



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

**“ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE  
INUNDACIONES EN EL SECTOR IESS DE MILAGRO – PROVINCIA DEL  
GUAYAS”**

### **PROYECTO DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

### **INGENIERO CIVIL**

Presentado por:

**ANDRÉS GREGORIO VERA RIVERA**

**ABRAHAM LEONARDO VINUEZA PERALTA**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2017**

## DEDICATORIA

A Dios por su infinito amor y bendiciones de cada día, al pilar fundamental de mi vida, mis padres Carolina y Gregorio quienes nunca dejaron de apoyarme y guiarme con todas sus fuerzas y fe, a mis hermanos Juan y José, a mi Abuelo Galo que mira desde el cielo, a mi gran familia, amigos y compañeros de trabajo y a todo aquel que haya aportado en mi crecimiento personal y académico.

Andrés Gregorio Vera Rivera

## DEDICATORIA

Al Dios vivo y verdadero que me brinda de su amor y bendiciones cada día.

A mis amados padres Hugo y María Matilde, que con su amor supieron guiarme y darme ánimos en los momentos más difíciles de mi vida. A mi amada novia quien con su amor, paciencia y carisma me ha apoyado cada momento. A mi abuelo Misael quien con su ejemplo trabajador me inculcó ejemplos dignos de seguir. A mi hermano Andrés, mi hermosa familia, amigos y cada una de las personas que me ayudaron para bien en este arduo camino.

Abraham Leonardo Vinueza Peralta

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral, a todos los profesores de la Facultad de Ciencias de la Tierra que contribuyeron en nuestra formación académica. A nuestras familias por su apoyo incondicional y a nuestra amiga, la Ingeniera Sofía Velasteguí.

Andrés Gregorio Vera Rivera

Abraham Leonardo Vinueza Peralta

## **TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

---

**PhD. Miguel Ángel Chávez Moncayo**  
**DIRECTOR DE MATERIA INTEGRADORA**

---

**M. Sc. Alby del Pilar Aguilar Pesantes**  
**MIEMBRO EVALUADOR**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la  
ESPOL)

---

**Andrés Gregorio Vera Rivera**

---

**Abraham Leonardo Vinueza Peralta**

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se describe un importante proyecto de sistema de alcantarillado para aguas lluvias, en un área aproximada de 200.000 metros cuadrados, con una cantidad de habitantes hasta el 2015 de 1339, debido a que actualmente no poseen un sistema óptimo lo cual produce la presencia de inundaciones durante la temporada invernal.

Se comenzó con los estudios topográficos del lugar, geológicos, precipitaciones, suelo y demás que permitan analizar las condiciones para la implementación de un nuevo sistema.

Se plantearon tres alternativas para la solución de este problema de la ciudad de Milagro, permitiendo así una mejora notable en las condiciones económicas, de salud y tráfico.

## **ÍNDICE GENERAL**

DEDICATORIA.....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
AGRADECIMIENTO .....	4
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN .....	5
DECLARACIÓN EXPRESA.....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
RESUMEN.....	7
ÍNDICE GENERAL .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
CAPÍTULO 1.....	13
ASPECTOS GENERALES .....	13
1. Información General.....	14
1.1. Introducción .....	14
1.2. Antecedentes.....	15
1.2.1. Datos generales de la calle 24 de Mayo .....	15
1.2.2. Descripción del proyecto de dotación de sistema de alcantarillado de aguas lluvias a la ciudad de Milagro – calle 24 de Mayo .....	15
1.3. Objetivos.....	17
1.3.1. General .....	17
1.3.2. Específico.....	17
1.4. Información disponible .....	18
1.4.1. Ubicación Geográfica .....	18
1.4.2. Geología general .....	19
1.4.3. Clima e Hidrología.....	19
1.4.3.1. Precipitación.....	19
1.4.3.2. Temperatura.....	20
1.4.3.3. Evaporación .....	21
1.4.3.4. Humedad relativa .....	22
1.4.3.5. Heliofanía .....	23

1.4.3.6. Caudales.....	23
CAPÍTULO 2.....	25
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	25
2. Bases de diseño.....	26
2.1. Problemática de la zona .....	26
CAPÍTULO 3.....	42
METODOLOGÍA.....	42
3. Estudios Preliminares.....	43
3.1. Justificación .....	43
3.2. Estudio del suelo .....	43
3.3. Análisis de los sumideros .....	44
CAPÍTULO 4.....	57
CÁLCULO Y DISEÑO.....	57
CAPÍTULO 5.....	89
ESTUDIO AMBIENTAL.....	89
5. Estudio ambiental.....	90
5.1. Descripción física del área.....	90
5.2. Climatología.....	90
5.3. Flora y fauna.....	90
5.4. Evaluación de Impacto Ambiental.....	91
5.5. Manejo Ambiental .....	91
5.6. Evaluación de impacto.....	92
5.6.1. Etapa de construcción: .....	92
5.6.2. Durante la Fase de Operación.....	96
5.6.3. Después de Vida Útil .....	99
5.7. Plan de mitigación .....	101
5.8. Restricciones del proyecto.....	105
5.9. Parámetros de la matriz de evaluación.....	106
5.10. Facilidad de Ejecución .....	106
5.11. Facilidad de mantenimiento.....	107
5.12. Costo de Ejecución .....	107

5.13.	Eficiencia de las alternativas .....	107
5.14.	Matriz de evaluación .....	108
5.15.	Análisis de la matriz de evaluación.....	110
CAPÍTULO 6.....		111
ESTUDIO AMBIENTAL.....		111
6.1.	Trazado y Replanteo .....	112
6.1.1.	Descripción del rubro. ....	112
6.1.2.	Procedimiento de trabajo.....	112
6.1.3.	Medición y forma de pago .....	113
6.2.1.	Descripción del rubro. ....	113
6.2.2.	Procedimiento de trabajo.....	114
6.2.3.	Medición y Forma de Pago.....	115
6.3.1.	Descripción del rubro. ....	115
6.3.2.	Procedimiento de trabajo.....	116
6.3.3.	Medición y Forma de Pago.....	117
6.4.1.	Descripción del rubro .....	117
6.4.2.	Procedimiento de trabajo.....	117
6.4.3.	Medición y Forma de Pago.....	118
6.5.1.	Descripción del rubro .....	118
6.5.2.	Procedimiento de trabajo.....	119
6.5.3.	Medición y Forma de Pago.....	119
6.6.1.	Descripción del rubro. ....	120
6.6.2.	Procedimiento de trabajo.....	121
6.6.3.	Medición y Forma de Pago.....	121
6.7.1.	Descripción del rubro .....	121
6.7.2.	Procedimiento de trabajo.....	122
6.7.3.	Medición y Forma de Pago.....	122
6.8.1.	Descripción del rubro. ....	123
6.8.2.	Procedimiento de trabajo.....	123
6.8.3.	Medición y Forma de Pago.....	123
6.9.1.	Descripción de rubro .....	124

6.9.2. Procedimiento de trabajo.....	124
6.9.3. Medición y Forma de pago. ....	125
CAPÍTULO 7.....	126
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	126
7.1. Conclusiones.....	126
7.2. Recomendaciones.....	128
ANEXOS .....	130
BIBLIOGRAFÍA.....	131

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I Precipitación Media Mensual de los años 1.981-2.015 .....	20
Tabla II Temperatura Media Mensual de los años 1.981 – 2.015.....	21
Tabla III Evaporación Potencial Media Mensual de los años 1.981-2.015.....	21
Tabla IV Humedad Media Relativa Mensual de los años 1.981-2.015 .....	22
Tabla V Heliofanía Efectiva Media Mensual de los años 1.981-2.015.....	23
Tabla VI Caudales Medios Mensuales durante los años 1.971 - 2.015.....	24
Tabla VII Proyecciones de la población del Cantón Milagro 2.010 – 2.020 ...	28
Tabla VIII Tabla 3 de Dotaciones recomendadas .....	33
Tabla IX Valores del Coeficiente de Flujo Máximo .....	36
Tabla X Valores de Caudales de Infiltración .....	37
Tabla XI Valores de Coeficiente de Escurrimiento .....	40
Tabla XII Velocidades máximas y coeficientes de rugosidad .....	62
Tabla XIII Tabulación de Datos para el Cálculo hidráulico de alcantarillado pluvial de tubería PVC .....	67
Tabla XIV Tabulación de Datos para el Cálculo hidráulico de alcantarillado pluvial de tubería Hormigón .....	71
Tabla XV Longitud de tramos con sus respectivas pendientes .....	82
Tabla XVI Parámetros de evaluación de las alternativas .....	106
Tabla XVII Matriz de Evaluación .....	109

# **CAPÍTULO 1**

## **ASPECTOS GENERALES**

## **1. Información General**

### **1.1. Introducción**

El principal recurso del ser humano es el agua por lo tanto su control, uso y rehabilitación se constituye en una prioridad para la continuidad de nuestra especie. La presencia de lluvias durante el invierno generan precipitaciones altas las cuales pueden generar inundaciones y es necesario poseer un óptimo sistema de alcantarillado para su manejo.

En el caso de la ciudad de Milagro, en el sector del IESS de la calle 24 de Mayo, se ha determinado claramente que existe un déficit en el sistema de manejo de aguas lluvias, dicho escenario que se ha presentado año tras año en la presente década.

El presente estudio está orientado a resolver los problemas que enfrenta la calle 24 de Mayo debido a las precipitaciones de la época invernal.

Para la realización del diseño de una red de alcantarillado para aguas lluvias, se requiere previamente disponer de un trazado de la calle 24 de mayo para visualizar los niveles, conocer la separación entre los tramos de la vía, pendientes, entre otros factores de importancia.

## **1.2. Antecedentes**

### **1.2.1. Datos generales de la calle 24 de Mayo**

La forma como se encuentra la configuración del sistema de alcantarillado de aguas lluvias no cumple con las normativas debido a que cuando se presentan las lluvias estas se acumulan ocasionando problema en la sociedad.

### **1.2.2. Descripción del proyecto de dotación de sistema de alcantarillado de aguas lluvias a la ciudad de Milagro – calle 24 de Mayo**

En los trabajos de campo realizados se determinó que el área de estudio comprende aproximadamente 200.000 metros cuadrados, y en el sector habitan alrededor de 1.240 habitantes acorde a las proyecciones presentadas por el INEC para el 2017, los cuales sufren cada temporada daños por causas de inundaciones.

Los coeficientes pluviales han cambiado con el pasar de los años, mostrando variantes que notablemente han perjudicado a lo que en su inicio se consideró.

La cantidad de sumideros no cumplen con la normativa, además la presencia de desechos dentro de los mismos generan problemas durante la temporada

invernal. Las cajonetas de recolección de aguas lluvias y los mismos sumideros son relativamente estrechos como para albergar la cantidad de agua lluvia producida durante la época invernal.

El objetivo principal de Proyecto integrador del sistema de alcantarillado de aguas lluvias consiste en garantizar el funcionamiento del sistema, que abastezca el área requerida, y que las inundaciones no afecten a las viviendas.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. General**

- Analizar una solución técnica para el control de inundaciones en el sector IESS de Milagro, Provincia del Guayas.

#### **1.3.2. Específico**

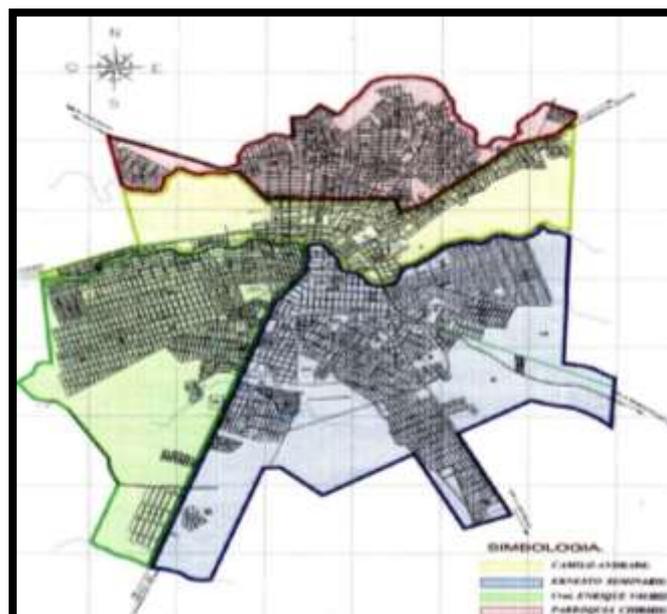
- Realizar un análisis del sitio para conocer el estado de la infraestructura del alcantarillado pluvial existente de la calle 24 de Mayo del cantón Milagro.
- Obtener datos e información geográfica sobre la ciudad de Milagro.
- Rediseñar, si así lo amerita, el sistema de alcantarillado pluvial eficiente.

## 1.4. Información disponible

Para la elaboración de este proyecto integrador se contó con información de varias fuentes, entre ellas:

### 1.4.1. Ubicación Geográfica

La calle 24 de Mayo se encuentra ubicado en el centro de la ciudad de Milagro, en la ciudadela el IESS. Tiene una extensión de aproximadamente 1.530 metros de longitud y un ancho promedio de 12,5 metros. Según los datos del Censo INEC 2.010 y sus respectivas proyecciones para el 2.017, esta área de estudio posee una población actualmente de 1.240 habitantes.



**Figura 1.1 Mapa del cantón Milagro**

Fuente: Víctor Vicuña, 2005

## **1.4.2. Geología general**

La geología de la Costa Ecuatoriana está relacionada a la subducción de la placa oceánica, debajo de la placa continental. Este proceso tectónico determina la formación de las cuencas orientales, de tres cordilleras Andinas, de un grupo de elevaciones denominadas cordilleras costeras y de la planicie costera.

En las condiciones geológicas actuales, el terreno donde se encuentra asentada la ciudad de Milagro posee una capa de Suelos arcillosos de 5 a 20 metros de espesor con intercalaciones de pequeñas capas arenosas. Debajo de esta capa se tienen suelos predominantemente arenosos, en los cuales se ha encontrado la existencia de un gran acuífero, el mismo que constituye un importante recurso.

## **1.4.3. Clima e Hidrología**

### **1.4.3.1. Precipitación**

La precipitación media mensual generada durante los años 1.981-2.015 es 122,6 mm. La precipitación máxima registrada fue 966,4 mm en el mes de marzo del año 1998 durante el fenómeno del Niño. En la siguiente tabla se

observan las precipitaciones medias mensuales, en donde, entre Enero-Abril se presentaron las de mayor magnitud.

