Almendros, reposición de redes del sistema de acueducto y optimización del sistema de bombeo del municipio de Santa Ana Magdalena	Santa Ana-Magdalena
41	Municipio de Cota	Licitación pública N° 10-1-56989_225214011_182 8666 d 2010	Reposición y repotenciación de las redes matrices de alcantarillado de aguas lluvias CUP, dentro del plan de mejoramiento de la oferta hídrica y saneamiento básico, empréstito acuerdo 17/2009, municipio de Cota, Cundinamarca	Cota - Cundinamarca
42	Departamento de Vaupés	Contrato N° 0170 de 2010	Construcción de la primera etapa del alcantarillado de aguas negras de la calle paralela a la pista de aterrizaje del municipio de Carurú	Carurú- Vaupés
43	Gobernación de Antioquia	Licitación Pública N°LIC-37-10-2013	Construcción de obras de los planes maestro de acueducto y alcantarillado de los municipios de Angelópolis, el Santuario y Santa Rosa de Osos, del Departamento de Antioquia, en el marco de las inversiones priorizadas en el PAP-PDA	Angelópolis, el Santuario y Santa Rosa de Osos - Antioquia

**Tabla 3.1-1 Fuentes Consultadas (Continuación)**

Con base en la información señalada, se determinaron los parámetros de las obras requeridas para la construcción de sistemas de alcantarillado, las cuales dan el sustento a la estructura de costos y sus ecuaciones correspondientes.

Tal como se observa, se cuenta con proyectos de los años 2010, 2011, 2012 y 2013, por lo que ha sido necesario actualizar los precios de 2010 a 2012 a valor presente del año 2013. La tasa de descuento empleada fue el Índice de Precios al Consumidor suministrado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE, como se muestra en la siguiente tabla de variación del indicador:

<b>Mes</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Enero	0.82	0.54	0.77	1.06	0.59	<b>0.69</b>	<b>0.91</b>	<b>0.73</b>
Febrero	1.02	0.66	1.17	1.51	0.84	<b>0.83</b>	<b>0.60</b>	<b>0.61</b>
Marzo	0.77	0.70	1.21	0.81	0.50	<b>0.25</b>	<b>0.27</b>	<b>0.12</b>
Abril	0.44	0.45	0.90	0.71	0.32	<b>0.46</b>	<b>0.12</b>	<b>0.14</b>
Mayo	0.41	0.33	0.30	0.93	0.01	<b>0.10</b>	<b>0.28</b>	<b>0.30</b>
Junio	0.40	0.30	0.12	0.86	-0.06	<b>0.11</b>	<b>0.32</b>	<b>0.08</b>
Julio	0.05	0.41	0.17	0.48	-0.04	<b>-0.04</b>	<b>0.14</b>	<b>-0.02</b>
Agosto	0.00	0.39	-0.13	0.19	0.04	<b>0.11</b>	<b>-0.03</b>	<b>0.04</b>
Septiembre	0.43	0.29	0.08	-0.19	-0.11	<b>-0.14</b>	<b>0.31</b>	<b>0.29</b>
Octubre	0.23	-0.14	0.01	0.35	-0.13	<b>-0.09</b>	<b>0.19</b>	<b>0.16</b>
Noviembre	0.11	0.24	0.47	0.28	-0.07	<b>0.19</b>	<b>0.14</b>	<b>-0.14</b>
Diciembre	0.07	0.23	0.49	0.44	0.08	<b>0.65</b>	<b>0.42</b>	<b>0.09</b>
En año corrido	4.85	4.48	5.69	7.67	2.00	<b>3.17</b>	<b>3.73</b>	<b>2.44</b>

**Tabla 3.1-2 Variación IPC- Fuente DANE**

Los precios fueron traídos a valor presente utilizando la siguiente ecuación

$$Valor\ futuro = Valor\ presente * (1 + i)^n$$

Ecuación 3.0

donde:

Valor futuro: valor en el año 2013

Valor presente: Valor en año obtenido en los presupuestos- 2010, 2011, 2012

i: IPC año respectivo

n: número de periodos

## 3.2. COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

En la investigación del comportamiento de los precios en el mercado colombiano de los sistemas de alcantarillado, se definieron cada uno de los componentes que se describen a continuación:

### 3.2.1. Excavación

La excavación es un procedimiento requerido para elaborar las zanjas en el terreno en donde se instalará la tubería de la red. Su unidad de medida es el volumen de material sustraído, por lo tanto se paga por metro cúbico ( $m^3$ ).

De acuerdo a lo establecido por la norma RAS, con el fin de garantizar la protección de la tubería, la profundidad mínima a cota clave debe ser de 0.75 m en zonas verdes o vías peatonales y 1.20 m bajo vías vehiculares, que deberá ser indicado por el diseñador. De conformidad con los manuales de PAVCO, a ambos lados de la tubería se deben dejar un atraque de 0.20 m e instalar la tubería sobre 0.15 m de material, es así que con base en las dimensiones señaladas y en los análisis mostrados en los antecedentes, el volumen de material a excavar está dado por la siguiente expresión:

$$V_{Excavación} = \left( \frac{(L \operatorname{Sen}(\theta) + d + 0.15) * L \operatorname{Cos}(\theta) * (0.4 + d)}{2} + H_m * L * \operatorname{Cos}(\theta) \right)$$

Ecuación 3.1

donde:

L: Longitud de la excavación Tubería [m]

d: Diámetro de la tubería en milímetros [m]

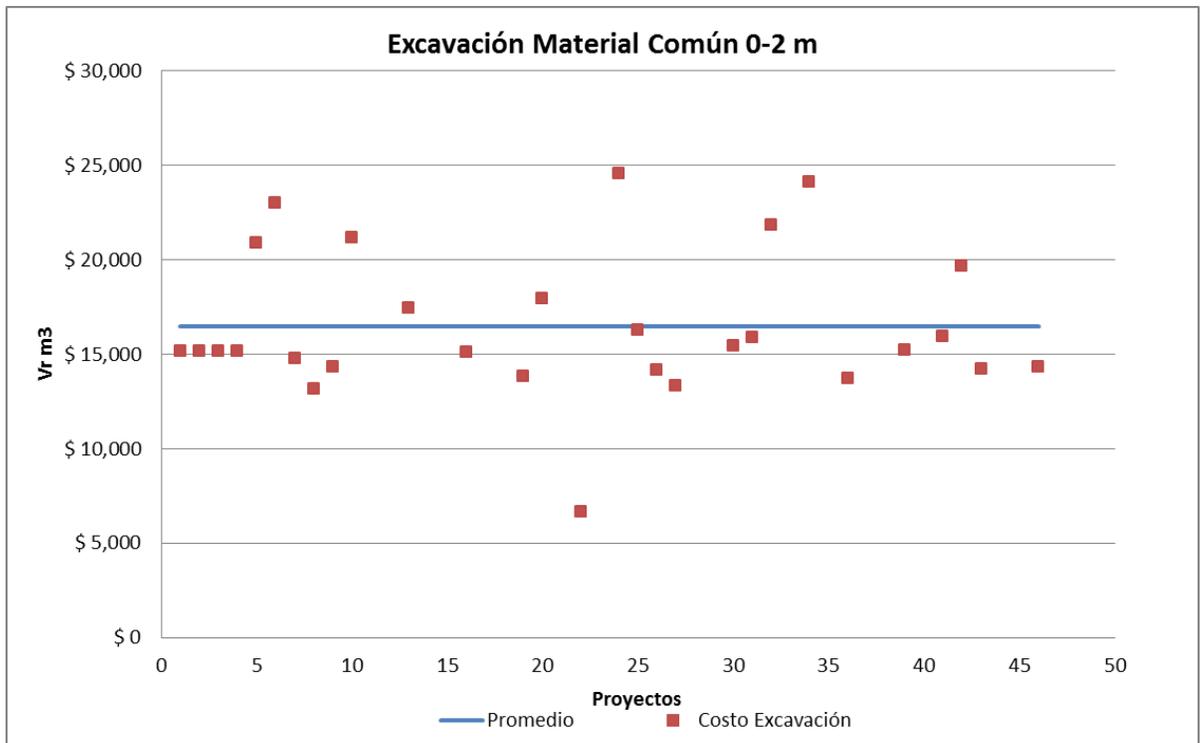
$H_m$ : Profundidad media de la excavación en metros [m]

Las excavaciones se clasifican de acuerdo con el tipo de material a explotar, su profundidad y el tipo de recursos a emplear. Para establecer la excavación se definieron los siguientes parámetros:

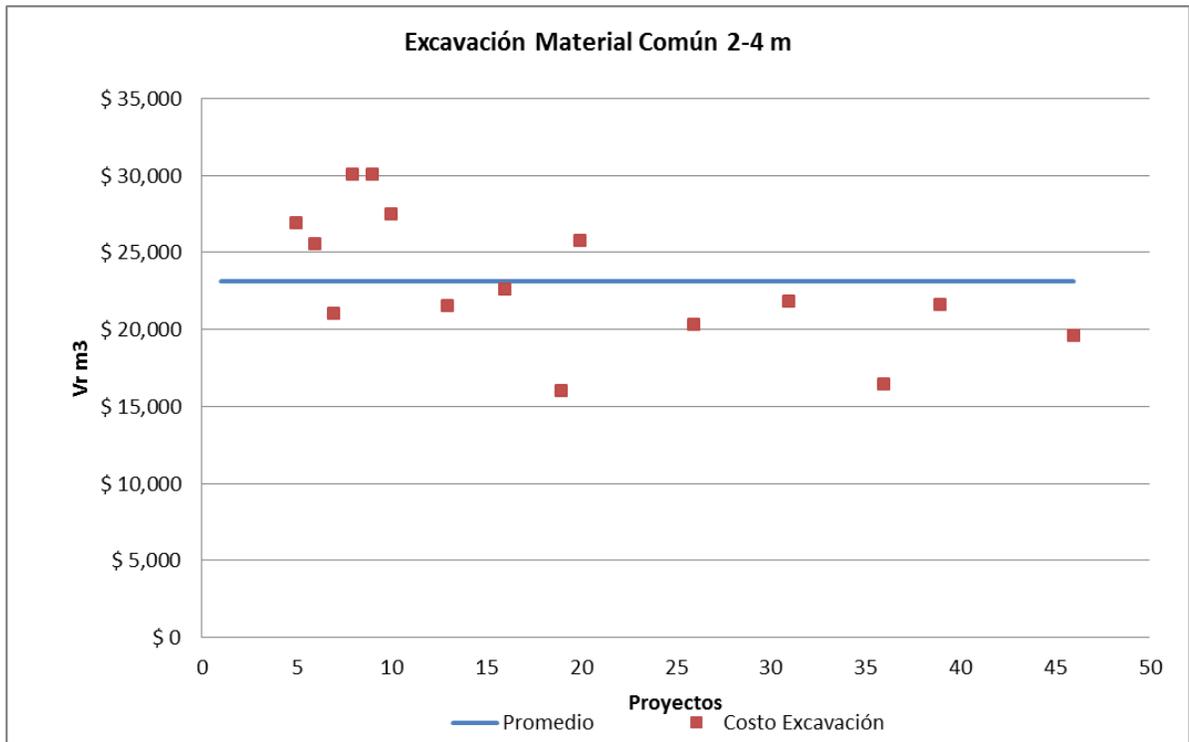
Variable Binaria	Tipo de excavación
a	Excavación manual en material común entre 0 y 2 metros
b	Excavación manual en material común entre 2 y 4 metros
c	Excavación manual en material conglomerado entre 0 y 2 metros
f	Excavación manual en material conglomerado entre 2 y 4 metros

Tabla 3.2.1-1 Tipos de Excavación.

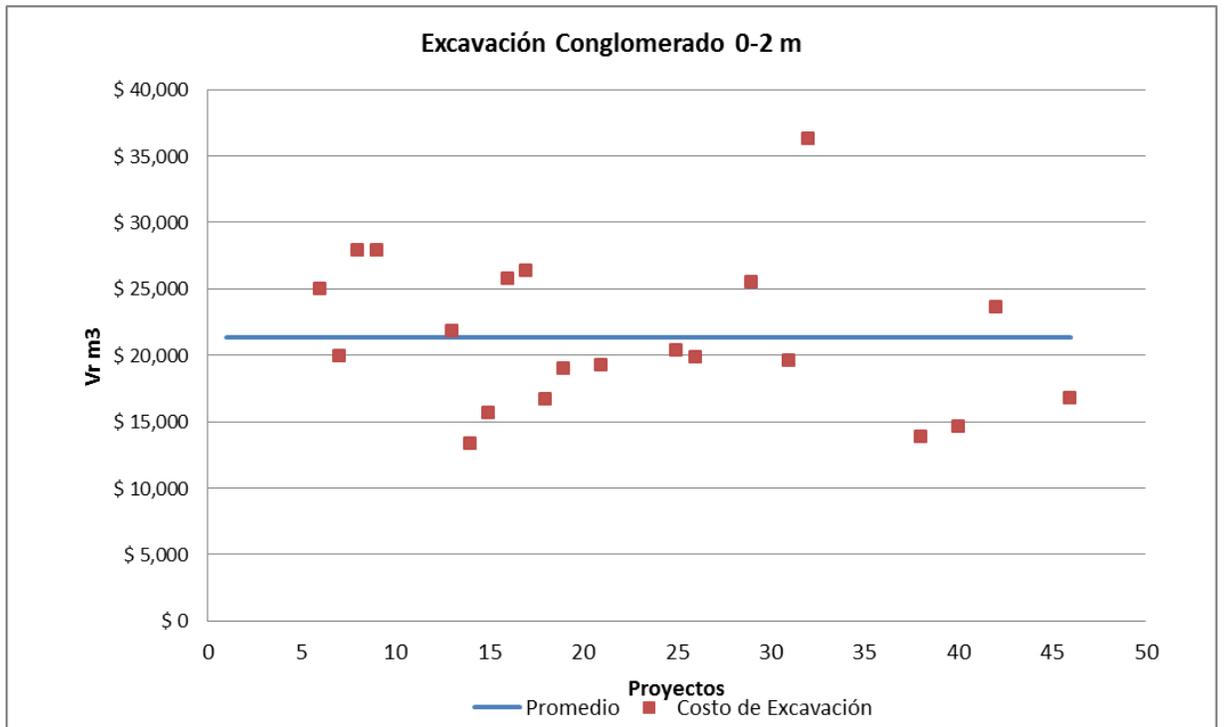
Con base en cada uno de los costos de las actividades descritas, se realiza el análisis de datos de los 43 proyectos, se grafican y se calcula su promedio para cada tipo de excavación.



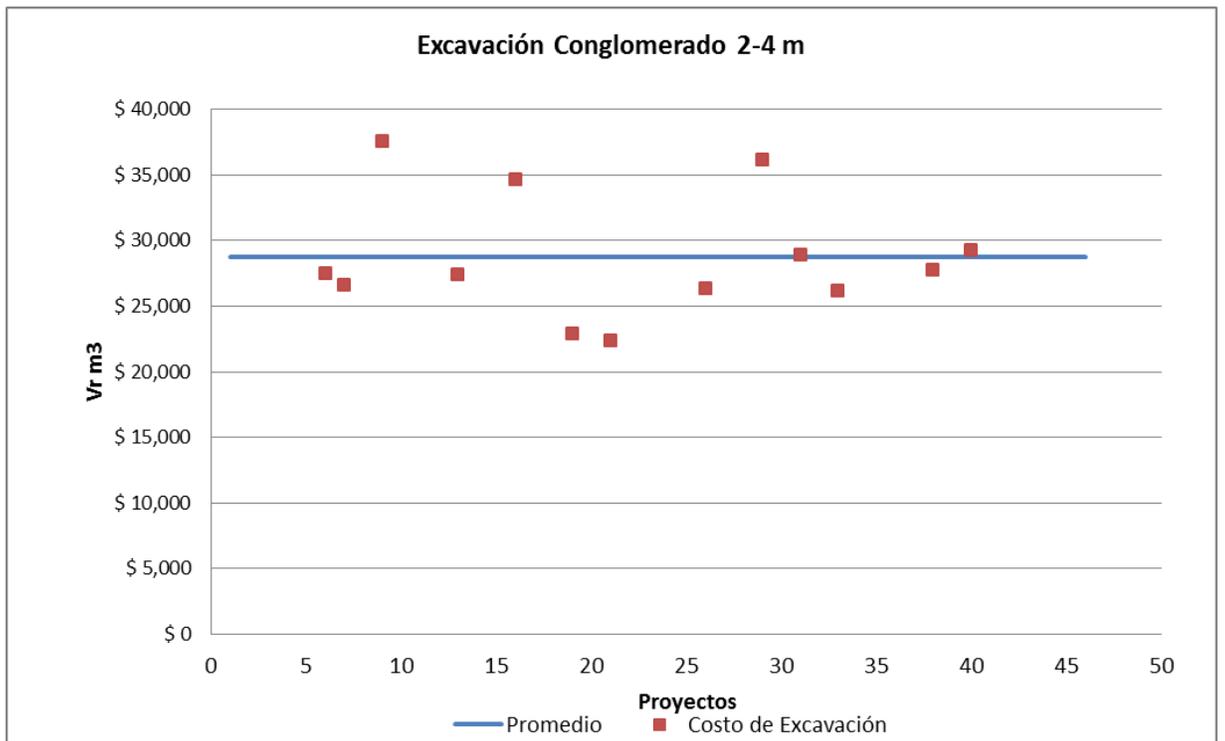
Gráfica 3.2.1-1 Costos de Excavación en Material Común 0-2m.



**Gráfica 3.2.1-2 Costos de Excavación en Material Común 2-4m.**



**Gráfica 3.2.1-3 Costos de Excavación en Material Conglomerado 0-2m.**



**Gráfica 3.2.1-4 Costos de Excavación en Material Conglomerado 2-4m.**

Una vez definidas las variaciones de las excavaciones, se obtuvieron los precios de los presupuestos analizados; se calculó el promedio de cada uno de los tipos de excavación que se muestran en la tabla a continuación:

Variable Binaria	Tipo de Excavación	Valor por m <sup>3</sup>
	<b>Material Común</b>	
a	Profundidad entre 0-2 metros	\$ 16,465.30
b	Material Común 2-4 m	\$ 23,118.57
	<b>Conglomerado</b>	
c	Profundidad entre 0-2 metros	\$ 21,374.98
f	Material Común 2-4 m	\$ 28,712.78

Tabla 3.2.1-2 Costo de la Excavación

Ahora, una vez conocidos la función del volumen y el valor de los tipos de excavación, se establece la siguiente ecuación para el costo de la excavación:

$$\begin{aligned}
 & \text{Costo de la Excavación} \\
 & = (16,465.30a + 23,118.57b + 21,374.98c \\
 & + 28,712.78f) \left( \frac{(L \operatorname{Sen}(\theta) + d + 0.15) * L \operatorname{Cos}(\theta) * (0.4 + d)}{2} + H_m * L * \operatorname{Cos}(\theta) \right)
 \end{aligned}$$

Ecuación 3.2

donde,

a, b, c, f y g: Son variables binarias donde solo una de ellas toma el valor 1 y las restante el valor 0 de acuerdo con el tipo de excavación (ver Tabla 3.2.1-2)

L: Longitud del tramo excavado [m]

θ: Inclinación del fondo de la excavación

d: Diámetro de la tubería [m]

H<sub>m</sub>: Profundidad media de la excavación [m]

### 3.2.2. Relleno

El relleno es el material que se emplea para conformar la rasante del terreno una vez se ha instalado la tubería; se establecen dos tipos de material de relleno para zanjas, uno dado por el mismo material proveniente de la excavación que se somete a un proceso de selección y otro que es material de cantera de préstamo.

De conformidad con los antecedentes, se conoce el volumen del relleno.

$$Volumen\ de\ Relleno = \left( V_{Exc.Tubería} + H_m * L * Cos(\theta) - \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) H_m * L * Cos(\theta) \right)$$

Ecuación 3.3

$$V_{Exc.Tubería} = \frac{(L Sen(\theta) + d + 0.15) * L cos(\theta) * (0.4 + d)}{2}$$

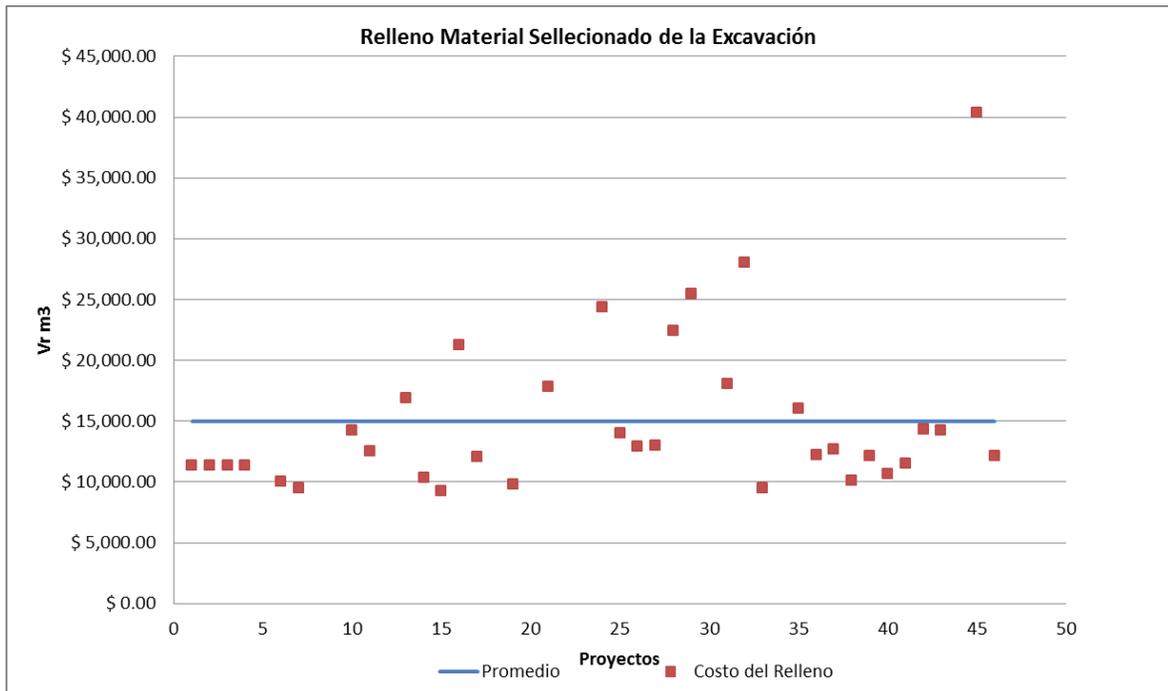
Ecuación 3.4

*Volumen de Relleno*

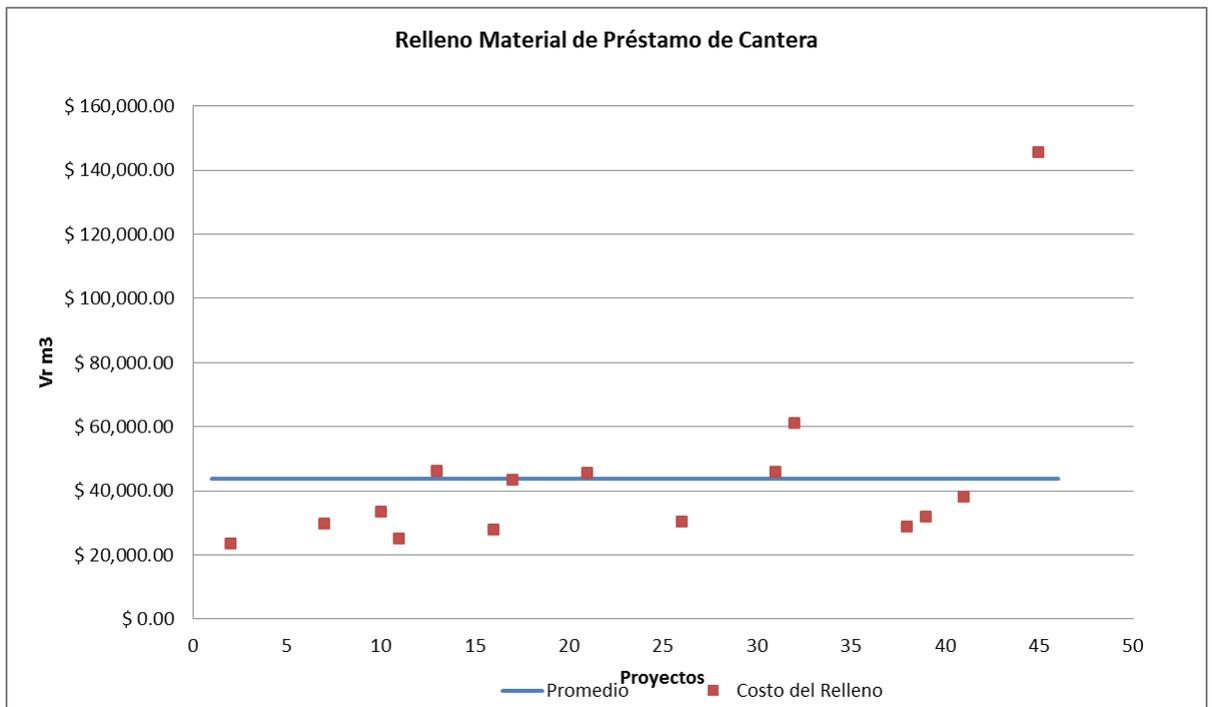
$$= \left( \frac{(L Sen(\theta) + d + 0.15) * L cos(\theta) * (0.4 + d)}{2} + H_m * L * Cos(\theta) - \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) H_m * L * Cos(\theta) \right)$$

Ecuación 3.5

En el análisis de los presupuestos de los proyectos estudiados se definen dos tipos de material de relleno: el relleno con material seleccionado proveniente de la excavación y el relleno con material de préstamo de cantera. La información obtenida se muestra en las siguientes gráficas:



**Gráfica 3.2.2-1 Costos de Relleno en material seleccionado de la excavación.**



**Gráfica 3.2.2-2 Costos de Relleno con material de préstamo de cantera.**

Es de anotar que los datos procesados obedecen a un comportamiento el mercado por lo tanto no se elimina ninguno de ellos.

Con base en los presupuestos consultados, se tiene que el valor promedio de los rellenos es el siguiente:

Variable Binaria	Relleno	Valor por m <sup>3</sup>
i	Relleno con material seleccionado de la excavación	\$ 14,952.98
j	Relleno con material de préstamo de cantera	\$ 43,691.13

Tabla 3.2.2-1 Costo del Relleno.

*Costo del Relleno*

$$\begin{aligned}
 &= (14,952,98 i \\
 &+ 43.691.13 j) \left( \frac{(L \operatorname{Sen}(\theta) + d + 0.15) * L \operatorname{Cos}(\theta) * (0.4 + d)}{2} + H_m * L \right. \\
 &\left. * \operatorname{Cos}(\theta) - \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) H_m * L * \operatorname{Cos}(\theta) \right)
 \end{aligned}$$

Ecuación 3.6

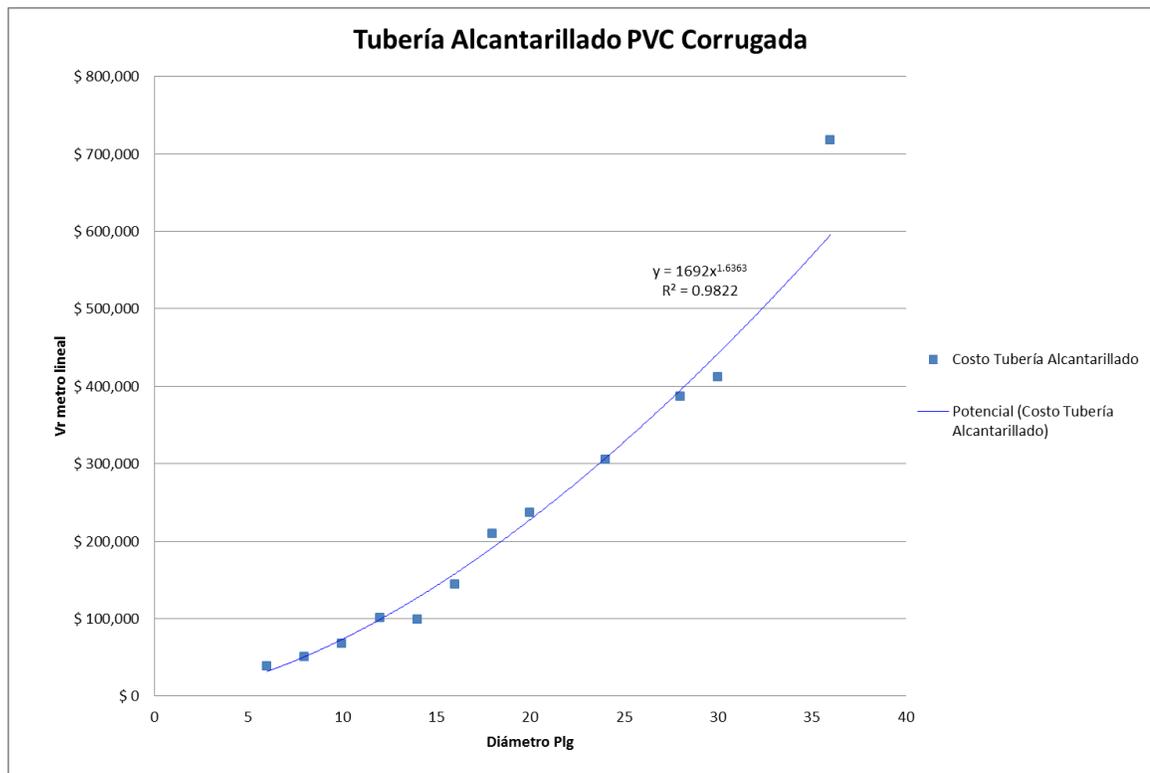
### 3.2.3. Tubería

La tubería utilizada en los sistemas de alcantarillado en nuestro país es corrugada exterior con su interior liso (tipo Novafort de PAVCO), en los diferentes proyectos analizados se presentaban precios para los diferentes diámetros que se emplearían en la construcción del sistema. Para el cálculo de su costo se utilizó el promedio del precio de cada uno de los diámetros de la tubería.

<b>Diámetro de la Tubería</b>	<b>Costo por metro lineal</b>
Suministro e instalación Tubería 6" para alcantarillado	\$ 38,168.68
Suministro e Instalación de tubería 8" para alcantarillado	\$ 50,495.08
Suministro e instalación de tubería 10" para alcantarillado	\$ 67,833.50
Suministro e instalación de tubería 12" para alcantarillado	\$ 101,136.89
Suministro e instalación de tubería 14" para alcantarillado	\$ 98,416.19
Suministro e instalación de tubería 16" para alcantarillado	\$ 144,205.26
Suministro e instalación de tubería 18" para alcantarillado	\$ 209,537.86
Suministro e instalación de tubería 20" para alcantarillado	\$ 236,654.14
Suministro e instalación de tubería 24" para alcantarillado	\$ 305,342.83
Suministro e instalación de tubería 28" para alcantarillado	\$ 386,869.25
Suministro e instalación de tubería 30" para alcantarillado	\$ 412,243.74
Suministro e instalación de tubería 36" para alcantarillado	\$ 717,425.47

**Tabla 3.2.3-1 Costo de la Tubería.**

Con base en los datos de diámetro y su respectivo costo, se graficaron dichos valores los cuales fueron ajustados mediante la ecuación potencial, que fue la que dio el mejor ajuste.



Gráfica 3.2.3-1 Diámetro Tubería Vs Costo.

$$\text{Costo de la Tubería} = 1,692Ld^{1.6363}$$

Ecuación 3.7

donde,

L: Longitud de la tubería [m]

d: Diámetro de la tubería [plg]

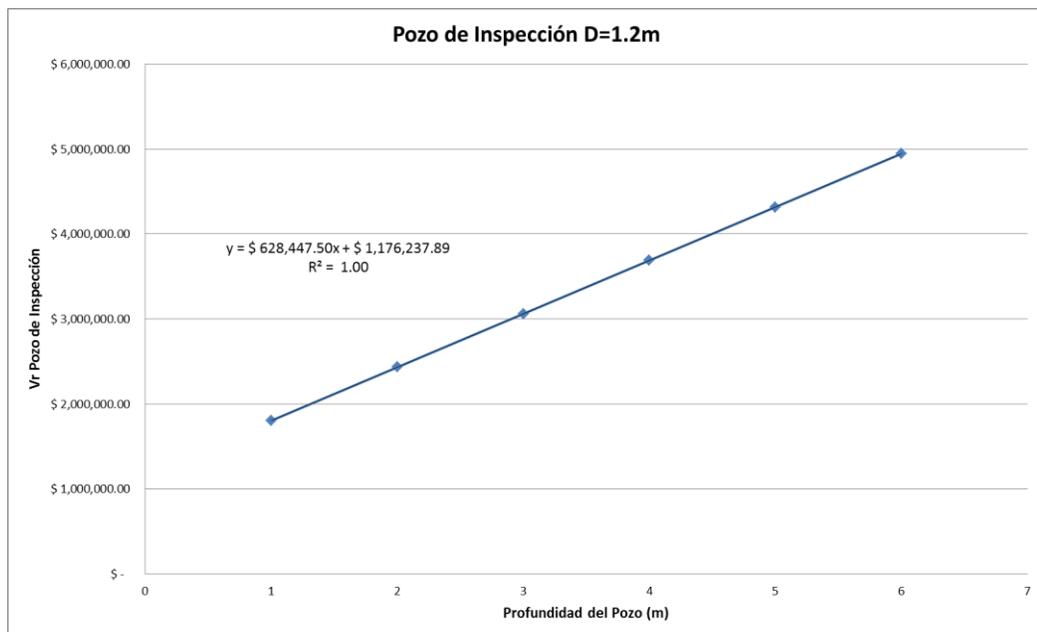
### 3.2.4. Pozos de Inspección

En los sistemas analizados la principal alternativa utilizada para la construcción de los pozos con características de diámetro de 1.20 m con cono en concreto reforzado construido por unidad, cilindro en concreto construido por metro lineal y base con cañuela en concreto construida por unidad.

