



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**DISEÑO DE UN DRENAJE CON MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
PLÁSTICOS PARA EL DESARROLLO URBANO DE LA CIUDAD DE MILAGRO**

TUTOR

ING LISSETTE ELISA SÁNCHEZ RIVERA

AUTORES

FALCONES GARCÍA NÉSTOR JAVIER

MENDOZA MORAN PEDRO PAUL

GUAYAQUIL

2024

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS		
TÍTULO Y SUBTÍTULO: DISEÑO DE UN DRENAJE CON MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PLÁSTICOS PARA EL DESARROLLO URBANO DE LA CIUDAD DE MILAGRO		
AUTOR/ES: FALCONES GARCÍA NÉSTOR JAVIER MENDOZA MORAN PEDRO PAUL	TUTOR: ING LISSETTE ELISA SÁNCHEZ RIVERA	
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: INGENIERO CIVIL	
FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL	
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2024	N. DE PÁGS.: 106	
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción		
PALABRAS CLAVE: Aguas lluvias, Aguas servidas, Alcantarillado, Drenaje, Fluidos.		
RESUMEN: En el presente artículo se aborda la problemática de los desastres ocasionados por las fuertes precipitaciones, dando lugar a inundaciones y la propagación de enfermedades. Al observar la situación de manera visual, se ha identificado la necesidad imperante de implementar un sistema de drenaje innovador capaz de separar eficientemente los residuos del agua acumulada por las lluvias, facilitando así un flujo adecuado en el área de Nuevo Milagro en la ciudad de Milagro. Con un enfoque ecológico, se propone la utilización de materiales plásticos en la construcción del nuevo sistema de drenaje, el cual se diseñará de manera que permita una manipulación sencilla para la extracción eficaz de los desechos.		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Mendoza Moran Pedro Paul Falcones García Néstor Javier	Teléfono: # 0996829088 # 0989603548	E-mail: pmendozam@ulvr.edu.ec nfalconesg@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Título. Nombres y Apellidos (Decano) Teléfono: xxxxxxx Ext. xxx E-mail: correo institucional Título. Nombres y Apellidos (Director de Carrera) Teléfono: xxxxxxx Ext. xxx E-mail: correo institucional	

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Tesis Falcones

INFORME DE ORIGINALIDAD

6% INDICE DE SIMILITUD	7% FUENTES DE INTERNET	2% PUBLICACIONES	3% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ulvr.edu.ec Fuente de Internet	3%
2	idoc.pub Fuente de Internet	1%
3	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	kupdf.net Fuente de Internet	1%
6	quimisor.com.mx Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado



LISSETTE ELISA
SANCHEZ RIVERA

Firma:

Mgtr. Lissette Sánchez Rivera

C.C. 0923061857

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados NÉSTOR JAVIER FALCONES GARCÍA, PEDRO PAUL MORAN MENDOZA declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, DISEÑO DE UN DRENAJE CON MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PLÁSTICOS PARA EL DESARROLLO URBANO DE LA CIUDAD DE MILAGRO, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)



Firma:

PEDRO PAUL MENDOZA MORAN

C.I. 0942125592



Firma:

NÉSTOR JAVIER FALCONES GARCÍA

C.I. 0803233816

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación Propuesta Diseño de un drenaje con materiales de construcción plásticos para el desarrollo urbano de la ciudad de milagro, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Propuesta Diseño de un drenaje con materiales de construcción plásticos para el desarrollo urbano de la ciudad de milagro, presentado por los estudiantes MENDOZA MORAN PEDRO PAUL Y FALCONES GARCIA NESTOR JAVIER como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

Mgtr. Lissette Sánchez Rivera

C.C. 0923061857

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mi madre Janeth Mercedes Moran Romero, a mi abuela María Esther Romero Quinto, a mi hermana Jennifer Elizabeth Mendoza Moran, a mi sobrino Benjamín Andrés Gallo Mendoza, a mi tía Mary Isabel Moran Romero por su amor y apoyo incondicional, que me ha permitido llegar hasta aquí.

Lisette Elisa Sánchez Rivera, por su orientación y apoyo constante durante todo el proceso de investigación y redacción de esta tesis. Agradezco a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil por brindarme las herramientas y recursos necesarios para completar este proyecto. A todos aquellos que han contribuido de alguna manera a este trabajo, ya sea a través de su conocimiento, experiencia o tiempo. Sin su ayuda y apoyo, no hubiera sido posible llegar a este logro. Gracias por creer en mí y por estar a mi lado en este camino.

A Katherine, por su capacidad para entenderme, por su paciencia y por estar a mi lado en esta difícil etapa de mi vida, compartiendo tanto mis alegrías como mis fracasos.

Falcones:

En el umbral de la culminación de este camino académico, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a aquellos que han sido faros de luz en la oscuridad, compañeros de viaje en la incertidumbre y puentes de apoyo en la debilidad.

A mi padre Néstor Falcones de la Cruz, mis abuelas América Carbo – Rosa de la Cruz, mis hermanos Mateo – Sebastián Falcones, mis tías Valeria - Tania Carbo, Cecilia – María Falcones, demás familiares por su apoyo constante y dedicación a mi formación académica, por su amor inagotable y fe inquebrantable en mi potencial.

A mi tutor Lissette Elisa Sánchez Rivera, por su sabiduría, paciencia y dedicación sin límites. A mis compañeros y amigos, por su amistad, risas y momentos compartidos.

A la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, por brindarme un hogar intelectual y emocional, por proporcionarme un entorno académico estimulante y los recursos necesarios para completar mi investigación

Gracias por ser parte de esta odisea, por creer en mí, ayudarme a creer en mí mismo, este trabajo no habría sido posible sin la ayuda y apoyo de estas personas e instituciones. Les expreso mi más profundo agradecimiento, este logro es también vuestro.

DEDICATORIA

A Dios, quien me otorgó salud, fortaleza, esperanza y siempre estuvo a mi lado. A mi madre Janeth Mercedes Moran Romero, a mi abuela María Esther Romero Quinto por su amor incondicional y apoyo constante. Su sacrificio y aliento han sido la luz que me ha guiado en cada paso de este camino. A mi tía Amada Petita Morán Macías, por todo el cariño, amor y valores que me inculcaste desde mi infancia. Desde el cielo, sé que te sientes orgullosa de mí. A mi hermana Jenniffer Elizabeth Mendoza Moran por ser una parte fundamental de mi vida y aprendizajes. A mi tía Mary Isabel Moran Romero por toda la comprensión y cariño. Y en especial a mi sobrino Benjamín Andrés Gallo Mendoza que es mi inspiración en mi vida diaria. Y a todos aquellos que soñaron conmigo y me inspiraron a seguir adelante, esta tesis es un reflejo de nuestras aspiraciones y esfuerzos compartidos.

Falcones:

A Dios quien fue la luz de mi vida, que ilumina mis días y calma mis noches. A aquellos que me enseñaron a soñar, a creer y salir adelante. A los que me sostuvieron en mis caídas y me celebraron en mis triunfos.

A mi familia quienes fueron pilares de mi ser, me enseñaron a vivir con pasión y propósito, una red de amor que me envuelve y me protege, que me hace sentir seguro y acompañado en este viaje. Dedico este trabajo a todos aquellos que han dejado huella en mi alma, que han hecho que este camino sea posible y que han hecho que yo sea quien soy hoy. Que esta tesis sea un reflejo de su amor, su apoyo y su fe en mí.

RESUMEN

En el presente artículo se aborda la problemática de los desastres ocasionados por las fuertes precipitaciones, dando lugar a inundaciones y la propagación de enfermedades. Al observar la situación de manera visual, se ha identificado la necesidad imperante de implementar un sistema de drenaje innovador capaz de separar eficientemente los residuos del agua acumulada por las lluvias, facilitando así un flujo adecuado en el área de Nuevo Milagro en la ciudad de Milagro. Con un enfoque ecológico, se propone la utilización de materiales plásticos en la construcción del nuevo sistema de drenaje, el cual se diseñará de manera que permita una manipulación sencilla para la extracción eficaz de los desechos.

PALABRAS CLAVES: Aguas lluvias, Aguas servidas, Alcantarillado, Drenaje, Fluidos.

ABSTRACT

In the content of this article reference is made to the disasters caused by heavy rains causing floods and diseases. Visually we have realized that a new drainage system is needed that can easily separate the waste from the water caused by the rain allowing a good flow. In an ecological way, using plastic, the new drainage system will be made, which can also be easily manipulated to remove the garbage.

KEYWORDS: Water rain, wastewater, Sewer system, Sewer system, Sewerage, Fluids.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I ENFOQUE DE LA PROPUESTA.....	3
1.1. Tema.....	3
1.2. Planteamiento del Problema	3
1.3. Formulación del Problema:	4
1.4. Objetivos de la investigación	5
1.4.1. Objetivo General	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5
1.5. Idea a defender	5
1.6. Hipótesis	5
1.7. Línea de Investigación Institucional / Facultad.	5
CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL	7
2.1 Antecedentes	7
2.1.1 Historia del Drenaje	7
2.1.2 Elementos que componen un sistema de drenaje	7
2.1.3 Tipos de sistemas de drenajes que existen.....	8
2.1.4 Importancia de los sistemas de drenaje	9
2.1.5 Partes de un sistema pluvial	11
2.1.6 Consideraciones para la red pluvial	12
2.1.7 Hidrología	13
2.2 Marco Teórico	16
2.2.1 Drenajes primitivos	16
2.2.2 Consideraciones sobre el servicio del sistema	29
2.2.3 Sistemas de drenajes urbanos	31
2.2.4 Reutilización y recuperación aguas pluviales	31

2.2.5	Prácticas construcción ecológica	32
2.2.6	Resistencia y durabilidad plásticos	32
2.2.7	Innovación drenajes plásticos	33
2.2.8	Estabilidad química en plásticos	33
2.2.9	Técnicas de construcción sostenibles	33
2.2.10	Simulación sistemas de drenajes	34
2.2.11	Contribución a la resiliencia urbana	34
2.2.12	PEAD	35
2.2.13	Peletización de PEAD reciclado	35
2.3	Marco Legal	35
2.3.1	Otras funciones establecidas por la presente Ley.	36
2.3.2	Ley general de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario	36
2.3.3	Ley general de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario	36
2.3.4	Normas técnicas referenciadas	37
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO		39
3.1	Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto)	39
3.1.1	Método	39
3.1.2	Alcance de la Investigación	39
3.1.3	Técnica e instrumentos para obtener los datos	39
3.1.4	Población	41
3.1.5	Muestra	42
3.2	Presentación y análisis de resultados	44
CAPÍTULO IV PROPUESTA O INFORME		48
4.1	Introducción	48
4.2	Topografía	48
4.2.1	Levantamiento Topográfico	49

4.2.2	Equipo Fundamental	50
4.2.3	Equipo Topográfico	51
4.3	Estudio geotécnico del terreno	51
4.3.1	Resultados finales del estudio de suelos	51
4.3.2	Criterios de diseño.....	52
4.4	Presentación y análisis de resultados	52
4.4.1	Análisis y Propiedades del Polietileno de alta densidad	52
4.4.2	Análisis y Propiedades del Hormigón	53
4.4.3	Análisis Comparativo entre Material de Polietileno de Alta Densidad y Hormigón	53
4.4.4	Comparación de la Corrosividad del Hormigón y el PEAD	54
4.4.5	Comparación de la Corrugosidad del Hormigón y el PEAD	54
4.5	Implementación de variables.....	55
4.5.1	Delimitación de sector	55
4.5.2	Periodo de Diseño.....	57
4.5.3	Periodo de retorno.....	58
4.5.4	Caudal de Diseño.....	59
4.6	Criterios Generales de un sistema de drenaje pluvial.....	59
4.6.1	Velocidad mínima.....	60
4.6.2	Pendiente máxima admisible.....	61
4.6.3	Intensidad de lluvia.....	61
4.6.4	Coeficiente escorrentía.....	62
4.6.5	Caudal.....	63
4.6.6	Presentación de resultados	63
4.7	Ubicación tubería PEAD.....	64
4.8	Consideraciones del diseño	65
4.9	Formulas usadas para el diseño	65

4.10	Cómo se obtuvieron las cotas del diseño pluvial.	68
4.11	Como obtenemos las áreas de drenaje.....	70
4.12	Método triangular para poder obtener áreas	70
4.13	Presupuesto Referencial	73
CONCLUSIONES		76
RECOMENDACIONES		77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		81
ANEXOS.....		85

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Línea de investigación</i>	6
Tabla 2	<i>Equipo necesario</i>	50
Tabla 3	<i>Implementación de variables</i>	55
Tabla 4	<i>Métodos hidrológicos en función a las áreas de la cuenca</i>	59
Tabla 5	<i>Resultados</i>	63
Tabla 6	<i>Coordenadas</i>	64
Tabla 7	<i>Cálculos hidráulicos diseño PEAD del sector Las Margaritas</i>	66
Tabla 8	<i>Cálculos hidráulicos diseño hormigón del sector Las Margaritas</i>	67
Tabla 9	<i>Presupuesto referencial del hormigón</i>	73
Tabla 10	<i>Presupuesto referencial aall de PEAD</i>	74

Índice de figuras

Figura 1	<i>Ciclo hidrológico</i>	14
Figura 2	<i>Climatología de Milagro</i>	15
Figura 3	<i>Temperatura promedio en Milagro</i>	16
Figura 4	<i>Sumidero de Ventana</i>	19
Figura 5	<i>Sumidero de reja o Calzada</i>	19
Figura 6	<i>Sumidero de Ventana Tipo INOS</i>	20
Figura 7	<i>Sumidero de Ventana Genérico</i>	21
Figura 8	<i>Captación de agua de lluvia con sumideros de rejilla</i>	22
Figura 9	<i>Sumidero de Rejilla P-50</i>	23
Figura 10	<i>Sumidero de Rejilla P-50 x 100</i>	24
Figura 11	<i>Cunetas</i>	25
Figura 12	<i>Esquema de una cuenca hidrográfica</i>	27
Figura 13	<i>Subdivisión de una cuenca hidrográfica en 3 subcuencas menores</i>	27
Figura 14	<i>Intensidad duración frecuencia de Milagro</i>	29
Figura 15	<i>Sistema de drenaje urbano sostenible</i>	31
Figura 16	<i>Tuberías de plástico para la renovación de redes subterráneas de drenaje y alcantarillado</i>	32
Figura 17	<i>Innovación en extrusión de plásticos</i>	33
Figura 18	<i>Construcción sostenible: elección de materiales y prácticas ambientales</i>	33

Figura 19	<i>Sistemas de drenaje</i>	34
Figura 20	<i>Inundaciones en Ecuador: A Milagro solo se entra en canoa</i>	34
Figura 21	<i>Población del cantón Milagro Censo 2001</i>	41
Figura 22	<i>Distribución de la población del cantón Milagro, según parroquias</i>	42
Figura 23	<i>Encuesta</i>	43
Figura 24	<i>Pregunta 1</i>	44
Figura 25	<i>Pregunta 2</i>	45
Figura 26	<i>Pregunta 3</i>	46
Figura 27	<i>Pregunta 4</i>	47
Figura 28	<i>Sector Las Margaritas</i>	56
Figura 29	<i>Calle García Moreno inundada</i>	56
Figura 30	<i>Periodos de retorno para diferentes ocupaciones</i>	58
Figura 31	<i>Intensidad y periodos de retorno en la estación hidrológica Milagro</i>	61
Figura 32	<i>Coeficiente de escorrentía para un área urbana</i>	62
Figura 33	<i>Ciudadela Las Margaritas</i>	64
Figura 34	<i>Comando lineal</i>	68
Figura 35	<i>Cota</i>	69
Figura 36	<i>Cota final</i>	69
Figura 37	<i>Área de drenaje</i>	70
Figura 38	<i>Fórmula del área de un triángulo</i>	71
Figura 39	<i>Método triangular</i>	71
Figura 40	<i>Trazado triangular</i>	72

Índice de Anexos

Anexo 1	<i>Calle Baños</i>	85
Anexo 2	<i>Calle de la Avenida García Moreno</i>	86
Anexo 3	<i>Calle Patate</i>	87
Anexo 4	<i>Calle La Unidad</i>	88
Anexo 5	<i>Calle Ambato</i>	89

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, los sistemas de drenaje pluvial han jugado un papel esencial en la infraestructura de las ciudades, permitiendo la gestión eficiente de las aguas de lluvia y evitando los desastres asociados a las inundaciones. En épocas anteriores a la implementación de estos sistemas, los asentamientos humanos sufrían graves problemas como inundaciones y acumulación de agua, lo que impactaba negativamente la salud y el bienestar de la población. A medida que las ciudades crecieron, la necesidad de un sistema de drenaje eficiente se volvió imperativa, no solo para preservar la infraestructura, sino también para mitigar los efectos ambientales.

El desarrollo de sistemas de drenaje pluvial se vuelve especialmente crítico en zonas urbanas densamente pobladas, donde la gestión adecuada del agua es fundamental para prevenir desastres y reducir los impactos negativos en el entorno. El Cantón Milagro, ubicado en la provincia del Guayas, es un ejemplo claro de una región vulnerable a las inundaciones, dado que su cuenca hidrográfica abarca 226,74 km² y está influenciada por el río que atraviesa su territorio. Las lluvias en esta zona son intensas y frecuentes, provocando inundaciones recurrentes que afectan tanto a las viviendas como a la salud de los residentes.

En este contexto, las temporadas lluviosas en Milagro, y específicamente en el sector Las Margaritas, han sido devastadoras, causando daños materiales significativos y creando situaciones de emergencia que en ocasiones duran hasta una semana. A pesar de los esfuerzos, los residentes sienten que las soluciones implementadas no han sido suficientes para mitigar el problema.

La correcta gestión de las aguas pluviales no solo es necesaria para prevenir inundaciones, sino también para evitar la contaminación ambiental y proteger la salud de los seres vivos en la zona. Frente a esta problemática, surge la propuesta de un sistema de drenaje innovador que se basa en el uso de materiales plásticos, específicamente polietileno de alta densidad (PEAD), diseñado para recolectar, evacuar y monitorear en tiempo real las aguas pluviales en el sector Las Margaritas. Este diseño se sustenta en una investigación exhaustiva que ha priorizado la eficiencia y sostenibilidad, seleccionando los materiales y componentes adecuados,

y garantizando el cumplimiento de las normativas vigentes, así como la optimización de los costos económicos.

La presente tesis está organizada en cuatro capítulos, cada uno de los cuales aborda aspectos clave para la implementación de la propuesta.

En el Capítulo 1, se presenta el enfoque de la propuesta, detallando la problemática de las inundaciones en el sector Las Margaritas y justificando la necesidad de un sistema de drenaje pluvial basado en materiales innovadores como el polietileno de alta densidad (PEAD).

En el Capítulo 2, se desarrolla el marco referencial, abordando los antecedentes teóricos y normativos que sustentan el diseño del sistema, así como estudios previos sobre la gestión de aguas pluviales en zonas urbanas vulnerables.

El Capítulo 3 está dedicado al marco metodológico, donde se describe el método de investigación utilizado para la recopilación y análisis de los datos, así como las herramientas empleadas para evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto.

Finalmente, en el Capítulo 4, se presenta la propuesta final del sistema de drenaje, detallando los componentes del diseño, los materiales seleccionados y un informe que evalúa su sostenibilidad, costos y el impacto esperado en la comunidad de Las Margaritas.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1. Tema

DISEÑO DE UN DRENAJE CON MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PLÁSTICOS PARA EL DESARROLLO URBANO DE LA CIUDAD DE MILAGRO

1.2. Planteamiento del Problema

El cantón de Milagro, ubicado en la provincia de Guayas, ha sido históricamente vulnerable a las inundaciones debido a una combinación de factores geográficos y antropogénicos que obstaculizan el drenaje adecuado del agua pluvial. La ubicación geográfica de Milagro, situada por debajo del nivel freático en relación con los principales afluentes, provoca que durante las intensas precipitaciones, el agua se acumule dentro de los límites urbanos en lugar de drenar hacia el río, exacerbando el riesgo de inundaciones.

Es importante destacar que los eventos más graves de inundaciones y desbordamientos de ríos han sucedido durante períodos de lluvias intensas y prolongadas, causadas por la variabilidad climática asociada a diferentes fenómenos. Un caso destacado fue en 2017, cuando el cantón de Milagro fue declarado en estado de emergencia debido a la extensa inundación que afectó a varios sectores, provocada por un invierno particularmente intenso (Vera & Vinueza, 2017).

