



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA

**REDISEÑO INTEGRAL DEL COLECTOR DE AGUAS LLUVIAS DEL
INSPI CON CONEXIÓN A LA CALLE ALBERTO BORGES**

TUTOR

Mgtr. KEVIN ANGEL MENDOZA VILLACIS

AUTORES

CONFORME GUILCAPI ROBERTO XAVIER

MORA ALVARADO MARIA JOSE

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Rediseño integral del colector de Aguas Lluvias del INSPI con conexión a la calle Alberto Borges	
AUTOR/ES: Conforme Guilcapi Roberto Xavier Mora Alvarado María José	TUTOR: Mgrt. Kevin Ángel Mendoza Villacis
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniería Civil
FACULTAD: Ingeniería Industria y Construcción	CARRERA: Ingeniería Civil
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2025	N. DE PÁGS: 113
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Alcantarillado, Drenaje, Lluvia, Inundación.	
RESUMEN: El estudio desarrollado tuvo como punto de partida la evaluación del estado actual del sistema de drenaje pluvial del complejo INSPI. Para ello, se realizó una inspección visual y técnica de los colectores principales, complementada con la revisión de planos y registros históricos. Este proceso permitió identificar deficiencias estructurales y operativas, como obstrucciones por sedimentos y desechos, deterioro de tapas de registro y zonas con acumulación de agua, las cuales afectan la eficiencia y seguridad del sistema. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis hidráulico e hidrológico que incluyó el estudio de datos históricos de precipitación, la estimación de caudales de diseño y la comparación de estos con la capacidad actual de los conductos. Los resultados evidenciaron que, en varios tramos, el colector opera cercano o por encima de su límite de conducción durante eventos de lluvia intensa, lo que incrementa el riesgo de desbordamientos y acumulaciones en superficie. Estas alternativas fueron acompañadas por un análisis de costos, lo que permitió establecer un plan de intervención viable desde el punto de vista técnico y económico. Finalmente, se elaboró un modelo computacional del rediseño propuesto, que permitió simular el comportamiento del sistema bajo diferentes escenarios de lluvia.	
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (Web):			
ADJUNTO PDF:	SI	☒	NO ☐
CONTACTO CON AUTOR/ES: Conforme Guilcapi Roberto Xavier Mora Alvarado María José	Teléfono: 0981281734 0981778868	E-mail: rconformeg@ulvr.edu.ec mmoraa@ulvr.edu.ec	
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Dr. Marcial Sebastián Amores Calero Teléfono: (04) 2596500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec Torres Rodríguez Jorge Enrique Teléfono: (04) 2596500 Ext. 242 E-mail: jtorresr@ulvr.edu.ec		

CERTIFICADO DE SIMILITUD

[illegible]

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El (Los) estudiante(s) egresado(s) Conforme Guilcapi Roberto Xavier y Mora Alvarado María José (mos) bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **REDISEÑO INTEGRAL DEL COLECTOR DE AGUAS LLUVIAS DEL INSPI CON CONEXIÓN A LA CALLE ALBERTO BORGES** totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autor



Firma:

Conforme Guilcapi Roberto Xavier

C.I. 0932146780

Autor



Firma:

Mora Alvarado María José

C.I. 0943488197

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **REDISEÑO INTEGRAL DEL COLECTOR DE AGUAS LLUVIAS DEL INSPI CON CONEXIÓN A LA CALLE ALBERTO BORGES** 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: **REDISEÑO INTEGRAL DEL COLECTOR DE AGUAS LLUVIAS DEL INSPI CON CONEXIÓN A LA CALLE ALBERTO BORGES** presentado por el (los) estudiante (s) Conforme Guilcapi Roberto Xavier y Mora Alvarado María José como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO**, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

A digital signature block for Kevin Angel Mendoza Villacis. It features a red ink-like signature over a light blue background. To the right of the signature, the text reads: "Firmado digitalmente por KEVIN ANGEL MENDOZA VILLACIS Fecha: 2025.08.22 15:40:05 -05'00'".

KEVIN ANGEL
MENDOZA
VILLACIS

Firmado digitalmente
por KEVIN ANGEL
MENDOZA VILLACIS
Fecha: 2025.08.22
15:40:05 -05'00'

C.C. 0922290010

AGRADECIMIENTO

A mis padres, Roberto Xavier Conforme Álava y María Auxiliadora Guilcapi Camacho, pilares fundamentales en mi vida, quienes con su amor, esfuerzo y sacrificio me han guiado en cada paso de este camino académico, a mi hermana, Doménica Lilia Conforme Guilcapi, por su cariño y apoyo incondicional que siempre me motivaron a continuar, a mi tía, Jacqueline Rafaela Conforme Álava, por su constante aliento y confianza en mis capacidades. A cada uno de ustedes les dedico este logro, que no solo es mío, sino también de ustedes, que me han apoyado mucho en todo el transcurso de esta carrera, para que pudiera salir adelante en la vida.

Para nuestro profesor Kevin Mendoza, tendríamos una sincera gratitud por su paciencia y apoyo constante durante el desarrollo de esta disertación, ya que su guía era esencial para completar con éxito este trabajo académico. Apreciamos mucho su compromiso y dedicación, más que un profesor fue un mentor que nos motivó a intentar probar todos los días. Este espectáculo también refleja su valiosa enseñanza y se une a nuestra ruta universitaria.

DEDICATORIA

Quiero expresar mi más sincera gratitud a Dios, por darme la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante en mi vida.

A mis padres, Roberto Xavier Conforme Álava y María Auxiliadora Guilcapi Camacho, por su ejemplo de responsabilidad, perseverancia y amor, que me inspiran a ser mejor cada día. Gracias por enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo es posible.

A mi hermana, Doménica Lilia Conforme Guilcapi, por ser una motivación constante y un apoyo invaluable en los momentos más difíciles.

A mi tía, Jacqueline Rafaela Conforme Álava, por sus consejos, respaldo y confianza en mis sueños.

Finalmente, a cada uno de mis seres queridos, quienes de una u otra forma han contribuido en mi formación académica y personal, mi eterno agradecimiento.

Expreso mi sincero agradecimiento al Mgtr. Kevin Mendoza, tutor de tesis, por su orientación, paciencia y valiosos aportes durante el desarrollo de este trabajo investigativo.

De igual manera, extendiendo mi gratitud al Mgtr. Cristian Sanga, por sus enseñanzas y apoyo académico, que han sido fundamentales en mi proceso de formación.

Dedico este trabajo primeramente a Dios, quien ha sido mi guía constante en cada paso de este camino académico.

Para mis padres, José Mora y Katiusca Alvarado, gracias por su apoyo en cada paso que he dado, por inculcarme grandes valores que me han acompañado en todos los aspectos de la vida y el sacrificio que hicieron para que todo esto sea posible.

Para ti, Steven, mi compañero de vida, tus consejos en mis momentos de agotamiento y tu apoyo permanente que me dio fuerza para no rendirme. Tu amor hizo de este camino una experiencia, porque en cada paso sentí tu apoyo incondicional.

RESUMEN

El estudio desarrollado tuvo como punto de partida la evaluación del estado actual del sistema de drenaje pluvial del complejo INSPI. Para ello, se realizó una inspección visual y técnica de los colectores principales, complementada con la revisión de planos y registros históricos. Este proceso permitió identificar deficiencias estructurales y operativas, como obstrucciones por sedimentos y desechos, deterioro de tapas de registro y zonas con acumulación de agua, las cuales afectan la eficiencia y seguridad del sistema.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis hidráulico e hidrológico que incluyó el estudio de datos históricos de precipitación, la estimación de caudales de diseño y la comparación de estos con la capacidad actual de los conductos. Los resultados evidenciaron que, en varios tramos, el colector opera cercano o por encima de su límite de conducción durante eventos de lluvia intensa, lo que incrementa el riesgo de desbordamientos y acumulaciones en superficie.

Estas alternativas fueron acompañadas por un análisis de costos, lo que permitió establecer un plan de intervención viable desde el punto de vista técnico y económico. Finalmente, se elaboró un modelo computacional del rediseño propuesto, que permitió simular el comportamiento del sistema bajo diferentes escenarios de lluvia.

Palabras claves: Alcantarillado, Drenaje, Lluvia, Inundación.

ABSTRACT

The study began with an assessment of the current condition of the storm drainage system at the INSPI complex. A visual and technical inspection of the main collectors was conducted, complemented by the review of existing plans and historical records. This process identified both structural and operational deficiencies, such as blockages caused by sediment and solid waste, deterioration of manhole covers, and areas of water accumulation, all of which compromise the efficiency and safety of the system.

The results revealed that, in several sections, the collector operates near or above its conveyance limit during heavy rainfall events, increasing the risk of overflows and surface ponding. Based on these findings, improvement proposals were developed to optimize the network's performance. These include enlarging pipe diameters in critical sections, rehabilitating inlets and manholes, incorporating additional surface water capture structures, and using materials with greater resistance and durability. A cost analysis accompanied these alternatives, enabling the definition of a technically sound and economically feasible intervention plan.

Finally, a computational model of the proposed redesign was developed to simulate the system's performance under various rainfall scenarios. This tool allowed for verification of the projected hydraulic capacity and validation of the proposed upgrades, ensuring that the system can effectively respond to future demands while reducing the likelihood of failures during extreme weather events.

Keywords: Sewerage, Drainage, Rain, Flooding.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1.1 Tema:	2
1.2 Planteamiento del Problema:	2
1.3 Formulación del Problema:	3
1.4 Objetivo General	3
1.5 Objetivos Específicos	3
1.6 Idea a Defender (Hipótesis)	3
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad	4
CAPÍTULO II	5
2. Marco Teórico	5
2.1 Antecedentes:	5
2.2 Fundamentación teórica	7
2.2.1 Aguas Lluvias	7
2.2.2 Drenaje Pluvial	7
2.2.3 Precipitación y Escurrimiento	8
2.2.4 Alcantarillado pluvial	9
2.2.5 Tipos y características de sistemas de Alcantarillado Pluvial	10
2.2.6 Parámetros del sistema de alcantarillado pluvial	11
2.2.7 Intensidad de Lluvias en Guayaquil	12
2.2.8 Tiempo de concentración	13
2.2.9 Dimensiones de tirantes y colectores	14
2.2.10 Componentes en la estructura de alcantarillado de aguas lluvias 15	
2.2.11 Descripción de cauce	17
2.2.12 Diseño de un sistema de desagüe pluvial	17

2.2.13	Estructuración del sistema	19
2.2.14	Recopilación de datos esenciales.....	20
2.2.15	Ubicación de estructuras de desagüe	21
2.2.16	Probabilidad de reutilización	21
2.2.17	Dibujo del sistema de drenaje pluvial	22
2.2.18	Disposición de un sistema de drenaje sanitario	23
2.2.19	Receptores y conductos emisores	25
2.2.20	Pozos de revisión y salto	26
2.2.21	Condiciones ideales en diseño y funcionalidad hidráulica	27
2.2.22	Áreas de desagüe.....	28
2.2.23	Periodo de Retorno.....	29
2.2.24	Coeficiente de escurrimiento o escorrentía.....	29
2.2.25	Periodo de condensación T_c	31
2.2.26	Precipitaciones de lluvias I	31
2.2.27	Curvas de intensidad, duración y frecuencia	32
2.2.28	Caudal del diseño Q	33
2.2.29	El grosor Mínimo D	33
2.2.30	Inclinación de diseño	34
2.2.31	Diseño de red hidráulica de alcantarilla de aguas lluvias.....	34
2.2.32	Aceleraciones de flujo permitidas	35
2.3	Marco Legal	36
2.3.1	Constitución de la Republica del Ecuador 2008	36
2.3.2	Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento	37
2.3.3	Norma INEN 005-9: Diseño de sistemas de alcantarillado pluvial	37
2.3.4	Ordenanzas Municipales de Guayaquil	37
2.3.5	Ordenanza Municipales de Guayaquil	37
2.3.6	Normativa Internacional: Manual de Drenaje Urbano.....	37

2.3.7	Normas ISO 24512: Gestión del agua en servicios urbanos.....	37
2.3.8	Normas para estudio y diseño de sistemas – senagua.....	38
2.3.9	MA-OED-003: Manual de Diseño de Redes de Alcantarillado.....	38
CAPITULO III		39
MARCO METODOLOGICO		39
3.1	Enfoque de la investigación:	39
3.2	Alcance de la investigación.....	39
3.3	Técnicas e instrumentos	40
3.3.1	Técnicas para la investigación	40
3.3.2	Instrumentos:.....	40
3.4	Población y muestra	42
3.4.1	Población.....	42
3.4.2	Muestra	43
3.5	Diagrama de procesos.....	43
3.5.1	Cálculos para el hidrograma.....	45
3.5.2	Selección de la propuesta.....	47
3.5.3	Propuesta de mejoramiento.....	47
CAPITULO IV		49
4.1	Resultados y Análisis de los resultados.....	49
4.1.1	Resultados de las encuestas.....	49
4.1.2	Resultados de los análisis previos del estado actual del sistema de drenaje 59	
4.1.3	Resultados de cálculos del diseño existente.....	65
4.1.4	Resultados del Diseño hidráulico existente.....	69
4.1.5	Resultados de cálculos para el rediseño del sistema hidráulico . 72	
4.1.6	Resultados del rediseño del sistema hidráulico	74
4.1.7	Resultados del hidrograma unitario: Con los valores de Q_p y T_p, se utiliza el hidrograma adimensional del SCS.....	78

4.1.8	<i>Resultados del análisis para la instalación Tanque de almacenamiento AA. LL AquaCell.....</i>	79
4.1.9	<i>Resultados del presupuesto referencial para sistema de drenaje</i>	79
4.2	Análisis de los resultados	82
	CONCLUSIONES.....	85
	RECOMENDACIONES	86
	BIBLIOGRAFÍA	87
	ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.Línea de investigación.....	4
Tabla 2. Parámetros para a sistema de alcantarillado pluvial	11
Tabla 3.Parámetros de dimensiones de tirantes y colectores pluviales	15
Tabla 4.Diámetro para pozos de revisión.....	26
Tabla 5.Tipos de superficie	30
Tabla 6.Tipos de zonificación	30
Tabla 7.Tipos de tuberías.....	36
Tabla 8.Pregunta 1	50
Tabla 9.Pregunta 2	51
Tabla 10.Pregunta 3.....	52
Tabla 11.Pregunta 4.....	53
Tabla 12.Pregunta 5.....	54
Tabla 13.Pregunta 3.....	55
Tabla 14.Pregunta 7	56
Tabla 15.Pregunta 8.....	57
Tabla 16.Pregunta 9.....	58
Tabla 17.Resultados de los cálculos del diseño existente del sistema hidráulico	66
Tabla 18.Resultados de los cálculos del diseño existente del sistema hidráulico	67
Tabla 19.Cálculos del sistema hidráulico para el rediseño.....	73
Tabla 20.Cálculos del sistema de drenaje para rediseño.....	74
Tabla 21.Cálculos del hidrograma.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.Esquema de Drenaje pluvial	7
Figura 2.Precipitación y escorrentía	8
Figura 3.Distribución de Precipitación	9
Figura 4.Sistema de alcantarillado pluvial	10
Figura 5.Sistema de recolección de agua lluvia	16
Figura 6.Cause	17
Figura 7.Diseño de sistema de desagüe pluvial	18
Figura 8.Estructuras de desagüe	21
Figura 9.Sistemas de drenajes	22
Figura 10.Modelo perpendicular de trazo	23
Figura 11.Modelo Radial	24
Figura 12.Modelo de interceptores	24
Figura 13.Modelo en abanico	25
Figura 14.Redes de alcantarillado	27
Figura 15.Áreas de Desagüe	29
Figura 16.Precipitaciones de Lluvias	31
Figura 17.Curva de intensidad, duración y frecuencia	32
Figura 18.Sistema de agua pluviales en viviendas con sus mecanismos	35
Figura 19 Diagrama de procesos	45
Figura 20.Resultados de la pregunta 1	50
Figura 21.Resultados de la pregunta 2	51
Figura 22.Resultados de la pregunta 3	52
Figura 23.Resultados de la pregunta 4	53
Figura 24.Resultados de la pregunta 5	54
Figura 25.Resultados de la pregunta 6	55
Figura 26.Resultados de la pregunta 7	56
Figura 27.Resultados de la pregunta 8	57
Figura 28.Resultados de la pregunta 9	58
Figura 29.Sistema de drenaje con estancamientos de aguas	60
Figura 30.Tapas de registro en mal estado y con escombros	61
Figura 31.Tuberías casi completas de residuos y desechos	62
Figura 32.Cajas de registro con plásticos	63

Figura 33.Acumulación de agua y malos olores.....	64
Figura 34.Diseño para de sistema existente perfiles.....	70
Figura 35.Diseño para de sistema de hidráulico existente de AA. LL	71
Figura 36.Rediseño de sistema hidráulico perfiles	76
Figura 37.Resultados del rediseño del sistema de drenaje tuberías de AA. LL	77
Figura 38.Diseños de tuberías	79
Figura 39.Presupuesto referencial para el sistema de drenaje	81

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Tapas de registro tapadas por desechos	91
Anexo 2 Sistemas de tuberías con fallas técnicas	91
Anexo 3 Aguas empozadas por tuberías tapadas.....	92
Anexo 4 Falta de limpieza dentro de las áreas	92
Anexo 5 Contaminación ambiental malos olores	93
Anexo 6 Presentación de aguas estancadas	93
Anexo 7 Dimensionamiento en tuberías.....	94
Anexo 8 Implantación.....	94
Anexo 9 Implantación 2.....	95
Anexo 10 Implantación 3.....	96

INTRODUCCIÓN

El alcantarillado pluvial constituye un elemento esencial en la planificación y funcionamiento de las ciudades, ya que permite canalizar de forma adecuada las aguas lluvias, minimizando el riesgo de inundaciones y daños estructurales. No obstante, el desarrollo acelerado de las zonas urbanas, sumado a la frecuencia creciente de eventos climáticos extremos, ha generado una sobrecarga en estos sistemas, evidenciando limitaciones tanto en su capacidad como en su mantenimiento.

Ante este escenario, resulta fundamental realizar una evaluación técnica del estado actual de las redes pluviales para identificar posibles fallas como obstrucciones, desgaste estructural o un diseño inadecuado. En este contexto, se ha identificado la necesidad de intervenir el colector principal de aguas lluvias de Ø600 mm de diámetro interior, ubicado en lo que fue el Primer Callejón 13 NO, dentro del predio del Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSPI), sede Dr. Leopoldo Izquieta Pérez, en la Av. Juan Tanca Marengo, Ciudadela ADACE.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal analizar las condiciones actuales de este sistema pluvial, considerando aspectos hidrológicos, topográficos y geológicos del área de estudio. Para el desarrollo del diseño hidráulico se tomará como referencia el Código Ecuatoriano para el Diseño de Obras Sanitarias (EXIEOS), junto con estudios oficiales proporcionados por entidades como la Empresa Pública del Agua (EPA-EP) y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). De esta manera, se busca proponer soluciones técnicas que garanticen una adecuada evacuación de las aguas lluvias, mejorando el desempeño del sistema y reduciendo el riesgo de colapsos o inundaciones futuras.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Rediseño integral del colector de Aguas lluvias del INSPI con conexión a la calle Alberto Borges

1.2 Planteamiento del Problema:

La institución nacional de salud pública conocido también como (INSPI), ubicado en una zona urbana densa, enfrenta desafíos significativos relacionados con el manejo de aguas lluvias. El colector actual, que conecta con la calle Alberto Borges, presenta múltiples deficiencias que comprometen su funcionalidad, eficiencia, sostenibilidad. Estas deficiencias incluyen obstrucciones frecuentes, además de una capacidad insuficiente para manejar caudales en épocas de lluvias intensas, sumado a la falta de un diseño adecuado para minimizar el impacto ambiental y urbano.

Por consiguiente, las inundaciones recurrentes durante eventos de lluvias intensas no solo afectan las instalaciones del INSPI, sino que también generan problemas en la vialidad adyacente, lo que impacta negativamente la calidad de vida de los habitantes, además de perjudicar la operación de negocios en la zona. A esto se suma la falta de mantenimiento adecuado, junto con la antigüedad de la infraestructura, factores que han agravado las condiciones del colector, incrementando el riesgo de inundaciones y daños materiales.

Por otra parte, el sistema integral presenta deficiencias que impiden la evacuación eficiente de los caudales generados por las precipitaciones, considerando el crecimiento urbanístico de la zona, además de los requerimientos actuales en términos de sostenibilidad. En consecuencia, se vuelve urgente la realización de un diagnóstico técnico detallado que evalúe el estado actual del colector de aguas lluvias, identifique los problemas técnicos, operativos y ambientales, además de proponer un rediseño integral. (Hidalgo, 2023)

En este sentido, un rediseño del sistema de drenaje que contemple soluciones innovadoras y sostenibles permitirá mejorar la capacidad hidráulica del colector,

garantizar un manejo más eficiente del agua pluvial, además de reducir significativamente el riesgo de inundaciones.

1.3 Formulación del Problema:

¿De qué manera el rediseño integral del colector de aguas lluvias del INSPI, puede mejorar la capacidad hidráulica y la eficiencia del sistema pluvial al conectarse con el colector de menor diámetro en la calle Alberto Borges, considerando las condiciones hidrológicas y estructurales actuales de la zona?

1.4 Objetivo General

Rediseñar el sistema de alcantarillado pluvial del complejo INSPI, mediante la utilización de herramientas de simulación y modelo hidráulico computacional, para reducción de riesgo de inundaciones y garantía de la sostenibilidad ambiental-social.

1.5 Objetivos Específicos

- Evaluar el estado actual del sistema de drenaje mediante la inspección detallada del colector, el análisis de planos y registros disponibles, y la identificación de problemas existentes que afecten su funcionamiento.
- Analizar el desempeño hidráulico e hidrológico del sistema mediante el estudio de datos históricos, el cálculo de los caudales de diseño y la evaluación de la capacidad del colector existente para identificación de las condiciones de capacidad de conducción.
- Proponer mejoras técnicas mediante el rediseño y análisis de costos del sistema de drenaje
- Modelar la propuesta de rediseño del sistema de alcantarillado pluvial del complejo INSPI mediante sistema computacional.

1.6 Idea a Defender (Hipótesis)

La identificación precisa de las condiciones actuales de una infraestructura y la implementación de estrategias de mantenimiento integral son fundamentales para garantizar su funcionalidad y prolongar su vida útil. Estas acciones no solo permiten prevenir fallas críticas que podrían comprometer su desempeño, sino que también optimizan su operación y contribuyen al manejo eficiente de los recursos disponibles.

Un enfoque integral asegura que las intervenciones sean sostenibles y efectivas, minimizando riesgos y asegurando un impacto positivo a largo plazo.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Las líneas de investigación de la Facultad de ingeniería, industria y construcción se basan en Territorio, Habitat, diseño y construcción (Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 2025)

Tabla 1.Línea de investigación

Dominios ULVR	Línea de Investigación Institucional	Línea de Investigación Facultad	Sub-línea de Investigación Facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Técnica, Tecnología e Innovación	Modelaciones

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (2025)

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2. Marco Teórico

2.1 Antecedentes:

Este capítulo se enfoca en los antecedentes relacionados con el rediseño integral del colector de aguas pluviales del Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSPI) en la ciudad de Guayaquil. Se analizan estudios previos vinculados con el drenaje pluvial urbano, así como proyectos de modernización y optimización de colectores existentes, lo cual permite contextualizar la problemática y justificar la necesidad de intervenir la infraestructura del INSPI. En esta etapa se llevarán a cabo diversos análisis técnicos y estudios de campo que permitirán establecer un diagnóstico preciso del sistema actual.

Estudios técnicos realizados en otros sectores urbanos con condiciones similares han demostrado que el rediseño de colectores pluviales no solo mejora el drenaje, sino que también optimiza la captación, conducción y descarga del agua, reduciendo riesgos de inundación y afectaciones estructurales. La conexión efectiva de un sistema interno, como el del INSPI, con una red vial externa requiere una planificación hidráulica y topográfica adecuada, considerando el comportamiento del caudal, las pendientes naturales y la capacidad del colector receptor.

En este contexto, el rediseño integral del colector de aguas lluvias del INSPI busca responder a la necesidad de una solución técnica sostenible que integre elementos de eficiencia hidráulica, normativas locales y resiliencia ante eventos climáticos extremos. Este proyecto no solo resolverá un problema funcional del edificio institucional, sino que aportará beneficios al entorno urbano inmediato, aliviando la presión sobre la red pluvial existente en la calle Alberto Borges y contribuyendo a la gestión adecuada del recurso hídrico.

Asimismo, la planificación urbana contemporánea promueve la integración de sistemas de drenaje pluvial con soluciones basadas en la naturaleza, como sumideros vegetales o pozos de infiltración, para reducir la carga sobre los colectores convencionales. Aunque en el caso del INSPI se requiere una intervención

principalmente estructural, estos enfoques refuerzan la importancia de considerar el impacto ambiental y la eficiencia del sistema a largo plazo. La conexión con la calle Alberto Borges representa un punto estratégico para mejorar la descarga del agua, pero también implica coordinación con la red vial existente y las normativas municipales vigentes.

El análisis de infiltración y permeabilidad del suelo resulta fundamental para comprender la capacidad del terreno de absorber el agua de lluvia. Se aplican pruebas in situ, como el método de anillo doble, para medir las tasas de infiltración a distintas profundidades. Además, se utilizan permeámetros de cabeza constante o variable según el tipo de suelo.

El estudio de calidad del agua es otra etapa relevante del rediseño, ya que permite conocer el grado de contaminación de las escorrentías y sus posibles impactos ambientales. Se recolectan muestras en puntos estratégicos para evaluar parámetros como pH, turbidez, sólidos suspendidos, demanda biológica de oxígeno (DBO), metales pesados y presencia de bacterias como coliformes fecales

Por último, la prueba de carga hidráulica de las tuberías es esencial para validar la capacidad del sistema bajo condiciones reales de funcionamiento. Esta evaluación consiste en introducir agua de forma controlada para simular lluvias intensas y observar el comportamiento del flujo. Se utilizan sensores de nivel, medidores ultrasónicos y cámaras de inspección para monitorear presiones, velocidades y posibles puntos de sobrecarga. En base a los resultados, se determinan ajustes necesarios en el diseño, como modificaciones en el diámetro de las tuberías, pendientes o incorporación de estructuras disipadoras de energía. Esto garantiza que el nuevo sistema sea eficiente, seguro y capaz de enfrentar eventos climáticos extremos sin generar inundaciones en el sector del INSPI.