Componente del pozo	Unidad	Valor unitario
Tapa Pozo de Inspección en Concreto Reforzado Vehicular D=1.20 (incluye tapa aro-contra aro HF)	unidad	\$ 635,683.43
Cámara Circular de Inspección D=1.20 m. en Concreto 21 Mpa	m	\$ 628,447.50
Base-Cañuela Cámara Circular Inspec D=1.20 m en Concreto 21 Mpa (incluye base + Cañuela)	unidad	\$ 540,554.46

Tabla 3.2.4-1 Costo Componentes pozo de Inspección.

La variable para los pozos de inspección es la profundidad, que determina la longitud del cilindro en concreto reforzado, es así que se obtuvo la siguiente gráfica y ecuación del costo del pozo:



Gráfica 3.2.4-1 Profundidad Pozo de Inspección Vs Costo.

$$\text{Costo de Pozo de Inspección} = 628.447,50h + 1.176.237,89$$

Ecuación 3.8

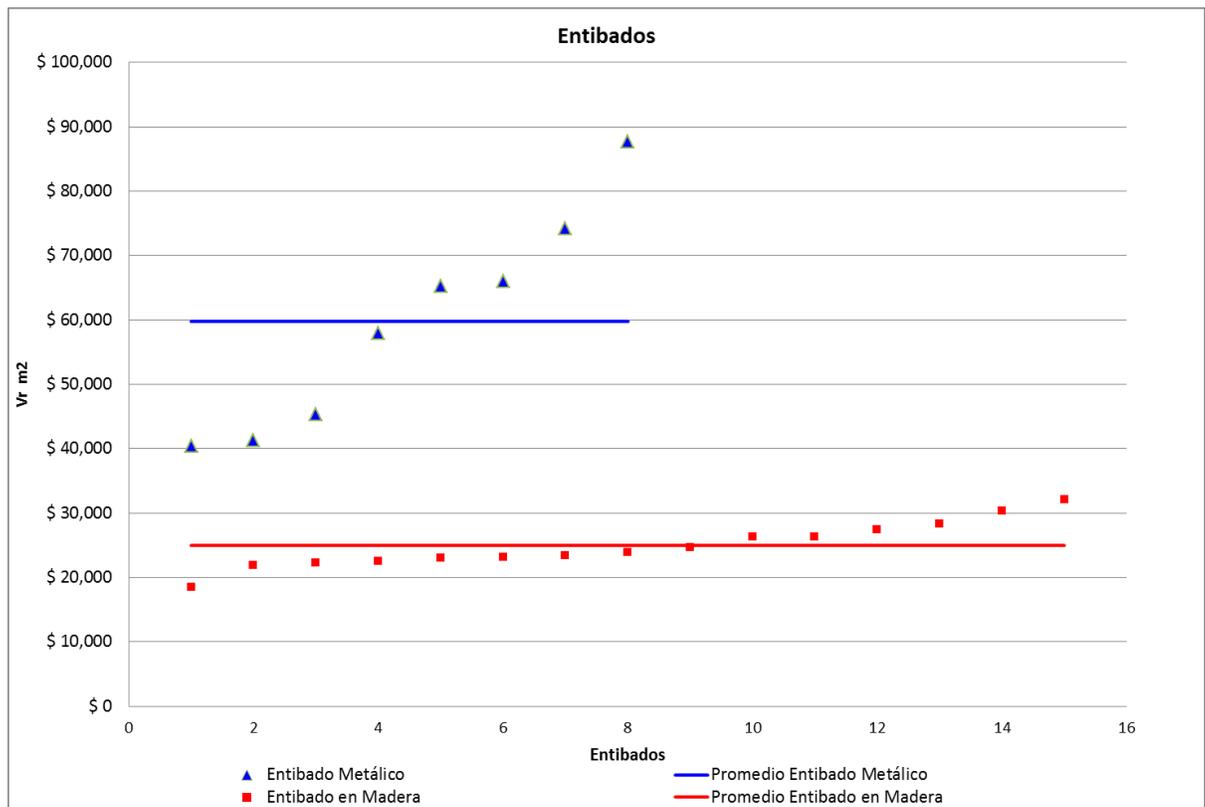
donde,

h: Profundidad del pozo de inspección

### 3.2.5. Entibado

El uso del entibado está determinado para evitar el derrumbe de las paredes de la excavación y la consecuente afectación a previos vecinos y operarios de la obra. De acuerdo con lo establecido por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social en su Resolución 2400 de 1979, se debe entibar a una profundidad de 1.20 m en terrenos no estables.

Al analizar los presupuestos consultados, se definieron dos diferentes tipos de entibado. Los más utilizados son los construidos en madera, sin embargo, en este estudio también se consideró el entibado metálico.



Gráfica 3.2.5-1 Costo de Entibados.

Variable Binaria	Tipo de Entibado	Valor por m <sup>2</sup>
k	Entibado en Madera	\$ 24,935.65
m	Entibado Metálico	\$ 59,756.99

Tabla 3.2.5-1 Costo del Entibado.

Los materiales del entibado permiten la utilización de los mismos elementos en la ejecución de varios tramos, que pueden estar determinados por el número de frentes en obra; por lo tanto su costo debe ser dividido entre el número de usos.

La unidad de medida del entibado está dada por el área de las paredes de la excavación, en función de su longitud y su profundidad, tal como fue anotado en los antecedentes.

Con base en los precios de cada tipo de entibado, tal como se estableció en los antecedentes, se tiene la siguiente ecuación de costos del entibado:

$$\text{Costo Entibado} = \frac{(24.935,65k + 59.756,99m)(L * \cos(\theta) * h_m * 2) * p}{N^{\circ} \text{ de Usos}}$$

Ecuación 3.9

donde:

k y m: Variables binarias, una toma el valor 1 y la otra el valor 0 dependiendo del tipo de entibado.

p: Variable binaria, toma valor 1 a profundidades superiores a 1.20 m

L: Longitud del tramo [m]

$\theta$ : Pendiente del fondo de la excavación

$h_m$ : Profundidad media de la excavación

N° de usos: Número de veces que se utiliza un entibado.

Dadas las ecuaciones que soportan la estructura de costos del sistema de alcantarillado, se presenta el resumen de ellas en la siguiente tabla:

Costo de la Excavación	$\begin{aligned} & \text{Costo de la Excavación} \\ & = (16,465.30a + 23,118.57b + 21.374,98c \\ & + 28,712.78f) \left( \frac{(L \operatorname{Sen}(\theta) + d + 0.15) * L \operatorname{Cos}(\theta) * (0.4 + d)}{2} + H_m * L \right. \\ & \left. * \operatorname{Cos}(\theta) \right) \end{aligned}$
Costo del Relleno	$\begin{aligned} & \text{Costo del Relleno} \\ & = (14,952,98 i \\ & + 43.691.13 j) \left( \frac{(L \operatorname{Sen}(\theta) + d + 0.15) * L \operatorname{Cos}(\theta) * (0.4 + d)}{2} + H_m \right. \\ & \left. * L * \operatorname{Cos}(\theta) - \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) H_m * L * \operatorname{Cos}(\theta) \right) \end{aligned}$
Costo de la Tubería	$\text{Costo de la Tubería} = 1,692Ld^{1.6363}$
Costo Pozo de Inspección	$\text{Costo de Pozo de Inspección} = 628.447,50h + 1.176.237,89$
Costo Entibado	$\text{Costo Entibado} = \frac{(24.935,65k + 59.756,99m)(L * \operatorname{Cos}(\theta) * h_m * 2) * p}{N^{\circ} \text{ de Usos}}$

**Tabla 3.2.5-2 Resumen Ecuaciones de Costos.**

En la sección de anexos se presentan en tablas los costos de los componentes, la cual puede ser utilizada para la elaboración de futuros estudios de costos.

### 3.3. ACTUALIZACIÓN DE ESTRUCTURA DE COSTOS

En los últimos años en Colombia la economía ha tenido un comportamiento estable, lo cual está soportado en la mínima variación que ha tenido la inflación, ver Tabla 3.31-2 Variación IPC- Fuente DANE, de la que se sustrae que en los últimos cuatro años se han tenido crecimientos anuales de la inflación por debajo de los 4 puntos porcentuales.

El comportamiento estable de los precios, el ambiente de seguridad económica y la constante formulación de nuevos proyectos de alcantarillados, que se vive actualmente en nuestro país lleva a plantear dos posibilidades para actualizar los costos:

### **3.3.1. ACTUALIZACIÓN DE COSTOS UTILIZANDO EL IPC**

Para mantener la vigencia de los precios de cada uno de los componentes del sistema de alcantarillado, se deberán llevar los precios establecidos en el presente estudio a valor presente del año que sea requerido, para ello se recomienda utilizar el IPC que es suministrado por el DANE (ver ecuación 3.0).

### **3.3.2. ACTUALIZACIÓN DE COSTOS UTILIZANDO NUEVA INFORMACIÓN DE PRESUPUESTOS**

Esta forma de actualizar los costos implica una continuidad al presente estudio, en donde se deberán incluir datos de nuevos presupuestos en los componentes analizados, siguiendo la metodología explicada en el Numeral 3.2.

Teniendo en cuenta que los valores de cada uno de los componentes fueron establecidos calculando el promedio de las muestras de 43 proyectos y bases de datos, los nuevos datos de costo deben ser incluidos dentro de la actividad respectiva para volver calcular el promedio. El nuevo promedio obtenido reemplaza al costo dentro de la ecuación actual. Se deben mantener constantes los términos de la ecuación asociados con las cantidades de obra.

En particular, para el caso del costo de la tubería deberá realizar la gráfica de diámetro contra costo y formular la ecuación que mejor se ajuste al comportamiento de los datos. Se recomienda un ajuste de tipo potencial.

Para el costo de los pozos de inspección se deben desagregar cada uno de los componentes (tapa, cilindro y base) a fin de adicionar el costo unitario respectivo, obtener el nuevo promedio para cada actividad y luego unificar el costo en una sola ecuación.

Para que el nuevo dato sea incluido se requiere remitirse a los anexos, en los cuales se encontrarán las actividades de excavación, relleno, tubería, pozo de inspección y entibado, con los precios de referencia.

## 4. RESULTADOS

Para evaluar las funciones de costos mostradas, se utilizaron 10 de las ciudades hipotéticas propuestas por Camilo Salcedo en su trabajo de grado, cada una con 10 tramos y características de caudales de entrada, topografía y longitud variables, con los que definió la pendiente y los diámetros por tramo.

Además, se variaron el tipo de material a excavar, entre común y conglomerado a las profundidades determinadas por cada tramo y su pendiente, el tipo de relleno con material seleccionado proveniente de la excavación o material de cantera y el uso del entibado quedó sujeto a la profundidad mayor a 1.20, con variaciones del entibado en madera o metálico.

### 4.1. Ciudad 1: Topografía Plana Pendiente 0.3%

En esta ciudad se empleó excavación manual en material común, de relleno con material seleccionado de la excavación y entibado en madera, las características de la ciudad son las siguientes:

Tramo	Caudal (L/s)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Diámetro (plg)	Pendiente
1	20	120	0.203	8	0.003
2	30	105	0.253	10	0.002
3	40	105	0.253	10	0.003
4	50	105	0.320	12	0.002
5	60	120	0.320	12	0.002
6	70	120	0.360	14	0.002
7	80	75	0.360	14	0.002
8	90	120	0.400	16	0.002
9	100	105	0.400	16	0.002
10	110	105	0.400	16	0.002

Tabla 4.1-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 1.

Ciudad	Excavación	Relleno	Tubería	Pozos	Entibados
Ciudad 1 a	Material Común	Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera
Ciudad 1 b	Material Conglomerado	Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera

Tabla 4.1-2 Variaciones Ciudad 1.

#### 4.1.1. Ciudad 1 a

Para mostrar cómo se obtuvieron cada uno de los costos, a continuación se presenta su cálculo individual para el tramo 1.

Los parámetros utilizados fueron los siguientes:

##### 4.1.1.1. Costo de Excavación Ciudad 1

Ecuación de Costo de la Excavación

*Costo de la Excavación*

$$= (16,465.30a + 23,118.57b + 21.374,98c + 28,712.78f + 10,567.48g) \left( \frac{(L \operatorname{Sen}(\theta) + d + 0.15) * L \operatorname{Cos}(\theta) * (0.4 + d)}{2} + H_m * L * \operatorname{Cos}(\theta) \right)$$

Características del tramo 1

$$L = 120 \text{ m}$$

$$d = 0.203 \text{ m} = 8 \text{ plg}$$

$$S = 0.003$$

Tal como se planteó inicialmente, la excavación es en material común solo se utilizarán las variables asociadas a y b, que dependen de la profundidad de la excavación, entre 0 y 2 metros y entre 2 y 4 m respectivamente.

Pendiente de la excavación

$$\theta = \tan^{-1}(s)$$

$$\theta = \tan^{-1}(0.003)$$

$$\theta = 0.003$$

### Profundidad de la excavación

Se define como nivel de referencia donde empieza la red de alcantarillado,

$$Hm = \frac{Hi + Hf}{2}$$

### Profundidad inicial

$Hi = 1.20$  m, se supone zona vehicular

### Profundidad final

$$Hf = Hi + L \tan(\theta)$$

$$Hf = 1.20 + 120 * \tan(0.003)$$

$$Hf = 1.56 \text{ m}$$

### Profundidad media de la excavación

$$Hm = \frac{1.20 + 1.56}{2}$$

$$Hm = 1.38 \text{ m}$$

Dado que la profundidad media de la excavación es inferior a 2.0 m,  $a=1$  y  $b=0$

*Costo de la Excavación tramo 1*

$$\begin{aligned} &= (16,465.30 * (1) + 23,118.57 * (0) + 21,374,98 * (0) + 28,712.78 * (0) \\ &+ 10,567.48 \\ &* (0) \left( \frac{((120 * \text{Sen}(0.003) + 0.203 + 0.15) * 120 \text{cos}(0.003) * (0.4 + 0.203))}{2} + 1.38 \right) \\ &* 120 * \text{Cos}(0.003) \end{aligned}$$

*Costo de la Excavación tramo 1*

$$\begin{aligned} &= (16,465.30 \\ &* (1) \left( \frac{((120 * \text{Sen}(0.003) + 0.203 + 0.15) * 120 \text{cos}(0.003) * (0.4 + 0.203))}{2} + 1.38 \right) \\ &* 120 * \text{Cos}(0.003) \end{aligned}$$

*Costo de la Excavación*  $tramo_1 = \$ 3,151,383.01$

#### 4.1.1.2. Costo de Relleno Ciudad 1a

Ecuación de costo del Relleno:

$$\begin{aligned}
 \text{Costo del Relleno}_{tramo_1} &= (14,952,98 i \\
 &+ 43.691.13 j) \left( \frac{(L \text{Sen}(\theta) + d + 0.15) * L \text{cos}(\theta) * (0.4 + d)}{2} + H_m * L \right. \\
 &\left. * \text{Cos}(\theta) - \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) H_m * L * \text{Cos}(\theta) \right)
 \end{aligned}$$

Se define que el relleno es en material seleccionado proveniente de la excavación,  $i=1$  y  $j=0$ .

$$\begin{aligned}
 \text{Costo del Relleno}_{tramo_1} &= (14,952,98 * (1) + 43.691.13 \\
 &* (0)) \left( \frac{(120 \text{Sen}(0.003) + 0.203 + 0.15) * 120 \text{cos}(0.003) * (0.4 + 0.203)}{2} + 1.38 \right. \\
 &\left. * 120 * \text{Cos}(0.003) - \left( \frac{\pi 0.203^2}{4} \right) 1.38 * 120 * \text{Cos}(0.003) \right)
 \end{aligned}$$

*Costo del Relleno*  $tramo_1 = \$ 2,803,856.92$

#### 4.1.1.3. Costo de la Tubería Ciudad 1a

Ecuación de Costo de la Tubería

$$\text{Costo de la Tubería} = 1,692Ld^{1.6363}$$

$$\text{Costo de la Tubería}_{tramo_1} = 1,692 * 120 * 8^{1.6363}$$

$$\text{Costo de la Tubería}_{tramo_1} = \$ 6,089,869.15$$

#### 4.1.1.4. Costo del pozo de inspección Ciudad 1a

En el costo de los pozos para los tramos del 1 al 9 se les asigna solo el costo de su respectivo pozo inicial, mientras que al tramo 10 se le asigna el costo del pozo inicial y el pozo final.

Ecuación de Costo del pozo de inspección

$$\text{Costo de Pozo de Inspección} = 628.447,50h + 1.176.237,89$$

Profundidad del pozo 1=  $h_i = 1.20 \text{ m}$

$$\text{Costo de Pozo de Inspección}_{\text{tramo } 1} = 628.447,50 * 1.20 + 1.176.237,89$$

$$\text{Costo de Pozo de Inspección}_{\text{tramo } 1} = \$ 1,930,374$$

#### 4.1.1.5. Costo del Entibado Ciudad 1a

Ecuación de Costo del Entibado

$$\text{Costo Entibado} = \frac{(24.935,65k + 59.756,99m)(L * \cos(\theta) * h_m * 2) * p}{N^{\circ} \text{ de Usos}}$$

Teniendo en cuenta que el entibado se requiere en profundidades superiores a 1.20 en terrenos inestables, en este tramo se debe implementar un entibado que se define en madera. Luego  $P=1$ ,  $k=1$  y  $m=0$ .

Dado que el mismo entibado se va a utilizar en los 10 tramos que componen la Ciudad 1, el  $N^{\circ}$  de usos es 10. Aplica tanto para el entibado en madera como para el entibado metálico.

$$\text{Costo Entibado}_{\text{tramo } 1} = \frac{(24.935,65 * (1) + 59.756,99 * (0))(120 * \cos(0.003) * 1.38 * 2) * 1}{10}$$

$$\text{Costo Entibado}_{\text{tramo } 1} = \$ 825,865$$

Costo de la Excavación	\$	3,151,383.01
Costo del Relleno	\$	2,803,856.92
Costo de la Tubería	\$	6,089,869.15
Costo Pozos de Inspección	\$	1,930,374.89
Costo Entibado	\$	825,865.01
<b>Total Costo Tramo 1</b>	<b>\$</b>	<b>14,801,348.98</b>

Tabla 4.1.1.5-1 Costo Total Tramo 1 Ciudad 1a.

Con el ánimo de detallar los resultados obtenidos en las ciudades hipotéticas analizadas, se presentarán en tablas los parámetros establecidos en las ecuaciones de costos, los costos por componentes y los costos totales de las redes de alcantarillado.

A continuación se describen las celdas utilizadas para presentar las tablas de resultados:

- Tramo: Corresponde al tramo de la red analizado, con base en las condiciones de la ciudad.
- Columnas a, b, c y f: De acuerdo con la selección realizada del tipo de excavación a emplear y su profundidad, estas columnas toman valores de 1 o 0 para dar validez al costo respectivo dentro de la ecuación de la excavación.
- $\theta$ : es la pendiente del tramo, determinada a partir de las condiciones topográficas de la ciudad.
- Hm [m]: Profundidad media del tramo.
- Hi [m]: Profundidad inicial del tramo.
- Hf [m]: Profundidad final del tramo.
- Cantidad de Excavación [m<sup>3</sup>]: Es el volumen de la excavación que se obtiene empleando la Ecuación 2.11.

- Vr Unitario de la Excavación [COP/m<sup>3</sup>]: Es el costo por unidad de volumen que se utiliza en la ecuación de costo de la excavación. Ecuación 3.2.
- Costo de Excavación [COP]: Se obtiene al multiplicar el costo unitario de la excavación por su respectiva cantidad en cada tramo.
- Columnas i, j: De acuerdo con el tipo de relleno a utilizar, estas columnas toman valores de 1 o 0 para dar validez al costo respectivo dentro de la ecuación de la relleno.
- Cantidad de Relleno [m<sup>3</sup>]: corresponde al volumen del relleno de la zanja, que se obtiene con la Ecuación 3.5.
- Vr Unitario del Relleno [COP/m<sup>3</sup>]: Es el costo por unidad de volumen que se utiliza en la ecuación de costo del relleno. Ecuación 3.6
- Costo del Relleno [COP]: Se obtiene al multiplicar el costo unitario del relleno por su respectiva cantidad en cada tramo.
- Costo de la Tubería [COP]: Es el costo de la tubería en el tramo, se obtiene aplicando la Ecuación 3.7.
- Costo de Pozos [COP]: Es el costo de los pozos de inspección inicial de cada tramo. El último tramo de la red incluye además del pozo inicial al pozo final. Se obtiene aplicando la Ecuación 3.8.
- Columna p: Toma valores de 1 cuando se utiliza entibado o 0 cuando no se requiere.
- Columnas k, m: De acuerdo con el tipo de entibado a utilizar, estas columnas toman valores de 1 o 0 para dar validez al costo respectivo dentro de la ecuación de entibado.
- Cantidad de Entibado [m<sup>2</sup>]: es el área de las paredes de la excavación.
- Vr Unitario Entibado [COP/m<sup>2</sup>]: Es el costo por unidad de área que se utiliza en la ecuación de costo del entibado.

- 
- Costo Entibado[COP]: Es el costo del entibado para cada tramo, se obtiene empleando la Ecuación 3.9.
  - COSTO TOTAL: La última columna de las tablas muestra el costo total de la red para cada tramo, es decir, en cada fila se presenta la sumatoria del valor de la excavación, el relleno, la tubería, el entibado y los pozos.

De forma análoga, en la penúltima fila de cada componente se muestra resaltado en negrita la sumatoria de costos de todos los tramos. Esta celda es muy útil toda vez que permite conocer el costo individual de cada componente de la red de alcantarillado de la ciudad.

Debajo de la anterior celda se muestra el porcentaje del valor de cada componente respecto al valor total de la red.

- TOTAL: Al sumar el Costo Total de cada componente se obtiene el costo total del sistema de alcantarillado de la ciudad.

En la siguiente parte, se muestra una descripción de cada uno de los componentes del sistema de alcantarillado de la ciudad 1a, en donde se tienen cada uno de los parámetros indicados en las ecuaciones y que determinan para cada ciudad los componentes de la estructura de costos.

**Ciudad 1 a**

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.003	1.38	1.20	1.56	191.40	\$ 16,465.30	\$ 3,151,383.01
2	1	0	0	0	0.002	1.67	1.56	1.77	195.84	\$ 16,465.30	\$ 3,224,560.51
3	1	0	0	0	0.003	1.93	1.77	2.09	227.00	\$ 16,465.30	\$ 3,737,643.93
4	0	1	0	0	0.002	2.19	2.09	2.30	255.65	\$ 23,118.57	\$ 5,910,342.71
5	0	1	0	0	0.002	2.42	2.30	2.54	320.47	\$ 23,118.57	\$ 7,408,839.07
6	0	1	0	0	0.002	2.66	2.54	2.78	352.80	\$ 23,118.57	\$ 8,156,214.68
7	0	1	0	0	0.002	2.85	2.78	2.93	232.56	\$ 23,118.57	\$ 5,376,443.69
8	0	1	0	0	0.002	3.05	2.93	3.17	403.32	\$ 23,118.57	\$ 9,324,162.47
9	0	1	0	0	0.002	3.27	3.17	3.38	375.27	\$ 23,118.57	\$ 8,675,688.00
10	0	1	0	0	0.002	3.48	3.38	3.59	397.32	\$ 23,118.57	\$ 9,185,451.45
<b>TOTAL</b>											<b>\$ 64,150,729.51</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>23.6%</b>

Tabla 4.1.1.5-2 Estructura de Costos Ciudad 1a.

**Ciudad 1 a**

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	187.51	\$ 14,952.98	\$ 2,803,856.92	\$ 6,089,869.15	\$ 1,930,374.89
2	1	0	190.56	\$ 14,952.98	\$ 2,849,457.20	\$ 7,639,876.81	\$ 2,156,615.99
3	1	0	221.72	\$ 14,952.98	\$ 3,315,414.66	\$ 7,639,876.81	\$ 2,288,589.97
4	1	0	247.21	\$ 14,952.98	\$ 3,696,509.57	\$ 11,221,144.55	\$ 2,486,550.93
5	1	0	310.82	\$ 14,952.98	\$ 4,647,691.00	\$ 12,824,165.20	\$ 2,618,524.90
6	1	0	340.58	\$ 14,952.98	\$ 5,092,757.47	\$ 15,549,985.07	\$ 2,769,352.30
7	1	0	224.93	\$ 14,952.98	\$ 3,363,306.08	\$ 9,718,740.67	\$ 2,920,179.70
8	1	0	388.24	\$ 14,952.98	\$ 5,805,338.31	\$ 18,475,787.48	\$ 3,014,446.83
9	1	0	362.07	\$ 14,952.98	\$ 5,414,093.79	\$ 16,166,314.04	\$ 3,165,274.23
10	1	0	384.12	\$ 14,952.98	\$ 5,743,806.34	\$ 16,166,314.04	\$ 6,726,470.38
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 42,732,231.34</b>	<b>\$ 121,492,073.82</b>	<b>\$ 30,076,380.12</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>15.7%</b>	<b>44.7%</b>	<b>11.1%</b>

Tabla 4.1.1.5-2 Estructura de Costos Ciudad 1a.

**Ciudad 1 a**

Tramo	p	k	m	Cantidad Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	33.12	\$ 24,935.65	\$ 825,865.01	\$ 14,801,348.98
2	1	1	0	34.96	\$ 24,935.65	\$ 871,873.26	\$ 16,742,383.77
3	1	1	0	40.48	\$ 24,935.65	\$ 1,009,328.23	\$ 17,990,853.60
4	1	1	0	45.99	\$ 24,935.65	\$ 1,146,788.25	\$ 24,461,336.00
5	1	1	0	57.96	\$ 24,935.65	\$ 1,445,267.38	\$ 28,944,487.55
6	1	1	0	63.72	\$ 24,935.65	\$ 1,588,896.44	\$ 33,157,205.96
7	1	1	0	42.75	\$ 24,935.65	\$ 1,065,996.91	\$ 22,444,667.04
8	1	1	0	73.08	\$ 24,935.65	\$ 1,822,293.66	\$ 38,442,028.75
9	1	1	0	68.67	\$ 24,935.65	\$ 1,712,327.66	\$ 35,133,697.73
10	1	1	0	73.08	\$ 24,935.65	\$ 1,822,293.66	\$ 39,644,335.87
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 13,310,930.46</b>	<b>\$ 271,762,345.24</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>4.9%</b>	<b>100%</b>

Tabla 4.1.1.5-2 Estructura de Costos Ciudad 1a.

**4.1.2. Variación Ciudad 1, Ciudad 1b**

La ciudad 1 posee una topografía plana con pendiente del 0.3%. La variación de la ciudad 1b, respecto a la ciudad 1a corresponde al tipo de excavación, que pasa de material común a conglomerado.

Excavación	Relleno	Tubería	Pozos	Entibados
Material Común	Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	En concreto	En madera

**Ciudad 1 b**

Tramo	a	b	c	f	$\theta$	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación m (3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	0	0	1	0	0.003	1.38	1.20	1.56	191.40	\$ 21,374.98	\$ 4,091,073.28
2	0	0	1	0	0.002	1.67	1.56	1.77	195.84	\$ 21,374.98	\$ 4,186,071.09
3	0	0	1	0	0.003	1.93	1.77	2.09	227.00	\$ 21,374.98	\$ 4,852,147.50
4	0	0	0	1	0.002	2.19	2.09	2.30	255.65	\$ 28,712.78	\$ 7,340,521.92
5	0	0	0	1	0.002	2.42	2.30	2.54	320.47	\$ 28,712.78	\$ 9,201,623.03
6	0	0	0	1	0.002	2.66	2.54	2.78	352.80	\$ 28,712.78	\$ 10,129,847.90
7	0	0	0	1	0.002	2.85	2.78	2.93	232.56	\$ 28,712.78	\$ 6,677,430.52
8	0	0	0	1	0.002	3.05	2.93	3.17	403.32	\$ 28,712.78	\$ 11,580,414.61
9	0	0	0	1	0.002	3.27	3.17	3.38	375.27	\$ 28,712.78	\$ 10,775,022.89
10	0	0	0	1	0.002	3.48	3.38	3.59	397.32	\$ 28,712.78	\$ 11,408,138.43
<b>TOTAL</b>											<b>\$ 80,242,291.16</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>27.9%</b>

Tabla 4.1.2-1 Estructura de Costos Ciudad 1b.

**Ciudad 1 b**

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	187.51	\$ 14,952.98	\$ 2,803,856.92	\$ 6,089,869.15	\$ 1,930,374.89
2	1	0	190.56	\$ 14,952.98	\$ 2,849,457.20	\$ 7,639,876.81	\$ 2,156,615.99
3	1	0	221.72	\$ 14,952.98	\$ 3,315,414.66	\$ 7,639,876.81	\$ 2,288,589.97
4	1	0	247.21	\$ 14,952.98	\$ 3,696,509.57	\$ 11,221,144.55	\$ 2,486,550.93
5	1	0	310.82	\$ 14,952.98	\$ 4,647,691.00	\$ 12,824,165.20	\$ 2,618,524.90
6	1	0	340.58	\$ 14,952.98	\$ 5,092,757.47	\$ 15,549,985.07	\$ 2,769,352.30
7	1	0	224.93	\$ 14,952.98	\$ 3,363,306.08	\$ 9,718,740.67	\$ 2,920,179.70
8	1	0	388.24	\$ 14,952.98	\$ 5,805,338.31	\$ 18,475,787.48	\$ 3,014,446.83
9	1	0	362.07	\$ 14,952.98	\$ 5,414,093.79	\$ 16,166,314.04	\$ 3,165,274.23
10	1	0	384.12	\$ 14,952.98	\$ 5,743,806.34	\$ 16,166,314.04	\$ 6,726,470.38
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 42,732,231.34</b>	<b>\$ 121,492,073.82</b>	<b>\$ 30,076,380.12</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>14.8%</b>	<b>42.2%</b>	<b>10.4%</b>

Tabla 4.1.2-1 Estructura de Costos Ciudad 1b.

**Ciudad 1 b**

Tramo	p	k	m	Cantidad Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	33.12	\$ 24,935.65	\$ 825,865.01	\$ 15,741,039.24
2	1	1	0	34.96	\$ 24,935.65	\$ 871,873.26	\$ 17,703,894.35
3	1	1	0	40.48	\$ 24,935.65	\$ 1,009,328.23	\$ 19,105,357.17
4	1	1	0	45.99	\$ 24,935.65	\$ 1,146,788.25	\$ 25,891,515.21
5	1	1	0	57.96	\$ 24,935.65	\$ 1,445,267.38	\$ 30,737,271.52
6	1	1	0	63.72	\$ 24,935.65	\$ 1,588,896.44	\$ 35,130,839.18
7	1	1	0	42.75	\$ 24,935.65	\$ 1,065,996.91	\$ 23,745,653.87
8	1	1	0	73.08	\$ 24,935.65	\$ 1,822,293.66	\$ 40,698,280.88
9	1	1	0	68.67	\$ 24,935.65	\$ 1,712,327.66	\$ 37,233,032.62
10	1	1	0	73.08	\$ 24,935.65	\$ 1,822,293.66	\$ 41,867,022.85
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 13,310,930.46</b>	<b>\$ 287,853,906.89</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>4.6%</b>	<b>100%</b>

**Tabla 4.1.2-1 Estructura de Costos Ciudad 1b.**

#### 4.2. Ciudad 2: Topografía Plana 0.3 %

La ciudad 2 posee un relieve plano, respecto a la ciudad 1, la variación está en el transporte de mayores caudales y una mayor longitud de la red. A continuación se muestran sus características:

Tramo	Caudal (L/s)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Diámetro (plg)	Pendiente
1	20	120	0.203	8	0.003
2	30	105	0.253	10	0.002
3	40	105	0.253	10	0.003
4	50	105	0.320	12	0.002
5	60	120	0.360	14	0.002
6	70	120	0.360	14	0.002
7	80	75	0.360	14	0.002
8	90	120	0.360	14	0.003
9	100	105	0.360	14	0.002
10	110	105	0.360	14	0.004

Tabla 4.2-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 2.

La variación entre 2 a y 2b está dada por el tipo de relleno empleado:

Ciudad	Excavación	Relleno	Tubería	Pozos	Entibados
Ciudad 2 a	Material Común	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera
Ciudad 2 b	Material Común	Material de préstamo de cantera	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera

Tabla 4.2-2 Sistema de Alcantarillado Ciudad 2.

#### 4.2.1. Ciudad 2 a

##### Ciudad 2 a

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.003	1.38	1.20	1.56	191.40	\$ 16,465.30	\$ 3,151,383.01
2	1	0	0	0	0.002	1.67	1.56	1.77	195.84	\$ 16,465.30	\$ 3,224,560.51
3	1	0	0	0	0.003	1.93	1.77	2.09	227.00	\$ 16,465.30	\$ 3,737,643.93
4	0	1	0	0	0.002	2.19	2.09	2.30	255.65	\$ 23,118.57	\$ 5,910,342.71
5	0	1	0	0	0.002	2.42	2.30	2.54	324.00	\$ 23,118.57	\$ 7,490,401.19
6	0	1	0	0	0.002	2.66	2.54	2.78	352.80	\$ 23,118.57	\$ 8,156,214.68
7	0	1	0	0	0.002	2.85	2.78	2.93	232.56	\$ 23,118.57	\$ 5,376,443.69
8	0	1	0	0	0.003	3.11	2.93	3.29	412.27	\$ 23,118.57	\$ 9,531,094.49
9	0	1	0	0	0.002	3.39	3.29	3.50	384.68	\$ 23,118.57	\$ 8,893,187.10
10	0	1	0	0	0.004	3.71	3.50	3.92	426.13	\$ 23,118.57	\$ 9,851,480.56
<b>TOTAL</b>										<b>\$</b>	<b>65,322,751.86</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>24.3%</b>

Tabla 4.2.1-1 Estructura de Costos Ciudad 2a.

