



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCION**

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

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

TEMA

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS
LLUVIAS PARA MITIGAR INUNDACIONES EN URDESA NORTE, AV.
RODRIGUEZ CHAVEZ**

TUTOR

Ph. D. MARCIAL CALERO AMORES

AUTORES

CAMILO ALFREDO INTRIAGO OBANDO

JEAN CARLOS MENOSCAL SANTANA

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Aguas Lluvias para Mitigar Inundaciones en Urdesa Norte, Av. Rodríguez Chávez.

AUTOR/ES:

Intriago Obando Camilo Alfredo
Menoscal Santana Jean Carlos

TUTOR:

Ph. D.. Marcial Caleros Amores

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

Ingeniería, Industria y
Construcción

CARRERA:

INGENIERIA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2025

N. DE PÁGS: 114

ÁREAS TEMÁTICAS: Industria y Construcción

PALABRAS CLAVE: Precipitaciones – Sistema – Evaluación – Marea - Agua

RESUMEN:

En el presente trabajo de investigación se propone la implementación de un sistema de pozos mediante la evaluación de dos alternativas técnicas para el diseño y ejecución de un sistema adecuado de drenaje pluvial. La primera opción corresponde a un sistema de pozos a gravedad o rebose, mientras que la segunda alternativa contempla el uso de pozos a bombeo. Ambas son soluciones para mitigar las inundaciones causadas por las AALL en la Avenida Rodríguez Chávez, sector de Urdesa en la ciudad de Guayaquil. Las intensas precipitaciones y los elevados niveles de marea han sido factores fundamentales que han generado inundaciones en esta zona durante varios años, ocasionando no solo molestias a los moradores, sino también daños en la infraestructura urbana, la propagación de enfermedades y afectaciones al bienestar general.

La alternativa de pozo a gravedad o rebose es una solución más económica, con un costo aproximado de \$ 28.545,73, que reduce un 50% de las inundaciones. Este sistema aprovecha el principio de la gravedad para el desalojo de las aguas lluvias. Sin embargo, mediante los análisis hidrológicos e hidráulicos, se recomienda como mejor opción, el pozo a bombeo, aunque tiene un costo estimado de \$ 40.236,67, lo que implica una mayor inversión en la instalación de bombas sumergibles y se recomienda optar por un sistema eléctrico de control. Este sistema tiene la ventaja de drenar un flujo más eficiente del flujo de aguas lluvias, reduciendo así un 70% de las inundaciones. Cabe recalcar que los sistemas desembocan al Estero Salado.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI ☒	NO ☐
CONTACTO CON AUTOR/ES: Intriago Obando Camilo Alfredo Menoscal Santana Jean Carlos	Teléfono:	E-mail: cintriagoo@ulvr.edu.ec jmenoscals@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Ph.D. Marcial Sebastián Calero Amores Teléfono: 2596500 Ext. 241 E-mail: mcalero@ulvr.edu.ec Mgst. Jorge Enrique Torres Rodríguez Teléfono: 2596500 Ext. 242 E-mail: etorresr@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD




KEVIN ANGEL MENDOZA VILLACIS
 CARGO: DIRECTOR GENERAL
 INSTITUTO VICEPRESIDENCIAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IVIC)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados CAMILO ALFREDO INTRIAGO OBANDO Y JEAN CARLOS MENOSCAL SANTANA, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, “PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS PARA MITIGAR INUNDACIONES EN URDESA NORTE, AV. RODRIGUEZ CHAVEZ”, corresponde totalmente a ellos suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autor(es)

Firma:



CAMILO ALFREDO INTRIAGO OBANDO
0921622965

Firma:



JEAN CARLOS MENOSCAL SANTANA
0953809753

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Aguas Lluvias para Mitigar Inundaciones en Urdesa Norte, Av. Rodríguez Chávez, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Aguas Lluvias para Mitigar Inundaciones en Urdesa Norte, Av. Rodríguez Chávez, presentado por los estudiantes CAMILO ALFREDO INTRIAGO OBANDO Y JEAN CARLOS MENOSCAL SANTANA como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**MARCIAL SEBASTIAN
CALERO AMORES**
Validez únicamente con FirmasC

MARCIAL SEBASTIÁN CALERO AMORES

C.C. 0905197869

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme cumplir con una de mis metas y tener una de las mejores experiencias universitarias. A cada uno de los maestros que fueron parte de mi proceso de formación. A mis padres y familiares, por su amor, trabajo, comprensión y sacrificio en todos estos años de estudios. Gracias porque ustedes me dan aliento a seguir adelante día a día.

Camilo Alfredo Intriago Obando

Agradezco a dios por disfrutar de la bendición más grande que es mi familia, en especial a mis padres que han sido un pilar fundamental en mi vida y cuyo apoyo incondicional ha sido la clave para alcanzar uno de mis logros. A mi madre gracias por acompañarme con amor, paciencia y dedicación en cada larga y agotadora noche de estudio por sus infinitas bendiciones que me sostienen y guían a través de los días, a mi padre gracias por anhelar siempre lo mejor para mí por cada consejo lleno de sabiduría y por cada palabra que me han orientado en mis decisiones.

Jean Carlos Menoscal Santana

DEDICATORIA

Le dedico este logro académico que es fruto de años de esfuerzo y perseverancia, a las personas que han sido mi faro en este viaje de crecimiento y aprendizaje. A mis padres y mi familia por su comprensión y ayuda en momentos buenos y malos. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

Camilo Alfredo Intriago Obando

Dedico este trabajo a Dios por permitirme haber llegado hasta este momento que es muy importante en mi formación académica. A mis padres que en el transcurso de mi vida me supieron enseñar valores y depositaron su confianza en mi persona y en mis deseos de superación. Y a mi familia que siempre está presente con su amor cariño y prestos para un buen consejo.

Jean Carlos Menoscal Santana

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se propone la implementación de un sistema de pozos mediante la evaluación de dos alternativas técnicas para el diseño y ejecución de un sistema adecuado de drenaje pluvial. La primera opción corresponde a un sistema de pozos a gravedad o rebose, mientras que la segunda alternativa contempla el uso de pozos a bombeo. Ambas son soluciones para mitigar las inundaciones causadas por las AALL en la Avenida Rodríguez Chávez, sector de Urdesa en la ciudad de Guayaquil. Las intensas precipitaciones y los elevados niveles de marea han sido factores fundamentales que han generado inundaciones en esta zona durante varios años, ocasionando no solo molestias a los moradores, sino también daños en la infraestructura urbana, la propagación de enfermedades y afectaciones al bienestar general.

La alternativa de pozo a gravedad o rebose es una solución más económica, con un costo aproximado de \$1.059.757,8 que reduce un 5% de las inundaciones. Este sistema aprovecha el principio de la gravedad para el desalojo de las aguas lluvias. Sin embargo, mediante los análisis hidrológicos e hidráulicos, se recomienda como mejor opción, el pozo a bombeo, aunque tiene un costo estimado de \$ 2.136.391,40 lo que implica una mayor inversión en la instalación de bombas sumergibles y se recomienda optar por un sistema eléctrico de control. Este sistema tiene la ventaja de drenar un flujo más eficiente del flujo de aguas lluvias, reduciendo así un 25% de las inundaciones. Cabe recalcar que los sistemas desembocan al Estero Salado.