En conclusión, el rediseño integral del colector de aguas lluvias del INSPI con conexión a la calle Alberto Borges se plantea como una intervención prioritaria que responde a una necesidad técnica y funcional dentro de un entorno urbano consolidado. Esta propuesta no solo busca resolver problemas recurrentes de acumulación de agua, sino también garantizar la operatividad del instituto, la seguridad vial y la protección de la infraestructura pública. Implementar un sistema

eficiente y adaptado a las condiciones actuales permitirá fortalecer la gestión pluvial en la zona y sentar un precedente para futuras intervenciones similares en espacios institucionales.

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Aguas lluvias

En el ámbito de la ingeniería civil los métodos o sistemas de drenaje pluvial comprenden ciertos porcentajes de mecanismos y métodos para la recolección, conducción y una buena evaluación eficiente. La función principal está basada en evitar la acumulación de agua dentro de la superficie lo que minimiza así el riesgo de inundaciones y la erosión de suelos y daño en las infraestructuras. Estos sistemas integran componentes como canales, cunetas, sumideros, alcantarillas, colectores principales y dispositivos para disipar la energía del flujo, permitiendo un control efectivo del escurrimiento y su correcta interacción con el entorno urbano o natural.

2.2.2 Drenaje Pluvial

Se entiende como un sistema conformado por obras y métodos diseñados para captar, conducir y evacuar el agua de lluvia, con el objetivo de evitar inundaciones, la degradación del suelo y posibles afectaciones a edificaciones o vías públicas. Este conjunto incluye componentes como alcantarillas, sumideros, canales, cunetas, colectores principales y estructuras de descarga, los cuales permiten un manejo adecuado del caudal pluvial.

Figura 1. Esquema de Drenaje pluvial



Fuente: Cedeño (2020)

2.2.3 Precipitación y Escurrimiento

La precipitación se refiere al proceso mediante el cual el agua, en estado líquido o sólido, desciende desde la atmósfera hasta el suelo, manifestándose en formas como lluvia, llovizna, nieve o granizo. Este fenómeno representa una variable clave en el diseño de infraestructuras de drenaje, ya que determina tanto la cantidad como la intensidad del agua que dichos sistemas deben captar y conducir adecuadamente.

El escurrimiento hace referencia al desplazamiento del agua resultante de la precipitación, ya sea sobre la superficie del terreno o a través del subsuelo, hasta llegar a cuerpos de agua naturales o redes de drenaje. Este fenómeno se divide en escurrimiento superficial, cuando el agua circula por la superficie sin filtrarse, y escurrimiento subterráneo, cuando se infiltra y se mueve entre las capas del suelo.

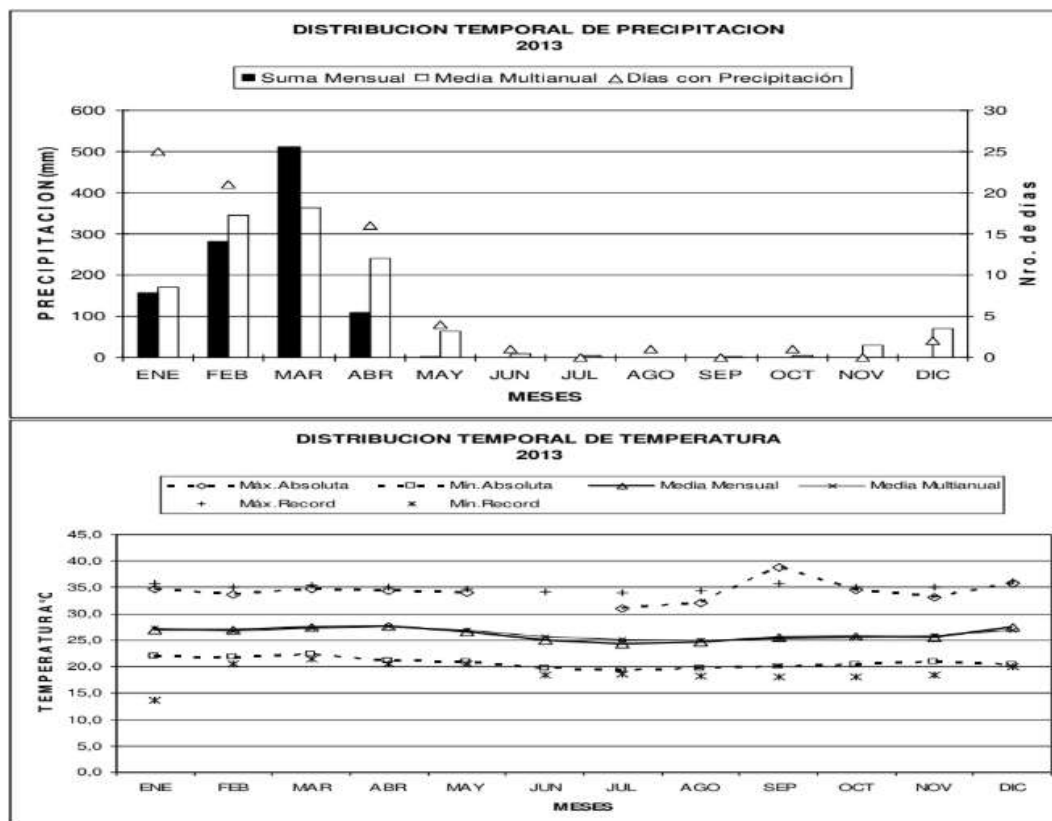
Figura 2. Precipitación y escurrimiento

M1096		GUAYAQUIL U. ESTATAL (RADIO SONDA)														INAMHI				
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)						PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION (mm)			Número de días con precipitación	
		ABSOLUTAS		M E D I A S				Máxima día			Mínima día					Medio	Suma	Máxima en 24hrs		Mínima día
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Mensual														
ENERO	33.7	34.8	4	21.9	15	30.8	23.7	26.9					81	23.2	28.4	157.4	22.3	23	25	
FEBRERO	61.7	33.6	23	21.8	17	31.0	23.8	27.0					79	23.0	28.0	282.3	55.8	21	21	
MARZO	73.9	34.8	20	22.3	28	31.8	24.3	27.4					81	23.6	29.1	511.9				
ABRIL	131.2	34.3	2	21.0	27	32.0	23.7	27.6	96	18	54	6	76	22.7	27.7	109.8	23.2	18	16	
MAYO	83.9	34.0	3	20.9	4	31.0	22.4	26.6	97	4	56	17	76	21.8	26.1	1.4	0.7	26	4	
JUNIO	56.9			19.6	26	28.9	21.6	25.0	93	3	57	23	79	21.1	25.0	0.4	0.4	1	1	
JULIO	83.7	31.0	20	19.3	16	28.6	20.6	24.3					78	20.2	23.7	0.0	0.0	1	0	
AGOSTO	169.0	32.1	24	19.7	30	29.7	20.6	24.7	98	8	54	24	76	20.0	23.3	0.6	0.6	25	1	
SEPTIEMBRE	179.5	38.8	29	20.0	1	31.4	21.2	25.5	91	25	54	15	74	20.4	24.0	0.0	0.0	1	0	
OCTUBRE	137.5	34.5	6	20.4	4	31.0	21.7	25.7	92	20	47	6	76	20.9	24.7	0.2	0.2	16	1	
NOVIEMBRE	138.9	33.1	21	20.9	26	30.6	21.9	25.6					75	20.7	24.5	0.0	0.0	1	0	
DICIEMBRE	161.9	35.8	22	20.3	30	32.7	22.4	27.5					67	20.6	24.3	0.5	0.4	17	2	
VALOR ANUAL	1311.8		19.3	30.8	22.3	26.2			76	21.5	25.7			1064.5						

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO														Vel. Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (km/h)					
	Suma	Máxima en 24hrs		N		NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA		Nro OBS		
	Mensual			(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%			
ENERO	88.4		8																					2.5
FEBRERO	83.5		7																					2.4
MARZO	83.8		7																					2.6
ABRIL	129.4		7	1.0	2	2.5	17	2.3	7	2.0	9	2.8	13	3.6	41	3.0	3	2.2	6	2	90	7.0	SW	3.9
MAYO	130.9	6.8	14	1.0	1	2.3	10	2.2	5	2.4	20	2.6	22	3.4	40	0.0	0	2.5	2	0	93	8.0	SW	4.5
JUNIO	101.8		7	0.0	0	1.0	1	0.0	0	2.3	18	3.0	32	3.8	46	2.0	1	0.0	0	2	90	8.0	S	5.7
JULIO	124.7	7.5	26	0.0	0	0.0	0	2.0	1	2.2	12	2.9	31	4.0	52	4.7	3	2.0	1	0	93	8.0	SW	5.8
AGOSTO	158.2	7.9	11	0.0	0	0.0	0	2.5	2	3.5	14	3.9	37	4.0	45	4.0	2	0.0	0	0	93	7.0	SW	6.0
SEPTIEMBRE	177.3	8.6	22	0.0	0	4.0	2	2.0	1	3.2	20	3.8	26	4.5	48	2.5	2	6.0	1	0	90	10.0	SW	6.2
OCTUBRE	179.6	9.1	30	0.0	0	2.0	1	2.0	1	3.3	19	3.8	27	4.4	48	4.0	2	0.0	0	1	93	8.0	SW	5.8
NOVIEMBRE	158.8	7.9	22	0.0	0	3.0	1	3.0	2	3.1	20	4.0	14	3.9	59	4.3	3	0.0	0	0	90	7.0	SW	5.9
DICIEMBRE	185.1		5																					5.0
VALOR ANUAL	1601.5		6																					5.0

Fuente: Ortiz (2022)

Figura 3. Distribución de Precipitación



Fuente: Ortiz (2022)

2.2.4 Alcantarillado pluvial

Según lo expuesto por Chuico (2020), un sistema de alcantarillado cumple una función esencial al transportar las aguas residuales y servidas, ya sea mediante redes separadas o combinadas, hasta lugares donde no representen un peligro para la salud ni provoquen afectaciones a la población ni a su entorno.

Los componentes en un alcantarillado pluvial están conformados por una red de tuberías e instalaciones que nos van a permitir captar y evacuar el agua lluvia. Cada una de estas estructuras ayudan o facilitan las tareas de operación y de mantenimiento. Su finalidad principal es canalizar el escurrimiento superficial proveniente de las vías, evitando su acumulación excesiva y, con ello, prevenir daños a la infraestructura urbana y la propagación de enfermedades asociadas al contacto con aguas contaminadas. (Valencia, 2024)

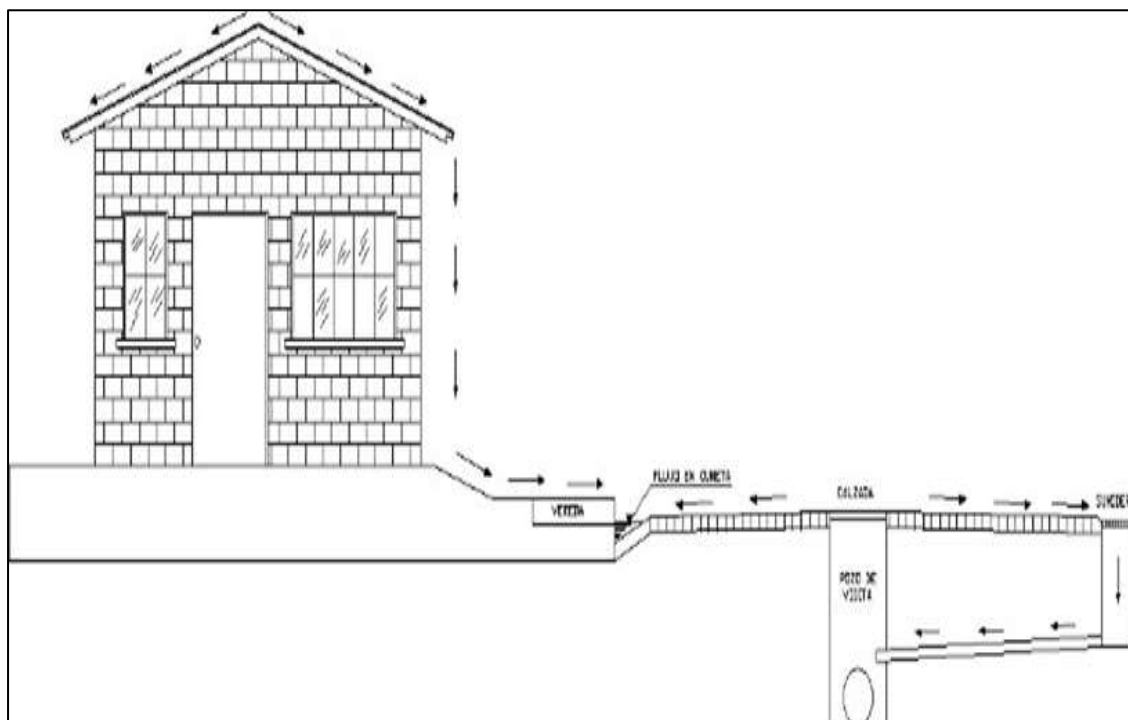
2.2.5 Tipos y características de sistemas de Alcantarillado Pluvial

Alcantarillado pluvial particular: sistema en el cual está comprendido por red sanitaria que esta destinada a la recolección de las aguas lluvias. La principal función se basa en que nos permite realizar una evacuación hacia las redes publicas o sistemas de filtración.

Alcantarillado pluvial particular general: El tipo de red de drenaje que se encarga de conducir y de captar las aguas de las áreas comunes ya sea en conjuntos habitacionales o comerciales. Su infraestructura se encuentra dentro de los límites del predio o propiedad y está conectada a sistemas de conducción o filtración que permiten evacuar el caudal pluvial generado en dichos espacios compartidos.

Alcantarillado pluvial municipal: Se trata de una red pública destinada a recolectar y canalizar el agua de lluvia que cae sobre las vías y espacios públicos de una ciudad. Este sistema transporta el caudal pluvial a través de conductos y lo descarga en cuerpos receptores naturales o sistemas de filtración, especialmente en zonas donde las precipitaciones son intensas o recurrentes por temporada. (GAD Municipal, 2024)

Figura 4. Sistema de alcantarillado pluvial



Fuente: Bucheli (2021)

2.2.6 Parámetros del sistema de alcantarillado pluvial

El diseño adecuado de un sistema de alcantarillado pluvial requiere el análisis detallado de varios parámetros técnicos que permiten garantizar su funcionalidad, eficiencia y durabilidad. Estos parámetros son esenciales para dimensionar correctamente las tuberías, establecer las pendientes adecuadas, seleccionar los materiales más apropiados y prevenir riesgos como inundaciones o colapsos estructurales. Además, deben alinearse con las normativas técnicas vigentes y adaptarse a las condiciones específicas del área de estudio, como la topografía, el tipo de suelo, el régimen de precipitaciones y la densidad urbana. A continuación, se detallan los principales parámetros que se consideran en el diseño y rediseño de un sistema de alcantarillado pluvial.

Tabla 2. Parámetros para a sistema de alcantarillado pluvial

Parámetro	Descripción	Dimensionamiento
Precipitación de diseño	Intensidad de lluvia según el periodo de retorno.	80–120 mm/h (zonas urbanas Ecuador)
Periodo de retorno	Frecuencia de ocurrencia del evento de diseño.	10 – 25 años (zona urbana)
Coeficiente de escorrentía	Proporción de lluvia que genera escorrentía.	0.7 – 0.95 (zonas pavimentadas)
Área de drenaje	Superficie que aporta escorrentía.	2,000 – 10,000 m ² (0.2 – 1 ha)
Pendiente de tuberías	Inclinación mínima para mantener flujo por gravedad.	0.5% – 2%
Diámetro de tuberías	Dimensión interna para conducir el caudal pluvial.	200 mm – 1000 mm
Velocidad del flujo	Velocidad segura para evitar sedimentación o erosión.	0.6 – 3.0 m/s
Caudal de diseño	Volumen de agua estimado en el punto crítico.	20 – 200 l/s (según área de aporte)
Material de tuberías	Selección en función d	

Fuente: Gorotiza (2020)

La longitud mínima y máxima de las tuberías en un sistema de alcantarillado pluvial: depende de factores como la topografía del terreno, el trazado urbano y la ubicación de las estructuras de inspección (pozos o cámaras). Generalmente, la longitud mínima entre pozos de inspección se establece en 20 metros, mientras que

la longitud máxima recomendada no debe superar los 80 a 100 metros, para asegurar un adecuado mantenimiento, ventilación y acceso al sistema. En zonas con alta densidad urbana o condiciones topográficas complejas, estas longitudes pueden ajustarse, siempre y cuando se garantice el funcionamiento hidráulico eficiente del colector y se cumpla con las normativas locales de diseño.

El cálculo del caudal en un sistema de alcantarillado pluvial depende directamente del producto entre el área de aportación y el coeficiente de escurrimiento. El área de aportación corresponde a la superficie desde donde se recoge el agua lluvia, e incluye calles, techos, patios y demás superficies impermeables o semipermeables. Este valor, al multiplicarse por el coeficiente de escurrimiento que representa la proporción de lluvia que se transforma en escorrentía permite estimar el volumen de agua que debe evacuar el sistema. Por ejemplo, una superficie totalmente pavimentada tendrá un coeficiente cercano a 0.9, mientras que áreas con vegetación o suelo permeable tendrán valores entre 0.2 y 0.5. Este análisis es clave para dimensionar correctamente las tuberías y evitar desbordamientos.

Las curvas IDF (Intensidad, Duración, Frecuencia) son elementos clave en la planificación hidráulica de redes de drenaje pluvial, ya que permiten determinar la intensidad de una lluvia según su duración y la frecuencia con la que se espera que ocurra. Estas curvas se elaboran a partir del análisis de registros históricos de precipitación obtenidos en estaciones climatológicas locales, y reflejan el comportamiento esperado de eventos de lluvia con distintos niveles de severidad. Por ejemplo, una lluvia de 15 minutos asociada a un periodo de retorno de 10 años será más intensa que una de igual duración, pero con un retorno de solo 2 años. La correcta aplicación de estas curvas asegura que el sistema pluvial esté diseñado para soportar lluvias intensas sin fallas, minimizando el riesgo de inundaciones y mejorando la eficiencia del drenaje urbano.

2.2.7 Intensidad de lluvias en Guayaquil

La ciudad de Guayaquil, ubicada en la región litoral del Ecuador, presenta un régimen de precipitaciones estacional marcado, con lluvias concentradas principalmente entre los meses de diciembre y mayo. Durante esta época, se pueden

registrar intensidades de lluvia elevadas en cortos periodos de tiempo, lo que incrementa el riesgo de anegamientos urbanos.

Estas condiciones climáticas demandan un diseño hidráulico riguroso para los sistemas de drenaje pluvial, ya que una infraestructura subdimensionada puede colapsar fácilmente ante lluvias intensas. La intensidad de lluvia utilizada en proyectos de ingeniería hidráulica en Guayaquil generalmente se basa en periodos de retorno que varían entre 10 y 25 años, dependiendo de la importancia del área a proteger. Por ello, el uso de curvas IDF específicas para esta ciudad es esencial para garantizar que los sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias respondan adecuadamente ante eventos climatológicos extremos.

2.2.8 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el intervalo que tarda una gota de agua en desplazarse desde el punto más alejado de una cuenca hasta el punto de salida o descarga. Este parámetro es fundamental para el diseño hidráulico, ya que permite determinar la duración de la lluvia que generará el máximo caudal en el sistema de drenaje. Existen varias fórmulas para calcularlo, cada una adaptada a diferentes características de terreno y tamaño de la cuenca, lo que garantiza una estimación precisa y adecuada a las condiciones locales.

$$t_c = 0.0195 \times L^{0.77} \times S^{-0.385}$$

Fórmula de Kirpich: Esta fórmula es utilizada principalmente para pequeñas cuencas con pendientes pronunciadas:

t_c = tiempo de concentración (horas)

L = longitud del cauce principal (metros)

S = pendiente del cauce (m/m)

Fórmula del método racional (NRCS): Este método considera características del terreno y uso del suelo:

$$t_c = \frac{0.8 \times L^{0.5}}{S^{0.33}}$$

t_c = tiempo de concentración (minutos)

L = longitud del flujo superficial (metros)

S = pendiente del terreno (m/m)

Fórmula de Chow: Utilizada para cuencas de tamaño mediano y grandes:

$$t_c = \frac{L}{V}$$

t_c = tiempo de concentración (minutos)

L = longitud del flujo superficial (metros)

S = pendiente del terreno (m/m)

2.2.9 Dimensiones de tirantes y colectores

Las dimensiones de tirantes y colectores en un sistema de alcantarillado pluvial son aspectos cruciales para garantizar un flujo eficiente y seguro de las aguas lluvias. Los tirantes, que funcionan como canales o conductos intermedios, deben dimensionarse considerando el caudal máximo esperado, la pendiente del terreno y el tipo de material. Por otro lado, los colectores principales requieren un diseño más robusto, ya que reciben el flujo acumulado de varios tirantes y deben asegurar la evacuación rápida sin provocar sedimentaciones ni desbordamientos.

Para definir estas dimensiones se toman en cuenta parámetros hidráulicos como el diámetro interno de las tuberías, la capacidad de drenaje de los sumideros y la pendiente longitudinal del sistema. Un balance adecuado entre velocidad del flujo y capacidad del colector evita problemas como erosión o acumulación de sedimentos. Asimismo, las relaciones hidráulicas, basadas en fórmulas como la de Manning, permiten calcular las velocidades y caudales óptimos que deben manejar tanto tirantes como colectores para un funcionamiento eficiente y duradero.

Tabla 3. Parámetros de dimensiones de tirantes y colectores pluviales

Parámetro	Valor Mínimo	Valor Máximo	Unidad	Comentarios
Diámetro de tuberías	150	1200	Mm	Desde tirantes pequeños hasta colectores grandes.
Capacidad de drenaje del sumidero	0.05	0.5	m³/s	Depende del diseño y ubicación.
Pendiente del colector	0.5	3	%	Para mantener flujo por gravedad y evitar sedimentación.
Caudal óptimo	10	200	l/s	Según área de drenaje y lluvia.
Velocidad mínima del flujo	0.6		m/s	Evita sedimentación en tuberías.
Velocidad máxima del flujo		3	m/s	Evita erosión y daños estructurales.
Relación hidráulica (Manning)	0.012 (PVC)	0.025 (Hormigón)	n (coeficiente)	Depende del material usado.

Fuente: Tarira (2019)

2.2.10 Componentes en la estructura de alcantarillado de aguas lluvias

Según Rojas 2022, indican que los componentes para la estructuración principal del sistema de alcantarillas para aguas lluvias son las que se muestra a continuación:

Infraestructura de captación: Este sistema se encarga de recolectar el agua proveniente de las precipitaciones y conducirla a través de la red de alcantarillado hacia sumideros o bocas de tormenta, donde es captada. En las viviendas, también existen dispositivos de descarga ubicados en los techos y otras áreas expuestas, que permiten evacuar el agua de lluvia. Los sumideros, por lo general, están instalados de forma subterránea y distribuidos a diferentes intervalos a lo largo de las calles. Estos elementos suelen contar con rejillas o cubiertas, conocidas como coladores de lluvia, cuyo propósito es evitar que residuos obstruyan las tuberías del sistema.

Infraestructura de Cañería: Este componente se encarga de transportar las aguas recogidas, ya sean pluviales o residuales, hacia los puntos de descarga o

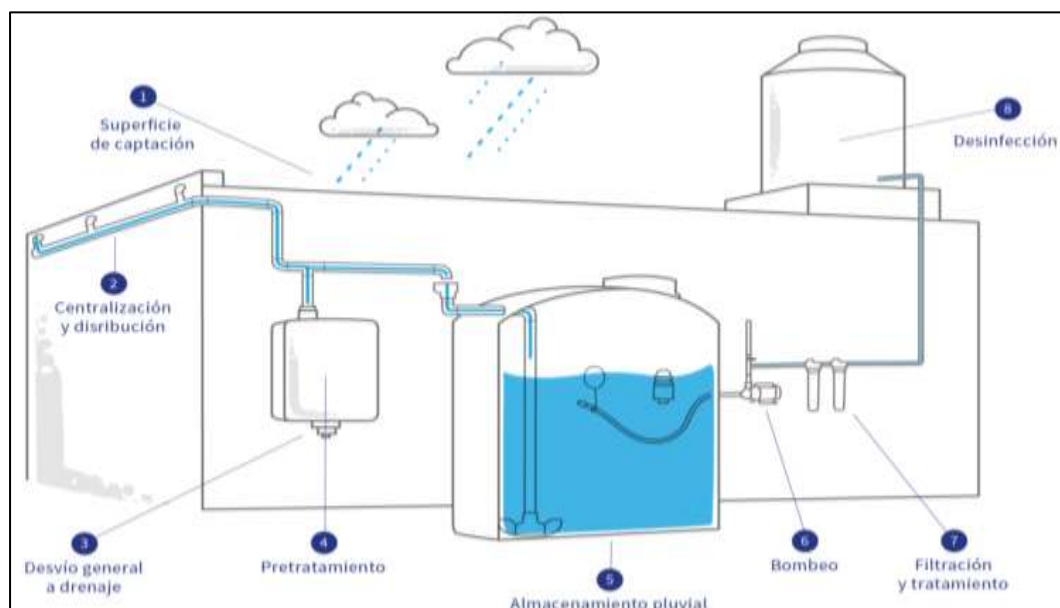
tratamiento correspondientes. La estructura central del sistema de drenaje pluvial está conformada por una red de conductos, tanto cerrados como abiertos, compuesta por tuberías y canales que permiten el adecuado flujo del agua a través del sistema.

Infraestructura de vínculo y manutención: Incluye elementos que permiten enlazar distintos tramos del sistema de alcantarillado, facilitando la unión entre tuberías de diferentes tamaños y materiales. Estas estructuras cuentan con el espacio necesario para permitir el acceso del personal técnico, posibilitando inspecciones, limpiezas y reparaciones dentro de la red de tuberías.

Estructura de Desagüe: Estas son estructuras ubicadas al final del sistema, cuya función es asegurar que el agua evacuada no genere obstrucciones ni daños a la red. Su propósito es mantener el buen funcionamiento del alcantarillado y prevenir posibles deterioros causados por la presión o velocidad del flujo en las tuberías al momento de la descarga final.

Montaje suplementario: Se refiere a una serie de componentes que, si bien no siempre forman parte de la red principal, resultan esenciales para su operatividad en determinadas condiciones. Entre ellas se incluyen las estaciones de bombeo, plantas de tratamiento, sistemas de regulación, dispositivos de monitoreo y mecanismos para disipar la energía del flujo, entre otros.