##### Ciudad 2 a

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	187.51	\$ 14,952.98	\$ 2,803,856.92	\$ 6,089,869.15	\$ 1,930,374.89
2	1	0	190.56	\$ 14,952.98	\$ 2,849,457.20	\$ 7,639,876.81	\$ 2,156,615.99
3	1	0	221.72	\$ 14,952.98	\$ 3,315,414.66	\$ 7,639,876.81	\$ 2,288,589.97
4	1	0	247.21	\$ 14,952.98	\$ 3,696,509.57	\$ 11,221,144.55	\$ 2,486,550.93
5	1	0	311.78	\$ 14,952.98	\$ 4,662,112.51	\$ 15,549,985.07	\$ 2,618,524.90
6	1	0	340.58	\$ 14,952.98	\$ 5,092,757.47	\$ 15,549,985.07	\$ 2,769,352.30
7	1	0	224.93	\$ 14,952.98	\$ 3,363,306.08	\$ 9,718,740.67	\$ 2,920,179.70
8	1	0	400.06	\$ 14,952.98	\$ 5,982,023.59	\$ 15,549,985.07	\$ 3,014,446.83
9	1	0	373.99	\$ 14,952.98	\$ 5,592,258.07	\$ 13,606,236.93	\$ 3,240,687.93
10	1	0	415.44	\$ 14,952.98	\$ 6,212,078.63	\$ 13,606,236.93	\$ 7,009,271.76
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 43,569,774.70</b>	<b>\$ 116,171,937.05</b>	<b>\$ 30,434,595.19</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>16.2%</b>	<b>43.2%</b>	<b>11.3%</b>

Tabla 4.2.1-1 Estructura de Costos Ciudad 2a.

**Ciudad 2 a**

Tramo	p	k	m	Cantidad Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	33.12	\$ 24,935.65	\$ 825,865.01	\$ 14,801,348.98
2	1	1	0	34.96	\$ 24,935.65	\$ 871,873.26	\$ 16,742,383.77
3	1	1	0	40.48	\$ 24,935.65	\$ 1,009,328.23	\$ 17,990,853.60
4	1	1	0	45.99	\$ 24,935.65	\$ 1,146,788.25	\$ 24,461,336.00
5	1	1	0	57.96	\$ 24,935.65	\$ 1,445,267.38	\$ 31,766,291.06
6	1	1	0	63.72	\$ 24,935.65	\$ 1,588,896.44	\$ 33,157,205.96
7	1	1	0	42.75	\$ 24,935.65	\$ 1,065,996.91	\$ 22,444,667.04
8	1	1	0	74.52	\$ 24,935.65	\$ 1,858,196.28	\$ 35,935,746.25
9	1	1	0	71.19	\$ 24,935.65	\$ 1,775,165.37	\$ 33,107,535.40
10	1	1	0	77.80	\$ 24,935.65	\$ 1,940,102.73	\$ 38,619,170.61
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 13,527,479.86</b>	<b>\$ 269,026,538.66</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>5.0%</b>	<b>100%</b>

**Tabla 4.2.1-1 Estructura de Costos Ciudad 2a.**

#### 4.2.2. Ciudad 2 b

La ciudad 2b varía respecto a la ciudad 2 a en el tipo de relleno empleado, con el fin de evaluar esta condición en el costo total de la red.

##### Ciudad 2 b

Tramo	a	b	c	f	$\theta$	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m <sup>3</sup> )	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.003	1.38	1.20	1.56	191.40	\$ 16,465.30	\$ 3,151,383.01
2	1	0	0	0	0.002	1.67	1.56	1.77	195.84	\$ 16,465.30	\$ 3,224,560.51
3	1	0	0	0	0.003	1.93	1.77	2.09	227.00	\$ 16,465.30	\$ 3,737,643.93
4	0	1	0	0	0.002	2.19	2.09	2.30	255.65	\$ 23,118.57	\$ 5,910,342.71
5	0	1	0	0	0.002	2.42	2.30	2.54	324.00	\$ 23,118.57	\$ 7,490,401.19
6	0	1	0	0	0.002	2.66	2.54	2.78	352.80	\$ 23,118.57	\$ 8,156,214.68
7	0	1	0	0	0.002	2.85	2.78	2.93	232.56	\$ 23,118.57	\$ 5,376,443.69
8	0	1	0	0	0.003	3.11	2.93	3.29	412.27	\$ 23,118.57	\$ 9,531,094.49
9	0	1	0	0	0.002	3.39	3.29	3.50	384.68	\$ 23,118.57	\$ 8,893,187.10
10	0	1	0	0	0.004	3.71	3.50	3.92	426.13	\$ 23,118.57	\$ 9,851,480.56
<b>TOTAL</b>										<b>\$</b>	<b>65,322,751.86</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>18.5%</b>

Tabla 4.2.24.2.2-2 Estructura de Costos Ciudad 2b.

**Ciudad 2 b**

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	0	1	187.51	\$ 43,692.13	\$ 8,192,780.37	\$ 6,089,869.15	\$ 1,930,374.89
2	0	1	190.56	\$ 43,692.13	\$ 8,326,022.94	\$ 7,639,876.81	\$ 2,156,615.99
3	0	1	221.72	\$ 43,692.13	\$ 9,687,535.76	\$ 7,639,876.81	\$ 2,288,589.97
4	0	1	247.21	\$ 43,692.13	\$ 10,801,082.90	\$ 11,221,144.55	\$ 2,486,550.93
5	0	1	311.78	\$ 43,692.13	\$ 13,622,543.86	\$ 15,549,985.07	\$ 2,618,524.90
6	0	1	340.58	\$ 43,692.13	\$ 14,880,874.69	\$ 15,549,985.07	\$ 2,769,352.30
7	0	1	224.93	\$ 43,692.13	\$ 9,827,472.94	\$ 9,718,740.67	\$ 2,920,179.70
8	0	1	400.06	\$ 43,692.13	\$ 17,479,281.88	\$ 15,549,985.07	\$ 3,014,446.83
9	0	1	373.99	\$ 43,692.13	\$ 16,340,399.47	\$ 13,606,236.93	\$ 3,240,687.93
10	0	1	415.44	\$ 43,692.13	\$ 18,151,495.37	\$ 13,606,236.93	\$ 7,009,271.76
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 127,309,490.17</b>	<b>\$ 116,171,937.05</b>	<b>\$ 30,434,595.19</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>36.1%</b>	<b>32.9%</b>	<b>8.6%</b>

Tabla 4.2.24.2.2-2 Estructura de Costos Ciudad 2b.

**Ciudad 2 b**

Tramo	p	k	m	Cantidad Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	33.12	\$ 24,935.65	\$ 825,865.01	\$ 20,190,272.43
2	1	1	0	34.96	\$ 24,935.65	\$ 871,873.26	\$ 22,218,949.51
3	1	1	0	40.48	\$ 24,935.65	\$ 1,009,328.23	\$ 24,362,974.69
4	1	1	0	45.99	\$ 24,935.65	\$ 1,146,788.25	\$ 31,565,909.33
5	1	1	0	57.96	\$ 24,935.65	\$ 1,445,267.38	\$ 40,726,722.41
6	1	1	0	63.72	\$ 24,935.65	\$ 1,588,896.44	\$ 42,945,323.17
7	1	1	0	42.75	\$ 24,935.65	\$ 1,065,996.91	\$ 28,908,833.90
8	1	1	0	74.52	\$ 24,935.65	\$ 1,858,196.28	\$ 47,433,004.54
9	1	1	0	71.19	\$ 24,935.65	\$ 1,775,165.37	\$ 43,855,676.80
10	1	1	0	77.80	\$ 24,935.65	\$ 1,940,102.73	\$ 50,558,587.35
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 13,527,479.86</b>	<b>\$ 352,766,254.13</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>3.8%</b>	<b>100%</b>

Tabla 4.2.2-1 Estructura de Costos Ciudad 2b.

### 4.3. Ciudad 3 Topografía Inclined 1.0 %

La ciudad 3 tiene como principal característica la alta pendiente de su topografía, con ello se busca determinar la incidencia de este parámetro en los costos.

Tramo	Caudal (L/s)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Diámetro (plg)	Pendiente
1	20	120	0.151	6	0.010
2	30	105	0.151	6	0.021
3	40	105	0.203	8	0.009
4	50	105	0.203	8	0.013
5	60	120	0.253	10	0.006
6	70	120	0.253	10	0.008
7	80	75	0.253	10	0.010
8	90	120	0.253	10	0.013
9	100	105	0.253	10	0.016
10	110	105	0.320	12	0.006

Tabla 4.3-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 3.

En la siguiente tabla se presentan las variaciones de la ciudad 3, en donde se cambia el tipo de relleno:

Ciudad	Excavación	Relleno	Tubería	Pozos	Entibados
Ciudad 3a	Material Común	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera
Ciudad 3b	Material Común	Material de préstamo de cantera	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera

Tabla 4.3-2 Variaciones Ciudad 3.

### 4.3.1. Ciudad 3 a

#### Ciudad 3 a

Tramo	a	b	c	f	$\theta$	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.010	1.80	1.20	2.40	265.61	\$ 16,465.30	\$ 4,373,312.05
2	0	1	0	0	0.021	3.50	2.40	4.61	440.14	\$ 23,118.57	\$ 10,175,493.26
3	0	1	0	0	0.009	5.08	4.61	5.55	574.20	\$ 23,118.57	\$ 13,274,786.20
4	0	1	0	0	0.013	6.23	5.55	6.92	708.74	\$ 23,118.57	\$ 16,384,975.50
5	0	1	0	0	0.006	7.28	6.92	7.64	916.98	\$ 23,118.57	\$ 21,199,315.49
6	0	1	0	0	0.008	8.12	7.64	8.60	1,027.17	\$ 23,118.57	\$ 23,746,661.50
7	0	1	0	0	0.010	8.97	8.60	9.35	700.95	\$ 23,118.57	\$ 16,204,918.24
8	0	1	0	0	0.013	10.13	9.35	10.91	1,291.80	\$ 23,118.57	\$ 29,864,476.80
9	0	1	0	0	0.016	11.75	10.91	12.59	1,304.46	\$ 23,118.57	\$ 30,157,275.63
10	0	1	0	0	0.006	12.90	12.59	13.22	1,396.05	\$ 23,118.57	\$ 32,274,782.36
<b>TOTAL</b>										<b>\$</b>	<b>197,655,997.03</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>39.6%</b>

Tabla 4.3.1-1 Estructura de Costos Ciudad 3a.

#### Ciudad 3 a

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	263.46	\$ 14,952.98	\$ 3,939,496.56	\$ 3,752,426.32	\$ 1,930,374.89
2	1	0	438.26	\$ 14,952.98	\$ 6,553,349.88	\$ 3,283,373.03	\$ 2,684,511.89
3	1	0	570.81	\$ 14,952.98	\$ 8,535,254.17	\$ 5,328,635.50	\$ 4,070,238.63
4	1	0	705.34	\$ 14,952.98	\$ 10,546,911.90	\$ 5,328,635.50	\$ 4,664,121.52
5	1	0	910.95	\$ 14,952.98	\$ 13,621,410.09	\$ 8,731,287.79	\$ 5,521,952.35
6	1	0	1021.14	\$ 14,952.98	\$ 15,269,022.51	\$ 8,731,287.79	\$ 5,974,434.55
7	1	0	697.18	\$ 14,952.98	\$ 10,424,886.75	\$ 5,457,054.87	\$ 6,577,744.15
8	1	0	1285.76	\$ 14,952.98	\$ 19,226,000.80	\$ 8,731,287.79	\$ 7,049,079.78
9	1	0	1299.18	\$ 14,952.98	\$ 19,426,660.02	\$ 7,639,876.81	\$ 8,029,457.88
10	1	0	1387.61	\$ 14,952.98	\$ 20,748,904.48	\$ 11,221,144.55	\$ 18,566,421.28
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 128,291,897.15</b>	<b>\$ 68,205,009.94</b>	<b>\$ 65,068,336.92</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>25.7%</b>	<b>13.7%</b>	<b>13.0%</b>

Tabla 4.3.1-1 Estructura de Costos Ciudad 3a.

**Ciudad 3 a**

Tramo	p	k	m	Cantidad Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	43.20	\$ 24,935.65	\$ 1,077,166.22	\$ 15,072,776.05
2	1	1	0	73.54	\$ 24,935.65	\$ 1,833,675.12	\$ 24,530,403.17
3	1	1	0	106.62	\$ 24,935.65	\$ 2,658,718.34	\$ 33,867,632.84
4	1	1	0	130.87	\$ 24,935.65	\$ 3,263,364.47	\$ 40,188,008.89
5	1	1	0	174.60	\$ 24,935.65	\$ 4,353,686.12	\$ 53,427,651.84
6	1	1	0	194.75	\$ 24,935.65	\$ 4,856,311.79	\$ 58,577,718.15
7	1	1	0	134.54	\$ 24,935.65	\$ 3,354,923.97	\$ 42,019,527.97
8	1	1	0	242.98	\$ 24,935.65	\$ 6,058,851.00	\$ 70,929,696.16
9	1	1	0	246.61	\$ 24,935.65	\$ 6,149,466.31	\$ 71,402,736.66
10	1	1	0	270.90	\$ 24,935.65	\$ 6,754,946.00	\$ 89,566,198.66
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 40,361,109.34</b>	<b>\$ 499,582,350.39</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>8.1%</b>	<b>100%</b>

Tabla 4.3.1-1 Estructura de Costos Ciudad 3 a.

### 4.3.2. Ciudad 3 b

#### Ciudad 3 b

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	0	0	1	0	0.010	1.80	1.20	2.40	265.61	\$ 21,374.98	\$ 5,677,361.34
2	0	0	0	1	0.021	3.50	2.40	4.61	440.14	\$ 28,712.78	\$ 12,637,749.63
3	0	0	0	1	0.009	5.08	4.61	5.55	574.20	\$ 28,712.78	\$ 16,487,006.58
4	0	0	0	1	0.013	6.23	5.55	6.92	708.74	\$ 28,712.78	\$ 20,349,796.59
5	0	0	0	1	0.006	7.28	6.92	7.64	916.98	\$ 28,712.78	\$ 26,329,106.07
6	0	0	0	1	0.008	8.12	7.64	8.60	1,027.17	\$ 28,712.78	\$ 29,492,856.49
7	0	0	0	1	0.010	8.97	8.60	9.35	700.95	\$ 28,712.78	\$ 20,126,169.24
8	0	0	0	1	0.013	10.13	9.35	10.91	1,291.80	\$ 28,712.78	\$ 37,091,055.04
9	0	0	0	1	0.016	11.75	10.91	12.59	1,304.46	\$ 28,712.78	\$ 37,454,705.06
10	0	0	0	1	0.006	12.90	12.59	13.22	1,396.05	\$ 28,712.78	\$ 40,084,604.08
<b>TOTAL</b>										<b>\$</b>	<b>245,730,410.11</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>44.9%</b>

Tabla 4.3.2-1 Estructura de Costos Ciudad 3b.

#### Ciudad 3 b

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	263.46	\$ 14,952.98	\$ 3,939,496.56	\$ 3,752,426.32	\$ 1,930,374.89
2	1	0	438.26	\$ 14,952.98	\$ 6,553,349.88	\$ 3,283,373.03	\$ 2,684,511.89
3	1	0	570.81	\$ 14,952.98	\$ 8,535,254.17	\$ 5,328,635.50	\$ 4,070,238.63
4	1	0	705.34	\$ 14,952.98	\$ 10,546,911.90	\$ 5,328,635.50	\$ 4,664,121.52
5	1	0	910.95	\$ 14,952.98	\$ 13,621,410.09	\$ 8,731,287.79	\$ 5,521,952.35
6	1	0	1021.14	\$ 14,952.98	\$ 15,269,022.51	\$ 8,731,287.79	\$ 5,974,434.55
7	1	0	697.18	\$ 14,952.98	\$ 10,424,886.75	\$ 5,457,054.87	\$ 6,577,744.15
8	1	0	1285.76	\$ 14,952.98	\$ 19,226,000.80	\$ 8,731,287.79	\$ 7,049,079.78
9	1	0	1299.18	\$ 14,952.98	\$ 19,426,660.02	\$ 7,639,876.81	\$ 8,029,457.88
10	1	0	1387.61	\$ 14,952.98	\$ 20,748,904.48	\$ 11,221,144.55	\$ 18,566,421.28
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 128,291,897.15</b>	<b>\$ 68,205,009.94</b>	<b>\$ 65,068,336.92</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>23.4%</b>	<b>12.5%</b>	<b>11.9%</b>

Tabla 4.3.2-1 Estructura de Costos Ciudad 3b.

**Ciudad 3 b**

Tramo	p	k	m	Cantidad Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	43.20	\$ 24,935.65	\$ 1,077,166.22	\$ 16,376,825.33
2	1	1	0	73.54	\$ 24,935.65	\$ 1,833,675.12	\$ 26,992,659.54
3	1	1	0	106.62	\$ 24,935.65	\$ 2,658,718.34	\$ 37,079,853.22
4	1	1	0	130.87	\$ 24,935.65	\$ 3,263,364.47	\$ 44,152,829.97
5	1	1	0	174.60	\$ 24,935.65	\$ 4,353,686.12	\$ 58,557,442.42
6	1	1	0	194.75	\$ 24,935.65	\$ 4,856,311.79	\$ 64,323,913.14
7	1	1	0	134.54	\$ 24,935.65	\$ 3,354,923.97	\$ 45,940,778.97
8	1	1	0	242.98	\$ 24,935.65	\$ 6,058,851.00	\$ 78,156,274.40
9	1	1	0	246.61	\$ 24,935.65	\$ 6,149,466.31	\$ 78,700,166.08
10	1	1	0	270.90	\$ 24,935.65	\$ 6,754,946.00	\$ 97,376,020.38
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 40,361,109.34</b>	<b>\$ 547,656,763.46</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>7.4%</b>	<b>100%</b>

Tabla 4.3.2-1 Estructura de Costos Ciudad 3b.

**4.4. Ciudad 4 Topografía Plana 4%**

La ciudad 4 posee una topografía plana, con caudales transporte de caudales bajos que hace que la red aumente su diámetro hasta 12” en sus últimos tres tramos

Tramo	Caudal (L/s)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Diámetro (plg)	Pendiente
1	10	100	0.151	6	0.003
2	15	75	0.203	8	0.002
3	20	75	0.203	8	0.003
4	25	75	0.253	10	0.002
5	30	75	0.253	10	0.002
6	35	75	0.253	10	0.003
7	40	75	0.253	10	0.003
8	45	75	0.320	12	0.002
9	50	75	0.320	12	0.002
10	55	105	0.320	12	0.002

Tabla 4.4-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 4.

En este caso se emplean tres tipos diferentes de entibados, dejando constantes los demás parámetros.

Ciudad	Excavación	Relleno	Tubería	Pozos	Entibados
Ciudad 4 a	Material Común	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera
Ciudad 4 b	Material Común	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Sin Entibado
Ciudad 4 c	Material Común	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Metálico

Tabla 4.4-2 Variaciones Ciudad 4.

#### 4.4.1. Ciudad 4 a

##### Ciudad 4 a

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.003	1.35	1.20	1.50	151.56	\$ 16,465.30	\$ 2,495,428.69
2	1	0	0	0	0.002	1.58	1.50	1.65	129.50	\$ 16,465.30	\$ 2,132,236.95
3	1	0	0	0	0.003	1.76	1.65	1.88	145.26	\$ 16,465.30	\$ 2,391,697.59
4	1	0	0	0	0.002	1.95	1.88	2.03	159.79	\$ 16,465.30	\$ 2,631,011.04
5	0	1	0	0	0.002	2.10	2.03	2.18	171.04	\$ 23,118.57	\$ 3,954,228.84
6	0	1	0	0	0.003	2.29	2.18	2.40	186.94	\$ 23,118.57	\$ 4,321,780.48
7	0	1	0	0	0.003	2.51	2.40	2.63	203.81	\$ 23,118.57	\$ 4,711,904.59
8	0	1	0	0	0.002	2.70	2.63	2.78	219.24	\$ 23,118.57	\$ 5,068,504.96
9	0	1	0	0	0.002	2.85	2.78	2.93	230.49	\$ 23,118.57	\$ 5,328,588.35
10	0	1	0	0	0.002	3.03	2.93	3.14	343.85	\$ 23,118.57	\$ 7,949,396.50
<b>TOTAL</b>										<b>\$</b>	<b>40,984,778.00</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>24.6%</b>

Tabla 4.4.1-1 Estructura de Costos Ciudad 4 a.

##### Ciudad 4 a

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	149.77	\$ 14,952.98	\$ 2,239,448.79	\$ 3,127,021.93	\$ 1,930,374.89
2	1	0	127.07	\$ 14,952.98	\$ 1,900,096.34	\$ 3,806,168.22	\$ 2,118,909.14
3	1	0	142.83	\$ 14,952.98	\$ 2,135,725.89	\$ 3,806,168.22	\$ 2,213,176.27
4	1	0	156.02	\$ 14,952.98	\$ 2,332,976.30	\$ 5,457,054.87	\$ 2,354,576.95
5	1	0	167.27	\$ 14,952.98	\$ 2,501,196.99	\$ 5,457,054.87	\$ 2,448,844.08
6	1	0	183.17	\$ 14,952.98	\$ 2,738,927.77	\$ 5,457,054.87	\$ 2,543,111.20
7	1	0	200.04	\$ 14,952.98	\$ 2,991,258.17	\$ 5,457,054.87	\$ 2,684,511.89
8	1	0	213.21	\$ 14,952.98	\$ 3,188,090.59	\$ 8,015,103.25	\$ 2,825,912.58
9	1	0	224.46	\$ 14,952.98	\$ 3,356,311.28	\$ 8,015,103.25	\$ 2,920,179.70
10	1	0	335.41	\$ 14,952.98	\$ 5,015,359.77	\$ 11,221,144.55	\$ 6,160,867.63
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 28,399,391.89</b>	<b>\$ 59,818,928.87</b>	<b>\$ 28,200,464.33</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>17.1%</b>	<b>36.0%</b>	<b>17.0%</b>

Tabla 4.4.1-1 Estructura de Costos Ciudad 4 a.

**Ciudad 4 a**

Tramo	p	k	m	Cantidad Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	27.00	\$ 24,935.65	\$ 673,259.52	\$ 10,465,533.81
2	1	1	0	23.62	\$ 24,935.65	\$ 589,103.55	\$ 10,546,514.20
3	1	1	0	26.44	\$ 24,935.65	\$ 659,233.28	\$ 11,206,001.24
4	1	1	0	29.25	\$ 24,935.65	\$ 729,366.30	\$ 13,504,985.47
5	1	1	0	31.50	\$ 24,935.65	\$ 785,471.40	\$ 15,146,796.18
6	1	1	0	34.31	\$ 24,935.65	\$ 855,600.64	\$ 15,916,474.96
7	1	1	0	37.69	\$ 24,935.65	\$ 939,758.08	\$ 16,784,487.61
8	1	1	0	40.50	\$ 24,935.65	\$ 1,009,891.81	\$ 20,107,503.18
9	1	1	0	42.75	\$ 24,935.65	\$ 1,065,996.91	\$ 20,686,179.49
10	1	1	0	63.63	\$ 24,935.65	\$ 1,586,652.24	\$ 31,933,420.68
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 8,894,333.73</b>	<b>\$ 166,297,896.82</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>5.3%</b>	<b>100%</b>

**Tabla 4.4.1-1 Estructura de Costos Ciudad 4 a.**

#### 4.4.2. Ciudad 4 b

##### Ciudad 4 b

Tramo	a	b	c	f	$\theta$	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.003	1.35	1.20	1.50	151.56	\$ 16,465.30	\$ 2,495,428.69
2	1	0	0	0	0.002	1.58	1.50	1.65	129.50	\$ 16,465.30	\$ 2,132,236.95
3	1	0	0	0	0.003	1.76	1.65	1.88	145.26	\$ 16,465.30	\$ 2,391,697.59
4	1	0	0	0	0.002	1.95	1.88	2.03	159.79	\$ 16,465.30	\$ 2,631,011.04
5	0	1	0	0	0.002	2.10	2.03	2.18	171.04	\$ 23,118.57	\$ 3,954,228.84
6	0	1	0	0	0.003	2.29	2.18	2.40	186.94	\$ 23,118.57	\$ 4,321,780.48
7	0	1	0	0	0.003	2.51	2.40	2.63	203.81	\$ 23,118.57	\$ 4,711,904.59
8	0	1	0	0	0.002	2.70	2.63	2.78	219.24	\$ 23,118.57	\$ 5,068,504.96
9	0	1	0	0	0.002	2.85	2.78	2.93	230.49	\$ 23,118.57	\$ 5,328,588.35
10	0	1	0	0	0.002	3.03	2.93	3.14	343.85	\$ 23,118.57	\$ 7,949,396.50
<b>TOTAL</b>										<b>\$</b>	<b>40,984,778.00</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>26.0%</b>

Tabla 4.4.2-1 Estructura de Costos Ciudad 4b.

##### Ciudad 4 b

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	149.77	\$ 14,952.98	\$ 2,239,448.79	\$ 3,127,021.93	\$ 1,930,374.89
2	1	0	127.07	\$ 14,952.98	\$ 1,900,096.34	\$ 3,806,168.22	\$ 2,118,909.14
3	1	0	142.83	\$ 14,952.98	\$ 2,135,725.89	\$ 3,806,168.22	\$ 2,213,176.27
4	1	0	156.02	\$ 14,952.98	\$ 2,332,976.30	\$ 5,457,054.87	\$ 2,354,576.95
5	1	0	167.27	\$ 14,952.98	\$ 2,501,196.99	\$ 5,457,054.87	\$ 2,448,844.08
6	1	0	183.17	\$ 14,952.98	\$ 2,738,927.77	\$ 5,457,054.87	\$ 2,543,111.20
7	1	0	200.04	\$ 14,952.98	\$ 2,991,258.17	\$ 5,457,054.87	\$ 2,684,511.89
8	1	0	213.21	\$ 14,952.98	\$ 3,188,090.59	\$ 8,015,103.25	\$ 2,825,912.58
9	1	0	224.46	\$ 14,952.98	\$ 3,356,311.28	\$ 8,015,103.25	\$ 2,920,179.70
10	1	0	335.41	\$ 14,952.98	\$ 5,015,359.77	\$ 11,221,144.55	\$ 6,160,867.63
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 28,399,391.89</b>	<b>\$ 59,818,928.87</b>	<b>\$ 28,200,464.33</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>18.0%</b>	<b>38.0%</b>	<b>17.9%</b>

Tabla 4.4.2-1 Estructura de Costos Ciudad 4b.

**Ciudad 4 b**

Tramo	p	k	m	Cantidad Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 9,792,274.29
2	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 9,957,410.65
3	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 10,546,767.96
4	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 12,775,619.17
5	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 14,361,324.77
6	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 15,060,874.32
7	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 15,844,729.53
8	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 19,097,611.37
9	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 19,620,182.58
10	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 30,346,768.44
<b>TOTAL</b>					\$	-	\$ 157,403,563.09
<b>PORCENTAJE</b>						<b>0.0%</b>	<b>100%</b>

Tabla 4.4.2-1 Estructura de Costos Ciudad 4b.

### 4.4.3. Ciudad 4 c

#### Ciudad 4 c

Tramo	a	b	c	f	$\theta$	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.003	1.35	1.20	1.50	151.56	\$ 16,465.30	\$ 2,495,428.69
2	1	0	0	0	0.002	1.58	1.50	1.65	129.50	\$ 16,465.30	\$ 2,132,236.95
3	1	0	0	0	0.003	1.76	1.65	1.88	145.26	\$ 16,465.30	\$ 2,391,697.59
4	1	0	0	0	0.002	1.95	1.88	2.03	159.79	\$ 16,465.30	\$ 2,631,011.04
5	0	1	0	0	0.002	2.10	2.03	2.18	171.04	\$ 23,118.57	\$ 3,954,228.84
6	0	1	0	0	0.003	2.29	2.18	2.40	186.94	\$ 23,118.57	\$ 4,321,780.48
7	0	1	0	0	0.003	2.51	2.40	2.63	203.81	\$ 23,118.57	\$ 4,711,904.59
8	0	1	0	0	0.002	2.70	2.63	2.78	219.24	\$ 23,118.57	\$ 5,068,504.96
9	0	1	0	0	0.002	2.85	2.78	2.93	230.49	\$ 23,118.57	\$ 5,328,588.35
10	0	1	0	0	0.002	3.03	2.93	3.14	343.85	\$ 23,118.57	\$ 7,949,396.50
<b>TOTAL</b>										<b>\$</b>	<b>40,984,778.00</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>22.9%</b>

Tabla 4.4.3-1 Estructura de Costos Ciudad 4c.

**Ciudad 4 c**

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	149.77	\$ 14,952.98	\$ 2,239,448.79	\$ 3,127,021.93	\$ 1,930,374.89
2	1	0	127.07	\$ 14,952.98	\$ 1,900,096.34	\$ 3,806,168.22	\$ 2,118,909.14
3	1	0	142.83	\$ 14,952.98	\$ 2,135,725.89	\$ 3,806,168.22	\$ 2,213,176.27
4	1	0	156.02	\$ 14,952.98	\$ 2,332,976.30	\$ 5,457,054.87	\$ 2,354,576.95
5	1	0	167.27	\$ 14,952.98	\$ 2,501,196.99	\$ 5,457,054.87	\$ 2,448,844.08
6	1	0	183.17	\$ 14,952.98	\$ 2,738,927.77	\$ 5,457,054.87	\$ 2,543,111.20
7	1	0	200.04	\$ 14,952.98	\$ 2,991,258.17	\$ 5,457,054.87	\$ 2,684,511.89
8	1	0	213.21	\$ 14,952.98	\$ 3,188,090.59	\$ 8,015,103.25	\$ 2,825,912.58
9	1	0	224.46	\$ 14,952.98	\$ 3,356,311.28	\$ 8,015,103.25	\$ 2,920,179.70
10	1	0	335.41	\$ 14,952.98	\$ 5,015,359.77	\$ 11,221,144.55	\$ 6,160,867.63

**TOTAL** \$ 28,399,391.89 \$ 59,818,928.87 \$ 28,200,464.33  
**PORCENTAJE** 15.9% 33.5% 15.8%

**Tabla 4.4.3-1 Estructura de Costos Ciudad 4c.**

**Ciudad 4 c**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	0	1	27.00	\$ 59,756.99	\$ 1,613,431.47	\$ 11,405,705.76
2	1	0	1	23.62	\$ 59,756.99	\$ 1,411,756.07	\$ 11,369,166.72
3	1	0	1	26.44	\$ 59,756.99	\$ 1,579,818.31	\$ 12,126,586.28
4	1	0	1	29.25	\$ 59,756.99	\$ 1,747,888.46	\$ 14,523,507.63
5	1	0	1	31.50	\$ 59,756.99	\$ 1,882,341.42	\$ 16,243,666.19
6	1	0	1	34.31	\$ 59,756.99	\$ 2,050,402.49	\$ 17,111,276.82
7	1	0	1	37.69	\$ 59,756.99	\$ 2,252,081.43	\$ 18,096,810.95
8	1	0	1	40.50	\$ 59,756.99	\$ 2,420,153.25	\$ 21,517,764.63
9	1	0	1	42.75	\$ 59,756.99	\$ 2,554,606.21	\$ 22,174,788.79
10	1	0	1	63.63	\$ 59,756.99	\$ 3,802,329.67	\$ 34,149,098.11

**TOTAL** \$ 21,314,808.79 \$ 178,718,371.88  
**PORCENTAJE** 11.9% 100%

**Tabla 4.4.3-1 Estructura de Costos Ciudad 4c.**

#### 4.5. Ciudad 5 Topografía Plana 0.6%

LA ciudad 5 posee una topografía plana con una menor longitud de los tramos que se presentaron en la anterior ciudad.

Tramo	Caudal (L/s)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Diámetro (plg)	Pendiente
1	10	80	0.151	6	0.003
2	15	60	0.203	8	0.002
3	20	60	0.203	8	0.003
4	25	60	0.253	10	0.002
5	30	60	0.253	10	0.002
6	35	60	0.253	10	0.003
7	40	60	0.253	10	0.003
8	45	60	0.320	12	0.002
9	50	60	0.320	12	0.002
10	55	85	0.320	12	0.002

Tabla 4.5-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 5.