Palabras Claves: Precipitaciones – Sistema – Evaluación – Marea - Agua

ABSTRACT

This research paper proposes the implementation of a well system by evaluating two technical alternatives for the design and execution of an adequate storm drainage system. The first option corresponds to a gravity or overflow well system, while the second alternative contemplates the use of pump wells. Both are solutions to mitigate flooding caused by AALL on Rodríguez Chávez Avenue, in the Urdesa sector of the city of Guayaquil. Heavy rainfall and high tide levels have been key factors in causing flooding in this area for several years, causing not only inconvenience to residents, but also damage to urban infrastructure, the spread of disease, and impacts on general well-being.

The gravity or overflow well alternative is a more economical solution, with an estimated cost of \$1.059.757,8 and it reduces flooding by approximately 5%. This system takes advantage of the principle of gravity to discharge stormwater. However, based on hydrological and hydraulic analyses, the pumping well is recommended as the better option, although it has an estimated cost of \$2.136.391,40, which involves a higher investment due to the installation of submersible pumps. It is also recommended to implement an electrical control system. This system has the advantage of draining stormwater more efficiently, reducing flooding by approximately 25%. It is important to note that both systems discharge into the Estero Salado.

Keywords: Precipitation – System – Assessment – Tide – Water

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
ENFOQUE DE LA PROPUESTA.....	3
1.1 Tema:.....	3
1.2 Planteamiento del Problema:	3
1.3 Formulación del Problema:	4
1.4 Objetivo General	4
1.5 Objetivos Específicos	4
1.6 Idea a Defender	5
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	5
CAPÍTULO II	6
MARCO REFERENCIAL	6
2.1 Marco Teórico:	6
2.1.1 Antecedentes	6
2.1.2 Fundamento Teórico	6
<i>Lluvias</i>	6
<i>Tipos de Lluvias</i>	7
<i>Inundaciones</i>	9
<i>Nivel Freático</i>	10
<i>Taponamiento u Obstrucciones</i>	12
<i>Fenómeno de El Niño</i>	12
<i>Fenómeno de La Niña</i>	13
<i>Urbanización Acelerada</i>	14
<i>Cambio Climático</i>	15
<i>Canalización de Agua Lluvias</i>	16
<i>Sistema de Alcantarillado Pluvial</i>	17
<i>Elementos del Alcantarillado Pluvial</i>	17
<i>Parámetros de Técnicos de AALL</i>	18
<i>Delimitación de Área Geográfica</i>	19
<i>Periodo de Retorno</i>	20
<i>Áreas de Drenaje y Aportación</i>	22
<i>Las Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF)</i>	23

<i>Caudal de Diseño</i>	25
<i>Método Racional</i>	26
<i>Limitaciones del Método Racional</i>	27
<i>Coeficiente de Escorrentía</i>	27
<i>Tiempo de Concentración</i>	28
<i>Topografía, Velocidades y Pendientes</i>	30
<i>Tuberías y Materiales para AALL</i>	34
<i>Profundidad de Instalación</i>	35
<i>Sedimentos</i>	36
<i>Estructuras Hidráulicas</i>	37
<i>Sumideros</i>	38
<i>Pozos de Inspección</i>	39
<i>Estructuras de Cambios de Dirección de Flujo</i>	40
<i>Cámaras de Caída</i>	40
<i>Pozos Tormentas</i>	41
<i>Tanques a Gravedad o Rebose</i>	42
<i>Tanques a Bombeo</i>	43
<i>Bomba Sumergible</i>	44
<i>Niveles de Mareas</i>	45
<i>Análisis Hidrológico</i>	46
<i>Recopilación de Datos</i>	46
<i>Evaluación de Riesgo</i>	47
<i>Análisis Hidráulicos</i>	48
<i>Programa SWMM</i>	48
2.2 Marco Legal:	49
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador 2008 (2024)	49
2.2.2 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua	50
2.2.3 Instituto Ecuatoriano de Normalización – Normas de Agua	52
CAPÍTULO III	53
MARCO METODOLÓGICO	53
3.1 Enfoque de la investigación	53
3.2 Alcance de la investigación	53
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	54

3.4 Población y muestra.....	60
CAPÍTULO IV.....	61
PROPUESTA O INFORME.....	61
4.1 Presentación y análisis de resultados	61
4.2 Propuesta.....	63
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Periodo de Retorno para Algunas Estructuras Menores	22
Tabla 2: Algunos coeficientes de Acuerdo con el Tipo de Superficie y Periodos de Retorno.....	28
Tabla 3: Constitución de la República del Ecuador	49
Tabla 4: Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.....	50
Tabla 5: Instituto Ecuatoriano de Normalización – Normas de Agua	52
Tabla 6: Diagnóstico del Área de Estudio	54
Tabla 7: Cuenca RA-17	64
Tabla 8: Cuenca RA-18.....	64
Tabla 9: Cuenca RA-19.....	65
Tabla 10: Cuenca RA-20.....	65
Tabla 11: Cuenca RA-21.....	65
Tabla 12: Ejemplo	66
Tabla 13: Presupuesto Existente de AALL.....	66
Tabla 14: Características del Hormigón Armado.....	66
Tabla 15: Especificaciones Técnicas	66
Tabla 16: Sumatorias de Cuencas de Aportación	69
Tabla 17: Ejemplo	70
Tabla 18: Cálculos a Rebose	70
Tabla 19: Cálculo de Caudal Pico a Rebose.....	71
Tabla 20: Datos de la Bomba.....	72
Tabla 21: Cálculos a Bombeo	72
Tabla 22: Cálculo de Caudal Pico a Bombeo.....	73
Tabla 23: Presupuesto a Rebose.....	79
Tabla 24: Presupuesto a Bombeo	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Lluvia.....	7
Figura 2: Tipos de Lluvias	9
Figura 3: Inundaciones.....	10

Figura 4: Nivel Freático	11
Figura 5: Taponamiento u Obstrucciones	12
Figura 6: Fenómeno de El Niño.....	13
Figura 7: Fenómeno de La Niña.....	14
Figura 8: Urbanización Acelerada	15
Figura 9: Cambio Climático	16
Figura 10: Canalización de Aguas Lluvias	16
Figura 11: Sistema de Alcantarillado Pluvial	17
Figura 12: Elementos de Alcantarillado Pluvial	18
Figura 13: Parámetros Técnicos	19
Figura 14: Delimitación de Área Geográfica.....	20
Figura 15: Áreas de Drenaje y Aportación	23
Figura 16: Caudal de Diseño.....	26
Figura 17: Tiempo de Concentración	30
Figura 18: Topografía.....	34
Figura 19: Tuberías y Materiales.....	35
Figura 20: Profundidad de Instalación.....	36
Figura 21: Sedimentos	37
Figura 22: Estructuras Hidráulicas	38
Figura 23: Sumideros	39
Figura 24: Pozos de Inspección	40
Figura 25: Cámaras de Caída	41
Figura 26: Pozos Tormentas	42
Figura 27: Tanque Gravedad	43
Figura 28: Tanques a Bombeo	44
Figura 29: Bomba Sumergible.....	44
Figura 30: Mareas	45
Figura 31: Análisis Hidrológico	46
Figura 32: Recopilación de Datos	47
Figura 33: Evaluación de Riesgo.....	47
Figura 34: Análisis Hidrológico	48
Figura 35: SWMM	49
Figura 36: Registro de Lluvias de los Últimos Años	55
Figura 37: Identificación del Área de Estudio	56