**Tabla I Precipitación Media Mensual de los años 1.981-2.015**

<b>Mes</b>	<b>Precipitación media mínima(mm)</b>	<b>Precipitación media máxima (mm)</b>	<b>Precipitación media(mm)</b>
<b>Enero</b>	8,5	712,7	253,7
<b>Febrero</b>	67,8	846	401,2
<b>Marzo</b>	29,8	966,4	351,4
<b>Abril</b>	10,8	957,3	228,3
<b>Mayo</b>	0,6	517,8	83,4
<b>Junio</b>	0	446,7	25,7
<b>Julio</b>	0	456,4	21,1
<b>Agosto</b>	0	31,7	1,3
<b>Septiembre</b>	0	127,1	7,1
<b>Octubre</b>	0	50,5	4,1
<b>Noviembre</b>	0	551,2	24
<b>Diciembre</b>	0,1	595,5	69,5

**Fuente: INAMHI**

#### **1.4.3.2. Temperatura**

La temperatura media registrada varía de 23°C a 27°C, la temporada de más calor se da en la época invernal. La temperatura máxima registra 27,7°C.

En la siguiente tabla se describen las temperaturas medias durante los años 1.981-2.015.

**Tabla II Temperatura Media Mensual de los años 1.981 – 2.015**

<b>Mes</b>	<b>Precipitación media mínima(°C)</b>	<b>Precipitación media máxima (°C)</b>	<b>Precipitación media(°C)</b>
<b>Enero</b>	24,6	27,7	26,2
<b>Febrero</b>	25,4	27,4	26,2
<b>Marzo</b>	26,1	27,6	26,8
<b>Abril</b>	26	27,7	26,8
<b>Mayo</b>	24,9	27,5	26,2
<b>Junio</b>	23,3	27,2	24,9
<b>Julio</b>	22,8	27	24,3
<b>Agosto</b>	22,7	26,6	24,1
<b>Septiembre</b>	23,6	26,5	24,5
<b>Octubre</b>	23,6	26,9	24,7
<b>Noviembre</b>	24,1	26,7	25,1
<b>Diciembre</b>	25,1	27,1	26,2

Fuente: INAMHI

**1.4.3.3. Evaporación**

En la tabla III se visualizan las evaporaciones medias mensuales registradas en los años 1981-2015.

**Tabla III Evaporación Potencial Media Mensual de los años 1.981-2.015**

<b>Mes</b>	<b>Evaporación media mínima(mm)</b>	<b>Evaporación media máxima (mm)</b>	<b>Evaporación media(mm)</b>
<b>Enero</b>	64	150,6	109,6
<b>Febrero</b>	69,1	127	98,5
<b>Marzo</b>	77,3	227,4	125,5
<b>Abril</b>	74,5	139,4	121,5
<b>Mayo</b>	86,9	128	107,9
<b>Junio</b>	66,4	120,3	88,7
<b>Julio</b>	68,6	124,6	89,1
<b>Agosto</b>	57,3	121,2	96,6
<b>Septiembre</b>	82	134,9	106,7
<b>Octubre</b>	87,4	124,6	107,4

<b>Noviembre</b>	86,2	150,1	110,4
<b>Diciembre</b>	85,9	160,2	122,2

Fuente: INAMHI

#### 1.4.3.4. Humedad relativa

La humedad relativa se expresa en porcentaje del contenido de humedad del aire, con respecto al aire saturado hasta el punto de rocío. La zona en estudio se caracteriza por tener una elevada humedad relativa, en donde la humedad del ambiente oscila alrededor de 79%. La distribución mensual cubre un rango desde 68% hasta 88%, y se puede evidenciar que la humedad del ambiente es mayor en la época lluviosa que en la época de estiaje. A continuación se reportan los valores medios expresados en la siguiente tabla.

**Tabla IV Humedad Media Relativa Mensual de los años 1.981-2.015**

<b>Mes</b>	<b>Humedad mínima (%)</b>	<b>Humedad media máxima (%)</b>	<b>Humedad media (%)</b>
<b>Enero</b>	73	87	80
<b>Febrero</b>	78	88	83
<b>Marzo</b>	74	87	81
<b>Abril</b>	75	87	81
<b>Mayo</b>	76	84	80
<b>Junio</b>	77	83	80
<b>Julio</b>	75	83	80
<b>Agosto</b>	75	82	78
<b>Septiembre</b>	73	81	77
<b>Octubre</b>	74	85	77
<b>Noviembre</b>	71	86	75
<b>Diciembre</b>	68	87	74

Fuente: INAMHI

### 1.4.3.5. Heliofanía

En la tabla siguiente se encuentra registrado las cantidades de sol que se expresa en horas por mes. Se visualiza que en la época lluviosa son los mayores parámetros de heliófila. Esta relación es directamente proporcional a la evaporación.

**Tabla V Heliofanía Efectiva Media Mensual de los años 1.981-2.015**

<b>Mes</b>	<b>Heliofanía mínima (horas)</b>	<b>Heliofanía media máxima (horas)</b>	<b>Heliofanía media (horas)</b>
<b>Enero</b>	20,9	146,3	80
<b>Febrero</b>	45,3	110,4	77,6
<b>Marzo</b>	47,8	147,5	100,1
<b>Abril</b>	46,7	148,8	108,7
<b>Mayo</b>	38,6	156,8	93,4
<b>Junio</b>	30,3	156	64,3
<b>Julio</b>	33,8	136	61,8
<b>Agosto</b>	30,9	111	69,5
<b>Septiembre</b>	22,6	119,1	61,2
<b>Octubre</b>	26,9	88,3	51,2
<b>Noviembre</b>	36,1	119,6	66,3
<b>Diciembre</b>	20,9	146,3	80

Fuente: INAMHI

### 1.4.3.6. Caudales

El caudal media mensual durante los años 1.971-2.015 es 31,29 m<sup>3</sup>/s. El caudal máximo registrada fue 166,714 m<sup>3</sup>/s en el mes de marzo del año 2.008. Se observan los caudales medias mensuales, en donde los meses entre Enero- Junio son los que tienen los mayores caudales.

**Tabla VI Caudales Medios Mensuales durante los años 1.971 - 2.015**

<b>Mes</b>	<b>Caudal media mínima (m3/s)</b>	<b>Caudal media máxima (horas)</b>	<b>Caudal media (horas)</b>
<b>Enero</b>	0,011	68,831	24,879
<b>Febrero</b>	8,217	159,43	62,806
<b>Marzo</b>	10,412	166,714	77,196
<b>Abril</b>	22,469	132,15	75,794
<b>Mayo</b>	12,217	104,27	56,751
<b>Junio</b>	2,091	66,073	28,969
<b>Julio</b>	0,149	56,2	17,314
<b>Agosto</b>	0,363	20,572	7,561
<b>Septiembre</b>	0,377	26,596	5,978
<b>Octubre</b>	0,364	28,971	6,839
<b>Noviembre</b>	0,369	20,313	5,607
<b>Diciembre</b>	0,096	22,545	5,793

**Fuente: INAMHI**

## **CAPÍTULO 2**

### **DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

## **2. Bases de diseño**

### **2.1. Problemática de la zona**

El presente documento se desarrolló con el objetivo de diseñar una red que mejore la recolección de aguas pluviales de la calle 24 de Mayo, ya que es un punto del cantón Milagro que durante los inviernos ha sido afectado, causando molestias a los moradores aledaños.

Mejorando esta red pluvial se evitaría el principal problema que es la inundación del sitio, lo cual es un factor determinante ya que no permite el desarrollo urbano ocasionando pérdidas materiales y en casos más graves la pérdida de vidas humanas. Con este diseño de mejoramiento de la red pluvial se solucionaría la incapacidad hidráulica de la red colectora actual, la cual no está cumpliendo con su función, originando grandes acumulaciones de agua.

### **2.2. Planteamiento de Alternativas**

Para plantear las opciones del sistema de alcantarillado pluvial se consideran las características constructivas al igual que los costos que representaría llevar a cabo dicha solución, esperando obtener el óptimo funcionamiento.

Las condicionantes que se deben tomar en cuenta para el diseño son las pendientes existentes en las vías actuales, la topografía del área de estudio,

las actividades comerciales que allí se realizan y podrían afectar los sumideros del sector, así como la ubicación de las viviendas existentes, además los niveles de las viviendas respecto a las vías de acceso así como las pendientes del terreno.

Obteniéndose como opciones las siguientes:

- Sistema Pluvial con tuberías de PVC y pozos de revisión de hormigón.
- Sistema Pluvial con tuberías y pozos de revisión de hormigón.
- Sistema de aguas lluvias superficial.

Siguiendo lo anteriores descrito se plantean las alternativas que existen así como sus características. Además se debe presentar el recorrido del destino final de las aguas lluvias y posiblemente también las aguas negras, cumpliendo las normativas recomendadas.

### 2.3. Análisis Poblacional

El sistema pluvial que se implantará en el sector se relaciona con el beneficio que se brindará a la población que en esta habita, en conjunto con la ubicación que esta red va ser dispuesta. Se diseñará con una vida útil de 20 años (2037), por lo que se necesita estimar la población futura.

En base a la información obtenida en los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), se determinó la siguiente información:

**Tabla VII Proyecciones de la población del Cantón Milagro 2.010 – 2.020**

<b>Año</b>	<b>Población</b>
2010	172.73
2015	186.581
2020	199.835

**Fuente: INEC**

### 2.4. Población Futura por crecimiento aritmético

**Proyección de Población (Pu) al año 2035 (Tu)  
con datos de años 2.010 y 2.015**

DATOS	
<b>Pf</b>	186.581
<b>Po</b>	172.581
<b>Tf</b>	2010
<b>To</b>	2015

Pf = Población Futura

Po = Población Inicial

Pu = Población Futura calculada

Tf = Año Final del Último Censo

To = Año Inicial del Período de Diseño

Tu = Año Final del Período de Diseño Calculado

**[Ecuación 1]**

$$K1 = \frac{P_f - P_o}{T_f - T_o}$$

$$K1 = \frac{186.581 - 172.730}{2015 - 2010}$$

$$K1 = 2.770,2$$

- Población Futura

**[Ecuación 2]**

$$P_u = P_f + K * (T_u - T_f)$$

$$P_u = 186.581 + 2.770,2 * (2.037 - 2.015)$$

$$P_u = 186.581 + 60.944,4$$

$$P_{u1} = 247.526 \text{ habitantes}$$

## 2.5. Población Futura por crecimiento geométrico

**Proyección de Población (Pu) al año 2035 (Tu)  
con datos de años 2010 y 2015**

<b>DATOS</b>	
Pf	186.581
Po	172.581
Tf	2010
To	2015

Pf = Población Futura

Po = Población Inicial

Pu = Población Futura calculada

Tf = Año Final del Último Censo

To = Año Inicial del Período de Diseño

Tu = Año Final del Período de Diseño Calculado

r = Tasa de Crecimiento anual

- Cálculo Tasa de crecimiento anual (r)

**[Ecuación 3]**

$$r = \left( \frac{P_f}{P_o} \right)^{\frac{1}{t_f - t_o}} - 1$$

$$r = \left( \frac{186.581}{172.730} \right)^{\frac{1}{2015 - 2010}} - 1$$

$$r = 0.015$$

- Población Futura

**[Ecuación 4]**

$$P_u = P_f * (1 + r)^{(t_u - t_f)}$$

$$P_u = 186.581 * (1 + 0,015)^{(2037-2015)}$$

$$P_{u2} = 258.894 \text{ habitantes}$$

## 2.6. Población futura promedio

**[Ecuación 5]**

$$P_f = \frac{P_{u1} + P_{u2}}{2}$$

$$P_f = \frac{258.894 + 247.526}{2}$$

$$P_f = 253.210 \text{ habitantes}$$

Finalmente, el promedio de las proyecciones nos permite establecer cuál será la población a considerar para el diseño del sistema pluvial, habiendo tomado dos tipos de cálculo. Con este dato habrá que determinar más adelante cuál será la población que será beneficiada directamente por el sector del estudio.

## 2.7. Densidad de la Población

DATOS		
N° años	n	25
Área	A	3.100 Ha
Población Futura Promedio	Pf	253.210

### [Ecuación 6]

$$Densidad Futura = \frac{P_u}{A}$$

$$Densidad Futura = \frac{253.210}{3.100}$$

$$Densidad Futura = 82 \text{ hab/Ha}$$

## 2.8. Densidad de la Población

Según Norma INEN 005-9-1 (2003) de la Tabla 3, la dotación media futura según el número de habitantes es de 215 l/hab/día. Debido a que se trata de una zona urbanizada, con cierta cercanía a zonas agrícolas pero con una población del rango de habitantes entre 5.000 y 50000, además de un clima cálido.

**Tabla VIII Tabla 3 de Dotaciones recomendadas**

<b>Población (habitantes)</b>	<b>Clima</b>	<b>Dotación media Futura (l/hab/día)</b>
<b>Hasta 5.000</b>	Frío	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
<b>5.000 a 50.000</b>	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
<b>Más de 50.000</b>	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

**Fuente: INEN**

## **2.9. Área de Aportación**

Estas áreas son determinadas en base a las condiciones topográficas, así como los límites reales de desagüe o drenaje, allí las áreas corresponden principalmente actividades domiciliarias y/o de comercio.

Criterios seleccionados para realizar la aportación de las aguas negras al sistema de alcantarillado son del 80% en relación a la dotación del equipo de agua potable, los 20% restantes se deprecian como efecto de evaporaciones, infiltraciones, entre otras variables.

Sistema de alcantarillado pluvial: 20 Ha aproximadamente.

## 2.10. Caudales de Diseño

Se presentan las siguientes consideraciones para el diseño del alcantarillado de este estudio:

### 2.10.1. Factor de retorno

Determinado por la relación entre al agua de uso potable y las aguas residuales o negras, considerando que no toda el agua que llega a los domicilios o locales comerciales terminará en el alcantarillado ya que es consumida para distintos usos en el camino, de este modo se asume un valor de 0,80.

### 2.10.2. Caudal de Aguas Servidas

Considerando el sistema a proporcionar, el caudal medio final de las aguas servidas se determina de la siguiente manera:

#### [Ecuación 7]

$$Q_{mf} = \frac{\text{Población Final} * \text{Dotación Final}}{86400 * \frac{s}{\text{día}}} * \text{Factor A}$$

El factor A es un valor que hace referencia al retorno de las aguas residuales.

$$Q_{mf} = \frac{253.210 * 215}{86.400 * \frac{s}{día}} * 0.8$$

$$Q_{mf} = \frac{43'552.120}{86.400 * \frac{s}{día}}$$

$$Q_{mf} = 504,08 \text{ l/s}$$

El caudal medio final de las aguas servidas en este escenario es de 504,08 l/s.