Figura 5. Sistema de recolección de agua lluvia



Fuente: Bonilla (2022)

2.2.11 Descripción de cauce

A partir de la información disponible, es posible reconocer las secciones de las cuencas que evidencian ciertas zonas de aporte en relación con su ubicación, permitiendo además identificar sus dimensiones y las áreas de escurrimiento que desembocan en la entrada a la localidad. Los planos del sitio permiten definir una red interna de drenaje, cuya función es gestionar el flujo superficial de aguas lluvias sobre la red vial. Esto facilita la identificación de los puntos que requieren soluciones específicas, así como de las calles que contribuyen al aporte de agua. Para ello, es fundamental considerar los elementos propuestos junto con los ajustes complementarios necesarios. (Arellano, 2023)

Figura 6.Cause



Fuente: Barzola (2023)

2.2.12 Diseño de un sistema de desagüe pluvial

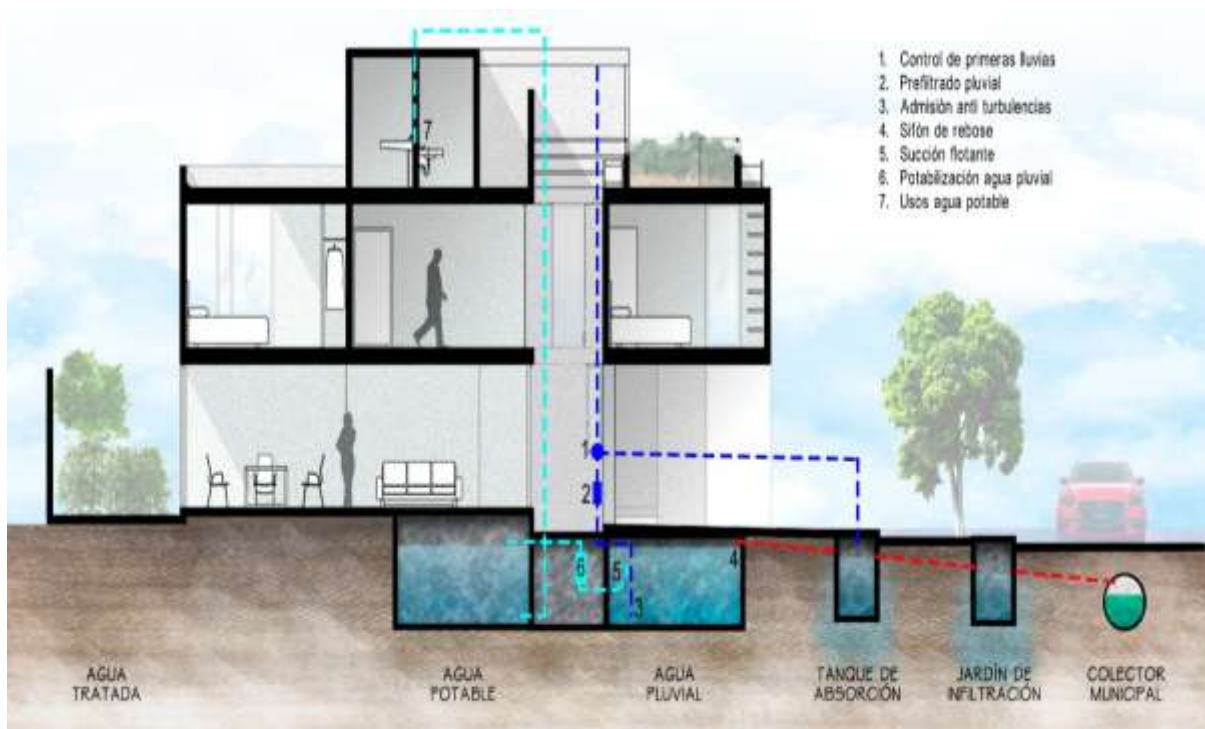
Al haber precipitaciones en zonas o áreas, considerando el agua no filtrada, suele escurrirse por las calles y el territorio hacia las partes bajas, en la cual llega finalmente para su almacenamiento y conducción hacia los ríos y arroyos naturales. Cuya finalidad es evitar que el líquido se acumule o las corrientes de la misma causen algún daño o inconvenientes en la población, construyendo el alcantarillado de aguas

lluvias mediante el cual se conduce los líquidos de lluvia, hacia un sitio más seguro para verterlo. (Macias, 2021)

El diseño y organización de una red de drenaje pluvial es una labor de ingeniería que busca lograr un equilibrio entre eficiencia y economía. Por ello, se aplican métodos específicos durante su planificación, con el propósito de establecer un conjunto de recomendaciones técnicas que garanticen el mantenimiento y la preservación del sistema de tuberías.

Estas metodologías consideran distintas variables según las características del proyecto, adaptándose de manera particular para calcular tanto la precipitación como los caudales involucrados, siempre cumpliendo con la normativa local vigente. La estructura del sistema contempla una configuración geométrica completa, que incluye el trazado, el diseño en planta y el perfil longitudinal, determinando el diámetro de las tuberías, las pendientes requeridas y los niveles de reducción adecuados en los puntos de captación.

Figura 7. Diseño de sistema de desagüe pluvial



Fuente: Coello (2024)

La geometría de una red de drenaje pluvial se establece a partir del punto de inicio de la zona a drenar y de los posibles lugares donde se realizará la descarga

hacia los colectores principales. Para este propósito, se siguen ciertos lineamientos prácticos que consideran la topografía del terreno y las condiciones urbanas del sector. Estas directrices permiten definir la distribución adecuada de los conductos y optimizar el sistema de evacuación de aguas lluvias de acuerdo con las características del entorno.

Entre las normas más comunes se destacan: la instalación de conductos de mayor diámetro en las vías de menor altitud para recoger el flujo desde zonas más altas mediante tubos más pequeños; el trazado de los colectores a lo largo del eje de las calles para evitar interferencias con edificaciones, procurando mantener recorridos rectos sin curvas innecesarias; y la posibilidad de incorporar dos colectores en calles anchas, ubicados a cada lado. Además, el diseño debe priorizar rutas directas hacia el punto de descarga, favoreciendo el flujo por gravedad y minimizando el uso de sistemas mecánicos como bombas.

Durante la etapa de diseño, se realiza un análisis hidráulico del sistema, evaluando los tramos mediante el cálculo de pendientes y diámetros adecuados. El objetivo es asegurar que los tubos propuestos soporten los caudales esperados sin comprometer la funcionalidad del sistema. Este análisis debe considerar también las limitaciones técnicas y económicas del proyecto, buscando reducir los costos de construcción y evitar futuros inconvenientes relacionados con un mantenimiento excesivo o fallas en la infraestructura. (Jiménez, 2023)

Al desarrollar varios diseños, como se explicará más adelante, se observan las dimensiones de los tubos de aguas, principalmente por el tamaño y la zona de drenaje, en el escurrimiento, intensidad de las lluvias y el diseño para los requerimientos del aspecto económico. (Casal, 2020)

2.2.13 Estructuración del sistema

El diseño de la estructura del sistema de alcantarillado requiere de una comprensión técnica amplia en múltiples disciplinas relacionadas con su operación. Por esta razón, es fundamental recopilar una gran cantidad de información sobre la zona de intervención, con el objetivo de identificar con precisión las características del entorno y plantear alternativas viables. Este análisis permite, además, aprovechar

al máximo las condiciones topográficas del lugar, buscando soluciones que sean tanto eficientes como rentables, sin descuidar los niveles de protección necesarios. En resumen, durante la etapa de planificación del sistema de drenaje, resulta más adecuado implementar una serie de acciones estratégicas, como se detallan a continuación:

2.2.14 Recopilación de datos esenciales

Para comprender el alcance y la dimensión de un proyecto de drenaje pluvial en una zona determinada, es esencial contar con una base de datos sólida, compuesta por varios elementos clave. Uno de los aspectos principales es la información general del sitio, que incluye la ubicación geográfica, las características políticas y económicas del área, así como la disponibilidad de vías de acceso y servicios públicos. Estos datos permiten contextualizar el entorno y establecer parámetros adecuados para el desarrollo del proyecto.

Otro componente fundamental son los planos detallados del área de intervención. Estos documentos resultan indispensables para definir con exactitud el trazado de la red de alcantarillado. En caso de no disponer de planos actualizados, será necesario realizar levantamientos topográficos que permitan recopilar la información geométrica requerida. La precisión en esta etapa es crucial para diseñar una red eficiente y funcional.

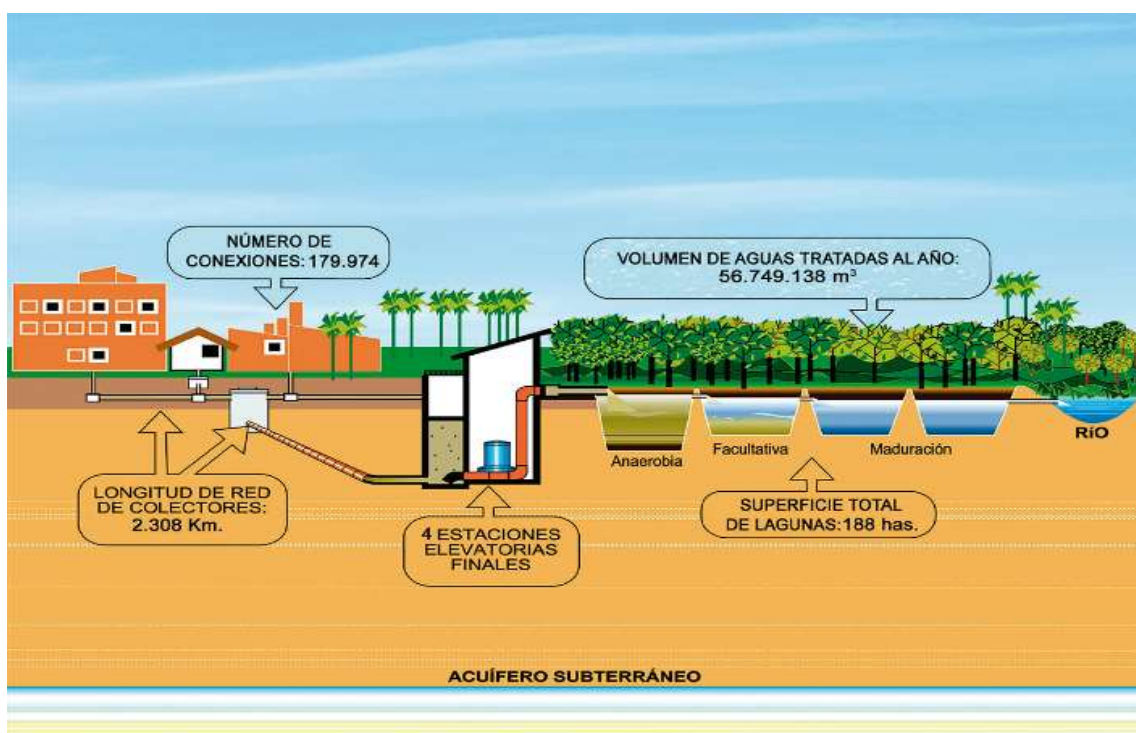
Adicionalmente, se deben incorporar datos climatológicos específicos del lugar, como los registros de precipitaciones y las estadísticas pluviométricas provenientes de estaciones locales. Es importante considerar la intensidad de las lluvias máximas anuales, evaluadas en distintos intervalos de duración que van desde los 5 hasta los 120 minutos, para poder generar las curvas IDF (Intensidad–Duración–Frecuencia) necesarias. Finalmente, se debe examinar el estado actual del sistema de drenaje existente, identificando posibles fallas, causas de obstrucciones o deficiencias, así como las medidas que se hayan tomado anteriormente para su mitigación. (Cadena, 2023)

De igual manera, resulta fundamental integrar estos datos en un análisis hidrológico que permita ajustar los parámetros de diseño a la realidad local. Esto

implica correlacionar las curvas IDF con los caudales de diseño obtenidos mediante el método racional u otras metodologías aplicables, lo que asegura que el sistema proyectado responda adecuadamente a eventos de lluvia de distintas recurrencias.

Además, el diagnóstico del estado actual del drenaje no solo debe enfocarse en las fallas físicas, sino también en aspectos operativos como la frecuencia de mantenimiento, la capacidad de captación de sumideros y la efectividad de los dispositivos de alivio, ya que estos factores inciden directamente en la eficiencia del colector ante precipitaciones extremas.

Figura 8. Estructuras de desagüe



Fuente: Suarez (2021)

2.2.15 Ubicación de estructuras de desagüe

Las estructuraciones de desagüe se deben quedar por encima de los niveles que adquiere el agua con el cauce en condiciones extremas en la que vierten los líquidos. (Gaona, 2020)

2.2.16 Probabilidad de reutilización

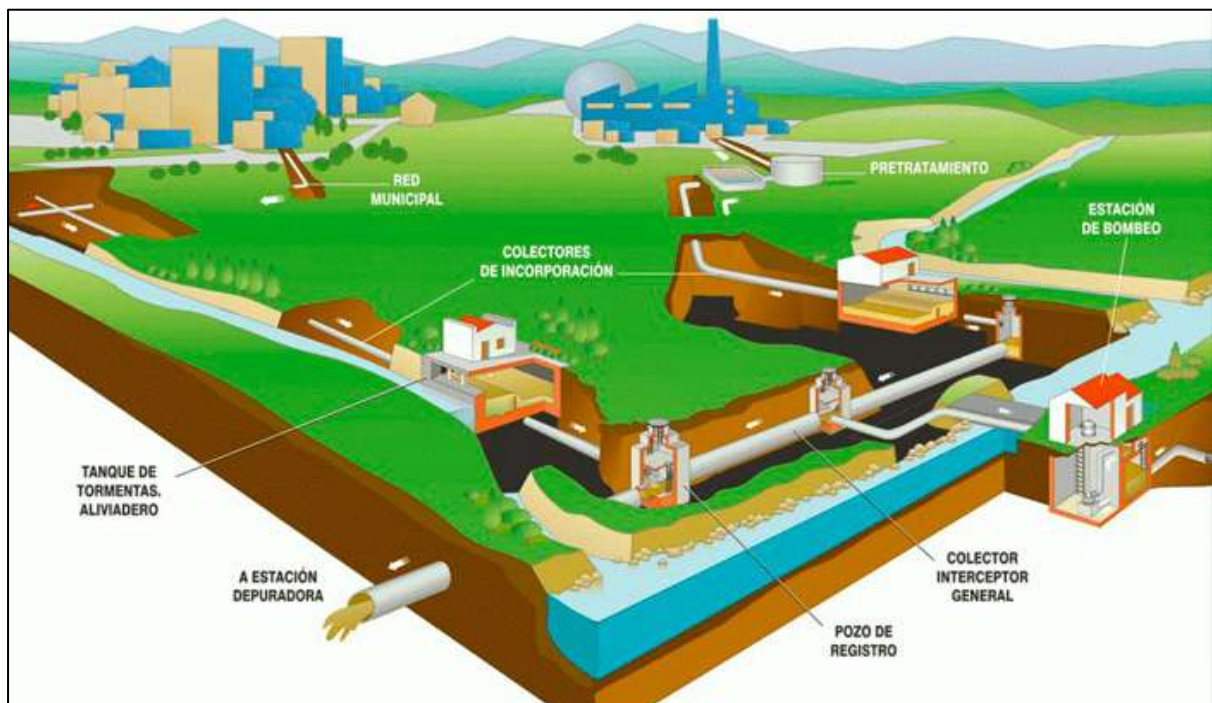
El aumento de la población y la expansión industrial generan una mayor demanda de agua potable, lo que hace indispensable buscar alternativas sostenibles.

En este contexto, es fundamental aplicar un control técnico riguroso y mantener altos estándares de higiene para aprovechar fuentes como el agua de lluvia y los acuíferos subterráneos. Estas opciones permiten disminuir el consumo de agua potable convencional y contribuyen a la recarga de los sistemas de almacenamiento, como los tanques de reserva. (Villacís, 2022)

2.2.17 Dibujo del sistema de drenaje pluvial

Por razones económicas, el diseño de una red de alcantarillado debe imitar de forma subterránea el comportamiento natural del escurrimiento superficial. El sistema debe permitir que el agua fluya por gravedad, exceptuando aquellas zonas donde sea indispensable incorporar estaciones de bombeo. El proceso de diseño comienza con la identificación del punto o puntos de descarga, a partir de los cuales se puede establecer el trazado de los colectores y conductos principales. Una vez definidos estos elementos, es posible seleccionar entre distintas configuraciones de diseño para adaptarse a las condiciones específicas del terreno y las necesidades del proyecto. (Landy, 2024)

Figura 9. Sistemas de drenajes



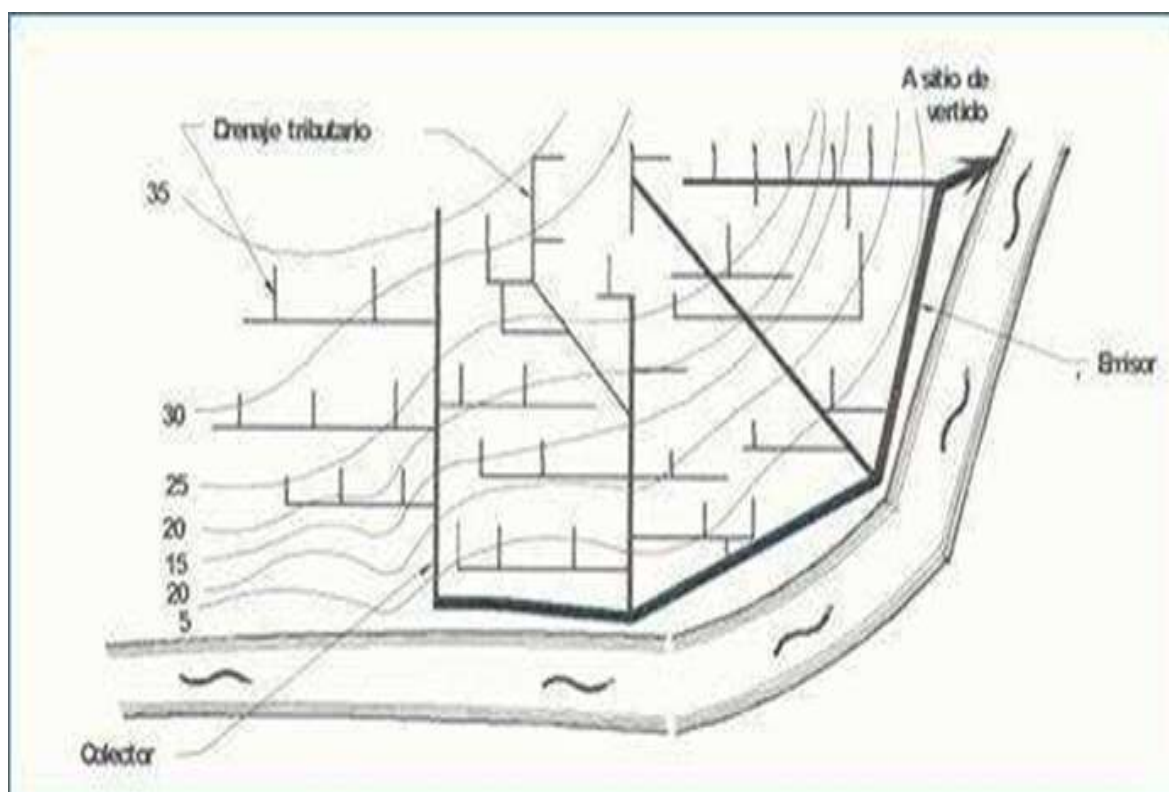
Fuente: Guzmán (2023)

2.2.18 Disposición de un sistema de drenaje sanitario

Es denominado como la configuración del sistema de alcantarilla, por el trazo que se define a los recolectores y el mismo emisor de red, en la zona como las calles de la localización, en la ubicación de sitios vertidos en la separación final del agua. Por ende, se puede configurar los modelos de recolección y emisión más utilizadas que pueden agruparse de las siguientes formas. (Haro, 2022)

Modelo de diseño perpendicular: El modelo de diseño perpendicular se utiliza principalmente en asentamientos ubicados en zonas con una corriente extensa y donde el terreno presenta una inclinación natural en dirección a dicha corriente. Esta condición permite instalar las tuberías de forma perpendicular al flujo de agua, facilitando así el drenaje hacia los colectores o directamente hacia la corriente. Este tipo de diseño es útil para determinar la ruta más corta desde el área urbana hasta los canales superficiales o sistemas de recolección. (Tola, 2024)

Figura 10. Modelo perpendicular de trazo

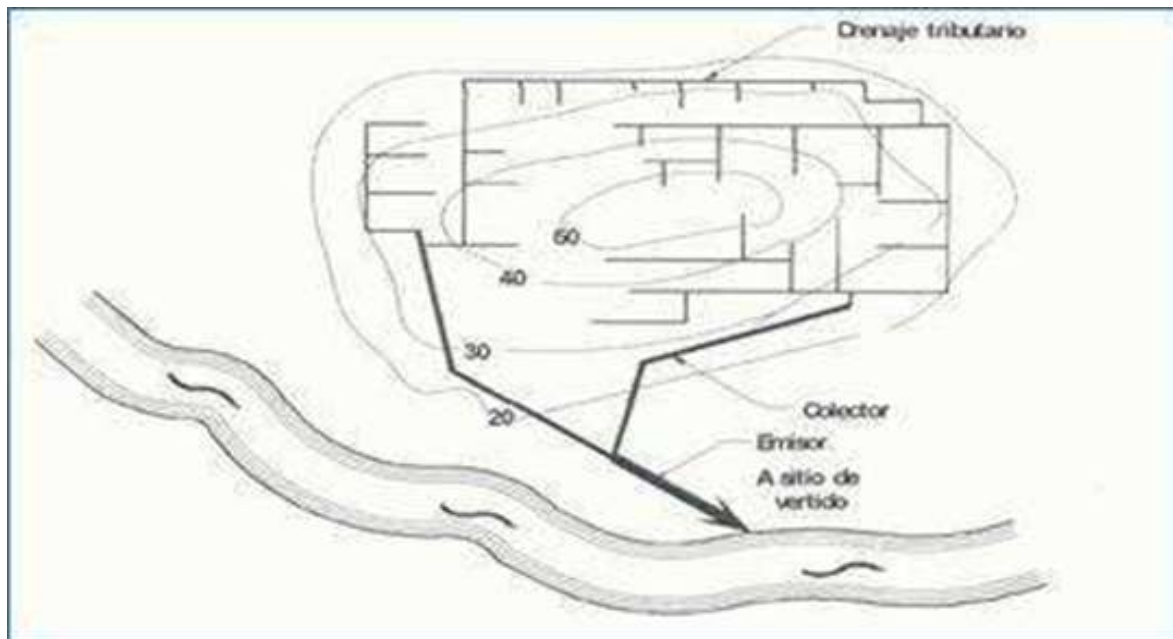


Fuente: Tola (2022)

Diseño de prototipo radial: Para este diseño suele tener una pendiente baja en la zona del centro o área de drenaje hacia ambos extremos, siendo la red de

atarjeas desagüe a los receptores del perímetro, los cuales dirigen el agua al sitio de acopio. (Tola, 2024)

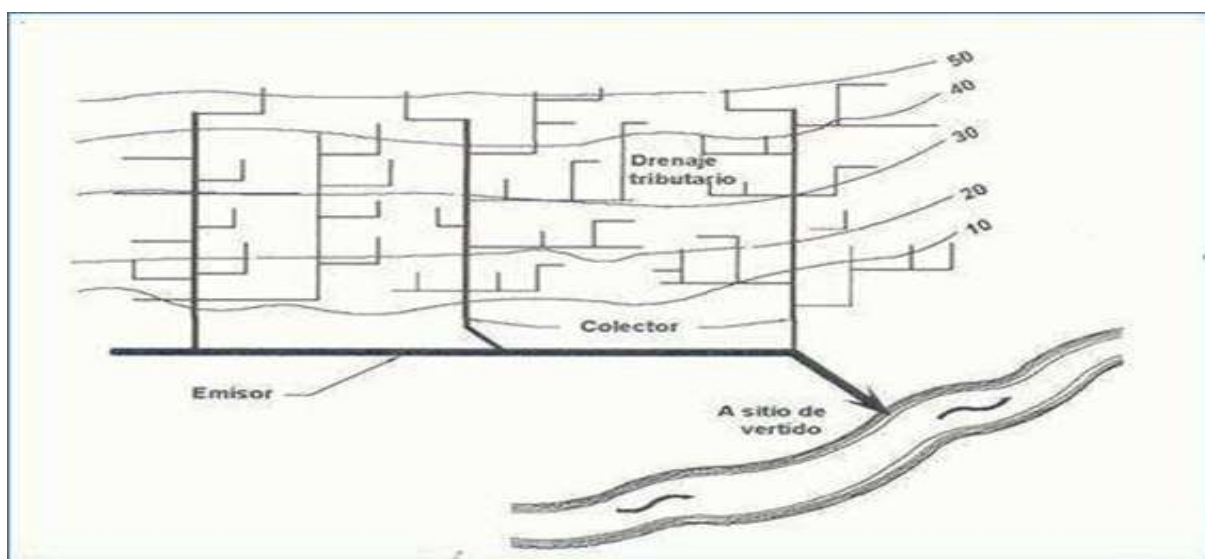
Figura 11. Modelo Radial



Fuente: Siapa (2022)

Diseño de prototipo en interceptores: Es utilizado para la recolección de aguas lluvias en zonas curvas de un nivel más o menos paralela, el líquido es receptado mediante los recolectores, el trazo suele tener curvas transversales, en la cual se descarga en el emisor, la cual lleva el agua al sitio de captación. (Tola, 2024)

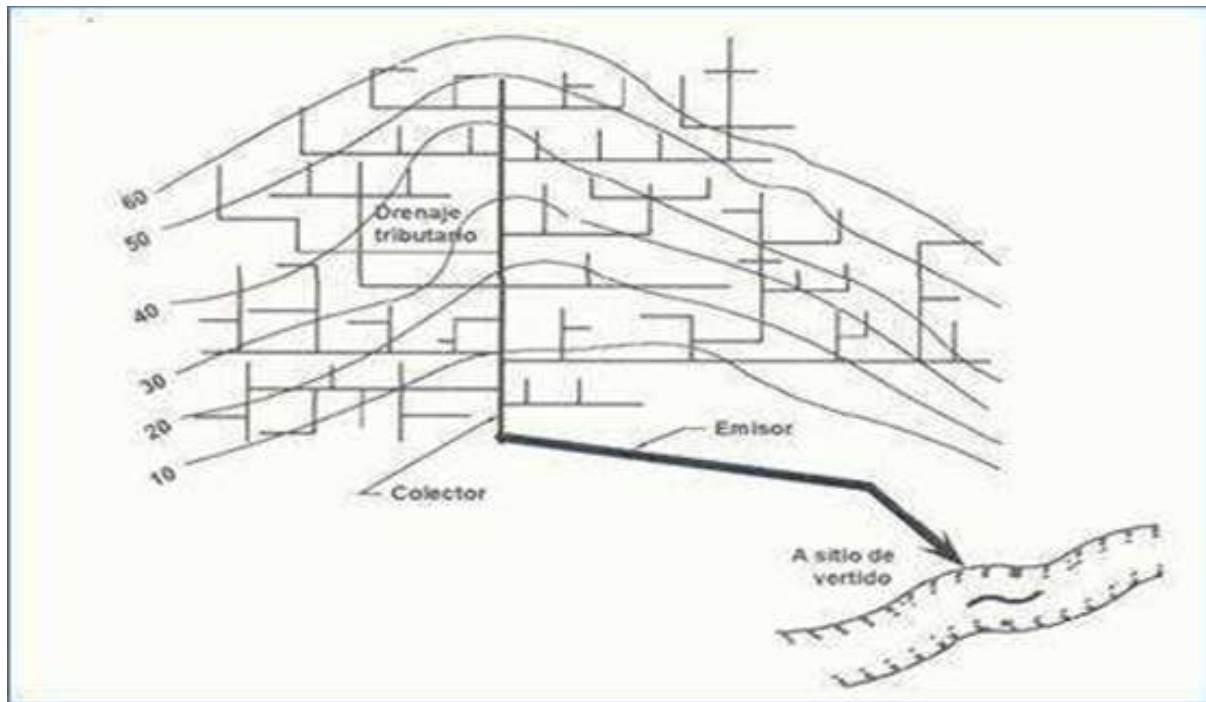
Figura 12. Modelo de interceptores



Fuente: Siapa (2022)

Diseño de prototipo en abanico: Esta se encuentra ubicada en un lugar como valle, la misma se traza en una red de atarjeas reconocidas al centro de un valle y por medio de un recolector se transporta el líquido pluvial al lugar de recepción. (Tola, 2024)

Figura 13. Modelo en abanico



Fuente: Siapa (2010)

2.2.19 Receptores y conductos emisores

Por razones económicas, tanto los emisores como los receptores suelen contar con una red subterránea que replica el sistema de desagüe superficial natural. El movimiento del agua se produce principalmente por acción de la gravedad, salvo en situaciones específicas donde es necesario impulsarla mediante bombeo.