Figura 38: Nivel de Marea del Mes de Febrero 2025	57
Figura 39: Coeficiente de Mareas de Febrero 2025	57
Figura 40: Nivel de Marea del Mes de Marzo 2025	57
Figura 41: Coeficiente de Mareas de Marzo 2025.....	58
Figura 42: AutoCAD	58
Figura 43: Valor Insertado de las Cuencas	59
Figura 44: Valor Insertado de la longitud de tubería.....	59
Figura 45: Valor insertado de Cotas.....	60
Figura 46: Periodo de Retorno	63
Figura 47: Distribución para cálculos	64
Figura 48: Situación Existente de la Av. Rodríguez Chávez	65
Figura 49: Esquema de los Pozos a Implementar	67
Figura 50: Tapa de Fundición Clase C250	68
Figura 51: Bomba Sumergible	75
Figura 52: Pozo a Rebose.....	77
Figura 53: Pozo a Bombeo.....	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Preguntas de Entrevista	94
Anexo 2: Entrevista	94
Anexo 3: Ficha Técnica de Bomba.....	95
Anexo 4: Inundaciones.....	96

INTRODUCCIÓN

Según Alvarez Gutama & Alvarez Segura (2025) en la ciudad de Guayaquil debido al crecimiento poblacional descontrolado que existió a mediados del Siglo XX, no hubo un adecuado planeamiento y estudio urbanístico. Es por ello, que el sistema de alcantarillado en la ciudad es obsoleto y solo cubre el 60% de la misma. En los últimos años se ha ido incrementando las intensas lluvias y el desbordamiento del estero Salado, generando inundaciones recurrentes que afectan la calidad de vida de los ciudadanos y plantean problemas ambientales significativos. Uno de los sectores más afectados por las inundaciones recurrentes en Guayaquil es la Av. Rodríguez Chávez en el sector de Urdesa Norte. Dichas inundaciones han generado por años daños materiales, estructurales y malestar en la calidad de vida de los moradores. Debido a la infraestructura de drenaje que no ha sido adaptada al acelerado crecimiento urbano con canales y alcantarillas que no soportan el volumen de agua generado por las lluvias. A su vez, este crecimiento desordenado y la acumulación de desechos obstruyen el correcto drenaje del sistema de aguas lluvias (AALL). La falta de planificación integral en los proyectos urbanos y la escasa participación ciudadana también contribuyen a la falta de soluciones para un buen sistema de AALL.

Esta propuesta tiene como objetivo principal plantear un plan de mejoramiento del sistema de aguas lluvias en esta avenida estratégica, mediante la implementación de técnicas modernas de manejo de drenaje urbano y la optimización de la infraestructura existente. A través de un enfoque técnico y multidisciplinario, se busca no solo mitigar los efectos de las lluvias intensas que provocan inundaciones y eliminar los focos de contaminación que generan malos olores, sino también contribuir al desarrollo de un modelo de gestión hídrica más eficiente y resiliente para Guayaquil. Para abordar esta problemática se desarrolló un estudio de cuatro capítulos. En el primero se abordó la problemática y se establecieron los objetivos, los cuales guiaron el desarrollo del estudio resaltando la importancia del mismo. El segundo se proporcionan los fundamentos teóricos y legales que sustentan la propuesta. En el tercero se justificó el enfoque de la investigación y se detalló el análisis hidrológico y la

evolución del sistema de AALL mediante el programa SWMM. Finalmente, en el cuarto capítulo se centró en el análisis de la información recolectada y mediante la entrevista se conoció una visión técnica sobre la viabilidad y efectividad de la propuesta.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Aguas Lluvias para Mitigar Inundaciones en Urdesa Norte, Av. Rodríguez Chávez

1.2 Planteamiento del Problema:

La ciudad de Guayaquil enfrenta grandes desafíos debido a los altos costos de construcción, operación y mantenimiento de infraestructuras sanitarias, que en los últimos años han sido afectadas por la creciente urbanización, cambio climático y las intensas lluvias combinadas con mareas altas que han dado paso a un incremento de desbordamientos e inundaciones. Dichas inundaciones son recurrentes debido a factores naturales y estructurales, ubicación geográfica a nivel del mar y con múltiples desembocaduras como el río Guayas y el Estero Salado, lo que hace la vulnerable. Por otro lado, la sedimentación acumulada por décadas y la falta de dragado adecuado han reducido la capacidad de los ríos para evacuar el agua. Además, el sistema de alcantarillado en Guayaquil es obsoleto, ya que solo cubre el 60% de la ciudad, lo que agrava las inundaciones al no canalizar adecuadamente el agua de lluvias y desechos. Esto combinado con la proliferación de asentamientos informales y la deforestación de manglares que anteriormente actuaban como barreras naturales contra inundaciones, da como resultado un aumento de 40cm en los niveles del río Guayas.

Señala Rivadeneira (2025) el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Inamhi) informó que estas condiciones son causadas por factores como el calentamiento del agua superficial del Pacífico y procesos atmosféricos convergentes y divergentes. Según Primicias (2024) las fuertes lluvias en Guayaquil, atribuidas al fenómeno de El Niño, llegaron a dejar 47 sectores inundados y generaron caos vehicular tras 15 horas de precipitaciones continuas que acumularon 180 litros de agua por m². Este torrencial aguacero equivalente

a la mitad de las lluvias previstas para todo febrero, afectó principalmente al noroeste de la ciudad.

Entre los sectores de Guayaquil está Urdesa Norte que por su ubicación (rodeada de ríos, manglares y salida al mar), topografía plana, infraestructura de drenaje insuficiente (canales y alcantarillas que no soportan el volumen de agua generado), crecimiento urbano desordenado y falta de planificación integral, es uno de los sectores más afectados por las lluvias, ya que su altitud media de 21m dificultan el flujo natural del agua. Por otro lado, las lluvias han generado daños en propiedades, infraestructuras, bienes y salud de los moradores del sector con la propagación de enfermedades debido al agua estancada. Es por ello que se propone un diseño de mejoramiento para disminuir las inundaciones en dicho sector que generarán cambios significativos como la correcta canalización y evacuación de AALL en la Av. Rodríguez Chavez. Y a su vez, ayudará a erradicar los malos olores del medio ambiente y dará un entorno más saludable y seguro para la comunidad.

1.3 Formulación del Problema:

¿Cómo ayudaría a mitigar las inundaciones en Urdesa Norte la propuesta mejoramiento del sistema de aguas lluvias?

1.4 Objetivo General

Proponer un diseño de mejoramiento del sistema de evacuación de aguas lluvias en la Av. Rodríguez Chávez considerando análisis hidrológico, hidráulico y económico para reducción de inundaciones.

1.5 Objetivos Específicos

- Realizar el análisis hidrológico mediante la caracterización de la cuenca aportante en la Av. Rodríguez Chávez, determinando los periodos de retorno, intensidades de lluvia y caudales de diseño.