El crecimiento urbano en la ciudad de Milagro ha generado una serie de desafíos tanto en el ámbito ambiental como estructural, vinculados a la construcción de edificaciones, calles y otras infraestructuras. La utilización convencional de materiales de construcción ha tenido un impacto significativo en la alteración del entorno natural, dando origen a problemáticas como la formación de superficies poco permeables y la eliminación de cursos de agua naturales. Estos cambios en el paisaje urbano han resultado en consecuencias notables, como la retención de agua de lluvia en el terreno y la disminución de la capacidad de drenaje.

Las frecuentes inundaciones han dejado en evidencia lo vulnerable que es el cantón Milagro, debido a sus características geográficas y sociales. Por ello, es

fundamental encontrar soluciones que eviten la inundación, especialmente en su centro urbano, para reducir el impacto de estos eventos (Arévalo Paredes, 2022).

Uno de los principales problemas que enfrentan los pobladores del cantón Milagro, está relacionada directamente a los eventos de grandes avenidas de inundaciones provocadas por la influencia de los ríos: Milagro, Naranjito, Los Monos y Chimbo.

Las inundaciones repetidas y los daños que están acarreado han desestabilizado el sector productivo en la región, lo que también afecta áreas colaterales como la salud, y calidad de vida

Como resultado, la zona se ve afectada por inundaciones recurrentes durante la temporada de lluvias, generando impactos no solo en la infraestructura, sino también en la calidad de vida de los residentes locales. Específicamente, la ciudad de Milagro ha experimentado inundaciones en sectores como "Las Margaritas". Con la intención de abordar estos desafíos, se propone la utilización de materiales de construcción, en particular plásticos, para el desarrollo urbano en zonas más afectadas. La propuesta incluye la implementación de un sistema de drenaje ecológico que facilite la separación eficiente de residuos y promueva un flujo adecuado de aguas pluviales. La elección de plásticos se presenta como una alternativa sostenible y adaptable, con el potencial de mitigar los impactos adversos del desarrollo urbano en el entorno local. Este planteamiento del problema busca resaltar la importancia de encontrar soluciones innovadoras y respetuosas con el medio ambiente para lograr un desarrollo sostenible en la ciudad de Milagro.

1.3. Formulación del Problema:

¿Cómo regenerar el sistema de drenaje urbano en el sector LAS MARGARITAS, sustentando la calidad con polietileno de alta densidad (PEAD) mediante utilización de materiales plásticos reciclados para abordar los desafíos ambientales y estructurales derivados de la construcción de drenajes convencionales?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

- Rediseñar sistema AALL mediante implementación de Tubería PEAD, para desarrollo en sector Las Margaritas..

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis comparativo de manera durable, técnica, mecánica del hormigón y el PEAD para determinar su idoneidad en la construcción de drenajes urbanos.
- Adquirir información sobre ambos materiales para establecer cuál es más económico y sostenible para el sector..
- Analizar la eficiencia en el impacto de la rugosidad entre los drenajes de hormigón y pead.

1.5. Idea a defender

La hipótesis formulada establece que el diseño propuesto para el sistema de drenaje pluvial optimizará la evacuación de las aguas lluvias, mitigando el riesgo de inundaciones y mejorando significativamente la calidad de vida de la población, mediante la reducción de la acumulación de agua superficial y la minimización de los efectos negativos asociados a la esorrentía pluvial.

1.6. Hipótesis

El sistema de drenaje combinado integra la recolección y transporte de aguas residuales domésticas y aguas pluviales en un solo flujo, dirigiéndolas hacia la planta de tratamiento. Este enfoque ofrece ventajas significativas, incluyendo una mayor eficiencia económica en comparación con los sistemas de alcantarillado separado, así como una reducción del riesgo de inundaciones urbanas, ya que las aguas pluviales se gestionan y tratan juntamente con las aguas residuales, optimizando la capacidad de drenaje y minimizando la sobrecarga del sistema durante eventos de precipitación intensa.

1.7. Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Territorio, medio ambiente, y materiales innovadores para la construcción.

Tabla 1

Línea de investigación

Dominio	Línea institucional	Líneas de Facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Territorio

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (2023)

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

2.1.1 *Historia del Drenaje*

En 1884, bajo el mandato de Porfirio Díaz, se impulsaron importantes trabajos de desagüe que incluyeron la construcción de un túnel, el tajo y el gran canal. Para financiar estas obras, se destinaron 400,000 pesos anuales, y la supervisión quedó a cargo del ingeniero Luis Espinosa, quien lideró una Junta Directiva. El túnel, que superaba los 10,000 metros de longitud, fue finalmente completado en 1894.

Hoy en día, la implementación de sistemas de drenaje con materiales plásticos ha evolucionado significativamente. Estos materiales son empleados tanto en instalaciones subterráneas como superficiales, facilitando el transporte de agua potable, agua cruda antes de su tratamiento, así como para drenaje, alcantarillado bajo presión, sistemas de alcantarillado al vacío y otros usos diversos.

2.1.2 *Elementos que componen un sistema de drenaje*

Los sistemas de drenaje pueden variar en complejidad, desde los más sencillos hasta los más elaborados, pero suelen compartir ciertos componentes esenciales. Entre los más comunes se encuentran:

Alcantarillado: Este es el elemento más visible en un sistema de drenaje. Consiste en una red de canales, normalmente subterráneos, con aperturas en la superficie. Estas aperturas pueden estar conectadas al sistema de tuberías de los edificios o ubicadas en la vía pública. Los accesos, conocidos como sumideros, están cubiertos con rejillas o tapas para evitar que objetos grandes, personas o animales caigan dentro, lo que podría causar bloqueos o accidentes.

Desagües pluviales: Su función es recoger y canalizar el agua de lluvia. En las áreas urbanas, estos desagües suelen conectarse a la red de alcantarillado. En zonas rurales, pueden cumplir una doble función: evitar la acumulación de agua encharcada y aprovechar el agua para otros fines. Dentro de este sistema se incluyen zanjas, canales y pequeñas estructuras llamadas tajeas, que permiten que el agua pase por debajo de carreteras o vías férreas.

Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS): Estos sistemas son diseñados para aprovechar al máximo el agua de lluvia. Suelen ser permeables y a menudo se integran con áreas verdes. No solo almacenan y transportan el agua, sino que también la filtran e infiltran en el terreno, mejorando su calidad en el proceso.

Colectores: Son responsables de recoger el agua de diferentes partes de la red y conducirla hacia las plantas de tratamiento.

Pozos húmedos o subterráneos: Estos pozos almacenan las aguas residuales hasta que alcanzan un nivel que activa el bombeo hacia las plantas de tratamiento. Suelen estar equipados con sensores que controlan el nivel del agua.

Estaciones de bombeo: Aunque muchos sistemas de drenaje funcionan por gravedad, en terrenos irregulares se instalan estaciones de bombeo para impulsar el agua a puntos más altos.

Plantas de tratamiento de aguas residuales: Estas instalaciones son fundamentales para limpiar las aguas residuales. A través de procesos fisicoquímicos, eliminan contaminantes antes de que el agua pueda ser reutilizada o devuelta al medio ambiente.

2.1.3 Tipos de sistemas de drenajes que existen

En términos generales, los tipos de drenaje se pueden clasificar en varias categorías, así como lo indican los autores (García y Muriel 2024):

- **Drenaje urbano:** Su función es gestionar el agua en las áreas urbanizadas, donde la capacidad de absorción del terreno es limitada debido a la alta concentración de edificios y pavimento.
- **Drenaje agrícola:** Ayuda a eliminar el exceso de agua en los suelos agrícolas, manteniendo su calidad y garantizando un suministro adecuado de agua para los cultivos, lo que es vital para la producción agrícola.
- **Drenaje de carreteras:** Su propósito es recolectar y canalizar las aguas de lluvia para evitar acumulaciones y garantizar la seguridad en las vías, minimizando los riesgos de accidentes causados por encharcamientos.
- **Drenaje de edificios:** Se implementa en edificaciones residenciales, comerciales e industriales para canalizar tanto las aguas pluviales como

las residuales, asegurando un adecuado manejo de estas en cada tipo de estructura.

- **Drenaje industrial:** Aunque se incluye dentro del drenaje de edificios, el drenaje en instalaciones industriales tiene particularidades que requieren atención especial. Cada industria presenta necesidades específicas y retos en el manejo de aguas residuales, siendo crucial evitar la contaminación del suelo y el agua, así como gestionar adecuadamente los residuos peligrosos o tóxicos.

En cuanto al alcantarillado pluvial particular, este es el sistema encargado de recolectar y canalizar el agua de lluvia dentro de una propiedad, como un edificio o finca, dirigiéndola hacia la red de alcantarillado pública más cercana.

Menciona Geldres (2020), que el alcantarillado pluvial general particular cumple una función similar, pero abarca zonas comunes en complejos residenciales, centros comerciales, áreas industriales o deportivas, recolectando el agua de lluvia para su descarga en el sistema de alcantarillado más próximo

Para que un sistema de alcantarillado pluvial funcione correctamente, es fundamental contar con una infraestructura adecuada que permita la captación, conducción, mantenimiento y descarga del agua:

- **Estructura de captación:** Recoge el agua para su transporte en los sistemas de drenaje pluvial. Este proceso se lleva a cabo mediante sumideros, rejillas o desagües pluviales. Además, se conectan a los sistemas de drenaje las canaletas de los tejados y patios, y en las carreteras o calzadas se utiliza la escorrentía de aguas pluviales recogida en zanjas y cunetas para su redirección hacia el sistema principal de drenaje.

2.1.4 Importancia de los sistemas de drenaje

Los sistemas de drenaje son fundamentales por diversas razones que ya se han mencionado, tales como:

- **Control de inundaciones:** Evitar que el exceso de agua cause daños en áreas urbanas y rurales.

- **Gestión de agua pluvial:** Recolectar y canalizar el agua de lluvia de manera eficiente.
- **Sanearamiento:** Mantener las áreas urbanas limpias y libres de aguas residuales.
- **Tratamiento de aguas residuales:** Asegurar que el agua contaminada se trate adecuadamente antes de ser reintroducida al medio ambiente.
- **Preservación del suelo y aguas subterráneas:** Protegerlos de posibles contaminantes que puedan afectarlos.

Además, los sistemas de drenaje son esenciales para:

- **Control de la erosión:** El flujo descontrolado del agua puede erosionar el suelo, lo que provoca la pérdida de nutrientes en zonas rurales y la inestabilidad de cimientos en áreas urbanas.
- **Gestión integrada del agua:** Una adecuada gestión del agua permite su aprovechamiento eficiente, además de reinsertar las aguas tratadas en el ciclo natural de manera responsable.

El agua, aunque escasa, es vital para el desarrollo de las ciudades y sus habitantes. Con el objetivo de maximizar el aprovechamiento del agua de lluvia, los proyectos de urbanización están incorporando cada vez más los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), que buscan un equilibrio ambiental y son esenciales para gestionar el recurso hídrico de forma sostenible.

Estos sistemas permiten no solo recolectar y filtrar el agua de lluvia, sino también restaurar el ciclo natural del agua y contrarrestar los efectos negativos de la impermeabilización del suelo. Los SUDS son capaces de recoger el agua al pie de pendientes, almacenarla, favorecer la sedimentación de partículas finas, facilitar la infiltración lenta para recargar acuíferos, y conducir el agua de manera más controlada, evitando sobrecargas en los sistemas de drenaje.

De acuerdo con el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, las principales ventajas de estos sistemas son:

1. **Mejor aprovechamiento del agua:** Se reduce el volumen y la contaminación de los desbordamientos en episodios de lluvia, mejorando la eficiencia del sistema de saneamiento.
2. **Menor gasto energético:** Al disminuir la cantidad de agua de escorrentía que ingresa al sistema de saneamiento, se optimiza el rendimiento de las estaciones depuradoras (EDAR), reduciendo el consumo de energía y contribuyendo a la descarbonización del ciclo urbano del agua.

Existen distintos tipos de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), que se adaptan a las necesidades específicas de cada entorno, asegurando una gestión eficaz del recurso hídrico y fomentando la sostenibilidad a largo plazo.

2.1.5 Partes de un sistema pluvial

Las infraestructuras de un sistema de drenaje están diseñadas para garantizar la recolección, transporte y disposición segura del agua. Entre las principales se encuentran:

2.1.5.1 Estructuras de captación: Son las encargadas de recolectar el agua que se transportará posteriormente. Aquí se incluyen los sumideros o bocas de tormenta y las coladeras pluviales, que son los puntos donde el agua ingresa al sistema de drenaje.

2.1.5.2 Estructuras de conducción: Estas infraestructuras se encargan de llevar el agua recogida por las estructuras de captación hasta su destino final, que puede ser una planta de tratamiento o un punto de vertido. Los conductos suelen ser tuberías subterráneas o canales diseñados para soportar el flujo constante de agua.

2.1.5.3 Estructuras de conexión y mantenimiento: Facilitan el acceso a las tuberías y conductos del sistema para realizar labores de inspección y limpieza. Son espacios lo suficientemente amplios para que una persona pueda descender hasta el nivel de las tuberías y realizar las tareas necesarias. Estas estructuras se conocen como pozos de visita.

2.1.5.4 Estructuras de vertido: Son los puntos finales del sistema de alcantarillado, encargados de liberar el agua de manera controlada y segura. Estas estructuras están diseñadas para proteger tanto el último tramo de la tubería como el

sitio de descarga, evitando daños provocados por la fuerza del agua o la corriente del lugar donde se vierte.

2.1.5.5 Instalaciones complementarias: Incluyen elementos adicionales como estaciones de bombeo, plantas de tratamiento, estructuras de cruce, vasos de regulación y detención, y disipadores de energía, todos ellos diseñados para mejorar el rendimiento y la seguridad del sistema.

2.1.5.6 Disposición final: Aunque no es una estructura física, planificar adecuadamente el destino del agua pluvial es crucial. Si no se considera durante la fase de diseño del proyecto, puede generar impactos negativos en el medio ambiente y poner en riesgo a las personas que viven cerca de la zona de descarga.

2.1.6 Consideraciones para la red pluvial

Al diseñar una red de drenaje pluvial, es fundamental considerar ciertos aspectos técnicos, como lo indican en Kinenergy (2021), para asegurar su eficiencia y correcto funcionamiento:

Capacidad del tubo: Es recomendable que la tubería opere a un máximo del 80% de su capacidad total, para evitar sobrecargas.

Velocidades mínimas permitidas:

- Cuando el tubo está parcialmente lleno, la velocidad mínima debe ser de 0.60 m/s.
- Si el tubo está completamente lleno, la velocidad mínima debe alcanzar los 0.9 m/s.

Velocidades máximas permitidas:

- Para tuberías de concreto, la velocidad máxima permitida es de 3.0 m/s.
- Para tuberías de PVC, esta velocidad puede llegar hasta 5.0 m/s.

Pendientes: Las pendientes, tanto mínimas como máximas, deben ajustarse a los valores de velocidad permitidos y a los requerimientos arquitectónicos del proyecto. Es importante que el tirante de agua no sea inferior a 3 cm.

Coeficiente de rugosidad:

- Para tuberías de concreto, el coeficiente es de 0.017.
- En tuberías de PVC, el coeficiente es de 0.015.

Diámetro mínimo: El diámetro mínimo de las tuberías para una red pluvial es de 25 mm (1 pulgada). En el caso de tuberías enterradas, el diámetro mínimo recomendado es de 150 mm (6 pulgadas). Los cambios de dirección pueden realizarse con accesorios, pero para tuberías enterradas, solo deben hacerse a través de registros o pozos de visita.

Profundidad de instalación: La profundidad mínima de la tubería debe ser de 1.50 m, mientras que la profundidad máxima dependerá de las especificaciones del material y la marca utilizada.

2.1.7 Hidrología

La hidrología es una rama de la geografía que estudia cómo se distribuye y se comporta el agua en la atmósfera y en la superficie terrestre, analizando aspectos como las precipitaciones, el caudal de los ríos, la humedad del suelo y la evaporación de agua desde la tierra y las plantas. También abarca el equilibrio de reservas naturales como los glaciares y el hielo.

El ciclo hidrológico es un proceso continuo que describe el movimiento del agua en sus tres estados (líquido, gaseoso y sólido) a lo largo del planeta. Este ciclo es impulsado por dos fuerzas clave: la energía solar, que promueve la evaporación y la precipitación, y la gravedad, que facilita el flujo del agua hacia los cuerpos terrestres. Este sistema natural es esencial para sostener la vida, regulando las necesidades de los seres vivos.

Sin embargo, en tiempos recientes, el ciclo hidrológico ha comenzado a mostrar desequilibrios. La intervención humana, que en otro tiempo coexistía armónicamente con la naturaleza, ha crecido hasta convertirse en un competidor directo de los sistemas naturales, generando alteraciones que afectan su funcionamiento óptimo.

Figura 1

Ciclo hidrológico



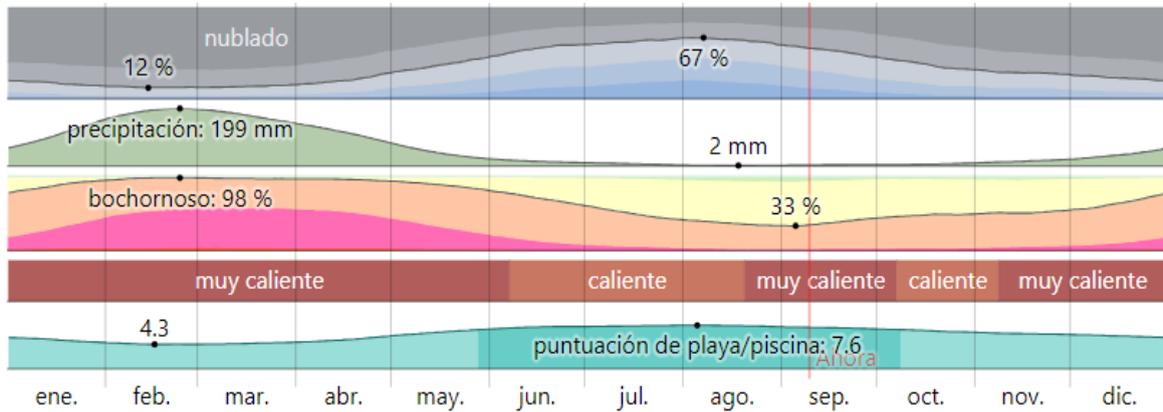
Fuente: Instituto del Agua (s.f.)

Climatología

El clima de la ciudad de Milagro es subtropical y seco. A lo largo del año, Milagro experimenta dos estaciones bien marcadas: una temporada de lluvias caracterizada por un ambiente cálido, húmedo y mayormente nublado, y una temporada seca que, aunque más despejada, sigue siendo calurosa y sofocante. Las temperaturas en la ciudad suelen oscilar entre los 22 °C y 31 °C, con mínimas que rara vez bajan de los 20 °C y máximas que superan ocasionalmente los 33 °C, lo que hace que el calor sea una constante durante todo el año.

Figura 2

Climatología de Milagro



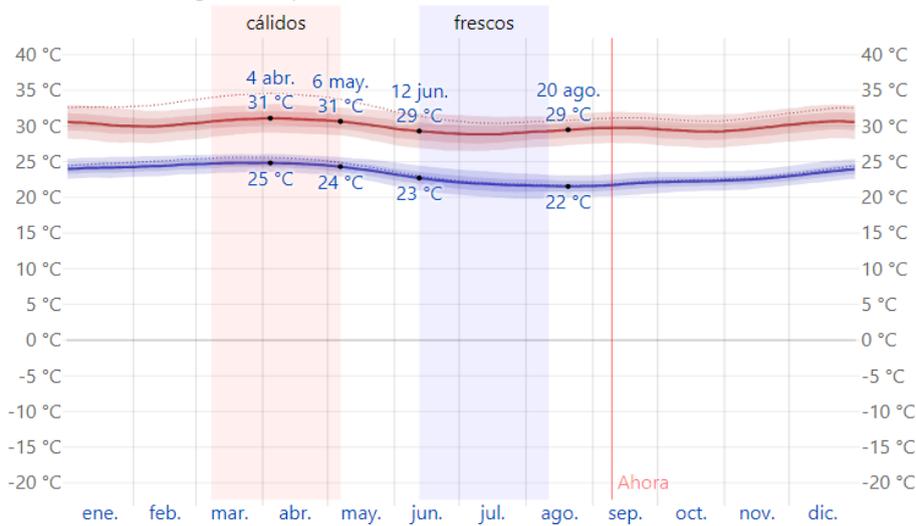
Fuente: Weather Spark (2016)

Temperatura promedio en Milagro

La temporada más calurosa en Milagro se extiende por aproximadamente dos meses, desde el 8 de marzo hasta el 6 de mayo, con temperaturas diarias que superan los 31 °C en promedio. Abril es el mes más cálido, con temperaturas que oscilan entre una máxima de 31 °C y una mínima de 25 °C. Por otro lado, la temporada fresca también dura cerca de dos meses, desde el 12 de junio hasta el 11 de agosto, con temperaturas diarias que no superan los 29 °C. El mes más frío del año es agosto, cuando las temperaturas alcanzan una mínima promedio de 22 °C y una máxima de 29 °C.