### 2.10.3. Coeficiente de Flujo Máximo

Este valor comprenderá la relación entre el caudal medio final y el caudal máximo horario. El coeficiente cambia de acuerdo a diversos factores, entre estos, el clima, costumbres locales, etc. Este valor será obtenido mediante las ecuaciones que están relacionadas indirectamente con el número de habitantes (p):

Fórmula de Babbitt:

**[Ecuación 8]**

$$K = \frac{5}{P^{0,2}}$$

Fórmula de Harmon:

**[Ecuación 9]**

$$K = 1 + \frac{5}{4 + \sqrt{P}}$$

La siguiente tabla establece que para P=5,4 el valor promedio será de 3,39 de las ecuaciones de coeficiente de flujo máximo y para lo cual se indica K=3 para el cálculo de caudal.

**Tabla IX Valores del Coeficiente de Flujo Máximo**

P Miles	K		Promedio
	Babbitt	Harmon	
5,4	3,57	3,21	3,39

#### 2.10.4. Caudal máximo horario

Este valor comprenderá la relación entre el caudal medio final y el caudal máximo horario. El coeficiente cambia

**[Ecuación 10]**

$$Q_{mh} = K * Q_{mf}$$

Dónde:

Q<sub>mh</sub> = Caudal máximo horario

K = Coeficiente de flujo máximo

$$Q_{mh} = 3 * 504,08$$

$$Q_{mh} = 1.512,24 \text{ l/s}$$

### 2.10.5. Caudal de Infiltración

Considerando los siguientes aspectos se calculará el caudal de infiltración:

- Nivel freático sobre el fondo del colector,
- Dimensiones, estado y tipo de alcantarillas.
- Precauciones para construcción de cámaras de inspección.
- Permeabilidad del suelo y volumen de precipitación anual.
- Tipo de materiales de la tubería y clase de unión.

En la siguiente tabla V se muestra las tasas de infiltración respecto al tipo de tubería, al tipo de unión y su nivel freático.

**Tabla X Valores de Caudales de Infiltración**

	Caudales de Infiltración (l/s/km)							
	Tubo de cemento		Tubo de arcilla		Tubo de arcilla vitrificada		Tubo de P.V.C.	
Unión	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma
Nivel freático bajo	0,5	0,2	0,5	0,1	0,2	0,1	0,1	0,05
Nivel freático alto	0,8	0,2	0,7	0,1	0,3	0,1	0,15	0,5

Fuente: OPS/CEPIS/05.169.UNATSABAR

Acorde a las condiciones de la zona de estudio se estimó que el nivel freático sea alto debido a la cercanía que presenta a ríos y otros cuerpos de agua, las alternativas a plantear para este proyecto son:

- Tubería de cemento con unión de goma: 0,2 l/s/km
- Tubería de P.V.C. con unión de goma: 0,5 l/s/km

En este caso el recorrido total de tubería de los colectores del sistema de alcantarillado de la red es de 1.527 metros lineales, que al multiplicar por los valores de caudales de infiltración otorga los siguientes resultados:

- Tubería de cemento con unión de goma: 0,31 l/s
- Tubería de P.V.C. con unión de goma: 0,76 l/s

#### **2.10.6. Caudal de Conexiones Erradas**

Considerando que, debido a las costumbres locales y una falta de control exhaustivo, podrían existir conexiones en mal estado o inconclusas que se empaten directamente al sistema de aguas pluviales. Se estimará un 10% del caudal máximo horario de aguas residuales, cumpliendo lo indicado en la norma OPS/CEPIS

Por lo tanto, el caudal total de diseño para aguas servidas es:

**[Ecuación 11]**

$$Q_d = Q_{mh} + Q_{inf}$$

$$Q_d = 1512,24 + 0,5$$

$$Q_d = 1512,74$$

**2.10.7. Caudal de aguas lluvias**

Con el fin de evitar el ingreso de grandes caudales relacionados con las lluvias que se presentan en el sector, se calcula la afectación que este factor pueda representar en las redes instaladas y los sistemas de tratamientos presentes. De esta manera, se necesita determinar la magnitud con la que llegará a cada vía de entrada de las plantas de tratamiento. Considerando que, en el sector IESS del cantón Milagro se calcula el sistema de aguas lluvias y que el área de aportación es de 20 Ha, acorde a la norma CPE INEN 5 Parte 9-1, se aplicará la ecuación en la que se encuentre el área de estudio antes nombrada, siendo inferior a 5 kilómetros cuadrados:

**[Ecuación 12]**

$$Q = 0,00278 * C * I * A$$

Q = Caudal de escurrimiento (m<sup>3</sup>/s)

C = Coeficiente de esorrentía

I = Intensidad de lluvia (mm/h)

A = Área de aportación (Ha)

### 2.10.8. Coeficiente de Escorrentía

Este sector del cantón Milagro posee vías pavimentadas además de un crecimiento poblacional y económico de consideración. Las calles, pese a un mantenimiento deficiente, permiten el libre tránsito. Considerando lo anterior descrito se toma como referencia la siguiente información:

**Tabla XI Valores de Coeficiente de Escurrimiento**

<b>Tipo de zona</b>	<b>Valores de C</b>
Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas	0,7 – 0,9
Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas	0,55 – 0,65
Zonas residenciales con baja densidad	0,35 – 0,55
Parques, campos de deportes	0,1 – 0,2

**Fuente:** CPE INEN 5, Parte 9 – 1: 1992

Así pues, considerando al sector de estudio como una zona central densamente construida, con vías y calzadas pavimentadas, se selecciona como coeficiente de escurrimiento el valor de **C = 0,85**.

### **2.10.9. Identificación y selección de sistemas alcantarillado pluvial**

El planteamiento de la red de alcantarillado pluvial dependerá de los factores que fueron descritos anteriormente. Las soluciones para esta problemática deberán ser analizadas considerando las ventajas y desventajas de las mismas. Establecidos los cálculos del caudal medio final, caudal de infiltración y la escorrentía que se produce en el sitio, se determinará qué tipo de alcantarillado presenta un mejor comportamiento ante esta situación.

## **CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA**

### 3. Estudios Preliminares

#### 3.1. Justificación

El estudio de suelo se lo realiza con la finalidad de conocer las condiciones geotécnicas propias del lugar del proyecto. De esta forma se pudo saber que el suelo se encuentra pavimentado.

#### 3.2. Estudio del suelo

Se tomará como base para el análisis los estudios realizados por el laboratorio de suelos y materiales con firma del Ingeniero Geotécnico Francisco Grau Arostegui para la construcción del puente Valdez ubicado a 1670 metros aproximadamente de la calle de estudio.



**Figura 3.1. Distancia del Pte. Valdez con respecto a la calle 24 de Mayo**

**Fuente: Google earth, Noviembre 2016**

### **3.3. Análisis de los sumideros**

Los sumideros que se encuentran a lo largo de la calle 24 de Mayo del cantón Milagro, se ubican esencialmente en las esquinas de cada intersección que presenta la calle analizada, formando parte de un sistema que se rige a la trama urbana establecida desde un principio, fuera de eso la viabilidad y eficacia de cada una, pende de las longitudes a las que debe servir cada sumidero.

Existen normativas dentro de la ingeniería civil que, permiten establecer diseños adaptables a cualquier condición y que a su vez logre ejecutar su función de manera eficaz, que es lo que se busca dentro del sitio analizado.

Acorde a las intersecciones tenemos que:

Dentro de la calle 24 de Mayo y calle los Chirijos existe un sumidero en cada esquina de la intersección. El material que compone la entrada del sumidero es de hormigón con aberturas circulares y conexión hacia una caja de revisión ubicada en cada esquina.

Las canaletas de recolección no se encuentran relativamente bien diseñadas, sino que simplemente marcan el contorno de los distintos tipos de asfaltos y niveles que existen entre la calle, la zanja y los bordillos de la acera.



**Figura 3.2. Sumidero pluvial ubicado en la intersección de las calles 24 de Mayo y Los Chirijos.**  
**Fuente: Tomada por el autor**

En la intersección de las calles 24 de Mayo y Ernesto Seminario, existen 4 sumideros pluviales, uno en cada esquina con su respectiva caja de revisión. 2 de dichos sumideros están compuestos por rejillas de varillas de acero y los 2 restantes poseen tapas de hormigón con aberturas circulares. No poseen canaletas bien definidas o adaptadas a un sistema pluvial puesto que, solo se puede denotar las diferencias entre los distintos tipos de asfaltos y niveles que existen entre la calle, la zanja y los bordillos de la acera.



**Figura 3.03.** Sumidero pluvial ubicado en la intersección de las calles 24 de Mayo.  
**Fuente:** Tomada por el autor



**Fig. 3.4.** Sumidero pluvial (hormigón) ubicado en la intersección de las calles 24 de Mayo y Ernesto Seminario.  
**Fuente:** Tomada por el autor

En la intersección de las calles 24 de Mayo y Simón Bolívar, existen 3 puntos de drenaje pluvial, ubicados en las esquinas de cada cuadra, correspondientemente, y cuentan con su respectiva caja de revisión. Dentro de los 3 puntos de drenaje tenemos que dichos sumideros están compuestos estructuralmente por rejillas de varillas de acero. No se visualizan canaletas

formadas de manera correcta para ejercer de manera eficiente el direccionamiento de las aguas lluvias hacia los debidos puntos de drenaje.



**Fig. 3.5** Sumidero pluvial (metálico) ubicado en la intersección de las calles 24 de Mayo y Simón Bolívar.

**Fuente:** Tomada por el autor

En la intersección de las calles 24 de Mayo y Pedro Carbo, existen 2 puntos de drenaje pluvial, ubicados en las esquinas de cada cuadra, correspondientemente, y cuentan con su respectiva caja de revisión. Dichos puntos de drenaje están compuestos por una estructura de acero, que no logra abastecer la cantidad de lluvia generada durante las épocas invernales. Fuera de eso, se pueden visualizar la aplicación y correcto diseño de canaletas de hormigón y bordillos bien marcados pero en las esquinas donde no existen puntos de drenaje.



**Fig. 3.6.** Sumidero pluvial (metálico) ubicado en la intersección de las calles 24 de Mayo y Pedro Carbo.

**Fuente:** Tomada por el autor



**Fig. 3.7.** Presencia de canaletas de hormigón para el direccionamiento de aguas pluviales.

**Fuente:** Tomada por el autor

En la intersección de las calles 24 de Mayo y 9 de Octubre, existen 4 sumideros pluviales, uno en cada esquina con su respectiva caja de revisión. 2 de dichos sumideros están compuestos por rejillas de varillas de acero y los 2 restantes poseen tapas de hormigón con aberturas circulares. No poseen canaletas al

contorno de las calles, sino más bien unos cuantos metros cercanos a los puntos de drenaje, una solución forzada para la canalización de mayor volumen de aguas pluviales.



**Fig. 3.8.** Visualización de punto de drenaje pluvial (metálico) y canaletas de direccionamiento de aguas pluviales en la intersección de las calles 24 de Mayo y 9 de Octubre.

**Fuente:** Tomada por el autor

En la intersección de las calles 24 de Mayo y Rocafuerte, existen 4 sumideros pluviales, uno en cada esquina con su respectiva caja de revisión. 2 de dichos sumideros están compuestos por rejillas de varillas de acero y los 2 restantes poseen tapas de hormigón con aberturas circulares. Se visualizan la adaptación de canaletas de hormigón para el correcto direccionamiento de las aguas pluviales hacia los puntos de drenaje, y soluciones que han priorizado el flujo de personas con discapacidad.



**Fig. 3.9.** Solución entre la rampa de la acera, las canaletas y el punto de drenaje pluvial.  
**Fuente:** Tomada por el autor



**Fig. 3.10.** Visualización de punto de drenaje pluvial (hormigón) y canaletas de direccionamiento de aguas pluviales en la intersección de las calles 24 de Mayo y Rocafuerte.  
**Fuente:** Tomada por el autor

En la intersección de las calles 24 de Mayo y 12 de Febrero, existen 4 sumideros pluviales, uno en cada esquina con su respectiva caja de revisión. 2 de dichos sumideros están compuestos por rejillas de varillas de acero y los otros 2 son de hormigón con aberturas en rejillas. No poseen canaletas al

contorno de las calles, sino más bien unos cuantos metros cercanos a los puntos de drenaje, una solución forzada para la canalización de mayor volumen de aguas pluviales, y otra problemática es que 2 de los 4 puntos de drenaje pluvial son relativamente pequeños.



**Fig. 3.11.** Visualización de punto de drenaje pluvial (hormigón) y canaletas de direccionamiento de aguas pluviales en la intersección de las calles 24 de Mayo y 12 de Febrero.

**Fuente:** Tomada por el autor

En la intersección de las calles 24 de Mayo y Miguel Valverde, existen 4 sumideros pluviales, uno en cada esquina con su respectiva caja de revisión. Los 4 puntos de drenaje se componen por tapas de hormigón con aberturas circulares. En la sección de las esquinas se encuentran formadas unas canaletas que dirigen las aguas pluviales hacia los puntos de drenaje.



**Fig. 3.12.** Presencia de puntos de drenaje compuestos por tapas de hormigón con aberturas circulares y caja de revisión en la intersección de las calles 24 de Mayo y Miguel Valverde.  
**Fuente:** Tomada por el autor

En la intersección de las calles 24 de Mayo y Manabí, existen 4 sumideros pluviales, uno en cada esquina con su respectiva caja de revisión. Los 4 puntos de drenaje poseen tapas conformadas por hormigón con aberturas circulares. No se observa la correcta aplicación de las canaletas de direccionamiento de aguas pluviales, sino más bien una zanja formada entre el asfalto de la calle y el bordillo de la acera.



**Fig. 3.13.** Avistamiento de los puntos de drenaje en la intersección de las calles 24 de Mayo y Manabí. Se observan tapas de hormigón armado y la tapa de su respectiva caja de revisión.

**Fuente:** Tomada por el autor

En la intersección de las calles 24 de Mayo y Gral. Eloy Alfaro, existen 2 sumideros pluviales, uno en cada esquina con su respectiva caja de revisión. Los 2 puntos de drenaje poseen tapas conformadas por hormigón con aberturas circulares. No se observa la correcta aplicación de las canaletas de direccionamiento de aguas pluviales, sino más bien una zanja formada entre el asfalto de la calle y el bordillo de la acera donde se encuentran los drenajes y en las otras cuadras se observa la adaptación de canaletas para el direccionamiento de las aguas pluviales, pero no hay presencia de los puntos de drenaje en las esquinas de dichas cuadras.



**Fig. 3.14.** Avistamiento de los puntos de drenaje en la intersección de las calles 24 de Mayo y Gral. Eloy Alfaro. Se observan tapas de hormigón armado y la tapa de su respectiva caja de revisión.