- Evaluar el sistema de aguas lluvias existentes mediante el uso del programa SWMM (Storm Water Management Model) para la ejecución de cálculo y diagnóstico de la red.
- Proponer la alternativa de mejoramiento mediante evaluación de la red de alcantarillado existente con el programa SWMM para análisis de costo-beneficio.

1.6 Idea a Defender

Con la propuesta de mejoramiento del sistema de AALL, a través de un enfoque técnico y multidisciplinario se garantizará la adecuada canalización y evacuación del sistema AALL en la Av. Rodríguez Chávez. A su vez, contribuir al desarrollo de un modelo de gestión hídrica más eficiente y resiliente para Guayaquil. Ayudará a mitigar las inundaciones y eliminar los focos de contaminación que generan malos olores, mejorando así las condiciones ambientales y contribuyendo a un entorno más saludable y seguro para los moradores del sector.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad

La línea de investigación es territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

Este proyecto determina el uso de la línea de investigación, materiales innovadores para la construcción porque se realizará un análisis hidrológico determinando los periodos de retornos, intensidades de lluvia y caudales de diseño de la Av. Rodríguez Chávez y a su vez se realizará un cálculo, diagnóstico de la red y propuesta de mejoramiento a través de un modelado en el programa SWMM.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico:

El marco teórico ha servido como base fundamental para recopilar la información necesaria sobre los antecedentes, conceptos básicos y normativas legales que orientan y respaldan la propuesta de mejoramiento del sistema de aguas lluvias. Esta sección permite sustentar las decisiones técnicas adoptadas y establecer un enfoque coherente con la realidad vigente y conceptual del tema abordado.

2.1.1 Antecedentes

En el primer semestre de 2023, Guayaquil experimentó lluvias que alcanzaron casi 2.000mm cerca del 50% de las registradas durante el fenómeno de El Niño de 1982 y 1983. Estas precipitaciones, significativamente superiores a las habituales, afectaron principalmente al norte y noroeste de la ciudad, incluyendo sectores como Urdesa Norte, Aeropuerto y Mucho Lote. Estos lugares, junto con áreas como Las Orquídeas y el Parque Metropolitano, se identificaron como zonas vulnerables a inundaciones futuras debido al impacto del fenómeno El Niño. (García, 2025)

2.1.2 Fundamento Teórico

Lluvias

Fenómeno meteorológico caracterizado por depósitos de agua en un estado líquido obtenido de la interacción entre el vapor de agua y las variaciones de masa de aire ubicadas en la troposfera, que es la capa más baja de atmósfera. Este proceso comienza con la relación entre pequeñas gotas de agua, que, al unirse gradualmente, aumenta su tamaño hasta que alcanzan un punto en el que ya no pueden permanecer detenidos en el aire. Como resultado de la gravedad, estas gotas caen sobre la superficie del suelo. Se trata de un fenómeno natural

importante en el ciclo hidrológico que juega un papel clave en el mantenimiento de las condiciones, lo que hace posible la vida en la Tierra tanto para los humanos como para la diversidad generalizada de organismos. (Eltiempo.es, 2025)

Figura 1: Lluvia



Fuente: Duran (2024)

Tipos de Lluvias

Se pueden clasificar de acuerdo a varios criterios, como su intensidad, forma o configuración con la que se presentan, así como el mecanismo de origen o actividad física. (Ñúñez, 2023)

1. Según su intensidad:
 - ✓ Débil: Inferior a 2 mm/h.
 - ✓ Moderada: Entre 2 y 15 mm/h.
 - ✓ Fuerte: Entre 15 y 30 mm/h.
 - ✓ Muy fuerte: Entre 30 y 60 mm/h.
 - ✓ Torrencial: Supera los 60 mm/h.
2. Según su forma de manifestación:
 - Llovizna: Conocida como Orballo, Sirimiri o Calabobos. Se caracteriza por la presencia de varias gotas de agua con un diámetro de menos de 0.5 mm, estas gotas caen a una velocidad tan reducida que a veces parecen

permanecer detenidas en el aire. Este tipo de lluvia se caracteriza por el tipo de tipo de capa.

- Lluvia: Este es el tipo más común y las gotas de agua tienen un diámetro superior a 0.5 mm y caen a una velocidad moderada. Por lo general, este fenómeno ocurre en las nubes nimbo estáticas o de alto tensión.
- Chubasco de agua: Llamadas precipitaciones o gotas características más grandes de Chaparrón que aquellas con lluvia ordinaria. Esta precipitación comienza y de repente termina con una intensidad que puede cambiar rápidamente. Solo las nubes Cumulonimbo tienen la capacidad de causar este tipo de precipitación.

3. Según su origen:

- Precipitaciones orográficas: Estas ocurren cuando una corriente de aire húmedo se ve obligada a elevarse al chocar con una cadena montañosa. Este movimiento ascendente enfría el aire, lo que provoca que el vapor de agua se condense y se formen nubes. Las lluvias resultantes se dan, mayormente, en la ladera de barlovento, donde el viento impacta de manera directa, y suele haber un crecimiento vegetal más abundante, lo que indica un mayor suministro de agua.
- Precipitaciones convectivas: Se producen a partir del fenómeno de convección, que sucede cuando el suelo se calienta por la radiación solar, elevando la temperatura de las corrientes de aire cercanas al suelo. Estas masas de aire caliente, al ser menos densas que el aire frío, ascienden, se enfrían y condensan, generando nubes que tienen forma de cúmulos. Este tipo de lluvia a menudo se presenta como aguaceros intensos y breves.
- Precipitaciones frontales: Surgen de sistemas de nubes que están vinculados a frentes atmosféricos, es decir, áreas de cambio entre dos masas de aire con diferentes niveles de temperatura y humedad. Dependiendo del tipo de frente, las lluvias pueden variar en intensidad y duración. Los frentes cálidos generalmente producen lluvias continuas y estratificadas, mientras que los frentes fríos pueden ocasionar precipitaciones más fuertes y convectivas, a menudo acompañadas de tormentas.

Figura 2: Tipos de Lluvias



Fuente: Portillo (2025)

Inundaciones

Según Listo (2025) las inundaciones son el resultado del desbordamiento temporal de aguas hacia áreas que, en circunstancias normales, permanecen secas. Este evento es el tipo de desastre natural más común en los Estados Unidos. Permanecer en zonas inundadas o entrar en contacto con el agua durante una inundación puede representar un peligro considerable para la salud física, pudiendo ocasionar lesiones graves o incluso la muerte. Las inundaciones pueden surgir por diferentes motivos, como:

- ✓ Las precipitaciones irregulares, concentradas entre enero y abril, y la influencia del fenómeno El Niño
- ✓ Factores exógenos como el aumento del nivel del mar, hundimiento de suelos y drenaje insuficiente
- ✓ Urbanización excesiva y falta de áreas verdes que dificultan la infiltración del agua
- ✓ Lluvias intensas o prolongadas
- ✓ Deshielo de nieve
- ✓ Tormentas en la costa y marejadas ciclónicas
- ✓ Ruptura o desbordamiento de presas y otros sistemas hidráulicos

También pueden desarrollarse de manera gradual o repentina, siendo las inundaciones repentinas especialmente peligrosas, ya que pueden ocurrir sin

advertencia. Las consecuencias de las inundaciones pueden ser severas, incluyendo:

- ✓ Cortes en el suministro eléctrico
- ✓ Interrupciones en los servicios de transporte
- ✓ Deterioro estructural de edificios e infraestructuras
- ✓ Desencadenamiento de deslizamientos de tierra, como movimientos de terreno
- ✓ Pérdidas humanas, económicas, ambientales y sociales

Figura 3: Inundaciones



Fuente: Espino Jato & Gonzalez Avila (2022)

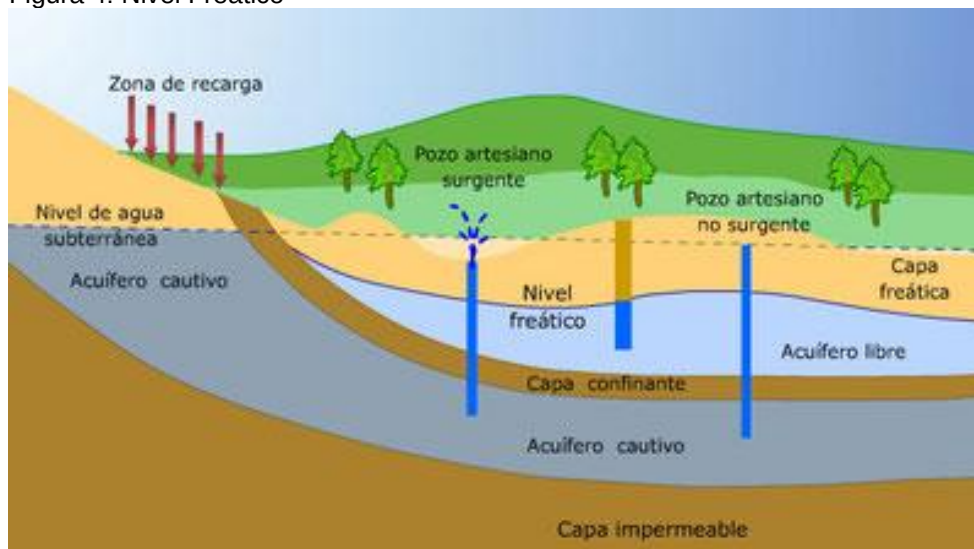
Nivel Freático

Es la profundidad a la que se encuentra la región saturada de agua bajo la tierra en relación con la superficie. Este recurso acuático está contenido en formaciones geológicas llamadas acuíferos que pueden estar compuestas de materiales permeables como rocas, arcillas o arenas. La ubicación del nivel del agua subterránea varía y está influenciada por aspectos como las condiciones climáticas estacionales, la cantidad de lluvia recibida y la intensidad de la extracción de agua. Cuando el nivel de agua subterránea se eleva por encima de la superficie del terreno, puede provocar inundaciones; por el contrario, una reducción importante puede llevar a la escasez en el suministro de agua y a situaciones de sequía. (Kiloutou, 2023)

Hay varios enfoques para medir el nivel del agua en el subsuelo, siendo estos cuatro los más utilizados:

- Sondeo directo: Utiliza sondas específicas para identificar la profundidad del agua subterránea. Aunque este procedimiento es muy preciso, conlleva costos elevados y requiere de especialistas y equipo adecuado.
- Pozos de observación: Implica excavar pozos en el terreno para observar y registrar el nivel del agua de forma continua. Es especialmente valioso para investigaciones a largo plazo o para detectar cambios que ocurren con las estaciones.
- Medición manual: Utilizan herramientas básicas, como varas o palos, para medir directamente cuán profundo se encuentra el agua. Este método es económico y fácil de realizar, pero su exactitud es menor en comparación con técnicas más sofisticadas.
- Instrumentación especializada: Como sensores de presión o sistemas automáticos de transmisión de datos, que permiten medir con precisión y en tiempo real el nivel del agua subterránea. A pesar de que estos dispositivos son muy precisos y automáticos, su adquisición y mantenimiento pueden ser costosos.

Figura 4: Nivel Freático



Fuente: Chile.Cubica (2025)

Taponamiento u Obstrucciones

Este tipo de problema surge principalmente a causa de un exceso de lluvias, como se mencionó en nuestro análisis anterior. La capacidad de los sistemas de drenaje pluvial no es suficiente para gestionar cantidades de escorrentía que superan considerablemente el caudal previsto, lo que provoca sobrepresiones hidráulicas. Esta problemática se vuelve especialmente grave en los sistemas de evacuación unitarios, donde las aguas pluviales y las aguas residuales utilizan la misma infraestructura. Además, el colapso de las redes de evacuación puede deberse a la acumulación de desechos sólidos, sedimentos o la penetración de raíces de plantas en las tuberías. Estas obstrucciones, frecuentemente referidas como bloqueos, se ven exacerbadas en épocas de sequías prolongadas, ya que la falta de lluvias regulares impide el transporte natural de sedimentos, lo que promueve su acumulación gradual hasta interrumpir el flujo hidráulico en los tubos. (Hidrotec, 2025)

Figura 5: Taponamiento u Obstrucciones



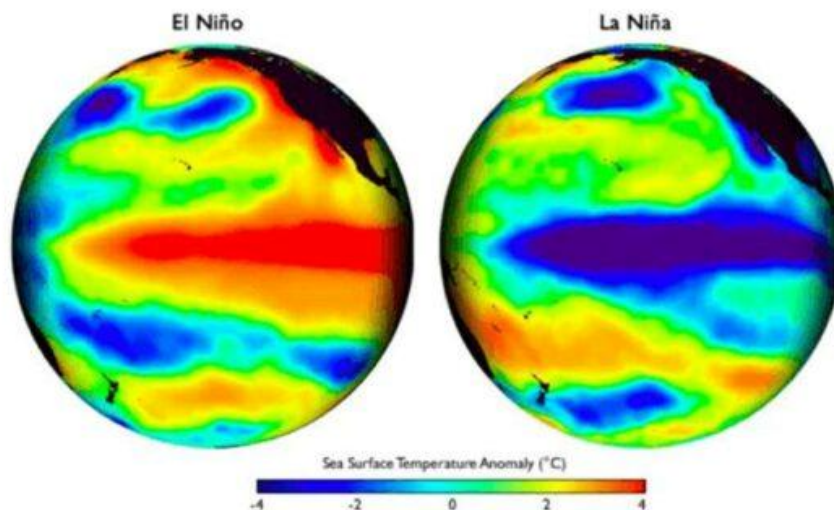
Fuente: La Hora (2022)

Fenómeno de El Niño

Surge debido a una alteración en la presión del aire, que es la fuerza que ejerce el aire en cualquier parte de la atmósfera, la cual forma la capa gaseosa que rodea el planeta. Esto provoca cambios en la dirección y velocidad de los vientos, así como en los patrones de precipitación, que se desplazan de las áreas

tropicales a otras partes del mundo. Durante este evento, los vientos alisios, que soplan de manera constante en verano y con menor fuerza en invierno, tienden a debilitarse o incluso cesar completamente. Como efecto, la región con mayor temperatura superficial del océano se mueve hacia la corriente de Humboldt, que es conocida por sus aguas frías, mientras que las aguas más frías se desplazan hacia el sudeste asiático. Este conjunto de alteraciones provoca un aumento en la presión atmosférica en el sudeste asiático, mientras que en América del Sur se observa una reducción de esta misma presión. Estos cambios suelen ocurrir en alrededor de seis meses, comúnmente entre junio y noviembre. (Cultura Ambiental, 2025)