Figura 3

Temperatura promedio en Milagro



La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diaria con las bandas de los percentiles 25º a 75º, y 10º a 90º. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

Promedio	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Máxima	30 °C	30 °C	31 °C	31 °C	30 °C	29 °C	29 °C	29 °C	30 °C	29 °C	30 °C	31 °C
Temp.	27 °C	27 °C	28 °C	28 °C	27 °C	26 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	26 °C	27 °C
Mínima	24 °C	24 °C	25 °C	25 °C	24 °C	23 °C	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C	23 °C	23 °C

Fuente: Weather Spark (2016)

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Drenajes primitivos

En la antigua Roma, se construyeron algunas de las alcantarillas más primitivas e interesantes, consideradas grandes obras de la arquitectura civil urbana. Las aguas residuales eran dirigidas a los ríos o al mar mediante una red de cloacas, galerías subterráneas con forma de bóvedas de medio cañón. Una de las más notables es la Cloaca Máxima, construida por los etruscos en el siglo VI a.C., que se extiende unos 800 metros desde el Foro hasta el río Tíber (Fundación Aquae, 2021).

La aplicabilidad en esta investigación está empeñada a dar las soluciones viables para los problemas ocasionados por; exceso de agua sobre los terrenos que pueden ser ocasionado por cuatro causas principales: precipitación, inundaciones,

limitaciones topográficas y limitaciones edáficas. La precipitación es la principal fuente de exceso de agua; las inundaciones son consecuencia de la precipitación y las limitaciones topográficas y edáficas contribuyen a agravar la acción de las causas anteriores.

Durante mucho tiempo, el enfoque principal del drenaje urbano ha sido expulsar el agua rápidamente de la ciudad. Para lograrlo, los cauces de los ríos han sido canalizados y las alcantarillas diseñadas para recibir toda el agua de escorrentía superficial. Sin embargo, estas prácticas han provocado que los ríos pierdan su riqueza natural y su capacidad para manejar crecidas, mientras que los sistemas de alcantarillado no pueden absorber el exceso de agua proveniente de las nuevas áreas urbanizadas (Castro-Fresno et al., 2013).

La principal recomendación para un drenaje urbano sostenible es reducir la escorrentía superficial minimizando las superficies impermeables en la ciudad y dividiendo las cuencas para evitar que grandes volúmenes de agua se acumulen en un solo lugar. Para lograr esto, es importante dirigir el drenaje hacia zonas verdes, parques y espacios abiertos. Además, es aconsejable recolectar el agua de lluvia y reutilizarla para el riego o el lavado de calles, lo que ofrece un doble beneficio: se reduce la escorrentía superficial y se ahorra agua potable (MINVU-DICTUC, 1996).

La educación ambiental y la concienciación ciudadana juegan un papel crucial en la mitigación de la contaminación generada por la escorrentía urbana. Es esencial implementar estrategias integradas que abarquen desde políticas municipales efectivas de limpieza de calles hasta programas educativos en escuelas y hogares, centrados en la correcta utilización de infraestructuras de manejo de residuos, como papeleras y contenedores, con el fin de reducir la carga contaminante asociada a la escorrentía pluvial.

Los drenes filtrantes son zanjas recubiertas con geotextil y rellenas de grava, por las cuales circula el agua proveniente directamente de las superficies de drenaje o de una tubería de aporte (Castro et al., 2005).

Los drenes filtrantes, al igual que otros sistemas de drenaje sostenible (SUDS), se pueden combinar con otros métodos. Por ejemplo, en carreteras, se puede colocar una franja filtrante junto a la calzada con un lecho de recogida filtrante, o una cuneta

verde con un lecho filtrante en su base. Esto aumenta la capacidad del sistema y mejora la gestión de la escorrentía.

Tipos de Alcantarillado Pluvial

Alcantarillado Pluvial Particular: Este tipo de sistema se encuentra dentro de propiedades privadas, como ciudadelas, urbanizaciones o fincas. Aunque su estructura es similar a otros sistemas de alcantarillado, su función principal es la misma: canalizar las aguas pluviales a través de tuberías hacia sus puntos de descarga designados.

Alcantarillado Pluvial General Particular: Este sistema es comúnmente utilizado en áreas como zonas industriales, centros comerciales o complejos deportivos. Su propósito es drenar el agua de lluvia de manera eficiente, cumpliendo con la misma función que otros sistemas pluviales.

Componentes Principales del Alcantarillado Pluvial

Para garantizar su efectividad, es fundamental que el sistema cuente con un buen mantenimiento y una correcta instalación de sus estructuras. Las estructuras de captación, como sumideros y cunetas, son esenciales para evitar que residuos bloqueen el flujo del agua, permitiendo su recolección y posterior canalización hacia los puntos de descarga más cercanos.

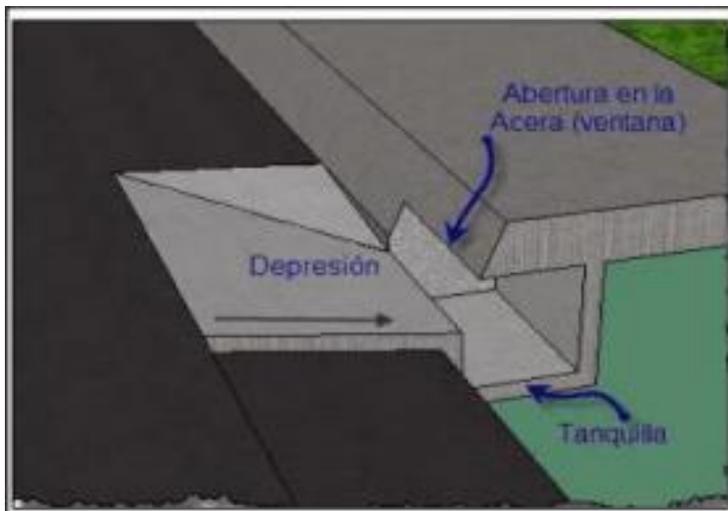
Sumideros: Estas estructuras, generalmente en forma de rejilla o caja, se utilizan para recolectar el agua de lluvia. Además, pueden ayudar a prevenir malos olores, canalizando el agua hacia los sistemas de drenaje mediante tirantes.

Tipos de Sumideros

Sumidero de ventana o acera: Este tipo de sumidero tiene ventajas y desventajas. Su principal limitación es que puede resultar ineficaz en calles con pendientes pronunciadas, ya que no siempre se genera la depresión necesaria para el flujo eficiente del agua. Se caracteriza por tener una abertura en forma de ventana en el bordillo de la acera, un canal lateral de desagüe, una cámara para la recolección de sedimentos y una tubería que lo conecta al colector principal. Su longitud suele ser de 1.50 m, con una depresión mínima de 2.5 cm.

Figura 4

Sumidero de Ventana



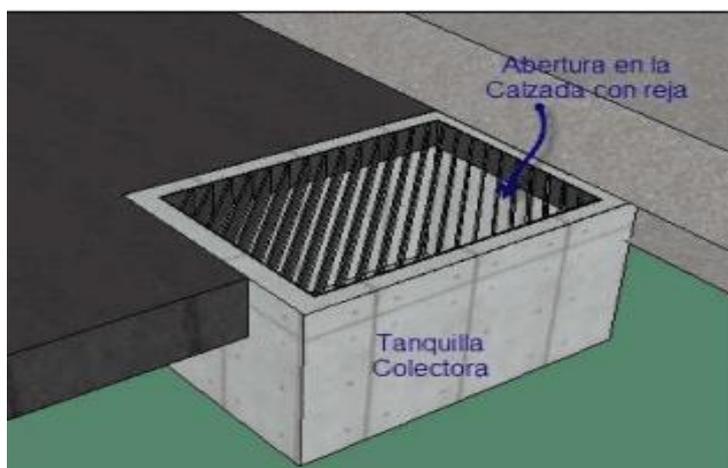
Fuente: Hidra Software (2021)

Sumidero de Reja o Calzada

Este sumidero, a diferencia del tipo de ventana, tiene la ventaja de ser más adecuado desde el punto de vista hidráulico en zonas con pendientes pronunciadas. Sin embargo, su principal desventaja es que tiende a acumular desechos, y el paso de vehículos sobre él puede generar mucho ruido. El sistema cuenta con una cámara para la recolección de aguas pluviales y una tubería que lo conecta al colector principal.

Figura 5

Sumidero de reja o Calzada



Fuente: Hidra Software (2021)

Sumidero de Ventana Tipo INOS

Este es el sumidero de ventana "Estándar" utilizado en Venezuela, con dos variantes incorporadas en DREN-URBA: una para depresiones de 0,6 m y otra de 0,3 m de ancho. Al estar estandarizados, su selección se basa en curvas elaboradas para diferentes longitudes de ventana: 1,5 m, 3,0 m y 4,5 m. Este es el único parámetro que puede modificarse desde la Ficha Sumideros en el Editor de Calles de DREN-URBA al elegir este dispositivo para la captación de aguas pluviales.

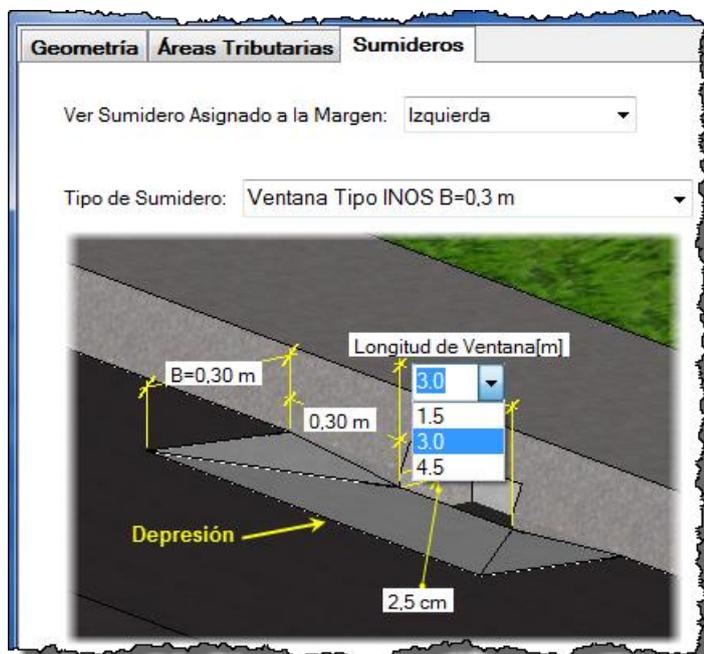
Debido a las características de las curvas de Caudal Interceptado de este tipo de sumideros, solo se podrán utilizar bajo ciertas condiciones:

- El ancho de la inundación al acercarse al sumidero debe estar entre 1,0 y 3 m.
- La pendiente transversal de la calzada debe oscilar entre 1,5% y 6%.
- La pendiente longitudinal de la vialidad debe estar entre 0,2% y 4%.

Si no se cumple alguna de estas condiciones, DREN-URBA emitirá un mensaje indicando que se ha excedido el límite de aplicación de este tipo de sumidero, deteniendo el cálculo.

Figura 6

Sumidero de Ventana Tipo INOS



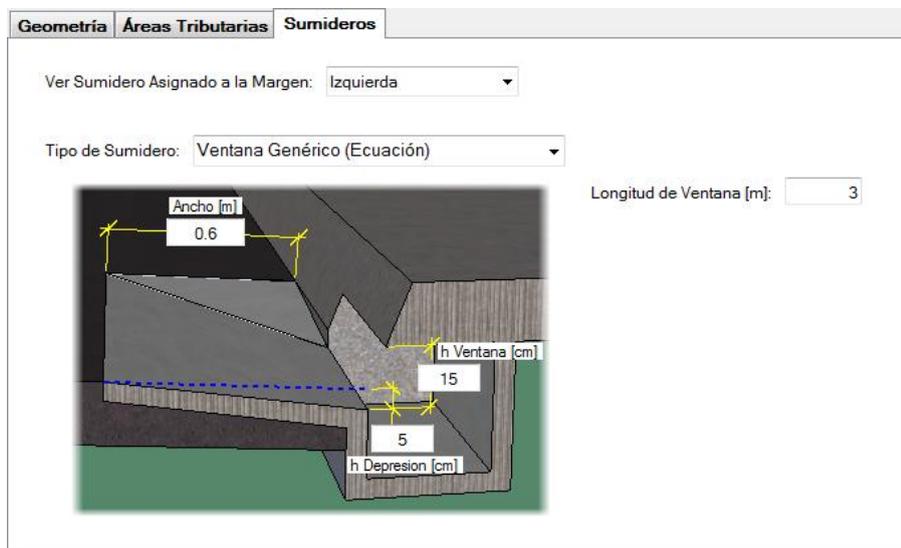
Fuente: Hidra Software (2021)

Sumidero de Ventana Genérico

También se ha incorporado la opción de calcular el caudal captado por un sumidero "Genérico", donde el usuario puede especificar la geometría tanto de la depresión como de la ventana del sumidero.

Figura 7

Sumidero de Ventana Genérico



Fuente: Hidra Software (2021)

De este modo, según los parámetros que el usuario haya definido para el sumidero, DREN-URBA calculará su eficiencia tomando en cuenta la longitud especificada y la longitud total (LT) necesaria para capturar completamente el caudal de aproximación (Q).

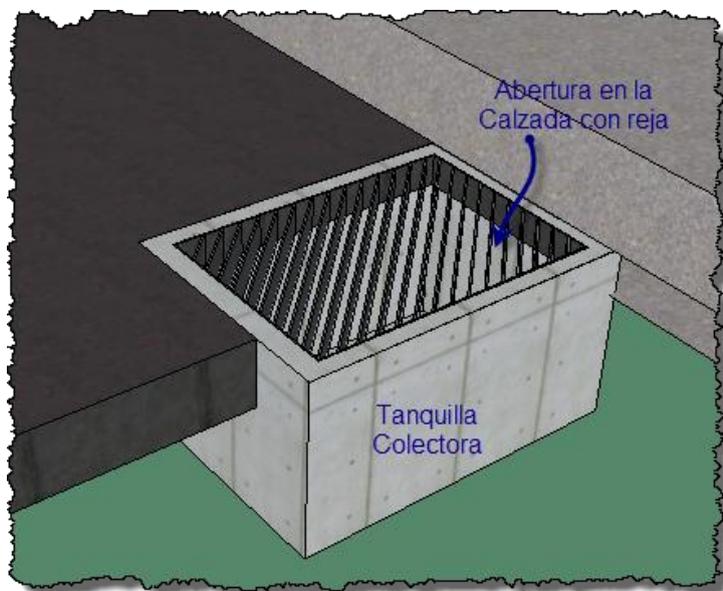
En este caso, las pendientes longitudinales (S_o) y transversal (S_e) corresponden a la calzada. Si se utiliza el Sumidero de Ventana Genérico para la captación de agua de lluvia, es crucial que la altura de la inundación al aproximarse sea menor que la altura de la ventana especificada por el usuario. Si esta condición no se cumple, DREN-URBA emitirá un aviso indicando que no fue posible calcular el caudal captado.

Captación de agua de lluvia con sumideros de rejilla en DREN-URBA

El sumidero de rejilla consiste en una cámara colectora ubicada debajo de la cuneta. El caudal interceptado ingresa a través de una rejilla formada por barras, que idealmente deberían estar alineadas de manera paralela a la corriente. Sin embargo, para mejorar la resistencia estructural y facilitar el paso de bicicletas, estas barras suelen colocarse en ángulo, como se muestra en la imagen.

Figura 8

Captación de agua de lluvia con sumideros de rejilla



Fuente: Hidra Software (2021)

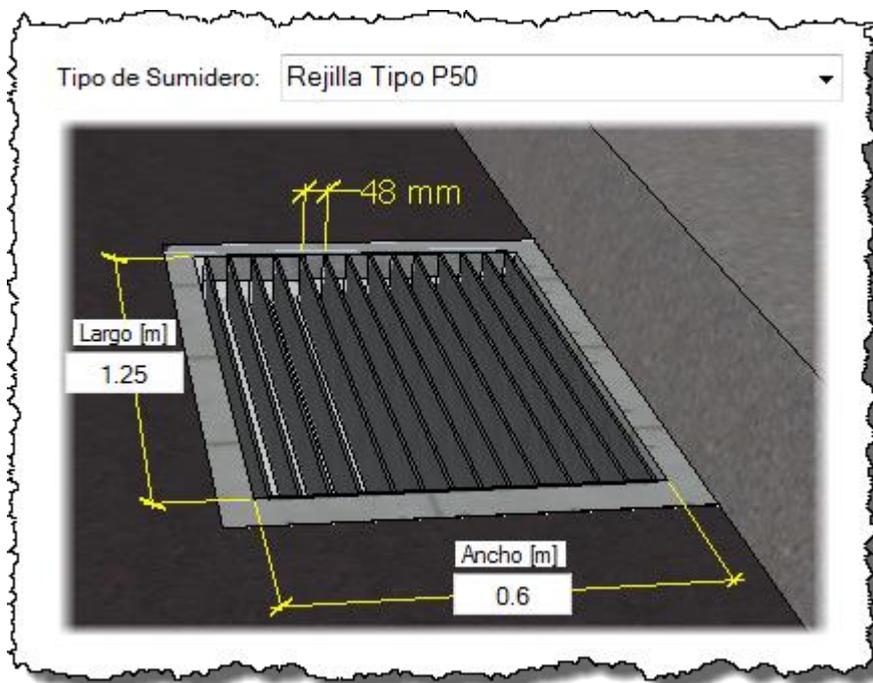
Sumidero de Rejilla con Barras Paralelas a la Dirección del Flujo

En el conjunto de elementos para la captación de agua de lluvia, se han incorporado dos versiones:

- **Sumidero de Rejilla P-50:** Comúnmente utilizado en Norteamérica, este sumidero cuenta con una rejilla cuyas barras están alineadas de forma paralela al flujo del agua, con una separación de 48 mm entre ellas. Sus dimensiones estándar son de 0,60 m de ancho y 1,25 m de largo, aunque en DREN-URBA es posible ajustar estas medidas para realizar cálculos personalizados.

Figura 9

Sumidero de Rejilla P-50



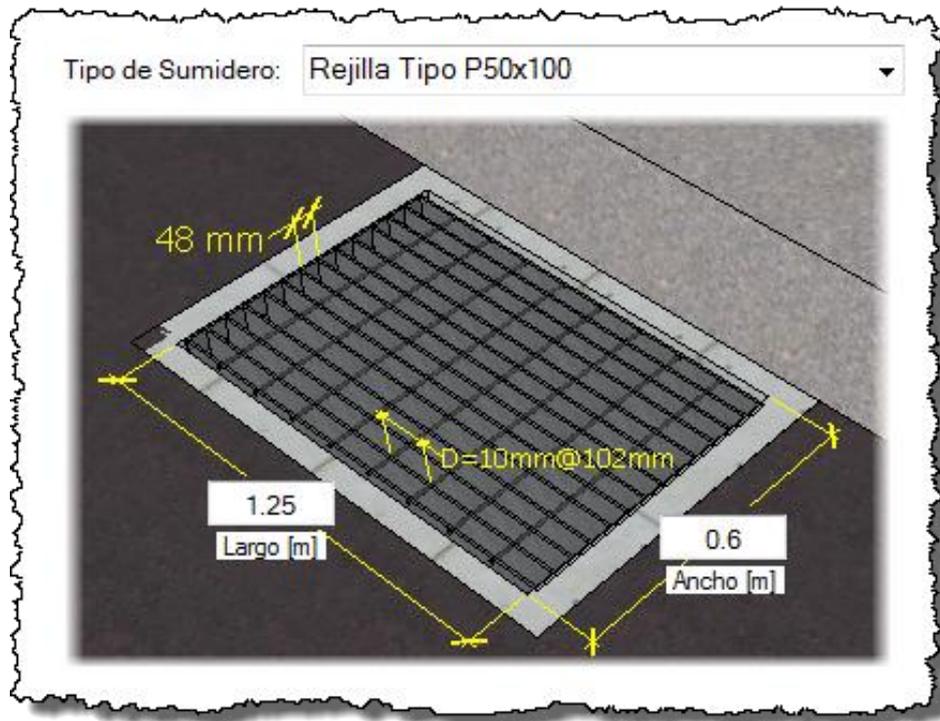
Fuente: Hidra Software (2021)

- **Sumidero de Rejilla P-50 x 100:** A diferencia del modelo anterior, este sumidero cuenta con barras circulares de 10 mm de diámetro, dispuestas de manera transversal y separadas entre sí por 102 mm.