**Fuente:** Tomada por el autor

En la intersección de las calles 24 de mayo y Eplicachima, se observa un punto de drenaje para aguas pluviales. Está conformado por una tapa de hormigón, la cual tiene aberturas circulares. Cuenta con su propia caja de revisión y se

denota la presencia de canaletas para el direccionamiento de aguas pluviales hacia el punto adecuado.



**Fig. 3.15.** Presencia de un punto de drenaje en la intersección de las calles 24 de Mayo y Eplicachima. Dicho punto posee una tapa de hormigón y sus respectivas canaletas de drenaje.

**Fuente:** Tomada por el autor

En la intersección de las calles 24 de Mayo y S/N, se encuentran 4 puntos de drenaje pluvial, los mismos que constan con tapas conformadas en hormigón armado con aberturas circulares. Se observa la aplicación de las canaletas para el direccionamiento de las aguas lluvias hacia los puntos de drenaje, y no poseen tapa que permita el acceso hacia las cajas de revisión de cada drenaje.



**Fig. 3.16.** Presencia puntos de drenaje en la intersección de las calles 24 de Mayo y S/N. Dichos puntos posee una tapa de hormigón y sus respectivas canaletas de drenaje.

**Fuente:** Tomada por el autor

En la intersección de las calles 24 de Mayo y Coronel Luis Vargas, se observan 4 puntos de drenaje pluvial, uno por cada esquina de cada cuadra. Dichos puntos de drenaje cuentan con tapas compuestas por hormigón con aberturas circulares, y las 4 cuadras poseen canaletas de direccionamiento de aguas lluvias hacia sus respectivos puntos. Solo se visualiza una tapa de acceso hacia las cajas de revisión, cuando debería existir una por cada punto.



**Fig. 3.17.** Presencia de un punto de drenaje en la intersección de las calles 24 de Mayo y Coronel Luis Vargas. Dicho punto posee canaletas de direccionamiento de aguas pluviales.

**Fuente:** Tomada por el autor

En la intersección de la calle 24 de Mayo con la avenida Amazonas, se observan 4 puntos de drenaje, uno por cada cuadra. Dichos puntos de drenaje cuentan con una tapa compuesta por varillas de acero. También se visualiza la presencia de canaletas para el direccionamiento de las aguas lluvias hacia sus respectivos puntos de drenaje.



**Fig. 3.18.-** Visualización de punto de drenaje en la intersección de las calles 24 de Mayo y av. Amazonas. Dicho punto posee canaletas de direccionamiento de aguas pluviales.

**Fuente:** Tomada por el autor

# **CAPÍTULO 4**

## **CÁLCULO Y DISEÑO**

### **4. Cálculo y diseño**

#### **4.1. Hidráulica de las alcantarillas**

El sistema de aguas lluvias usa tuberías como conductos de circulación con flujo a gravedad, donde las tuberías funcionan a una capacidad de llenado de 50% de su diámetro nominal, de esta manera se garantiza la circulación

adecuada del caudal de esorrentía, buscando que la línea de gradiente hidráulico coincida con la superficie del terreno de estudio.

## **4.2. Tuberías**

### **4.2.1. Material de las tuberías**

Se plantea para este proyecto en el sector de Milagro, el uso de tuberías de PVC y hormigón debido a su facilidad de adquisición en el mercado y bajos costos respecto otros materiales implementados en este tipo de sistemas.

Se ha tenido en cuenta las ventajas y desventajas de los materiales mencionados de acuerdo a la zona, que por ubicación geográfica tiene un alto nivel freático.

En el caso del PVC poseen menor rugosidad permitiendo mayor eficiencia hidráulica de la sección del tubo respecto a velocidad de flujo, además son más ligeras y presentan mayor facilidad constructiva respecto a las de hormigón.

Las tuberías de hormigón son elementos más difíciles de maniobrar en campo por su peso, sin embargo, poseen mayor vida útil por su resistencia mecánica, además que abarata costos respecto a la implementación de relleno de zanjas.

#### 4.2.2. Dimensiones de las Tuberías

Se ha considerado un diámetro mínimo de 200 mm para el sistema de alcantarillado pluvial con tuberías de PVC, y un diámetro de 300 mm para tuberías de hormigón.

A partir de lo anterior se procedió a diseñar el sistema de alcantarillado pluvial, donde el diámetro de la tubería vario de acuerdo a las condiciones del terreno.

#### 4.2.3. Capacidad de las Tuberías

Las formulas empleadas en este proyecto, son las fórmulas de Manning:

- Flujo a tubo lleno:

**[Ecuación 13]**

$$v = \frac{l}{n} * Rh_3^2 * S_2^1$$

**[Ecuación 14]**

$$Q = V * A$$

Dónde:

V = velocidad de flujo totalmente lleno (m/s)

n = coeficiente de rugosidad

Rh = radio hidráulico (m)

S = gradiente de energía

Q = caudal de flujo totalmente lleno ( $m^3/s$ )

A = área ( $m^2$ )

- Flujo de Tuberías parcialmente llenas.

**[Ecuación 15]**

$$\frac{v}{V} = \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\frac{q}{Q} = \frac{\theta}{(2 * \pi) * \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)^{5/3}}$$

$$\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = 1 - 2 * \left(\frac{d}{D}\right)$$

En donde:

$V$  = velocidad de flujo totalmente lleno. (m/s)

$v$  = velocidad de flujo parcialmente lleno. (m/s)

$d$  = calado. (m)

- Caudal de Escorrentía

**[Ecuación 16]**

$$Q = \frac{C * I * A}{86.400 \left(\frac{\text{día}}{\text{s}}\right)}$$

Dónde:

$Q$  = Caudal de aguas lluvias e ilícitas (l/hab\*día).

$C$  = Coeficiente de escurrimiento.

$I$  = Intensidad de lluvia (mm/hora).

$A$  = Área total de drenaje aportante (ha)

- Tiempo de concentración

**[Ecuación 17]**

$$t_c = t_i + t_f$$

Dónde:

$t_c$  =Tiempo de concentración

$t_i$  = Tiempo inicial o de entrada al sistema de alcantarillado

$t_f$  = Tiempo de flujo a lo largo de los conductos del sistema de alcantarillado

#### 4.2.4. Velocidades Máximas

La velocidad máxima en la red de alcantarillado pluvial se debe tener en cuenta para evitar daños en la sección interna de la tubería causados por turbulencias dentro de la misma por la velocidad del flujo. En la Tabla se establecen rangos de velocidades de acuerdo al material.

**Tabla XII Velocidades máximas y coeficientes de rugosidad**

<b>Material</b>	<b>Velocidad máxima (m/s)</b>	<b>Coefficiente de Rugosidad</b>
Hormigón Simple:	0	0
Con uniones de Mortero	4	0,013
Con uniones de mortero para nivel freático alto	3,5 - 4	0,013
Asbesto cemento	4,5 - 5	0,011
Plástico	4,5	0,011

**Fuente:** CPE INEN 5 Parte 9-1

#### **4.2.5. Velocidades Mínimas**

La velocidad mínima de la red de alcantarillado pluvial se debe tomar de tal manera que no se formen sedimentos con el material sólido que pase del desbaste de las alcantarillas en el fondo de las tuberías, ya que produce una disminución del área hidráulica. Se considera una velocidad mínima de 1,03 m/s para la sección semillena.

#### **4.2.6. Áreas Tributarias**

En este caso, las áreas tributarias o de aportación para el alcantarillado pluvial, han sido consideradas los diferentes tipos de espacio donde se puede escurrir el agua lluvia y los lugares con mayor vulnerabilidad a sufrir inundaciones.

Se analiza la situación a modo de generar una solución práctica y económica para la eficiente evacuación de aguas pluviales dentro del sector estudiado.

#### **4.2.7. Coeficiente de escurrimiento.**

Este factor, en esencia, estudia y analiza la relación existente entre el agua que se escurre, debido a la presencia de aguas no evaporadas, infiltradas o estancadas, y la precipitación total para las áreas consideradas en el diseño.

Existen valores que se establecen en las normativas vigentes tales como las presentadas en el cuadro de coeficientes de escurrimiento en el Art. 5.4.2.2.

### **4.3. Elementos del Sistema**

#### **4.3.1. Pozos de Revisión**

Se ubican pozos de inspección con una distancia mínima entre ellos de 50 m, con un diámetro de 600 mm. Se consideró esta separación debido a los cambios de dirección del sector y pendientes.

Los pozos de revisión tendrán tapas circulares, fundidas con hormigón armado.



Las

especificaciones constructivas del pozo se harán de acuerdo a la norma CPE INEN 5, para que de esta manera se asegure el espacio de trabajo del personal de inspección y mantenimiento; así como la eficiencia hidráulica del pozo como componente del sistema pluvial.

**Fig. 4.1.-** Toma fotográfica de un pozo de inspección junto a las vías.  
**Fuente:** Tomada por el autor

#### **4.4. Alternativa 1: Alcantarillado Pluvial de Tubería PVC - Cálculos Hidráulicos**

#### 4.4.1. Datos de Diseño del Proyecto

Poblacion Actual	588,6 hab
Poblacion Futura Promedio	676,9 hab
Densidad de Diseño	65,4 hab/ha
Area de Aportacion	650 ha
Dotacion	80 lt/hab/dia
Intensidad de Lluvia	0,33 mm/h
Coefficiente de Escorrentia	0,85
Longitud tuberia Principal	
Coefficiente de Rugosidad	0,009

#### 4.4.2. Descripción de Hoja de cálculo de diseño de red de alcantarillado pluvial

En la tabla de datos se describe los cálculos de pre diseño del sistema de alcantarillado pluvial de la comunidad de Milagro, donde se tuvo presente el control de velocidades mínimas y máximas, así como un control de las pendientes respecto al nivel del terreno para facilidades constructivas y económicas.

En esta primera alternativa se utiliza tuberías de PVC, con cámaras de inspección de hormigón armado de 600 mm de diámetro con diferentes profundidades dependiendo del tramo de la red. Los cortes de terreno requeridos son hasta 4,64 m debido a la topografía del terreno, lo que puede afectar al presupuesto final del diseño.

El caudal total del sistema pluvial es de 11,13 l/s, cumpliéndose todos los requisitos hidráulicos ya mencionados, por lo que la alternativa 1 es un diseño óptimo para la comunidad de Milagro.

En la siguiente página se muestran los cálculos realizados para la alternativa 1.

**Tabla XIII Tabulación de Datos para el Cálculo hidráulico de alcantarillado pluvial de tubería PVC**

ALCANTARILLADO PLUVIAL TUBERIA PVC																		
TABULACION DE DATOS PARA CALCULO HIDRAULICO (Flujo y Diseño)															Hoja 1/2			
NOMBRES DE CALLES	POZO No	LONG. m	TC min	ÁREA APORTANTE		COEFICIENTE ESCORRENTÍA "C"	INTENSIDAD LLUVIA i/0.36	Qd L/S	TUBERIAS				Tf min	H m	COTAS		CORTE m	RELL. m
				PARC. ha.	ACUM. ha.				Ø mm	S %	LLENA				TERR. m	PROY. m		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TRAMO 1-2	1														29,58	28,14	1,44	
	2	57,85	5,00	0,13	0,13	0,85	237,45	30,27	200,00	7,00	1,03	0,03	0,93	0,40	29,35	27,74	1,61	
TRAMO 2-3	2														29,35	27,74	1,61	
	3	53,50	5,93	0,19	0,31	0,85	232,07	72,99	250,00	11,00	1,50	0,07	0,59	0,59	29,28	27,15	2,13	
TRAMO 3-4	3														29,28	27,15	2,13	
	4	53,50	6,53	0,10	0,42	0,85	228,78	95,29	300,00	7,00	1,35	0,10	0,66	0,37	28,53	26,77	1,76	
TRAMO 4-5	4														28,53	26,77	1,76	
	5	99,91	7,19	0,34	0,76	0,85	225,23	170,39	350,00	10,00	1,79	0,17	0,93	1,00	28,02	25,77	2,25	
TRAMO 5-6	5														28,02	25,77	2,25	
	6	99,91	8,12	0,30	1,05	0,85	220,41	232,32	400,00	9,00	1,86	0,23	0,90	0,90	27,57	24,87	2,70	
TRAMO 6-7	6														27,57	24,87	2,70	
	7	64,11	9,02	0,18	1,23	0,85	215,94	266,15	450,00	7,00	1,77	0,28	0,60	0,45	26,59	24,42	2,17	
TRAMO 7-8	7														26,59	24,42	2,17	
	8	73,28	9,62	0,26	1,50	0,85	213,06	318,74	450,00	9,00	2,01	0,32	0,61	0,66	25,72	23,77	1,95	
TRAMO 8-9	8														25,72	23,77	1,95	
	9	59,41	10,23	0,13	1,62	0,85	210,21	341,27	500,00	6,00	1,76	0,35	0,56	0,36	24,79	23,41	1,38	
TRAMO 9-10	9														24,79	23,41	1,38	
	10	59,41	10,79	0,14	1,77	0,85	207,66	367,13	500,00	7,00	1,90	0,37	0,52	0,42	24,79	22,99	1,80	
TRAMO 10-11	10														24,79	22,99	1,80	
	11	53,35	11,31	0,13	1,90	0,85	205,34	389,22	500,00	8,00	2,03	0,40	0,44	0,43	24,38	22,57	1,81	
TRAMO 11-12	11														24,38	22,57	1,81	
	12	53,35	11,75	0,15	2,05	0,85	203,42	416,71	500,00	9,00	2,16	0,42	0,41	0,48	24,22	22,09	2,13	
TRAMO 12-13	12														24,22	22,09	2,13	
	13	53,14	12,16	0,17	2,22	0,85	201,67	447,40	550,00	7,00	2,03	0,48	0,44	0,37	23,75	21,71	2,04	
TRAMO 13-14	13														23,75	21,71	2,04	
	14	51,39	12,60	0,14	2,36	0,85	199,81	472,16	550,00	7,00	2,03	0,48	0,42	0,36	23,43	21,35	2,08	