Figura 6: Fenómeno de El Niño



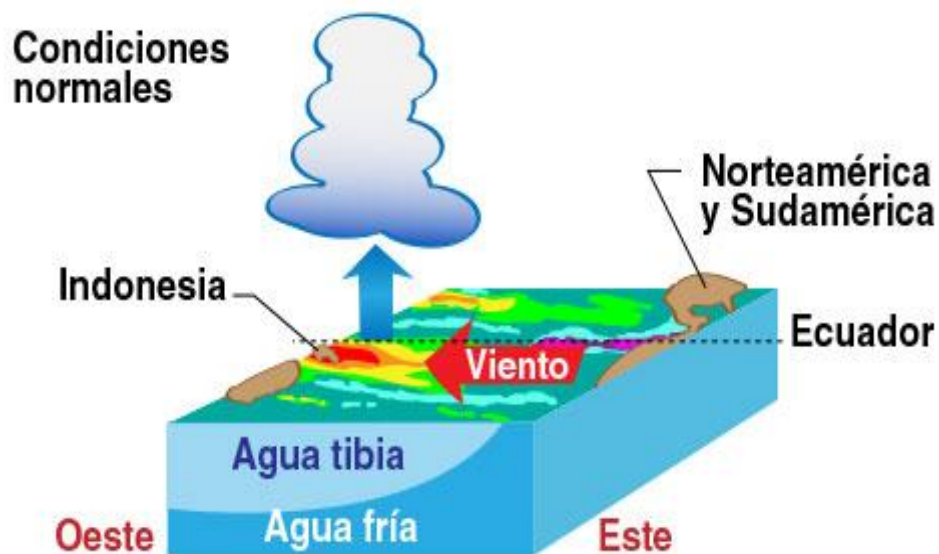
Fuente: El Comercio (2023)

Fenómeno de La Niña

La existencia de aguas relativamente frescas en la zona ecuatorial del océano Pacífico lleva a una notable reducción en la temperatura de la superficie marina, lo que impacta directamente las condiciones climáticas. Esta disminución es una de las manifestaciones más evidentes del fenómeno conocido como La Niña. En los momentos en que se presenta La Niña, las aguas calidas del Pacífico ecuatorial se mueven hacia la región cercana a Oceanía. En esta área, se produce una considerable formación de nubes, junto con lluvias

importantes. Además, se detecta una disminución de la presión atmosférica a nivel del mar en la región próxima a Oceanía, mientras que, por el contrario, hay un incremento en la zona del Pacífico tropical, que está al lado de las costas de América del Sur y América Central. Este cambio aumenta el gradiente de presión entre los extremos oriental y occidental del Pacífico ecuatorial, lo que causa una caída en el nivel del mar en las costas de Colombia, Ecuador, Perú y el norte de Chile, así como un aumento en la cercanía a Oceanía. (Bogotánitos, 2025)

Figura 7: Fenómeno de La Niña



Fuente: Space Place (2020)

Urbanización Acelerada

Se refiere a un fenómeno en el que las urbes crecen rápidamente, impulsado por un ciclo de retroalimentación que se relaciona principalmente con las ventajas económicas, la eficacia y las oportunidades que el entorno urbano proporciona a nivel local. Estas ventajas suelen amplificarse a medida que la ciudad aumenta su tamaño. Sin embargo, esta dinámica de crecimiento tiene sus límites. La aceleración del desarrollo urbano solo ocurre en ciertas fases del ciclo vital de las ciudades, hasta que factores como los problemas de sostenibilidad social y ambiental comienzan a ralentizar o frenar dicho crecimiento. Luego, bajo nuevas circunstancias favorables, puede comenzar una nueva etapa de expansión urbana. (Sarasola, 2023)

Figura 8: Urbanización Acelerada



Fuente: Arrelanes (2023)

Cambio Climático

Cualquier alteración importante y duradera en el sistema climático con el paso del tiempo, ya sea por variaciones naturales o por la acción humana. Ambas razones están ligadas al efecto invernadero, un fenómeno que incrementa el calentamiento del planeta al retener una parte del calor dentro de la atmósfera. Este fenómeno puede ser comprendido a través del estudio de cambios estadísticos en elementos climáticos esenciales, como la temperatura del aire, las temperaturas oceánicas, el nivel del mar, o la lluvia, analizados a lo largo de largos períodos. Estas alteraciones suelen ocurrir de forma gradual, continua y extendida en el tiempo, resultando en cambios lentos pero seguros en las condiciones climáticas generalizadas y en su variabilidad. El efecto invernadero está íntimamente vinculado a los gases de efecto invernadero, que son capaces de absorber parte de la radiación infrarroja emitida desde la superficie del planeta y reemitirla hacia la Tierra, contribuyendo así al aumento de temperatura. Aumento de la temperatura global, tienen repercusiones tanto directas como indirectas. Entre estas se incluyen la mayor frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos, tales como olas de calor, sequías, tormentas, inundaciones y otros eventos severos. Es importante destacar que la transformación de estos eventos aislados impacta significativamente en la variación del clima a nivel mundial. (CIIFEN, 2022)

Figura 9: Cambio Climático

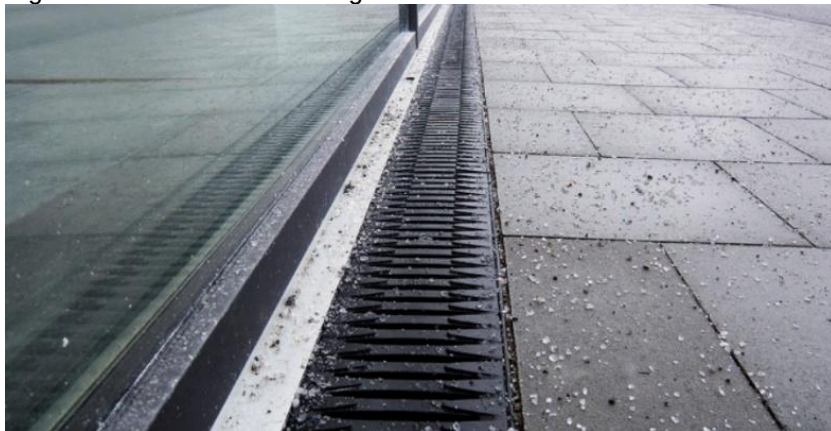


Fuente: CIIFEN (2022)

Canalización de Agua Lluvias

Son una serie de elementos y sistemas destinados a recoger, transportar y eliminar de forma efectiva el agua de lluvia que se acumula en áreas expuestas como techos, terrazas, patios y otros espacios de edificios o terrenos. El objetivo fundamental de estas instalaciones es salvaguardar las construcciones contra los impactos adversos que puede causar la acumulación de agua, como el desgaste de las bases, filtraciones en techos y muros, la aparición de humedad, así como el crecimiento de moho y hongos, aspectos que afectan la longevidad y habitabilidad de los lugares construidos. (Construcciones Vale, S.L., 2024)