En resumen, existen varios tipos de sumideros que puedes emplear para diseñar un Sistema de Captación de Agua de Lluvia en DREN-URBA. Incorporar cualquiera de estos tipos es sencillo: solo debes acceder a la Ficha Sumideros en el Editor de Calles, seleccionar el lado de la calle donde deseas colocarlo y escoger el sumidero adecuado desde la lista disponible.

Figura 10

Sumidero de Rejilla P-50 x 100



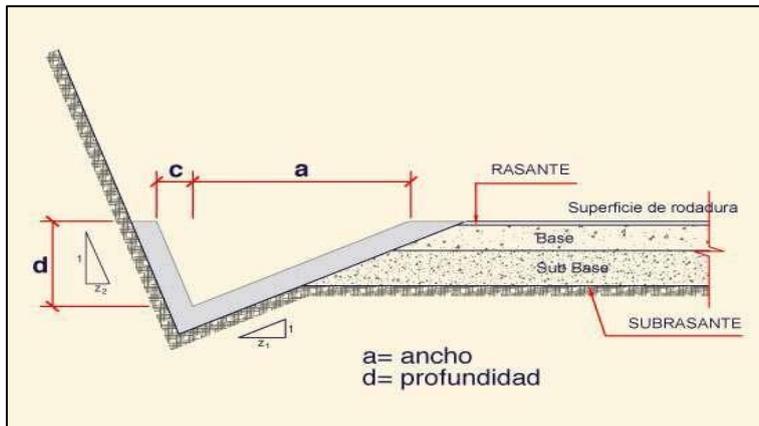
Fuente: Hidra Software (2021)

Cunetas

El objetivo principal es recoger y canalizar las aguas lluvias de manera eficiente, dirigiéndolas hacia el sumidero más próximo. Este proceso garantiza que el agua pluvial sea gestionada de forma adecuada, evitando acumulaciones o inundaciones que puedan afectar tanto las infraestructuras como las áreas circundantes. Al conducir el agua hacia el sumidero más cercano, se facilita su recolección y posterior evacuación, contribuyendo así a un mejor manejo del sistema de drenaje y a la preservación de las condiciones urbanas o rurales donde se aplique.

Figura 11

Cunetas



Fuente: Manual de Transporte y Comunicaciones (2018)

Tirantes

Los tirantes son conductos verticales que conectan los sumideros con las cámaras de inspección de aguas pluviales. Su función es crucial, ya que permiten el flujo eficiente del agua desde los puntos de captación hasta el sistema de drenaje subterráneo. Sin ellos, el agua acumulada en la superficie no podría ser dirigida hacia las tuberías, lo que causaría inundaciones o estancamientos en las zonas urbanas.

Colectores secundarios

Estos conductos subterráneos reciben directamente las aguas provenientes de los tirantes y las transportan hacia los colectores principales. Actúan como intermediarios dentro del sistema de drenaje pluvial, asegurando que el agua fluya de manera continua y organizada hacia los puntos de mayor capacidad de recolección.

Colectores principales

Los colectores principales son la columna vertebral del sistema de alcantarillado pluvial. Se encargan de reunir el agua que llega desde los colectores secundarios y la conducen hacia los puntos de descarga final, ya sea hacia un río, embalse o cualquier otra estructura diseñada para recibir grandes volúmenes de agua pluvial.

Tuberías

Las tuberías forman la red de conexión dentro del sistema de drenaje y deben ser capaces de soportar diferentes tipos de cargas, tanto permanentes, como las causadas por el peso del relleno, como temporales, generadas por el tránsito vehicular. Además de su función estructural, las tuberías deben cumplir con especificaciones técnicas que aseguren su durabilidad y eficiencia en la conducción de agua.

Hidrología

Existen dos enfoques principales en los proyectos de conservación del agua: aquellos que se enfocan en su uso y los que buscan prevenir daños causados por el agua. Los proyectos típicos relacionados con el uso del agua incluyen el suministro de agua potable, el riego agrícola y la generación de energía hidroeléctrica, además de la navegación y recreación. Por otro lado, los proyectos de defensa hídrica abarcan desde el drenaje urbano y el drenaje en carreteras hasta el control de ríos y la prevención de inundaciones (Villacis & Olaya, 2024).

Ciclo Hidrológico

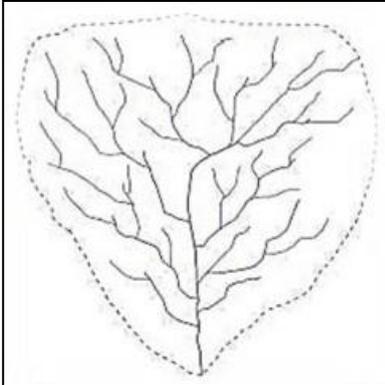
El ciclo hidrológico describe el movimiento continuo del agua en la Tierra, pasando por los estados líquido, sólido y gaseoso, y conectando los océanos, la atmósfera y la tierra. Este proceso es esencial para la distribución del agua en el planeta, regulando la cantidad de agua disponible para los seres vivos (Villacis & Olaya, 2024).

Cuenca Hidrológica

Una cuenca hidrológica es toda área o superficie terrestre que recoge el agua de lluvia y la dirige hacia un mismo punto de drenaje. Esta red de ríos, arroyos y canales recoge las aguas pluviales y las conduce a un cuerpo principal, que suele dar nombre a la cuenca. El perímetro de una cuenca es una línea curva y ondulada que la separa de las cuencas adyacentes. El agua fluye por la superficie o subterráneamente a través de esta red, formando un sistema fluvial que regula el caudal y distribución del agua en la región (Villacis & Olaya, 2024).

Figura 12

Esquema de una cuenca hidrográfica



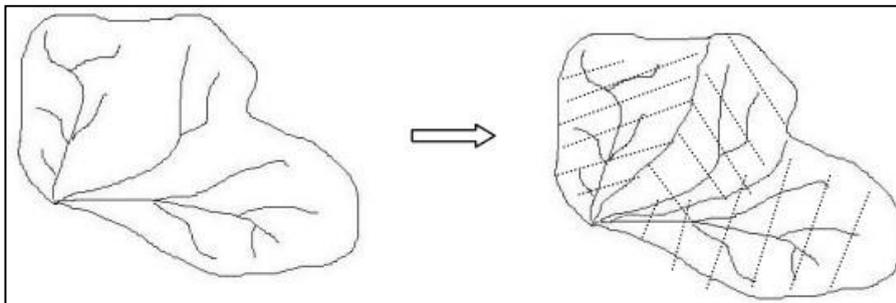
Fuente: Ibañez et al. (2011)

Área de la Cuenca

El área de una cuenca hidrológica se define por el espacio comprendido dentro de su perímetro, delimitado por la línea divisoria de aguas. Esta delimitación se realiza utilizando cartas topográficas y estudios de levantamiento topográfico, que permiten identificar con precisión los límites naturales de la cuenca. La superficie de la cuenca es un factor clave para su caracterización, ya que influye directamente en la cantidad de agua que puede captar y drenar hacia los cuerpos receptores. Una cuenca más amplia tendrá mayor capacidad para recoger aguas pluviales, lo que a su vez afecta el caudal de los ríos y arroyos que la atraviesan. Además, el área de la cuenca también es fundamental para diseñar proyectos de manejo y conservación de recursos hídricos, así como para prevenir inundaciones y planificar el uso adecuado del suelo dentro de su extensión.

Figura 13

Subdivisión de una cuenca hidrográfica en 3 subcuencas menores



Fuente: Ibañez et al. (2011)

Pendiente de la Cuenca

La pendiente de la cuenca es una característica morfológica clave que define la inclinación del terreno dentro de una cuenca hidrológica. Este parámetro es fundamental porque determina cómo se comporta el agua cuando llueve, influenciando la velocidad de escurrimiento y la capacidad de infiltración del agua en el suelo. Una mayor pendiente suele generar un escurrimiento más rápido, lo que puede aumentar el riesgo de inundaciones y erosión, mientras que una pendiente más suave facilita una mayor infiltración, ayudando a recargar acuíferos. Además, conocer la pendiente es crucial para planificar infraestructuras de drenaje y alcantarillado, ya que permite diseñar sistemas que se adapten a la geografía del terreno.

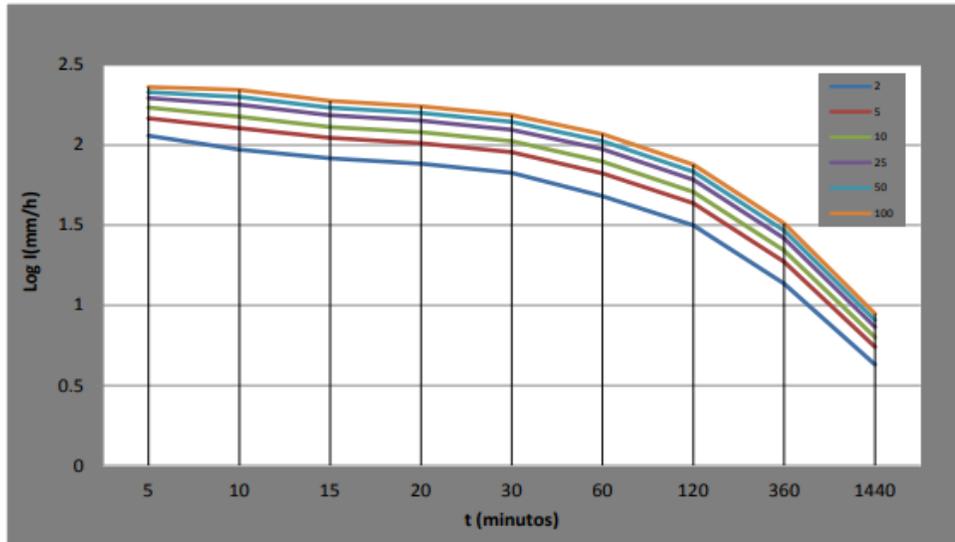
Intensidad de Lluvia

Al diseñar un sistema de alcantarillado pluvial, la hidrología del área es un factor esencial. Para ello, se deben considerar las características físicas, geológicas, topográficas y climáticas del lugar. Las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) son herramientas fundamentales para este tipo de análisis, ya que permiten calcular la intensidad de la lluvia en función de su duración. Estas curvas son especialmente útiles para estimar los caudales máximos esperados en lluvias que duran desde 30 minutos hasta varias horas. A través de las curvas IDF también se puede determinar la probabilidad de ocurrencia de una tormenta en un periodo de tiempo dado, lo que se conoce como el periodo de retorno. Este cálculo es vital para garantizar que el sistema de drenaje sea capaz de manejar las lluvias más intensas que podrían ocurrir durante su vida útil, evitando así inundaciones o sobrecargas del sistema.

Figura 14

Intensidad duración frecuencia de Milagro

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0037	MILAGRO	5 <120	$i = 204.065 * T^{0.2064} * t^{-0.3730}$	0.9796	0.9595
		120 <1440	$i = 1777.308 * T^{0.2045} * t^{-0.8442}$	0.9976	0.9951



t (min)	Periodo de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	132.8	166.4	197.4	247.5	293.5	348.2
10	102.6	128.5	152.5	191.1	226.7	268.9
15	88.2	110.5	131.1	164.3	194.9	231.1
20	79.2	99.2	117.7	147.5	175.0	207.6
30	68.1	85.3	101.2	126.8	150.5	178.5
60	52.6	65.9	78.1	97.9	116.2	137.8
120	36.0	43.4	50.0	60.3	69.5	80.1
360	14.2	17.2	19.8	23.9	27.5	31.7
1440	4.4	5.3	6.1	7.4	8.5	9.8

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)

Fuente: INAMHI (2019)

2.2.2 Consideraciones sobre el servicio del sistema

El tercer pilar del drenaje urbano sostenible se centra en los servicios que ofrecen estos sistemas, incluyendo la economía del agua, mejora paisajística y conservación de la flora y fauna. Los sistemas de drenaje sostenible permiten el almacenamiento y reutilización del agua de lluvia, así como la recarga de acuíferos subterráneos.

Los sistemas de drenaje sostenible permiten almacenar el agua de lluvia para reutilizarla más adelante, o incluso para recargar las reservas de agua subterráneas a través de la infiltración, siempre que el terreno y la profundidad del nivel freático lo permitan. Según diferentes autores y tras revisar la bibliografía disponible, como INVIAS (2009), MTC (2008) y MTOP (2003), se ha clasificado el drenaje vial de la siguiente manera:

Obras de arte menor: Estas incluyen todas las estructuras relacionadas con el drenaje de la carretera. Dentro de esta categoría se encuentra el drenaje superficial, que se construye en la superficie del camino o terreno con el objetivo principal de mejorar la estabilidad del talud. Esto se logra reduciendo la infiltración y previniendo la erosión. El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto del talud como de la cuenca de drenaje por encima del talud y conducir el agua a un lugar seguro, lejos de posibles deslizamientos.

Drenaje subsuperficial. - El drenaje superficial se enfoca en la estabilidad del talud, mientras que el subsuperficial elimina la humedad para prevenir asentamientos y deslizamientos.

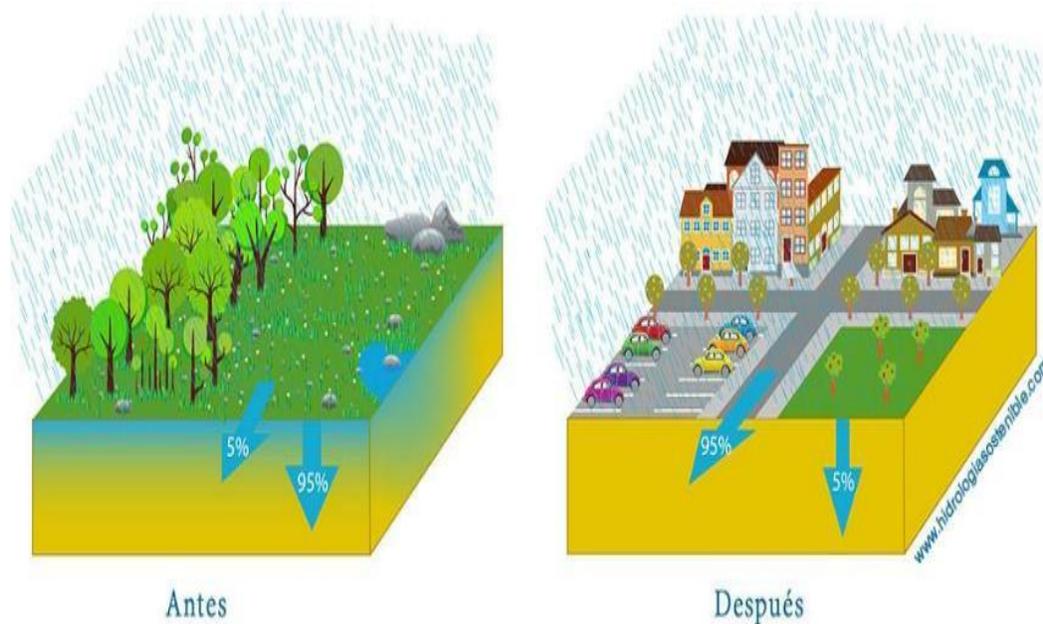
Drenaje Transversal: El drenaje transversal utiliza alcantarillas, como las tuberías de polietileno, que ofrecen resistencia, flexibilidad y baja pérdida de carga por rozamiento, siendo ideales para diversas aplicaciones hidráulicas.

Las tuberías de polietileno ofrecen una notable resistencia al golpe de ariete y una alta flexibilidad, superando a otros materiales en durabilidad. Su superficie interior lisa minimiza la formación de incrustaciones y reduce significativamente la pérdida de carga por rozamiento. Además, son resistentes a la congelación y se han demostrado eficaces en diversas aplicaciones, incluyendo abastecimiento de agua, redes de distribución, acometidas y conducciones subacuáticas enterradas.

2.2.3 Sistemas de drenajes urbanos

Figura 15

Sistema de drenaje urbano sostenible



Fuente: Hidrología Sostenible (s.f.)

Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) son técnicas para gestionar el agua de lluvia y planificar el desarrollo urbano, buscando imitar los procesos naturales de la hidrología en las ciudades. Estos sistemas tienen como objetivo reducir la cantidad de agua que se vierte al final del ciclo y mejorar la calidad del agua que se libera al medio ambiente, logrando soluciones que integran la gestión del agua con la protección de las aguas naturales receptoras.

2.2.4 Reutilización y recuperación aguas pluviales

La recuperación de aguas pluviales consiste en utilizar las cubiertas de los edificios como captadores. De este modo, el agua se recoge mediante canalones o sumideros en un tejado o una terraza, se conduce a través de bajantes, para almacenarse finalmente en un depósito.

Materiales plásticos en construcción

Los termoplásticos pueden cambiar de forma cuando se calientan. Los plásticos comunes utilizados en la fabricación de tuberías incluyen polivinilo (PVC) y polietileno (PE). La tubería de PVC es el material de tubería de plástico más utilizado porque es fuerte, liviano y algo flexible.

2.2.5 Prácticas construcción ecológica

Las prácticas sostenibles se refieren a acciones que minimizan el impacto ambiental negativo generado por actividades productivas o hábitos diarios en empresas o hogares. Implican adoptar cambios de comportamiento que reduzcan la afectación al medio ambiente, como el manejo adecuado de residuos, por ejemplo, depositar el aceite de cocina usado en la bolsa de desechos no reciclables en lugar de verterlo por el lavaplatos, contribuyendo así a la mitigación de la contaminación y la protección del entorno.

2.2.6 Resistencia y durabilidad plásticos

Figura 16

Tuberías de plástico para la renovación de redes subterráneas de drenaje y alcantarillado



Fuente: EuroLab (s.f.)

Tuberías de plástico se diseñan típicamente para alcanzar una vida útil máxima de unos 50 años.

2.2.7 Innovación drenajes plásticos

Figura 17

Innovación en extrusión de plásticos



Fuente: Martinez (2022)

Las resinas plásticas poseen excelentes cualidades fisicoquímicas para producir todos los objetos e instrumentos de plástico que rodean nuestras vidas. La extrusión permite, mediante este flujo continuo, procesar hasta un promedio de 10 toneladas métricas de producto por hora, que posteriormente podemos cortar.

2.2.8 Estabilidad química en plásticos

La gran ventaja de los termoplásticos en muchas de tales aplicaciones es su elevada estabilidad frente a los agentes químicos. Así, y en función de las solicitudes mecánicas, es posible fabricar completamente piezas de maquinaria en materiales termoplásticos o, alternativamente, en composite reforzado con fibra de vidrio (GFK) o con acero como material portante.

2.2.9 Técnicas de construcción sostenibles

Figura 18

Construcción sostenible: elección de materiales y prácticas ambientales



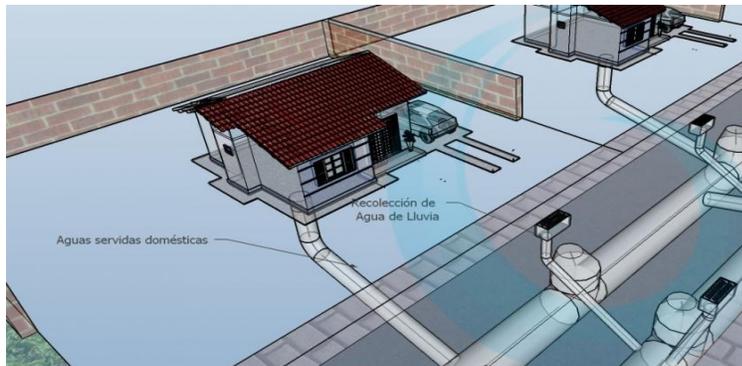
Fuente: PLB Distribuciones (2022)

La edificación sostenible es una técnica de construcción enfocada en el respeto al medio ambiente, al entorno constructivo y a todo el ciclo de vida del edificio.

2.2.10 Simulación sistemas de drenajes

Figura 19

Sistemas de drenaje



Fuente: Agroempresario (s.f.)