ALCANTARILLADO PLUVIAL TUBERIA PVC																		
TABULACION DE DATOS PARA CALCULO HIDRAULICO (Flujo y Diseño)															Hoja 2/2			
NOMBRES DE CALLES	POZO No	LONG. m	TC min	ÁREA APORTANTE		COEFICIENTE ESCORRENTÍA "C"	INTENSIDAD LLUVIA i/0.36	Qd L/S	TUBERIAS				Tf min	H m	COTAS		CORTE m	RELL. m
				PARC. ha.	ACUM. ha.				∅ mm	S %	LLENA				TERR. m	PROY. m		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TRAMO 14-15	14														23,43	21,35	2,08	
		51,39	13,02	0,20	2,57	0,85	198,08	508,47	550,00	8,00	2,17	0,51	0,40	0,41				
TRAMO 15-16	15														23,33	20,94	2,39	
		83,19	13,42	0,41	2,98	0,85	196,45	584,45	600,00	7,00	2,15	0,61	0,65	0,58				
TRAMO 16-17	16														22,47	20,36	2,11	
		57,54	14,07	0,14	3,11	0,85	193,87	603,13	600,00	7,00	2,15	0,61	0,45	0,40				
TRAMO 17-18	17														23,30	19,96	3,34	
		57,54	14,52	0,20	3,32	0,85	192,12	636,88	600,00	8,00	2,30	0,65	0,42	0,46				
TRAMO 18-19	18														23,30	19,50	3,80	
		93,87	14,94	0,30	3,61	0,85	190,51	688,24	600,00	9,00	2,43	0,69	0,64	0,84				
TRAMO 19-20	19														22,32	18,65	3,67	
		60,66	15,58	0,10	3,71	0,85	188,12	698,77	600,00	10,00	2,57	0,73	0,39	0,61				
TRAMO 20-DP1	20														21,02	18,05	2,97	
		65,48	15,97	0,00	3,71	0,85	186,69	693,46	600,00	10,00	2,57	0,73	0,43	0,65				
TRAMO DP1-DP2	DP1														22,03	17,39	4,64	
		58,08	16,40	0,00	3,71	0,85	185,14	687,70	600,00	10,00	2,57	0,73	0,38	0,58				
TRAMO DP2-DP3	DP2														21,32	16,81	4,51	
		76,54	16,78	0,00	3,71	0,85	183,79	682,68	600,00	10,00	2,57	0,73	0,50	0,77				
TRAMO DP3-DP4	DP3														20,21	16,05	4,16	
		32,20	17,28	0,00	3,71	0,85	182,04	676,20	600,00	10,00	2,57	0,73	0,21	0,32				
TRAMO DP4-DPF	DP4														18,47	15,72	2,75	
		58,25	17,49	0,00	3,71	0,85	181,32	673,51	600,00	10,00	2,57	0,73	0,38	0,58				
	DPF														16,30	15,14	1,16	

#### 4.5. Alternativa 2 : Alcantarillado Pluvial de Tubería Hormigón - Cálculos Hidráulicos

##### 4.5.1. Datos de Diseño del Proyecto

Poblacion Actual	588,6 hab
Poblacion Futura Promedio	676,9 hab
Densidad de Diseño	65,4 hab/ha
Area de Aportacion	650 ha
Dotacion	80 lt/hab/dia
Intensidad de Lluvia	0,33 mm/h
Coeficiente de Escorrentia	0,85
Longitud tuberia Principal	
Coeficiente de Rugosidad	0,013

#### **4.5.2. Descripción de la hoja de cálculo de diseño de red de alcantarillado pluvial**

En la Tabla se describe tal como en la sección 4.4.1, los cálculos de pre diseño del sistema de alcantarillado pluvial de la comunidad de Milagro, donde se tuvo presente el control de velocidades mínimas y máximas, así como un control de las pendientes respecto al nivel del terreno para facilidades constructivas y económicas.

En la alternativa 2, se utiliza tuberías de hormigón simple con cámaras de inspección de hormigón armado de 600 mm de diámetro con diferentes profundidades dependiendo del tramo de la red.

Los cortes de terreno requeridos son hasta 5,39 m debido a la topografía del terreno, ya que al aumentar la rugosidad de la tubería se tuvo que incrementar las pendientes de los tramos y por ende mayor profundidad en los cortes.

El caudal total del sistema pluvial es de 9,77 l/s, cumpliéndose todos los requisitos hidráulicos ya mencionados, por lo que la alternativa 2 es un diseño óptimo para la comunidad de Milagro. En la siguiente página se muestran los cálculos realizados para la alternativa 2.

#### **Tabla XIV Tabulación de Datos para el Cálculo hidráulico de alcantarillado pluvial de tubería Hormigón**

## ALCANTARILLADO PLUVIAL TUBERIA DE HORMIGON

## TABULACION DE DATOS PARA CALCULO HIDRAULICO (Flujo y Diseño)

Hoja 1/2

NOMBRES DE CALLES	POZO No	LONG. m	TC min	ÁREA APORTANTE		COEFICIENTE ESCORRENTÍA "C"	INTENSIDAD LLUVIA i/0.36	Qd L/S	TUBERIAS				Tf min	H m	COTAS		CORTE m	RELL. m
				PARC. ha.	ACUM. ha.				Ø mm	S ‰	LLENA				TERR. m	PROY. m		
											V m/seg	Q L/seg						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TRAMO 1-2	1														29,58	28,09	1,49	
	2	57,85	5,00	0,13	0,13	0,85	237,45	30,27	250,00	10,00	1,21	0,03	0,80	0,58	29,35	27,51	1,84	
TRAMO 2-3	2														29,35	27,51	1,84	
	3	53,50	5,80	0,19	0,31	0,85	232,85	73,23	300,00	11,00	1,27	0,06	0,70	0,59	29,28	26,92	2,36	
TRAMO 3-4	3														29,28	26,92	2,36	
	4	53,50	6,50	0,10	0,42	0,85	228,94	95,35	300,00	8,00	1,22	0,09	0,73	0,43	28,53	26,50	2,04	
TRAMO 4-5	4														28,53	26,50	2,04	
	5	99,91	7,23	0,34	0,76	0,85	225,02	170,23	350,00	10,00	1,52	0,15	1,10	1,00	28,02	25,50	2,52	
TRAMO 5-6	5														28,02	25,50	2,52	
	6	99,91	8,33	0,30	1,05	0,85	219,36	231,20	400,00	9,00	1,57	0,20	1,06	0,90	27,57	24,60	2,97	
TRAMO 6-7	6														27,57	24,60	2,97	
	7	64,11	9,39	0,18	1,23	0,85	214,16	263,95	450,00	8,00	1,60	0,26	0,67	0,51	26,59	24,08	2,51	
TRAMO 7-8	7														26,59	24,08	2,51	
	8	73,28	10,06	0,26	1,50	0,85	211,00	315,65	450,00	9,00	1,70	0,27	0,72	0,66	25,72	23,42	2,30	
TRAMO 8-9	8														25,72	23,42	2,30	
	9	59,41	10,78	0,13	1,62	0,85	207,70	337,20	500,00	10,00	1,92	0,38	0,51	0,59	24,79	22,83	1,96	
TRAMO 9-10	9														24,79	22,83	1,96	
	10	59,41	11,29	0,14	1,77	0,85	205,43	363,20	500,00	7,00	1,61	0,32	0,62	0,42	24,79	22,41	2,38	
TRAMO 10-11	10														24,79	22,41	2,38	
	11	53,35	11,91	0,13	1,90	0,85	202,73	384,28	500,00	8,00	1,72	0,34	0,52	0,43	24,38	21,99	2,39	
TRAMO 11-12	11														24,38	21,99	2,39	
	12	53,35	12,43	0,15	2,05	0,85	200,53	410,78	500,00	9,00	1,82	0,36	0,49	0,48	24,22	21,51	2,71	
TRAMO 12-13	12														24,22	21,51	2,71	
	13	53,14	12,92	0,17	2,22	0,85	198,49	440,35	550,00	8,00	1,83	0,44	0,48	0,43	23,75	21,08	2,67	
TRAMO 13-14	13														23,75	21,08	2,67	
	14	51,39	13,40	0,14	2,36	0,85	196,54	464,42	550,00	7,00	1,71	0,41	0,50	0,36	23,43	20,72	2,71	

ALCANTARILLADO PLUVIAL TUBERIA DE HORMIGON																		
TABULACION DE DATOS PARA CALCULO HIDRAULICO (Flujo y Diseño)															Hoja 2/2			
NOMBRES DE CALLES	POZO No	LONG. m	TC min	ÁREA APORTANTE		COEFICIENTE ESCORRENTIA "C"	INTENSIDAD LLUVIA i/0.36	Qd L/S	TUBERIAS				Tf min	H m	COTAS		CORTE m	RELL. m
				PARC. ha.	ACUM. ha.				Ø mm	S ‰	V m/seg	Q L/seg			TERR. m	PROY. m		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TRAMO 14-15	14														23,43	20,72	2,71	
		51,39	13,90	0,20	2,57	0,85	194,54	499,39	600,00	8,00	1,94	0,55	0,44	0,41				
	15														23,33	20,31	3,02	
TRAMO 15-16	15														23,33	20,31	3,02	
		83,19	14,34	0,41	2,98	0,85	192,82	573,63	600,00	7,00	1,82	0,51	0,76	0,58				
TRAMO 16-17	16														22,47	19,73	2,74	
		57,54	15,10	0,14	3,11	0,85	189,91	590,82	600,00	9,00	2,06	0,58	0,47	0,52				
	17														23,30	19,21	4,09	
TRAMO 17-18	17														23,30	19,21	4,09	
		57,54	15,57	0,20	3,32	0,85	188,16	623,75	600,00	8,00	1,94	0,55	0,49	0,46				
	18														23,30	18,75	4,55	
TRAMO 18-19	18														23,30	18,75	4,55	
		93,87	16,06	0,30	3,61	0,85	186,36	673,24	600,00	9,00	2,06	0,58	0,76	0,84				
TRAMO 19-20	19														22,32	17,91	4,41	
		60,66	16,82	0,10	3,71	0,85	183,65	682,16	600,00	10,00	2,17	0,61	0,47	0,61				
	20														21,02	17,30	3,72	
TRAMO 20-DP1	20														21,02	17,30	3,72	
		65,48	17,29	0,00	3,71	0,85	182,01	676,07	600,00	10,00	2,17	0,61	0,50	0,65				
TRAMO DP1-DP2	DP1														22,03	16,64	5,39	
		58,08	17,79	0,00	3,71	0,85	180,30	669,71	600,00	10,00	2,17	0,61	0,45	0,58				
TRAMO DP2-DP3	DP2														21,32	16,06	5,26	
		76,54	18,24	0,00	3,71	0,85	178,78	664,08	600,00	10,00	2,17	0,61	0,59	0,77				
TRAMO DP3-DP4	DP3														20,21	15,30	4,91	
		32,20	18,83	0,00	3,71	0,85	176,83	656,85	600,00	10,00	2,17	0,61	0,25	0,32				
TRAMO DP4-DPF	DP4														18,47	14,98	3,49	
		58,25	19,08	0,00	3,71	0,85	176,02	653,83	600,00	11,00	2,28	0,64	0,43	0,64				
	DPF														16,30	14,34	1,96	

#### **4.6. Alternativa 3: Sistema de aguas lluvias superficial - Cálculos Hidráulicos**

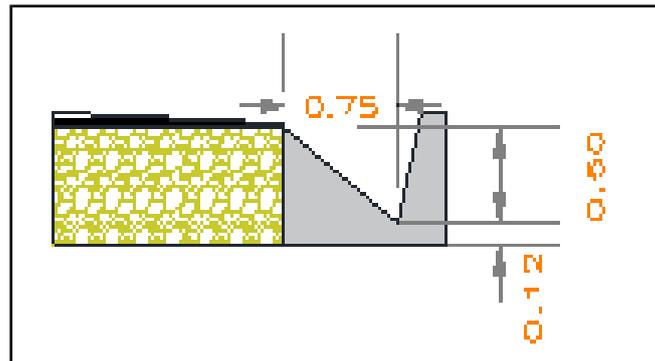
Se propone como tercera alternativa de diseño un sistema de alcantarillado pluvial superficial, ya que al ser solo un sector de la comunidad de Milagro el foco de los problemas de inundación, esta alternativa brinda facilidad constructiva.

El sistema de aguas lluvias superficial funciona mediante escurrimiento bajo la influencia de la gravedad de manera paralela a las pendientes longitudinales de la calle, siendo el punto de descarga un sumidero ubicado en el punto más bajo de todo el tramo a diseñar.

El sistema recolectará las aguas lluvias mediante cunetas de sección triangular, ya que esta es la que proporciona mayor facilidad constructiva.

El método de diseño para este tipo de sistema es mediante el método racional, donde se relacionan el área de drenaje, coeficiente de esorrentía y la intensidad de precipitación.

Las dimensiones propuestas para las cunetas son de:



**Fig. 4.2.-** Corte de la sección propuesta para el sistema de alcantarillado pluvial superficial.

Con las dimensiones establecidas de la sección de la cuneta, se calcula el área y radio hidráulico de la misma.

**[Ecuación 18]**

$$A = \frac{b \times h}{2}$$

$$A = \frac{0.75 \times 0.5}{2}$$

$$A = 0.19 \text{ m}^2$$

**[Ecuación 19]**

$$R_h = \frac{A}{P_m}$$

$$R_h = \frac{0.19}{1.42}$$

$$R_h = 0.13$$

Utilizando el principio de continuidad y la ecuación de Manning para la velocidad, se determina la capacidad hidráulica de la cuneta que estará en función de la pendiente longitudinal del tramo a diseñar.

**[Ecuación 20]**

$$Q = V * A$$

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q = \left( \frac{1}{0.013} \times 0.13^{2/3} \times S^{1/2} \right) \times 0.19$$

$$Q = 3.75 S^{1/2}$$

Teniendo como punto de partida el tramo 1-2, con una pendiente longitudinal de 0,4% para una distancia de 57,85 m, la capacidad de la cuneta será de:

$$Q_1 = 3.75 (0.004)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_1 = 0.236 \frac{m^3}{s}$$

Luego se determina el caudal de escorrentía para la zona del proyecto que dependerá del área de aportación, el coeficiente de escorrentía y la intensidad de precipitación de la comunidad de Milagro.

#### **[Ecuación 21]**

$$Q = CIA$$

El coeficiente de escorrentía de la expresión anterior está en función de las características morfológicas y geotécnicas de la cuenca, por lo que hay que tener en cuenta la permeabilidad del terreno y las pendientes del mismo. Para la zona de estudio se tiene un coeficiente de escorrentía de 0,85.

El área de aportación será el área que recoja las aguas producto de la precipitación, es decir el agua que se escurre a partir de las pendientes transversales de la vía, por lo que el área a considerar será el producto entre

la longitud del tramo a diseñar con la distancia desde el eje de la calzada hasta el eje de la cuneta.