En este caso se hace una variación entre las ciudades 5a y 5 b en las características del material a excavar:

Ciudad	Excavación	Relleno	Tubería	Pozos	Entibados
Ciudad 5 a	Material Común	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera
Ciudad 5 b	Material Conglomerado	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera

Tabla 4.5-2 Variaciones Ciudad 5

#### 4.5.1. Ciudad 5 a

##### Ciudad 5 a

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.003	1.32	1.20	1.44	117.52	\$ 16,465.30	\$ 1,935,052.89
2	1	0	0	0	0.002	1.50	1.44	1.56	98.56	\$ 16,465.30	\$ 1,622,760.18
3	1	0	0	0	0.003	1.65	1.56	1.74	108.64	\$ 16,465.30	\$ 1,788,814.34
4	1	0	0	0	0.002	1.80	1.74	1.86	118.25	\$ 16,465.30	\$ 1,946,944.81
5	1	0	0	0	0.002	1.92	1.86	1.98	125.45	\$ 16,465.30	\$ 2,065,494.74
6	0	1	0	0	0.003	2.07	1.98	2.16	135.62	\$ 23,118.57	\$ 3,135,348.41
7	0	1	0	0	0.003	2.25	2.16	2.34	146.42	\$ 23,118.57	\$ 3,385,027.84
8	0	1	0	0	0.002	2.40	2.34	2.46	156.74	\$ 23,118.57	\$ 3,623,689.77
9	0	1	0	0	0.002	2.52	2.46	2.58	163.94	\$ 23,118.57	\$ 3,790,143.14
10	0	1	0	0	0.002	2.67	2.58	2.75	246.11	\$ 23,118.57	\$ 5,689,676.52
<b>TOTAL</b>										<b>\$</b>	<b>28,982,952.64</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>22.1%</b>

##### Ciudad 5 a

Tabla 4.5.1-1 Estructura de Costos Ciudad 5a.

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	116.09	\$ 14,952.98	\$ 1,735,898.40	\$ 2,501,617.54	\$ 1,930,374.89
2	1	0	96.61	\$ 14,952.98	\$ 1,444,673.85	\$ 3,044,934.57	\$ 2,081,202.29
3	1	0	106.70	\$ 14,952.98	\$ 1,595,476.19	\$ 3,044,934.57	\$ 2,156,615.99
4	1	0	115.23	\$ 14,952.98	\$ 1,723,016.66	\$ 4,365,643.89	\$ 2,269,736.54
5	1	0	122.43	\$ 14,952.98	\$ 1,830,677.90	\$ 4,365,643.89	\$ 2,345,150.24
6	1	0	132.60	\$ 14,952.98	\$ 1,982,825.03	\$ 4,365,643.89	\$ 2,420,563.94
7	1	0	143.40	\$ 14,952.98	\$ 2,144,316.48	\$ 4,365,643.89	\$ 2,533,684.49
8	1	0	151.92	\$ 14,952.98	\$ 2,271,629.88	\$ 6,412,082.60	\$ 2,646,805.04
9	1	0	159.12	\$ 14,952.98	\$ 2,379,291.12	\$ 6,412,082.60	\$ 2,722,218.74
10	1	0	239.27	\$ 14,952.98	\$ 3,577,835.49	\$ 9,083,783.68	\$ 5,702,100.96
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 20,685,640.99</b>	<b>\$ 47,962,011.14</b>	<b>\$ 26,808,453.12</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>15.8%</b>	<b>36.6%</b>	<b>20.5%</b>

Tabla 4.5.1-1 Estructura de Costos Ciudad 5a.

**Ciudad 5 a**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	21.12	\$ 24,935.65	\$ 526,638.56	\$ 8,629,582.28
2	1	1	0	18.00	\$ 24,935.65	\$ 448,840.80	\$ 8,642,411.69
3	1	1	0	19.80	\$ 24,935.65	\$ 493,723.65	\$ 9,079,564.74
4	1	1	0	21.60	\$ 24,935.65	\$ 538,608.96	\$ 10,843,950.87
5	1	1	0	23.04	\$ 24,935.65	\$ 574,516.23	\$ 11,181,483.00
6	1	1	0	24.84	\$ 24,935.65	\$ 619,398.76	\$ 12,523,780.03
7	1	1	0	27.00	\$ 24,935.65	\$ 673,259.52	\$ 13,101,932.23
8	1	1	0	28.80	\$ 24,935.65	\$ 718,145.28	\$ 15,672,352.57
9	1	1	0	30.24	\$ 24,935.65	\$ 754,052.55	\$ 16,057,788.14
10	1	1	0	45.30	\$ 24,935.65	\$ 1,129,707.36	\$ 25,183,104.02
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 6,476,891.67</b>	<b>\$ 130,915,949.56</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>4.9%</b>	<b>100%</b>

**Tabla 4.5.1-1 Estructura de Costos Ciudad 5a.**

#### 4.5.2. Ciudad 5 b

##### Ciudad 5 b

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	0	0	1	0	0.003	1.32	1.20	1.44	117.52	\$ 21,374.98	\$ 2,512,053.64
2	0	0	1	0	0.002	1.50	1.44	1.56	98.56	\$ 21,374.98	\$ 2,106,640.41
3	0	0	1	0	0.003	1.65	1.56	1.74	108.64	\$ 21,374.98	\$ 2,322,209.17
4	0	0	1	0	0.002	1.80	1.74	1.86	118.25	\$ 21,374.98	\$ 2,527,491.54
5	0	0	1	0	0.002	1.92	1.86	1.98	125.45	\$ 21,374.98	\$ 2,681,391.09
6	0	0	0	1	0.003	2.07	1.98	2.16	135.62	\$ 28,712.78	\$ 3,894,037.10
7	0	0	0	1	0.003	2.25	2.16	2.34	146.42	\$ 28,712.78	\$ 4,204,133.72
8	0	0	0	1	0.002	2.40	2.34	2.46	156.74	\$ 28,712.78	\$ 4,500,546.84
9	0	0	0	1	0.002	2.52	2.46	2.58	163.94	\$ 28,712.78	\$ 4,707,278.44
10	0	0	0	1	0.002	2.67	2.58	2.75	246.11	\$ 28,712.78	\$ 7,066,459.14
<b>TOTAL</b>										<b>\$</b>	<b>36,522,241.09</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>19.5%</b>

Tabla 4.5.2-1 Estructura de Costos Ciudad 5b.

##### Ciudad 5 b

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	0	1	116.09	\$ 43,692.13	\$ 5,072,239.68	\$ 2,501,617.54	\$ 1,930,374.89
2	0	1	96.61	\$ 43,692.13	\$ 4,221,290.85	\$ 3,044,934.57	\$ 2,081,202.29
3	0	1	106.70	\$ 43,692.13	\$ 4,661,930.47	\$ 3,044,934.57	\$ 2,156,615.99
4	0	1	115.23	\$ 43,692.13	\$ 5,034,599.65	\$ 4,365,643.89	\$ 2,269,736.54
5	0	1	122.43	\$ 43,692.13	\$ 5,349,182.36	\$ 4,365,643.89	\$ 2,345,150.24
6	0	1	132.60	\$ 43,692.13	\$ 5,793,751.40	\$ 4,365,643.89	\$ 2,420,563.94
7	0	1	143.40	\$ 43,692.13	\$ 6,265,624.28	\$ 4,365,643.89	\$ 2,533,684.49
8	0	1	151.92	\$ 43,692.13	\$ 6,637,629.95	\$ 6,412,082.60	\$ 2,646,805.04
9	0	1	159.12	\$ 43,692.13	\$ 6,952,212.65	\$ 6,412,082.60	\$ 2,722,218.74
10	0	1	239.27	\$ 43,692.13	\$ 10,454,321.04	\$ 9,083,783.68	\$ 5,702,100.96
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 60,442,782.33</b>	<b>\$ 47,962,011.14</b>	<b>\$ 26,808,453.12</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>32.3%</b>	<b>25.6%</b>	<b>14.3%</b>

Tabla 4.5.2-1 Estructura de Costos Ciudad 5b.

**Ciudad 5 b**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	0	1	21.12	\$ 59,756.99	\$ 1,262,061.95	\$ 13,278,347.70
2	1	0	1	18.00	\$ 59,756.99	\$ 1,075,623.67	\$ 12,529,691.79
3	1	0	1	19.80	\$ 59,756.99	\$ 1,183,183.08	\$ 13,368,873.29
4	1	0	1	21.60	\$ 59,756.99	\$ 1,290,748.40	\$ 15,488,220.03
5	1	0	1	23.04	\$ 59,756.99	\$ 1,376,798.30	\$ 16,118,165.88
6	1	0	1	24.84	\$ 59,756.99	\$ 1,484,356.95	\$ 17,958,353.28
7	1	0	1	27.00	\$ 59,756.99	\$ 1,613,431.47	\$ 18,982,517.86
8	1	0	1	28.80	\$ 59,756.99	\$ 1,720,997.87	\$ 21,918,062.29
9	1	0	1	30.24	\$ 59,756.99	\$ 1,807,047.76	\$ 22,600,840.20
10	1	0	1	45.30	\$ 59,756.99	\$ 2,707,285.02	\$ 35,013,949.84
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 15,521,534.47</b>	<b>\$ 187,257,022.14</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>8.3%</b>	<b>100%</b>

Tabla 4.5.2-1 Estructura de Costos Ciudad 5b.

**4.6. Ciudad 6 Topografía Plana 0.3%**

La ciudad 3, con topografía plana y transporte de caudales que llevan la red hasta un diámetro máximo de 14”, permite evaluar variaciones en dos componentes como los son el tipo de relleno y el entibado.

Tramo	Caudal (L/s)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Diámetro (plg)	Pendiente
1	20	105	0.203	8	0.003
2	28	105	0.253	10	0.002
3	36	105	0.253	10	0.003
4	44	105	0.320	12	0.002
5	52	105	0.320	12	0.002
6	60	105	0.320	12	0.002
7	68	105	0.360	14	0.002
8	76	105	0.360	14	0.002
9	84	105	0.360	14	0.002
10	92	105	0.360	14	0.003

Tabla 4.6-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 6.

Las variaciones implementadas en la ciudad 6, están dadas por dos tipos de entibados que se combinan con el tipo de materia de relleno y excavado:

Ciudad	Excavación	Relleno	Tubería	Pozos	Entibados
Ciudad 6 a	Material Común	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera
Ciudad 6 b	Material Conglomerado	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Sin entibado
Ciudad 6 c	Material Común	Material de Préstamo de cantera	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera

Tabla 4.6-2 Variaciones Ciudad 6.

#### 4.6.1. Ciudad 6 a

##### Ciudad 6 a

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.003	1.36	1.20	1.52	163.68	\$ 16,465.30	\$ 2,695,104.99
2	1	0	0	0	0.002	1.62	1.52	1.73	191.11	\$ 16,465.30	\$ 3,146,762.12
3	1	0	0	0	0.003	1.88	1.73	2.04	218.81	\$ 16,465.30	\$ 3,602,750.57
4	0	1	0	0	0.002	2.15	2.04	2.25	250.93	\$ 23,118.57	\$ 5,801,107.68
5	0	1	0	0	0.002	2.36	2.25	2.46	272.98	\$ 23,118.57	\$ 6,310,871.13
6	0	1	0	0	0.002	2.57	2.46	2.67	295.03	\$ 23,118.57	\$ 6,820,634.58
7	0	1	0	0	0.002	2.78	2.67	2.88	320.10	\$ 23,118.57	\$ 7,400,308.42
8	0	1	0	0	0.002	2.99	2.88	3.09	342.15	\$ 23,118.57	\$ 7,910,071.87
9	0	1	0	0	0.002	3.20	3.09	3.30	364.20	\$ 23,118.57	\$ 8,419,835.32
10	0	1	0	0	0.003	3.46	3.30	3.62	395.95	\$ 23,118.57	\$ 9,153,870.88
<b>TOTAL</b>										\$	<b>61,261,317.57</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>24.4%</b>

Tabla 4.6.1-1 Estructura de Costos Ciudad 6a.

##### Ciudad 6 a

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	160.29	\$ 14,952.98	\$ 2,396,746.91	\$ 5,328,635.50	\$ 1,930,374.89
2	1	0	185.84	\$ 14,952.98	\$ 2,778,804.51	\$ 7,639,876.81	\$ 2,128,335.85
3	1	0	215.41	\$ 14,952.98	\$ 3,221,026.22	\$ 5,328,635.50	\$ 2,260,309.83
4	1	0	242.48	\$ 14,952.98	\$ 3,625,856.88	\$ 11,221,144.55	\$ 2,458,270.79
5	1	0	264.53	\$ 14,952.98	\$ 3,955,569.43	\$ 11,221,144.55	\$ 2,590,244.77
6	1	0	286.58	\$ 14,952.98	\$ 4,285,281.98	\$ 11,221,144.55	\$ 2,722,218.74
7	1	0	309.41	\$ 14,952.98	\$ 4,626,671.32	\$ 13,606,236.93	\$ 2,854,192.72
8	1	0	331.46	\$ 14,952.98	\$ 4,956,383.87	\$ 13,606,236.93	\$ 2,986,166.69
9	1	0	353.51	\$ 14,952.98	\$ 5,286,096.41	\$ 13,606,236.93	\$ 3,118,140.67
10	1	0	385.27	\$ 14,952.98	\$ 5,760,867.49	\$ 13,606,236.93	\$ 6,698,190.24
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 40,893,305.01</b>	<b>\$ 106,385,529.19</b>	<b>\$ 29,746,445.18</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>16.3%</b>	<b>42.4%</b>	<b>11.8%</b>

Tabla 4.6.1-1 Estructura de Costos Ciudad 6a.

**Ciudad 6 a**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	28.51	\$ 24,935.65	\$ 710,849.84	\$ 13,061,712.14
2	1	1	0	34.02	\$ 24,935.65	\$ 848,309.12	\$ 16,542,088.41
3	1	1	0	39.53	\$ 24,935.65	\$ 985,764.15	\$ 15,398,486.27
4	1	1	0	45.04	\$ 24,935.65	\$ 1,123,224.11	\$ 24,229,604.00
5	1	1	0	49.45	\$ 24,935.65	\$ 1,233,190.10	\$ 25,311,019.97
6	1	1	0	53.86	\$ 24,935.65	\$ 1,343,156.10	\$ 26,392,435.94
7	1	1	0	58.27	\$ 24,935.65	\$ 1,453,122.10	\$ 29,940,531.48
8	1	1	0	62.68	\$ 24,935.65	\$ 1,563,088.09	\$ 31,021,947.45
9	1	1	0	67.09	\$ 24,935.65	\$ 1,673,054.09	\$ 32,103,363.42
10	1	1	0	72.61	\$ 24,935.65	\$ 1,810,507.06	\$ 37,029,672.61
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 12,744,264.76</b>	<b>\$ 251,030,861.72</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>5.1%</b>	<b>100%</b>

**Tabla 4.6.1-1 Estructura de Costos Ciudad 6a.**

#### 4.6.2. Ciudad 6 b

##### Ciudad 6 b

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	0	0	1	0	0.003	1.36	1.20	1.52	163.68	\$ 21,374.98	\$ 3,498,740.70
2	0	0	1	0	0.002	1.62	1.52	1.73	191.11	\$ 21,374.98	\$ 4,085,074.51
3	0	0	1	0	0.003	1.88	1.73	2.04	222.28	\$ 21,374.98	\$ 4,751,151.17
4	0	0	0	1	0.002	2.15	2.04	2.25	250.93	\$ 28,712.78	\$ 7,204,854.31
5	0	0	0	1	0.002	2.36	2.25	2.46	272.98	\$ 28,712.78	\$ 7,837,969.84
6	0	0	0	1	0.002	2.57	2.46	2.67	295.03	\$ 28,712.78	\$ 8,471,085.37
7	0	0	0	1	0.002	2.78	2.67	2.88	320.10	\$ 28,712.78	\$ 9,191,028.15
8	0	0	0	1	0.002	2.99	2.88	3.09	342.15	\$ 28,712.78	\$ 9,824,143.69
9	0	0	0	1	0.002	3.20	3.09	3.30	364.20	\$ 28,712.78	\$ 10,457,259.22
10	0	0	0	1	0.003	3.46	3.30	3.62	395.95	\$ 28,712.78	\$ 11,368,916.02
<b>TOTAL</b>										\$	<b>76,690,222.98</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>30.0%</b>

Tabla 4.6.2-1 Estructura de Costos Ciudad 6b.

**Ciudad 6 b**

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	160.29	\$ 14,952.98	\$ 2,396,746.91	\$ 5,328,635.50	\$ 1,930,374.89
2	1	0	185.84	\$ 14,952.98	\$ 2,778,804.51	\$ 7,639,876.81	\$ 2,128,335.85
3	1	0	217.00	\$ 14,952.98	\$ 3,244,762.15	\$ 7,639,876.81	\$ 2,260,309.83
4	1	0	242.48	\$ 14,952.98	\$ 3,625,856.88	\$ 11,221,144.55	\$ 2,458,270.79
5	1	0	264.53	\$ 14,952.98	\$ 3,955,569.43	\$ 11,221,144.55	\$ 2,590,244.77
6	1	0	286.58	\$ 14,952.98	\$ 4,285,281.98	\$ 11,221,144.55	\$ 2,722,218.74
7	1	0	309.41	\$ 14,952.98	\$ 4,626,671.32	\$ 13,606,236.93	\$ 2,854,192.72
8	1	0	331.46	\$ 14,952.98	\$ 4,956,383.87	\$ 13,606,236.93	\$ 2,986,166.69
9	1	0	353.51	\$ 14,952.98	\$ 5,286,096.41	\$ 13,606,236.93	\$ 3,118,140.67
10	1	0	385.27	\$ 14,952.98	\$ 5,760,867.49	\$ 13,606,236.93	\$ 6,698,190.24
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 40,917,040.94</b>	<b>\$ 108,696,770.50</b>	<b>\$ 29,746,445.18</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>16.0%</b>	<b>42.5%</b>	<b>11.6%</b>

Tabla 4.6.2-1 Estructura de Costos Ciudad 6b.

**Ciudad 6 b**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 13,154,498.00
2	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 16,632,091.69
3	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 17,896,099.96
4	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 24,510,126.52
5	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 25,604,928.58
6	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 26,699,730.64
7	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 30,278,129.12
8	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 31,372,931.17
9	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 32,467,733.23
10	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 37,434,210.68
<b>TOTAL</b>						<b>\$ -</b>	<b>\$ 256,050,479.60</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>0.0%</b>	<b>100%</b>

Tabla 4.6.2-1 Estructura de Costos Ciudad 6b.

### 4.6.3. Ciudad 6 c

#### Ciudad 6 c

Tramo	a	b	c	f	$\theta$	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación	
1	1	0	0	0	0.003	1.36	1.20	1.52	163.68	\$ 16,465.30	\$ 2,695,104.99	
2	1	0	0	0	0.002	1.62	1.52	1.73	191.11	\$ 16,465.30	\$ 3,146,762.12	
3	1	0	0	0	0.003	1.88	1.73	2.04	222.28	\$ 16,465.30	\$ 3,659,845.73	
4	0	1	0	0	0.002	2.15	2.04	2.25	250.93	\$ 23,118.57	\$ 5,801,107.68	
5	0	1	0	0	0.002	2.36	2.25	2.46	272.98	\$ 23,118.57	\$ 6,310,871.13	
6	0	1	0	0	0.002	2.57	2.46	2.67	295.03	\$ 23,118.57	\$ 6,820,634.58	
7	0	1	0	0	0.002	2.78	2.67	2.88	320.10	\$ 23,118.57	\$ 7,400,308.42	
8	0	1	0	0	0.002	2.99	2.88	3.09	342.15	\$ 23,118.57	\$ 7,910,071.87	
9	0	1	0	0	0.002	3.20	3.09	3.30	364.20	\$ 23,118.57	\$ 8,419,835.32	
10	0	1	0	0	0.003	3.46	3.30	3.62	395.95	\$ 23,118.57	\$ 9,153,870.88	
<b>TOTAL</b>											\$	<b>61,318,412.74</b>
<b>PORCENTAJE</b>												<b>18.5%</b>

Tabla 4.6.3-1 Estructura de Costos Ciudad 6c.

#### Ciudad 6 c

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	0	1	160.29	\$ 43,692.13	\$ 7,003,217.93	\$ 5,328,635.50	\$ 1,930,374.89
2	0	1	185.84	\$ 43,692.13	\$ 8,119,578.04	\$ 7,639,876.81	\$ 2,128,335.85
3	0	1	217.00	\$ 43,692.13	\$ 9,481,091.37	\$ 7,639,876.81	\$ 2,260,309.83
4	0	1	242.48	\$ 43,692.13	\$ 10,594,638.00	\$ 11,221,144.55	\$ 2,458,270.79
5	0	1	264.53	\$ 43,692.13	\$ 11,558,047.54	\$ 11,221,144.55	\$ 2,590,244.77
6	0	1	286.58	\$ 43,692.13	\$ 12,521,457.08	\$ 11,221,144.55	\$ 2,722,218.74
7	0	1	309.41	\$ 43,692.13	\$ 13,518,985.82	\$ 13,606,236.93	\$ 2,854,192.72
8	0	1	331.46	\$ 43,692.13	\$ 14,482,395.36	\$ 13,606,236.93	\$ 2,986,166.69
9	0	1	353.51	\$ 43,692.13	\$ 15,445,804.90	\$ 13,606,236.93	\$ 3,118,140.67
10	0	1	385.27	\$ 43,692.13	\$ 16,833,070.81	\$ 13,606,236.93	\$ 6,698,190.24
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 119,558,286.84</b>	<b>\$ 108,696,770.50</b>	<b>\$ 29,746,445.18</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>36.0%</b>	<b>32.7%</b>	<b>9.0%</b>

Tabla 4.6.3-1 Estructura de Costos Ciudad 6c.

**Ciudad 6 c**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	28.51	\$ 24,935.65	\$ 710,849.84	\$ 17,668,183.15
2	1	1	0	34.02	\$ 24,935.65	\$ 848,309.12	\$ 21,882,861.94
3	1	1	0	39.53	\$ 24,935.65	\$ 985,764.15	\$ 24,026,887.90
4	1	1	0	45.04	\$ 24,935.65	\$ 1,123,224.11	\$ 31,198,385.12
5	1	1	0	49.45	\$ 24,935.65	\$ 1,233,190.10	\$ 32,913,498.08
6	1	1	0	53.86	\$ 24,935.65	\$ 1,343,156.10	\$ 34,628,611.05
7	1	1	0	58.27	\$ 24,935.65	\$ 1,453,122.10	\$ 38,832,845.99
8	1	1	0	62.68	\$ 24,935.65	\$ 1,563,088.09	\$ 40,547,958.95
9	1	1	0	67.09	\$ 24,935.65	\$ 1,673,054.09	\$ 42,263,071.91
10	1	1	0	72.61	\$ 24,935.65	\$ 1,810,507.06	\$ 48,101,875.93
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 12,744,264.76</b>	<b>\$ 332,064,180.02</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>3.8%</b>	<b>100%</b>

**Tabla 4.6.3-1 Estructura de Costos Ciudad 6c.**

#### 4.7. Ciudad 7 Topografía Plana 0.3%

En el caso de la ciudad 7, se establece que su topografía es de baja pendiente, con tramos de longitud constante de 105 metros y con caudales que van desde los 10 hasta los 55 L/s.

Tramo	Caudal (L/s)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Diámetro (plg)	Pendiente
1	10	105	0.151	6	0.003
2	15	105	0.203	8	0.002
3	20	105	0.203	8	0.003
4	25	105	0.253	10	0.002
5	30	105	0.253	10	0.003
6	35	105	0.253	10	0.003
7	40	105	0.253	10	0.002
8	45	105	0.320	12	0.002
9	50	105	0.320	12	0.002
10	55	105	0.320	12	0.002

Tabla 4.7-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 7.

Las variaciones de las ciudades 7, están dadas por el tipo de material excavado:

Ciudad	Excavación	Relleno	Tubería	Pozos	Entibados
Ciudad 7 a	Material Común	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera
Ciudad 7 b	Material Conglomerado	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera

Tabla 4.7-2 Variaciones Ciudad 7.

#### 4.7.1. Ciudad 7 a

##### Ciudad 7 a

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.003	1.36	1.20	1.52	160.36	\$ 16,465.30	\$ 2,640,310.92
2	1	0	0	0	0.002	1.62	1.52	1.73	187.92	\$ 16,465.30	\$ 3,094,205.00
3	1	0	0	0	0.003	1.88	1.73	2.04	218.81	\$ 16,465.30	\$ 3,602,750.57
4	0	1	0	0	0.002	2.15	2.04	2.25	246.24	\$ 23,118.57	\$ 5,692,708.95
5	0	1	0	0	0.003	2.41	2.25	2.57	277.40	\$ 23,118.57	\$ 6,413,115.32
6	0	1	0	0	0.003	2.72	2.57	2.88	310.48	\$ 23,118.57	\$ 7,177,758.58
7	0	1	0	0	0.002	2.99	2.88	3.09	334.44	\$ 23,118.57	\$ 7,731,762.74
8	0	1	0	0	0.002	3.20	3.09	3.30	361.18	\$ 23,118.57	\$ 8,349,924.93
9	0	1	0	0	0.002	3.41	3.30	3.51	383.23	\$ 23,118.57	\$ 8,859,688.38
10	0	1	0	0	0.002	3.62	3.51	3.72	405.28	\$ 23,118.57	\$ 9,369,451.83
<b>TOTAL</b>										<b>\$</b>	<b>62,931,677.21</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>27.7%</b>

Tabla 4.7.1-1 Estructura de Costos Ciudad 7a.

##### Ciudad 7 a

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	158.48	\$ 14,952.98	\$ 2,369,684.87	\$ 3,283,373.03	\$ 1,930,374.89
2	1	0	184.52	\$ 14,952.98	\$ 2,759,189.89	\$ 5,328,635.50	\$ 2,128,335.85
3	1	0	215.41	\$ 14,952.98	\$ 3,221,026.22	\$ 5,328,635.50	\$ 2,260,309.83
4	1	0	240.96	\$ 14,952.98	\$ 3,603,085.89	\$ 7,639,876.81	\$ 2,458,270.79
5	1	0	272.12	\$ 14,952.98	\$ 4,069,041.46	\$ 7,639,876.81	\$ 2,590,244.77
6	1	0	305.20	\$ 14,952.98	\$ 4,563,609.05	\$ 7,639,876.81	\$ 2,788,205.73
7	1	0	329.16	\$ 14,952.98	\$ 4,921,936.08	\$ 7,639,876.81	\$ 2,986,166.69
8	1	0	352.73	\$ 14,952.98	\$ 5,274,419.63	\$ 11,221,144.55	\$ 3,118,140.67
9	1	0	374.78	\$ 14,952.98	\$ 5,604,132.18	\$ 11,221,144.55	\$ 3,250,114.64
10	1	0	396.83	\$ 14,952.98	\$ 5,933,844.73	\$ 11,221,144.55	\$ 6,896,151.21
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 42,319,970.00</b>	<b>\$ 78,163,584.93</b>	<b>\$ 30,406,315.05</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>18.6%</b>	<b>34.4%</b>	<b>13.4%</b>

Tabla 4.7.1-1 Estructura de Costos Ciudad 7a.

**Ciudad 7 a**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	28.51	\$ 24,935.65	\$ 710,849.84	\$ 10,934,593.55
2	1	1	0	34.02	\$ 24,935.65	\$ 848,309.12	\$ 14,158,675.37
3	1	1	0	39.53	\$ 24,935.65	\$ 985,764.15	\$ 15,398,486.27
4	1	1	0	45.04	\$ 24,935.65	\$ 1,123,224.11	\$ 20,517,166.54
5	1	1	0	50.56	\$ 24,935.65	\$ 1,260,678.45	\$ 21,972,956.81
6	1	1	0	57.17	\$ 24,935.65	\$ 1,425,627.03	\$ 23,595,077.21
7	1	1	0	62.68	\$ 24,935.65	\$ 1,563,088.09	\$ 24,842,830.43
8	1	1	0	67.09	\$ 24,935.65	\$ 1,673,054.09	\$ 29,636,683.86
9	1	1	0	71.50	\$ 24,935.65	\$ 1,783,020.09	\$ 30,718,099.83
10	1	1	0	75.91	\$ 24,935.65	\$ 1,892,986.08	\$ 35,313,578.39
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 13,266,601.06</b>	<b>\$ 227,088,148.25</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>5.8%</b>	<b>100%</b>

**Tabla 4.7.1-1 Estructura de Costos Ciudad 7a.**

#### 4.7.2. Ciudad 7 b

##### Ciudad 7 b

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.003	1.36	1.20	1.52	160.36	\$ 16,465.30	\$ 2,640,310.92
2	1	0	0	0	0.002	1.62	1.52	1.73	187.92	\$ 16,465.30	\$ 3,094,205.00
3	1	0	0	0	0.003	1.88	1.73	2.04	218.81	\$ 16,465.30	\$ 3,602,750.57
4	0	1	0	0	0.002	2.15	2.04	2.25	246.24	\$ 23,118.57	\$ 5,692,708.95
5	0	1	0	0	0.003	2.41	2.25	2.57	277.40	\$ 23,118.57	\$ 6,413,115.32
6	0	1	0	0	0.003	2.72	2.57	2.88	310.48	\$ 23,118.57	\$ 7,177,758.58
7	0	1	0	0	0.002	2.99	2.88	3.09	334.44	\$ 23,118.57	\$ 7,731,762.74
8	0	1	0	0	0.002	3.20	3.09	3.30	361.18	\$ 23,118.57	\$ 8,349,924.93
9	0	1	0	0	0.002	3.41	3.30	3.51	383.23	\$ 23,118.57	\$ 8,859,688.38
10	0	1	0	0	0.002	3.62	3.51	3.72	405.28	\$ 23,118.57	\$ 9,369,451.83
<b>TOTAL</b>										\$	<b>62,931,677.21</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>20.4%</b>

Tabla 4.7.2-1 Estructura de Costos Ciudad 7b.

##### Ciudad 7 b

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	0	1	158.48	\$ 43,692.13	\$ 6,924,143.52	\$ 3,283,373.03	\$ 1,930,374.89
2	0	1	184.52	\$ 43,692.13	\$ 8,062,264.75	\$ 5,328,635.50	\$ 2,128,335.85
3	0	1	215.41	\$ 43,692.13	\$ 9,411,735.75	\$ 5,328,635.50	\$ 2,260,309.83
4	0	1	240.96	\$ 43,692.13	\$ 10,528,101.89	\$ 7,639,876.81	\$ 2,458,270.79
5	0	1	272.12	\$ 43,692.13	\$ 11,889,609.20	\$ 7,639,876.81	\$ 2,590,244.77
6	0	1	305.20	\$ 43,692.13	\$ 13,334,719.90	\$ 7,639,876.81	\$ 2,788,205.73
7	0	1	329.16	\$ 43,692.13	\$ 14,381,740.04	\$ 7,639,876.81	\$ 2,986,166.69
8	0	1	352.73	\$ 43,692.13	\$ 15,411,685.70	\$ 11,221,144.55	\$ 3,118,140.67
9	0	1	374.78	\$ 43,692.13	\$ 16,375,095.24	\$ 11,221,144.55	\$ 3,250,114.64
10	0	1	396.83	\$ 43,692.13	\$ 17,338,504.78	\$ 11,221,144.55	\$ 6,896,151.21
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 123,657,600.75</b>	<b>\$ 78,163,584.93</b>	<b>\$ 30,406,315.05</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>40.1%</b>	<b>25.3%</b>	<b>9.9%</b>

Tabla 4.7.2-1 Estructura de Costos Ciudad 7b.

**Ciudad 7 b**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	28.51	\$ 24,935.65	\$ 710,849.84	\$ 15,489,052.20
2	1	1	0	34.02	\$ 24,935.65	\$ 848,309.12	\$ 19,461,750.23
3	1	1	0	39.53	\$ 24,935.65	\$ 985,764.15	\$ 21,589,195.80
4	1	1	0	45.04	\$ 24,935.65	\$ 1,123,224.11	\$ 27,442,182.54
5	1	1	0	50.56	\$ 24,935.65	\$ 1,260,678.45	\$ 29,793,524.55
6	1	1	0	57.17	\$ 24,935.65	\$ 1,425,627.03	\$ 32,366,188.05
7	1	1	0	62.68	\$ 24,935.65	\$ 1,563,088.09	\$ 34,302,634.38
8	1	1	0	67.09	\$ 24,935.65	\$ 1,673,054.09	\$ 39,773,949.93
9	1	1	0	71.50	\$ 24,935.65	\$ 1,783,020.09	\$ 41,489,062.89
10	1	1	0	75.91	\$ 24,935.65	\$ 1,892,986.08	\$ 46,718,238.44
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 13,266,601.06</b>	<b>\$ 308,425,779.00</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>4.3%</b>	<b>100%</b>

Tabla 4.7.2-1 Estructura de Costos Ciudad 7b.

#### 4.8. Ciudad 8 Topografía Plana 0.3%

La ciudad 8 posee una topografía plana, con transporte de caudales mayores en relación a los analizados previamente que determinan un diámetro de la red desde las 12” hasta las 14”

Tramo	Caudal (L/s)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Diámetro (plg)	Pendiente
1	50	90	0.320	12	0.002
2	55	85	0.320	12	0.002
3	60	105	0.320	12	0.002
4	65	90	0.360	14	0.002
5	70	100	0.360	14	0.002
6	75	95	0.360	14	0.002
7	80	95	0.360	14	0.002
8	85	78	0.360	14	0.003
9	90	75	0.360	14	0.003
10	95	105	0.360	14	0.003

Tabla 4.8-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 8.

Las variaciones de la ciudad 8 se definen en el tipo de material excavado y el tipo de entibado.

Ciudad	Excavación	Relleno	Tubería	Pozos	Entibados
Ciudad 8 a	Material Común	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera
Ciudad 8 b	Material Conglomerado	Material de Préstamo de cantera	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Metálico

Tabla 4.8-2 Variaciones Ciudad 8.