El sistema de drenaje, o red de saneamiento, es una infraestructura crítica diseñada para la captación, conducción y disposición segura de aguas pluviales y residuales, previniendo el estancamiento y las inundaciones. Su función es esencial para garantizar la salubridad pública y el equilibrio hidrológico, protegiendo así la salud humana y el medio ambiente.

2.2.11 Contribución a la resiliencia urbana

Figura 20

Inundaciones en Ecuador: A Milagro solo se entra en canoa



Fuente: Molina (2023)

El concepto de resiliencia describe la habilidad de cualquier sistema urbano de mantener continuidad después de impactos o de catástrofes mientras contribuye positivamente a la adaptación y la transformación.

2.2.12 PEAD

El PEAD se caracteriza por su firmeza, bajo costo, fácil de moldear mediante procesos de extrusión y de inyección, y resistente a quebraduras. Se utiliza en un 50% para producir botellas de en el mercado.

2.2.13 Peletización de PEAD reciclado

Este proceso consiste en transformar el PEAD desechado en materia prima apta para la fabricación de cualquier artículo, en este caso drenajes.

2.3 Marco Legal

TITULO 1

Artículo 1o.- La presente Ley establece las normas que rigen la prestación de los servicios de saneamiento.

Artículo 2o.- Para los efectos de la presente Ley, la prestación de los Servicios de Saneamiento comprende la prestación regular de: servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial y disposición sanitaria de excretas, tanto en el ámbito urbano como en el rural.

Artículo 9o.- Corresponde a la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, a quien en adelante se le denominará "La Superintendencia", garantizar a los usuarios la prestación de los servicios de saneamiento en las mejores condiciones de calidad, contribuyendo a la salud de la población y a la preservación del ambiente, para lo cual debe ejercer las funciones establecidas en la Ley No. 26284 y adicionalmente las siguientes:

Coordinar con los municipios los planes maestros que deban ejecutar las entidades prestadoras, dentro del ámbito de su jurisdicción a efecto de verificar si se han formulado de acuerdo con las normas emitidas por la Superintendencia.

Proponer la normatividad necesaria para proteger los recursos hídricos contra la posible contaminación generada por las entidades prestadoras y velar por su cumplimiento.

2.3.1 Otras funciones establecidas por la presente Ley.

Artículo 10o.- Los sistemas que integran los servicios de saneamiento son los siguientes:

Servicio de alcantarillado Sanitario y Pluvial a. Sistema de recolección, que comprende: Conexiones domiciliarias, sumideros, redes y emisores.

Sistema de tratamiento y disposición de las aguas servidas.

Sistema de recolección y disposición de aguas de lluvias.

2.3.2 Ley general de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario

La Constitución de la República del Ecuador (CRE, 2008) en el Art. 3 establece como deberes primordiales del Estado, el garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos, uno de ellos es el agua para sus habitantes, además de promover el desarrollo equitativo y solidario de todo el territorio, mediante el fortalecimiento del proceso de autonomías y descentralización.

En el Art. 8 se indica que “La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos con un enfoque ecosistémico y por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas, la misma que se coordinará con los diferentes niveles de gobierno según sus ámbitos de competencia”; además que “La gestión integrada e integral de los recursos hídricos será eje transversal del sistema nacional”. En el Art. 313 y 314 se reafirma el derecho del Estado para administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, además de la responsabilidad que tiene en la provisión de los servicios públicos de agua potable y riego.

2.3.3 Ley general de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario

NS-029 Norma-Técnica-Empresa-de-Acueducto-y-Alcantarillado: Esta norma establece los criterios para diseño y construcción de pozos de inspección construidos in-

situ con altura menor o igual a 7 m y para conexión de tuberías de diámetro menor a 0.9 m (36"), con o sin cámaras de caída, para la E.A.A.B - E.S.P.

NS-085 Diseño Alcantarillados: Esta norma define las directrices para el diseño de sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario de la ciudad, tanto para proyectos tipo expansión como para proyectos que requieren el reemplazo o la sustitución de sistemas existentes por redensificación o cambio en el uso del suelo.

NP-074: Esta norma establece los requisitos, características de los materiales y tipos cámaras de inspección prefabricadas que acepta el ACUEDUCTO DE BOGOTÁ, para ser instaladas en los sistemas de alcantarillado.

NORMA MEXICANA NMX-E-215: Esta Norma Mexicana establece las especificaciones para la tubería de poli (cloruro de vinilo) (PCV) sin plastificante con junta hermética de material elastomérico, utilizados en sistemas de alcantarillado.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1374: Esta norma es aplicable a tubos de PVC rígido fabricados mediante el proceso de extrusión y accesorios de PVC rígido fabricados íntegramente mediante el proceso de inyección, en una sola pieza, que se utilicen para conducción de aguas residuales, aguas lluvias y/o aguas negras en sistemas a gravedad.

NORMA CHILENAN Ch1105:2009: Esta norma establece las condiciones generales relativas al diseño y cálculo de una red de alcantarillado de aguas residuales.

TITULO III

2.3.4 Normas técnicas referenciadas

Las siguientes son las normas técnicas a las cuales hace referencia el presente título. En caso de conflicto prevalecerá lo establecido en estas Normas.

Normas técnicas

INEN 505 Tubería plástica. Resistencia al aplastamiento transversal.

INEN 2360 Tubos de polietileno (PE) de pared estructurada e interior lisa para alcantarillado (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2017, NTE INEN 2956).

IRAM 13317 Tubos y accesorios de material termoplástico. Determinación de la temperatura de ablandamiento Vicat. Thermoplastic pipes and fittings. Determination of Vicat softening temperature.

IRAM 13323 Piezas de conexión de material plástico rígido, de enchufe para tubos de desagüe de plástico rígido. Dimensiones Básicas.

IRAM 13347 Tubos y accesorios de material termoplástico. Determinación de las cenizas. Thermoplastic pipes and fittings. Determination of ash.

IRAM 13349 Tubos de materiales termoplásticos. Medidas y presiones nominales. Thermoplastic pipes. Dimensions and nominal pressures.

IRAM 13386 Tubos y accesorios de material termoplástico. Determinación de la densidad. Thermoplastic pipes and fittings. Determination of density.

IRAM 13399 Tubos de material termoplástico. Determinación de las medidas. Thermoplastic pipes. Determination of dimensions.

La efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias determinan la precisión de los aportes de drenaje. Es crucial utilizar la información local existente sobre conexiones de drenajes para estimar los aportes correspondientes. En ausencia de un sistema de recolección y evacuación de aguas lluvias en el área del proyecto, se deben considerar aportes máximos de drenaje pluvial domiciliario a la red sanitaria, a fin de garantizar una estimación conservadora y segura.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto)

3.1.1 Método

La investigación documental en la construcción de sistemas de drenaje requiere una comprensión profunda de la literatura técnica y científica relevante. Se busca consultar fuentes creíbles y especializadas, como guías técnicas, regulaciones de construcción, estudios académicos y experiencias de proyectos similares, con el fin de obtener conocimientos actualizados sobre sistemas de drenaje y seleccionar los materiales y tecnologías más adecuados para el diseño y construcción de sistemas de drenaje pluvial en un área determinada, asegurando así una ejecución eficaz y positiva.

3.1.2 Alcance de la Investigación

El objetivo de esta investigación es realizar una descripción detallada de la situación actual en el sector Las Margaritas con relación a la falta de un sistema de drenaje funcional. Se busca identificar los desafíos y las consecuencias derivadas de esta carencia, a través de una contextualización exhaustiva del problema. Este enfoque cualitativo nos permitirá comprender la situación actual antes de comenzar la fase de diseño del sistema de drenaje pluvial.

También se llevó a cabo una revisión de la literatura para examinar estudios previos, teorías y prácticas exitosas en la gestión de sistemas de alcantarillado, con el objetivo de ampliar la perspectiva del investigador y establecer una base conceptual bien fundamentada.

3.1.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

Técnica: Encuesta

La encuesta es un método sistemático de recolección de información, en el cual el investigador formula preguntas a los participantes para obtener los datos deseados. Estos datos individuales se recopilan y, durante la evaluación, se convierten en datos

agregados (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). El propósito de la encuesta es reunir, de manera ordenada, información sobre las variables relevantes para la investigación en una población o muestra específica. Esta información puede incluir aspectos sobre lo que las personas son, hacen, piensan, sienten, desean, aprueban o desaprueban, así como los motivos detrás de sus acciones, opiniones y actitudes. A diferencia de otras técnicas de entrevista, la encuesta se caracteriza por hacer las mismas preguntas a todos los entrevistados, en el mismo orden y bajo condiciones similares, lo que permite que las diferencias encontradas se atribuyan a las características individuales de los participantes.

Este caso investigación, se utilizó la técnica encuesta para recolección de datos cualitativos, de los habitantes de la ciudad de Milagro (sector Las Margaritas), para evaluar las afectaciones y aspectos relacionados, realizando una intervención a los ciudadanos de los sectores, con respuesta de recopilar datos e información precisa, la cual ayuda para el desarrollo de este estudio y su percepción sobre la solución propuesta drenaje con materiales plásticos.

Instrumento: Cuestionario

El cuestionario es una herramienta valiosa para la recopilación de datos, especialmente cuando los sujetos de interés se encuentran dispersos o son difíciles de acceder debido a la distancia. Similar a la entrevista, el cuestionario no solo facilita la recolección de información, sino que también permite identificar y proponer hipótesis, además de servir como un método complementario para validar otras técnicas de investigación (Rodríguez & Reguant, 2020).

El cuestionario tiene como objetivo recopilar información de manera sistemática y ordenada sobre la población de estudio y las variables de interés en la investigación o evaluación. Al utilizar esta técnica, es fundamental que el investigador o evaluador asegure que las preguntas estén formuladas con la suficiente claridad para ser efectivas en la interacción personal que implica el cuestionario. Además, deben tomarse todas las medidas necesarias para aumentar las probabilidades de que los participantes respondan y devuelvan el cuestionario completado.

3.1.4 Población

Para diagnosticar la población, se consideraron los ciudadanos del sector LAS MARGARITAS, ciudad de Milagro. Resolviendo una respuesta más precisa y representativa, seleccionando un miembro por cada familia. Esta cantidad fue obtenida realizando una visita al sector, permitiendo tener una visión más precisa de la situación.

Según el Censo de 2001, la población del Cantón Milagro representaba el 4,2 % del total de la Provincia del Guayas. Durante el período intercensal de 1990-2001, la población creció a un ritmo promedio anual del 1,7 %. El 19,0 % de los habitantes vivía en áreas rurales, y se destacó por ser una población joven, con un 39,5 % de personas menores de 20 años.

Figura 21

Población del cantón Milagro Censo 2001



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (2001)

Figura 22

Distribución de la población del cantón Milagro, según parroquias

DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL CANTÓN MILAGRO, SEGÚN PARROQUIAS			
PARROQUIAS	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
TOTAL	140.103	70.265	69.838
MILAGRO (URBANO)	113.440	56.269	57.171
ÁREA RURAL	26.663	13.996	12.667
PERIFERIA	10.609	5.577	5.032
CHOBO	2.763	1.449	1.314
MARISCAL SUCRE (HUAQUES)	4.413	2.331	2.082
ROBERTO ASTUDILLO	8.878	4.639	4.239

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (2001)

Sector Las Margaritas, constituyen alrededor de 349 familia. Se consideró un miembro por cada familia al azar, procedimos a realizar la encuesta donde fueron sujetos a varias opciones que permitieron el análisis de respuesta sobre el estudio relacionado.

3.1.5 Muestra

No se requiere seleccionar una muestra específica, ya que el Instituto de Meteorología e Hidrología (INAMHI) ha desarrollado tablas de probabilidades para estimar las intensidades de precipitación.

Figura 23

Encuesta



ENCUESTA

ENCUESTA REALIZADA A LOS CIUDADANOS DEL CANTON MILAGRO

Fecha:

Por favor marque la respuesta que usted considere correcta

¿Durante la temporada de lluvia, el área donde usted vive presenta problemas recurrentes de inundaciones?

SI NO

¿Las inundaciones han resultado en daños materiales en su vivienda?

SI NO

¿Estaría usted de acuerdo en implementar un nuevo sistema de drenaje para las épocas de lluvias?

SI NO

¿Cuánto tiempo dura la molestia de inundación?

1 DIA +3DIAS +7DIAS

¿Las inundaciones causan incomodidades en la zona en donde usted vive?

SI NO

3.2 Presentación y análisis de resultados

La encuesta ejecutada a los determinados integrantes que habitan en el sector se da con la finalidad de recolectar información que determinaron respuesta ante el trabajo que se está realizando.

A continuación, se presentan los siguientes datos obtenidos:

¿Durante la temporada de lluvia, el sector donde usted vive presenta problemas recurrentes de inundaciones?

Figura 24

Pregunta 1



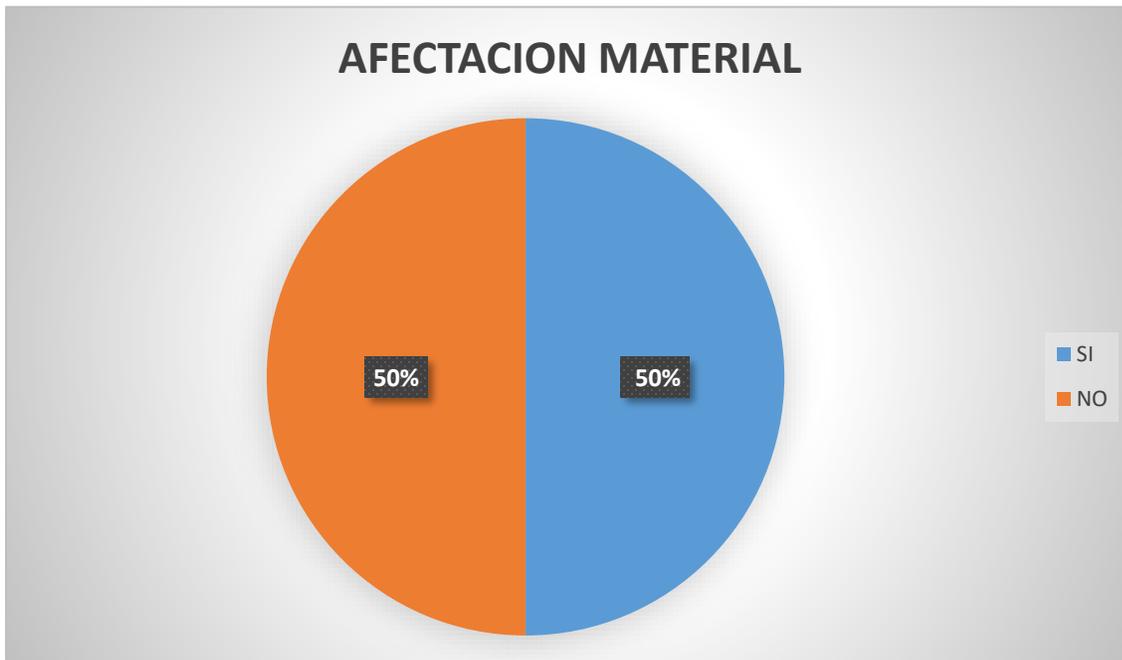
Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

El análisis de los resultados de la encuesta realizada a los habitantes del sector muestra que un 75% de los encuestados confirmó la existencia de problemas recurrentes de inundaciones durante la temporada de lluvias, mientras que solo un 25% indicó no experimentar este tipo de inconvenientes. Estos resultados reflejan una situación crítica en cuanto a la gestión del agua pluvial en la zona, lo que subraya la necesidad de implementar soluciones de drenaje más efectivas. La proporción elevada de afectados pone en evidencia la urgencia de un sistema que mitigue el impacto de las precipitaciones y prevenga futuros desbordamientos.

¿Las inundaciones han resultado en daños materiales a su vivienda?

Figura 25

Pregunta 2



Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

Los resultados sobre los daños materiales ocasionados por las inundaciones en el sector de Las Margaritas, Milagro, revela que el 50% de los encuestados ha sufrido daños en sus viviendas como consecuencia de las inundaciones, mientras que el otro 50% no ha experimentado estos perjuicios. Estos datos muestran una distribución equitativa en cuanto al impacto directo en las propiedades, lo que indica que, si bien no todas las viviendas han sido afectadas, el riesgo de sufrir daños materiales es considerable y debe ser abordado con soluciones de infraestructura que protejan a la comunidad de futuros incidentes.

¿Estaría usted de acuerdo en implementar un nuevo sistema de drenaje?

Figura 26

Pregunta 3



Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

En la encuesta llevada a cabo en el sector Las Margaritas de la ciudad de Milagro, se recopiló información valiosa sobre la satisfacción de los residentes con el sistema de drenaje existente. Se les consultó acerca de la efectividad del sistema en la prevención de inundaciones y en el adecuado drenaje de las aguas pluviales. También se investigó la frecuencia de problemas relacionados con el sistema de drenaje, como bloqueos y desbordamientos. Los resultados revelaron que la mayoría de los encuestados considera que el sistema de drenaje es insuficiente y poco eficiente, lo cual genera preocupación en términos de seguridad y calidad de vida en el sector.

¿Cuánto tiempo dura la molestia de inundaciones?

Figura 27

Pregunta 4



Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

Los resultados de la encuesta muestran que el 70% de los encuestados no experimenta molestias prolongadas debido a las inundaciones, lo que sugiere que, aunque las inundaciones son recurrentes, en la mayoría de los casos no generan afectaciones de larga duración. Esto podría indicar que los problemas de inundación se resuelven relativamente rápido, o que las molestias son de corto plazo. Sin embargo, este dato no disminuye la importancia de implementar soluciones efectivas, ya que incluso los impactos temporales pueden generar inconvenientes significativos para los residentes del sector.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

4.1 Introducción

Se ha llevado a cabo un estudio para evaluar la resistencia al flujo de aguas pluviales utilizando un diseño de drenaje con materiales plásticos. En este proyecto, se ha desarrollado un modelo de drenaje con el objetivo principal de prevenir la congestión de aguas pluviales. Para lograr este diseño, se requiere el uso de conectores plásticos de PVC para unir las tuberías. Este diseño de drenaje nos permite ahorrar al utilizar materiales plásticos y proporciona información detallada sobre el flujo de agua tanto en la entrada como en la salida del sistema

La estrategia implementada en este diseño se basa en la creación de un sistema de drenaje utilizando materiales plásticos, específicamente el PEAD (polietileno de alta densidad), que simula los materiales comunes como el hormigón. Este enfoque experimental nos permitirá obtener mediciones precisas y confiables del transporte de agua en el sistema de drenaje. El objetivo del diseño de drenaje con materiales plásticos es demostrar que son resistentes a la corrosión y tienen una larga vida útil. Además, su flexibilidad facilita la instalación en diferentes terrenos.

4.2 Topografía

La topografía se define como la ciencia que permite determinar con precisión la ubicación de elementos naturales y artificiales, tanto sobre como debajo de la superficie terrestre, considerando las tres dimensiones. Estos datos pueden representarse de manera analógica, mediante mapas, planos o gráficos de contorno, o de forma digital, a través de modelos digitales del terreno (Villacis & Olaya, 2024).

La importancia de la topografía en la ejecución de una obra es indiscutible, y su desarrollo debe seguir tres principios esenciales, como lo menciona Almozara2000 (2018):

1. **Responsabilidad:** Cada medición topográfica es la base para el desarrollo de la obra. Un error en esta etapa puede generar resultados inexactos que desencadenen problemas posteriores en la construcción.
2. **Velocidad:** La agilidad en la ejecución de los trabajos topográficos es clave. Cualquier retraso en esta fase impacta en el cronograma general de la obra, afectando las siguientes etapas, como la de construcción.
3. **Sencillez:** Las marcas y referencias topográficas deben ser claras y comprensibles para todos los profesionales involucrados, lo que asegura una interpretación correcta y evita confusiones.

En el proceso de construcción de un edificio, la topografía desempeña un papel crucial en tres momentos:

Levantamientos preliminares: Proveen al arquitecto información valiosa sobre el terreno, calles, aceras, pavimentos y servicios públicos como agua, gas y electricidad.

Levantamientos de construcción: Se centran en el replanteo de los ejes de la obra y los niveles de referencia necesarios para la correcta ejecución de la estructura.

Levantamientos de posición: Se realizan al finalizar la obra, verificando que los trabajos se hayan realizado según lo planificado, delimitando las posiciones finales del proyecto.