Figura 10: Canalización de Aguas Lluvias

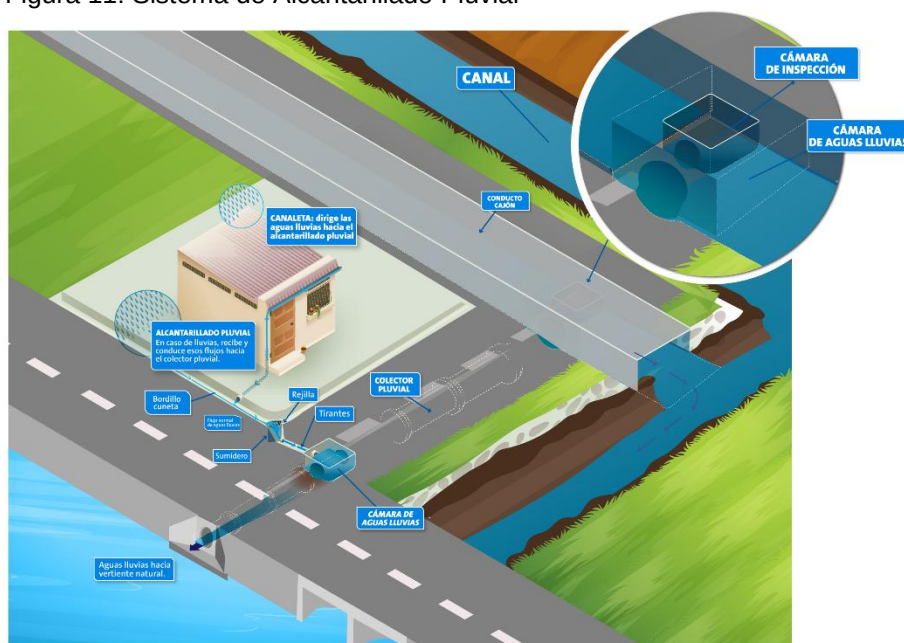


Fuente: Baux (2024)

Sistema de Alcantarillado Pluvial

Se integra por una serie de tuberías, desagües, recolectores y canales, que pueden ser abiertos o cerrados, y cuya función esencial es recoger y dirigir las aguas derivadas de la lluvia hacia destinos naturales de descarga, como riachuelos o ríos. Su objetivo principal es asegurar una evacuación efectiva del agua de lluvia en áreas urbanas, para evitar inundaciones y anegaciones. Con el fin de velar por el bienestar de la comunidad, la compañía Interagua lleva a cabo estrategias preventivas de forma constante durante todo el año. Además, realiza acciones específicas en la época invernal y formula planes a corto, mediano y largo plazo, dirigidos a la mejora y optimización del sistema de desagüe pluvial. (Interagua, 2025)

Figura 11: Sistema de Alcantarillado Pluvial



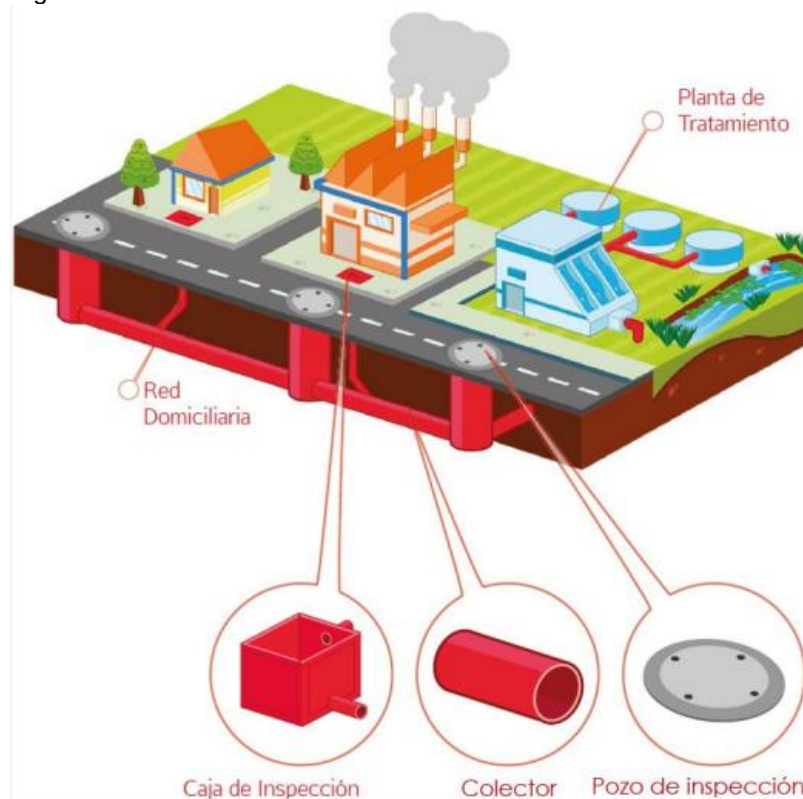
Fuente: Interagua (2025)

Elementos del Alcantarillado Pluvial

Señala Laaz Hidrovo (2023) que los compone los siguientes elementos y trabajan en conjunto para garantizar un manejo eficiente y seguro de la escorrentía pluvial:

- Estructura de captación: Recoge y transporta la escorrentía, generalmente mediante sumideros.
- Estructura de conducción: Traslada el agua recolectada hacia su destino final mediante tuberías o canales, siendo el componente principal del sistema.
- Estructuras de conexión y mantenimiento: Facilitan la unión de conductos y permiten realizar inspecciones, limpieza y reparaciones.
- Obras complementarias: Incluyen instalaciones auxiliares esenciales para el funcionamiento del sistema, como cárcamos de bombeo, lagunas de retención, disipadores de energía, entre otros.
- Disposición final: Define el lugar donde se vierten las aguas, siendo clave para evitar daños en el entorno.

Figura 12: Elementos de Alcantarillado Pluvial



Fuente: Bonilla Granados & Ramon Valencia (2025)

Parámetros de Técnicos de AALL

Los criterios de diseño constituyen un grupo de medidas, requisitos y normas técnicas aplicadas en la organización, tamaño y edificación de sistemas

destinados a la captura, transporte y desecho del agua de lluvia. Estos criterios aseguran la operación efectiva y segura del sistema, ayudando a evitar inundaciones, resguardando la infraestructura urbana y en numerosas ocasiones, promoviendo el uso sostenible del recurso hídrico pluvial. (Duran Castro, 2025)

Figura 13: Parámetros Técnicos

TABLA 1					
Comparación de algunos parámetros de calidad del agua entre el vertido pluvial urbano y el vertido de agua residual					
Elemento	Agua Pluvial		Agua Residual		
	Redes separativas		Antes de tratamiento		Después de un secundario
	Rango	Típico	Rango	Típico	
DQO	20 – 275	(75)	250 – 1.000	(500)	80
SS	20 – 2.890	(150)	100 – 350	(220)	20
Total P	0,02 – 4,30	(0,36)	4 – 15	(8)	2
Total N	0,4 – 20,0	(2,0)	20 – 85	(40)	30
Plomo	0,01 – 1,20	(0,18)	0,02 – 0,94	(0,10)	0,05
Cobre	0,01 – 0,40	(0,05)	0,03 – 1,19	(0,22)	0,03
Zinc	0,01 – 2,90	(0,20)	0,02 – 7,68	(0,28)	0,08
Colif. fec./100 ml	400 – 50 x 10 ³		1 x 10 ⁶ – 1 x 10 ⁸		200

Fuente: Colegio De Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (2025)

Delimitación de Área Geográfica

Área específica de la superficie terrestre que exhibe condiciones geográficas uniformes, incluyendo la forma del terreno, el clima, los tipos de vegetación, la variedad de especies animales, los recursos de agua y los modos de asentamiento humano. En ciertos casos, este término puede emplearse como sinónimo de “zona natural”. (Concepto, 2025)

Las áreas geográficas se distinguen por:

- Forma en que se organiza la superficie terrestre en sectores que presentan propiedades relativamente coherentes o similares, y que en consecuencia pueden ser tratadas como una sola unidad geográfica.