El diseño de la red de colectores o emisores está determinado por la ruta que seguirán las tuberías, la cual depende en gran medida de la topografía del terreno, la disposición de las vías, la ubicación de puntos críticos como focos de acumulación, y la manera en que se prevé manejar las aguas pluviales al final del sistema. (Gaytan, 2023)

2.2.20 Pozos de revisión y salto

Las fosas de verificación se instalarían para determinar por la inspección y la limpieza del alcantarillado de aguas lluvias. El diseño sería aplicado conforme a las normativas establecidas en el numeral 5.2.3 de las normas del EX – IEOS. Normas de Diseño SSA (2018)

Los pozos de inspección deben colocarse en puntos clave del sistema de alcantarillado, especialmente donde se produzcan cambios en la dirección de las tuberías, variaciones en la pendiente o en el diámetro del conducto. También deben estar presentes en lugares donde no haya conexiones entre dos o más líneas de recolección, permitiendo así un control adecuado del flujo y mantenimiento del sistema.

Además, se recomienda instalar estos pozos en tramos rectos, respetando ciertas distancias máximas dependiendo del diámetro de la tubería. Por ejemplo, para tuberías de hasta 350 mm, la distancia no debe superar los 100 metros. Si el diámetro se encuentra entre 400 y 800 mm, el límite aumenta a 150 metros, y en el caso de diámetros mayores a 800 mm, puede extenderse hasta 200 metros.

La estructura del pozo debe tener una abertura superior mínima de 0,6 metros. Para facilitar el acceso al interior, se sugiere usar un tronco de cono excéntrico en la transición entre el cuerpo del pozo y su boca. Asimismo, el tamaño total del pozo estará en función del diámetro de la tubería de mayor tamaño que esté conectada, siguiendo las especificaciones establecidas en la tabla correspondiente.

Tabla 4. Diámetro para pozos de revisión

DIÁMETRO PARA POZOS DE REVISIÓN	
DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (mm)	DIÁMETRO DEL POZO (m)
menor o igual a 550	0.9
mayor a 550	diseño especial

Fuente: Normas de diseño SSA (2018)

En las condiciones del pozo de salto, se deben considerar una diferencia mayor de los 0,60m entre la tubería de entrada y la salida, conforme a lo indicado en el numeral 5.2.3.10 de las normativas del EX – IEOS, del año 1992. (Normas de diseño SSA, 2022)

Figura 14. Redes de alcantarillado



Fuente: Cortez (2023)

2.2.21 Condiciones ideales en diseño y funcionalidad hidráulica

Al momento de planificar una red de alcantarillado, es fundamental lograr un equilibrio entre la eficiencia operativa y los costos de construcción, procurando que el sistema sea funcional, duradero y económicamente viable. La eficiencia del diseño no solo se basa en su operatividad, sino también en el fácil mantenimiento que se pueda realizar durante su vida útil.

Antes de aplicar los métodos técnicos para diseñar la red, es necesario realizar evaluaciones preliminares que permitan definir un trazado más eficaz y menos costoso. Un diseño puede considerarse apropiado si contempla aspectos clave como la correcta disposición de los colectores y emisores, de manera que se reduzcan al mínimo las distancias hasta los puntos de descarga final.

Asimismo, se debe procurar que el sistema opere predominantemente por gravedad, reduciendo la necesidad de estaciones de bombeo. Las pendientes de las tuberías deben estar dentro de rangos técnicos que favorezcan el flujo continuo del agua, evitando la acumulación de sedimentos y la erosión en el interior de los conductos, lo cual extiende la vida útil del sistema.

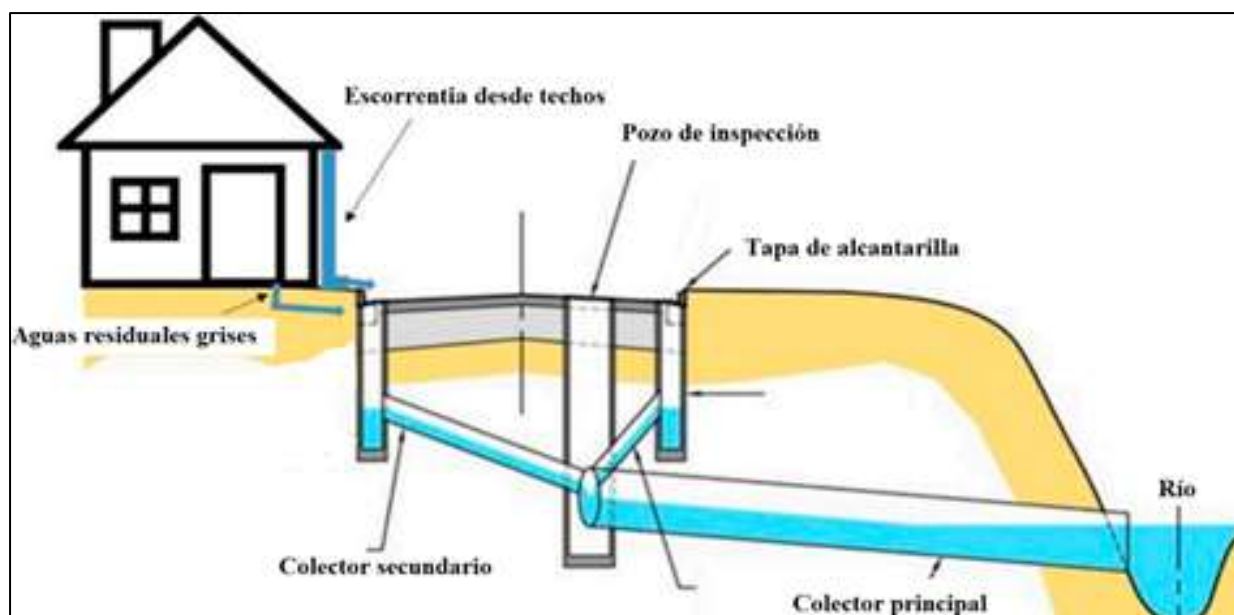
Otro aspecto importante es reducir al mínimo el volumen de excavación, asegurando que las tuberías se ubiquen a profundidades seguras que permitan resistir las cargas externas. Además, se debe garantizar que el sistema permita una inspección sencilla y un mantenimiento periódico sin dificultades, lo que contribuye a su sostenibilidad a largo plazo. (Bucheli, 2020)

2.2.22 Áreas de desagüe

La ciudad será sectorizada en áreas tributarias, tomando como criterio principal la topografía del terreno y complementando con los lineamientos urbanísticos definidos en el plan regulador. Dentro de esta división, se considerarán los distintos usos del suelo existentes, como zonas industriales, residenciales, comerciales y de servicio público, incluyendo también las áreas destinadas a futuros proyectos de desarrollo.

En caso de no contar con un plan de ordenamiento urbano, la delimitación de zonas y áreas de expansión se basará en la situación actual del territorio, las proyecciones demográficas, y las expectativas de crecimiento en los sectores industrial y comercial a lo largo del periodo contemplado en el diseño. Adicionalmente, será imprescindible identificar las cuencas hidrográficas que atraviesan la ciudad, ya que estas influirán directamente en el diseño del sistema de alcantarillado pluvial.

Figura 15. Áreas de Desagüe



Fuente: Plúas (2023)

2.2.23 Periodo de Retorno

Se entiende como el periodo de retorno al intervalo de años en el que se espera que un determinado caudal, generado por precipitaciones, iguale o supere un valor previamente registrado. Esta estimación debe establecerse considerando el tamaño del área afectada, así como los posibles daños, pérdidas económicas y molestias generadas por inundaciones recurrentes, que pueden impactar negativamente sectores como el comercio, la industria y otros. En este contexto, se recomienda utilizar curvas de recurrencia con periodos no inferiores a un año ni superiores a diez años. (Cedeño, 2022)

2.2.24 Coeficiente de escurrimiento o escorrentía

El coeficiente de escorrentía, establece la relación entre el escurrimiento y la lluvia, tomando en cuenta su magnitud, intervalo y continuidad. Considerando el factor no suele ser constante, esta depende de las características y condiciones del terreno, uso consuntivo de agua, absorción vegetal de la superficie y topología del área. Este coeficiente influye en la intensidad de la lluvia, porque al multiplicarlo por la intensidad y el área, se calcula la intensidad efectiva en la zona donde se presenta la precipitación. (Normas de diseño SSA, 2022)

Según las Normas del EX – IEOS, 1992, en los numerales 5.4.2.2 y 5.4.2.3, el valor de “C” está determinado por el tipo de área en análisis. Por ejemplo, para una zona residencial de baja densidad poblacional, el valor oscila entre 0,35 y 0,55.

Mostrando a continuación en la tabla dos y tres, las cuales detallan valores de coeficiente de escorrentía (C) para diferentes tipos de superficies.

Tabla 5. Tipos de superficie

TIPOS DE SUPERFICIE	C
Cubierta metálica o teja vidriada	0,95
Cubierta teja ordinaria	0,90
Pavimento asfáltico en buenas condiciones	0,85 – 0,90
Pavimento de hormigón	0,80 – 0,85
Empedrado con juntas pequeñas	0,75 – 0,80
Empedrado con juntas ordinarias	0,40 – 0,50
Superficies afirmadas (tierra compactada)	0,25 – 0,60
Superficies no pavimentadas (suelo natural)	0,10 – 0,30
Parques y jardines	0,05 – 0,25

Fuente: Normas de diseño SSA, (2018)

Tabla 6. Tipos de zonificación

TIPO DE ZONIFICACIÓN	C
Comerciales o densamente pobladas	0.70 – 0.90
Adyacente a las anteriores	0.50 – 0.70
Residenciales con casas separadas	0.25 – 0.50
Periféricas no desarrolladas totalmente	0.10 – 0.25

Fuente: Normas de diseño SSA, (2018)

2.2.25 Periodo de condensación T_c

Considerado como el uso del tiempo que se aplica en una gota de agua y que recorre un punto más alejado hacia el sumidero de desagüe. (Tapias, 2023)

En la cuenca mínima o la estructuración menor, es recomendado para usar un tiempo de duración igual o menor de 6 horas, considerando también el tiempo de contracción en la duración similar. La lluvia suele tener una duración igual o con similitud a la concentración en la que se alcanza el máximo de un caudal que se aporte al punto de abertura.

2.2.26 Precipitaciones de lluvias I

El aumento intensivo de precipitaciones es la alta cantidad de líquidos de aguas lluvia que caen en lugar por un tiempo o duración proporcional por una tormenta. Siendo la intensidad una tasa temporal de precipitaciones, considerándola como rápido o medianamente rápida, en la duración. Para el uso de la intensidad medianamente promedio, puede indicarse de la siguiente forma:

I =Intensidad (mm/h)

P = Precipitación (mm)

T = Duración (H)

Figura 16. Precipitaciones de Lluvias



Fuente: Plúas (2023)

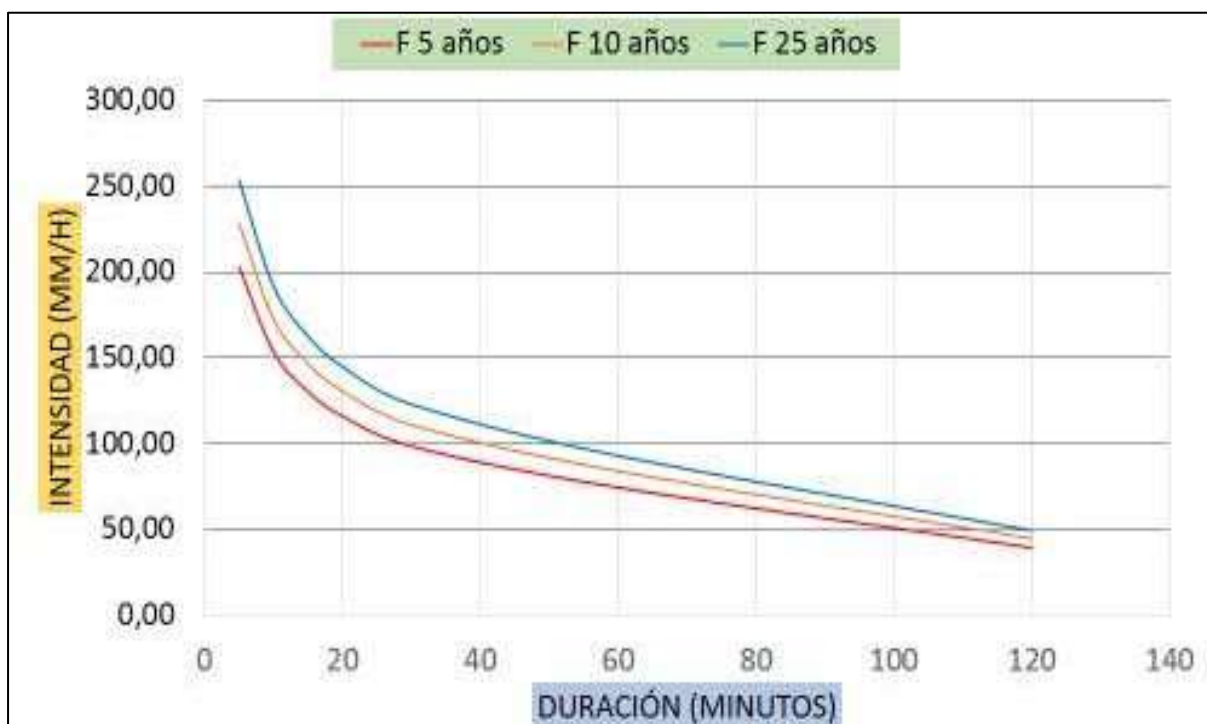
Según el INAMHI en su informe “Estudio de aguas lluvias intensas”, define las ecuaciones que se consideran para las diversas ubicaciones o áreas, por lo cual se evitaría la utilización de ecuaciones inadecuadas o curvaturas. (INAMHI, 2020)

2.2.27 Curvas de intensidad, duración y frecuencia

Se consideran a las curvas de intensidad, frecuencia y duración (IDF), como una constitución de base climatológica, que estimula los caudales en la estructuración del diseño. En cuanto a la obtención de curvas conocidas como IDF, esta debe realizarse con datos pluviales en las estaciones que se encuentran cerca de la zona del proyecto, las cuales son derivados de las curvas en frecuencias que corresponda en el análisis de manera puntual en los eventos altos y extremos. (Bucheli, 2020)

Por este motivo, las curvas IDF, son importantes para la construcción de estructuras de control en la erosión y la recuperación de la zona degradada. Esta se puede observar en obras tales como: zanjas de filtración, canales, procesos de erosivos, entre otras; considerando prescindible al conocer al máximo los valores de intensidad de las precipitaciones obtenidas, cuya finalidad es dimensionar las obras.

Figura 17. Curva de intensidad, duración y frecuencia



Fuente: Carriel (2010)

Por medio de este método se analizan curvas como los (I-D-F), se considera una posibilidad de alcanzar cierta intensidad en el prototipo de estructura, las cuales se asocian a diferentes duraciones y periodo en el retorno, esto puede resultar en el dimensionamiento de diversos proyectos para la eliminación y control, para el aumento de la estructura hidrológica, en los proyectos de alcantarillado y recolección de líquidos provocados por las lluvias en zonas urbanas o sistema de desagüe en caminos, entre otras; estos deben identificar las probabilidades en las que se producen diversos valores en la intensidad de las precipitaciones que pueden presentar posibles riesgos. (Carillo, 2020)

La definición puede ser similar a la entrega que las curvas corresponden a una presentación de tipo grafico relacionada a una intensidad y duración que es asociada a una frecuencia y periodo de retorno en la precipitación de las lluvias.

2.2.28 Caudal del diseño Q

En el estímulo del caudal y su estructuración se puede emplear diversas metodologías, en esto se proyecta un trabajo con un método racional, aplicando una ecuación para lograr obtener un caudal superficial producto de las lluvias, este suele ser utilizado en áreas de 100 ha y se usa la siguiente formula:

$$Q = 2.78 * C * I * A$$

Donde:

Q = Caudal en l/s.

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

A = Área de drenaje en hectáreas

I = Intensidad de lluvia en mm/hora

2.2.29 El grosor Mínimo D

En el sistema de recolección y eliminación de líquidos de lluvia, el método a usar es los tramos de sección circular, siendo esta la más utilizada en los recolectores, considerando un diámetro nominal bajo que permita que las redes del sistema sea de unos 300 mm.

Pero en ciertos casos especiales como el nivel de complejidad del sistema sea baja o media y con una justificación favorable para el diseño, con una reducción de tramos a unos 200mm. (Bucheli, 2020)

2.2.30 Inclinación de diseño

La inclinación de los tubos debe ser de la misma forma, como sea necesario para encajarse, en un terreno de manera natural para realizar excavaciones bajas en el área, también considerando los siguientes puntos:

Inclinaciones Mínimas: En estos casos se disponen los desniveles en la topografía requerida, se puede utilizar un pendiente mínimo que produciría un recorrido de 90 cm/s con las tuberías llenas, también considerando a los casos excepcionales pendientes que suelen tener un desnivel mínimo, cuyo objetivo se debe evitar una construcción como el diseño de bombeo, es requerido el sacrificio de la eficiencia de una cañería. La aceptación de los pendientes mínimos que se produce con una rapidez de 3.00 centímetros. (Bucheli, 2020)

Inclinaciones máximas: Son colinas o pendientes que suelen producir un máximo de velocidad entre los 3 a 5 m/s, con ello trabajo de forma normal.

2.2.31 Diseño de red hidráulica de alcantarilla de aguas lluvias

Se considera el método indicado para el diseño de estructuras de protección contra las inundaciones que suelen depender en principio al tipo de problema por solucionar como: la dimensión de la construcción, la precisión necesaria, características, los datos requeridos, entre otras. Esto corresponde a los esfuerzos que se implementan en el estudio que se necesita para los posibles beneficios esperados en la precisión de los resultados que se obtendrán. (Bucheli, 2020)

Al seleccionar el área o zona de estudio, se procede a dividirla en subzonas de aportación, dentro de las cuales se dispondrá una red encargada de recolectar las aguas. En estas áreas, es fundamental identificar el colector ubicado en los puntos más bajos del terreno. Los colectores secundarios serán responsables de transportar el caudal recolectado hacia ese colector principal, y desde allí, conducirlo hasta el emisor que lo dirigirá al punto de descarga final. En este sentido, el sistema de

alcantarillado pluvial puede estructurarse en distintos niveles, conformados por redes de colectores secundarios, primarios y emisores que forman parte del sistema general de drenaje.

Figura 18. Sistema de agua pluviales en viviendas con sus mecanismos



Fuente: Mendiola (2019)

2.2.32 Aceleraciones de flujo permitidas

La aceleración controlada del flujo en las tuberías se regula para evitar problemas como la acumulación de sedimentos y el taponamiento del sistema, así como para prevenir la erosión de las paredes internas de los conductos. En este contexto, se consideran tanto velocidades mínimas como máximas aceptables.

Por lo general, las tuberías funcionan parcialmente llenas, y en estos casos, la velocidad mínima permitida del flujo debe ser de al menos 0,60 m/s. Cuando las tuberías operan a capacidad total, esta velocidad se incrementa a aproximadamente 0,90 m/s. En cuanto a la velocidad máxima permitida, esta puede variar entre 3 y 5 m/s, dependiendo de las características del sistema, y requiere que los materiales de las tuberías sean lo suficientemente resistentes para soportar el esfuerzo hidráulico generado. (Bucheli, 2020)

Tabla 7. Tipos de tuberías

Tipo de tubería	Velocidad máxima (m/s)
Concreto simple hasta 45 cm de diámetro	3.0
Concreto reforzado de 61 cm de diámetro o mayores	3.5
Fibrocemento	5.0
Poli (cloruro de vinilo) PVC	5.0
Polietileno de alta densidad	5.0

Fuente: Espinoza (2020)

En ciertos casos excepcionales, como tramos de tubos aislados, las cuales presenta ciertas velocidades de unos 8m/s, y se permite como aceptable la autorización del tipo de proyecto, por lo cual se debe aplicar un estudio en la función hidráulica en la resistencia de los materiales de paredes y conductos.

2.3 Marco Legal

El presente capítulo establece el marco legal aplicable al rediseño integral del colector de aguas lluvias del INSPI en Guayaquil, considerando normativas nacionales e internacionales que regulan el diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de drenaje pluvial. Estas disposiciones garantizan la sostenibilidad, eficiencia y cumplimiento técnico del proyecto.

2.3.1 Constitución de la Republica del Ecuador 2008

Art. 12.- El artículo 12 establece que el acceso al agua es un derecho humano fundamental e irrenunciable, lo que implica que el diseño de infraestructura debe garantizar la gestión eficiente y segura del recurso hídrico.

Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes. (Constitucion de la republica, 2008)

2.3.2 Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento

Art.16.- Determina que los sistemas de drenaje pluvial deben evitar la contaminación y garantizar el uso adecuado del agua lluvia para prevenir riesgos de inundaciones.

2.3.3 Norma INEN 005-9: Diseño de sistemas de alcantarillado pluvial

Art. 30.- Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.

2.3.4 Ordenanzas Municipales de Guayaquil

Art. 70.- La ordenanza de Gestión de Riesgos y Drenaje Urbano establece normas para la planificación, diseño y mantenimiento de los sistemas de drenaje pluvial en la ciudad, con regulaciones específicas para zonas vulnerables.

2.3.5 Ordenanza Municipales de Guayaquil

Art. 262.- La ordenanza de Gestión de Riesgos y Drenaje Urbano establece normas para la planificación, diseño y mantenimiento de los sistemas de drenaje pluvial en la ciudad, con regulaciones específicas para zonas vulnerables.

2.3.6 Normativa Internacional: Manual de Drenaje Urbano

diseño de drenaje pluvial basado en soluciones sostenibles, minimizando el impacto ambiental y optimizando la recolección y evacuación de aguas lluvias.

2.3.7 Normas ISO 24512: Gestión del agua en servicios urbanos

ART 5.2.3.1 El rediseño del colector de aguas lluvias del INSPI en Guayaquil debe alinearse con las normativas mencionadas, asegurando: Cumplimiento con los parámetros técnicos nacionales e internacionales, Integración de medidas de mitigación de impacto ambiental, Seguridad estructural y funcionalidad del sistema de drenaje, Resiliencia ante el cambio climático y eventos de precipitaciones extremas.

2.3.8 Normas para estudio y diseño de sistemas – senagua

La secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) ha establecido lineamientos técnicos para la planificación, estudio y diseño de sistemas de drenaje y alcantarillado en el país. Estas normas proporcionan criterios hidráulicos, sanitarios, estructurales y ambientales que deben cumplirse en proyectos de infraestructura hídrica, con el fin de garantizar su funcionalidad, sostenibilidad y seguridad. Incluyen parámetros de caudal, pendientes, materiales, tiempos de concentración, métodos de cálculo, y aspectos de mantenimiento, todos alineados a las condiciones climáticas y topográficas del territorio nacional.

2.3.9 MA-OED-003: Manual de Diseño de Redes de Alcantarillado.

El manual MA-OED-003, emitido por la entonces Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), establece los criterios técnicos para el diseño, dimensionamiento y planificación de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial en Ecuador. Esta guía tiene como objetivo unificar los procedimientos de diseño, garantizando eficiencia hidráulica, sostenibilidad ambiental y seguridad operativa de las redes.

Entre los temas que aborda se encuentran: la determinación de caudales de diseño, selección de materiales, pendientes mínimas y máximas, velocidad del flujo, ubicación de pozos de revisión, y consideraciones sobre la topografía y crecimiento urbano. Además, promueve el uso de metodologías actualizadas para asegurar que los sistemas proyectados respondan a las necesidades presentes y futuras de la población.

Este manual es de aplicación obligatoria para instituciones públicas, consultoras y profesionales encargados del diseño de obras sanitarias, asegurando uniformidad y calidad técnica en los proyectos de saneamiento

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Enfoque de la investigación:

El presente trabajo de investigación se enmarca dentro de un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recopilación, análisis y procesamiento de datos numéricos para evaluar el estado y funcionamiento del sistema de drenaje pluvial del Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSPI). La finalidad es realizar un diagnóstico técnico y objetivo del colector existente, determinando su eficiencia hidráulica y su capacidad de conducción frente a eventos de lluvia, mediante herramientas de medición, cálculos de caudales y evaluación estructural.

Este enfoque permite ayudar a resolver o encontrar soluciones desde una perspectiva técnica que genere viabilidad, utilizando las debidas inspecciones visuales, revisión de planos, informes, entre otros. A través de estos elementos, se podrá determinar si el colector actual responde adecuadamente a las necesidades de evacuación del agua, o si es necesario un rediseño que contemple mayores exigencias debido al crecimiento urbano, cambios climáticos o fallas constructivas.

Finalmente, dentro del enfoque de la investigación se plantea estudio y resultados que contemplen la solución a los inconvenientes presentados en diseños, el enfoque cuantitativo que nos facilita. Esto garantiza que las propuestas de mejora estén basadas en evidencia técnica y que sean sostenibles en términos económicos y funcionales, asegurando la eficiencia del sistema de drenaje a corto y largo plazo.