#### 4.8.1. Ciudad 8 a

##### Ciudad 8 a

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.002	1.29	1.20	1.38	137.16	\$ 16,465.30	\$ 2,258,375.84
2	1	0	0	0	0.002	1.47	1.38	1.55	144.11	\$ 16,465.30	\$ 2,372,793.00
3	1	0	0	0	0.002	1.66	1.55	1.76	199.48	\$ 16,465.30	\$ 3,284,474.75
4	1	0	0	0	0.002	1.85	1.76	1.94	190.10	\$ 16,465.30	\$ 3,130,014.14
5	0	1	0	0	0.002	2.04	1.94	2.14	230.98	\$ 23,118.57	\$ 5,339,916.27
6	0	1	0	0	0.002	2.24	2.14	2.33	237.59	\$ 23,118.57	\$ 5,492,845.34
7	0	1	0	0	0.002	2.43	2.33	2.52	255.64	\$ 23,118.57	\$ 5,910,134.69
8	0	1	0	0	0.003	2.64	2.52	2.75	227.74	\$ 23,118.57	\$ 5,264,956.18
9	0	1	0	0	0.003	2.87	2.75	2.98	235.93	\$ 23,118.57	\$ 5,454,454.60
10	0	1	0	0	0.003	3.14	2.98	3.29	362.25	\$ 23,118.57	\$ 8,374,662.99
<b>TOTAL</b>											<b>\$ 46,882,627.79</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>20.5%</b>

Tabla 4.8.1-1 Estructura de Costos Ciudad 8a.

##### Ciudad 8 a

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	129.92	\$ 14,952.98	\$ 1,942,713.58	\$ 9,618,123.90	\$ 1,930,374.89
2	1	0	137.27	\$ 14,952.98	\$ 2,052,634.58	\$ 9,083,783.68	\$ 2,043,495.44
3	1	0	191.03	\$ 14,952.98	\$ 2,856,527.60	\$ 11,221,144.55	\$ 2,150,331.52
4	1	0	180.94	\$ 14,952.98	\$ 2,705,543.48	\$ 11,662,488.80	\$ 2,282,305.49
5	1	0	220.80	\$ 14,952.98	\$ 3,301,629.69	\$ 12,958,320.89	\$ 2,395,426.04
6	1	0	227.92	\$ 14,952.98	\$ 3,408,153.60	\$ 12,310,404.84	\$ 2,521,115.54
7	1	0	245.97	\$ 14,952.98	\$ 3,678,054.35	\$ 12,310,404.84	\$ 2,640,520.57
8	1	0	219.80	\$ 14,952.98	\$ 3,286,630.71	\$ 10,107,490.29	\$ 2,759,925.59
9	1	0	228.30	\$ 14,952.98	\$ 3,413,763.44	\$ 9,718,740.67	\$ 2,906,982.31
10	1	0	351.56	\$ 14,952.98	\$ 5,256,879.57	\$ 13,606,236.93	\$ 6,294,726.95
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 31,902,530.61</b>	<b>\$ 112,597,139.39</b>	<b>\$ 27,925,204.32</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>13.9%</b>	<b>49.1%</b>	<b>12.2%</b>

Tabla 4.8.1-1 Estructura de Costos Ciudad 8a.

**Ciudad 8 a**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	23.22	\$ 24,935.65	\$ 579,004.63	\$ 16,328,592.84
2	1	1	0	24.90	\$ 24,935.65	\$ 621,021.12	\$ 16,173,727.83
3	1	1	0	34.75	\$ 24,935.65	\$ 866,636.78	\$ 20,379,115.19
4	1	1	0	33.30	\$ 24,935.65	\$ 830,355.48	\$ 20,610,707.39
5	1	1	0	40.80	\$ 24,935.65	\$ 1,017,372.49	\$ 25,012,665.37
6	1	1	0	42.46	\$ 24,935.65	\$ 1,058,890.26	\$ 24,791,409.58
7	1	1	0	46.07	\$ 24,935.65	\$ 1,148,907.78	\$ 25,688,022.23
8	1	1	0	41.14	\$ 24,935.65	\$ 1,025,778.21	\$ 22,444,780.98
9	1	1	0	43.00	\$ 24,935.65	\$ 1,072,165.79	\$ 22,566,106.80
10	1	1	0	65.87	\$ 24,935.65	\$ 1,642,416.60	\$ 35,174,923.03
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 9,862,549.13</b>	<b>\$ 229,170,051.24</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>4.3%</b>	<b>100%</b>

**Tabla 4.8.1-1 Estructura de Costos Ciudad 8a.**

## 4.8.2. Ciudad 8 b

### Ciudad 8 b

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	0	0	1	0	0.002	1.29	1.20	1.38	137.16	\$ 21,374.98	\$ 2,931,786.14
2	0	0	1	0	0.002	1.47	1.38	1.55	144.11	\$ 21,374.98	\$ 3,080,320.61
3	0	0	1	0	0.002	1.66	1.55	1.76	199.48	\$ 21,374.98	\$ 4,263,850.77
4	0	0	1	0	0.002	1.85	1.76	1.94	190.10	\$ 21,374.98	\$ 4,063,332.56
5	0	0	0	1	0.002	2.04	1.94	2.14	230.98	\$ 28,712.78	\$ 6,632,064.22
6	0	0	0	1	0.002	2.24	2.14	2.33	237.59	\$ 28,712.78	\$ 6,821,998.93
7	0	0	0	1	0.002	2.43	2.33	2.52	255.64	\$ 28,712.78	\$ 7,340,263.57
8	0	0	0	1	0.003	2.64	2.52	2.75	227.74	\$ 28,712.78	\$ 6,538,965.36
9	0	0	0	1	0.003	2.87	2.75	2.98	235.93	\$ 28,712.78	\$ 6,774,318.44
10	0	0	0	1	0.003	3.14	2.98	3.29	362.25	\$ 28,712.78	\$ 10,401,156.13
<b>TOTAL</b>										<b>\$</b>	<b>58,848,056.73</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>18.6%</b>

Tabla 4.8.2-1 Estructura de Costos Ciudad 8b.

### Ciudad 8 b

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	0	1	129.92	\$ 43,692.13	\$ 5,676,547.02	\$ 9,618,123.90	\$ 1,930,374.89
2	0	1	137.27	\$ 43,692.13	\$ 5,997,732.70	\$ 9,083,783.68	\$ 2,043,495.44
3	0	1	191.03	\$ 43,692.13	\$ 8,346,682.41	\$ 11,221,144.55	\$ 2,150,331.52
4	0	1	180.94	\$ 43,692.13	\$ 7,905,511.64	\$ 11,662,488.80	\$ 2,282,305.49
5	0	1	220.80	\$ 43,692.13	\$ 9,647,256.51	\$ 12,958,320.89	\$ 2,395,426.04
6	0	1	227.92	\$ 43,692.13	\$ 9,958,515.98	\$ 12,310,404.84	\$ 2,521,115.54
7	0	1	245.97	\$ 43,692.13	\$ 10,747,157.35	\$ 12,310,404.84	\$ 2,640,520.57
8	0	1	219.80	\$ 43,692.13	\$ 9,603,429.98	\$ 10,107,490.29	\$ 2,759,925.59
9	0	1	228.30	\$ 43,692.13	\$ 9,974,907.76	\$ 9,718,740.67	\$ 2,906,982.31
10	0	1	351.56	\$ 43,692.13	\$ 15,360,434.20	\$ 13,606,236.93	\$ 6,294,726.95
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 93,218,175.55</b>	<b>\$ 112,597,139.39</b>	<b>\$ 27,925,204.32</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>29.5%</b>	<b>35.6%</b>	<b>8.8%</b>

Tabla 4.8.2-1 Estructura de Costos Ciudad 8b.

**Ciudad 8 b**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	0	1	23.22	\$ 59,756.99	\$ 1,387,554.53	\$ 21,544,386.49
2	1	0	1	24.90	\$ 59,756.99	\$ 1,488,244.86	\$ 21,693,577.29
3	1	0	1	34.75	\$ 59,756.99	\$ 2,076,850.03	\$ 28,058,859.27
4	1	0	1	33.30	\$ 59,756.99	\$ 1,989,903.79	\$ 27,903,542.27
5	1	0	1	40.80	\$ 59,756.99	\$ 2,438,080.32	\$ 34,071,147.98
6	1	0	1	42.46	\$ 59,756.99	\$ 2,537,575.51	\$ 34,149,610.80
7	1	0	1	46.07	\$ 59,756.99	\$ 2,753,297.81	\$ 35,791,644.14
8	1	0	1	41.14	\$ 59,756.99	\$ 2,458,224.19	\$ 31,468,035.41
9	1	0	1	43.00	\$ 59,756.99	\$ 2,569,389.62	\$ 31,944,338.78
10	1	0	1	65.87	\$ 59,756.99	\$ 3,935,966.07	\$ 49,598,520.28
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 23,635,086.71</b>	<b>\$ 316,223,662.70</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>7.5%</b>	<b>100%</b>

**Tabla 4.8.2-1 Estructura de Costos Ciudad 8b.**

#### 4.9. Ciudad 9 Topografía Plana 0.3%

En el caso de la ciudad 9 se presentan unos altos caudales respecto a las ciudades anteriores con una baja pendiente al final de la red que hace que se considera la ciudad plana.

Tramo	Caudal (L/s)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Diámetro (plg)	Pendiente
1	50	90	0.253	10	0.005
2	55	85	0.253	10	0.006
3	60	105	0.320	12	0.002
4	65	90	0.320	12	0.003
5	70	100	0.320	12	0.003
6	75	95	0.360	14	0.002
7	80	95	0.360	14	0.002
8	85	78	0.360	14	0.003
9	90	75	0.360	14	0.003
10	95	105	0.360	14	0.003

Tabla 4.9-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 9.

En este caso se tiene las tres combinaciones de entibados en la red, con el fin de evaluar el comportamiento del componente indicado en el costo del sistema.

Ciudad	Excavación	Relleno	Tubería	Pozos	Entibados
Ciudad 9 a	Material Común	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera
Ciudad 9 b	Material Común	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Metálico
Ciudad 9 c	Material Común	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Sin entibado

Tabla 4.9-2 Variaciones Ciudad 9.

#### 4.9.1. Ciudad 9 a

##### Ciudad 9 a

Tramo	a	b	c	f	$\theta$	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.005	1.43	1.20	1.65	153.31	\$ 16,465.30	\$ 2,524,349.86
2	1	0	0	0	0.006	1.91	1.65	2.16	187.26	\$ 16,465.30	\$ 3,083,282.32
3	0	1	0	0	0.002	2.27	2.16	2.37	263.53	\$ 23,118.57	\$ 6,092,401.08
4	0	1	0	0	0.003	2.51	2.37	2.64	249.42	\$ 23,118.57	\$ 5,766,345.58
5	0	1	0	0	0.003	2.79	2.64	2.94	306.72	\$ 23,118.57	\$ 7,090,894.76
6	0	1	0	0	0.002	3.04	2.94	3.13	313.59	\$ 23,118.57	\$ 7,249,853.14
7	0	1	0	0	0.002	3.23	3.13	3.32	331.64	\$ 23,118.57	\$ 7,667,142.50
8	0	1	0	0	0.003	3.44	3.32	3.55	290.14	\$ 23,118.57	\$ 6,707,548.46
9	0	1	0	0	0.003	3.67	3.55	3.78	295.93	\$ 23,118.57	\$ 6,841,562.56
10	0	1	0	0	0.003	3.94	3.78	4.09	446.25	\$ 23,118.57	\$ 10,316,614.13
<b>TOTAL</b>											<b>\$ 63,339,994.38</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>25.1%</b>

Tabla 4.9.1-1 Estructura de Costos Ciudad 9a.

**Ciudad 9 a**

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	148.79	\$ 14,952.98	\$ 2,224,836.70	\$ 6,548,465.84	\$ 1,930,374.89
2	1	0	182.99	\$ 14,952.98	\$ 2,736,190.74	\$ 6,184,662.18	\$ 2,213,176.27
3	1	0	255.08	\$ 14,952.98	\$ 3,814,264.05	\$ 11,221,144.55	\$ 2,533,684.49
4	1	0	242.19	\$ 14,952.98	\$ 3,621,412.00	\$ 9,618,123.90	\$ 2,665,658.47
5	1	0	298.68	\$ 14,952.98	\$ 4,466,098.20	\$ 10,686,804.33	\$ 2,835,339.29
6	1	0	303.92	\$ 14,952.98	\$ 4,544,577.81	\$ 12,310,404.84	\$ 3,023,873.54
7	1	0	321.97	\$ 14,952.98	\$ 4,814,478.56	\$ 12,310,404.84	\$ 3,143,278.57
8	1	0	282.20	\$ 14,952.98	\$ 4,219,692.47	\$ 10,107,490.29	\$ 3,262,683.59
9	1	0	288.30	\$ 14,952.98	\$ 4,310,938.21	\$ 9,718,740.67	\$ 3,409,740.31
10	1	0	435.56	\$ 14,952.98	\$ 6,512,924.23	\$ 13,606,236.93	\$ 7,300,242.95
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 41,265,412.98</b>	<b>\$ 102,312,478.37</b>	<b>\$ 32,318,052.35</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>16.4%</b>	<b>40.6%</b>	<b>12.8%</b>

**Tabla 4.9.1-1 Estructura de Costos Ciudad 9a.**

**Ciudad 9 a**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	25.65	\$ 24,935.65	\$ 639,591.43	\$ 13,867,618.72
2	1	1	0	32.38	\$ 24,935.65	\$ 807,526.49	\$ 15,024,837.99
3	1	1	0	47.56	\$ 24,935.65	\$ 1,186,061.82	\$ 24,847,555.99
4	1	1	0	45.09	\$ 24,935.65	\$ 1,124,343.40	\$ 22,795,883.35
5	1	1	0	55.80	\$ 24,935.65	\$ 1,391,403.01	\$ 26,470,539.59
6	1	1	0	57.66	\$ 24,935.65	\$ 1,437,911.38	\$ 28,566,620.72
7	1	1	0	61.27	\$ 24,935.65	\$ 1,527,928.90	\$ 29,463,233.36
8	1	1	0	53.62	\$ 24,935.65	\$ 1,336,973.72	\$ 25,634,388.52
9	1	1	0	55.00	\$ 24,935.65	\$ 1,371,392.24	\$ 25,652,373.98
10	1	1	0	82.67	\$ 24,935.65	\$ 2,061,333.63	\$ 39,797,351.88
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 12,884,466.02</b>	<b>\$ 252,120,404.10</b>	
<b>PORCENTAJE</b>					<b>5.1%</b>	<b>100%</b>	

**Tabla 4.9.1-1 Estructura de Costos Ciudad 9 a.**

#### 4.9.2. Ciudad 9 b

##### Ciudad 9 b

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.005	1.43	1.20	1.65	153.31	\$ 16,465.30	\$ 2,524,349.86
2	1	0	0	0	0.006	1.91	1.65	2.16	187.26	\$ 16,465.30	\$ 3,083,282.32
3	0	1	0	0	0.002	2.27	2.16	2.37	263.53	\$ 23,118.57	\$ 6,092,401.08
4	0	1	0	0	0.003	2.51	2.37	2.64	249.42	\$ 23,118.57	\$ 5,766,345.58
5	0	1	0	0	0.003	2.79	2.64	2.94	306.72	\$ 23,118.57	\$ 7,090,894.76
6	0	1	0	0	0.002	3.04	2.94	3.13	313.59	\$ 23,118.57	\$ 7,249,853.14
7	0	1	0	0	0.002	3.23	3.13	3.32	331.64	\$ 23,118.57	\$ 7,667,142.50
8	0	1	0	0	0.003	3.44	3.32	3.55	290.14	\$ 23,118.57	\$ 6,707,548.46
9	0	1	0	0	0.003	3.67	3.55	3.78	295.93	\$ 23,118.57	\$ 6,841,562.56
10	0	1	0	0	0.003	3.94	3.78	4.09	446.25	\$ 23,118.57	\$ 10,316,614.13
<b>TOTAL</b>										<b>\$</b>	<b>63,339,994.38</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>23.4%</b>

Tabla 4.9.2-1 Estructura de Costos Ciudad 9b.

##### Ciudad 9 b

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	148.79	\$ 14,952.98	\$ 2,224,836.70	\$ 6,548,465.84	\$ 1,930,374.89
2	1	0	182.99	\$ 14,952.98	\$ 2,736,190.74	\$ 6,184,662.18	\$ 2,213,176.27
3	1	0	255.08	\$ 14,952.98	\$ 3,814,264.05	\$ 11,221,144.55	\$ 2,533,684.49
4	1	0	242.19	\$ 14,952.98	\$ 3,621,412.00	\$ 9,618,123.90	\$ 2,665,658.47
5	1	0	298.68	\$ 14,952.98	\$ 4,466,098.20	\$ 10,686,804.33	\$ 2,835,339.29
6	1	0	303.92	\$ 14,952.98	\$ 4,544,577.81	\$ 12,310,404.84	\$ 3,023,873.54
7	1	0	321.97	\$ 14,952.98	\$ 4,814,478.56	\$ 12,310,404.84	\$ 3,143,278.57
8	1	0	282.20	\$ 14,952.98	\$ 4,219,692.47	\$ 10,107,490.29	\$ 3,262,683.59
9	1	0	288.30	\$ 14,952.98	\$ 4,310,938.21	\$ 9,718,740.67	\$ 3,409,740.31
10	1	0	435.56	\$ 14,952.98	\$ 6,512,924.23	\$ 13,606,236.93	\$ 7,300,242.95
<b>TOTAL</b>				<b>\$</b>	<b>41,265,412.98</b>	<b>\$ 102,312,478.37</b>	<b>\$ 32,318,052.35</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>15.3%</b>	<b>37.9%</b>	<b>12.0%</b>

Tabla 4.9.2-1 Estructura de Costos Ciudad 9b.

**Ciudad 9 b**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	0	1	25.65	\$ 59,756.99	\$ 1,532,747.63	\$ 14,760,774.93
2	1	0	1	32.38	\$ 59,756.99	\$ 1,935,195.29	\$ 16,152,506.79
3	1	0	1	47.56	\$ 59,756.99	\$ 2,842,335.54	\$ 26,503,829.71
4	1	0	1	45.09	\$ 59,756.99	\$ 2,694,430.55	\$ 24,365,970.50
5	1	0	1	55.80	\$ 59,756.99	\$ 3,334,425.04	\$ 28,413,561.62
6	1	0	1	57.66	\$ 59,756.99	\$ 3,445,879.94	\$ 30,574,589.27
7	1	0	1	61.27	\$ 59,756.99	\$ 3,661,602.24	\$ 31,596,906.70
8	1	0	1	53.62	\$ 59,756.99	\$ 3,203,988.07	\$ 27,501,402.87
9	1	0	1	55.00	\$ 59,756.99	\$ 3,286,470.27	\$ 27,567,452.01
10	1	0	1	82.67	\$ 59,756.99	\$ 4,939,878.98	\$ 42,675,897.23
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 30,876,953.55</b>	<b>\$ 270,112,891.63</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>11.4%</b>	<b>100%</b>

Tabla 4.9.2-1 Estructura de Costos Ciudad 9b.

### 4.9.3. Ciudad 9 c

#### Ciudad 9 c

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.005	1.43	1.20	1.65	153.31	\$ 16,465.30	\$ 2,524,349.86
2	1	0	0	0	0.006	1.91	1.65	2.16	187.26	\$ 16,465.30	\$ 3,083,282.32
3	0	1	0	0	0.002	2.27	2.16	2.37	263.53	\$ 23,118.57	\$ 6,092,401.08
4	0	1	0	0	0.003	2.51	2.37	2.64	249.42	\$ 23,118.57	\$ 5,766,345.58
5	0	1	0	0	0.003	2.79	2.64	2.94	306.72	\$ 23,118.57	\$ 7,090,894.76
6	0	1	0	0	0.002	3.04	2.94	3.13	313.59	\$ 23,118.57	\$ 7,249,853.14
7	0	1	0	0	0.002	3.23	3.13	3.32	331.64	\$ 23,118.57	\$ 7,667,142.50
8	0	1	0	0	0.003	3.44	3.32	3.55	290.14	\$ 23,118.57	\$ 6,707,548.46
9	0	1	0	0	0.003	3.67	3.55	3.78	295.93	\$ 23,118.57	\$ 6,841,562.56
10	0	1	0	0	0.003	3.94	3.78	4.09	446.25	\$ 23,118.57	\$ 10,316,614.13
<b>TOTAL</b>											<b>\$ 63,339,994.38</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>26.5%</b>

Tabla 4.9.3-1 Estructura de Costos Ciudad 9c.

#### Ciudad 9 c

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	148.79	\$ 14,952.98	\$ 2,224,836.70	\$ 6,548,465.84	\$ 1,930,374.89
2	1	0	182.99	\$ 14,952.98	\$ 2,736,190.74	\$ 6,184,662.18	\$ 2,213,176.27
3	1	0	255.08	\$ 14,952.98	\$ 3,814,264.05	\$ 11,221,144.55	\$ 2,533,684.49
4	1	0	242.19	\$ 14,952.98	\$ 3,621,412.00	\$ 9,618,123.90	\$ 2,665,658.47
5	1	0	298.68	\$ 14,952.98	\$ 4,466,098.20	\$ 10,686,804.33	\$ 2,835,339.29
6	1	0	303.92	\$ 14,952.98	\$ 4,544,577.81	\$ 12,310,404.84	\$ 3,023,873.54
7	1	0	321.97	\$ 14,952.98	\$ 4,814,478.56	\$ 12,310,404.84	\$ 3,143,278.57
8	1	0	282.20	\$ 14,952.98	\$ 4,219,692.47	\$ 10,107,490.29	\$ 3,262,683.59
9	1	0	288.30	\$ 14,952.98	\$ 4,310,938.21	\$ 9,718,740.67	\$ 3,409,740.31
10	1	0	435.56	\$ 14,952.98	\$ 6,512,924.23	\$ 13,606,236.93	\$ 7,300,242.95
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 41,265,412.98</b>	<b>\$ 102,312,478.37</b>	<b>\$ 32,318,052.35</b>
<b>PORCENTAJE</b>					<b>17.2%</b>	<b>42.8%</b>	<b>13.5%</b>

Tabla 4.9.3-1 Estructura de Costos Ciudad 9c.

**Ciudad 9 c**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 13,228,027.30
2	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 14,217,311.51
3	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 23,661,494.17
4	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 21,671,539.95
5	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 25,079,136.58
6	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 27,128,709.34
7	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 27,935,304.46
8	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 24,297,414.80
9	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 24,280,981.74
10	0	0	0	0.00	\$ -	\$ -	\$ 37,736,018.24
<b>TOTAL</b>						\$ -	\$ 239,235,938.08
<b>PORCENTAJE</b>						0.0%	100%

**Tabla 4.9.3-1 Estructura de Costos Ciudad 9c.**

#### 4.10. Ciudad 10 Topografía Plana 0.3%

Finalmente, se tiene la ciudad 10 que cuenta con una baja pendiente, tramos cortos y diámetros entre las 8” y 12”

Tramo	Caudal (L/s)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Diámetro (plg)	Pendiente
1	50	90	0.203	8	0.005
2	55	85	0.203	8	0.006
3	60	105	0.203	8	0.002
4	65	90	0.253	10	0.003
5	70	100	0.253	10	0.003
6	75	95	0.253	10	0.003
7	80	95	0.253	10	0.002
8	85	78	0.253	10	0.003
9	90	75	0.320	12	0.003
10	95	105	0.320	12	0.003

Tabla 4.10-1 Sistema de Alcantarillado Ciudad 10.

Las variaciones de esta ciudad muestran cambios en el tipo de relleno combinados con el tipo de material a excavar:

Ciudad	Excavación	Relleno	Tubería	Pozos	Entibados
Ciudad 10 a	Material Común	Material Seleccionado de la excavación	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera
Ciudad 10 b	Material Conglomerado	Material de préstamo de cantera	Corrugada exterior con su interior liso	Concreto	Madera

Tabla 4.10-2 Variaciones Ciudad 10

#### 4.10.1. Ciudad 10 a

##### Ciudad 10 a

Tramo	a	b	c	f	θ	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	1	0	0	0	0.005	1.43	1.20	1.65	150.04	\$ 16,465.30	\$ 2,470,410.42
2	1	0	0	0	0.006	1.91	1.65	2.16	184.04	\$ 16,465.30	\$ 3,030,240.63
3	0	1	0	0	0.002	2.27	2.16	2.37	255.65	\$ 23,118.57	\$ 5,910,208.04
4	0	1	0	0	0.003	2.51	2.37	2.64	245.22	\$ 23,118.57	\$ 5,669,250.54
5	0	1	0	0	0.003	2.79	2.64	2.94	301.95	\$ 23,118.57	\$ 6,980,687.98
6	0	1	0	0	0.003	3.08	2.94	3.23	314.18	\$ 23,118.57	\$ 7,263,301.85
7	0	1	0	0	0.002	3.32	3.23	3.42	333.79	\$ 23,118.57	\$ 7,716,809.86
8	0	1	0	0	0.003	3.53	3.42	3.65	291.72	\$ 23,118.57	\$ 6,744,083.11
9	0	1	0	0	0.003	3.76	3.65	3.87	300.88	\$ 23,118.57	\$ 6,955,825.61
10	0	1	0	0	0.003	4.03	3.87	4.19	452.98	\$ 23,118.57	\$ 10,472,213.03

**TOTAL** \$ **63,213,031.07**

**PORCENTAJE** **29.1%**

Tabla 4.10.1-1 Estructura de Costos Ciudad 10 a.

##### Ciudad 10 a

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	1	0	147.12	\$ 14,952.98	\$ 2,199,950.02	\$ 4,567,401.86	\$ 1,930,374.89
2	1	0	181.29	\$ 14,952.98	\$ 2,710,780.42	\$ 4,313,657.31	\$ 2,213,176.27
3	1	0	252.25	\$ 14,952.98	\$ 3,771,878.44	\$ 5,328,635.50	\$ 2,533,684.49
4	1	0	240.70	\$ 14,952.98	\$ 3,599,189.11	\$ 6,548,465.84	\$ 2,665,658.47
5	1	0	296.92	\$ 14,952.98	\$ 4,439,903.34	\$ 7,276,073.16	\$ 2,835,339.29
6	1	0	309.40	\$ 14,952.98	\$ 4,626,455.24	\$ 6,912,269.50	\$ 3,023,873.54
7	1	0	329.02	\$ 14,952.98	\$ 4,919,781.86	\$ 6,912,269.50	\$ 3,202,981.08
8	1	0	287.80	\$ 14,952.98	\$ 4,303,406.31	\$ 5,675,337.06	\$ 3,322,386.10
9	1	0	294.84	\$ 14,952.98	\$ 4,408,800.74	\$ 8,015,103.25	\$ 3,469,442.82
10	1	0	444.53	\$ 14,952.98	\$ 6,647,105.69	\$ 11,221,144.55	\$ 7,419,647.97

**TOTAL** \$ **41,627,251.17** \$ **66,770,357.53** \$ **32,616,564.91**

**PORCENTAJE** **19.2%** **30.7%** **15.0%**

Tabla 4.10.1-1 Estructura de Costos Ciudad 10 a.

**Ciudad 10 a**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	25.65	\$ 24,935.65	\$ 639,591.43	\$ 11,807,728.62
2	1	1	0	32.38	\$ 24,935.65	\$ 807,526.49	\$ 13,075,381.12
3	1	1	0	47.56	\$ 24,935.65	\$ 1,186,061.82	\$ 18,730,468.30
4	1	1	0	45.09	\$ 24,935.65	\$ 1,124,343.40	\$ 19,606,907.36
5	1	1	0	55.80	\$ 24,935.65	\$ 1,391,403.01	\$ 22,923,406.77
6	1	1	0	58.57	\$ 24,935.65	\$ 1,460,412.11	\$ 23,286,312.23
7	1	1	0	63.08	\$ 24,935.65	\$ 1,572,937.66	\$ 24,324,779.95
8	1	1	0	55.10	\$ 24,935.65	\$ 1,373,928.18	\$ 21,419,140.77
9	1	1	0	56.42	\$ 24,935.65	\$ 1,406,925.38	\$ 24,256,097.80
10	1	1	0	84.66	\$ 24,935.65	\$ 2,111,080.03	\$ 37,871,191.28
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 13,074,209.51</b>	<b>\$ 217,301,414.18</b>
<b>PORCENTAJE</b>						<b>6.0%</b>	<b>100%</b>

Tabla 4.10.1-1 Estructura de Costos Ciudad 10 a.

#### 4.10.2. Ciudad 10 b

##### Ciudad 10 b

Tramo	a	b	c	f	$\theta$	Hm (m)	Hi (m)	Hf (m)	Cantidad de Excavación (m3)	Vr Unitario Excavación	Costo de Excavación
1	0	0	1	0	0.005	1.43	1.20	1.65	150.04	\$ 21,374.98	\$ 3,207,045.93
2	0	0	1	0	0.006	1.91	1.65	2.16	184.04	\$ 21,374.98	\$ 3,933,808.24
3	0	0	0	1	0.002	2.27	2.16	2.37	255.65	\$ 28,712.78	\$ 7,340,354.67
4	0	0	0	1	0.003	2.51	2.37	2.64	245.22	\$ 28,712.78	\$ 7,041,090.49
5	0	0	0	1	0.003	2.79	2.64	2.94	301.95	\$ 28,712.78	\$ 8,669,868.34
6	0	0	0	1	0.003	3.08	2.94	3.23	314.18	\$ 28,712.78	\$ 9,020,868.85
7	0	0	0	1	0.002	3.32	3.23	3.42	333.79	\$ 28,712.78	\$ 9,584,116.31
8	0	0	0	1	0.003	3.53	3.42	3.65	291.72	\$ 28,712.78	\$ 8,376,010.05
9	0	0	0	1	0.003	3.76	3.65	3.87	300.88	\$ 28,712.78	\$ 8,638,989.80
10	0	0	0	1	0.003	4.03	3.87	4.19	452.98	\$ 28,712.78	\$ 13,006,269.37
<b>TOTAL</b>										\$	<b>78,818,422.06</b>
<b>PORCENTAJE</b>											<b>25.2%</b>

Tabla 4.10.2-1 Estructura de Costos Ciudad 10 b.

**Ciudad 10 b**

Tramo	i	j	Cantidad de Relleno (m3)	Vr Unitario Relleno	Costo de Relleno	Costo de Tubería	Costo de Pozo
1	0	1	147.12	\$ 43,692.13	\$ 6,428,183.69	\$ 4,567,401.86	\$ 1,930,374.89
2	0	1	181.29	\$ 43,692.13	\$ 7,920,813.81	\$ 4,313,657.31	\$ 2,213,176.27
3	0	1	252.25	\$ 43,692.13	\$ 11,021,308.34	\$ 5,328,635.50	\$ 2,533,684.49
4	0	1	240.70	\$ 43,692.13	\$ 10,516,715.64	\$ 6,548,465.84	\$ 2,665,658.47
5	0	1	296.92	\$ 43,692.13	\$ 12,973,255.76	\$ 7,276,073.16	\$ 2,835,339.29
6	0	1	309.40	\$ 43,692.13	\$ 13,518,354.44	\$ 6,912,269.50	\$ 3,023,873.54
7	0	1	329.02	\$ 43,692.13	\$ 14,375,445.47	\$ 6,912,269.50	\$ 3,202,981.08
8	0	1	287.80	\$ 43,692.13	\$ 12,574,415.79	\$ 5,675,337.06	\$ 3,322,386.10
9	0	1	294.84	\$ 43,692.13	\$ 12,882,374.96	\$ 8,015,103.25	\$ 3,469,442.82
10	0	1	444.53	\$ 43,692.13	\$ 19,422,630.54	\$ 11,221,144.55	\$ 7,419,647.97

**TOTAL** \$ 121,633,498.44 \$ 66,770,357.53 \$ 32,616,564.91  
**PORCENTAJE** 38.9% 21.3% 10.4%

Tabla 4.10.2-1 Estructura de Costos Ciudad 10 b.

**Ciudad 10 b**

Tramo	p	k	m	Cantidad de Entibado (m2)	Vr Unitario Entibado	Costo de Entibado	COSTO TOTAL
1	1	1	0	25.65	\$ 24,935.65	\$ 639,591.43	\$ 16,772,597.80
2	1	1	0	32.38	\$ 24,935.65	\$ 807,526.49	\$ 19,188,982.12
3	1	1	0	47.56	\$ 24,935.65	\$ 1,186,061.82	\$ 27,410,044.82
4	1	1	0	45.09	\$ 24,935.65	\$ 1,124,343.40	\$ 27,896,273.84
5	1	1	0	55.80	\$ 24,935.65	\$ 1,391,403.01	\$ 33,145,939.56
6	1	1	0	58.57	\$ 24,935.65	\$ 1,460,412.11	\$ 33,935,778.44
7	1	1	0	63.08	\$ 24,935.65	\$ 1,572,937.66	\$ 35,647,750.01
8	1	1	0	55.10	\$ 24,935.65	\$ 1,373,928.18	\$ 31,322,077.19
9	1	1	0	56.42	\$ 24,935.65	\$ 1,406,925.38	\$ 34,412,836.21
10	1	1	0	84.66	\$ 24,935.65	\$ 2,111,080.03	\$ 53,180,772.47

**TOTAL** \$ 13,074,209.51 \$ 312,913,052.45  
**PORCENTAJE** 4.2% 100%

Tabla 4.10.2-1 Estructura de Costos Ciudad 10b.

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se realiza un análisis de los resultados obtenidos en las 10 ciudades, evaluando el peso de cada uno de los componentes de una ciudad y comparando una ciudad con sus variaciones, lo que permite evaluar el cambio en el presupuesto dada la igualdad en la topografía y longitud de los tramos.