**[Ecuación 22]**

$$A = (\text{Ancho de calzada} + \text{cuneta}) \times L$$

Para el tramo 1-2, se tiene un ancho de calzada de 12,9 metros, con una longitud de 57.85 m, se tiene un área de aportación de:

$$A_1 = (12,90 + 0,75) \times 57,85$$

$$A_1 = 420 \text{ m}^2 = 0.042 \text{ Ha.}$$

La intensidad de precipitación de la expresión de caudal de escorrentía está en función del tiempo de concentración, precipitación máxima de la zona de diseño y del periodo de retorno.

**[Ecuación 23]**

$$I = \frac{4.14T^{0.8}P_{max}}{t^{0.58}}$$

Respecto a la expresión anterior, el tiempo de concentración se lo determina a partir de la longitud entre las alcantarillas, sin embargo, al ser este un diseño de aguas lluvias superficial, no habrá desfogue de cada tramo en las alcantarillas, sino que el agua proveniente de la precipitación se acumulara hasta el punto más bajo de la vía a diseñar, para descargar el caudal recolectado en el cuerpo de agua más cercano, el cual es el río Milagro.

**[Ecuación 24]**

$$t_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

**[Ecuación 25]**

$$H = L \times i$$

El tiempo de concentración para el tramo 1-2, teniendo una longitud de 57,85 m y una pendiente longitudinal de 0,4% es de:

$$H_1 = 57,85 \times 0,004$$

$$H_1 = 0,23$$

$$t_{c_1} = 0,0195 \left( \frac{(57,85)^3}{0,23} \right)^{0.385}$$

$$t_{c_1} = 4.27$$

Con los datos anteriores se obtuvo una intensidad de precipitación de 237,45 mm/h para el tramo 1-2.

El caudal de escorrentía para el tramo 1-2, una vez determinado los valores de intensidad de precipitación, área de aportación y coeficiente de escorrentía es de  $0,023 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q = CIA$$

$$Q_1 = \frac{0,85 \times 237,45 \frac{\text{mm}}{\text{h}} \times 0,042 \text{ Ha}}{360}$$

$$Q_1 = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

Comparando el caudal de escorrentía de  $0,023 \text{ m}^3/\text{s}$  respecto a la capacidad hidráulica de la cuneta de  $0,236 \text{ m}^3/\text{s}$  obtenida mediante la ecuación de Manning, se comprueba que las dimensiones tomadas para la sección de la cuneta son adecuadas.

$$Q_{Manning} > Q_{precipitacion}$$

$$0.236 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} > 0.023 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad OK$$

La Tabla, resume los tramos a lo largo de la vía de diseño, con sus respectivas pendientes y longitudes.

Se comprueba la capacidad hidráulica de la cuneta para cada uno de los tramos de la Tabla anterior, utilizando el procedimiento de diseño ya descrito.

**Tabla XV Longitud de tramos con sus respectivas pendientes**

NOMBRES DE CALLES	J	L	NOMBRES DE CALLES	J	L
1	6	10	1	6	9
TRAMO 1-2	0,004	57,85	TRAMO 14-15	0,012	51,39
TRAMO 2-3	0,001	53,50	TRAMO 15-16	0,01	83,19
TRAMO 3-4	0,014	53,50	TRAMO 16-17	0,01	57,54
TRAMO 4-5	0,005	99,91	TRAMO 17-18	0,014	57,54
TRAMO 5-6	0,005	99,91	TRAMO 18-19	0,02	93,87
TRAMO 6-7	0,015	64,11	TRAMO 19-20	0,02	60,66
TRAMO 7-8	0,012	73,28	TRAMO 20-DP1	0,02	65,48
TRAMO 8-9	0,016	59,41	TRAMO DP1-DP2	0,02	58,08
TRAMO 9-10	0,015	59,41	TRAMO DP2-DP3	0,02	76,54
TRAMO 10-11	0,008	53,35	TRAMO DP3-DP4	0,05	32,20
TRAMO 11-12	0,007	53,35	TRAMO DP4-DPF	0,04	58,25
TRAMO 12-13	0,009	53,14			
TRAMO 13-14	0,009	51,39			

SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS SUPERFICIAL																							
TABULACION DE DATOS PARA CALCULO HIDRAULICO (Flujo y Diseño)																				Hoja 1/2			
NOMBRES DE CALLES	Y	BASE	AREA CUNETAS	PERIMETRO MOJADO	RADIO HIDRAULICO	VELOCIDAD MANNING	J	Q	COEFICIENTE ESCORRENTIA "C"	INTENSIDAD LLUVIA i/0.36	L	H	Tc	ANCHO DE CALZADA	ANCHO DE CUNETAS	AREA DE APORTACION	Q max	Q acumulado	Q acumulado < Q adm	COTAS		CORTE m	RELL. m
																				TERR. m	PROY. m		
1	2	3	4			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			17	18	19	20
TRAMO 1-2																				29,58	28,88	0,70	
	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	1,260	0,004	0,2362	0,85	237,45	57,85	0,23	4,27	12,90	0,75	0,042	0,023	0,023	ok	29,35	28,65	0,70	
TRAMO 2-3																				29,35	28,65	0,70	
	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	0,723	0,001	0,1355	0,85	232,07	53,50	0,07	6,23	16,75	0,75	0,049	0,027	0,050	ok	29,28	28,58	0,70	
TRAMO 3-4																				29,28	28,58	0,70	
	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	2,365	0,014	0,4435	0,85	228,78	53,50	0,75	2,44	14,81	0,75	0,044	0,024	0,074	ok	28,53	27,83	0,70	
TRAMO 4-5																				28,53	27,83	0,70	
	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	1,427	0,005	0,2676	0,85	225,23	99,91	0,51	5,96	12,33	0,75	0,069	0,037	0,110	ok	28,02	27,32	0,70	
TRAMO 5-6																				28,02	27,32	0,70	
	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	1,341	0,005	0,2514	0,85	220,41	99,91	0,45	6,26	14,99	0,75	0,082	0,043	0,153	ok	27,57	26,87	0,70	
TRAMO 6-7																				27,57	26,87	0,70	
	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	2,470	0,015	0,4631	0,85	215,94	64,11	0,98	2,72	15,83	0,75	0,056	0,028	0,182	ok	26,59	25,89	0,70	
TRAMO 7-8																				26,59	25,89	0,70	
	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	2,177	0,012	0,4081	0,85	213,06	73,28	0,87	3,34	12,55	0,75	0,051	0,026	0,208	ok	25,72	25,02	0,70	
TRAMO 8-9																				25,72	25,02	0,70	
	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	2,500	0,016	0,4687	0,85	210,21	59,41	0,93	2,54	12,12	0,75	0,040	0,020	0,228	ok	24,79	24,09	0,70	
TRAMO 9-10																				24,79	24,09	0,70	
	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	2,447	0,015	0,4588	0,85	207,66	59,41	0,89	2,58	12,65	0,75	0,042	0,021	0,248	ok	24,79	23,85	0,94	
TRAMO 10-11																				24,79	23,85	0,94	
	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	1,751	0,008	0,3284	0,85	205,34	53,35	0,41	3,09	12,49	0,75	0,037	0,018	0,266	ok	24,38	23,44	0,94	
TRAMO 11-12																				24,38	23,44	0,94	
	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	1,671	0,007	0,3134	0,85	203,42	53,35	0,37	3,20	12,47	0,75	0,037	0,018	0,284	ok	24,22	23,37	0,85	
TRAMO 12-13																				24,22	23,37	0,85	
	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	1,879	0,009	0,3523	0,85	201,67	53,14	0,47	2,91	12,86	0,75	0,038	0,018	0,302	ok	23,75	22,90	0,85	
TRAMO 13-14																				23,75	22,90	0,85	
	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	1,919	0,009	0,3598	0,85	199,81	51,39	0,47	2,79	12,75	0,75	0,037	0,017	0,320	ok	23,43	22,43	1,00	

SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS SUPERFICIAL																							
TABULACION DE DATOS PARA CALCULO HIDRAULICO (Flujo y Diseño)																				Hoja 2/2			
NOMBRES DE CALLES	Y	BASE	AREA CUNETETA	PERIMETRO MOJADO	RADIO HIDRAULICO	VELOCIDAD MANNING	J	Q	COEFICIENTE ESCORRENTIA "C"	INTENSIDAD LLUVIA i/0.36	L	H	Tc	ANCHO DE CALZADA	ANCHO DE CUNETETA	AREA DE APORTACION	Q max	Q max < Q adm	COTAS		CORTE m	RELL. m	
																			TERR. m	PROY. m			
1	2	3	4			5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15			16	17	18	19
TRAMO 14-15	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	2,184	0,012	0,409	0,85	198,08	51,39	0,61	2,52	12,70	0,75	0,036	0,017	0,337	ok	23,43	22,43	1,00	
																				23,33	22,50	0,83	
TRAMO 15-16	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	2,031	0,01	0,381	0,85	196,45	83,19	0,86	3,90	16,94	0,75	0,077	0,036	0,372	ok	23,33	22,50	0,83	
																				22,47	21,64	0,83	
TRAMO 16-17	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	2,278	0,01	0,427	0,85	193,87	57,54	0,75	2,66	16,91	0,75	0,053	0,024	0,397	ok	22,47	21,64	0,83	
																				23,30	22,39	0,91	
TRAMO 17-18	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	2,364	0,014	0,443	0,85	192,12	57,54	0,81	2,59	16,91	0,75	0,053	0,024	0,421	ok	23,30	22,39	0,91	
																				23,30	22,58	0,72	
TRAMO 18-19	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	2,527	0,02	0,474	0,85	190,51	93,87	1,50	3,61	16,91	0,75	0,086	0,039	0,459	ok	23,30	22,58	0,72	
																				22,32	21,50	0,82	
TRAMO 19-20	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	2,925	0,02	0,548	0,85	188,12	60,66	1,30	2,28	16,91	0,75	0,056	0,025	0,484	ok	22,32	21,50	0,82	
																				21,02	20,20	0,82	
TRAMO 20-DP1	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	2,825	0,02	0,530	0,85	186,69	65,48	1,31	2,49	16,91	0,75	0,060	0,027	0,511	ok	21,02	20,20	0,82	
																				22,03	21,31	0,72	
TRAMO DP1-DP2	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	2,980	0,02	0,559	0,85	185,14	58,08	1,29	2,17	16,91	0,75	0,053	0,023	0,534	ok	22,03	21,31	0,72	
																				21,32	20,52	0,80	
TRAMO DP2-DP3	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	3,127	0,02	0,586	0,85	183,79	76,54	1,88	2,60	16,91	0,75	0,070	0,031	0,565	ok	21,32	20,52	0,80	
																				20,21	19,25	0,96	
TRAMO DP3-DP4	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	4,644	0,05	0,871	0,85	182,04	32,20	1,74	0,96	16,91	0,75	0,030	0,013	0,577	ok	20,21	19,25	0,96	
																				18,47	17,51	0,96	
TRAMO DP4-DPF	0,5	0,75	0,19	1,42	0,13	3,856	0,04	0,723	0,85	181,32	58,25	2,17	1,77	16,91	0,75	0,054	0,023	0,600	ok	18,47	17,51	0,96	
																				16,30	15,34	0,96	



En la Tabla se resumen los resultados obtenidos en la comprobación de la capacidad hidráulica de la sección de la cuneta para los caudales de escorrentía acumulados a lo largo de la vía, donde se tiene que la sección escogida es satisfactoria para todos los tramos.

<b>NOMBRES DE CALLES</b>	<b>J</b>	<b>Q</b>	<b>L</b>	<b>Tc</b>	<b>Q. acumulado</b>	<b>Q acumulado &lt; Q adm</b>
TRAMO 1-2	0,004	0,2362	57,85	4,27	0,023	ok
TRAMO 2-3	0,001	0,1355	53,50	6,23	0,050	ok
TRAMO 3-4	0,014	0,4435	53,50	2,44	0,074	ok
TRAMO 4-5	0,005	0,2676	99,91	5,96	0,110	ok
TRAMO 5-6	0,005	0,2514	99,91	6,26	0,153	ok
TRAMO 6-7	0,015	0,4631	64,11	2,72	0,182	ok

TRAMO 7-8	0,012	0,4081	73,28	3,34	0,208	ok
TRAMO 8-9	0,016	0,4687	59,41	2,54	0,228	ok
TRAMO 9-10	0,015	0,4588	59,41	2,58	0,248	ok
TRAMO 10-11	0,008	0,3284	53,35	3,09	0,266	ok
<b>NOMBRES DE CALLES</b>	<b>J</b>	<b>Q</b>	<b>L</b>	<b>Tc</b>	<b>Qacumulado</b>	<b>Q acumulado &lt; Q adm</b>
TRAMO 11-12	0,007	0,3134	53,35	3,20	0,284	ok
TRAMO 12-13	0,009	0,3523	53,14	2,91	0,302	ok
TRAMO 13-14	0,009	0,3598	51,39	2,79	0,320	ok
TRAMO 14-15	0,012	0,409	51,39	2,52	0,337	ok
TRAMO 15-16	0,01	0,381	83,19	3,90	0,372	ok
TRAMO 16-17	0,01	0,427	57,54	2,66	0,397	ok

TRAMO 17-18	0,014	0,443	57,54	2,59	0,421	ok
TRAMO 18-19	0,02	0,474	93,87	3,61	0,459	ok
TRAMO 19-20	0,02	0,548	60,66	2,28	0,484	ok
TRAMO 20-DP1	0,02	0,530	65,48	2,49	0,511	ok
TRAMO DP1-DP2	0,02	0,559	58,08	2,17	0,534	ok
TRAMO DP2-DP3	0,02	0,586	76,54	2,60	0,565	ok
TRAMO DP3-DP4	0,05	0,871	32,20	0,96	0,577	ok
TRAMO DP4-DPF	0,04	0,723	58,25	1,77	0,600	ok

El caudal acumulado a lo largo de la vía de diseño será descargado en el río Milagro a través de un canal con la misma sección de la cuneta.

# **CAPÍTULO 5**

## **ESTUDIO AMBIENTAL**

## **5. Estudio ambiental**

### **5.1. Descripción física del área**

La ciudad de Milagro, se encuentra ubicada en una gran planicie que tiene una fuerte tendencia a ser inundada y se considera que la principal causa es el incorrecto diseño de alcantarillado para aguas lluvias.

### **5.2. Climatología**

Milagro posee un clima tropical con una temperatura que fluctúa entre los 24 a 31°C, y la humedad relativa 82.40%.

### **5.3. Flora y fauna**

Dentro de este sector, urbano y rural, se caracteriza por ser rico en producción agrícola y cría de animales de granja.

#### **5.4. Evaluación de Impacto Ambiental**

El principal impacto en el área son las inundaciones las cuales se generan debido a la presencia de desechos en los sumideros, construcciones de viviendas, calles, y el ineficiente diseño inicial de sistema de alcantarillado para aguas lluvias.