4.2.1 Levantamiento Topográfico

Antes de llevar a cabo la medición topográfica, se realizó una inspección visual del terreno para identificar posibles irregularidades y las características presentes en el área de estudio. En la actualidad, la zona cuenta con infraestructura de drenaje pluvial, sistemas sanitarios, y redes de agua potable. Para asegurar la precisión en la trazabilidad de las tuberías existentes, se consultarán los planos de proyecto y los planos detallados disponibles. El levantamiento topográfico comenzará utilizando puntos de control georreferenciados, previamente establecidos por el GAD Municipal de Milagro, a lo largo

de la Avenida García Moreno y la Calle Las Margaritas, que servirán como referencias para la recopilación de datos y el posterior procesamiento de la información.

4.2.2 Equipo Fundamental

Para la adquisición o prestación del servicio, solo se considerará el equipo estrictamente necesario para cumplir con los requisitos establecidos. Cualquier equipo adicional deberá ser justificado adecuadamente. La evaluación se centrará en la disponibilidad del equipo mínimo requerido, sin considerar la propiedad del mismo. La propiedad del equipo no será un criterio de evaluación ni un factor de calificación. De acuerdo con la resolución SERCOP-2018-000095, los oferentes deberán completar los formularios anexos y proporcionar la documentación solicitada. A continuación, se detalla el equipo mínimo necesario para este proceso en la tabla correspondiente.

Tabla 2

Equipo necesario

Numero	Equipo y /o instrumento	Cantidad	Características
1	Equipos topográficos	01	Instrumento Óptico Automático
2	Volqueta	01	8m3
3	Excavadora	01	120 Hp
4	Rodillo	01	Capacidad mínima 2 toneladas
5	Bomba de agua	01	Capacidad mínima 5hp
6	Concreteira de 1 saco	01	1 saco o mas

Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

4.2.3 Equipo Topográfico

Para garantizar la precisión en el levantamiento topográfico, se emplearán instrumentos de medición de alta exactitud, minimizando así el margen de error. A continuación, se enumera el equipo topográfico que se utilizará para el levantamiento:

1. Estación total Sokkia CX 105
2. Bastón metálico (prisma)
3. Pintura en aerosol
4. Flexómetro
5. Clavos de acero
6. Estacas
7. Prisma

La estación total Sokkia CX 105 empleada en las labores topográficas se distingue por su facilidad de uso. Este equipo está diseñado para facilitar las mediciones y garantizar resultados precisos en el trabajo de campo.

4.3 Estudio geotécnico del terreno

Los suelos predominantes en la zona son principalmente arcillas de baja y alta plasticidad, cada una con diferentes capacidades de carga, como lo indican los valores de CBR, que varían entre 5.5 y 6.7, según los ensayos de laboratorio. Debido a la topografía plana de la región, los suelos suelen estar muy sueltos en su estado natural y presentan un alto nivel de humedad. Durante la construcción de la vía, se eliminará la capa superficial existente y se reforzará la subrasante con material granular. Para lograr una compactación adecuada, se utilizarán rodillos de gran peso, lo que permitirá alcanzar la máxima densidad posible y mantener las condiciones de humedad ideales.

4.3.1 Resultados finales del estudio de suelos

En resumen, el análisis del suelo llevado a cabo ha permitido determinar las características físicas, químicas y mecánicas del terreno examinado. Se ha constatado

que la composición estratigráfica del suelo presenta variaciones notables, lo cual afecta su comportamiento bajo diferentes cargas y condiciones ambientales. Los resultados obtenidos subrayan la importancia de considerar estos aspectos al planificar y diseñar cualquier proyecto de construcción en la región. Además, se sugiere llevar a cabo un monitoreo constante y, de ser necesario, realizar pruebas adicionales para garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras que se construyan en el área. Por lo tanto, es de vital importancia realizar una compactación adecuada, alcanzando al menos el 95% del Proctor Modificado.

4.3.2 Criterios de diseño

El sistema de alcantarillado pluvial tiene como objetivo principal evacuar las aguas de lluvia hacia áreas seguras, evitando daños y molestias a la población. Debido a las características topográficas del terreno, se descarta la utilización de drenaje superficial, ya que la pendiente longitudinal requerida no se puede alcanzar debido a la orografía del lugar. Por lo tanto, se implementará un sistema de alcantarillado pluvial subterráneo antes de la colocación de la capa de rodadura de hormigón flexible, en conformidad con las especificaciones del GAD del cantón Milagro.

4.4 Presentación y análisis de resultados

La presentación deberá corresponder a las técnicas de análisis de la metodología utilizada. Es importante la presentación ordenada de los resultados según los instrumentos utilizados, pudiendo representarse mediante tablas, gráficos, esquemas y otro que se considere pertinente. Énfasis en el análisis que hace el investigador de cada resultado.

4.4.1 Análisis y Propiedades del Polietileno de alta densidad

Existen tres tipos de propiedades del polietileno de alta densidad (PEAD). En primer lugar, su resistencia y durabilidad. Gracias a su alta capacidad para soportar impactos y temperaturas extremas, se convierte en un material ideal para aplicaciones que requieren durabilidad. En segundo lugar, la ligereza de este material facilita su manejo, lo que optimiza el tiempo durante su manipulación y transporte. Por último,

la reciclabilidad es una de las características más destacadas del PEAD, ya que es 100% reciclable, lo que contribuye a la reducción de residuos plásticos.

4.4.2 Análisis y Propiedades del Hormigón

El material del hormigón en las tuberías de drenaje se caracteriza por su alta resistencia a la compresión y su durabilidad, lo cual lo convierte en una opción ideal para conducir aguas pluviales y aguas de superficie, ya que puede soportar condiciones difíciles y cargas pesadas. En cuanto a su fabricación, esta implica el uso de armaduras que se producen automáticamente para garantizar la correcta posición y el adecuado recubrimiento de las tuberías. Después de llenar el molde, las piezas son desmoldadas y posteriormente curadas al vapor, lo que asegura un fraguado uniforme y evita la deshidratación prematura. Además, estas tuberías son utilizadas principalmente en sistemas de alcantarillado, drenajes pluviales y pasos de alcantarilla. Su diseño permite que sean empleadas en instalaciones que no requieren una estanqueidad total; sin embargo, se puede aplicar mortero para mejorar su estanqueidad en caso de ser necesario. Por último, es importante destacar que el hormigón es un material sostenible y económico, lo que lo convierte en una opción favorable para proyectos de infraestructura. Su larga vida útil contribuye significativamente a la reducción de residuos y a la sostenibilidad en la construcción.

4.4.3 Análisis Comparativo entre Material de Polietileno de Alta Densidad y Hormigón

Estos dos materiales son ampliamente utilizados en diversas aplicaciones; sin embargo, poseen características y propiedades distintas que los hacen adecuados para diferentes propósitos. En primer lugar, el Polietileno de Alta Densidad (PEAD) se destaca por su alta resistencia a impactos y su capacidad para soportar temperaturas extremas, lo que lo convierte en un material ideal para aquellas aplicaciones que requieren durabilidad. Por otro lado, el hormigón es reconocido por su alta resistencia a la compresión y su larga vida útil en condiciones difíciles, lo que lo hace apto para estructuras que deben soportar cargas pesadas. En cuanto a su peso, el PEAD es un material ligero, lo que facilita su manipulación y optimiza el tiempo empleado en su transporte y manejo. En contraste, el hormigón es considerablemente más pesado, lo

que puede complicar su transporte y manipulación, requiriendo, por ende, equipos especiales para su manejo en obras de construcción. En conclusión, tanto el PEAD como el hormigón tienen sus ventajas y desventajas, y la elección entre uno u otro dependerá de las necesidades específicas de cada proyecto.

4.4.4 Comparación de la Corrosividad del Hormigón y el PEAD

La corrosividad del hormigón y del polietileno de alta densidad (PEAD) es un aspecto crucial en el ámbito de la construcción y la ingeniería de materiales. El hormigón presenta una susceptibilidad a la corrosión, especialmente en condiciones ambientales desfavorables, como la humedad y la presencia de sales. La carbonatación y la infiltración de agua pueden provocar la corrosión del acero de refuerzo que se encuentra en su interior, lo que puede comprometer la integridad estructural del material. En contraste, el PEAD es reconocido por su alta resistencia a la corrosión. Este material no reacciona químicamente con la pasta de cemento y no presenta problemas de corrosión, lo que lo convierte en una opción ideal para aplicaciones que requieren durabilidad y resistencia en entornos agresivos.

4.4.5 Comparación de la Corrugosidad del Hormigón y el PEAD

La corrugosidad del hormigón y del polietileno de alta densidad (PEAD) no es equivalente, ya que aluden a características distintas de estos materiales.

- **Hormigón:** Este material puede exhibir diversas texturas y acabados, aunque generalmente se presenta con una superficie que puede ser lisa o rugosa, dependiendo de su vertido y tratamiento. La expresión "corrugosidad" no es un término comúnmente asociado al hormigón, ya que la atención se centra más en su resistencia y durabilidad en aplicaciones estructurales.
- **PEAD:** Por otro lado, el PEAD corrugado se distingue por tener una superficie con estrías o protuberancias, lo que le otorga propiedades mecánicas particulares. Esta configuración corrugada se utiliza principalmente en tuberías, mejorando su resistencia a la presión y a la abrasión, además de facilitar su instalación en sistemas de drenaje y alcantarillado.

4.5 Implementación de variables

Tabla 3

Implementación de variables

Variable	Descripción	Longitud	Indicadores	Instrumento de recolección de información
Delimitación del sector	Territorio cuyas aguas fluyen a un mismo punto.	Hectáreas	Área	Planos
Periodo de Retorno	Probabilidad de Ocurrencia	Años	Tiempo	Tablas de EMAAP
Tiempo de Concentración	Tiempo transcurrido	Minutos	Tiempo	Método de Kirpch
Intensidad de Lluvia	Precipitación vs Tiempo	Mm/h	Capacidad	Tablas de INAMHI
Coefficiente de Escorrentía	Proporción de Precipitación	Adimensional	Relación	Tablas de EMAAP
Caudal	Volumen vs tiempo	m ³ /s	Descarga	Método racional

Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

4.5.1 Delimitación de sector

Las Margaritas están comprendida entre las calles García Moreno y Baños con un área de 73. 469,97 m² (7.35 ha).

Figura 28

Sector Las Margaritas



Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

En las diferentes imágenes, se capta la calle García Moreno, Las Margaritas totalmente inundada.

Figura 29

Calle García Moreno inundada



Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

4.5.2 Período de Diseño

El plazo de diseño se refiere al lapso durante el cual se anticipa que una obra o sistema operará de manera efectiva. Este periodo se determina teniendo en cuenta varios factores, como la durabilidad de las estructuras, las condiciones hidráulicas, la disponibilidad de financiamiento y las proyecciones de crecimiento poblacional. En resumen, es el tiempo en el que se espera que la infraestructura funcione adecuadamente sin exceder las condiciones definidas en el proyecto.

Pendiente de la red:

Para garantizar un funcionamiento eficiente del sistema de drenaje pluvial, es esencial que los conductos, incluidas las tuberías y las conexiones tanto principales como secundarias, sigan la inclinación natural del terreno. Esto permite que el sistema funcione por gravedad, facilitando el desplazamiento del agua sin la necesidad de intervención mecánica.

Pendiente mínima:

La pendiente mínima hace referencia a la inclinación más reducida que debe tener un terreno o una superficie para permitir el flujo adecuado de líquidos, como el agua, a lo largo de un sistema de drenaje o tubería. Esta inclinación mínima asegura que el fluido se desplace continuamente, evitando acumulaciones o estancamientos que podrían comprometer el rendimiento del sistema.

Pendiente máxima:

La pendiente máxima representa el grado de inclinación más pronunciado que puede soportar una superficie o conducto sin que se presenten complicaciones graves. Un ángulo excesivo podría generar velocidades de flujo demasiado altas o pérdida de control, lo que podría ocasionar riesgos, como erosión del terreno, inestabilidad o dificultades en el transporte de líquidos o materiales. Para prevenir estos problemas, se establece un límite que regula la pendiente máxima, buscando mantener la integridad del sistema.

Velocidad mínima:

De acuerdo con las recomendaciones de Senagua (1992), se debe garantizar una velocidad mínima aceptable de 0,96 metros por segundo para que el flujo en el sistema sea eficiente y continuo.

Velocidad máxima:

La velocidad máxima permitida en el flujo depende del tipo de material utilizado en el diseño del sistema. Cada material tiene sus propias restricciones, y es necesario ajustarse a estas para evitar complicaciones como el desgaste prematuro de las estructuras o la pérdida de eficiencia en el transporte de líquidos.

4.5.3 Periodo de retorno

Se usa periodo de retorno de 10 años, aplicando lo señalado en la Tabla 1 para áreas comerciales.

Figura 30

Periodos de retorno para diferentes ocupaciones

PERÍODOS DE RETORNO PARA DIFERENTES OCUPACIONES DEL ÁREA		
Tipo de obra	Tipo de ocupación del área de influencia de la obra	Tr (años)
Micro drenaje	Residencial	5
Micro drenaje	Comercial	5
Micro drenaje	Área con edificios de servicio público	5
Micro drenaje	Aeropuertos	10
Micro drenaje	Áreas comerciales y vías de tránsito intenso	10 - 25
Micro drenaje	Áreas comerciales y residenciales	25
Micro drenaje	Áreas de importancia específica	50 - 100

Fuente: EMAAP-Q (2009)

4.5.4 Caudal de Diseño

El caudal es esencial para el diseño de procesos de la instalación y tratamiento, ya que se fundamenta en el caudal máximo anticipado durante un periodo específico, como podría ser el caudal máximo semanal o el caudal máximo por hora, según el contexto del proyecto.

Tabla 4

Métodos hidrológicos en función a las áreas de la cuenca

Área (A)	Método Hidrológico
A<50 ha	Método Racional
50 ha <A<500 ha	Método Racional Modificado
A>500 ha	Otros métodos: Hidrograma Unitario

Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

Cuando se trata de ecuaciones de intensidad y frecuencia utilizaremos la siguiente formula

$$I = \frac{180.2457 \cdot F^{0.33096} \text{ (mm)}}{t^{703.010} \text{ (hr)}}$$

Donde:

I=Intensidad de duración (mm/hr)

F=Periodo de retorno(años)

T=Tiempo de duración (min)

4.6 Criterios Generales de un sistema de drenaje pluvial

Durante la planificación del sistema de drenaje pluvial, se considerarán los siguientes factores clave:

- Se buscará seguir la pendiente natural del terreno en la medida de lo posible.
- Las tuberías se instalarán en el centro de la vía, con un relleno de protección de 1.2 metros.
- Se establecen diámetros mínimos para el sistema de alcantarillado pluvial (0.25 metros) y conexiones domiciliarias (0.15 metros), con pendientes mínimas del 1%.
- El tirante máximo se limitará a 0.80-0.90 veces el diámetro de la tubería.
- Se recomienda un ancho de zanja de 1D + 30 cm para el recubrimiento.
- Se mantendrán distancias de seguridad con tuberías de agua potable (0.20 metros en cruces, 0.30 metros en paralelas).
- La velocidad es crucial para la eficacia y durabilidad de la red, y se calculará utilizando la fórmula de Manning.

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

Donde:

V=Velocidad en m/s

N= Coeficiente de rugosidad de la tubería

R= Radio Hidráulico

S=Pendiente m/m

4.6.1 Velocidad mínima

En sistemas de drenaje pluvial, se recomienda mantener velocidades mínimas de 0.60 m/s (parcialmente lleno) y 0.90 m/s (capacidad total), según la Norma INEN URBANO, para prevenir sedimentación de partículas transportadas por el agua. La presencia de materia orgánica e inorgánica en el agua puede causar desgaste abrasivo en las tuberías, reduciendo la durabilidad de la red. Para establecer un límite máximo de flujo, se deben seguir las especificaciones del fabricante, que están relacionadas con el material de la tubería, para garantizar la integridad y longevidad del sistema..

4.6.2 Pendiente máxima admisible

La pendiente máxima permitida varía según el contexto y las normativas vigentes. En general, para rampas accesibles, se establece que la pendiente no debe exceder el 10% para longitudes menores a 3 metros, el 8% para longitudes menores a 6 metros, y el 6% para longitudes superiores a 6 metros. Estas directrices son esenciales para asegurar la accesibilidad y la seguridad en el diseño de rampas y caminos.

4.6.3 Intensidad de lluvia

Según la tabla del INAMHI, para un período de retorno de 10 años y un tiempo de concentración de 20 minutos, se obtiene una intensidad de precipitación de 117.70 mm/h.

Figura 31

Intensidad y periodos de retorno en la estación hidrológica Milagro

t (min)	Período de Retorno T(años)					
	2	5	10	25	50	100
5	132.8	166.4	197.4	247.5	293.5	348.2
10	102.6	128.5	152.5	191.1	226.7	268.9
15	88.2	110.5	131.1	164.3	194.9	231.1
20	79.2	99.2	117.7	147.5	175.0	207.6
30	68.1	85.3	101.2	126.8	150.5	178.5
60	52.6	65.9	78.1	97.9	116.2	137.8
120	36.0	43.4	50.0	60.3	69.5	80.1
360	14.2	17.2	19.8	23.9	27.5	31.7
1440	4.4	5.3	6.1	7.4	8.5	9.8

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)

Fuente: Villavicencio López (2018)

4.6.4 Coeficiente escorrentía

Se adoptará un coeficiente de escorrentía de 0.70, que integra diversas variables hidrometeorológicas y propiedades del suelo, como infiltración, forma, uso y ocupación del terreno, según lo indicado en la Tabla 3.

Figura 32

Coeficiente de escorrentía para un área urbana

COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA PARA UN ÁREA URBANA	
Descripción del área	Coeficiente de escorrentía
<i>Negocios</i>	
Centro	0.70 a 0.95
Barrios	0.50 a 0.75
<i>Residencial</i>	
Unifamiliar	0.30 a 0.60
Multi-unidades, contiguas	0.40 a 0.75
Departamentos	0.60 a 0.85
<i>Industrias</i>	
Livianas	0.50 a 0.80
Pesadas	0.60 a 0.90
Sin mejoras	0.10 a 0.30

Fuente: EMAAP-Q (2009)

Diseño de sistemas hidráulicos

La red de alcantarillado opera gracias a la gravedad, lo que permite mantener velocidades mínimas que facilitan la limpieza automática de los sedimentos que se acumulan en el fondo, como arena y materia orgánica. La inclinación mínima de las tuberías se establecerá con el objetivo de alcanzar una velocidad adecuada que evite la sedimentación de estos materiales.

4.6.5 Caudal

El Método Racional es una técnica ampliamente empleada para calcular el caudal máximo resultante de una lluvia de diseño específica. Es comúnmente utilizado en el diseño de sistemas de drenaje tanto urbanos como rurales, y presenta la ventaja de no necesitar datos hidrométricos previos para determinar los caudales máximos.

La expresión utilizada por el Método Racional es:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

Donde:

Q: Caudal máximo [m³/s]

C: Coeficiente de escorrentía = 0.7

I: Intensidad de la lluvia (mm/h) = 117.70 mm/h

A: Área de la cuenca. (Ha) = 7.35 hA

El caudal por evacuar en la zona de estudio es de 1.68 m³/s.

4.6.6 Presentación de resultados

Se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 5

Resultados

Descripción	Resultado
Sector Las Margaritas	7.35 hectáreas
Periodo de retorno	10 años
Tiempo de concentración	20 minutos
Intensidad de lluvia	117.70 mm/h
Coeficiente de escorrentía	0.70
Caudal	1.68 m ³ /s

Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

4.7 Ubicación tubería PEAD

Se ubicará en las siguientes coordenadas:

Tabla 6

Coordenadas

Dirección	Latitud	Longitud
Calle Patate -Av Garcia Moreno Referencia Torno Avila	-2,129,993	-79,609,996
Calle Pelileo -Av Garcia Moreno	-2,129,852.00	-79,610,683
Calle Pillaro-Av Garcia Moreno -Referencia La ruta del sabor	-2,130,414.00	<u>-79,612,254</u>
Calle Baños -Av Garcia Moreno -Referencia Cancha Deportiva	-2,130,677.00	-79,613,069
Avenida Paquisha Referencia -Puente Paquisha	-2,129,561	-79,607,916

Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

Figura 33

Ciudadela Las Margaritas



Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

4.8 Consideraciones del diseño

El sistema de alcantarillado pluvial tiene como objetivo principal gestionar el agua de lluvia de manera segura y eficiente, protegiendo a la comunidad de daños y molestias. Sin embargo, las limitaciones topográficas del terreno imposibilitan la implementación de soluciones de drenaje superficial, por lo que se optará por la construcción de un sistema de alcantarillado pluvial subterráneo antes de la colocación de la capa de rodadura de hormigón flexible, en conformidad con las especificaciones del GAD del cantón Milagro.