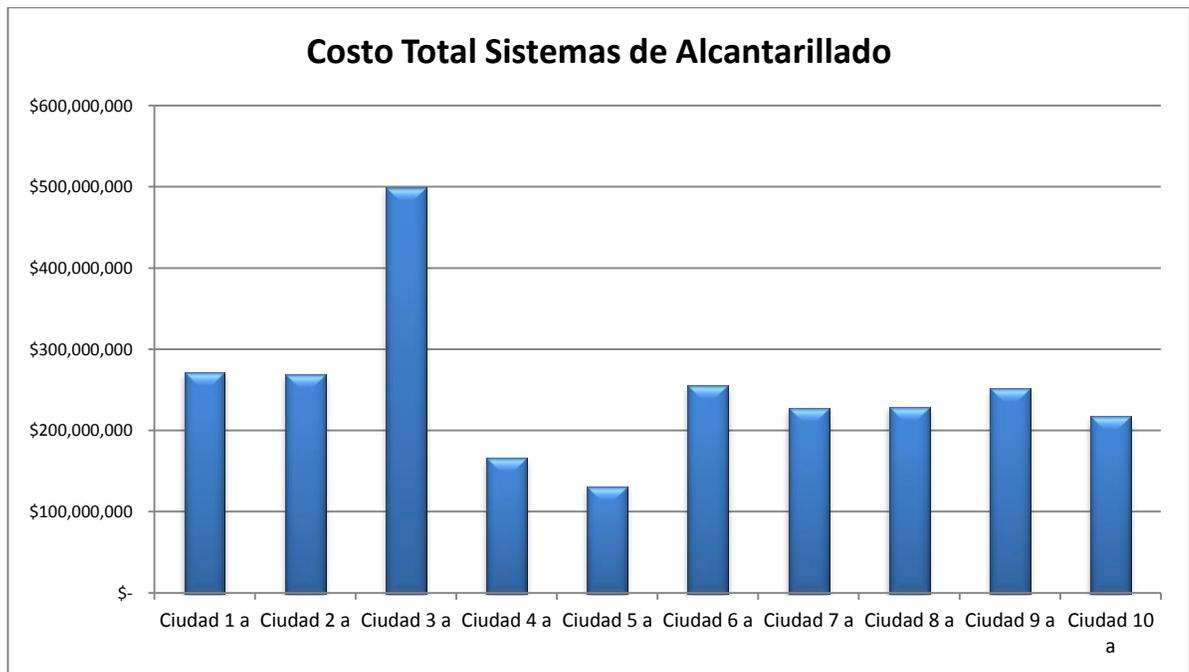
### 5.1. ANÁLISIS DE CIUDADES Y SUS COMPONENTES

En cada una de las ciudades previamente se establecieron las características de caudal, diámetros, longitud y pendiente, para las ciudades a) se mantuvieron constantes los parámetros de excavación en material común, relleno con material seleccionado proveniente de la excavación, tubería tipo exterior corrugado interior liso, pozos de inspección en concreto y entibado en madera.

Manteniendo constantes los parámetros señalados para las 10 ciudades, se establece la siguiente comparación.

Ciudad	Topografía	Costo Total Sistemas de Alcantarillado
Ciudad 1 a	Plana - Pendiente 0.3%	\$ 271,762,345.24
Ciudad 2 a	Plana - Pendiente 0.3%	\$ 269,026,538.66
Ciudad 3 a	Inclinada - Pendiente 1 %	\$ 499,582,350.39
Ciudad 4 a	Plana - Pendiente 0.4%	\$ 166,297,896.82
Ciudad 5 a	Plana - Pendiente 0.6%	\$ 130,915,949.56
Ciudad 6 a	Plana - Pendiente 0.3%	\$ 256,050,479.60
Ciudad 7 a	Plana - Pendiente 0.3%	\$ 227,088,148.25
Ciudad 8 a	Plana - Pendiente 0.3%	\$ 229,170,051.24
Ciudad 9 a	Plana - Pendiente 0.3%	\$ 252,120,404.10
Ciudad 10 a	Plana - Pendiente 0.3 %	\$ 217,301,414.18

Tabla 5.1-1 Costo Total por Ciudades.



**Gráfica 5.1-1 Costo por Ciudades.**

Con base en los costos de las ciudades se establece que la más costosa es la Ciudad 3 a, su costo superior está asociado con la topografía inclinada con pendiente del 1%, en donde se obtiene que la profundidad máxima alcanzada por la red en su tramo final es de 12.90 m. En contraste, el promedio de profundidad para el tramo final de las 9 ciudades restantes fue de 3.32 m.

Es de resaltar que los volúmenes de relleno y excavación, profundidad de los pozos de inspección y área del entibado son directamente proporcionales con la profundidad de la zanja, que a su vez está dada por la pendiente de la red. Caso aparte lo constituye la tubería, toda vez que al tener una mayor pendiente y una profundidad mayor en su instalación, el sistema requiere un menor diámetro.

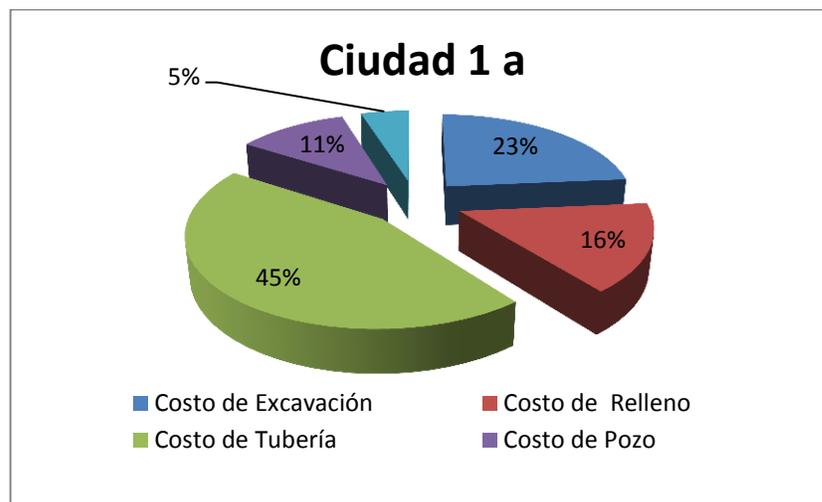
En razón de lo anterior, se tienen 4 componentes que incrementan sus cantidades en función de la profundidad de la zanja y sólo uno en el que decrece su costo en función del parámetro señalado.

### 5.1.1. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 1 - ANÁLISIS COSTO DE LA EXCAVACIÓN

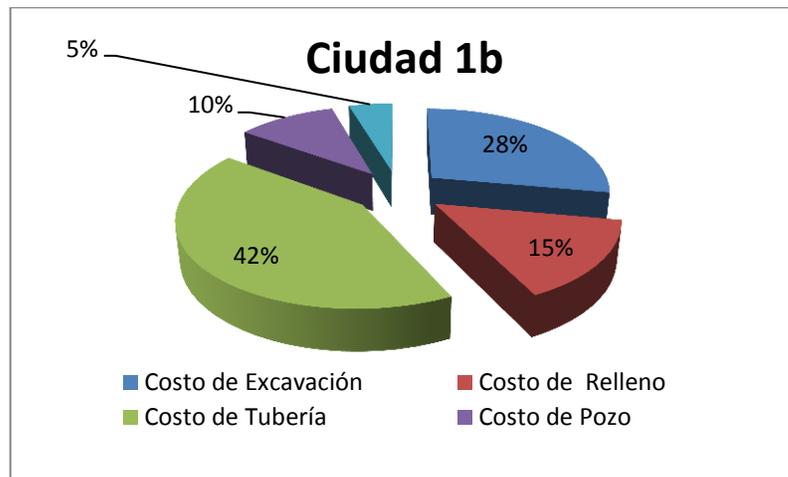
La topografía de la Ciudad 1 es plana con una pendiente del 3%, con una profundidad media del último tramo de 3.48 m y una longitud total de los 10 tramos de 1.080 m.

Hay que recordar que la Ciudad 1a se tiene excavación en material común, rellenos en material seleccionado proveniente de la excavación, tubería con exterior corrugado e interior liso, pozos en concreto y entibado en madera, mientras que para ciudad 1 b se modificó el tipo de excavación en material conglomerado.

A continuación se muestra el peso de cada uno de los componentes con relación al valor total del sistema para las Ciudades 1 a y 1 b



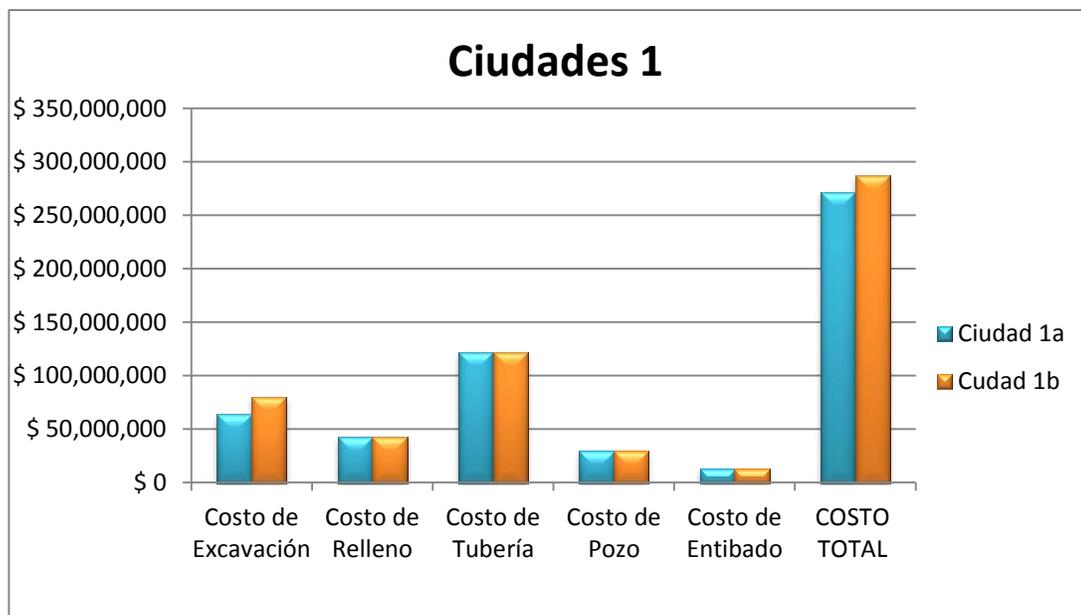
Gráfica 5.1.1-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 1a.



Gráfica 5.1.1-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 1b.

Para esta ciudad con baja pendiente, en los casos a y b el componente con mayor peso fue la tubería, con porcentajes del 45% y 42% respectivamente, sin embargo, se debe tener presente que los demás componentes del sistema varían su cantidad conjuntamente en función de la profundidad de la red.

El análisis puntual del costo de la excavación pasó del 23% en 1a al 28% en 1b, que representa un incremento de 5 puntos porcentuales al variar el costo individual de esta actividad.



Gráfica 5.1.1-3 Variación Costos Ciudades 1a y 1 b.

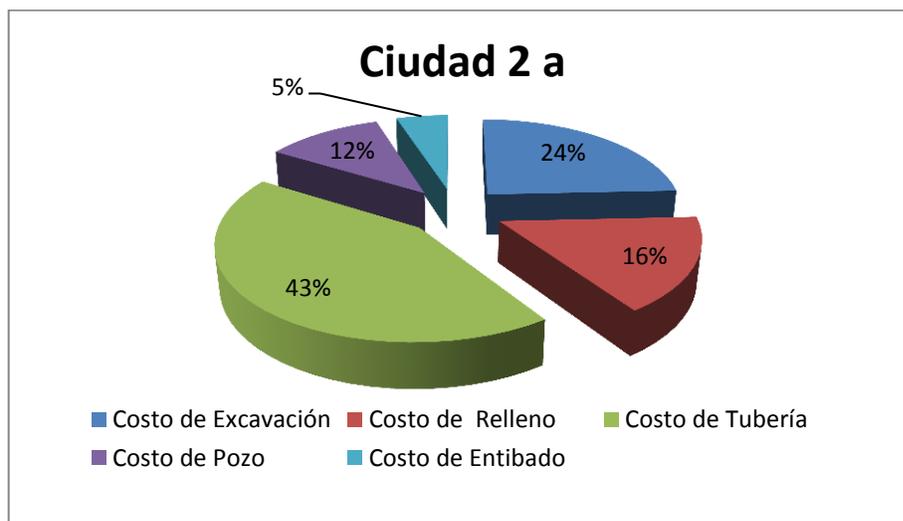
El costo total de la Ciudad 1a es de \$ 271,762,345.24, mientras que el de la Ciudad 1 b es de \$ 287,853,906.89, que es un incremento del 5.6%.

## 5.2. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 2 – ANÁLISIS DE COSTO DEL RELLENO

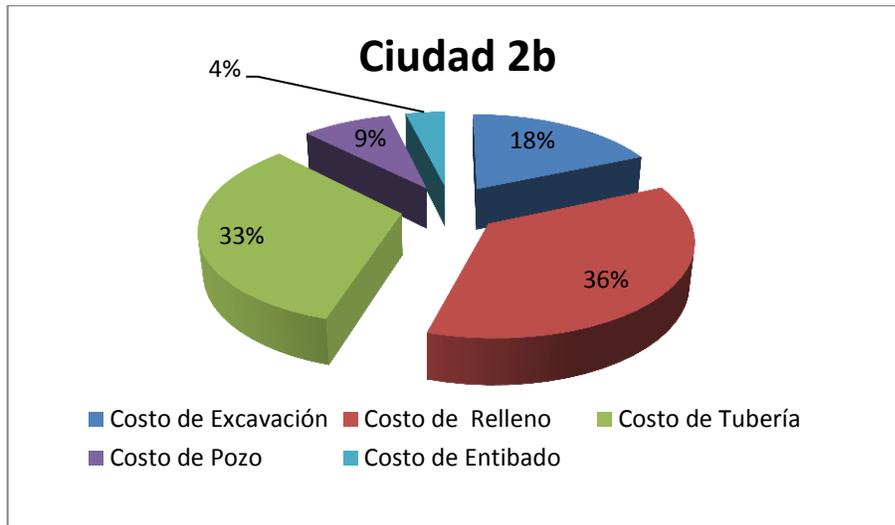
La topografía de la Ciudad 2 es plana con pendiente del 3%, la profundidad media del último tramo de 3.71 m y su longitud total de la red de 10 tramos es 650 m

Para la Ciudad 2a se tienen excavación en material común, rellenos en material seleccionado proveniente de la excavación, tubería con exterior corrugado e interior liso, pozos en concreto y entibado en madera, mientras que para la Ciudad 2 b se modificó el tipo de relleno de 2a por material de préstamo de cantera.

A continuación se muestra el peso de cada uno de los componentes con relación al valor total del sistema para las ciudades 2 a y 2 b

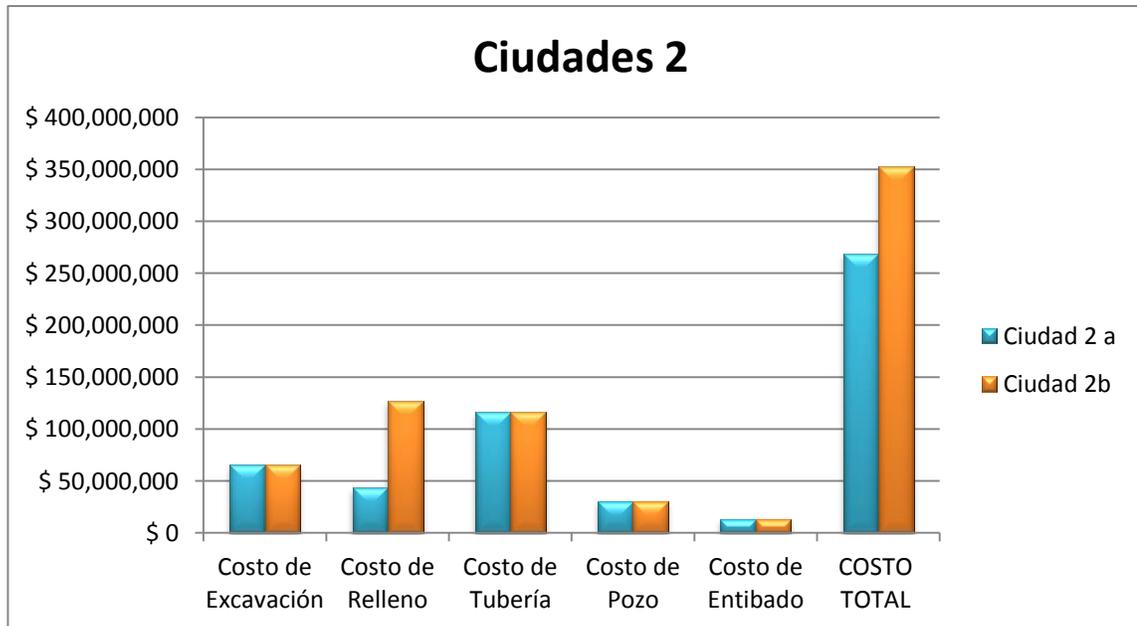


Gráfica 5.2-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 2a.



Gráfica 5.2-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 2b.

Al variar el tipo de relleno este pasa del 16% en 2a al 36% en 2b, a su vez el costo de la tubería pasa a tener un peso inferior, del 43% en 2a al 33% en 2b.



Gráfica 5.2-3 Variación Costos Ciudades 2a y 2 b.

Al modificar el material del relleno, el costo total en la Ciudad 2 a es de \$269,026,538.66, mientras que en la Ciudad 2 b es de \$352,766,254.13, lo que se traduce en un incremento del 31%.

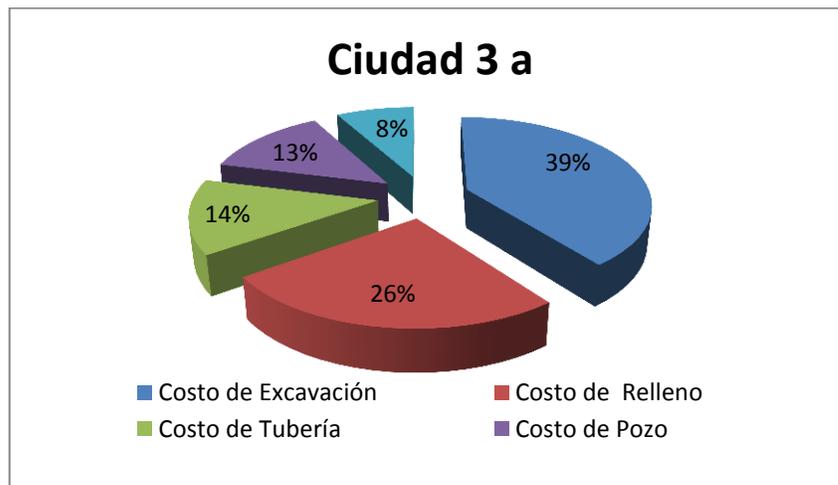
Se observa un cambio significativo en el costo de la red, más aún si se tiene presente que para la contratación estatal el AIU es entre el 25 y el 30%. El incremento del 31% en el costo total dado por el cambio en el relleno puede afectar la viabilidad económica del proyecto.

### 5.3. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 3- ANÁLISIS DE COSTO DE LA EXCAVACIÓN

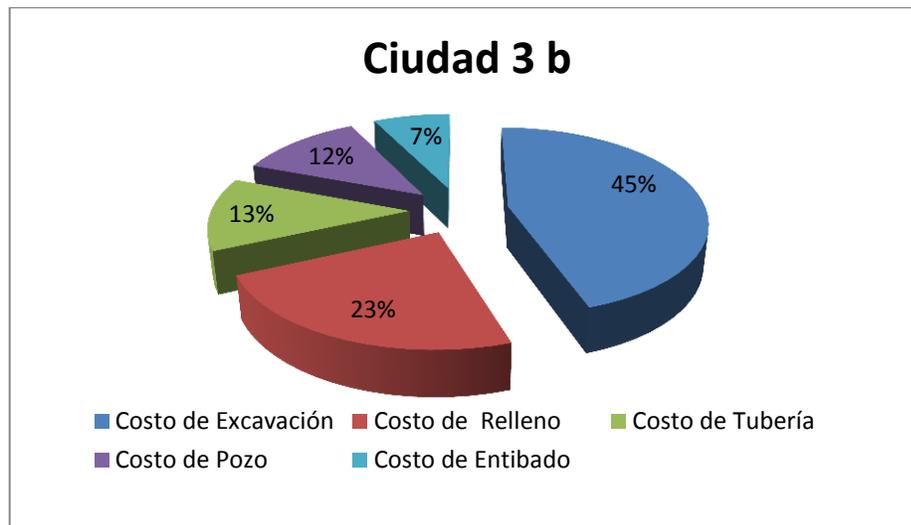
La topografía de la Ciudad 3 es inclinada con una pendiente del 1%, con una profundidad media del último tramo de 12.90 m y una longitud total de los 10 tramos de 1.080 m.

Para la ciudad 3a se tienen excavación en material común, rellenos en material seleccionado proveniente de la excavación, tubería con exterior corrugado e interior liso, pozos en concreto y entibado en madera, mientras que para Ciudad 3 b se modificó de 3a el tipo de excavación a material conglomerado. Donde se evalúa la misma modificación que para la Ciudad 1.

A continuación se muestra el peso de cada uno de los componentes con relación al valor total del sistema para las ciudades 3 a y 3 b



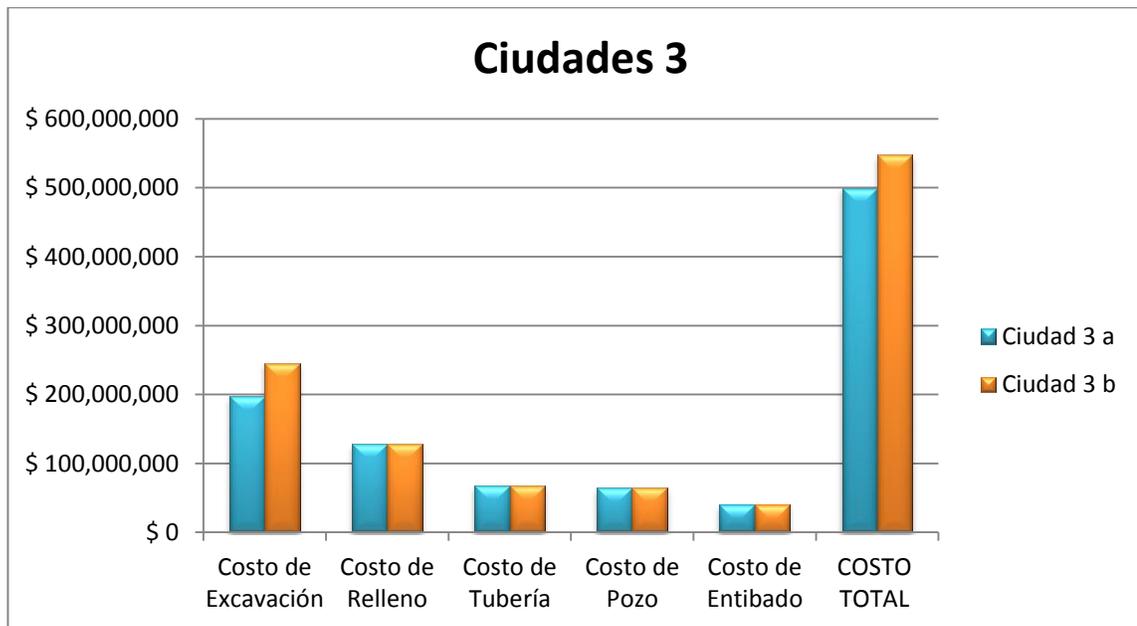
Gráfica 5.3-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 3a.



**Gráfica 5.3-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 3b.**

Sin perder de vista el costo de la tubería, en este tipo de Ciudad con pendiente inclinada su peso en las Ciudades 3a y 3b solo es del 12 y 13% respectivamente, lo que corrobora la alta incidencia que tiene la pendiente en el costo de la red, asociado con los 4 componentes (excavación, relleno, pozos de inspección y entibados) cuyo costo depende de la profundidad del sistema.

En este caso los componentes que tuvieron mayor peso en el costo del alcantarillado fueron la excavación y el relleno. Para la Ciudad 3a el porcentaje del valor de la excavación es del 39% y el del relleno del 26%. En la Ciudad 3 b la excavación se pondera en 45% y el relleno en el 23%.



Gráfica 5.3-3 Variación Costos Ciudad 3a y 3 b.

Al modificar el material de la excavación, el costo total en la ciudad 3 a pasa de \$499,582,350.39 a un valor de \$547,656,763.46 en 3b, lo que se traduce en un incremento del 9.6%.

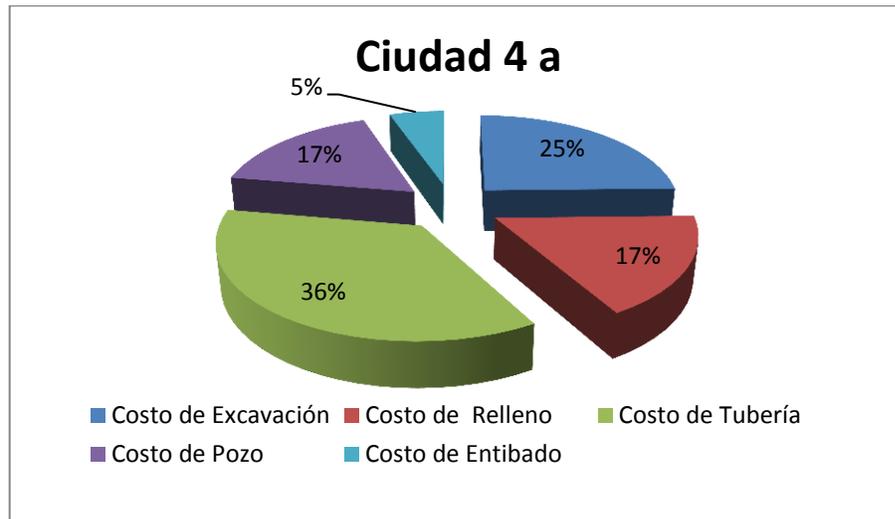
Por otra parte se observa el papel fundamental de la profundidad de la red, pues aunque para las ciudades 1 y 3 la longitud total del sistema es de 1.080 m, se pasa de un costo total de \$271,762,345.24 para 1a a un costo total de 3 a de \$547,656,763.46 ( se trabaja con los mismos tipos de componentes para las Ciudades a).

#### 5.4. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 4- ANÁLISIS DE COSTO DEL ENTIBADO

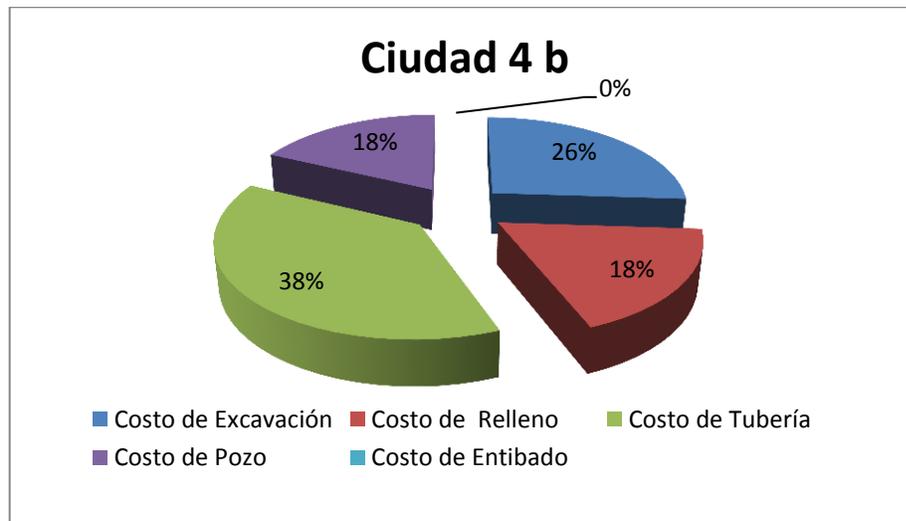
La topografía de la Ciudad 4 es plana con una pendiente del 0.4%, con una profundidad media del último tramo de 3.03 m y una longitud total de los 10 tramos de 805 m.

Para la Ciudad 4a se tienen excavación en material común, rellenos en material seleccionado proveniente de la excavación, tubería con exterior corrugado e interior liso, pozos en concreto y entibado en madera, mientras que para Ciudad 4 b se modificó 4 a eliminando el entibado y para 4 c se utilizó entibado metálico.

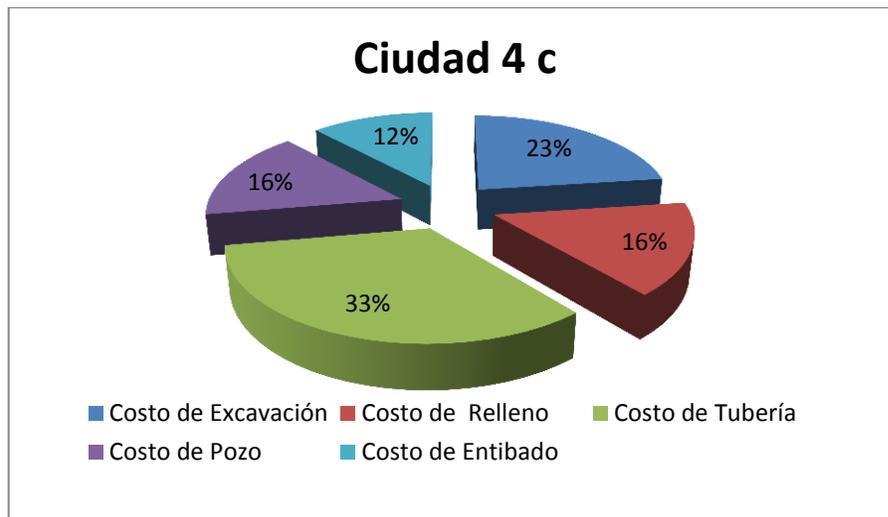
A continuación se muestra el peso de cada uno de los componentes con relación al valor total del sistema para las Ciudades 4a, 4b y 4c.



**Gráfica 5.4-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 4a.**



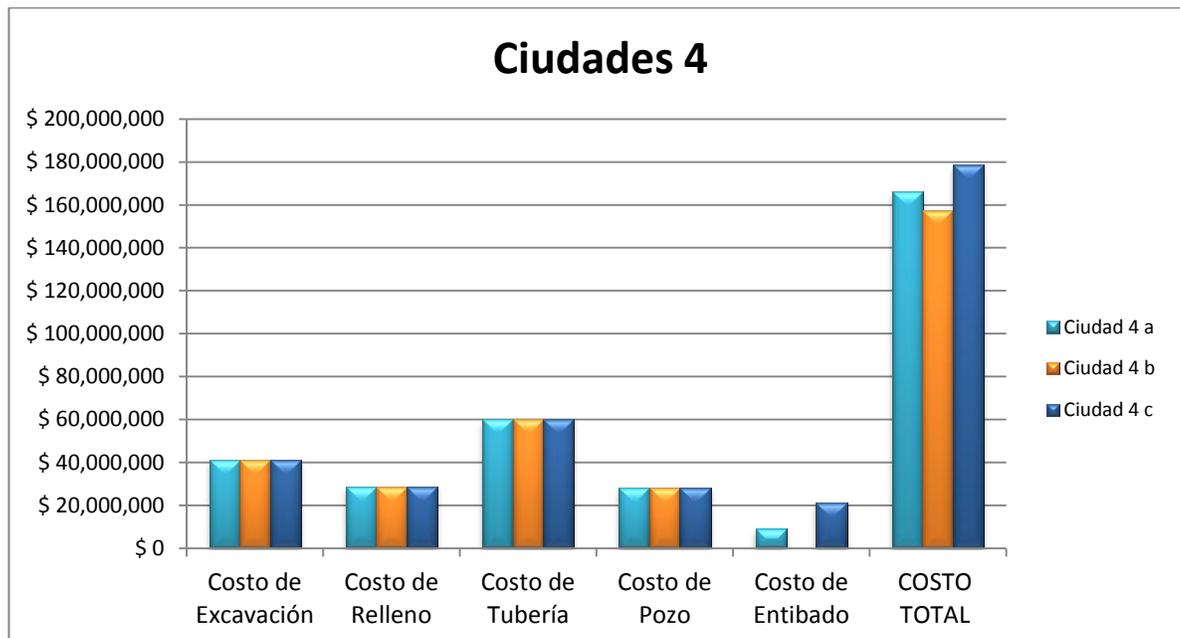
**Gráfica 5.4-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 4b.**



Gráfica 5.4-3 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 4c.

En este caso, el entibado de la Ciudad 4a tuvo un porcentaje del 5%, en 4b su participación en el costo fue nula y en 4c la participación fue del 12%.

Frente a la variación de los entibados, el costo de los pozos de inspección se mantiene entre el 16 y el 18%, lo que permite mostrar que su variación es de una unidad porcentual en cada cambio que lo hace un parámetro con baja sensibilidad de variación.



Gráfica 5.4-4 Variación Costos Ciudad 4a - 4 b y 4 c.