Es importante mencionar que el cauce del río Milagro el elemento natural más confinado y restringido siendo este el único medio de desfogue de las grandes inundaciones.

En vista que el desarrollo urbano contempla áreas habitadas sin los servicios básicos, el río Milagro se ha transformado en el principal conductor de aguas servidas lo cual genera problemas de salubridad a las viviendas aledañas.

#### **5.5. Manejo Ambiental**

Tomando en cuenta el presente proyecto existen alternativas para el control ambiental el cual permite proponer los siguientes objetivos:

- Mejorar el tránsito vehicular en la época invernal.
- Mitigación de contaminación auditiva causada por la presencia del tráfico ocasionado por las inundaciones.
- Erradicar un foco de contaminación generadas por la acumulación de aguas lluvias.

## **5.6. Evaluación de impacto**

### **5.6.1. Etapa de construcción:**

- Agua

Debido a los cambios y movimientos de tierra en la calle 24 de Mayo podrán ocurrir alteraciones de los escurrimientos superficiales.

Dicho impacto sería negativo, de bajo nivel, reversible temporal y con un corto período de afectación.

- Aire

Existirá un aumento de las partículas en suspensión debido a los movimientos de tierra y excavaciones de materiales en las áreas de afectación. Debido a la presencia de maquinaria para realización de trabajos, estas generan gases de combustión.

El impacto se considera negativo, de bajo nivel y reversible con un corto periodo de afectación.

Para el caso de la generación de olores, estos pueden ser producidos por los vehículos y/o maquinarias utilizadas, además de los olores provocados por los efluentes generados por el personal que se encontrará en el campamento de la obra. El impacto se considera negativo, de nivel bajo con un corto periodo de afectación.

Por último, existirá contaminación por ruido del movimiento de las maquinarias presentes en el área de influencia. El impacto a considerarse es negativo reversible con corto periodo de afectación.

- Suelo

Las propiedades físicas y químicas del suelo se verán afectadas debido a los movimientos de tierra en el área de influencia siendo las modificaciones permanentes.

Existirá una compactación constante por parte de los vehículos y maquinarias que circularan por el área de influencia. El impacto es considerado negativo, de nivel medio, irreversible con un largo periodo de afectación.

- Medio Biológico

El sector El IESS presente en la calle 24 de Mayo del cantón Milagro es conocido por sus calles pavimentadas y calles que conectan hacia el río Milagro donde existe fauna, flora, paisajes, entre otros. Se describe a continuación cómo afectará la implementación del proyecto a la zona de estudio.

- Fauna

La fauna presente se verá afectada por los trabajos de limpieza y desmonte, además de la contaminación sonora generada por las maquinarias presentes en la zona.

El impacto es considerado negativo, con un bajo nivel, reversible y de corto plazo de manifestación.

- Flora

La flora será afectada de manera directa en la etapa constructiva debido a que se ve sometida a trabajos de desmonte y posterior movimiento de tierra. Además su recuperación será lenta ante el proceso de erosión hídrica a la cual se verá sometido el suelo influyente.

El impacto es considerado negativo, baja intensidad y no reversible.

- Socioeconómico

La actividad económica se verá afectada ya que el desarrollo de la obra generará obstáculos en vías principales de acceso al centro de la ciudad, afectando así el sistema de transporte.

El impacto es negativo, reversible y a corto plazo.

- Infraestructura

La demanda de energía eléctrica se verá aumentada debido a las actividades a realizarse en el sector. El consumo de agua potable requerido en obra para mezclas de hormigón, personal de obra, se verá también afectado.

A continuación se muestran las tablas de evaluación de impacto ambiental para la etapa de construcción.

### **5.6.2. Durante la Fase de Operación**

- Agua

Una vez instalado en sitio el sistema propuesto, los recursos hídricos no se verán afectados.

El impacto será negativo, de bajo nivel, y corto plazo.

- Aire

Durante la etapa de funcionamiento del sistema propuesto la calidad del aire no se verá afectada, sin embargo podrá existir generación de olores en los puntos donde se encuentren los sumideros tapados por desechos de las personas.

El impacto será negativo, temporal y corto plazo.

- Suelo

El impacto es nulo debido a que no existirá ninguna afectación.

- Medio Biológico

El impacto es nulo debido a que no existirá afectación a la flora o fauna.

- Socioeconómico

Se mejorará la calidad de vida poblacional mejorando el tránsito vehicular, salud y empleo, plusvalía.

El impacto es positivo, alta intensidad permanente y no reversible.

No obstante, se deberá tomar en cuenta que para realizar mantenimientos se obstaculizará las vías de acceso afectando la actividad económica del sector.

El impacto es negativo, baja intensidad y corto plazo.

- Infraestructura

El impacto será nulo debido a que no se verán afectadas las redes de servicio.

### **5.6.3. Después de Vida Útil**

- Agua

Una vez finalizada la fase de vida útil del proyecto, el recurso agua se verá afectado por la falta de tratamiento que esta va a tener, sobre todo la subterránea debido que al no darle ese mantenimiento posterior a todo el sistema, los recursos hídricos podrían verse afectados.

El impacto se considera positivo, de alto nivel y a mayor plazo de manifestación.

- Aire

En esta etapa la calidad del aire no se verá afectada, solo se generaran olores cuando se realicen los mantenimientos pertinentes que requerirá todo el sistema.

El impacto será negativo, temporal y corto plazo.

- Suelo

El impacto del suelo no será significativo debido a que no existirá algún tipo de movimiento.

El impacto es nulo.

- Medio Biológico

El impacto es nulo debido a que la flora y fauna no será afectada.

- Socioeconómico

La afectación será grave si no recibe el mantenimiento adecuado para que su funcionamiento continúe.

El impacto es positivo, de alta intensidad, permanente y reversible.

- Infraestructura

La infraestructura del lugar se verá levemente afectada si este servicio básico deja de funcionar.

### **5.7. Plan de mitigación**

- Agua

La calidad del agua se verá afectada debido a que las aguas superficiales podrán verse alteradas, se presentan las medidas necesarias para reducir la magnitud del impacto:

- Realizar limpieza de hormigoneras en zonas autorizadas.
- Desalojar desechos depositados en los sumideros.
- Realizar el diseño del sistema propuesto bajo las normas especificadas de tal manera que se asegura el correcto funcionamiento del mismo evitando daños a las vías y/o viviendas.

- Aire

Se establecen las medidas para mitigar la magnitud de impacto que puede ser generado:

- Se deberá tener un control de la calidad de las maquinarias utilizadas de tal manera que la combustión que produzcan sea la óptima, de esta forma se reducen las emisiones atmosféricas.
- Tener una correcta planificación de las actividades diarias, permitiendo de esta forma que se reduzca el innecesario uso de vehículos.
- Controlar el acopio de los residuos sólidos en la zona de estudio, reduciendo la generación de olores en los alrededores.
- Utilizar letrinas con baterías sanitarias a lo largo de toda la obra, y que el proveedor realice el respectivo mantenimiento de las mismas siguiendo las normas de calidad.

- Suelo

El suelo puede verse afectado debido a la alteración de sus componentes físicos y químicos. A continuación, se muestran las medidas que se deberán tomar para mitigar la magnitud del impacto:

- Se deberá reestablecer las condiciones del suelo afectado por las obras de traslado de efluentes.
  
- Se realizará un correcto almacenamiento de los residuos sólidos y líquidos, evitándose así la contaminación por infiltración en el suelo.
  
- Evitar la extracción de la cubierta vegetal donde no sea necesario ya que esto disminuirá la erosión del suelo, así mismo se deberán realizar trabajos de recuperación de flora para brindar estabilización a las zonas afectadas.

- Medio Biológico

La fauna se verá afectada ante la alteración del hábitat propio de las especies de los alrededores. En cuanto a la flora, puede verse afectada con la extinción de alguna vegetación del lugar.

Se muestran a continuación las medidas de mitigación:

- Minimizar trabajos que produzcan contaminación sonora.
  
- Reestablecer las especies que han sido afectadas por la ejecución de la obra.

- Socioeconómico

El área de afectación es la de medios de transporte y libertad de circulación por parte del peatón, a continuación las medidas de mitigación:

- Tener la debida señalización de zanjas abiertas, para evitar posibles accidentes o problemas por el clima.
- Colocar avisos de seguridad en las excavaciones.

- Proveer señalización e iluminación nocturna en el área de trabajo así como en sus alrededores, siguiendo las normas de seguridad industrial.

### **5.8. Restricciones del proyecto**

Será necesario conocer las restricciones que existen en el sector referente a las alternativas propuestas.

- Espacio del suelo

Debido a ser un proyecto que se realizaría en la comunidad y la existencia de edificaciones, son un problema para el espacio trabajo requerido, debido al uso de maquinarias, personal de trabajo, entre otros.

- La contaminación auditiva

Sin lugar a dudas, el movimiento de maquinaria, excavaciones, retiro materiales entre otras, provocaran una gran contaminación auditiva , no solo a los empleados sino a los habitantes de la ciudadela, provocando malestar en la comunidad, es más este es un factor el cual no se pudiera trabajar en las noches para la rapidez del proyecto.

- Tráfico vehicular

La calle 24 de Mayo es una de la más transitada en el centro de la ciudad, por lo cual el cierre parcial de la vía generará malestares a las personas, además del tráfico.

### 5.9. Parámetros de la matriz de evaluación

Se examinará las alternativas descrita anteriormente, donde se procederá evaluar cada propuesta de acuerdo a las necesidades del sector, con el fin de seleccionar la solución más viable para el problema.

**Tabla XVI** Parámetros de evaluación de las alternativas

Parámetros		Valoración
<b>Facilidad de Ejecución</b>	%	20
<b>Facilidad de Mantenimiento</b>	%	20
<b>Costo de Ejecución</b>	%	30
<b>Eficiencia</b>	%	30

Fuente: Propia

### 5.10. Facilidad de Ejecución

La ciudadela El IEES, junto con la calle 24 de Mayo es un sector de alto tráfico vehicular y comercial, por lo que será importante provocar el mínimo impacto social y económico a los habitantes en el menor tiempo posible.

#### **5.11. Facilidad de mantenimiento**

De manera parcial y constante se deberá realizar los mantenimientos respectivos para evitar daños, esto permitirá que su funcionamiento sea el apropiado y eficaz.

#### **5.12. Costo de Ejecución**

Dependerá de la inversión pública que el estado o el municipio de turno opte a invertir.

#### **5.13. Eficiencia de las alternativas**

Cada posible solución tendrá una eficiencia aceptable capaz de solucionar el problema generado.

#### **5.14. Matriz de evaluación**

El modo de evaluación se realizara de la siguiente manera:

1. Cada parámetro se le da un porcentaje de acuerdo a la importancia que requiera el proyecto, para el caso de la elección de la alternativa más viable, se ha considerado cuatro parámetros con su respectivo peso de acuerdo al criterio del proyectista.
2. Posteriormente se procederá a calificar del 1 al 10, cada opción de solución y multiplicado por el peso (porcentaje) de cada parámetro.
3. Finalmente obtenido todos los resultados, se sumara por cada alternativa y la opción con mayor puntaje, es la más satisfactoria para el proyecto.

**Tabla XVII** Matriz de Evaluación

<b>Parámetros</b>	<b>Facilidad de Ejecución</b>	<b>Facilidad de Mantenimiento</b>	<b>Costo de Ejecución</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Total</b>
<b>% De Calificación</b>	20	20	30	30	100
<b>Sistema de alcantarillado pluvial con tubería PVC</b>	1.75	2.37	2.00	3.00	<b>9.12</b>
<b>Sistema de alcantarillado pluvial con tubería de hormigón</b>	1.40	1.35	2.00	2.25	7.00
<b>sistema de alcantarillado pluvial superficial</b>	3.25	1.55	1.8	2.10	8.70

Fuente: Propia

### **5.15. Análisis de la matriz de evaluación**

- La alternativa más viable es diseñar un sistema de alcantarillado pluvial de tuberías PVC con cámaras de inspección de hormigón armado.
  
- La facilidad de construcción y mantenimiento no afectaría drásticamente al tráfico o al comercial del sector puesto que el tiempo de trabajo será menor.
  
- Por otra parte se ayudará a evitar los tráficos generados por la presencia de agua en la temporada invernal.

# **CAPÍTULO 6**

## **ESTUDIO AMBIENTAL**

## **6. Especificaciones técnicas**

### **6.1. Trazado y Replanteo**

#### **6.1.1. Descripción del rubro.**

El trazado y replanteo, consiste en marcar en el terreno natural el recorrido de la red a diseñar, mediante coordenadas geográficas. El replanteo se lo hará con instrumentos topográficos adecuados tales como teodolito y nivel para marcar con exactitud la ubicación del proyecto.

#### **6.1.2. Procedimiento de trabajo.**

El contratista deberá utilizar al personal capacitado en conjunto con los instrumentos adecuados para las necesidades de diseño que requiera el proyecto.

El trazado y replanteo se lo hará con la mayor precisión posible teniendo en cuenta el rango de error permitido para este tipo de proyectos.

Se utilizará la señalética adecuada y visible a lo largo de los puntos trazados, de tal manera que los mismos no puedan ser movidos por parte de peatones que circulen cerca del área de trabajo.

### **6.1.3. Medición y forma de pago**

La unidad de medida en este rubro es el metro lineal (ml) de trazado y replanteo.

La medición del metro lineal trazado se lo hará a partir de las coordenadas especificadas en los planos de diseño.

## **6.2. Excavación y Desalojo de zanja para tubería**

### **6.2.1. Descripción del rubro.**

Excavaciones de zanjas, consiste en corte de terreno con el propósito de que en el área desalojada se alojen tuberías. Las excavaciones son realizadas con maquinaria pesada como excavadoras y se realiza el corte de acuerdo a lo especificado en el diseño.

El desalojo de material se entiende como traslado de material no apto para relleno en el sitio de trabajo, y el mismo es transportado a bancos de desperdicio o almacenamiento en áreas cercanas al lugar de construcción.

El desalojo de materiales e puramente movilización de material proveniente de los cortes de relleno, más no residuos de otros materiales en el área de construcción.

### **6.2.2. Procedimiento de trabajo.**

El contratista deberá acondicionar el lugar de excavación con cunetas de tal manera que haya un drenaje natural con control de las aguas servidas, potables o aguas lluvias en el lugar de excavación, a excepción de las aguas provenientes del subsuelo es decir el nivel freático. Las actividades de control de drenaje están consideradas dentro del precio unitario del rubro.

Las excavaciones serán ejecutadas teniendo en cuenta las especificaciones de los planos, tales como pendientes, alineaciones y rasantes.