3.2 Alcance de la investigación

El alcance de esta investigación es exploratorio, ya que busca obtener un conocimiento preliminar y general sobre las condiciones actuales del sistema de drenaje pluvial del Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSPI). Este tipo de estudio es apropiado cuando existe información limitada o poco detallada sobre el problema, y se requiere realizar una primera aproximación que permita identificar los principales factores que afectan la funcionalidad del colector y su conexión con la calle Alberto Borges.

A través de la recolección de datos en campo, la revisión de documentación técnica disponible, y el análisis de condiciones hidráulicas básicas, se pretende reconocer los elementos clave del sistema y los posibles escenarios de mejora. Esta etapa inicial permitirá establecer una base sólida para estudios más profundos, ya que facilita la identificación de fallas estructurales, deficiencias de diseño, y necesidades de ampliación o rediseño del colector pluvial.

3.3 Técnicas e instrumentos

3.3.1 *Técnicas para la investigación*

Para el desarrollo de la investigación se aplicarán métodos de recolección de información tanto en campo como a nivel documental. En primera instancia, se efectuarán inspecciones visuales en el área de estudio con el propósito de evaluar el estado físico del colector, identificar obstrucciones, deterioros estructurales o posibles fallas de diseño. Estas visitas se respaldarán con registros fotográficos y anotaciones de campo que servirán como evidencia del estado actual del sistema de drenaje pluvial.

De forma complementaria, se llevará a cabo la revisión de planos, reportes técnicos anteriores y datos hidráulicos disponibles, lo cual permitirá conocer con detalle el diseño original del colector y su comportamiento proyectado frente a lluvias de distinta intensidad. La información obtenida mediante estas fuentes será la base para calcular parámetros como caudales, pendientes y diámetros, indispensables para elaborar un diagnóstico inicial y plantear alternativas de mejora o rediseño del sistema.

3.3.2 *Instrumentos:*

Los instrumentos que se utilizarán en esta investigación incluyen fichas de observación técnica para registrar condiciones del colector en campo, cámaras fotográficas para documentar visualmente el estado del sistema, y software especializado para modelar el comportamiento hidráulico e hidrológico del drenaje pluvial. También se emplearán planos arquitectónicos y topográficos, así como hojas de cálculo para el análisis de caudales y pendientes. Estos instrumentos facilitarán la

recolección, organización y análisis preciso de la información necesaria para sustentar el diagnóstico y las propuestas técnicas del estudio.

A continuación, se detalla la encuesta que se realizó en la cual se estimó un total de 4 personas a quien fue realizada siendo un total de 10 preguntas:

Encuesta para la obtención de datos en la zona de estudio

Tema: Rediseño integral del colector de Aguas Lluvias del INSPI con conexión a la calle Alberto Borges

¿Ha notado acumulación de agua en los alrededores del INSPI durante lluvias intensas?

- Sí, con frecuencia
- Ocasionalmente
- No, nunca

¿Cree que el sistema actual de drenaje pluvial funciona adecuadamente?

- Sí
- A veces presenta fallas
- No

¿Ha observado daños en infraestructura o filtraciones vinculadas a lluvias en la zona del INSPI?

- Sí
- Solo en temporada de lluvias
- No

¿Considera necesario intervenir o rediseñar el colector de aguas lluvias?

- Sí, urgentemente
- Podría mejorarse
- No es necesario

¿Con qué frecuencia cree que deberían darse mantenimientos al sistema de drenaje?

- Cada 6 meses
- Una vez al año

- Solo en caso de fallas

¿Está de acuerdo con que se conecte el nuevo colector a la calle

Alberto Borges?

- Sí, es una buena solución
- Solo si no causa problemas a terceros
- No estoy de acuerdo

¿Confía en que una mejora del sistema reducirá los problemas actuales por lluvias?

- Sí
- Tal vez
- No

¿Qué impacto cree que tiene el mal funcionamiento del drenaje pluvial en la salud y seguridad de quienes transitan por la zona del INSPI?

- Alto impacto
- Impacto moderado
- Bajo impacto
- Ningún impacto

¿Estaría dispuesto/a a tolerar incomodidades temporales (ruido, desvíos, cierre de calles) si el resultado es un sistema de drenaje más eficiente?

- Sí, completamente
- Dependería de la duración y condiciones
- No

¿Tiene alguna sugerencia o comentario sobre cómo debería implementarse el rediseño del colector de aguas lluvias en esta zona?

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población objeto de estudio está conformada por los usuarios, personal y residentes que interactúan o se ven afectados por el sistema de drenaje pluvial del INSPI y su conexión con la calle Alberto Borges. Esta población incluye tanto a quienes transitan diariamente por el área, como a quienes pueden experimentar las

consecuencias de posibles fallas en el colector durante eventos de lluvia. Al contar con un interés directo en la funcionalidad y mejora del sistema, sus opiniones y experiencias resultan fundamentales para comprender el impacto actual y las necesidades de intervención.

Para este estudio se seleccionó una muestra de 4 personas mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, dado que se buscó captar la percepción de quienes están en contacto directo con el área de influencia del colector. Esta muestra incluye estudiantes, empleados del INSPI, residentes cercanos y transeúntes habituales, quienes respondieron una encuesta estructurada con preguntas cerradas. Los resultados obtenidos permiten obtener una visión representativa y significativa sobre la aceptación y evaluación del sistema de drenaje actual, así como las expectativas frente a su rediseño.

3.4.2 Muestra

Para esta investigación se trabajó con una muestra integrada por 4 personas vinculadas directamente con el área de influencia del sistema de drenaje pluvial del INSPI y de la calle Alberto Borges. En este grupo participaron residentes, trabajadores, estudiantes y transeúntes habituales, quienes contribuyeron con información a través de una encuesta estructurada. La selección de esta muestra tuvo como objetivo reflejar distintas percepciones y experiencias sobre el funcionamiento del colector y las posibles mejoras que requiere. De esta manera, se contó con una base de información confiable que permitió analizar la situación actual del sistema y orientar el planteamiento del rediseño.

3.5 Diagrama de procesos

El diagrama de procesos para el rediseño integral del colector de aguas lluvias permite visualizar de manera clara y ordenada las etapas clave que conforman la planificación, ejecución y control del proyecto. Este incluye desde la identificación de los puntos críticos de acumulación de agua en la zona intervenida, el levantamiento topográfico y diagnóstico del sistema actual, hasta el diseño hidráulico, selección de materiales y métodos constructivos adecuados. También contempla la validación técnica del rediseño, su ejecución en campo y la implementación de medidas de

mantenimiento preventivo. Este flujo estructurado asegura una intervención eficiente que garantice la captación, conducción y descarga segura de las aguas pluviales, minimizando riesgos de inundaciones y mejorando la infraestructura urbana.

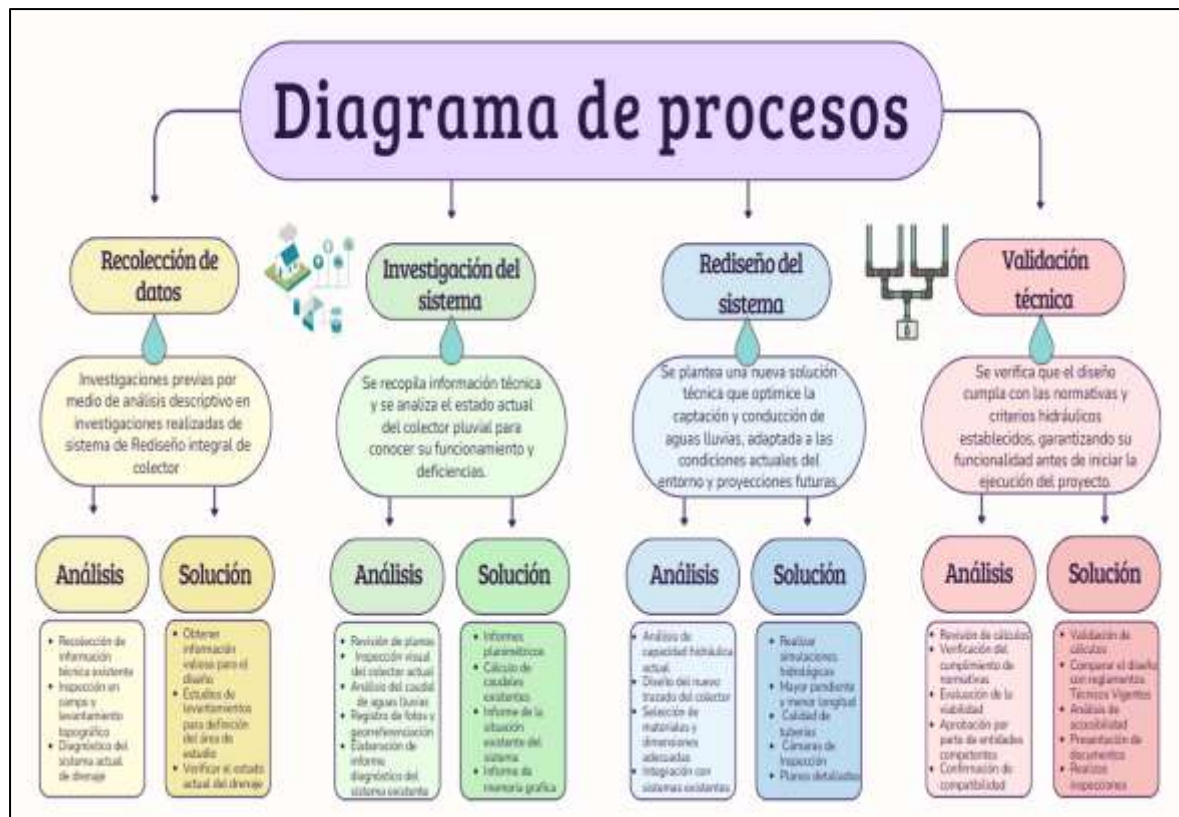
Recolección de datos: En esta etapa se realiza una investigación preliminar basada en análisis descriptivos y en estudios previos relacionados con el sistema actual de colectores pluviales. Se lleva a cabo una inspección en campo y un levantamiento topográfico para diagnosticar el estado actual del sistema, lo que permite contar con una base sólida de información técnica necesaria para abordar el rediseño.

Investigación del sistema: Se recopila información técnica detallada y se evalúa el funcionamiento real del colector pluvial mediante la revisión de planos, inspecciones visuales y medición de caudales durante eventos lluviosos. Además, se registran datos georreferenciados y se elaboran informes que describen las condiciones actuales, lo que facilita identificar las principales deficiencias y áreas críticas para su mejora.

Rediseño del sistema: Esta fase consiste en plantear una solución técnica innovadora que optimice la captación y conducción del agua de lluvia, considerando tanto las condiciones actuales del entorno como las proyecciones futuras. Se realiza un análisis hidráulico completo y se seleccionan las dimensiones adecuadas para el nuevo colector, asegurando su integración con la infraestructura existente y la mejora en la capacidad de drenaje.

Validación técnica: Finalmente, se verifica que el diseño cumpla con todas las normativas vigentes y criterios hidráulicos exigidos, garantizando su correcta funcionalidad antes de la ejecución. Esto incluye la revisión de cálculos, análisis de viabilidad y evaluaciones por parte de entidades competentes, junto con la presentación de documentos y la realización de inspecciones técnicas que aseguren la calidad y seguridad del proyecto.

Figura 19 Diagrama de procesos



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

3.5.1 Cálculos para el hidrograma

El hidrograma unitario sintético del SCS, formulado por Víctor Mockus en 1950, se originó a partir del estudio de múltiples hidrogramas unitarios naturales en cuencas de diferentes dimensiones y condiciones geográficas. Gracias a este trabajo, se obtuvo un modelo adimensional con una forma típica de hidrograma que ha demostrado gran utilidad en el análisis hidrológico de cuencas de tamaño medio y que hoy en día se aplica en diversas partes del mundo.

Una de las principales diferencias con respecto al método de Snyder es la manera en que se relacionan el tiempo base y el tiempo al pico. Mientras que Snyder utiliza un coeficiente de pico constante ($C_p = 0,6875$), el método del SCS emplea una relación fija entre ambos tiempos, de manera que $T_b/T_p = 5$. Esta formulación otorga al hidrograma una estructura triangular estándar, lo que facilita su aplicación en proyectos de modelación hidrológica.

El SCS, además, se caracteriza por utilizar una función adimensional que permite escalar el hidrograma a distintas condiciones de caudal y duración, manteniendo siempre la misma forma representativa. Esto asegura que el modelo pueda adaptarse a diferentes características de cuenca, sin perder coherencia en la representación de la respuesta hidrológica.

Cálculo del tiempo de desfase (tl): El **tiempo de desfase (tl)** representa el retraso entre el inicio de la precipitación efectiva y el inicio de la escorrentía significativa. Se estima mediante una fórmula empírica basada en las propiedades físicas de la cuenca:

$$t_l = \frac{(0.87 \cdot L)^{0.385}}{(S^{0.77} \cdot Y^{0.385})}$$

Donde:

- L: Longitud hidráulica del cauce principal (m)
- S: Retención potencial, calculada como:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

- Y: Pendiente media del terreno (m/m)

Este método es válido para cuencas con valores de CN entre 50 y 95. Para valores fuera de este rango o superficies mayores a 8 km², se recomienda el método de velocidades.

Método de velocidades (para cuencas mayores a 8 km²): Cuando se trabaja con cuencas extensas o CN fuera del rango permitido, se divide el cauce principal en tramos. En cada tramo se estima la velocidad de escorrentía (V) y se calcula el tiempo de concentración como:

$$T_p = 0.6 \cdot t_c$$

Cálculo del caudal pico (Qp): El caudal pico correspondiente a una lluvia efectiva de 1 mm se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Q_p = \frac{2.08 \cdot A}{T_p}$$

Donde:

- Qp: Caudal pico (m³/s)
- A: Área de la cuenca (km²)
- Tp: Tiempo al pico (horas)

3.5.2 Selección de la propuesta

La alternativa seleccionada corresponde a un rediseño mejorado del sistema, formulado a partir de las falencias detectadas en la evaluación inicial y de los resultados obtenidos en los cálculos hidráulicos. Dicho rediseño integra ajustes que fortalecen la capacidad de conducción, optimizan el escurrimiento y disminuyen la probabilidad de inundaciones, asegurando así un funcionamiento más estable incluso frente a eventos de caudal elevado. La decisión de adoptar esta propuesta responde a criterios de viabilidad técnica y operativa, priorizando la seguridad del sistema y la durabilidad de la infraestructura.

De igual manera, esta solución plantea un enfoque integral que no solo atiende las deficiencias actuales, sino que también se anticipa a las exigencias futuras de la zona. El rediseño muestra beneficios frente a la configuración inicial, como un mejor desempeño hidráulico, un uso más eficiente de las secciones de conducción y un control más adecuado de los niveles de agua. Gracias a estas mejoras, la propuesta elegida se considera la más apropiada para asegurar el funcionamiento continuo del sistema y mitigar los impactos negativos ocasionados por acumulaciones o desbordamientos.

3.5.3 Propuesta de mejoramiento

El rediseño del sistema hidráulico contempla la instalación de tuberías de mayor capacidad y mejor comportamiento hidráulico, con el objetivo de garantizar un

flujo continuo y sin obstrucciones, incluso durante eventos de lluvia intensa. La selección de diámetros adecuados y pendientes optimizadas permite una conducción eficiente de las aguas residuales y pluviales, reduciendo significativamente el riesgo de acumulaciones y reboses en la red existente.

Esta nueva configuración busca eliminar los puntos críticos donde actualmente se generan inundaciones, reforzando la capacidad de evacuación en zonas vulnerables. Con este mejoramiento, se asegura una infraestructura más robusta y confiable, adaptada a las condiciones actuales y futuras del área de influencia, promoviendo así la seguridad y el bienestar de la población.

CAPITULO IV

PROPUESTA O INFORME

4.1 Resultados y Análisis de los resultados

4.1.1 *Resultados de las encuestas*

Para el desarrollo de la tesis titulada Rediseño integral del colector de aguas lluvias del INSPI con conexión a la calle Alberto Borges, se realizó una encuesta dirigida a la comunidad y al personal que frecuenta las inmediaciones del Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSPI). Esta herramienta permitió recopilar información directa sobre las condiciones actuales del sistema de drenaje pluvial y las problemáticas que enfrentan durante episodios de lluvias intensas. El enfoque principal fue conocer la percepción ciudadana en cuanto a la acumulación de agua, el estado del colector y las posibles soluciones desde la óptica de quienes habitan o trabajan en la zona.

La encuesta constó de preguntas estructuradas que facilitaron la obtención de datos cuantificables y cualitativos, los cuales aportan un soporte técnico y social fundamental para sustentar la necesidad de rediseñar el colector. Se incluyeron aspectos relacionados con el funcionamiento del sistema, la frecuencia y gravedad de los daños observados, así como la aceptación y expectativas frente a la propuesta de conexión a la calle Alberto Borges. De esta manera, se buscó garantizar que el proyecto no solo responda a criterios hidráulicos, sino también a las necesidades y opiniones de los usuarios.

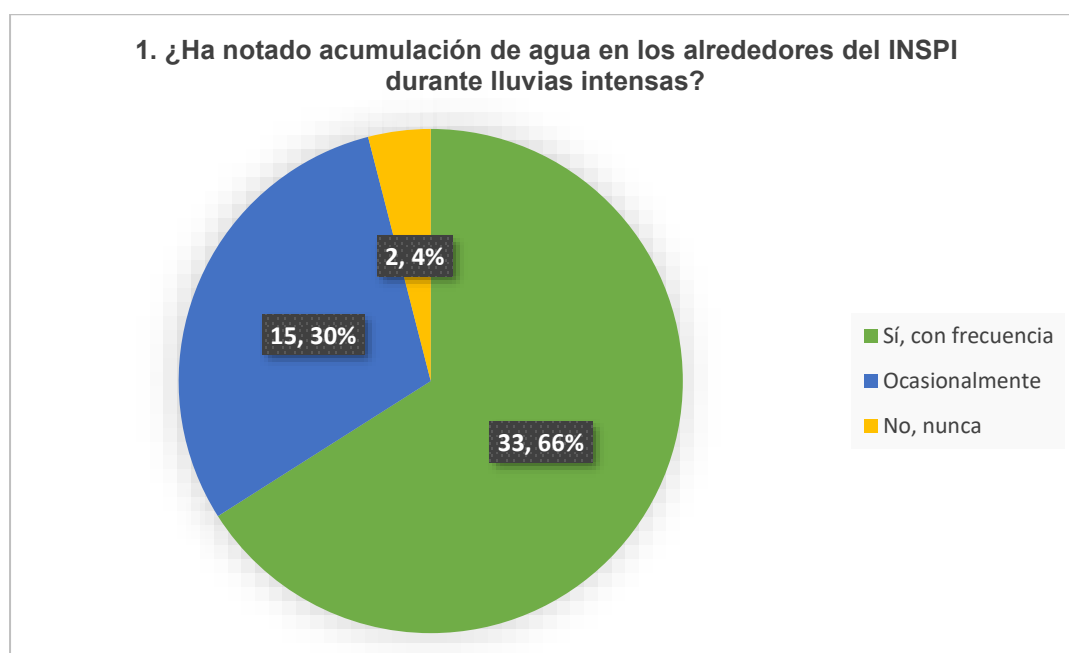
Los resultados obtenidos reflejan una problemática recurrente en el manejo del agua pluvial, evidenciada por la frecuencia con la que se producen acumulaciones y daños asociados. Asimismo, se destaca la confianza mayoritaria en que la mejora del sistema reducirá significativamente estos inconvenientes, junto con una amplia disposición a aceptar molestias temporales durante la ejecución de las obras. Estos datos ofrecen un respaldo sólido para avanzar en el rediseño integral, integrando factores técnicos y sociales que contribuyan a optimizar la infraestructura y el bienestar en el entorno del INSPI.

Tabla 8.Pregunta 1

1. ¿Ha notado acumulación de agua en los alrededores del INSPI durante lluvias intensas?	TOTAL
Sí, con frecuencia	33
Ocasionalmente	15
No, nunca	2
TOTAL	50P

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 20.Resultados de la pregunta 1



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

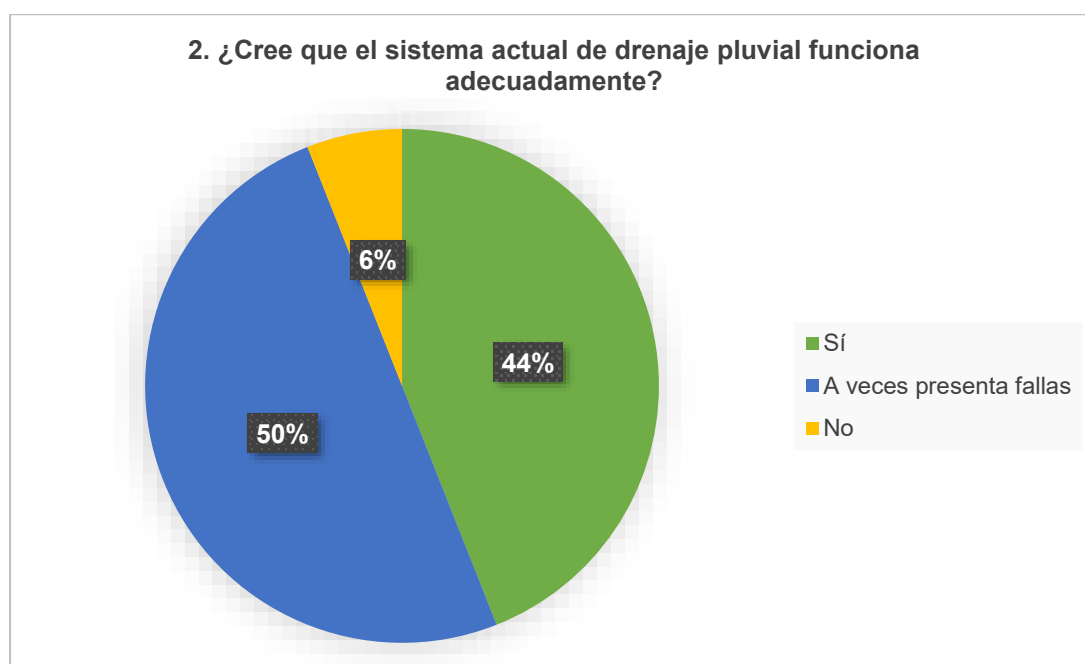
Análisis: Los resultados obtenidos revelan que el 66% de los encuestados percibe acumulación de agua de manera frecuente en los alrededores del INSPI durante episodios de lluvia intensa. Por otro lado, un 30% indica que esta situación ocurre ocasionalmente, mientras que apenas un 4% no ha notado acumulaciones. Estos datos evidencian que la mayoría de las personas han sido testigos de problemas de drenaje, lo cual sugiere que el sistema actual presenta deficiencias importantes en la evacuación del agua pluvial.

Tabla 9.Pregunta 2

2. ¿Cree que el sistema actual de drenaje pluvial funciona adecuadamente?	TOTAL
Sí	22
A veces presenta fallas	25
No	3
TOTAL	50P

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 21.Resultados de la pregunta 2



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

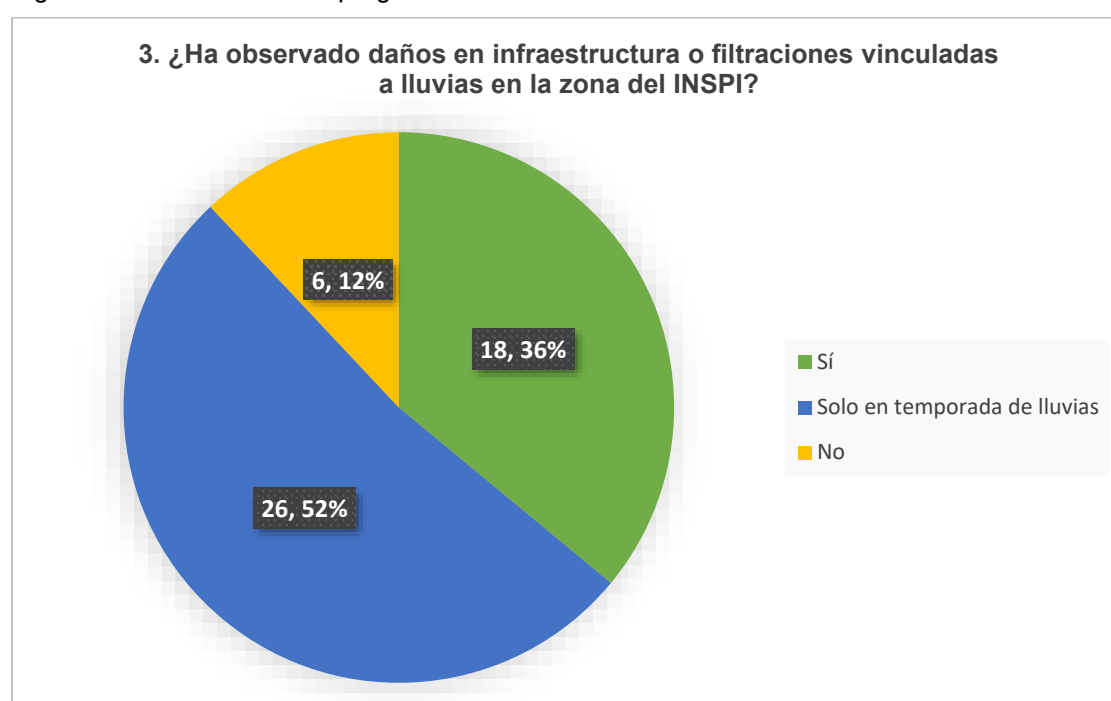
Análisis: De los 50 encuestados, el 50% considera que el sistema de drenaje pluvial actual presenta fallas ocasionales, mientras que un 44% opina que sí funciona adecuadamente. Solo un 6% afirma que el sistema no funciona. Estos resultados reflejan una percepción dividida, aunque con una ligera inclinación hacia la identificación de problemas funcionales esporádicos en la infraestructura de drenaje.