4.9 Formulas usadas para el diseño

Se empleará el Método Racional que formula la siguiente ecuación:

FÓRMULA RACIONAL

El caudal se expresa como:

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

donde:

Q: caudal de diseño, correspondiente al periodo de retorno seleccionado, en m³/s

C: coeficiente de escorrentía

i: intensidad de la lluvia de diseño, en mm/h

A: área de la cuenca, en Ha

Tabla 7

Cálculos hidráulicos diseño PEAD del sector Las Margaritas

Tramo		Áreas de drenaje (ha)			Caudal de diseño			Características tubería									Funcionamiento hidráulico			DATOS DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN							
De	A				C	I (mm/h)	A (Ha)	Q (m ³ /s)	Q Diseño (l/s)	Longitud (m)	Pendiente (m/m)	J ^{1/2}	Diametro Interno (m)	Área (m ²) Tubo lleno	Perímetro (m)	Radio hidráulico (m)	R ^{2/3}	Coef. Rug. N	Tubo lleno		Q / Q _o	Cota Tapa		Cota Invert		Profundidad (m)	
		Propia	Afluente	Total													Q _o (l/s)	V _o (m/s)		Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf		
A	B	0.62		0.62	0.70	117.70	0.62	0.14	141.89	90.55	0.006	0.074	0.31	0.07547694	0.486948	0.16	0.29	0.009	179.4627	2.38	0.791	21.500	21.000	19.900	19.400	1.60	1.60
B	C	1.020	0.620	1.64	0.70	117.70	1.64	0.38	375.33	46.29	0.005	0.072	0.49	0.18857454	0.769692	0.25	0.39	0.009	591.5883	3.14	0.634	21.000	21.000	19.400	19.160	1.60	1.84
C	E	0.160	1.64	1.80	0.70	117.70	1.80	0.41	411.95	92.64	0.005	0.071	0.49	0.18857454	0.769692	0.25	0.39	0.009	585.8724	3.11	0.703	21.000	20.500	19.160	18.670	1.84	1.83
D	E	0.520		0.52	0.70	117.70	0.52	0.12	119.01	45.67	0.005	0.071	0.31	0.07547694	0.486948	0.16	0.29	0.009	171.111	2.27	0.696	20.500	20.500	18.900	18.670	1.60	1.83
E	G	0.61	2.32	2.93	0.70	117.70	2.93	0.67	670.56	86.86	0.005	0.071	0.62	0.30190776	0.973896	0.31	0.46	0.009	1086.487	3.60	0.617	20.500	20.000	18.670	18.150	1.83	1.85
F	G	0.61		0.61	0.70	117.70	0.61	0.14	139.61	48.13	0.005	0.072	0.31	0.07547694	0.486948	0.16	0.29	0.009	174.4997	2.31	0.800	20.000	20.000	18.400	18.150	1.60	1.85
H	I	0.600		0.60	0.70	117.70	0.60	0.14	137.32	47.45	0.005	0.071	0.31	0.07547694	0.486948	0.16	0.29	0.009	172.8136	2.29	0.795	20.500	20.500	18.900	18.660	1.60	1.84
I	G	1.06	0.60	1.66	0.70	117.70	1.66	0.38	379.91	99.5	0.005	0.071	0.49	0.18857454	0.769692	0.25	0.39	0.009	580.1001	3.08	0.655	20.500	20.000	18.660	18.160	1.84	1.84
G	J		5.20	5.20	0.70	117.70	5.20	1.19	1190.08	99.5	0.005	0.071	0.70	0.384846	1.0996	0.35	0.50	0.009	1501.67	3.90	0.79	20.00	20.00	18.15	17.98	1.85	2.02

Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

Tabla 8

Cálculos hidráulicos diseño hormigón del sector Las Margaritas

Tramo		Áreas de drenaje (ha)			Caudal de diseño				Características tubería								Funcionamiento hidráulico			DATOS DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN							
De	A				C	I (mm/h)	A (Ha)	Q (m ³ /s)	Q Diseño (l/s)	Longitud (m)	Pendiente (m/m)	J ^{1/2}	Díametro Interno (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	Radio hidráulico (m)	R ^{2/3}	Coef. Rug. N	Tubo lleno		Q / Q ₀	Cota Tapa		Cota Invert		Profundidad (m)	
		Propia	Afluente	Total													Q ₀ (l/s)	V ₀ (m/s)		Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf		
A	B	0.62		0.62	0.70	117.70	0.62	0.14	141.89	90.55	0.006	0.074	0.40	0.125664	0.62832	0.20	0.34	0.013	245.1709	1.95	0.579	21.500	21.000	19.900	19.400	1.60	1.60
B	C	1.020	0.620	1.64	0.70	117.70	1.64	0.38	375.33	46.29	0.005	0.072	0.60	0.282744	0.94248	0.30	0.45	0.013	702.8552	2.49	0.534	21.000	21.000	19.400	19.160	1.60	1.84
C	D	0.160	1.64	1.80	0.70	117.70	1.80	0.41	411.95	92.64	0.005	0.071	0.60	0.282744	0.94248	0.30	0.45	0.013	696.0642	2.46	0.592	21.000	20.500	19.160	18.670	1.84	1.83
D	E	0.520		0.52	0.70	117.70	0.52	0.12	119.01	45.67	0.005	0.071	0.40	0.125664	0.62832	0.20	0.34	0.013	233.7613	1.86	0.509	20.500	20.500	18.900	18.670	1.60	1.83
E	G	0.61	2.32	2.93	0.70	117.70	2.93	0.67	670.56	86.86	0.005	0.071	0.67	0.352566	1.052436	0.34	0.48	0.013	925.0077	2.62	0.725	20.500	20.000	18.670	18.150	1.83	1.85
F	G	0.61		0.61	0.70	117.70	0.61	0.14	139.61	48.13	0.005	0.072	0.40	0.125664	0.62832	0.20	0.34	0.013	238.3906	1.90	0.586	20.000	20.000	18.400	18.150	1.60	1.85
H	I	0.600		0.60	0.70	117.70	0.60	0.14	137.32	47.45	0.005	0.071	0.40	0.125664	0.62832	0.20	0.34	0.013	236.0873	1.88	0.582	20.500	20.500	18.900	18.660	1.60	1.84
I	G	1.06	0.60	1.66	0.70	117.70	1.66	0.38	379.91	99.5	0.005	0.071	0.60	0.282744	0.94248	0.30	0.45	0.013	689.2063	2.44	0.551	20.500	20.000	18.660	18.160	1.84	1.84
G	J		5.20	5.20	0.70	117.70	5.20	1.19	1190.08	99.5	0.005	0.071	0.90	0.636174	1.4137	0.45	0.59	0.013	2032.01	3.19	0.59	20.00	20.00	18.15	17.98	1.85	2.02

Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

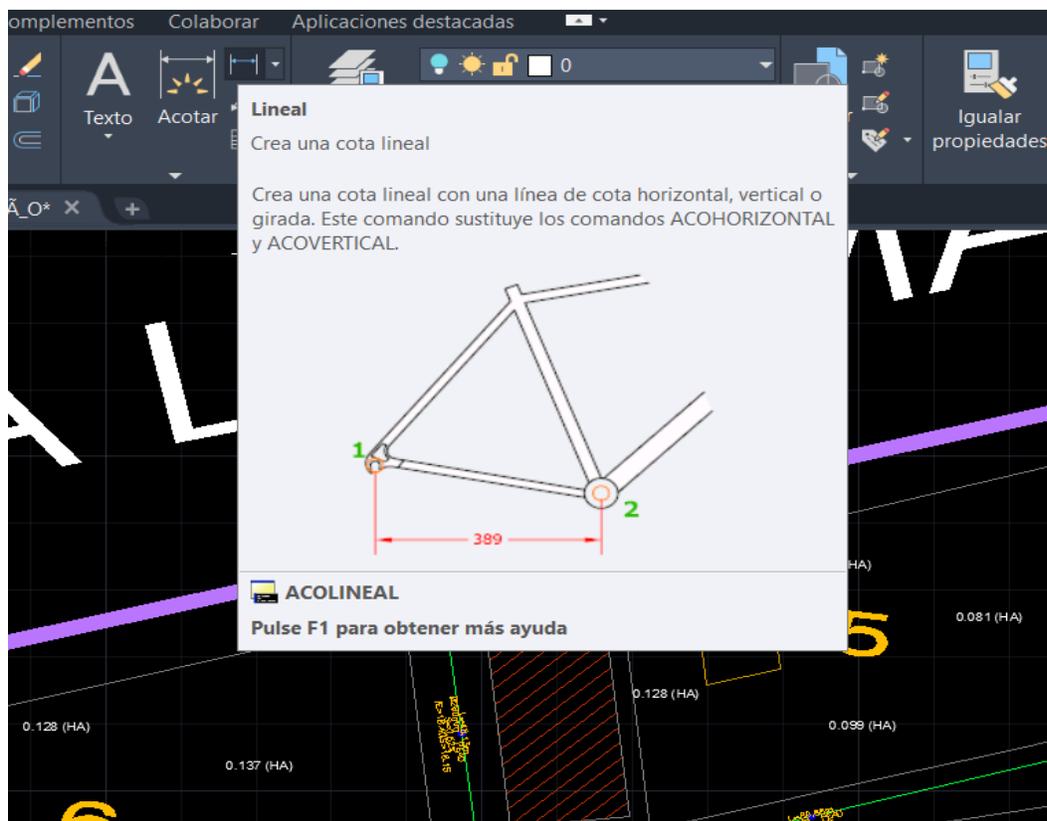
4.10 Cómo se obtuvieron las cotas del diseño pluvial.

La cota es un concepto que se refiere a la altura o elevación de un punto u objeto respecto a un nivel de referencia. En los campos de la topografía, arquitectura e ingeniería, la cota es fundamental para definir las dimensiones y posiciones de los elementos que se van a construir o medir.

- Es importante tener una comprensión clara de nuestro diseño.
- Debemos examinar cada punto y tramo para determinar de dónde a dónde obtendremos las cotas utilizando el comando lineal.

Figura 34

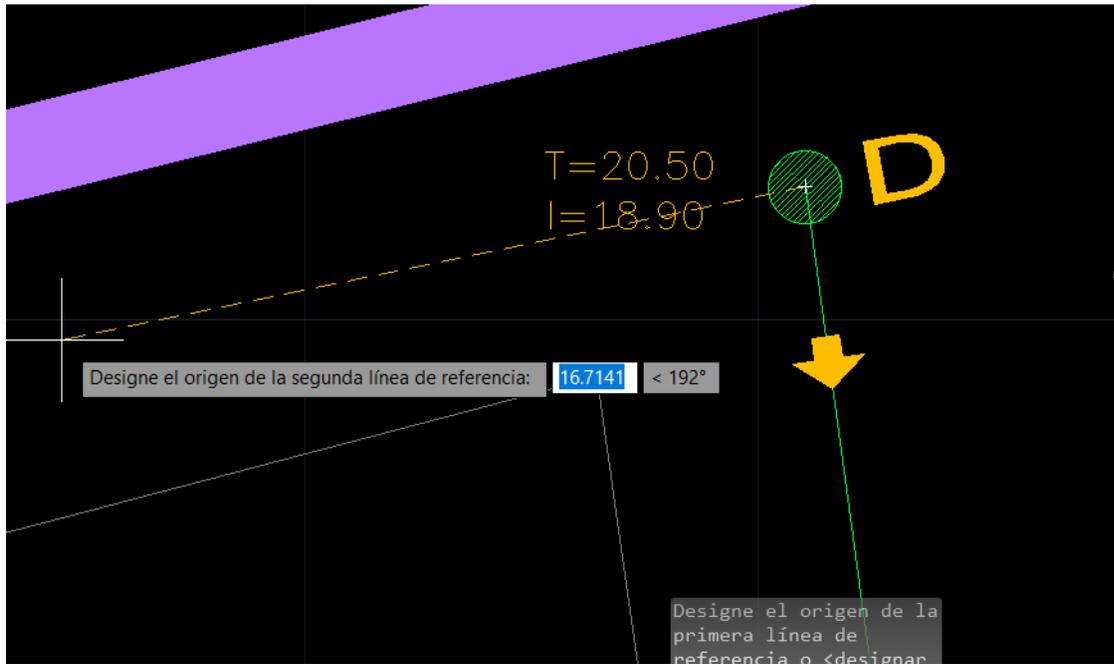
Comando lineal



Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

Figura 35

Cota

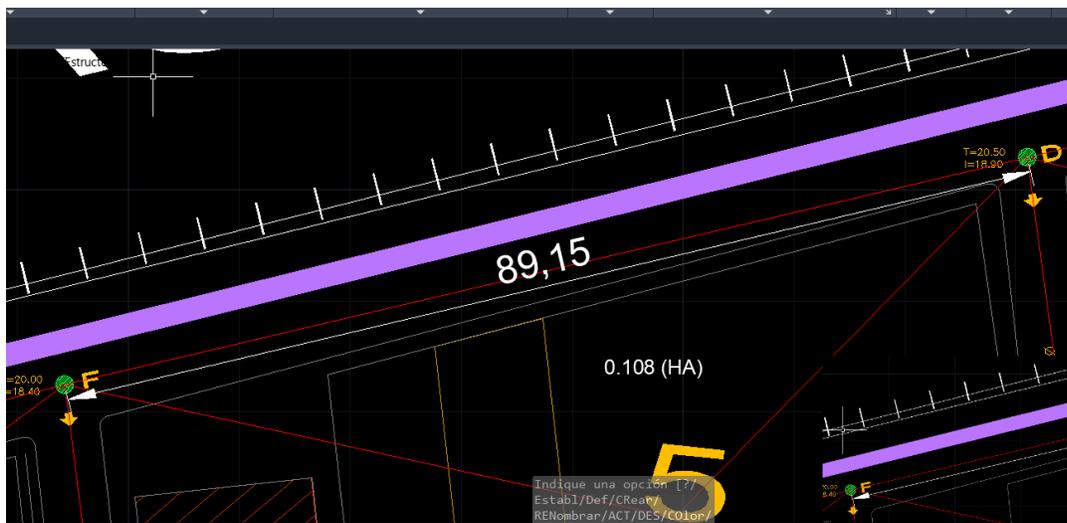


Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

Obtenemos una Cota

Figura 36

Cota final



Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

4.11 Como obtenemos las áreas de drenaje

Mediante un trazado de diseño fluvial, este debe situarse a un metro a la derecha de nuestra tubería sanitaria en la dirección del flujo del agua. El trazado que hemos realizado está marcado en color verde, y es importante considerar que no recorre todas las calles. Hemos llevado a cabo un trazado triangular en todos los lotes de nuestra zona. Primero, calculamos el área de nuestra calle, luego convertimos esa medida a hectáreas y, finalmente, realizamos los cálculos correspondientes utilizando el área de los diferentes tramos, tomando en cuenta nuestras propias lecturas y las afluentes.

Figura 37

Área de drenaje



Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

4.12 Método triangular para poder obtener áreas

Área de un triángulo

El área de un triángulo es igual a la base del triángulo por su altura partido por dos. Por lo tanto, para calcular el área de un triángulo se debe multiplicar su base por su altura y luego dividir entre dos.

Figura 38

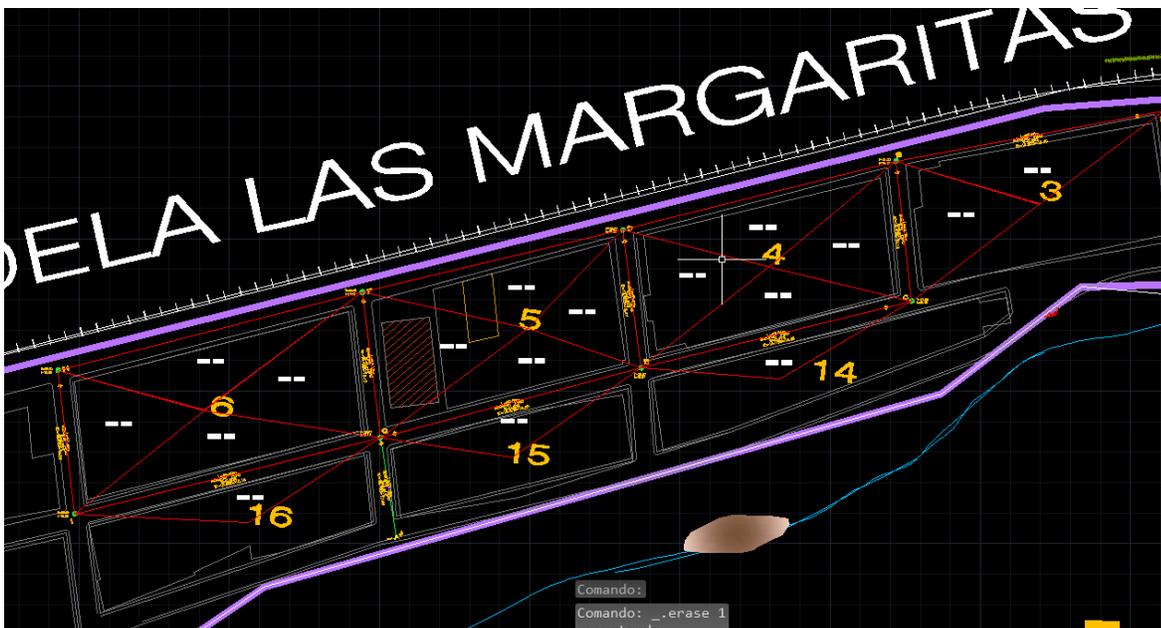
Fórmula del área de un triángulo

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

Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

Figura 39

Método triangular

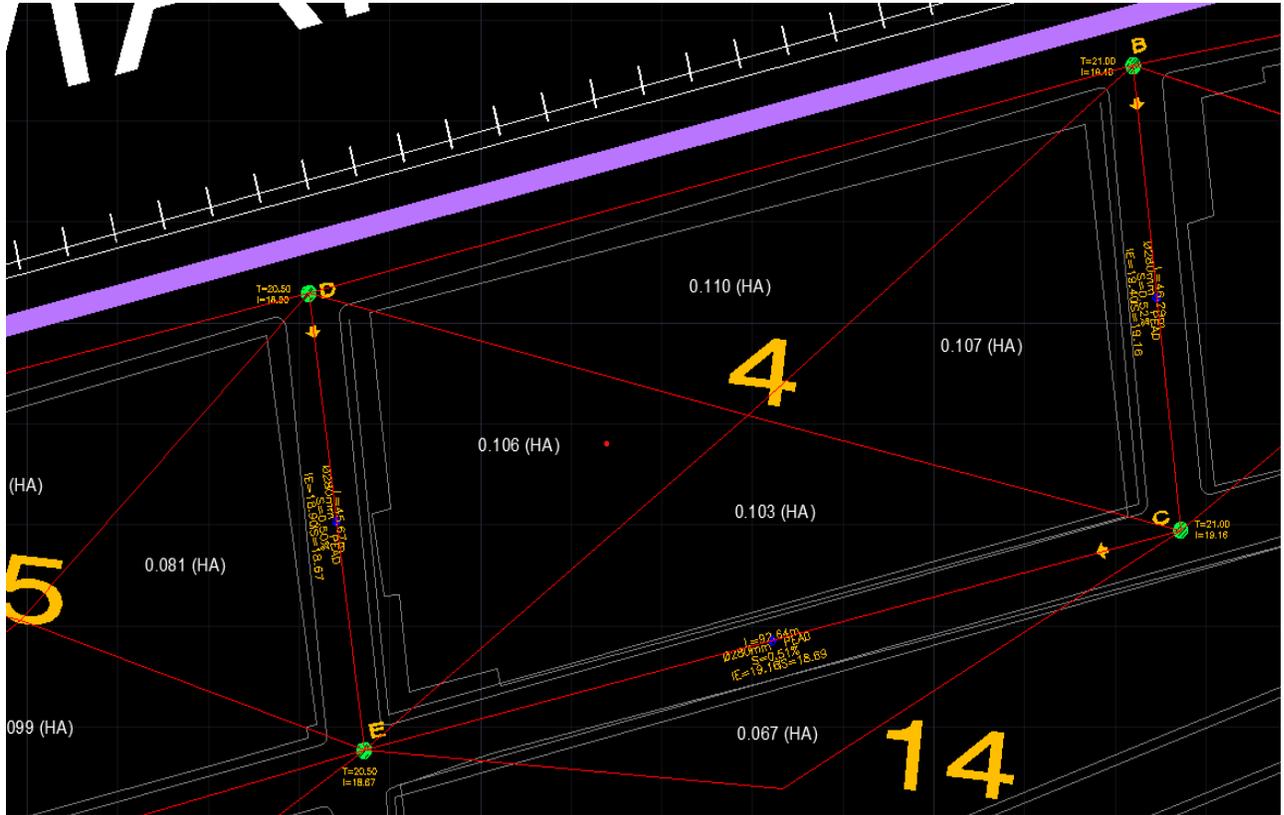


Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

Trazado triangular para obtener el área de cada tramo

Figura 40

Trazado triangular



Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

4.13 Presupuesto Referencial

Tabla 9

Presupuesto referencial del hormigón

PRESUPUESTO					
HORMIGÓN PARA CÁMARAS RECOLECTORAS					
22	EXCAVACIÓN A MANO EN SUELO SIN CLASIFICAR	m3	54	14.24	768.96000
23	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE 140 kg/cm2	m3	4	161.06	681.28380
24	HORMIGÓN SIMPLE 210 KG/CM2 EN POZOS, INCLUYE ENCOFRADO	m3	56	204.73	11505.82600
25	HORMIGÓN LOSA PARA POZO DE HORMIGÓN	m3	6	287.11	1622.17150
27	TAPA Y CERCO HF600 POZO REVISIÓN (PROVISIÓN Y MO	u	9	183.67	1653.03000
ESTRUCTURAS ESPECIALES					
29	REPLANTEO Y NIVELACIÓN DE ESTRUCTURAS	m2	28	2.64	74.60640
30	EXCAVACIÓN A MANO EN SUELO SIN CLASIFICAR	m3	57	14.24	804.84480
31	EXCAVACIÓN A MAQUINA SIN CLASIFICAR	m3	57	3.67	207.42840
32	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE 140 kg/cm2	m3	4	161.06	644.24000
33	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO MURO TABLERO CONTR	m2	80.00	22.91	1832.80000
34	HORMIGÓN SIMPLE 240 KG/CM2	m3	8	199.06	1592.48000
35	HORMIGÓN SIMPLE F'C 210 kg/CM2	m3	36.00	172.45	6208.20000
36	HORMIGÓN CICLÓPEO 40% PIEDRA F'C=210 KG/CM2	m3	50	147.5	7375.00000
38	JUNTAS IMPERMEABLES DE PVC 18 CM	m	284	18.22	5174.48000
39	TAPA Y CERCO HF600 POZO REVISIÓN (PROVISIÓN Y MO	u	9	183.67	1653.03000
				TOTAL, USD	41,798.38090

Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

Tabla 10*Presupuesto referencial aall de PEAD*

PRESUPUESTO						
CÁMARAS RECOLECTORAS						
1	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE 140 kg/cm2	m3	4	161.06	681.28380	
2	HORMIGÓN SIMPLE 210 KG/CM2 EN POZOS, INCLUYE ENCOFRADO	m3	56	204.73	11505.82600	
3	HORMIGÓN LOSA PARA POZO DE HORMIGÓN	m3	6	287.11	1622.17150	
TUBERÍA						
4	Tubería PVC, DN 310mm, 1Mpa U/E	U	25.0	\$ 19.50	487.50000	
5	Tubería PVC, DN 490mm, 1Mpa U/E	U	16.0	\$ 21.00	336.00000	
6	Tubería PVC, DN 620 mm, 1Mpa U/E	U	8.0	\$ 50.00	400.00000	
7	Tubería PVC, DN 700 mm, 1Mpa U/E	U	15.0	\$ 99.00	1485.00000	
8	Tubería PEAD, DN 310 mm, 1Mpa rollos de 100 metros	U	2.0	\$ 420.00	840.00000	
9	Tubería PEAD, DN 490 mm, 1Mpa rollos de 100 metros	U	2.0	\$ 445.00	890.00000	
10	Tubería PEAD, DN 620 mm, 1Mpa rollos de 100 metros	U	2.0	\$ 550.00	1100.00000	
11	Tubería PEAD, DN 700 mm, 1Mpa de 50 metros rollos de 50 metros	U	4.0	\$ 580.00	2320.00000	
					TOTAL,	21,667.78130
					USD	

Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

La asignación presupuestaria para un sistema de drenaje de hormigón es aproximadamente un 20-30% superior a la de un sistema de drenaje PEAD, debido a los siguientes factores:

- Costos de Material: El hormigón presenta un costo de material más alto en comparación con el PEAD.
- Requisitos de Mano de Obra: La construcción de un sistema de drenaje de hormigón requiere mano de obra especializada y equipo pesado, lo que aumenta los costos laborales.
- Durabilidad: El hormigón ofrece una vida útil más larga que el PEAD, justificando su mayor costo inicial.

Sin embargo, el PEAD ofrece ventajas como:

- Inversión Inicial Más Baja
- Instalación y Mantenimiento Simplificados
- Resistencia a la Corrosión y Erosión

Se prioriza la viabilidad económica y la facilidad de instalación, el PEAD emerge como la opción óptima.

CONCLUSIONES

- El estudio de las tablas de cálculo hidráulico reveló que las tuberías de PEAD tienen una ventaja significativa sobre las de hormigón en términos de comportamiento hidráulico, gracias a su superficie más lisa, que se traduce en un coeficiente de rugosidad menor y, por lo tanto, en una mayor capacidad para transportar fluidos de manera eficiente.
- Los drenajes de hormigón presentan una mayor rugosidad, lo que puede generar una disminución en la eficiencia del drenaje, los drenajes de PEAD, por otro lado, ofrecen una superficie más lisa, lo que aumenta la eficiencia del drenaje.
- Los sistemas de drenaje plásticos son más coste-efectivos que los de hormigón en aplicaciones de gran escala ofreciendo menores costos de material y fácil instalación, lo que reduce la mano de obra. Su durabilidad y resistencia a la corrosión minimizan el mantenimiento y reemplazos. En resumen, los sistemas de drenaje plásticos son la opción más rentable y eficiente para proyectos de gran escala. Su superioridad en costos y rendimiento los hace la elección ideal.

RECOMENDACIONES

Implementación de un sistema piloto de drenaje con PEAD:

- Es recomendable llevar a cabo la implementación de un sistema piloto de drenaje utilizando tuberías de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) en un sector específico del área de estudio, como Las Margaritas en la ciudad de Milagro. Este sistema piloto permitirá evaluar el desempeño del PEAD en condiciones controladas y compararlo con los sistemas de drenaje tradicionales hechos de hormigón. La implementación debe incluir la instalación completa del sistema de drenaje, el monitoreo regular del flujo de aguas pluviales, y la comparación con otras áreas que utilicen sistemas convencionales. Esta recomendación se justifica en los resultados obtenidos del análisis comparativo entre el hormigón y el PEAD, los cuales indican que el PEAD ofrece ventajas significativas en términos de costo, sostenibilidad y durabilidad. Sin embargo, es esencial realizar una implementación piloto para validar estos beneficios en un entorno real y así identificar posibles desafíos antes de una implementación a gran escala.

Creación de una base de datos sobre materiales de construcción:

- Se propone la creación de una base de datos exhaustiva que contenga información detallada sobre los materiales de construcción utilizados en sistemas de drenaje, incluyendo el PEAD y el hormigón. Esta base de datos debe incluir aspectos como costo, durabilidad, sostenibilidad, facilidad de instalación, y mantenimiento, además de referencias normativas como la NORMA INEN 30 y otros estándares relevantes. La base de datos deberá actualizarse periódicamente para incluir nuevos materiales y tecnologías disponibles en el mercado. La justificación de esta recomendación radica en la necesidad de tomar decisiones informadas para asegurar el éxito de los proyectos de infraestructura a largo plazo. Al contar con una base de datos centralizada y actualizada, los ingenieros y planificadores podrán comparar diferentes materiales y seleccionar el más adecuado para cada proyecto, garantizando así la eficiencia y sostenibilidad del sistema de drenaje. Además, esta herramienta servirá como

referencia para futuras investigaciones y desarrollos en la industria de la construcción.

Fortalecimiento del mantenimiento del sistema de drenaje:

- Es fundamental implementar un programa de mantenimiento regular para el nuevo sistema de drenaje basado en tuberías de Polietileno de Alta Densidad (PEAD). Este programa debe incluir la limpieza periódica de las tuberías para evitar la acumulación de residuos que puedan obstruir el flujo de agua. También es esencial inspeccionar regularmente los sumideros, conexiones, y cualquier otra infraestructura asociada al sistema de drenaje para identificar y reparar daños o desgastes a tiempo. Este mantenimiento debe ser intensificado durante y después de la temporada de lluvias, cuando el sistema de drenaje está sometido a mayor presión y riesgo de obstrucción o deterioro.
- La importancia de esta recomendación radica en que, a pesar de las ventajas del PEAD, como su durabilidad y resistencia a la corrosión, el desempeño óptimo del sistema depende de un mantenimiento constante. Sin un programa de mantenimiento adecuado, incluso los sistemas más avanzados pueden fallar, lo que podría resultar en inundaciones, daños a la propiedad, y un impacto negativo en la calidad de vida de los residentes. Además, un programa de mantenimiento bien estructurado y ejecutado puede extender la vida útil del sistema, optimizar su funcionamiento y reducir costos a largo plazo al prevenir problemas mayores antes de que ocurran.

Capacitación y sensibilización comunitaria:

- Es esencial llevar a cabo un programa de capacitación y sensibilización dirigido a los residentes del sector Las Margaritas en la ciudad de Milagro. Este programa debe educar a la comunidad sobre el nuevo sistema de drenaje, su importancia, y las prácticas necesarias para mantenerlo en buen estado. La capacitación podría incluir talleres y charlas informativas sobre la adecuada disposición de residuos, la importancia de no obstruir los sumideros con basura o escombros, y cómo reportar cualquier problema o anomalía que observen en el sistema de

drenaje. Además, se pueden distribuir materiales educativos como folletos, infografías, y videos que expliquen de manera simple y efectiva los beneficios del sistema y cómo cada miembro de la comunidad puede contribuir a su mantenimiento.

- La razón detrás de esta recomendación es que la sostenibilidad de cualquier infraestructura pública, como un sistema de drenaje, depende en gran medida de la cooperación y el comportamiento de la comunidad que lo utiliza. Cuando los residentes están informados y conscientes de cómo sus acciones afectan el sistema, es más probable que actúen de manera responsable y tomen medidas para protegerlo. Por otro lado, la sensibilización comunitaria no solo fomenta el cuidado del sistema, sino que también promueve un sentido de pertenencia y responsabilidad compartida, lo que puede llevar a un mayor compromiso por parte de los ciudadanos para mantener su entorno limpio y seguro. Además, al educar a la comunidad, se facilita la detección temprana de problemas, ya que los residentes sabrán qué signos de advertencia buscar y cómo actuar ante ellos. Esto contribuye a un manejo más eficiente y eficaz del sistema de drenaje, beneficiando a toda la comunidad.

Implementación de un protocolo de seguimiento y monitoreo:

- Es esencial la implementación de un protocolo de seguimiento y monitoreo riguroso para asegurar que las tuberías de PEAD utilizadas en el sistema de drenaje cumplan con las especificaciones normativas durante todas las fases del proyecto, desde la instalación hasta la operación. Este protocolo debe incluir inspecciones periódicas, pruebas de calidad del material, y la evaluación del rendimiento del sistema bajo diferentes condiciones climáticas. La justificación de esta recomendación se basa en la necesidad de garantizar la calidad y efectividad del sistema de drenaje para prevenir problemas a largo plazo. Aunque las tuberías de PEAD ofrecen ventajas significativas, es crucial que cumplan con estrictas normativas para asegurar su desempeño. Un protocolo de seguimiento bien definido permitirá detectar y corregir cualquier desviación de las especificaciones

antes de que se conviertan en problemas mayores, asegurando así la longevidad y fiabilidad del sistema de drenaje en el área de estudio.

Fortalecimiento del mantenimiento del sistema de drenaje:

- Se recomienda la implementación de un programa de mantenimiento regular para el nuevo sistema de drenaje basado en tuberías de Polietileno de Alta Densidad (PEAD). Este programa debe incluir la limpieza periódica de las tuberías, la inspección de los sumideros y conexiones, y la reparación de cualquier daño que pueda ocurrir con el tiempo. Además, se debe establecer un cronograma detallado de mantenimiento que considere las temporadas de lluvias intensas, donde es más probable que el sistema esté bajo mayor estrés.
- La justificación de esta recomendación radica en la importancia de preservar la funcionalidad y la eficiencia del sistema de drenaje a largo plazo. A pesar de que las tuberías de PEAD son duraderas y resistentes a la corrosión, el mantenimiento regular es esencial para prevenir bloqueos, reducir el riesgo de inundaciones, y asegurar que el sistema opere a su máxima capacidad. Un programa de mantenimiento bien estructurado también puede identificar problemas menores antes de que se conviertan en fallos costosos, lo que contribuirá a una mayor sostenibilidad del sistema y a una mejor calidad de vida para los residentes del área.

Capacitación y sensibilización comunitaria:

- Es fundamental implementar un programa de capacitación y sensibilización dirigido a la comunidad de Las Margaritas sobre la importancia del nuevo sistema de drenaje y las prácticas adecuadas para su mantenimiento. Este programa puede incluir talleres, charlas informativas, y campañas educativas que expliquen a los residentes cómo contribuir al buen funcionamiento del sistema, por ejemplo, evitando el vertido de residuos sólidos en los sumideros y manteniendo limpias las áreas cercanas a las bocas de tormenta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroempresario. (s.f.). *Sistemas de drenaje*. Obtenido de Agroempresario: <https://agroempresario.com/publicacion/33566/sistemas-de-drenaje/>
- Almozara2000. (17 de julio de 2018). *La importancia de la topografía en obra civil*. Obtenido de Almozara2000: <https://almazara2000.es/la-importancia-la-topografia-obra-civil/#:~:text=La%20topograf%C3%ADa%20es%20la%20t%C3%A9cnica,va%20a%20realizar%20la%20obra>
- Arévalo Paredes, J. E. (2022). Parque inundable para el sector centro urbano del cantón Milagro. (tesis de Maestría, ULVR). Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5130>
- Asamblea Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial No. 449, 20 de octubre de 2008. Obtenido de https://www.oas.org/dil/esp/Constitucion_Ecuador_2008.pdf
- Castro Fresno, D., Rodríguez Bayón, J., Rodríguez Hernández, J., & Ballester Muñoz, F. (2005). Sistemas urbanos de drenaje sostenible (Suds). *Interciencia*, 30(5), 255-260. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000500004&lng=es&tlng=es
- Castro-Fresno, D., Andrés-Valeri, V. C., Sañudo-Fontaneda, L. A., & Rodriguez-Hernandez, J. (2013). Sustainable Drainage Practices in Spain, Specially Focused on pervious pavements. *Water*, 5(1), 67-93. doi:<https://doi.org/10.3390/w5010067>
- EMAAP-Q. (2009). *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q*. Quito: Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito.
- EuroLab. (s.f.). *EN ISO 11296-3 Sistemas de tuberías de plástico para la renovación de redes subterráneas de drenaje y alcantarillado sin presión - Parte 3: Revestimiento con tuberías estrechas*. Obtenido de EuroLab: <https://www.laboratuar.com/es/testler/urun-guvenligi-testleri/en-iso-11296-3->

yeralti-basinsiz-drenaj-ve-kanalizasyon-sebekelerinin-yenilenmesi-icin-plastik-boru-sistemleri---bolum-3:-dar-borularla-kaplama/

Fundación Aquae. (11 de agosto de 2021). *Cloaca Máxima: gestión de aguas en Roma*. Obtenido de Fundación Aquae: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/se-trataban-las-aguas-residuales-la-antigua-roma/>

García Dávila, Y. N., & Muriel Pallo, D. C. (2024). Diseño de sistema del alcantarillado pluvial en los sectores, barrio central y algarrobos de puerto Baquerizo Moreno en el cantón San Cristóbal. (tesis de grado, Universidad de Guayaquil). Obtenido de <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/acb8a701-2a31-4489-8b8e-373b3d98f830/content>

Geldres Ríos, M. O. (2020). Propuesta del sistema de drenaje pluvial urbano del distrito de Iquitos. (tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego). Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/6637>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill México. México: Mcgraw-Hill Interamericana Editores, S.A.

Hidrología Sostenible. (s.f.). *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible – SUDS*. Obtenido de Hidrología Sostenible: <https://www.hidrologiasostenible.com/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-suds/>

Ibañez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (2011). *Morfología de las cuencas hidrológicas*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Instituto del Agua. (s.f.). *Imagen del Ciclo Hidrológico: Un Viaje Ilustrativo a través de los Secretos de la Hidrología*. Obtenido de Instituto del Agua: <https://institutodelagua.es/hidrologia/imagen-do-ciclo-hidrologicohidrologia/>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2017). *NTE INEN 2956: Tubería plástica. Accesorios de polipropileno (PP) para unión por rosca en sistemas de conducción de agua fría y caliente a presión*. Requisitos. INEN.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (s.f.). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1374: Tubos de PVC rígido y accesorios para conducción de aguas residuales*. NEN.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2001). *Fascículo Censal: Milagro*. Obtenido de Ecuadorencifras: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonaes/Guayas/Fasciculo_Milagro.pdf

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2019). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación: Actualización del estudio de lluvias intensas, Quito, Ecuador, 2015 (Versión 2)*. Quito: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

Instituto Nacional de Normalización. (2009). *Norma Chilena Ch1105:2009: Diseño y cálculo de redes de alcantarillado de aguas residuales*. Chile: INN.

Kinenergy. (20 de octubre de 2021). *Importancia de los sistemas de captación pluvial*. Obtenido de Kinenergy Internacional: <https://www.kin.energy/blogs/post/Importancia-de-los-sistemas-de-captaci%C3%B3n-pluvial>

Martinez, O. (13 de agosto de 2022). *Innovación en extrusión de plásticos*. Obtenido de Grupo Quimisor: <https://quimisor.com.mx/innovacion-en-extrusion-de-plasticos/>

MINVU-DICTUC. (1996). *Técnicas alternativas para soluciones de aguas lluvias en sectores urbanos. Guía de diseño. Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas*. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Molina Durango, G. A. (13 de marzo de 2023). *Inundaciones en Ecuador: A Milagro solo se entra en canoa*. Obtenido de expreso: <https://www.expreso.ec/actualidad/inundaciones-ecuador-milagro-entra-canoa-153672.html>

Pesantes, E. (18 de marzo de 2023). *Habitantes de Milagro piden ayuda por inundaciones*. Obtenido de El Comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/habitantes-milagro-guayas-ayuda-inundaciones.html>

PLB Distribucions. (5 de julio de 2022). *Construcción sostenible: elección de materiales y prácticas ambientales*. Obtenido de PLB Distribucions: <https://www.plb.cat/plb-noticias/construccion-sostenible/>

Rodríguez Rodríguez, J., & Reguant Álvarez, M. (2020). Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante el SPSS: el coeficiente alfa de Cronbach. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 13(2), 1-13. doi:10.1344/reire2020.13.230048

Vera Rivera, A. G., & Vinuesa Peralta, A. L. (2017). Análisis de las Soluciones Técnicas para el Control de Inundaciones en el Sector IESS de Milagro - Provincia del Guayas. (tesis de grado, ESPOL. FICT). Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/40072>

Villacis Navarrete, G. B., & Olaya Moran, J. F. (2024). Estudio y diseño de un sistema de drenaje pluvial sostenible para la ciudadela Brisas de Belin situado en el cantón Milagro de la provincia del Guayas. (tesis de grado, Universidad de Guayaquil).

Villavicencio López, J. (2018). *Estudios de ingenierías complementarias para el proyecto de regeneración del mirador de Turi y zonas aledañas*. Cuenca: Memoria Técnica Hidrosanitaria y Contraincendios.

Weather Spark. (31 de diciembre de 2016). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Milagro*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/19344/Clima-promedio-en-Milagro-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=En%20Milagro%2C%20la%20temporada%20de,m%C3%A1s%20de%2033%20%C2%B0C.>

ANEXOS

Anexo 1

Calle Baños



Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

Anexo 2

Calle de la Avenida García Moreno



Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

Anexo 3

Calle Patate



Elaborado por: Falcones y Mendoza (2024)

Anexo 4

Calle La Unidad



Fuente: Pesantes (2023)

Anexo 5

Calle Ambato



Fuente: Molina Durango (2023)