El material desalojado se transportará por medio de volquetas que estén en buenas condiciones de tal manera que se eviten interrupciones en el tráfico de la localidad, además contarán con los accesorios necesarios como carpa cobertora para evitar derrame de material a lo largo del camino hasta el banco

de desperdicio. La actividad de desalojo incluye transporte, así como disposición del material en el banco de desperdicio.

### **6.2.3. Medición y Forma de Pago**

La unidad de medida en este rubro es el metro cubico (m<sup>3</sup>) de excavación y desalojo de zanjas.

La medición del volumen excavado se lo realizara a partir del nivel del terreno antes de iniciar las actividades o tomando en cuenta las cotas del terreno especificadas en los planos.

## **6.3. Excavación y Relleno para estructuras**

### **6.3.1. Descripción del rubro.**

Excavación y relleno para estructuras, consiste en corte o relleno del terreno con el propósito de que en el área trabajada se alojen estructuras complementarias de la red de alcantarillado pluvial.

Las excavaciones son realizadas con maquinaria pesada como excavadoras y se realiza el corte de acuerdo a lo especificado en el diseño.

En el caso del relleno se utilizará material proveniente de una cantera que cumpla con las especificaciones requeridas y se lo colocará hasta la cota indicada en las especificaciones del diseño.

### **6.3.2. Procedimiento de trabajo.**

El contratista deberá acondicionar el lugar de excavación y relleno con cunetas de tal manera que haya un drenaje natural con control de las aguas servidas, potables o aguas lluvias en el lugar de excavación, a excepción de las aguas provenientes del subsuelo es decir el nivel freático. Las actividades de control de drenaje están consideradas dentro del precio unitario del rubro.

Las excavaciones y rellenos serán ejecutados teniendo en cuenta las especificaciones de los planos, tales como pendientes, alineaciones y rasantes.

El material producto de las excavaciones será utilizado en construcción de diques, terraplenes u otros rellenos, de acuerdo a lo especificado en los documentos contractuales o el Fiscalizador. La remoción de capas de base, sub base o superficie de rodadura a excepción del hormigón será considerado parte de material de excavación.

### **6.3.3. Medición y Forma de Pago**

La unidad de medida en este rubro es el metro cubico (m3) de excavación y relleno para estructuras.

La medición del volumen excavado o relleno se lo realizara a partir del nivel del terreno antes de iniciar las actividades o tomando en cuenta las cotas del terreno especificadas en los planos. El precio unitario incluye el índice de esponjamiento del material a relleno.

## **6.4. Relleno de Arena**

### **6.4.1. Descripción del rubro**

El relleno de arena consiste en la realización de adecuaciones en el fondo de la zanja, previo a la instalación de tuberías de la red de diseño o estructuras a fines.

### **6.4.2. Procedimiento de trabajo.**

Antes de la instalación de tuberías, se define la rasante del fondo de la zanja, ya que los tubos deben de asentarse en una superficie uniforme a lo largo de

su longitud. El replantillo tendrá sección semicircular en su parte media para mejor apoyo de la tubería.

Cuando se ha resanteado la superficie del fondo de la zanja se procede a compactar con un pisón manual previo a la colocación del material soportante que es el relleno de arena.

El espesor de la capa de arena debe de ser mínimo de 0.10 m, compactada al 90% del proctor modificado, ya que esta dará soporte a la tubería de manera que se distribuyan las cargas uniformemente en el terreno.

#### **6.4.3. Medición y Forma de Pago**

La unidad de medida será metro cúbico (m<sup>3</sup>) de relleno de arena. El precio unitario incluye mano de obra y maquinaria utilizada en la actividad descrita.

### **6.5. Suministro e instalación de colector PVC, D=200mm**

#### **6.5.1. Descripción del rubro**

Este rubro comprende el suministro en obra y bodega, de las tuberías a utilizar en el sistema de alcantarillado pluvial, de acuerdo a lo requerido en las especificaciones técnicas.

Las tuberías son de PVC, con superficie interior lisa y exterior corrugada o lisa. Habrá uniones de cemento solvento o sellos de elastómero. Cada uno de los materiales mencionados deberán de cumplir con las especificaciones de fabricación y estar regidas a pruebas y ensayos de calidad.

La instalación de tuberías se lo realizara de acuerdo a lo especificado en el plano o lo indicado por parte del fiscalizador. Esta incluye el transporte de la tubería desde el lugar comercial adquirido hasta la bodega en obra establecida por el fiscalizador, así como la movilización hasta el lugar de colocación en las zanjas y conexiones pertinentes a lo largo del trazado.

#### **6.5.2. Procedimiento de trabajo.**

Previa la instalación de la tubería se debe verificar que tanto la zanja como el relleno del replantillo estén de acuerdo a las normas ASTM D 2321.

#### **6.5.3. Medición y Forma de Pago**

La unidad de medida es el metro lineal (ml) de suministro e instalación de colector PVC. El precio unitario incluye mano de obra y maquinaria utilizada en la actividad descrita.

## **6.6. Suministro e instalación de colector de Hormigón Simple, D=300mm**

### **6.6.1. Descripción del rubro.**

Este rubro comprende el suministro en obra y bodega, de las tuberías a utilizar en el sistema de alcantarillado pluvial, de acuerdo a lo requerido en las especificaciones técnicas.

Las tuberías son de HS de superficie rugosa tanto el interior como en el exterior, además se tienen uniones de sellos de elastómero. Cada uno de los materiales mencionados deberá de cumplir con las especificaciones de fabricación y estar regidas a pruebas y ensayos de calidad.

La instalación de tuberías se lo realizara de acuerdo a lo especificado en el plano o lo indicado por parte del fiscalizador. Esta incluye el transporte de la tubería desde el lugar comercial adquirido hasta la bodega en obra establecida por el fiscalizador, así como la movilización hasta el lugar de colocación en las zanjas y conexiones pertinentes a lo largo del trazado.

### **6.6.2. Procedimiento de trabajo.**

Previa la instalación de la tubería se debe verificar que tanto la zanja como el relleno del replantillo estén de acuerdo a las normas ASTM C 76 o NTE INEN 1591.

### **6.6.3. Medición y Forma de Pago**

La unidad de medida es el metro lineal (ml) de suministro e instalación de colector HS. El precio unitario incluye mano de obra y maquinaria utilizada en la actividad descrita.

## **6.7. Caja de Registro AALL de HS, cuello de HA y tapa de HA (50x50cm)**

### **6.7.1. Descripción del rubro**

Este rubro comprende requisitos y procedimientos relacionados a la fabricación, suministro e instalación de cajas de registro para uso subterráneo, permitiendo tener acceso a labores de limpieza e inspección.

Se incluye en el rubro el cabezal de soporte y la tapa, ya que forman parte del sistema, y se las realizara de acuerdo a las especificaciones de los planos.

### **6.7.2. Procedimiento de trabajo.**

Se realiza la excavación para las cajas de registro con un sobre ancho de mínimo 20 cm y 5 cm respecto a la altura. Se deberá tomar en cuenta el nivel de la acera terminada y la posición de la caja.

Una vez instalada la caja, se rellanará alrededor de la misma con material fino como arcilla, arena o cisco de trituración con capas de 15 cm con compactación manual. La tapa deberá tener anclado un marco de pletina.

### **6.7.3. Medición y Forma de Pago**

La unidad de medida será la unidad (u) de suministro e instalación de caja de registro AALL de HS, cuello de HA y tapa de HA.

El precio unitario incluye mano de obra y maquinaria utilizada en la actividad descrita.

## **6.8. Cámara de Inspección HA D=600mm**

### **6.8.1. Descripción del rubro.**

Las cámaras de inspección están compuestas con distintas piezas o elementos unidos entre sí para implementación en instalaciones sanitarias.

### **6.8.2. Procedimiento de trabajo**

Las cámaras tienen sección circular con un diámetro interno de 600 mm construidas con hormigón armado prefabricado y losa de hormigón reforzado. Las cámaras de inspección deben de cumplir con las especificaciones INEN 1591 y ASTM A 497.

### **6.8.3. Medición y Forma de Pago**

La unidad de medida será la unidad (u) de cámaras de inspección HA. El precio unitario incluye mano de obra y maquinaria utilizada en la actividad descrita.

## **6.9. Aceras de Hormigón Clase B $f_c=210$ kg/cm<sup>2</sup>**

### **6.9.1. Descripción de rubro**

Construcción de bordillos de hormigón, aceras, entradas particulares y cunetas combinados. Se utilizará hormigón de clase B, a menos que se indique lo contrario en los planos.

### **6.9.2. Procedimiento de trabajo**

- Disposición del cimiento

La subrasante deberá ser concluida teniendo en cuenta las pendientes y secciones transversales especificadas en los planos. Se deberán tomar las medidas pertinentes antes de la colocación del hormigón, es decir que la subrasante este humedecida y bien compactada.

- Encofrado

Se deberá utilizar un encofrado que sea lo suficientemente rígido para que no se deforme ante las presiones provenientes del hormigón, además previa a la colocación del hormigón el encofrado debe de estar correctamente lubricado.

- Levantamiento de bordillos de hormigón

Se deberá dejar los pasos de entradas particulares, de acuerdo al especificado en los planos de diseño.

### **6.9.3. Medición y Forma de pago.**

La unidad de medida es el metro lineal (ml) para bordillos y cunetas requeridos en el plano de diseño.

El precio unitario incluye mano de obra y maquinaria utilizada en la actividad descrita, incluyendo construcción y retiro de encofrados, construcción de juntas y curado del hormigón.

# **CAPÍTULO 7**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7. Conclusiones y recomendaciones**

#### **7.1. Conclusiones**

- Considerando un sistema de tuberías de PVC, mediante las tablas de cálculo hidráulico se pudo observar que estas presentan un mejor comportamiento en comparación a las de hormigón ya que poseen un coeficiente de rugosidad menor.
- En el caso de que se decidiera realizar el sistema de alcantarillado pluvial únicamente de hormigón se determinó que esto implicaría un incremento considerable en la excavación, por ende en el movimiento de tierras lo que encarece esta alternativa.
- Ya que la vía no presenta cambios de pendiente considerables, se puede aseverar que esta es regular lo que reduce hasta cierto punto, la instalación de un mayor número de cámaras de inspección.
- Una mejoría en el sistema de alcantarilla pluvial de la calle 24 de mayo podrá repercutir positivamente en la economía del sector ya que al reducir las inundaciones los comercios podrán atender con mayor regularidad.
- La instalación de un sistema de alcantarillado pluvial superficial, reduce de manera drástica el impacto en las actividades de construcción, así mismo al ser secciones constantes permite reducir los tiempos de obra.

- Se establece que, un sistema de aguas lluvias recomendable para el lugar podría resultar de una combinación entre tuberías de PVC y pozos de inspección de hormigón.
- En relación al presupuesto así como de la matriz de evaluación, se escogió la alternativa

## **7.2. Recomendaciones**

- Se debe asignar una mayor importancia al nivel socio-económico del sector al analizar, ya que las actividades que allí se realicen pueden influir en una mayor escala en la matriz de evaluación.
- Se sugiere realizar un levantamiento de los sistemas hidrosanitarios que rodean al sector con el fin de determinar si existe alguna fuga, afectación o conexión que pueda repercutir en la red del análisis.
- En el supuesto escenario donde sea implementado un sistema de aguas lluvias superficiales, se deberá concienciar a la población del sector de la limpieza en las zonas exteriores a los domicilios y locales

comerciales con el fin de evitar la reducción de la sección y por ende la capacidad de las cunetas.

- Se recomienda realizar una investigación sobre las tuberías que llegan al río Milagro las cuales podrían estar conectadas directamente al sistema de alcantarillado actual y ante el incremento del nivel del río podría obstruir las cañerías en cuestión.

# **ANEXOS**

## BIBLIOGRAFÍA

1. Azevedo Netto, J. M. (1992). Tecnologías innovadoras y de bajo costo utilizadas en los sistemas de alcantarillado. In *OPS serie técnica* (Vol.

29). OPS.

2. Segura, A. S. (1998). *Proyecto de sistemas de alcantarillado*. Universidad Politécnica de Valencia.
3. Franco, A. (2002). Técnicas de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial. *NB-688*.
4. Ordás, J. A., & Artiles Egües, R. (1996). Sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial en zonas urbanas: cuaderno de referencias para los técnicos de saneamiento ambiental, código 2.2. 2. In *Sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial en zonas urbanas: cuaderno de referencias para los técnicos de saneamiento ambiental, código 2.2. 2*.
5. Ávila, H. (2012). Perspectiva del manejo del drenaje pluvial frente al cambio climático-caso de estudio: Ciudad de Barranquilla, Colombia. *Revista de Ingeniería*, (36), 54-59.
6. Cualla, L., & Alfredo, R. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Panamericana de Formas e Impresos SA.
7. Ripollès, J. D., & Gómez, M. (1994). Problemática del drenaje de

Aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes de colectores. *Ingeniería del agua*, 1(1).

8. Hollenbeck, A. J. (1984). Designing for removal of sanitary sewer cross connections. *Water engineering & management*, 29-31.
9. Agudo, J. P., López, J. S., & Álvarez, J. A. (2008). *Gestión de las aguas pluviales: implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano*. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento.
10. Nanía Escobar, L. S. (1999). *Metodología numérico-experimental para el análisis del riesgo asociado a la escorrentía pluvial en una red de calles*. Universitat Politècnica de Catalunya.
11. Gregory, L. Morris & Associates (2004) Plan de Mejoramiento del alcantarillado pluvial de la ciudad de La Paz (sector central); presentación en Seminario Taller. *Presente y Futuro de SAMAPA*.
12. Agua, C. N. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento" Alcantarillado Pluvial.

13. Ripollès, J. D., & Gómez, M. (1994). Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes de colectores. *Ingeniería del agua*, 1(1).
14. Franco, A. (2002). Técnicas de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial. *NB-688*.
15. Aranda, P. A. (2002). Diseño sistemático basado en SIG para redes de alcantarillado Pluvial. Tesis de grado, Universidad Autónoma de Querétaro, México Nuevo León (México), XX Congreso Latinoamericano de Ingeniería Hidráulica, La Habana, Cuba.
16. ARIAS, M. (2003). Sistemas de Alcantarillado. *Programa de Ingeniería Sanitaria. Escuela Politécnica del Ejército*.
17. QUITO, E. Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q, 2009.
18. Castillo Sarango, D. J., & Hidalgo Robalino, D. H. (2006). Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para la cabecera cantonal Malimpia ubicada en el cantón Quinidé, provincia de Esmeraldas.

19. Robles Cuevas, J. E. (2013). Desarrollo de nuevos modelos de gestión en Empresas de Agua Potable y Alcantarillado.