Tabla 10.Pregunta 3

3. ¿Ha observado daños en infraestructura o filtraciones vinculadas a lluvias en la zona del INSPI?	TOTAL
Sí	18
Solo en temporada de lluvias	26
No	6
TOTAL	50P

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 22.Resultados de la pregunta 3



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

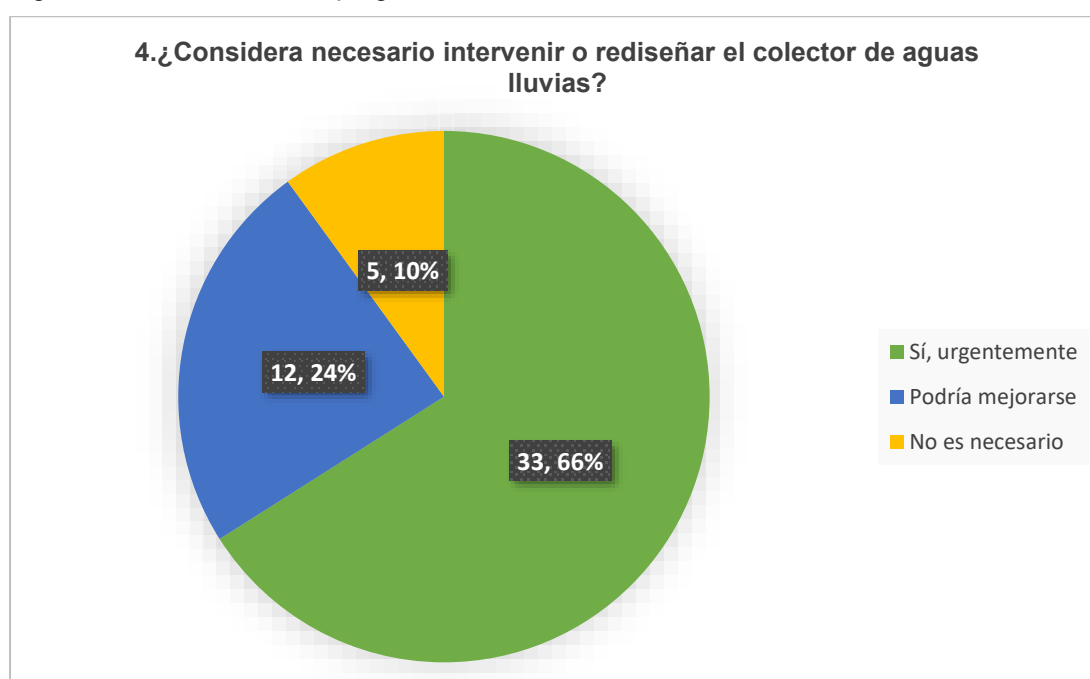
Análisis: Los datos indican que un 36% de los encuestados ha observado daños o filtraciones en cualquier época del año, mientras que un 52% los ha notado exclusivamente durante la temporada de lluvias. Solo un 12% manifiesta no haber percibido este tipo de afectaciones. Esto sugiere que la mayoría (88%) ha sido testigo de problemas estructurales relacionados con el manejo inadecuado del agua pluvial, lo cual evidencia una situación que requiere atención inmediata.

Tabla 11.Pregunta 4

4. ¿Considera necesario intervenir o rediseñar el colector de aguas lluvias?	TOTAL
Sí, urgentemente	33
Podría mejorarse	12
No es necesario	5
TOTAL	50P

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 23.Resultados de la pregunta 4



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

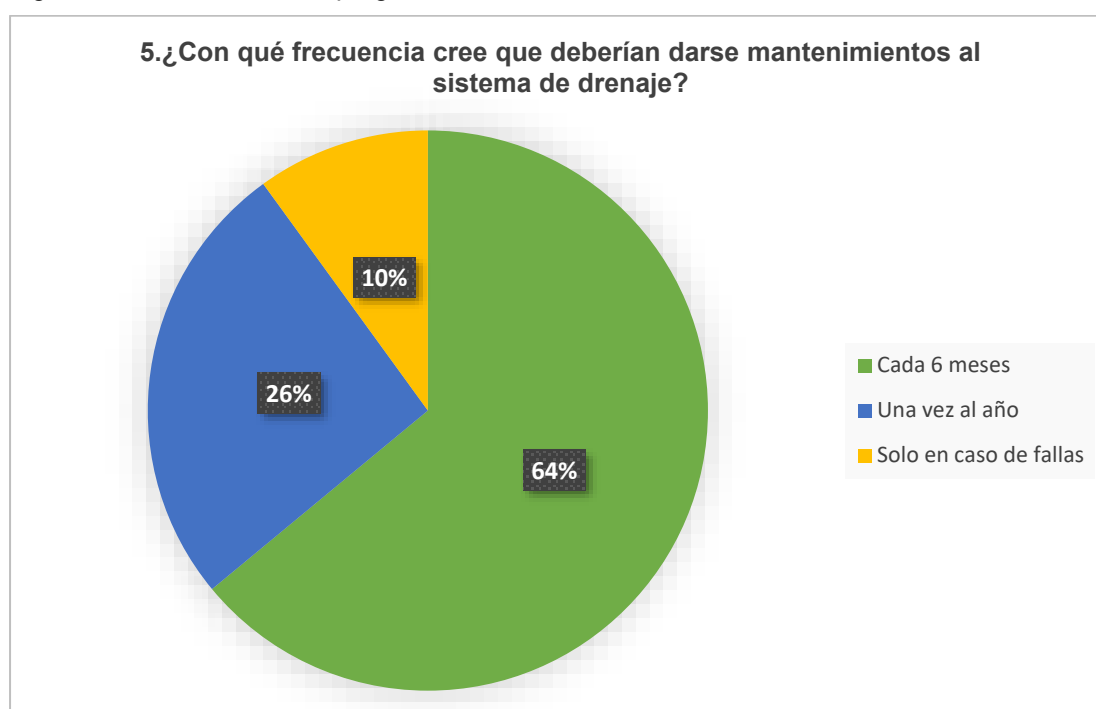
Análisis: Según los resultados obtenidos, el 66% de los encuestados considera urgente la intervención o rediseño del colector de aguas lluvias en el área del INSPI. Además, un 24% cree que podría mejorarse, mientras que solo un 10% opina que no es necesario realizar cambios. Esto evidencia un consenso amplio respecto a la insuficiencia del sistema actual y la necesidad de implementar mejoras estructurales.

Tabla 12.Pregunta 5

5. ¿Con qué frecuencia cree que deberían darse mantenimientos al sistema de drenaje?	TOTAL
Cada 6 meses	32
Una vez al año	13
Solo en caso de fallas	5
TOTAL	50P

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 24.Resultados de la pregunta 5



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

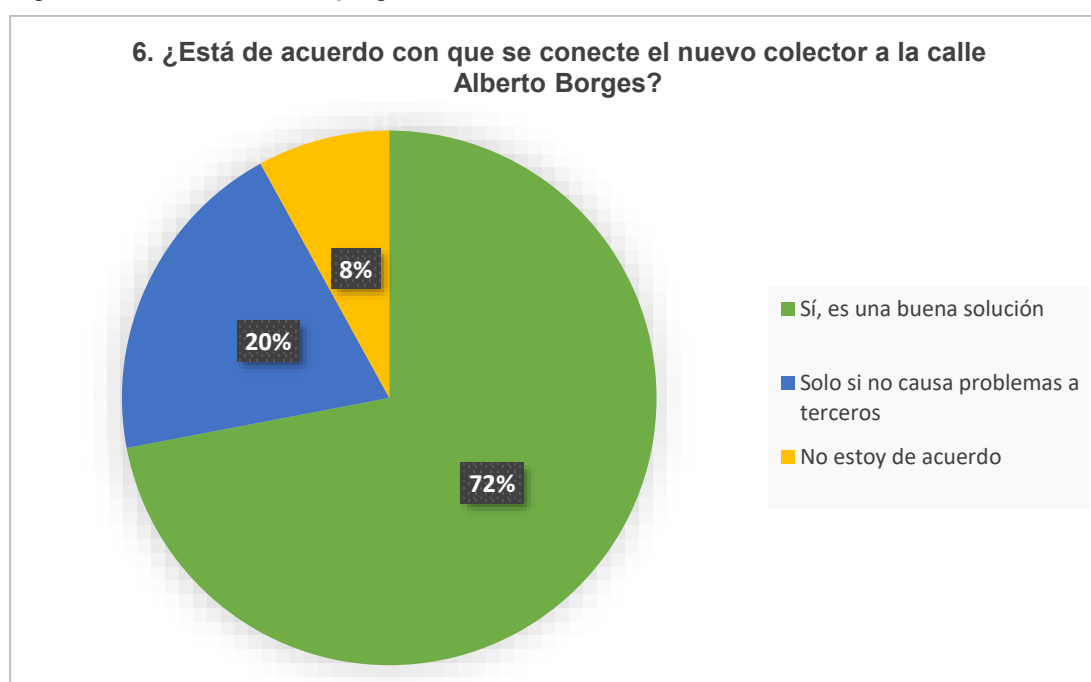
Análisis: Los resultados reflejan que el 64% de los encuestados considera que el sistema de drenaje debería recibir mantenimiento cada 6 meses, mientras que un 26% opina que basta con hacerlo una vez al año. Solo un 10% cree que el mantenimiento debe realizarse únicamente en caso de fallas. Esta distribución muestra una tendencia clara hacia una gestión preventiva y periódica del sistema. La mayoría de los participantes reconoce que el mantenimiento semestral es clave para prevenir obstrucciones, daños estructurales y fallos funcionales, especialmente en zonas propensas a lluvias intensas como el área del INSPI.

Tabla 13.Pregunta 3

6. ¿Está de acuerdo con que se conecte el nuevo colector a la calle Alberto Borges?	TOTAL
Sí, es una buena solución	36
Solo si no causa problemas a terceros	10
No estoy de acuerdo	4
TOTAL	50P

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 25.Resultados de la pregunta 6



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

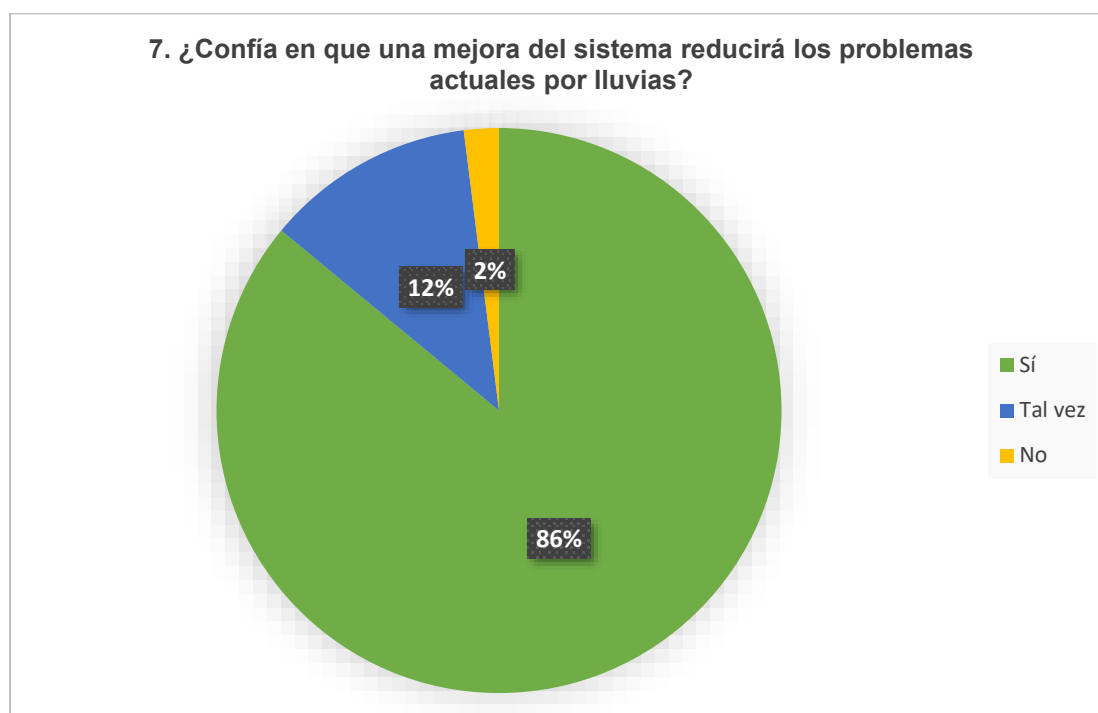
Análisis: De los encuestados, un 72% está completamente de acuerdo con la propuesta de conectar el nuevo colector a la calle Alberto Borges, considerando que representa una buena solución para mejorar el sistema de drenaje. Un 20% manifiesta su aceptación, pero con reservas, señalando que solo apoyaría la conexión siempre y cuando no afecte a terceros. Por otro lado, apenas un 8% no está de acuerdo con esta alternativa.

Tabla 14.Pregunta 7

7. ¿Confía en que una mejora del sistema reducirá los problemas actuales por lluvias?	TOTAL
Sí	43
Tal vez	6
No	1
TOTAL	50P

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 26.Resultados de la pregunta 7



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

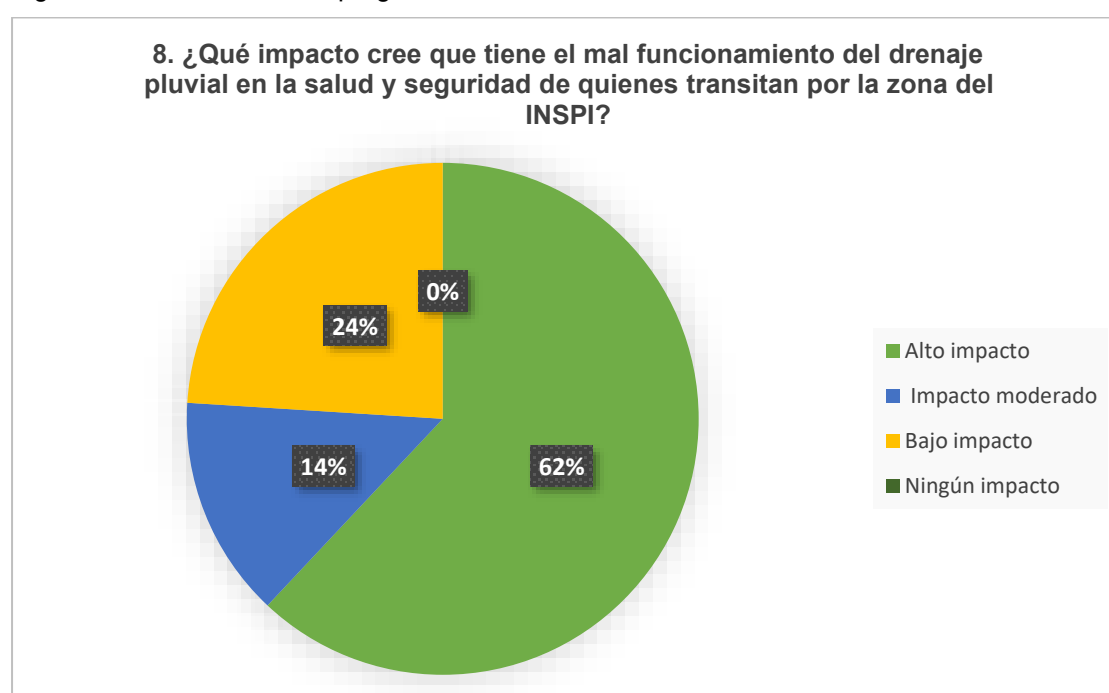
Análisis: Los resultados muestran que un abrumador 86% de los encuestados confía plenamente en que la mejora del sistema de drenaje pluvial contribuirá a reducir los problemas actuales ocasionados por las lluvias. Un 12% manifiesta dudas y solo un 2% no cree que una intervención tenga un efecto positivo. Este alto nivel de confianza indica que la comunidad percibe el drenaje deficiente como una causa directa de las afectaciones actuales y que una mejora estructural sería una solución efectiva y necesaria.

Tabla 15.Pregunta 8

8. ¿Qué impacto cree que tiene el mal funcionamiento del drenaje pluvial en la salud y seguridad de quienes transitan por la zona del INSPI?	TOTAL
Alto impacto	31
Impacto moderado	7
Bajo impacto	12
Ningún impacto	0
TOTAL	50P

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 27.Resultados de la pregunta 8



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

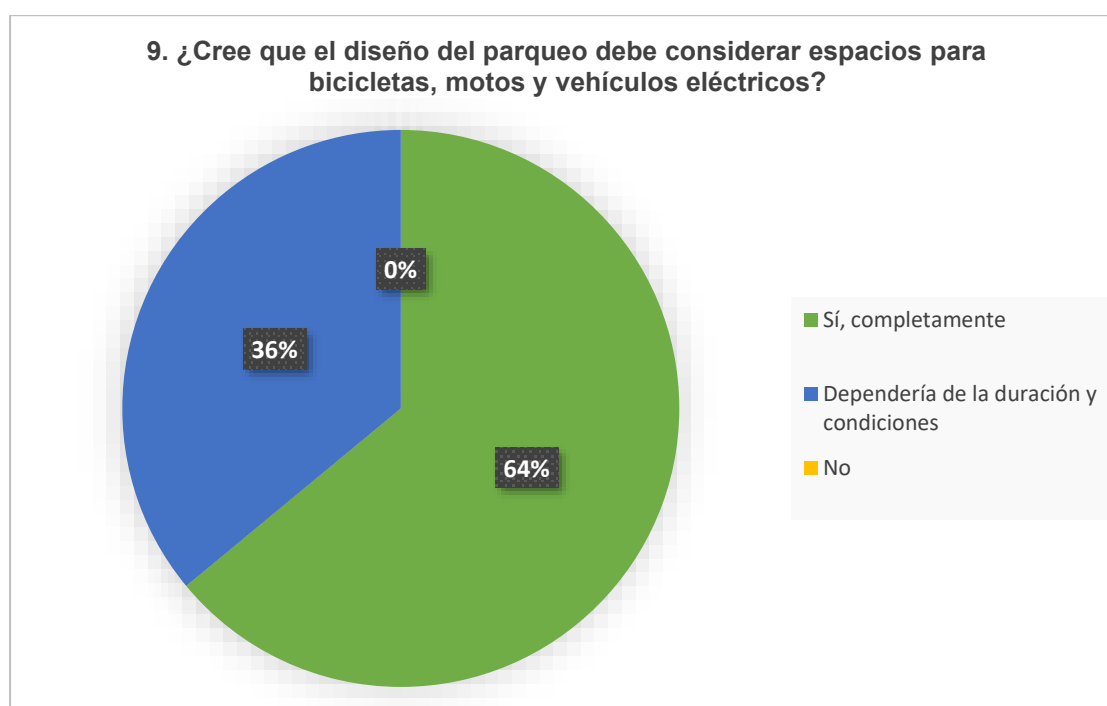
Análisis: Según los datos recopilados, un 62% de los encuestados percibe un alto impacto del mal funcionamiento del sistema de drenaje pluvial en la salud y seguridad de quienes transitan por la zona del INSPI. Un 14% considera que el impacto es moderado, mientras que un 24% lo percibe como bajo. Llama la atención que ninguna persona considera que no exista impacto alguno, lo que evidencia que el problema es reconocido por el 100% de los participantes en algún grado.

Tabla 16.Pregunta 9

9. ¿Estaría dispuesto/a a tolerar incomodidades temporales (ruido, desvíos, cierre de calles) si el resultado es un sistema de drenaje más eficiente?	TOTAL
Sí, completamente	32
Dependería de la duración y condiciones	18
No	0
TOTAL	50P

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 28.Resultados de la pregunta 9



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Análisis: Los resultados indican que el 64% de los encuestados está completamente dispuesto a tolerar incomodidades temporales como ruido, desvíos o cierre de calles con tal de obtener un sistema de drenaje más eficiente. El 36% restante estaría dispuesto bajo ciertas condiciones, como la duración de los trabajos o el nivel de afectación. Ningún encuestado manifestó estar en desacuerdo, lo cual refleja una actitud positiva generalizada hacia la intervención propuesta.

4.1.2 Resultados de los análisis previos del estado actual del sistema de drenaje

El levantamiento de información y la inspección directa del sistema de drenaje permitieron identificar que una parte significativa de las tuberías presenta obstrucciones causadas por acumulación de desechos sólidos. Esta situación reduce de manera considerable la sección útil para el flujo de agua, generando disminución en la capacidad hidráulica y aumentando el riesgo de taponamientos totales durante eventos de lluvia intensa. Se evidenció que varias tapas de registro se encuentran en mal estado, presentando fisuras, corrosión y desajustes. Esto no solo compromete la seguridad de los peatones y el acceso para mantenimiento, sino que también facilita la entrada de residuos sólidos y sedimentos al sistema, agravando las obstrucciones internas de las tuberías.

Durante la inspección se observaron zonas con acumulación prolongada de agua en superficie, especialmente en los puntos más bajos del sistema. Estas acumulaciones están directamente relacionadas con el deficiente flujo en las conducciones, lo que indica que el sistema no está evacuando el caudal de manera eficiente y que los puntos de descarga podrían encontrarse parcialmente bloqueados o insuficientemente dimensionados. Asimismo, se detectó la presencia de malos olores emanados de varios registros y puntos de acumulación. Esto sugiere estancamiento de aguas residuales y posible fermentación de materia orgánica en el interior de las conducciones, lo que no solo representa un problema sanitario, sino que también evidencia una ventilación inadecuada y una operación deficiente del sistema en su conjunto.

En conclusión, la evaluación general del sistema refleja una falta de mantenimiento preventivo y correctivo a lo largo del tiempo, lo que ha permitido que las deficiencias estructurales y operativas se acumulen. La ausencia de un plan de limpieza sistemática, sumada a la carencia de inspecciones periódicas, ha favorecido la degradación progresiva de las infraestructuras y el aumento de problemas como obstrucciones, filtraciones y deterioro de elementos superficiales. Esta situación demanda una intervención inmediata para restablecer la funcionalidad del sistema y prevenir daños mayores tanto en la red como en el entorno urbano que depende de

su correcto funcionamiento. Los resultados se detallan en las figuras 29, 30, 31, 32y 33:

Figura 29.Sistema de drenaje con estancamientos de aguas



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 30. Tapas de registro en mal estado y con escombros



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 31. Tuberías casi completas de residuos y desechos



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 32. Cajas de registro con plásticos



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 33. Acumulación de agua y malos olores



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

4.1.3 Resultados de cálculos del diseño existente

El primer tramo, identificado como CO-28 entre los pozos MH-34 y MH-35, presenta una pendiente moderada de 0,91 m/km. Con un diámetro de 250 mm y un caudal de 180,14 L/s, la velocidad alcanza 3,67 m/s y la profundidad de salida es de 0,79 m. Estas condiciones reflejan un comportamiento hidráulico estable, adecuado para la conducción, ya que se mantiene un flujo continuo sin riesgo inmediato de sedimentación.

En el tramo CO-29, que conecta MH-36 con MH-35, la pendiente se incrementa levemente a 0,96 m/km. El caudal disminuye a 72,86 L/s y la velocidad se reduce a 1,48 m/s, alcanzando una profundidad de salida de 1,00 m. Se trata de un sector con menor aporte de caudal, pero con parámetros que permiten mantener la circulación de agua sin estancamientos, aunque se ubica en un límite bajo de velocidad recomendada.

El tramo CO-31, correspondiente a la unión entre MH-35 y MH-38, muestra un cambio significativo, pues el caudal aumenta a 374,96 L/s, generando una velocidad de 7,64 m/s. Aunque la pendiente es de 0,97 m/km, similar a los tramos previos, el incremento de volumen conduce a una mayor exigencia hidráulica. Este comportamiento revela un posible punto de riesgo por el exceso de velocidad, que podría afectar la durabilidad del conducto.

Continuando con el tramo CO-32, entre MH-38 y MH-39, el caudal se eleva a 561,71 L/s y la velocidad llega a 11,44 m/s, con una profundidad de salida de 1,20 m. La pendiente de 1,01 m/km refuerza este comportamiento, consolidando al tramo como uno de los más demandantes dentro de la red. Las condiciones aquí observadas superan los rangos habituales, lo que evidencia un riesgo de turbulencias y deterioro en las tuberías.

El tramo CO-33, que va de MH-39 a MH-40, presenta un caudal de 638,70 L/s y una velocidad de 13,01 m/s. La profundidad de salida alcanza 1,25 m y la pendiente se mantiene en valores cercanos al 1 m/km. Se trata de un tramo crítico, donde la combinación de gran caudal y alta velocidad incrementa la posibilidad de desgaste y sobrecarga en el sistema.

Finalmente, el tramo CO-34, que conecta MH-40 con O-5, registra las condiciones más extremas de todo el diseño. El caudal llega a 709,82 L/s y la velocidad se eleva a 14,46 m/s, con una pendiente de 1,48 m/km. A pesar de que la profundidad de salida es reducida (0,25 m), los valores de caudal y velocidad evidencian que este sector trabaja muy por encima de su capacidad de diseño, representando el mayor riesgo de la red.

Tabla 17. Resultados de los cálculos del diseño existente del sistema hidráulico

FlexTable: Conduit Table					
ID	Label	Start Node	Set Invert to Start?	Invert (Start) (m)	Stop Node
103	CO-28	MH-34	True	3,15	MH-35
105	CO-29	MH-36	True	2,94	MH-35
109	CO-31	MH-35	True	2,90	MH-38
111	CO-32	MH-38	True	2,67	MH-39
113	CO-33	MH-39	True	2,60	MH-40
115	CO-34	MH-40	True	2,50	O-5
Set Invert to Stop?	Invert (Stop) (m)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)	Length (Scaled) (m)	Slope (Calculated) (m/km)
False	3,11	False		43,8	0,91
True	2,90	False		41,9	0,96
False	2,87	False		31,0	0,97
True	2,60	False		69,1	1,01
True	2,50	False		102,2	0,98
True	2,49	False		6,8	1,48
Section Type	Diameter (mm)	Manning's n	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Depth (Out) (m)
Circle	250,0	0,013	180,14	3,67	0,79
Circle	250,0	0,013	72,86	1,48	1,00
Circle	250,0	0,013	374,96	7,64	0,98
Circle	250,0	0,013	561,71	11,44	1,20
Circle	250,0	0,013	638,70	13,01	1,25
Circle	250,0	0,013	709,82	14,46	0,25
Capacity (Full Flow) (L/s)	Flow / Capacity (Design) (%)	Depth (Normal) / Rise (%)	Notes		
17,98	1.002,1	(N/A)			
18,38	396,3	(N/A)			
18,49	2.027,8	(N/A)			
18,93	2.967,7	(N/A)			
18,60	3.433,7	(N/A)			
22,87	3.103,2	(N/A)			

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Tabla 18.Resultados de los cálculos del diseño existente del sistema hidráulico

FlexTable: Catchment Table					
ID	Label	Outflow Element	Area (User Defined) (ha)	Runoff Coefficient (Rational)	Time of Concentration (min)
89	CM-3	MH-40		0,800	5,000
116	CM-4	MH-36		0,300	5,000
117	CM-5	MH-36		0,800	5,000
118	CM-6	MH-34		0,800	5,000
119	CM-7	MH-35		0,300	5,000
120	CM-8	MH-34		0,800	5,000
121	CM-9	MH-34		0,300	5,000
122	CM-10	MH-35		0,300	5,000
123	CM-11	MH-39		0,300	5,000
125	CM-13	MH-38		0,300	5,000
126	CM-14	MH-40		0,800	5,000
127	CM-15	MH-35		0,800	5,000
128	CM-16	MH-38		0,800	5,000
129	CM-17	MH-38		0,800	5,000
130	CM-18	MH-39		0,800	5,000
Flow (Total Out) (L/s)		Notes			
46,91					
55,39					
17,46					
85,58					
89,29					
67,84					
26,72					
26,58					
69,30					
103,54					
29,26					
12,37					
38,30					
49,42					
11,52					

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

4.1.4 Resultados del Diseño hidráulico existente

El perfil hidráulico muestra el comportamiento del sistema de alcantarillado existente a lo largo de los distintos tramos que conectan los pozos de inspección. En el gráfico se observa que la línea verde corresponde al terreno natural, mientras que las líneas azul y roja representan la tubería y la lámina de agua respectivamente. A medida que avanza el trazado, la profundidad de instalación se incrementa, lo que permite mantener la conducción por gravedad.