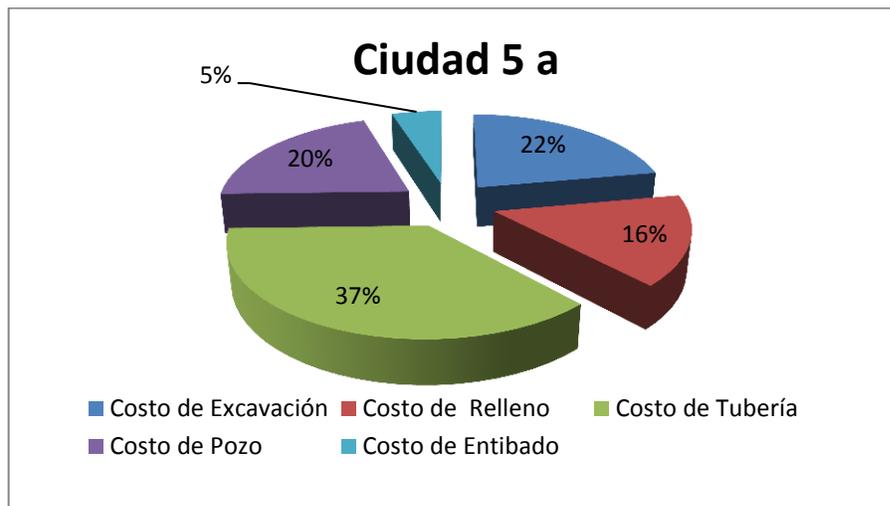
Al modificar el tipo de entibado en la Ciudad 4, el costo total de 4a pasa de \$ 166,297,896.82 a un costo total de \$157,403,563.09 en la Ciudad 4b ( sin entibado) y a \$178,718,371.88 para la Ciudad 4c. En esta Ciudad pasar de un sistema con entibado en madera a un sistema sin entibado representa un ahorro del 5.3%, en contraste con el paso de entibado de madera a metálico que incrementa los costos totales en un 7.5% y pasar de no usar los entibados a usar entibado metálicos aumenta el costo en un 13.5%.

### 5.5. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 5- ANÁLISIS DE COSTOS EXCAVACIÓN, RELLENO Y ENTIBADO

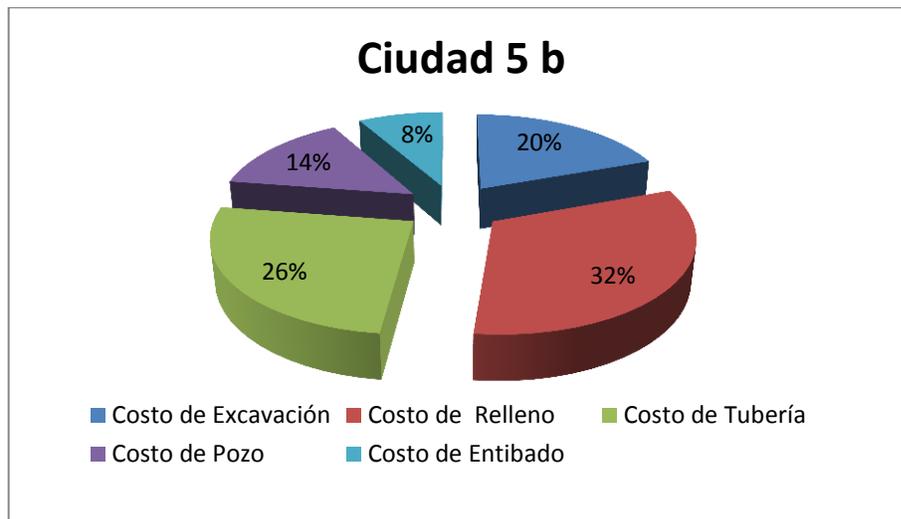
La topografía de la Ciudad 5 es plana con una pendiente del 0.6%, con una profundidad media del último tramo de 2.67 m y una longitud total de los 10 tramos de 645 m.

Para la Ciudad 5a se tienen excavación en material común, rellenos en material seleccionado proveniente de la excavación, tubería con exterior corrugado e interior liso, pozos en concreto y entibado en madera. Para la Ciudad 5b se modificaron la excavación en material conglomerado, los rellenos se definieron en material de préstamo y los entibados metálicos, así las cosas se tiene una modificación de los tres parámetros susceptibles de cambio entre las dos caracterizaciones de la Ciudad 5.

A continuación se muestra el peso de cada uno de los componentes con relación al valor total del sistema para las Ciudades 5 a y 5 b.



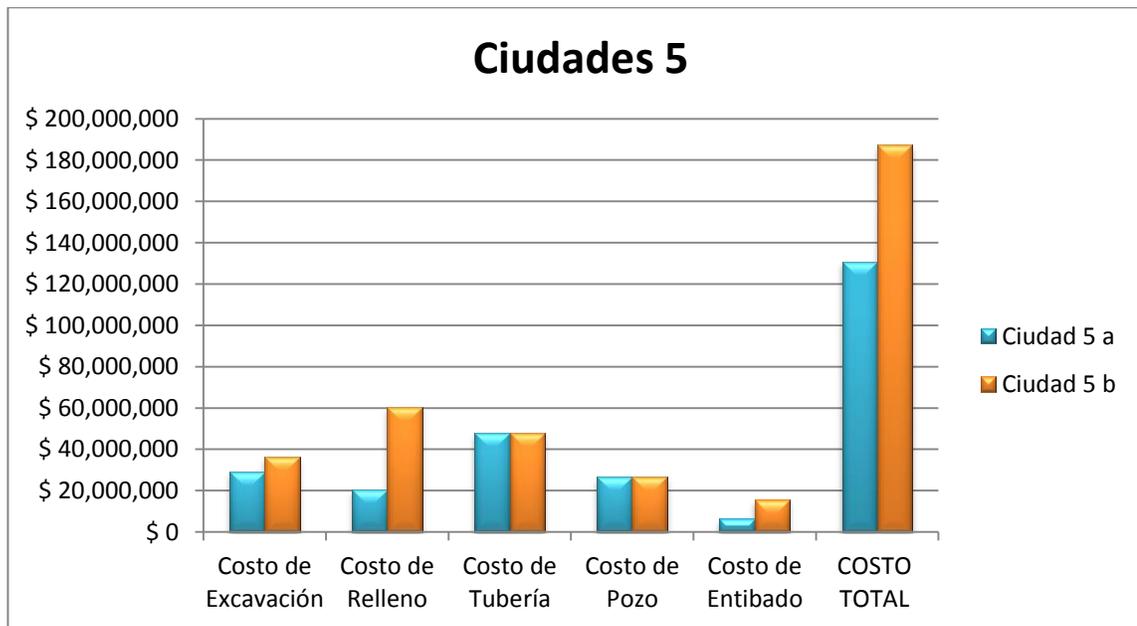
Gráfica 5.5-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 5a.



Gráfica 5.5-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 5b.

Al cambiar totalmente los parámetros, se tiene que el componente con mayor impacto en la distribución de los costos es el relleno, que duplica su porcentaje de participación pasando del 16% en 5a al 32% en 5b. la excavación pasó del 22% al 20% y el entibado pasó del 5% al 8%.

En contraposición, la tubería paso del 37% de participación en el presupuesto total de la Ciudad 5 a al 26% en 5b. El costo de los pozos tuvo una variación de 3 puntos, al pasar del 5% en 5 a al 8% en 5b.



Gráfica 5.5-3 Variación Costos Ciudades 5a y 5 b.

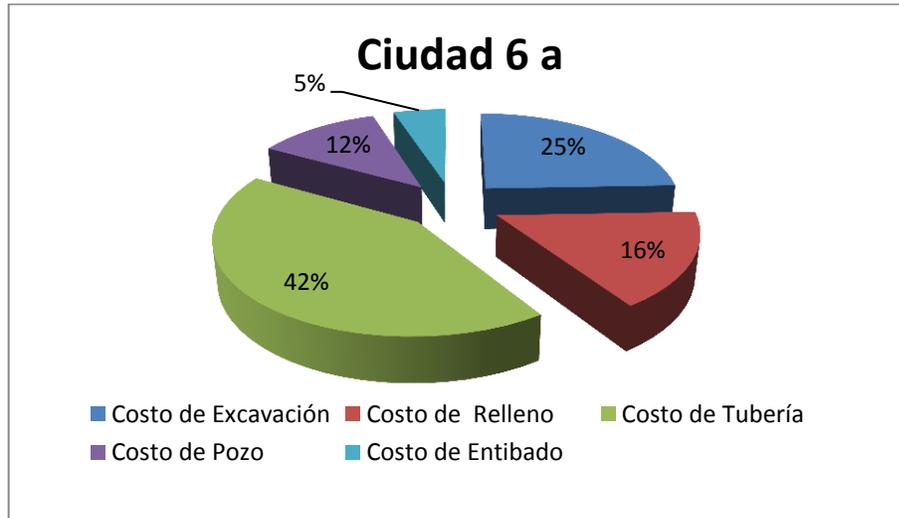
Con la variación de los parámetros indicados, la Ciudad 5 a pasa de costar \$130,915,949.56 a un costo total en 5b de \$187,257,022.14, que significa un incremento del 43% del costo. Lo que lleva a determinar un cambio altamente significativo en el presupuesto total, por lo tanto es fundamental evaluar claramente el tipo de componente a utilizar antes de definir el presupuesto de un proyecto y sus recursos.

### 5.6. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 6 - ANÁLISIS DE COSTOS DE EXCAVACIÓN, RELLENO Y ENTIBADO

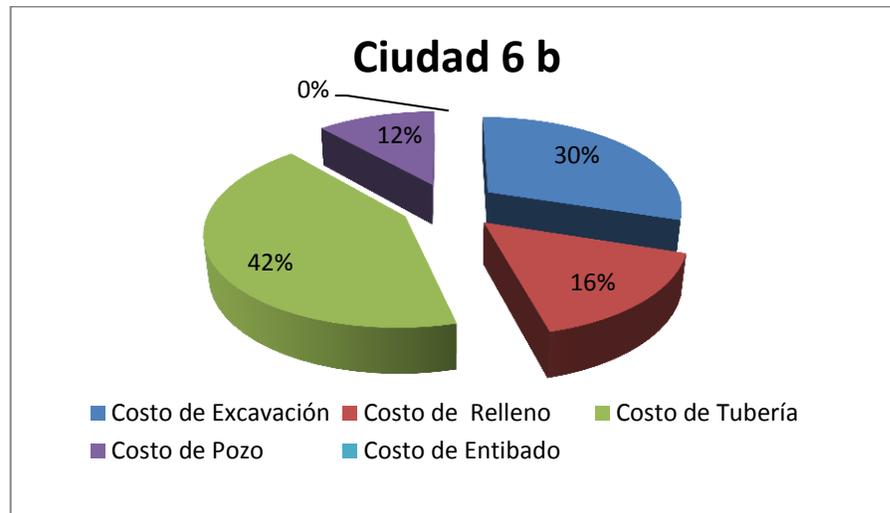
La topografía de la Ciudad 6 es plana con una pendiente del 0.3%, con una profundidad media del último tramo de 3.46 m y una longitud total de los 10 tramos de 1.050 m.

En el estudio de la Ciudad 6, se pretenden verificar variaciones que se ajustan a condiciones de campo, la ciudad 6a se mantiene tal y como se han establecido las Ciudades a, es decir, excavación en material común, rellenos en material seleccionado proveniente de la excavación, tubería con exterior corrugado e interior liso, pozos en concreto y entibado en madera. La Ciudad 6 b se varía cambiando a excavación en conglomerado, que es un terreno firme en el que se definió eliminar el uso del entibado; sin embargo se mantiene constante el uso de material de relleno seleccionado proveniente de la excavación. En este análisis se añade la Ciudad 6c en la que respecto a

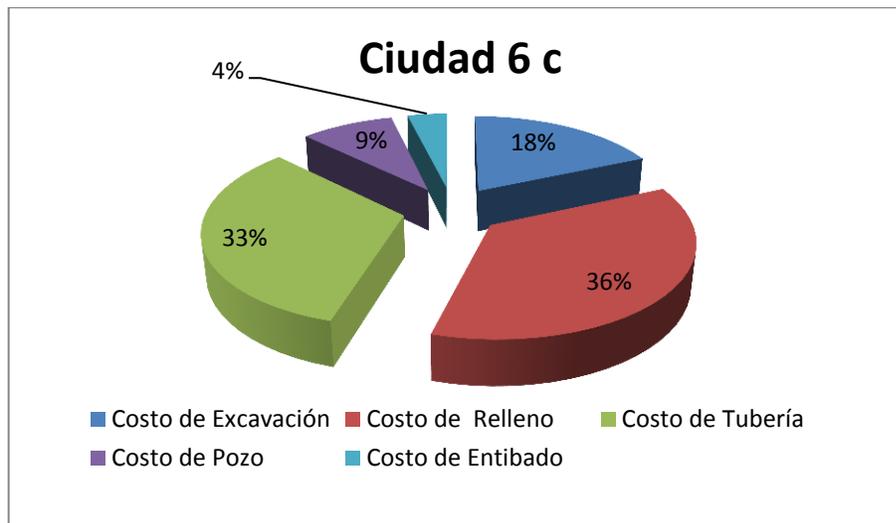
6 a se varía el material de relleno proveniente de la excavación a material de préstamo de cantera ( mismo análisis Ciudad 2).



Gráfica 5.6-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 6a.



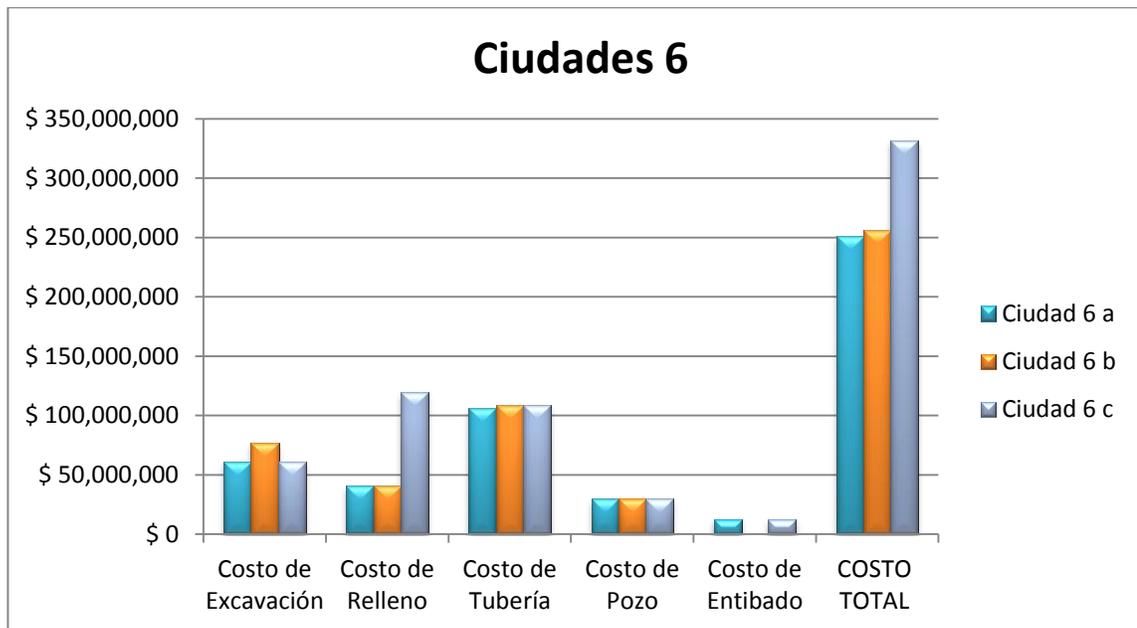
Gráfica 5.6-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 6b.



**Gráfica 5.6-3 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 6c.**

Tal como se observa, los porcentajes de costos de los componentes en 6 a y 6 b se mantuvieron constantes, a excepción del entibado que fue eliminado, se puede inferir que el análisis del tipo de terreno ha determinado consideraciones económicas favorables al proyecto de la Ciudad 6.

En contraste, analizando la Ciudad 6 a con 6 c, al igual que en la Ciudad 2 el cambio en el tipo de relleno determina una variación del relleno de 16% en la Ciudad 6a a un 36% en 6c, que corresponde a un incremento del 20% del peso del relleno en el presupuesto.



Gráfica 5.6-4 Variación Costos Ciudades 6a - 6 b y 6c

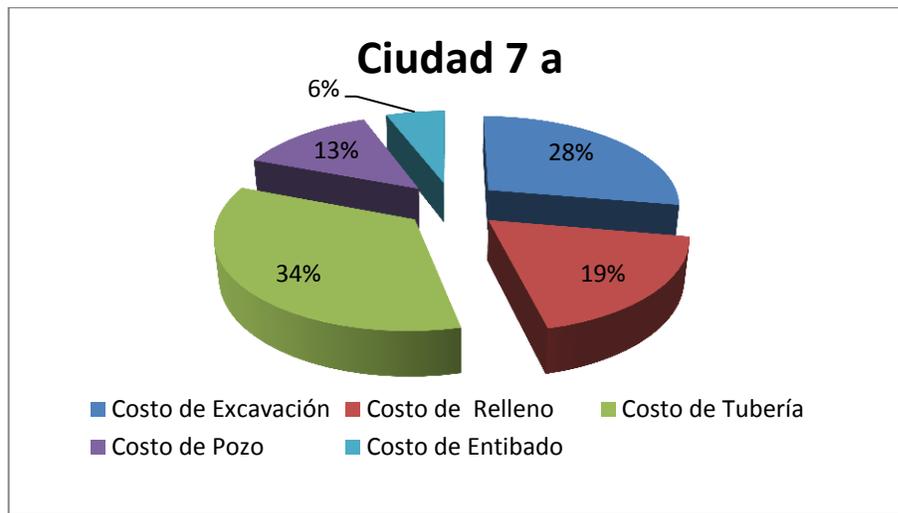
La variación entre la Ciudad 6 a y la Ciudad 6b fue incremento en el costo total del 2 %, pasando de \$ 251,030,861.72 a \$ 256,050,479.60. Se establece que existe un equilibrio en la modificación realizada entre la Ciudad 6 a y 6b, que permite compensar el costo de los componentes de acuerdo con el criterio del diseñador y las condiciones de campo.

Para la Ciudad 6c respecto a la Ciudad 6a se tiene un incremento del 32% que es pasar de costar \$ 251,030,861.72 a costar \$ 332,064,180.02. Se ratifica la conveniencia de analizar el uso de cada tipo de relleno.

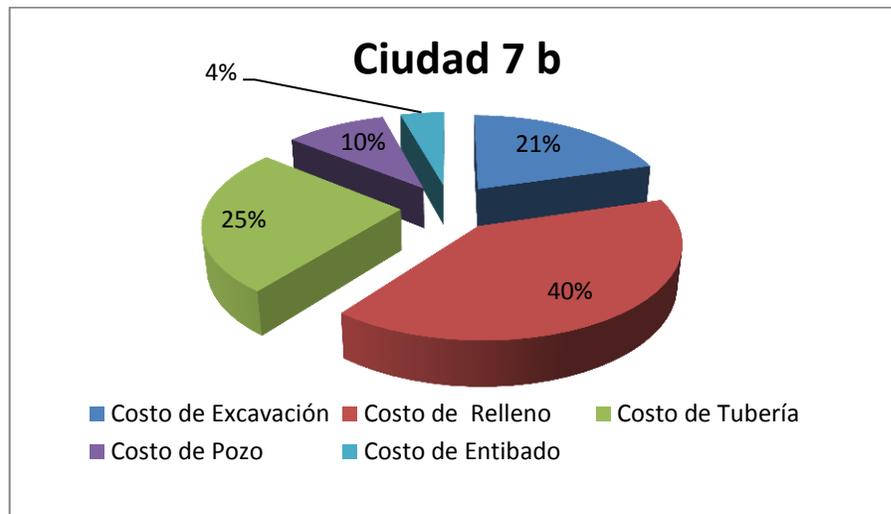
### 5.7. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 7 – ANÁLISIS DE COSTO DEL RELLENO

La topografía de la Ciudad 7 es plana con una pendiente del 0.3%, con una profundidad media del último tramo de 2.67 m y una longitud total de los 10 tramos de 645 m.

Ante la variación sustancial en el costo total del sistema de alcantarillado en un cambio en el tipo de relleno, se realiza una nueva comparación de esta actividad. Manteniendo las condiciones indicadas para las Ciudades a), se define la Ciudad 7a y variando el relleno a material conglomerado en la Ciudad 7b.



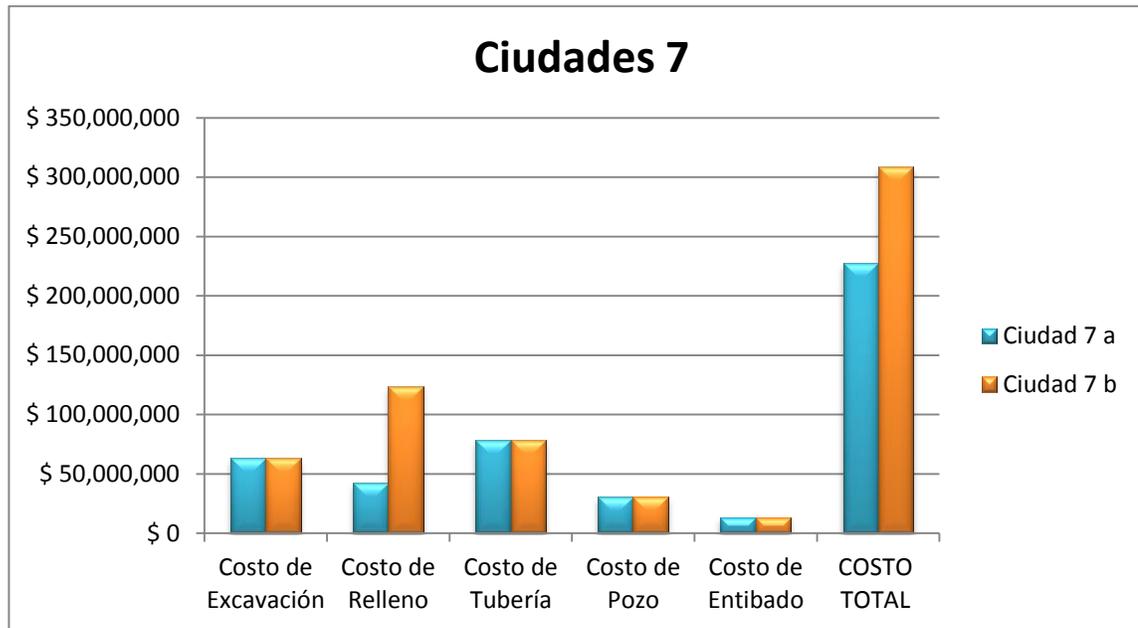
Gráfica 5.7-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 7a.



Gráfica 5.7-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 7b.

Frente al cambio en el tipo de relleno, el incremento en la proporción de su costo se mantiene de acuerdo con lo observado en las Ciudades 2 y 6. En este caso el costo del relleno pasa del 19% al 40%. Esto es lógico toda vez que el valor unitario de esta actividad pasa de \$ 14,952.98 para relleno en material proveniente de la excavación a \$ 43,692.13 para material de préstamo de cantera. Esto concluye en la ratificación del impacto del precio del relleno y el análisis que se debe hacer de manera integral con la pavimentación posterior y el mejoramiento de sus capas granulares.

Se debe aclarar que el mejoramiento del tipo de relleno solo se hace en el ancho de la zanja, mientras que el mejoramiento de la subrasante en el pavimento se hace en todo el ancho de la vía.



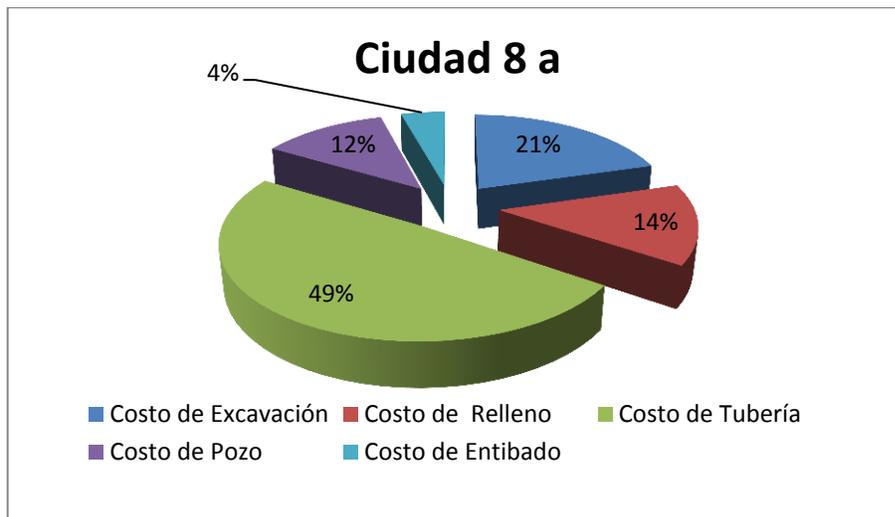
Gráfica 5.7-3 Variación Costos Ciudades 7a y 7 b.

La variación entre la Ciudad 7 a y la Ciudad 7b arroja un incremento en el costo total del 35%, pasando de \$ 227,088,148.25 a \$ 308,425,779.00.

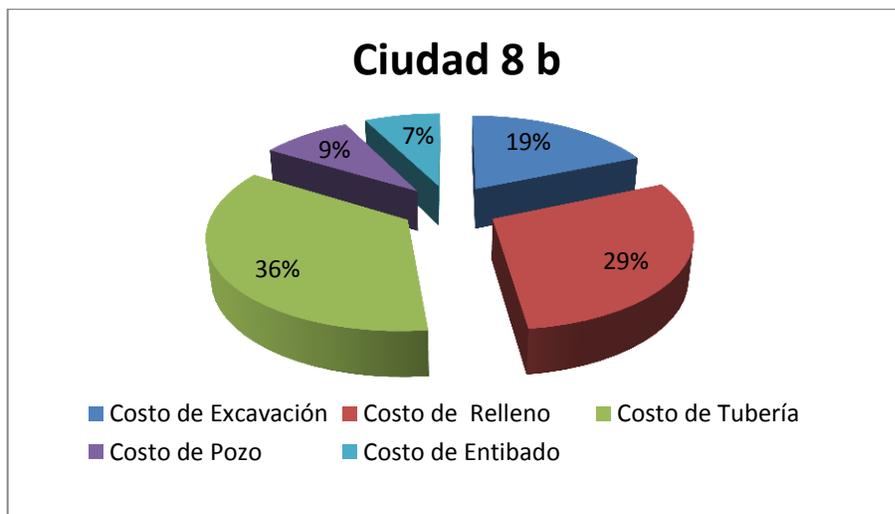
### 5.8. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 8

La topografía de la Ciudad 8 es plana con una pendiente del 0.3%, con una profundidad media del último tramo de 3.14 m y una longitud total de los 10 tramos de 918 m.

La Ciudad 8 a, tal como se han venido trabajando las Ciudades a, la Ciudad 8b se varía respecto a la 8a en su tipo de excavación en material conglomerado, el tipo de relleno con material de cantera de préstamo y el entibado utilizado es el metálico.

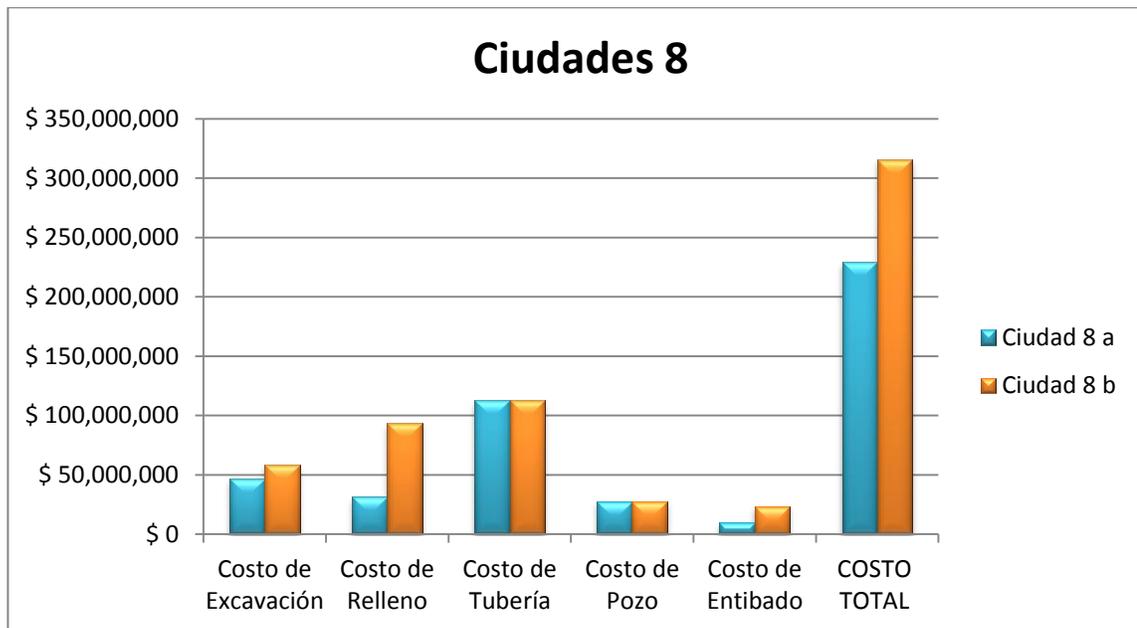


**Gráfica 5.8-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 8a.**



**Gráfica 5.8-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 8b.**

En esta variación de la Ciudad 8 se observa el cambio conocido en la proporción del relleno, que muestra un incremento superior al doble de su participación entre 8a y 8b, al pasar del 14% al 29% respectivamente. La reducción importante la ha tenido el costo de la tubería, que pasa de representar del 49 % para la Ciudad 8 a al 36% en la Ciudad 8b, todo ello en razón del impacto del costo del relleno pues los demás componentes poseen variaciones que no exceden el 3%.



Gráfica 5.8-3 Variación Costos Ciudad 8a y 8 b.

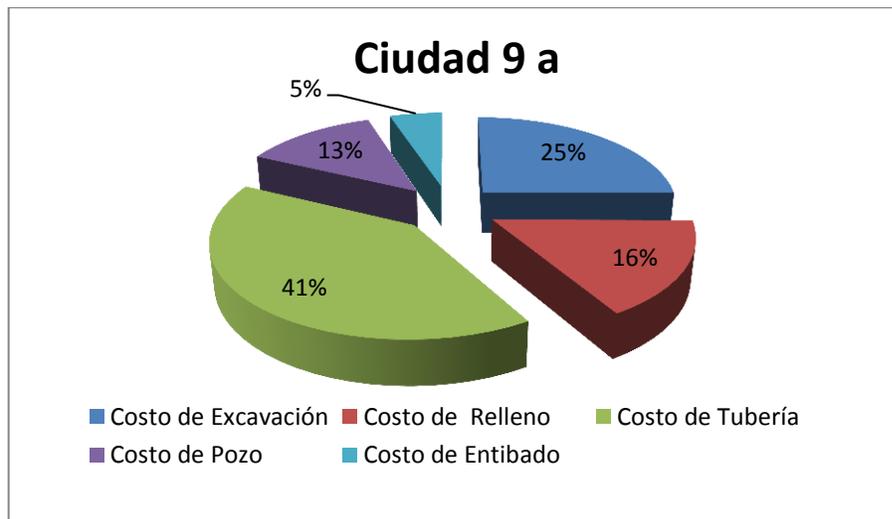
La variación entre la ciudad 8a y la ciudad 8b muestra un incremento en el costo total del 38%, pasando de \$ 229,170,051.24 a \$ 316,223,662.70.

### 5.9. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 9 – ANÁLISIS DE COSTO DEL ENTIBADO

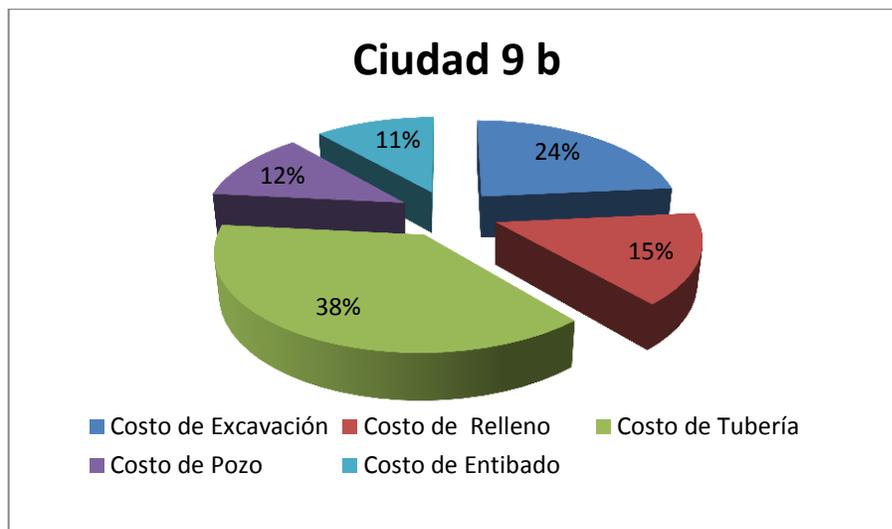
La topografía de la Ciudad 9 es plana con una pendiente del 0.3%, con una profundidad media del último tramo de 3.94 m y una longitud total de los 10 tramos de 918 m.

Para la Ciudad 9a se siguen los lineamientos indicados, de excavación en material común, rellenos en material seleccionado proveniente de la excavación, tubería con exterior corrugado e interior liso, pozos en concreto y entibado en madera, mientras que para Ciudad 9 b se modificó la 9 a cambiando a entibado metálico y para 9 c eliminó el uso de entibados.

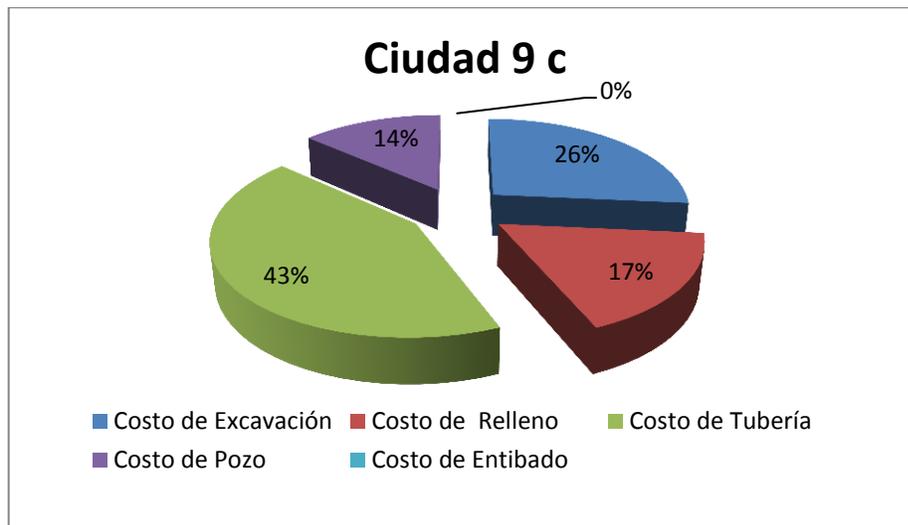
A continuación se muestra el peso de cada uno de los componentes con relación al valor total del sistema para las Ciudades 9a, 9b y 9c.



Gráfica 5.9-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 9a.



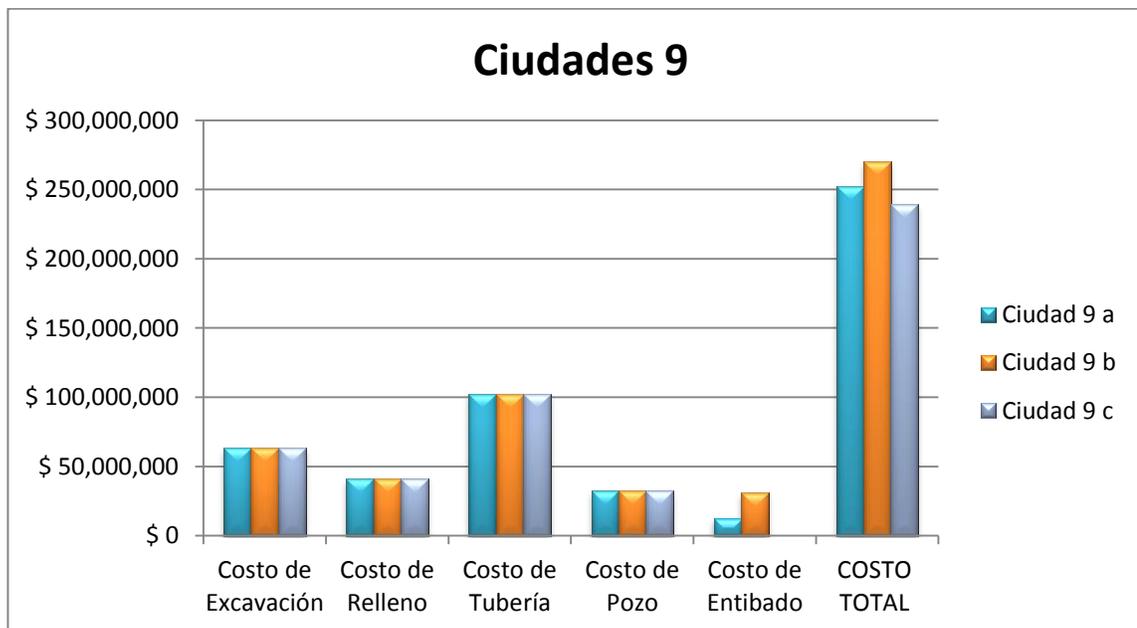
Gráfica 5.9-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 9b.



Gráfica 5.9-3 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 9c.

Es de anotar que el componente que más pesa en las tres comparaciones es la tubería con el 41%, 38% y el 43% para las Ciudades 9a, 9b y 9c respectivamente, el costo de los pozos se mantiene entre el 12 y el 14%.

El entibado ha cambiado del 5% en la Ciudad 9a al 11% en la Ciudad 9b, incrementando su porcentaje de participación en un poco más del doble. En el caso de la Ciudad 9 c su participación es nula.



Gráfica 5.9-4 Variación Costos Ciudades 9 a- 9b y 9 c

La variación entre la Ciudad 9 a y la Ciudad 9b fue incremento en el costo total del 7 %, pasando de \$ 252,120,404.10 a \$ 270,112,891.63.

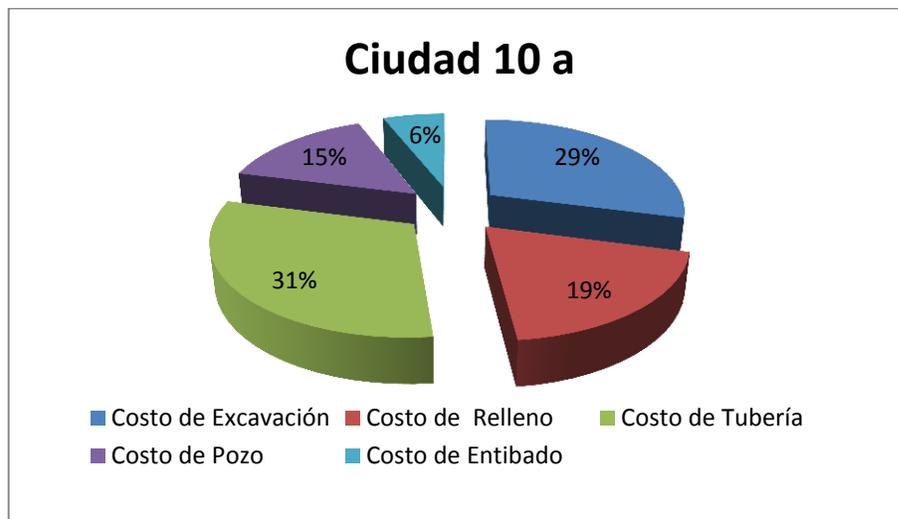
Para la Ciudad 9c respecto a la Ciudad 9a se tiene una reducción del 5% que es el paso de un costo de \$ 252,120,404.10 a un costo de \$ 217,301,414.18.

### 5.10. ANÁLISIS DE LA CIUDAD 10- ANÁLISIS DE COSTO DE EXCAVACIÓN Y RELLENO

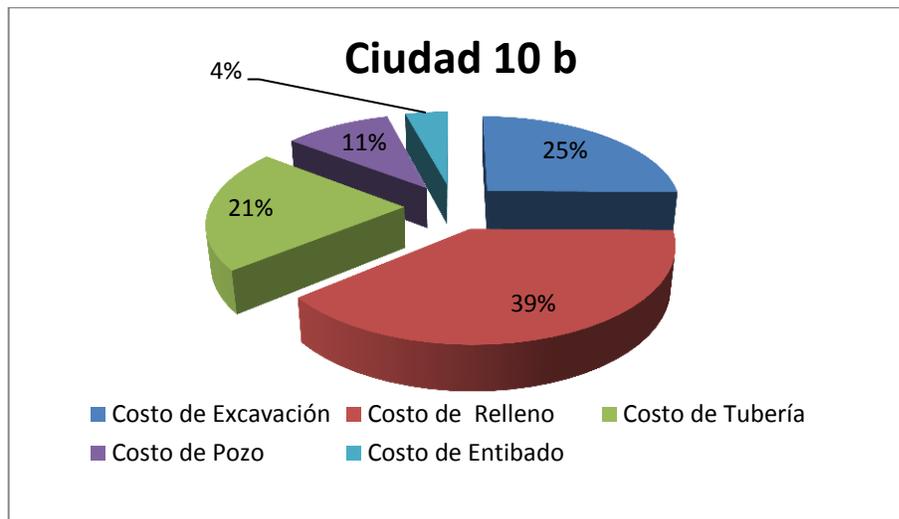
La topografía de la Ciudad 10 es plana con una pendiente del 0.3%, con una profundidad media del último tramo de 4.03 m y una longitud total de los 10 tramos de 918 m.

La Ciudad 10a con las indicaciones conocidas, la Ciudad 10 b cambiando el material de excavación y el relleno propuestos en 10a.

A continuación se muestra el peso de cada uno de los componentes con relación al valor total del sistema para las Ciudades 10a y 10 b.

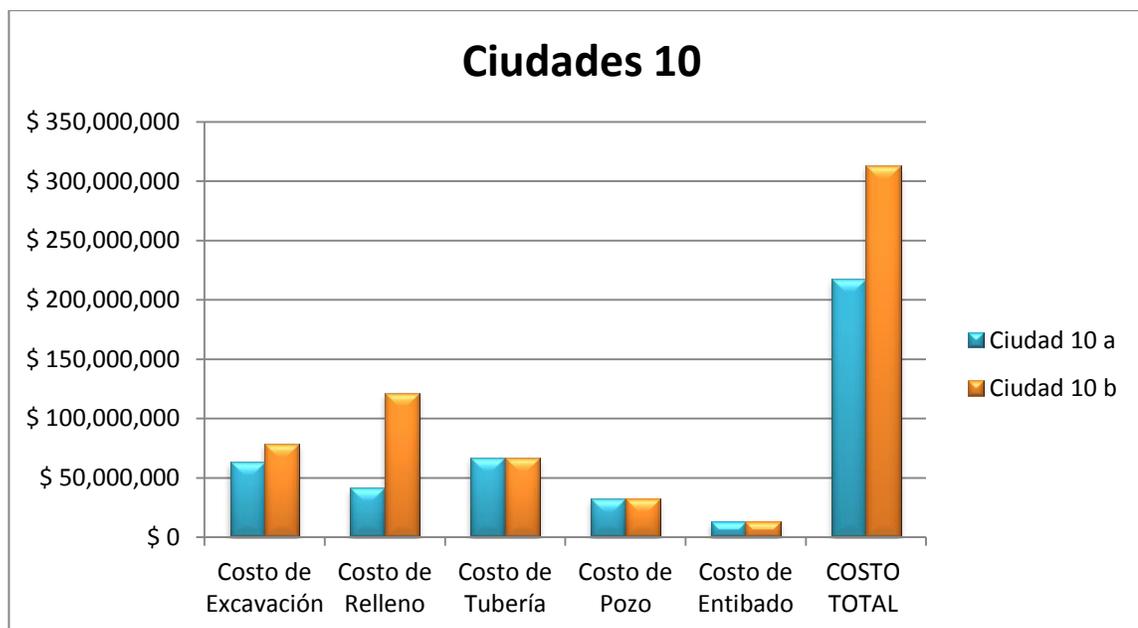


Gráfica 5.10-1 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 10a.



Gráfica 5.10-2 Proporción de Costos por Componentes Ciudad 10b.

En concordancia con los análisis previos de las Ciudades 8, se mantiene el impacto del costo del relleno, que ha pasado del 19% en 10 a al 39% 10b, minorando el peso de la tubería del 31% al 21% y a su vez reduciendo el porcentaje de participación del costo de la excavación del 29% al 25%.



Gráfica 5.10-3 Variación Costos Ciudades 10a y 10b.

La variación entre la Ciudad 10 a y la Ciudad 10b fue incremento en el costo total del 44 %, pasando de \$ 217,301,414.18 a \$ 312,913,052.45.

Se reitera la importancia de la selección del material de relleno dada las variaciones determinantes del presupuesto por los costos asociados a esta actividad.

Tal como se han visto, las variaciones de componentes y ciudades permiten dar cuenta de la sensibilidad de los sistemas de alcantarillado, por lo que es fundamental evaluar cada componente antes de definir su uso, todo ello de acuerdo con las exigencias de la zona a intervenir.

### 5.11. ANÁLISIS CONJUNTO

Con el fin de tener una evaluación integral de los componentes del sistema de alcantarillado, se evaluó el promedio de costos por componentes para todas las ciudades, incluyendo sus variaciones, para un total de 26 datos. En la siguiente tabla se muestra el comportamiento de los componentes y su peso en porcentaje en relación al costo total promedio de las ciudades:

	<b>Costo Promedio</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Excavación</b>	\$ 72,243,986.08	26%
<b>Relleno</b>	\$ 67,355,180.03	24%
<b>Tubería</b>	\$ 92,295,576.24	33%
<b>Pozos de Inspección</b>	\$ 32,603,681.74	12%
<b>Entibado</b>	\$ 16,120,948.13	6%
<b>Costo Promedio Total</b>	<b>\$ 280,619,372.22</b>	<b>100%</b>

Tabla 5.11-1 Costo Promedio de los Componentes del sistema de Alcantarillado y sus porcentajes

Se observa que el componente individual que tiene un mayor peso en el presupuesto es la tubería con el 33%. En segundo y tercer lugar se encuentran la excavación y el relleno con el 26% y 24% respectivamente. En el cuarto lugar se halla el costo de los pozos de inspección con el 12% y finalmente el entibado con el 6%.

Así las cosas se corroboran la importancia de la optimización en el uso de la tubería con su costo asociado a su suministro e instalación. De igual forma los componentes que de excavación, relleno, pozos de inspección y entibados, que en conjunto poseen la participación restante con el 67%, dado su costo asociado con la profundidad de la instalación de la red y su pendiente.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La función de costos consideró los cinco componentes empleados en la construcción de sistemas de alcantarillado, que son la excavación, el relleno, la tubería, los pozos de inspección y el entibado. Del análisis por componente individual de costo el que tiene más peso es la tubería; sin embargo, al utilizar un tipo particular de relleno en material de préstamo de cantera, este impuso su costo sobre los demás componentes de la red de alcantarillado.
- Con el fin de mantener la vigencia de las ecuaciones propuestas, se recomienda utilizar uno de los dos métodos señalados para actualizar los costos, el primero llevando a valor presente el costo de las actividades que componen los sistemas de alcantarillado y el segundo ampliando el universo de costos con nuevos datos de referencia.
- El costo del entibado está determinado por el número de usos dentro del proyecto, que es una variable asociada con el material y su aprovechamiento en la construcción del sistema de alcantarillado, por lo tanto entre más uso se le dé en la obra menor será su costo final.
- Para establecer el uso del entibado en la obra, además de seguir las recomendaciones del RAS, se debe evaluar la vulnerabilidad del entorno a posibles derrumbes de las paredes de la excavación.
- En los presupuestos de los contratos y licitaciones los costos de los pozos de inspección se manejan para cada componente el pozo, es decir, tapa, base con cañuela y cilindro, en el presente estudio se unificaron estas actividades a fin de establecer una formulación que pueda ser incluida de una manera sencilla en los programas para el cálculo de los costos de las redes.
- El tipo de material a excavar, el tipo de relleno y el uso de entibado quedan a criterio del diseñador quien basado en los estudios de suelos define entre cada alternativa y sus combinaciones. Si bien, se cuenta con la variación de los costos para la selección de la alternativa, es la evaluación del tipo de terreno la que debe primar para definir los componentes de la estructura del sistema de alcantarillado.

- Dada la diversidad de tipos de suelos existentes en Colombia, se debe tener presente que para definir el material de relleno es necesaria la evaluación de las características del suelo excavado y el tránsito sobre la red, entre otros, que si bien en la etapa de construcción del alcantarillado el tipo de material de relleno representa un costo alto, su inversión puede significar un ahorro en la etapa posterior que sería la pavimentación del corredor.
- El presente estudio ha sido elaborado tomando como referencia 43 proyectos y bases de datos en Colombia, los cuales pueden ser utilizados como un estimativo válido para la elaboración de presupuestos. Se recomienda evaluar las condiciones de accesibilidad de materiales y equipos, disponibilidad de mano de obra y las condiciones hidrológicas de la zona en donde se llevará a cabo el proyecto en que serán utilizadas las ecuaciones propuestas, toda vez que dichas condiciones pueden modificar sustancialmente los costos totales.
- La tubería como componente individual es preponderante en el costo de la red de alcantarillado; sin embargo, se ratifica que la suma de los componentes de excavación, rellenos, pozos y entibados tienen la mayor parte del peso en el presupuesto del sistema de alcantarillado.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Construdata. (2013). Alcantarillado, Sumideros y Pozos.

Salcedo Ballesteros, C. A. (2012). *Diseño optimizado de sistemas de alcantarillados utilizando los conceptos de Resiliencia y Potencia Unitaria*. Bogotá D.C: Universidad de los Andes.

Navarro Pérez, I. (2009). *Diseño Optimizado de Redes de Drenaje Urbano*. Bogotá D.C: Universidad de los Andes.

Copete Rivera, D. A. (2012). *Diseño Hidráulico Optimizado de Redes de Alcantarillado Usando los Conceptos de Potencia Unitaria y Pendiente Lógica*. Bogotá D.C: Universidad de los Andes.

Saldarriaga V., J. G. (2012). Sistema Integrado de Drenaje Urbano. Bogotá D.C, Colombia: Universidad de los Andes.

PAVCO. (2011). *Manual Técnico "Tubosistemas para Alcantarillado NOVALOC y NOVAFORT"*. Bogotá D.C.: Gerencia de Producto PAVCO.

PAVCO. (01 de Enero de 2013). *Lista de Precios Para Sistemas de Tuberías y Conexiones*. Recuperado el 27 de Agosto de 2012, de [http://pavco.com.co/files/data/20120313150545\\_s.pdf](http://pavco.com.co/files/data/20120313150545_s.pdf)

DANE. (Agosto de 2013). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística*. Recuperado Agosto de 2013, de <http://www.dane.gov.co/>

EAAB. (2000). *Requisitos Mínimos de Higiene y Seguridad Industrial en Excavaciones - NS 041*. Bogotá D.C.: Norma Técnica de Servicio.

EAAB. (2003). *Entibados y Tablestacados - NS 072*. Bogotá D.C.: Norma Técnica de Servicio.

IDU. (2013). *Listado de Precios de Referencia de Actividades de Obra*. Bogotá, D.C.

## 8. ANEXOS

### Anexo A. Datos de Excavaciones

<b>Costo Excavaciones por m<sup>3</sup></b>				
<b>Ciudad</b>	<b>Material Común 0-2 m</b>	<b>Material Común 2-4 m</b>	<b>Material Conglomerado 0-2 m</b>	<b>Material Conglomerado 2-4m</b>
Barranquilla	\$ 15,151.00			
Bogotá	\$ 15,151.00			
Cali	\$ 15,151.00			
Medellín	\$ 15,151.00			
Bogotá D.C.	\$ 20,870.00	\$ 26,918.00		
Floridablanca	\$ 23,000.00	\$ 25,500.00	\$ 25,000.00	\$ 27,500.00
Viterbo	\$ 14,764.68	\$ 21,039.51	\$ 19,909.43	\$ 26,553.80
Samaná	\$ 13,138.46	\$ 30,066.01	\$ 27,889.57	
Salamina	\$ 14,350.33	\$ 30,066.01	\$ 27,889.57	\$ 37,556.03
Montería	\$ 21,157.96	\$ 27,505.14		
Ciénaga y Pueblo Viejo	\$ 17,438.36	\$ 21,512.40	\$ 21,807.43	\$ 27,419.09
Granada			\$ 13,336.00	
Villavicencio			\$ 15,663.00	
Manizales	\$ 15,100.75	\$ 22,621.91	\$ 25,726.85	\$ 34,617.71
Pereira			\$ 26,354.59	
Villavicencio			\$ 16,643.66	
Manizales	\$ 13,843.68	\$ 16,013.53	\$ 19,007.97	\$ 22,832.30
Bogotá D.C.	\$ 17,957.05	\$ 25,768.30		
Cerrito			\$ 19,243.87	\$ 22,304.19
Bogotá D.C.	\$ 6,639.19			
Nuevo Caranal	\$ 24,571.80			
El Trébol-Buenaventura	\$ 16,271.75		\$ 20,339.42	
Belalcázar, La Dorada, Filadelfia, Marulanda, San José, Risaralda y Marquetalia -	\$ 14,150.78	\$ 20,267.16	\$ 19,825.12	\$ 26,349.54

<b>Costo Excavaciones por m<sup>3</sup></b>				
<b>Ciudad</b>	<b>Material Común 0-2 m</b>	<b>Material Común 2-4 m</b>	<b>Material Conglomerado 0-2 m</b>	<b>Material Conglomerado 2-4m</b>
Villavicencio	\$ 13,333.63			
Piedecuesta			\$ 25,502.64	\$ 36,128.74
Tubará	\$ 15,420.60			
El Banco	\$ 15,891.33	\$ 21,839.83	\$ 19,605.16	\$ 28,924.25
Barrancas	\$ 21,811.88		\$ 36,265.43	
Granada				\$ 26,125.80
Bogotá D.C.	\$ 24,118.49			
Filandia	\$ 13,703.69	\$ 16,444.42		
Acacías			\$ 13,836.34	\$ 27,693.50
Santa Rosa de Cabal	\$ 15,197.94	\$ 21,612.36		
Granada			\$ 14,620.19	\$ 29,261.21
Soledad	\$ 15,918.20			
Buenaventura	\$ 19,689.46		\$ 23,620.77	
Santa Ana Magdalena	\$ 14,224.43			
Angelópolis	\$ 14,325.28	\$ 19,603.94	\$ 16,787.56	
<b>Promedio</b>	<b>\$ 16,465.30</b>	<b>\$ 23,118.57</b>	<b>\$ 21,374.98</b>	<b>\$ 28,712.78</b>

**Anexo B. Datos de Rellenos**

<b>Costo Relleno por m<sup>3</sup></b>		
<b>Ciudad</b>	<b>Relleno con material seleccionado de la excavación</b>	<b>Relleno con material de préstamo de cantera</b>
Barranquilla	\$ 11,363.00	
Bogotá	\$ 11,363.00	\$ 23,448.00
Cali	\$ 11,363.00	
Medellín	\$ 11,363.00	
Floridablanca	\$ 10,000.00	
Viterbo	\$ 9,479.26	\$ 29,748.07
Montería	\$ 14,276.04	\$ 33,457.93
La Primavera- La Asomadera	\$ 12,521.24	\$ 24,853.99
Ciénaga y Pueblo Viejo	\$ 16,902.60	\$ 46,200.44
Granada	\$ 10,328.57	
Villavicencio	\$ 9,222.39	
Manizales	\$ 21,252.20	\$ 27,627.86
Pereira	\$ 12,078.69	\$ 43,341.74
Manizales	\$ 9,813.20	
Cerrito	\$ 17,830.60	\$ 45,458.46
Nuevo Caranal	\$ 24,394.34	
El Trébol-Buenaventura	\$ 14,042.39	
Belalcázar, La Dorada, Filadelfia, Marulanda, San José, Risaralda y Marquetalia -	\$ 12,886.27	\$ 30,313.08
Villavicencio	\$ 13,005.29	
Sabanas de Torres Santander	\$ 22,421.07	
Piedecuesta Santander	\$ 25,502.64	
El Banco	\$ 18,064.37	\$ 45,676.30
Barrancas	\$ 28,007.04	\$ 60,972.63
Granada	\$ 9,514.74	
Villagarzón	\$ 16,033.31	
Filandia	\$ 12,237.67	

<b>Costo Relleno por m<sup>3</sup></b>		
<b>Ciudad</b>	<b>Relleno con material seleccionado de la excavación</b>	<b>Relleno con material de préstamo de cantera</b>
San José del Guaviare	\$ 12,689.31	
Acacías	\$ 10,085.91	\$ 28,675.78
Santa Rosa de Cabal	\$ 12,157.91	\$ 31,891.22
Granada	\$ 10,655.99	
Soledad	\$ 11,488.07	\$ 38,163.12
Buenaventura	\$ 14,317.61	
Santa Ana Magdalena	\$ 14,224.43	
Caurú	\$ 40,332.14	\$ 145,538.35
Angelópolis	\$ 12,137.08	
<b>Promedio</b>	<b>\$ 14,952.98</b>	<b>\$ 43,691.13</b>

### Anexo C. Datos de Tuberías

Proyecto Costo por ml	Suministro e instalación Tubería 6"	Suministro e instalación de tubería 8"	Suministro e instalación de tubería 10"	Suministro e instalación de tubería 12"
PAVCO		\$ 25,388.33	\$ 36,907.67	\$ 54,569.33
Viterbo	\$ 29,339.65		\$ 56,402.76	\$ 80,617.37
Samaná	\$ 29,207.55		\$ 50,374.16	\$ 71,640.00
Salamina	\$ 29,206.89		\$ 50,373.47	\$ 71,640.00
Montería		\$ 62,048.00	\$ 84,872.00	\$ 113,562.00
Villavicencio		\$ 45,063.36	\$ 65,276.82	\$ 91,932.73
Cerrito			\$ 70,344.79	
Bogotá D.C.		\$ 59,155.51	\$ 82,394.79	\$ 107,833.67
Belalcázar, La Dorada, Filadelfia, Marulanda, San José, Risaralda y Marquetalia	\$ 68,163.54	\$ 89,719.03	\$ 124,266.70	\$ 144,629.99
Villavicencio				
Sabanas de Torres Santander	\$ 25,293.31	\$ 65,947.71	\$ 47,017.31	\$ 133,627.47
Piedecuesta		\$ 43,768.91		\$ 90,440.87
Tubará			\$ 110,712.29	\$ 176,750.32
El Banco				
Barrancas		\$ 25,592.96	\$ 37,205.17	\$ 85,203.27
Granada	\$ 40,480.13	\$ 48,209.56	\$ 79,081.57	\$ 117,409.92

<b>Proyecto Costo por ml</b>	<b>Suministro e instalación Tubería 6"</b>	<b>Suministro e instalación de tubería 8"</b>	<b>Suministro e instalación de tubería 10"</b>	<b>Suministro e instalación de tubería 12"</b>
Bogotá D.C.	\$ 45,489.66	\$ 61,380.45		
Acacías		\$ 43,851.79		
Granada		\$ 43,547.02		
Buenaventura		\$ 46,012.59	\$ 67,243.44	\$ 97,788.41
Santa Ana Magdalena		\$ 47,245.92	\$ 55,029.62	\$ 79,407.93
<b>Promedio</b>	<b>\$ 38,168.68</b>	<b>\$ 50,495.08</b>	<b>\$ 67,833.50</b>	<b>\$ 101,136.89</b>

<b>Proyecto</b>	<b>Suministro e instalación de tubería 14"</b>	<b>Suministro e instalación de tubería 16"</b>	<b>Suministro e instalación de tubería 18"</b>	<b>Suministro e instalación de tubería 20"</b>
PAVCO	\$ 63,061.17	\$ 84,522.50	\$ 111,167.50	\$ 137,987.67
Viterbo	\$ 96,840.17	\$ 125,663.12	\$ 160,567.28	\$ 194,217.03
Samaná	\$ 84,377.57	\$ 116,404.02	\$ 148,171.41	\$ 181,848.67
Salamina	\$ 84,377.57	\$ 116,404.02	-	-
Montería	\$ 133,421.00	\$ 180,544.00	\$ 224,279.00	\$ 266,612.00
Villavicencio	\$ 120,805.44	\$ 141,441.98	\$ 184,530.29	\$ 218,022.03
Manizales	\$ 106,030.43			
Cerrito		\$ 155,065.63		

<b>Proyecto</b>	<b>Suministro e instalación de tubería 14"</b>	<b>Suministro e instalación de tubería 16"</b>	<b>Suministro e instalación de tubería 18"</b>	<b>Suministro e instalación de tubería 20"</b>
Sabanas de Torres Santander				
Piedecuesta Santander		\$ 139,024.47		\$ 224,128.91
Tubará		\$ 275,179.89	\$ 341,863.99	\$ 428,916.20
Granada		\$ 122,722.97	\$ 267,220.94	
San José del Guaviare			\$ 252,699.25	
Buenaventura		\$ 150,496.07	\$ 195,341.11	\$ 241,500.60
Santa Ana Magdalena		\$ 122,994.42		
<b>Promedio</b>	<b>\$ 98,416.19</b>	<b>\$ 144,205.26</b>	<b>\$ 209,537.86</b>	<b>\$ 236,654.14</b>

Proyecto	Suministro e instalación de tubería 24"	Suministro e instalación de tubería 28"	Suministro e instalación de tubería 30"	Suministro e instalación de tubería 36"
PAVCO	\$ 188,157.08	\$ 202,690.92	\$ 253,070.31	\$ 489,926.92
Viterbo	\$ 320,623.24			
Samaná	\$ 269,713.01		\$ 294,710.99	\$ 569,206.48
Salamina	\$ 269,713.01			
Montería	\$ 344,885.00		\$ 453,757.00	
Villavicencio	\$ 317,810.88	\$ 406,830.22		
Piedecuesta Santander	\$ 292,838.35			
San José del Guaviare	\$ 442,818.71	\$ 551,086.60	\$ 647,436.66	\$ 1,093,143.01
Santa Rosa de Cabal	\$ 301,526.20			
<b>Promedio</b>	<b>\$ 305,342.83</b>	<b>\$ 386,869.25</b>	<b>\$ 412,243.74</b>	<b>\$ 717,425.47</b>

### Anexo D. Datos de Pozos de Inspección

<b>Costo Pozo de Inspección</b>			
<b>Ciudad</b>	<b>Tapa Pozo de Inspección en Concreto Reforz Clase I Vehicular D=1.20 (incluye tapa aro-contraro HF)</b>	<b>Cámara Circular de Inspección D=1.20 m. en Concreto 21 Mpa</b>	<b>Base-Cañuela Cámara Circular Inspec D=1.20 m en Concreto 21 Mpa (incluye base + Cañuela)</b>
	<b>Unidad</b>	<b>ml</b>	<b>Unidad</b>
Floridablanca	\$ 380,000.00		
Viterbo	\$ 405,861.13	\$ 330,449.32	\$ 276,392.44
Samaná	\$ 339,109.99		
Salamina	\$ 327,630.00	\$ 331,032.00	\$ 284,159.00
Marsella	\$ 297,945.72	\$ 484,533.00	\$ 312,028.14
Ciénaga y Pueblo Viejo	\$ 580,938.26	\$ 463,041.09	\$ 292,959.96
Pereira	\$ 396,285.57	\$ 330,710.83	\$ 269,771.21
Cerrito	\$ 646,991.42	\$ 727,005.97	\$ 241,106.24
Bogotá D.C.	\$ 116,887.11	\$ 366,600.49	\$ 579,122.52

<b>Costo Pozo de Inspección</b>			
<b>Ciudad</b>	<b>Tapa Pozo de Inspección en Concreto Reforz Clase I Vehicular D=1.20 (incluye tapa aro-contraaro HF)</b>	<b>Cámara Circular de Inspección D=1.20 m. en Concreto 21 Mpa</b>	<b>Base-Cañuela Cámara Circular Inspec D=1.20 m en Concreto 21 Mpa (incluye base + Cañuela)</b>
	<b>Unidad</b>	<b>ml</b>	<b>Unidad</b>
Nuevo Caranal	\$ 1,353,056.50	\$ 1,452,655.39	\$ 1,000,341.32
Belalcázar, La Dorada, Filadelfia, Marulanda, San José, Risaralda y Marquetalia	\$ 345,783.96	\$ 318,288.92	\$ 268,709.66
Villavicencio	\$ 486,539.42	\$ 395,617.19	\$ 653,329.89
Piedecuesta	\$ 658,818.27	\$ 584,435.57	\$ 425,044.05
Tubará			
El Banco	\$ 688,483.16	\$ 649,743.58	\$ 649,272.85
Barrancas	\$ 2,058,904.24	\$ 684,619.70	
Filandia	\$ 602,962.17	\$ 750,961.98	\$ 263,110.77
Acacías	\$ 496,417.66	\$ 497,306.76	\$ 586,999.02

<b>Costo Pozo de Inspección</b>			
<b>Ciudad</b>	<b>Tapa Pozo de Inspección en Concreto Reforz Clase I Vehicular D=1.20 (incluye tapa aro-contraaro HF)</b>	<b>Cámara Circular de Inspección D=1.20 m. en Concreto 21 Mpa</b>	<b>Base-Cañuela Cámara Circular Inspec D=1.20 m en Concreto 21 Mpa (incluye base + Cañuela)</b>
	<b>Unidad</b>	<b>ml</b>	<b>Unidad</b>
Santa Rosa de Cabal	\$ 705,949.21	\$ 382,383.26	\$ 276,578.75
Granada	\$ 524,516.79	\$ 525,456.32	\$ 803,812.16
Soledad			
Caurú	\$ 1,300,588.09	\$ 2,186,899.23	\$ 1,728,188.37
Angelópolis		\$ 478,761.83	\$ 819,053.95
<b>Promedio</b>	<b>\$ 635,683.43</b>	<b>\$ 628,447.50</b>	<b>\$ 540,554.46</b>

#### Anexo D. Datos de Entibados

<b>Costo Entibado en Madera</b>	
<b>Ciudad</b>	<b>Costo por m<sup>2</sup></b>
Santa Rosa de Cabal	\$ 18,502.72
Villavicencio	\$ 21,853.64
Viterbo	\$ 22,245.88
Angelópolis	\$ 22,603.17
Bogotá D.C.	\$ 23,033.00
Bogotá D.C.	\$ 23,115.00
Piedecuesta Santander	\$ 23,377.42
Tubará	\$ 23,895.98
Belalcázar, La Dorada, Filadelfia, Marulanda, San José, Risaralda y Marquetalia -	\$ 24,633.43
Soledad	\$ 26,274.93
Buenaventura	\$ 26,321.92
Cota	\$ 27,440.26
Salamina	\$ 28,313.22
Montería	\$ 30,324.70
Ciénaga y Pueblo Viejo	\$ 32,100.00
<b>Promedio</b>	<b>\$ 24,935.68</b>

<b>Costo Entibado Metálico</b>	
<b>Ciudad</b>	<b>Costo por m<sup>2</sup></b>
Santa Ana Magdalena	\$ 40,379.18
Montería	\$ 41,305.00
El Banco	\$ 45,297.60
Bogotá D.C.	\$ 57,900.56
Ciénaga y Pueblo Viejo	\$ 65,282.00
Bogotá D.C.	\$ 66,000.00
El Banco	\$ 74,188.00
Cota	\$ 87,703.59
<b>Promedio</b>	<b>\$ 59,756.99</b>