En el primer tramo (CO-28, entre MH-34 y MH-35) se aprecia una pendiente moderada de 0,91 m/km, lo que posibilita transportar un caudal de 180,14 L/s sin inconvenientes. Este sector se mantiene dentro de un rango aceptable, con un flujo estable y sin riesgo de sedimentación. Posteriormente, en el tramo CO-31 (MH-35 a MH-38), el caudal se eleva de forma considerable hasta alcanzar 374,96 L/s. Esta condición genera un aumento en la demanda hidráulica y provoca que la línea de energía se acerque más al terreno, evidenciando mayor esfuerzo en el sistema.

El tramo CO-32, comprendido entre MH-38 y MH-39, refleja uno de los puntos más exigentes del perfil. Con un caudal de 561,71 L/s y una pendiente de 1,01 m/km, la velocidad de conducción se incrementa notablemente, lo que puede generar turbulencias y desgaste en las tuberías. Este comportamiento se mantiene en el tramo CO-33 (MH-39 a MH-40), donde el caudal sube a 638,70 L/s y la lámina de agua continúa elevándose, lo que confirma que la red está trabajando al límite de su capacidad.

Finalmente, el tramo CO-34 (MH-40 a O-5) concentra las condiciones más críticas. Con un caudal de 709,82 L/s y una pendiente pronunciada de 1,48 m/km, la velocidad de circulación se incrementa hasta valores que superan lo recomendable para un conducto de 250 mm de diámetro. El gráfico evidencia que la línea de energía se ubica muy cerca de la superficie del terreno, lo que indica una operación bajo presión y un alto riesgo de sobrecarga.

En términos generales, el perfil hidráulico confirma que el sistema existente cumple con la evacuación de los caudales, pero lo hace bajo parámetros que sobrepasan las condiciones de diseño. Las velocidades elevadas y la cercanía de la

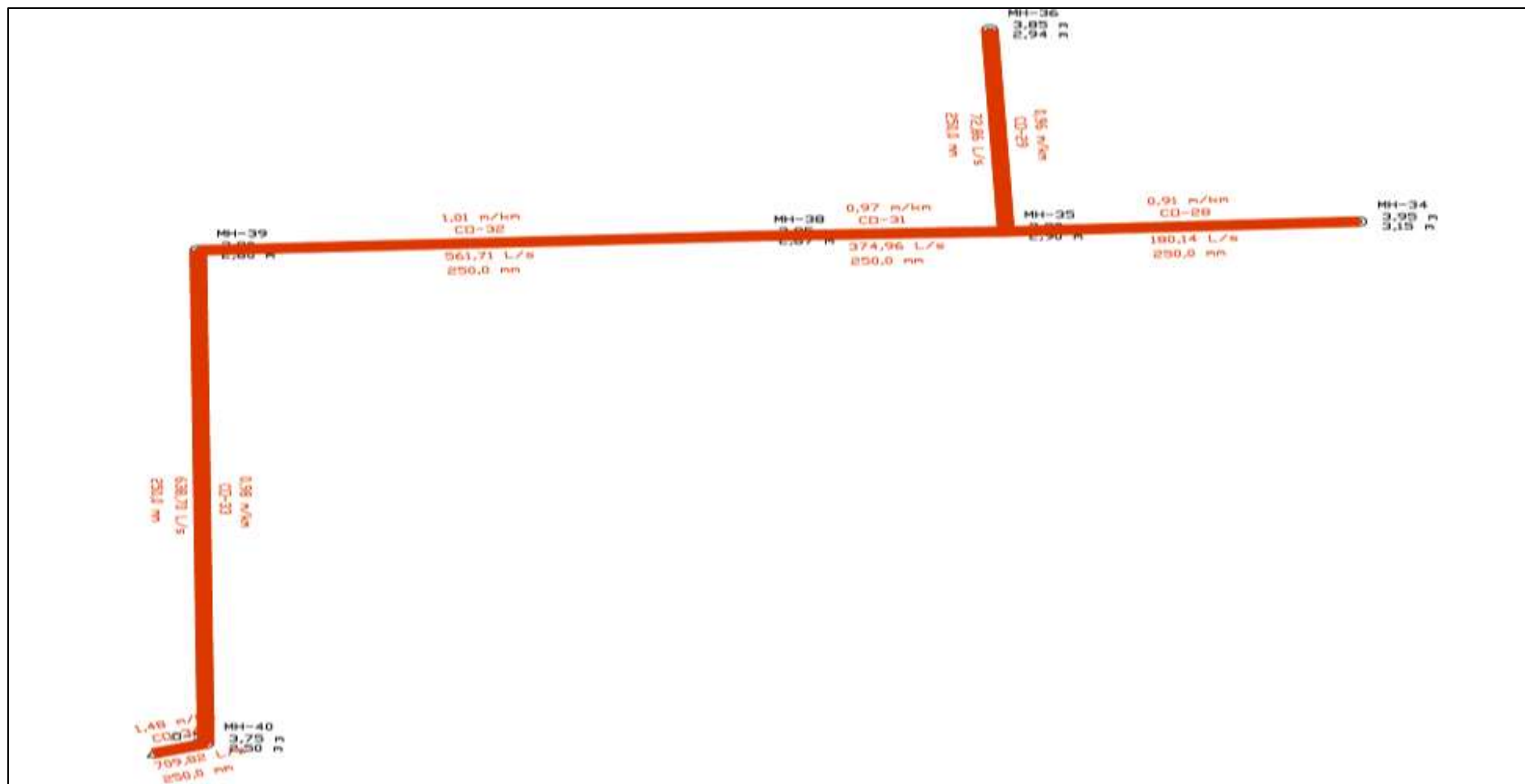
lámina de agua al terreno en los últimos tramos son señales de saturación, lo que compromete la seguridad y durabilidad de la red. Estos resultados hacen evidente la necesidad de replantear el diseño mediante diámetros mayores o alternativas que garanticen un funcionamiento más eficiente y seguro.

Figura 34. Diseño para de sistema existente perfiles



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 35. Diseño para de sistema de hidráulico existente de AA. LL



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

4.1.5 Resultados de cálculos para el rediseño del sistema hidráulico

El rediseño plantea un aumento del diámetro de las tuberías a 600 mm, con un coeficiente de rugosidad de Manning reducido a 0,010. Esta modificación genera una mejora significativa en la capacidad de conducción, ya que los caudales que anteriormente superaban ampliamente la capacidad de los conductos ahora se encuentran dentro de rangos más seguros. Además, las velocidades de circulación se reducen considerablemente, ubicándose entre 0,61 y 1,22 m/s, valores que permiten un transporte eficiente del agua sin riesgo de erosión ni sedimentación.

En el tramo CO-28 (MH-34 a MH-35), el caudal conducido es de 82,04 L/s, con una velocidad de 0,77 m/s y una profundidad de salida de apenas 0,18 m. Esto refleja un funcionamiento estable y holgado frente a la capacidad total del conducto (241,30 L/s), con una ocupación de apenas el 34 %. De manera similar, el tramo CO-29 (MH-36 a MH-35) presenta un caudal de 33,18 L/s con una velocidad de 0,61 m/s, representando solo el 13,4 % de la capacidad, lo que confirma un sobredimensionamiento que asegura un óptimo desempeño.

El tramo CO-31 (MH-35 a MH-38) evidencia un caudal de 172,87 L/s, lo que corresponde al 69,6 % de la capacidad. Aunque la conducción se acerca más al límite de diseño que en los tramos anteriores, el comportamiento sigue siendo adecuado, con una velocidad de 0,95 m/s y una profundidad de salida de 0,30 m. Por su parte, el tramo CO-32 (MH-38 a MH-39) alcanza 259,05 L/s, equivalente al 102 % de la capacidad teórica (254,05 L/s). Este es uno de los puntos más exigidos del sistema, pero aún se mantiene dentro de parámetros funcionales, aunque cercano al límite máximo.

En el tramo CO-33 (MH-39 a MH-40), el caudal de 294,35 L/s representa el 117,9 % de la capacidad (249,67 L/s), superando el valor recomendado. Sin embargo, al incrementarse el diámetro, la velocidad se mantiene en 1,04 m/s y la profundidad de salida en 0,42 m, lo que permite un mejor control frente a los problemas observados en el diseño anterior. Finalmente, el tramo CO-34 (MH-40 a O-5) transporta 326,60 L/s, con una ocupación del 106,4 % respecto a la capacidad total. Aunque se encuentra levemente por encima de lo recomendable, las condiciones

hidráulicas mejoran sustancialmente en comparación al sistema previo, reduciendo el riesgo de presiones excesivas y sobrecargas.

Tabla 19. Cálculos del sistema hidráulico para el rediseño

FlexTable: Conduit Table					
ID	Label	Start Node	Set Invert to Start?	Invert (Start) (m)	Stop Node
103	CO-28	MH-34	True	3,15	MH-35
105	CO-29	MH-36	True	2,94	MH-35
109	CO-31	MH-35	True	2,90	MH-38
111	CO-32	MH-38	True	2,67	MH-39
113	CO-33	MH-39	True	2,60	MH-40
115	CO-34	MH-40	True	2,50	O-5
Set Invert to Stop?	Invert (Stop) (m)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)	Length (Scaled) (m)	Slope (Calculated) (m/km)
False	3,11	False		43,8	0,91
True	2,90	False		41,9	0,96
False	2,87	False		31,0	0,97
True	2,60	False		69,1	1,01
True	2,50	False		102,2	0,98
True	2,49	False		6,8	1,48
Section Type	Diameter (mm)	Manning's n	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Depth (Out) (m)
Circle	600,0	0,010	82,04	0,77	0,18
Circle	600,0	0,010	33,18	0,61	0,34
Circle	600,0	0,010	172,87	0,95	0,30
Circle	600,0	0,010	259,05	1,02	0,50
Circle	600,0	0,010	294,35	1,04	0,42
Circle	600,0	0,010	326,60	1,22	0,37
Capacity (Full Flow) (L/s)	Flow / Capacity (Design) (%)	Depth (Normal) / Rise (%)	Notes		
241,30	34,0	40,2			
246,77	13,4	24,8			
248,20	69,6	61,4			
254,05	102,0	83,9			
249,67	117,9	(N/A)			
307,03	106,4	89,6			

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Tabla 20. Cálculos del sistema de drenaje para rediseño

FlexTable: Catchment Table					
ID	Label	Outflow Element	Area (User Defined) (ha)	Runoff Coefficient (Rational)	Time of Concentration (min)
89	CM-3	MH-40		0,800	60,000
116	CM-4	MH-36		0,300	60,000
117	CM-5	MH-36		0,800	60,000
118	CM-6	MH-34		0,800	60,000
119	CM-7	MH-35		0,300	
120	CM-8	MH-34		0,800	60,000
121	CM-9	MH-34		0,300	60,000
122	CM-10	MH-35		0,300	60,000
123	CM-11	MH-39		0,300	60,000
125	CM-13	MH-38		0,300	60,000
126	CM-14	MH-40		0,800	60,000
127	CM-15	MH-35		0,800	60,000
128	CM-16	MH-38		0,800	60,000
129	CM-17	MH-38		0,800	60,000
130	CM-18	MH-39		0,800	60,000
147	CM-19	<None>	0,000	0,000	0,000
Flow (Total Out) (L/s)	Notes				
21,36					
25,23					
7,95					
38,98					
40,66					
30,89					
12,17					
12,11					
31,56					
47,16					
13,32					
5,64					
17,44					
22,51					
5,25					
(N/A)					

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

4.1.6 Resultados del rediseño del sistema hidráulico

El perfil hidráulico del rediseño muestra un sistema optimizado que mantiene la conducción por gravedad de manera constante y eficiente a lo largo de los distintos tramos, conectando las cámaras de inspección desde MH-34 hasta MH-40. En el gráfico, se identifica la línea verde como el terreno natural, mientras que la línea azul representa la tubería y la línea roja la lámina de agua. A lo largo del trazado, se

observa que la profundidad de instalación ha sido ajustada cuidadosamente para asegurar pendientes uniformes y un comportamiento hidráulico más controlado.

En el primer tramo (CO-28, entre MH-34 y MH-35), se implementa una pendiente de 0,91 m/km, permitiendo el transporte de un caudal de 82,04 L/s sin generar presiones excesivas ni riesgos de sedimentación. Este tramo opera con un flujo estable, conservando un margen suficiente entre la lámina de agua y el diámetro útil del conducto, lo que garantiza un funcionamiento adecuado y sin restricciones.

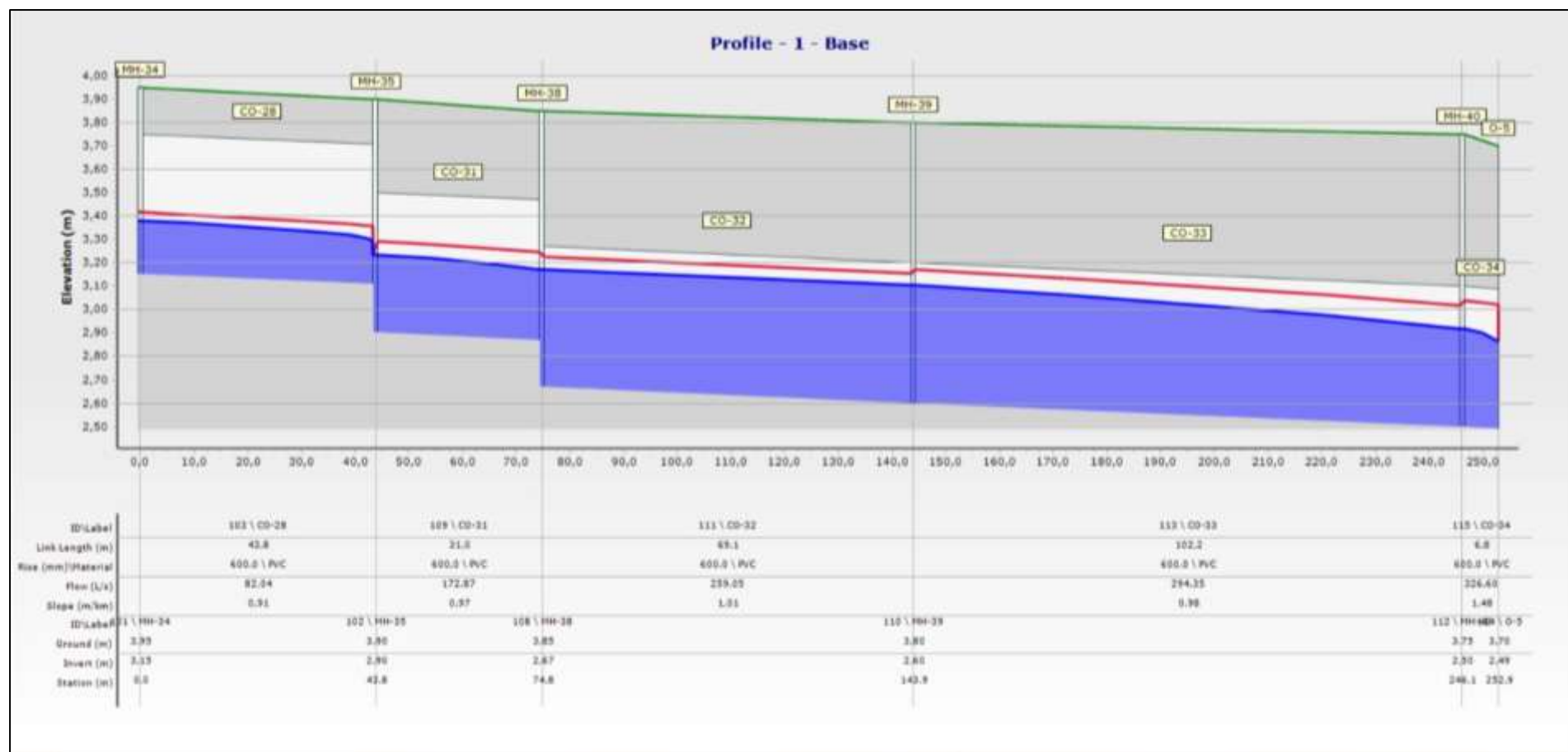
En el tramo CO-31 (MH-35 a MH-38), el rediseño permite el paso de hasta 172,87 L/s, manteniendo una pendiente de 0,97 m/km. A pesar del aumento del caudal, el sistema continúa operando dentro de condiciones seguras, con velocidades bien distribuidas y sin acercamientos críticos entre la línea de energía y la superficie del terreno. Esto contrasta con el sistema anterior, donde ya se evidenciaban señales de sobrecarga a este nivel de flujo.

El tramo CO-32 (MH-38 a MH-39), uno de los más exigentes, fue rediseñado con una pendiente de 1,01 m/km y una capacidad de conducción de 259,05 L/s. La geometría del perfil garantiza que el flujo se mantenga subcrítico, con velocidades adecuadas y sin provocar turbulencias ni presiones internas. Esta sección representa una mejora significativa, ya que en el diseño previo se comenzaban a alcanzar límites de capacidad que generaban riesgos de operación bajo presión.

Seguidamente, el tramo CO-33 (MH-39 a MH-40) maneja un caudal de 294,35 L/s y una pendiente de 0,98 m/km. La lámina de agua permanece estable, alejada del nivel del terreno, lo que refleja una operación eficiente, sin riesgos de sobrecarga. La continuidad del perfil permite una transición suave entre cámaras, reduciendo pérdidas de carga y mejorando el comportamiento general del sistema.

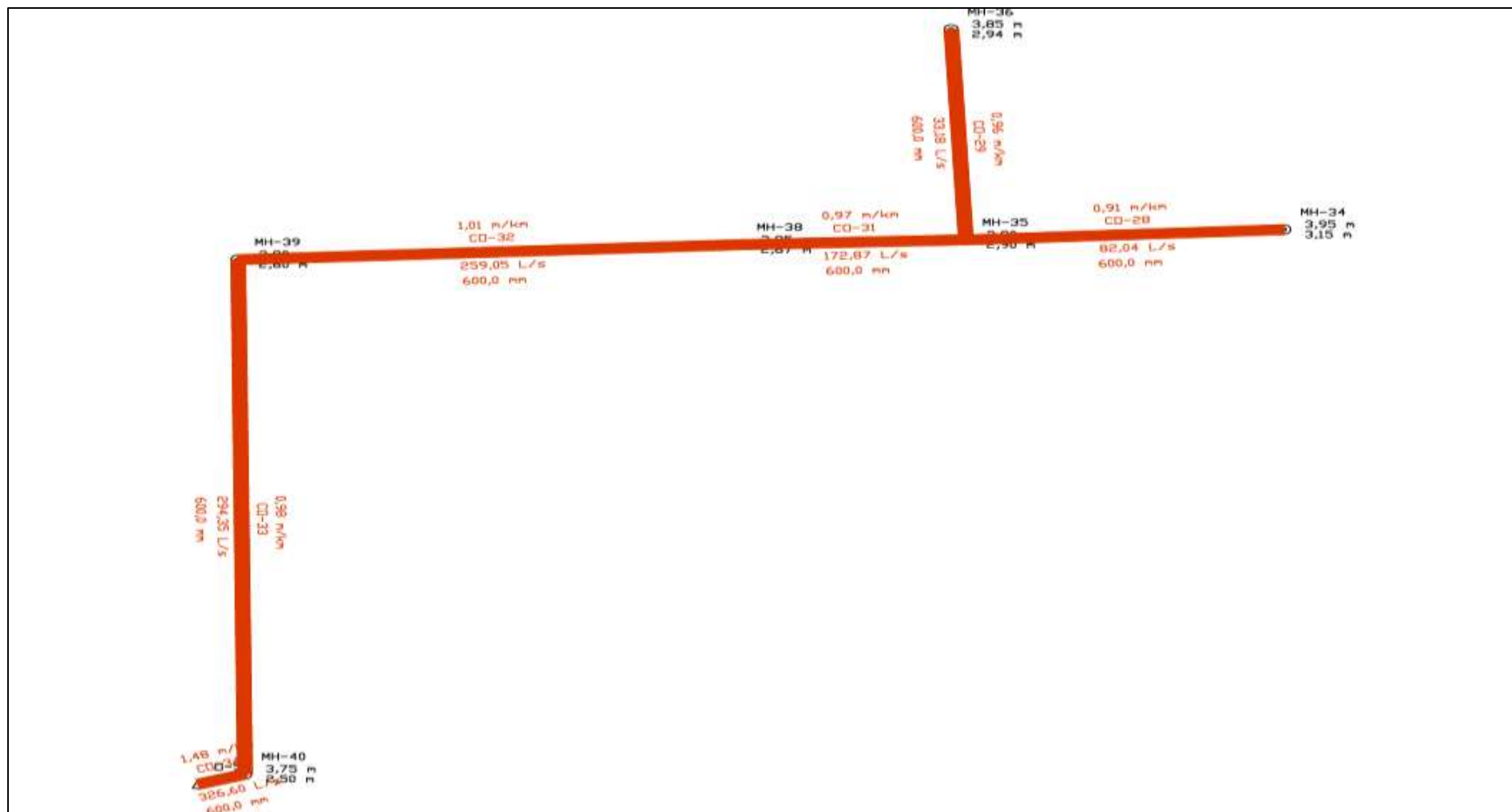
Finalmente, en el tramo CO-34 (MH-40 a O-5), se logra una conducción de hasta 326,60 L/s con una pendiente de 1,48 m/km. Aunque este es el tramo con mayor caudal y pendiente del sistema, el rediseño asegura que el flujo se mantenga dentro del conducto sin alcanzar condiciones de presión.

Figura 36.Rediseño de sistema hidráulico perfiles



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Figura 37. Resultados del rediseño del sistema de drenaje tuberías de AA. LL



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

4.1.7 Resultados del hidrograma unitario: Con los valores de Q_p y T_p , se utiliza el hidrograma adimensional del SCS

Se proporciona las ordenadas del caudal normalizado en función del tiempo normalizado (t/T_p). Estas ordenadas están tabuladas en intervalos de 0.2 (por ejemplo, 0.2, 0.4, 0.6, ..., hasta 3.0). Cada valor tabulado (adimensional) se multiplica por Q_p para obtener el caudal real en ese instante.

- El tiempo correspondiente se calcula multiplicando T_p por cada valor de t/T_p .
- De este modo, se obtiene el hidrograma unitario real de la cuenca.

El hidrograma SCS tiene una relación entre duración total y tiempo al pico de:

$$T_b/T_p = 5$$

Lo que implica que el hidrograma dura 5 veces el tiempo al pico. Con el cálculo se pudo obtener el volumen total de 270 m³ de almacenamiento para las precipitaciones que van a surgir en el predio INSPI.

Tabla 21. Cálculos del hidrograma

tp Qp		11,2 301,37				
t/tp	Q/Qp	t(minutos)	t(segundos)	Q(l/s)	x	
0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,20	0,1000	2,24	134,40	30,14	134,40	2025,2064
0,40	0,3100	4,48	268,80	93,42	134,40	8303,34624
0,60	0,6600	6,72	403,20	198,90	134,40	19644,5021
0,80	0,9300	8,96	537,60	280,27	134,40	32200,7818
1,00	1,0000	11,20	672,00	301,37	134,40	39086,4835
1,20	0,9300	13,44	806,40	280,27	134,40	39086,4835
1,40	0,7800	15,68	940,80	235,07	134,40	34631,0294
1,60	0,5600	17,92	1075,20	168,77	134,40	27137,7658
1,80	0,3900	20,16	1209,60	117,53	134,40	19239,4608
2,00	0,2800	22,40	1344,00	84,38	134,40	13568,8829
2,20	0,2070	24,64	1478,40	62,38	134,40	9862,75517
2,40	0,1470	26,88	1612,80	44,30	134,40	7169,23066
2,60	0,1070	29,12	1747,20	32,25	134,40	5144,02426
2,80	0,0770	31,36	1881,60	23,21	134,40	3726,37978
3,00	0,0550	33,60	2016,00	16,58	134,40	2673,27245
3,20	0,0400	35,84	2150,40	12,05	134,40	1923,94608
3,40	0,0290	38,08	2284,80	8,74	134,40	1397,39242
3,60	0,0210	40,32	2419,20	6,33	134,40	1012,6032
3,80	0,0150	42,56	2553,60	4,52	134,40	729,074304
4,00	0,0110	44,80	2688,00	3,32	134,40	526,553664
4,20	0,0100	47,04	2822,40	3,01	134,40	425,293344
4,40	0,0070	49,28	2956,80	2,11	134,40	344,285088
4,60	0,0030	51,52	3091,20	0,90	134,40	202,52064
4,80	0,0015	53,76	3225,60	0,45	134,40	91,134288
5,00	0,0000	56,00	3360,00	0,00	134,40	30,378096
						270182,786
						270,182786

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

4.1.8 Resultados del análisis para la instalación Tanque de almacenamiento AA. LL AquaCell

Dada la incapacidad del sistema de tubería para evacuar la corriente causada por la precipitación, se instaló el tanque de almacenamiento, donde permite atrapar, mantener y regular el exceso de agua, evitando el desbordamiento y promover un mejor control de drenaje pluvial.

Figura 38. Diseños de tuberías



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

4.1.9 Resultados del presupuesto referencial para sistema de drenaje

En la tabla se observa la utilización de tubería de PVC rígido de pared estructurada con diámetro exterior de 850 mm y un diámetro interior de 600 mm, correspondiente a la serie 5C. Además, se incluyen trabajos complementarios como el empotramiento de rejillas con su respectiva reconstrucción y la construcción de sumideros simples que integran la colocación de rejillas. También se considera la instalación de tapas de hierro dúctil de 800 mm de diámetro nominal, clase D-400, lo que garantiza resistencia y durabilidad en la operación del sistema.

Asimismo, se contempla la construcción de cámaras de válvula de hormigón armado con dimensiones que van desde 3.01 hasta 3.50 metros, las cuales incluyen losas desmontables para facilitar el acceso y mantenimiento. Estos elementos

representan parte de la infraestructura necesaria para el buen funcionamiento del sistema hidráulico, asegurando accesibilidad y control en la red.

En el rubro de materiales, se reporta un volumen de 94.37 m³ de sub-base clase I, compactada bajo pavimento rígido. Este material se cotiza a un precio unitario de 21.16 dólares, lo que representa un costo total de 1,996.87 dólares. Dentro de esta partida se consideran materiales de mejoramiento compactados con cascajo importado, así como el uso de piedra graduada en fracciones de ½" a ¾", dispuesta en replantillo y relleno mecánicamente compactado.

Finalmente, se incluye el transporte y la instalación de tuberías de PVC rígido de pared estructurada, con acabado interior liso y un diámetro nominal de 850 mm, destinadas al colector principal. Esta actividad asegura la conducción eficiente de los caudales, complementando las partidas anteriores que abarcan tanto la obra civil como los componentes estructurales y de equipamiento.

Figura 39. Presupuesto referencial para el sistema de drenaje

PRESUPUESTO DE OBRA							
PROYECTO		TESIS: REDISEÑO INTEGRAL DEL COLECTOR DE AGUAS LLUVIAS DEL INSPI CON CONEXIÓN A LA CALLE ALBERTO		Contratista	CONSTRUCCIONES S.A		
Dirección		GUAYAQUIL- CALLE ALBERTO BORGUEZ		Analista	Elaborado	Roberto Conforme	Maria Mora
					Revisado	Roberto Conforme	Maria Mora
					Aprobado	ULVR	ULVR
Item	Cantidad	Unidad	Descripción			Precio U	Precio T
Materiales							
1	294.80	m	TUBO PVC RÍGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA D EXTERIOR = 650 MM , D INTERIOR 600 MM SERIE 5(*)			\$63.97	\$18 858.36
5	16.00	u	EMPOTRAMIENTO DE REJILLAS Y RECONSTRUCCION			\$45.00	\$720.00
6	14.00	u	CONSTRUCCIÓN DE SUMIDERO SIMPLE, (ALC-0823), (INCLUYE EMPOTRADA DE REJILLA)			\$156.48	\$2 190.72
7	6.00	u	TAPA DE HIERRO DÚCTIL DN 600 MM CLASE D 400			\$198.20	\$1 189.20
8	6.00	u	CONSTRUCCIÓN DE CÁMARA DE VÁLVULA DE HA, DE 3.01M A 3.50M TIPO II (INCLUYE LOSA DESMONTABLE).			\$5 146.61	\$30 879.66
							\$53 837.94
Alcantarillado Pluvial							
13	592.80	m	PERFILADA DE HORMIGÓN SIMPLE EN ACERA			\$3.33	\$1 974.02
15	1.00	m	ROTURA DE BORDILLO Y CUNETA DE 0,40 M X 0,20 M Y 0,40 M X 0,20 M			\$14.81	\$14.81
17	596.00	m2	ROTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO EN CALLE DE E = 0.20M, CON BOB - CAT.			\$18.38	\$10 954.48
18	14.00	u	ROTURA Y RESANE DE CÁMARA SIN PRESENCIA DE AGUA DE D=20" - 33"			\$92.43	\$1 294.02
19	722.04	m3	EXCAVACIÓN A MÁQUINA HASTA 2M DE PROFUNDIDAD			\$3.50	\$2 527.14
20	722.04	m3	DESALOJO DE MATERIAL DE 25,01 KM. A 30 KM. O MAS (INCLUYE ESPONJAMIENTO)			\$7.35	\$5 306.99
21	94.37	m3	MATERIAL DE SUB-BASE CLASE I (COMPACTADO - PAVIMENTO RÍGIDO)			\$21.16	\$1 996.87
22	141.50	m3	MATERIAL DE MEJORAMIENTO COMPACTADO CON CASCAJO IMPORTADO			\$12.48	\$1 765.92
23	47.17	m3	REPLANTILLO DE PIEDRA GRADUADA DE 1/2" - 3/4" COMPACTADO			\$22.08	\$1 041.51
24	247.63	m3	RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE PIEDRA GRADUADA DE 1/2" - 3/4"			\$22.08	\$5 467.67
25	188.67	m3	RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO.			\$12.43	\$2 345.17
26	596.00	m2	REPOSICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO DE E=0.20M, F'C=350 KG/CM2.			\$34.98	\$20 848.08
							\$55 536.69
Obras adicionales							
27	40.00	m2	DEMOLICIÓN A MANO DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA			\$1.20	\$48.00
28	40.00	m2	MAMPOSTERÍA BLOQUE PESADO DE 9 X19 X 39CM			\$18.67	\$746.80
29	40.00	m2	ENLUCIDO CON MORTERO DE CEMENTO INCLUYE MANO DE OBRA Y MATERIALES			\$8.79	\$351.60
30	40.00	m2	PINTURA EXTERIOR DE CAUCHO - EMPASTE Y SELLADO			\$7.73	\$309.20
31	664.96	m2	ENTIBADO DE ARRIOSTRAMIENTO			\$13.39	\$8 903.81
32	415.60	m	TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC RÍGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA D = 650 MM. PARA COLECTOR			\$6.84	\$2 842.70
							\$13 202.12
Tanque y bombeo							
	273.00	m3	EXCAVACIÓN A MÁQUINA MAYOR A 2.00M HASTA 3.50M DE PROFUNDIDAD			\$3.01	\$821.73
	18.20	m3	MATERIAL DE MEJORAMIENTO COMPACTADO CON CASCAJO IMPORTADO			\$12.48	\$227.14
	9.10	m3	REPLANTILLO DE ARENA			\$14.23	\$129.49
	302.00	m2	GEOMEMBRANA 30 MILS			\$6.50	\$1 963.00
	302.00	m2	GEOTEXTIL PAVCO NT2500			\$2.50	\$755.00
	302.00	m3	CELDA AQUACELL (COSTO X UNIDAD CELULAR)			\$55.00	\$16 610.00
	1.00	u	DESARENADOR			\$350.00	\$350.00
	1.00	u	ESTACIÓN DE BOMBEO			\$1 200.00	\$1 200.00
							\$3 896.36
Gestiones adicionales							
36	1.00	u	COSTO TOTAL DE SEGURIDAD FÍSICA, INDUSTRIAL Y SEÑALIZACIÓN DE CONFORMIDAD CON EL MANUAL DE INTERAGUA			\$852.00	\$852.00
39	1.00	u	SOCIALIZACIÓN PARA PERMISO DE INTERVENCIÓN EN VÍA PÚBLICA CON ATM			\$1 000.00	\$1 000.00
							\$1 852.00
SUBTOTAL DE PRESUPUESTO						\$ 124 428.74	
COSTOS INDIRECTOS (11%)						\$ 13 687.16	
SUBTOTAL (SIN IVA)						\$ 138 115.91	
IVA 15%						\$ 20 717.39	
TOTAL						\$ 158 833.29	

Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

4.2 Análisis de los resultados

La inspección del sistema de drenaje evidenció que la red presenta un deterioro significativo tanto en su capacidad hidráulica como en sus elementos estructurales. La acumulación de desechos sólidos en varios tramos de tubería ha reducido el área útil de conducción, lo que explica la disminución del flujo y el aumento del riesgo de taponamientos durante lluvias intensas. Esta condición compromete la funcionalidad del colector y representa una amenaza directa para el entorno urbano, ya que la capacidad de evacuación se encuentra muy por debajo de lo requerido.

Otro hallazgo relevante corresponde al estado de las tapas de registro, muchas de ellas con fisuras, corrosión y desajustes. Estas deficiencias no solo limitan las labores de mantenimiento, sino que también facilitan la entrada de sedimentos y basura al sistema, agravando las obstrucciones. La situación se refleja en la presencia de encharcamientos en superficie en zonas críticas, lo que confirma que la red no cumple de manera adecuada con la evacuación del caudal pluvial y que existen puntos de descarga ineficientes o colapsados.

Adicionalmente, los malos olores detectados en registros y acumulaciones superficiales sugieren la presencia de aguas estancadas y procesos de descomposición orgánica, lo que constituye un riesgo sanitario. Esto indica que la red no solo falla en su capacidad hidráulica, sino también en aspectos de ventilación y operación general.

En síntesis, los resultados revelan que la principal causa de los problemas es la falta de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo. La ausencia de inspecciones regulares y limpieza periódica ha acelerado el deterioro del sistema y sus componentes. Por lo tanto, se concluye que es urgente una intervención integral que incluya la rehabilitación de tuberías, el reemplazo de tapas de registro, la limpieza sistemática de la red y la implementación de un plan de gestión para garantizar la sostenibilidad del sistema de drenaje en el tiempo.

El análisis de los resultados en relación a los resultados de la planilla nos indica que el colector de aguas lluvias proyectado para conectar el INSPI con la calle Alberto Borges refleja un diseño hidráulico eficiente y ajustado a las condiciones del sector.

El análisis de la partida muestra que se emplearon diferentes elementos constructivos y materiales que aseguran la durabilidad y eficiencia del sistema. Entre ellos destacan las tuberías de PVC rígido de pared estructurada, sumideros simples con rejillas empotradas, tapas de hierro dúctil y cámaras de válvula de hormigón armado con losas desmontables, los cuales conforman una infraestructura hidráulica robusta y de fácil mantenimiento. Estos componentes no solo cumplen con criterios de resistencia, sino que también facilitan el acceso para futuras reparaciones o inspecciones, lo que contribuye a la vida útil del sistema.

En cuanto a los materiales de base, se registra un volumen de 94.37 m³ de sub-base clase I compactada, con un precio unitario de \$21.16, lo que representa un monto de \$1,996.87. Este rubro incluye el uso de cascajo importado y piedra graduada compactada, fundamentales para garantizar la estabilidad del pavimento rígido. Al integrar estas partidas con el transporte e instalación de tuberías de gran diámetro, se consolida un presupuesto total de **\$1,996.87**, reflejando el costo directo de los materiales y trabajos señalados en la tabla.

El perfil hidráulico evidencia la instalación de tubería de PVC de 600 mm de diámetro, acompañada de pozos de inspección distribuidos estratégicamente a lo largo del trazado. La línea de terreno y la conducción presentan una pendiente uniforme, lo que favorece un escurrimiento constante del caudal. El valor máximo alcanzado, superior a 320 L/s, confirma que la infraestructura propuesta puede operar sin dificultad ante lluvias intensas, garantizando la continuidad del sistema.

Respecto al planteamiento original, el rediseño introduce mejoras relevantes en la pendiente hidráulica. La variación controlada de las cotas de fondo en los pozos permite mantener un flujo más estable, evitando acumulaciones y reduciendo la posibilidad de obstrucciones. De igual manera, la relación entre el nivel de agua y el diámetro de la tubería ofrece un margen de seguridad suficiente para impedir que la red trabaje a presión, lo cual fortalece su eficiencia hidráulica.

Otro punto a destacar es la distribución progresiva de caudales en cada tramo. Los valores parten de 82 L/s y ascienden hasta superar los 320 L/s, en correspondencia con los aportes recibidos. Esta condición refleja un diseño proporcional a las necesidades de la red, lo que contrasta con esquemas anteriores

donde la pendiente insuficiente o el sobredimensionamiento limitaban el rendimiento y favorecían la sedimentación.

En síntesis, el rediseño constituye una alternativa técnica más eficiente y confiable. La combinación de pendiente adecuada, diámetro correcto y ubicación estratégica de pozos garantiza una conducción estable, minimiza riesgos de desbordamiento y prolonga la vida útil del sistema. Estas condiciones hacen de la propuesta una solución más robusta frente a eventos extremos y más sostenible a largo plazo.

CONCLUSIONES

El diagnóstico del estado actual del sistema de drenaje del complejo INSPI evidenció que existen deficiencias tanto en el diseño como en el mantenimiento, lo que afecta su capacidad de operación. La inspección visual del colector permitió detectar obstrucciones, deterioro en ciertos tramos y acumulación de sedimentos, lo que disminuye la eficiencia hidráulica del sistema.

El análisis de planos y registros históricos permitió confirmar que algunos tramos del colector no se ajustan a las condiciones actuales de demanda hidráulica. Factores como el aumento de la superficie impermeable y la falta de intervenciones preventivas han reducido la vida útil del sistema y han incrementado el riesgo de inundaciones.

El estudio hidráulico e hidrológico mostró que, en eventos de precipitación intensa, el sistema opera cercano o por encima de su capacidad de diseño. Esta condición genera acumulación de agua en puntos críticos, afectando la seguridad y el normal funcionamiento de las actividades en el complejo.

El modelado computacional del sistema permitió simular diferentes escenarios de operación y evaluar la viabilidad de un rediseño. Los resultados indican que, con ajustes en el trazado y aumento en la capacidad de conducción, se puede optimizar el desempeño y prevenir problemas a mediano y largo plazo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda priorizar intervenciones correctivas en los tramos más deteriorados del colector, incluyendo limpieza profunda, sustitución de segmentos colapsados y ampliación de diámetros en puntos críticos. Estas acciones deben ejecutarse antes de la temporada de lluvias para mitigar riesgos inmediatos.

Implementar un rediseño integral del sistema de drenaje, basado en los resultados del modelado hidráulico, considerando la incorporación de estructuras complementarias como sumideros adicionales, sistemas de retención temporal y canales de alivio que reduzcan la presión sobre el colector principal.

Establecer un plan de mantenimiento preventivo con inspecciones periódicas, limpieza programada y registro de incidentes. Este plan debe incluir indicadores de desempeño hidráulico para anticipar fallos y programar mejoras antes de que se produzcan daños mayores.

Promover la integración de soluciones sostenibles de drenaje urbano (SUDS) como pavimentos permeables, zanjias filtrantes y áreas verdes de infiltración, con el fin de disminuir la carga hidráulica sobre el sistema y mejorar la resiliencia del complejo ante eventos climáticos extremos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuatecnica S.A.S. (2023). *Tratamiento de aguas residuales domésticas*. Recuperado el 8 de Agosto de 2023, de <https://acuatecnica.com/tratamiento-aguas-residuales-domesticas-2/#:~:text=El%20proceso%20de%20tratamiento%20de,que%20facilita%20su%20filtrado%20posterior.>
- Arellano, M. (2023). Cuencas Hidrográficas. *1era. Edición*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://www.interagua.com.ec/servicios/sistema-de-alcantarillado-pluvial>
- Bucheli. (2020). *Percepción y uso del agua de lluvia por lluvias*. Lima: Sociedad y Ambiente. doi:<https://doi.org/10.31840/sya.vi23.2166>
- Cadena, N. (Enero de 2023). Diseño del alcantarillado pluvial para el Recinto San Cristóbal de la Parroquia Juan Gómez Rendon. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26199/1/UPS-GT004622.pdf>
- Carillo, J. (2020). *CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF) DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DEL CIM-FICH* (Vol. Vol. 25). Universidad Nacional del Litoral. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7260055.pdf>
- Casal, J. (2020). DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL PARA LA URBANIZACIÓN PRIVADA BALCONES DEL NORTE UBICADA EN EL CANTÓN DE EL EMPALME. Guayaquil, Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/593109267/Tesis-I-C-1485-Moya-Andino-Adriana-Carolina-y-Irazabal-Villamarin-Marcos-Paul>
- Cedeño, M. (2022). *Caudales máximos con varios periodos de retorno de una microcuenca del cantón Rocafuerte* (Vol. vol. 7). Manabí, Ecuador: Ciencias Técnicas y Aplicadas. Recuperado el 02 de Septiembre de 2022, de <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4583>

Constitucion de la republica. (2008). *Constitucion de la Republica del Ecuador*.

Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

GAD Municipal. (25 de Octubre de 2024). *Prevenir inundaciones y precuatar el*

bienestar ciudadano son los objetivos del plan preinvernal. Obtenido de

<https://guayaquil.gob.ec/prevenir-inundaciones-y-precuatar-el-bienestar-ciudadano-son-los-objetivos-del-plan-preinvernal/>

Gaona, S. (2020). DISEÑO DE ALCANTARILLADO COMBINADO, ESTRUCTURAS

DE PRE-TRATAMIENTO Y ESTRUCTURAS DE DESCARGA PARA EL

BARRIO SAN VICENTE DE CALDERÓN. Quito, Ecuador: UNIVERSIDAD

POLITÉCNICA SALESIANA. Recuperado el 23 de Agosto de 2020, de

<https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1392/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2018-38.pdf>

Gaytan, C. (19 de Noviembre de 2023). *Act. 2 Sistemas Pluviales en alcantarillado*.

Informes, Ingenieria civil , Guayaquil. Obtenido de

<https://www.coursehero.com/file/218709716/Act-2-Sistemas-colectores-y-emisoresdocx/>

Haro, P. (2022). *Diseño hidráulico de la red de alcantarillado pluvial de la parroquia*

Malchinguí del cantón Pedro Moncayo. Quito, Ecuador: Universidad

Internacional del Ecuador. Obtenido de

<https://redi.cedia.edu.ec/document/151170>

Hidalgo, J. (2023). Rediseño del sistema de drenaje pluvial del Campus Gustavo

Galindo ESPOL, sector A. Guayaquil, Costa, Ecuador. Obtenido de

<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/63125>

INAMHI. (2020). <https://servicios.inamhi.gob.ec/>. Quito, Ecuador. Obtenido de

servicio@inamhi.gob.ec: <https://www.inamhi.gob.ec/>

Jiménez. (2023). *Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la comunidad 25*

de Diciembre, Cantón La Joya de los Sachas, Provincia de Orellana. Quito,

Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 10 de Agosto de 2023,

de https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/plano-de-drenaje-pluvial_79399/

- Landy, F. (2024). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el sector playas del Carmen de la Parroquia Sinincay del Cantón Cuenca*. Cuenca, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27060>
- Macias, L. (2021). DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COMUNA DE JOA, CANTON JIPIJAPA. (Jipijapa-UNESUM, Ed.) Manabí, Ecuador: Universidad estatal del sur de Manabí. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de <https://www.hidrasoftware.com/disenio-de-desagues-pluviales-domiciliarios-con-el-nuevo-desagues/>
- Maldonado, J. (Agosto de 2023). Obtenido de <https://www.finanzas.gob.ec/normas-tecnicas-del-sinfip/>
- Ministerio de Ambiente. (2024). *Benefician de un Sistema de Alcantarillado y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*. Santa Rosa - Cayambe. Recuperado el 25 de Abril de 2024, de <https://www.ambiente.gob.ec/455-habitantes-de-santa-rosa-de-cusubamba-se-benefician-de-un-sistema-de-alcantarillado-y-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales/>
- Normas de diseño SSA. (2022). *ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO Y DISEÑO DEFINITIVO PARA LA REHABILITACIÓN DEL COLECTOR SANITARIO DIAMETRO* (Vol. Norma CO 10.07). EMAPAG-EP.
- Rojas, E. (Julio de 2022). DISEÑO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS Y OPTIMIZACIÓN DEL ALCANTARILLADO DE LA VEREDA SAN LORENZO. Cundinamarca, Ecuador: CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS. Obtenido de <https://econova-institute.com/sistema-captacion-pluvial/>
- Tapias, H. (2023). *Aplicación de SIG para la Estimación de Tiempos de Concentración en la Cuenca Media del Río Sinú, Colombia* (Vol. vol. 49). Universidad del Zulia. Recuperado el 5 de Julio de 2023, de <https://doi.org/10.22209/rt.v46a05>
- Tola, M. (2024). *Diseño del sistema de alcantarillado combinado para el sector Sacar San Mateo*. Universidad Salesiana , Ingeniería civil . Cuenca:

Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27336>

Universidad Laica Vicente Rocafuerte. (23 de 02 de 2025). *Universidad Laica Vicente Rocafuerte* . Obtenido de Universidad Laica Vicente Rocafuerte :
<https://www.ulvr.edu.ec/unidad-de-titulacion-2>

Valencia, W. (2024). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA EL RECINTO SABANA GRANDE UBICADO EN EL CANTÓN* (Vol. 3). Guayaquil, Ecuador: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA. Obtenido de <https://ingenieriacivil530.wordpress.com/2017/11/05/primera-entrada-del-blog/>

Villacís, P. (2022). *Diseño de la red de alcantarillado sanitario y pluvial de los sectores La Florida, Reina del Tránsito y Jesús del Gran Poder, cantón Cevallos, provincia de Tungurahua*. Tungurahua, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de https://rraae.cedia.edu.ec/vufind/Record/ESPOL_17380630fa5c9c1fc91b17b3f2cf1128

ANEXOS

Anexo 1

Tapas de registro tapadas por desechos



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Anexo 2

Sistemas de tuberías con fallas técnicas



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Anexo 3

Aguas empozadas por tuberías tapadas



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Anexo 4

Falta de limpieza dentro de las áreas



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Anexo 5

Contaminación ambiental malos olores



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Anexo 6

Presentación de aguas estancadas



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Anexo 7

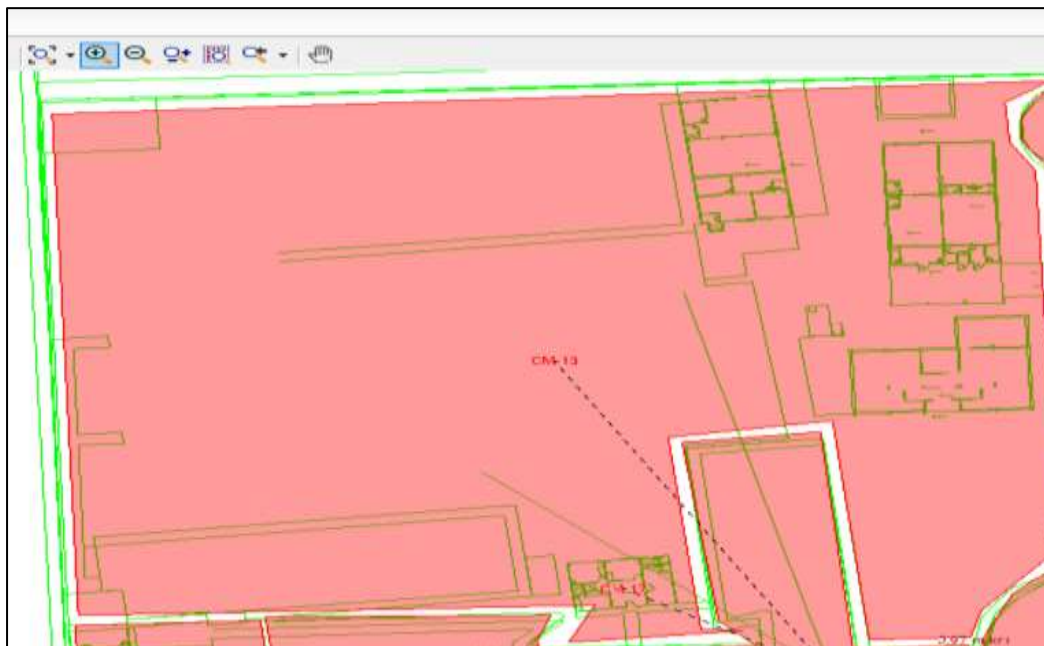
Dimensionamiento en tuberías



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Anexo 8

Implantación



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Anexo 9

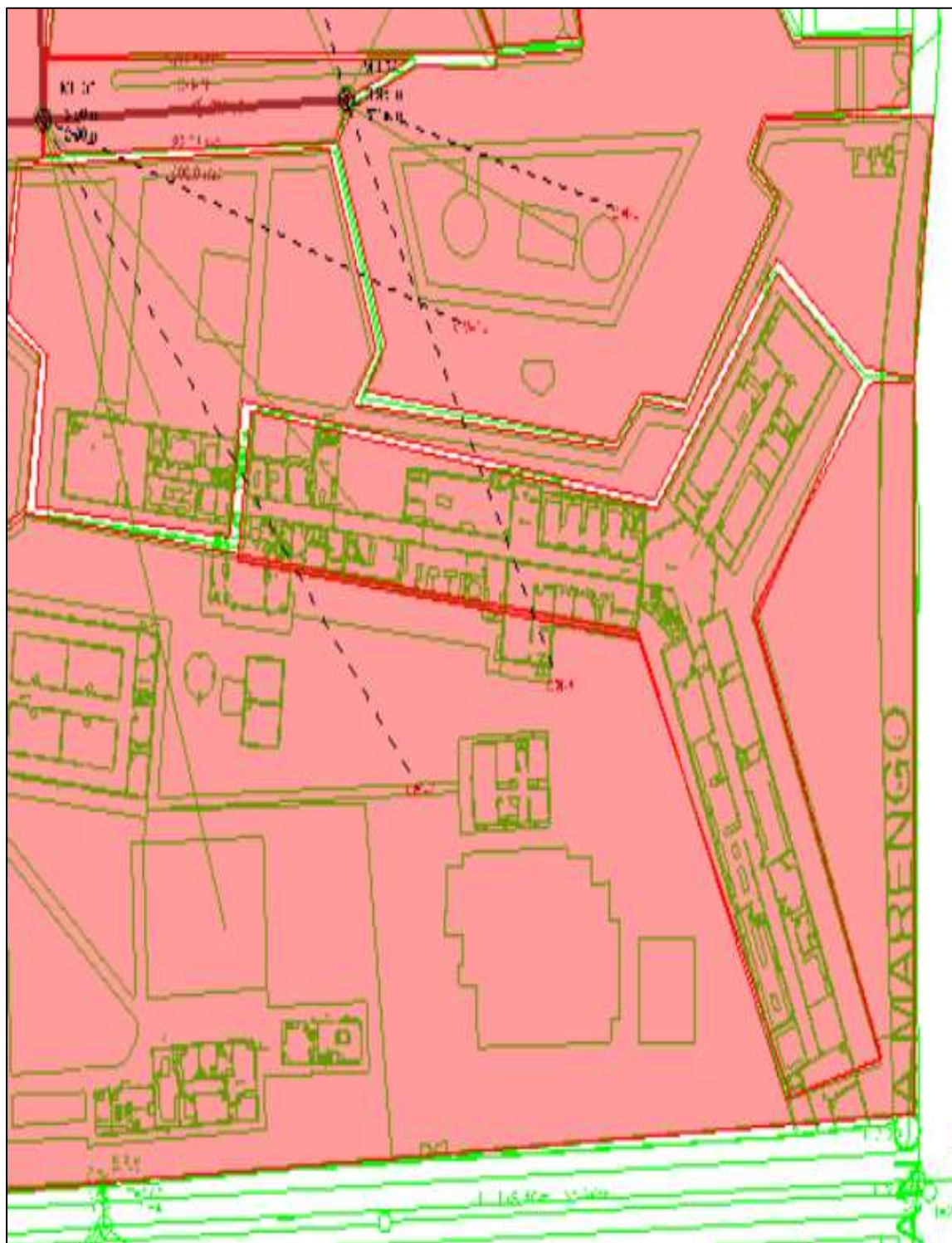
Implantación 2



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)

Anexo 10

Implantación 3



Elaborado por: Conforme & Mora (2025)