- Fronteras cambian de acuerdo a los factores considerados: naturales, humanos, económicos, etc., y son establecidas por acuerdo.
- Facilita una aproximación geográfica más rápida y eficaz al análisis de nuestro planeta, eliminando las partes irrelevantes y centrando la atención en las que son necesarias.
- No debe ser confundido con “paisaje” ni con “zona”.

Figura 14: Delimitación de Área Geográfica



Fuente: Tokar (2025)

Periodo de Retorno

Se describe como el tiempo promedio, medido en años, durante el cual se anticipa que un evento de cierta magnitud suceda. Este se determina como el recíproco de la probabilidad de que el evento ocurra en un año específico. Para crear las gráficas de Precipitación-Duración-Intervalo de Retorno (P-d-Tr), se utilizan datos de precipitaciones máximas recogidas diariamente. Cuando la información de lluvias disponible alcanza o supera el período de retorno indicado, se aplican técnicas de interpolación estadística, frecuentemente utilizando regresión lineal para estimar los valores de precipitación para diversas duraciones y frecuencias. (Ojeda de la Cruz, Alvarez Chávez, & Orona Llano, 2020)

Para la elaboración del diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial Sustentable (DPS), se abarca las siguientes fases:

- Obtención de datos climáticos: Se obtuvo información histórica sobre las lluvias de la estación meteorológica asignada, con la finalidad de entender el comportamiento pluvial en la zona de interés.
- Detección de subcuencas y microcuencas: Mediante un estudio del relieve y la identificación de divisorias de aguas, se establecieron las áreas de escorrentía y la dirección natural del agua en el entorno universitario.
- Examen estadístico de lluvias: Los datos de las precipitaciones fueron analizados para determinar las lluvias máximas vinculadas a diversas duraciones y períodos de recurrencia, facilitando así la definición de la tormenta de diseño para el cálculo del sistema.
- Determinación del caudal de diseño y sugerencia de red de transporte: Se definieron los parámetros hidráulicos y de escorrentía requeridos para crear el modelo del sistema de drenaje pluvial y, además, se propuso una red de captación y transporte adecuada. En este último caso se utilizan las ecuaciones:

Ecuación 1: Periodo de retorno en base a regresión lineal de series estadísticas.

$$PTr = A + B (\log Tr)$$

Fuente: Ojeda de la Cruz et. al (2020)

Siendo:

- ✓ PTr: Precipitación máxima diaria del periodo de retorno
- ✓ A, B: Parámetros de ajuste de la regresión lineal
- ✓ Tr: Periodo de retorno de la serie anual de máximos, en años (mm)

Ecuación 2: Periodo de retorno de la serie anual de máximos.

$$Tr = \frac{n + 1}{m}$$

Fuente: Ojeda de la Cruz et al. (2020)

Donde:

- ✓ n: número de años de registro en la estación meteorológica
- ✓ m: número de orden del evento con arreglo de datos decreciente

Tabla 1: Periodo de Retorno para Algunas Estructuras Menores

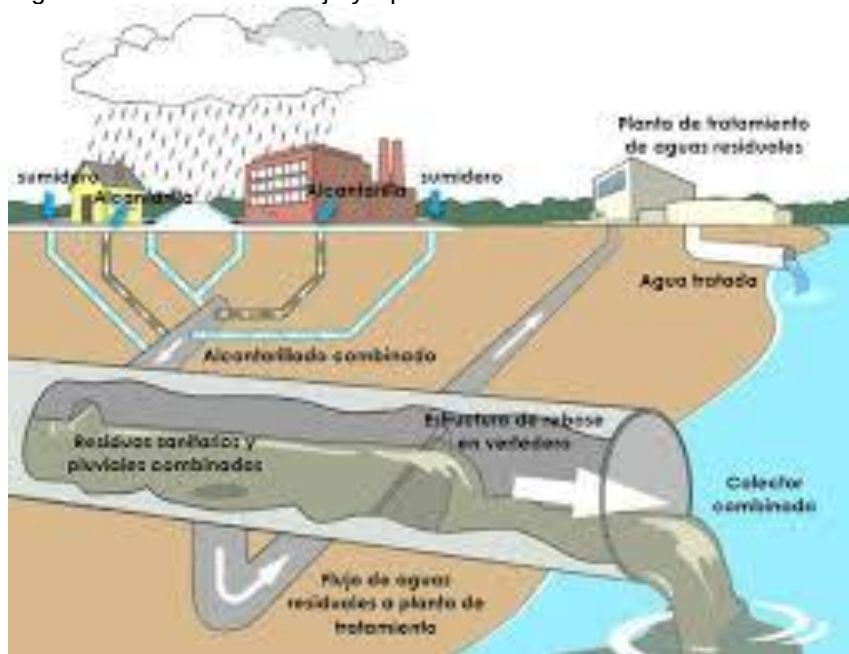
TIPO DE ESTRUCTURA	T(años)
Alcantarillas en caminos secundarios, drenaje de lluvia o contracunetas.	5 a 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde pueden tolerarse encharcamientos causados por lluvias de corta duración.	1 a 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 a 10

Fuente: Laaz Hidrovo (2023)

Áreas de Drenaje y Aportación

En la planificación del sistema de drenaje pluvial y sanitario, es esencial tener en cuenta las áreas de captación que corresponden a cada segmento de la red. Dichas áreas son cruciales para calcular el flujo de aguas residuales y de lluvia que deben ser dirigidas a través de las tuberías situadas en las zonas que rodean el sistema de drenaje. A partir de un estudio topográfico del área urbana, se puede identificar con exactitud las zonas de futuro crecimiento, calculando su impacto en el sistema. En este caso particular, se ha considerado un área de 30 metros en cada lado del eje de las calles como una futura zona de influencia. Después de definir las áreas de captación, se avanzó con el diseño preliminar del plan general de recolección, lo que implicó establecer dónde se ubicarán los nuevos pozos de acceso y ajustar o modificar los existentes. Estas elecciones se basaron en criterios topográficos, estéticos, demográficos, urbanísticos y, principalmente, económicos, con el objetivo de asegurar un diseño que sea funcional, sostenible y adaptable al crecimiento urbano esperado. (Dávila, 2025)

Figura 15: Áreas de Drenaje y Aportación



Fuente: Bonilla Granados & Ramon Valencia (2025)

Las Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF)

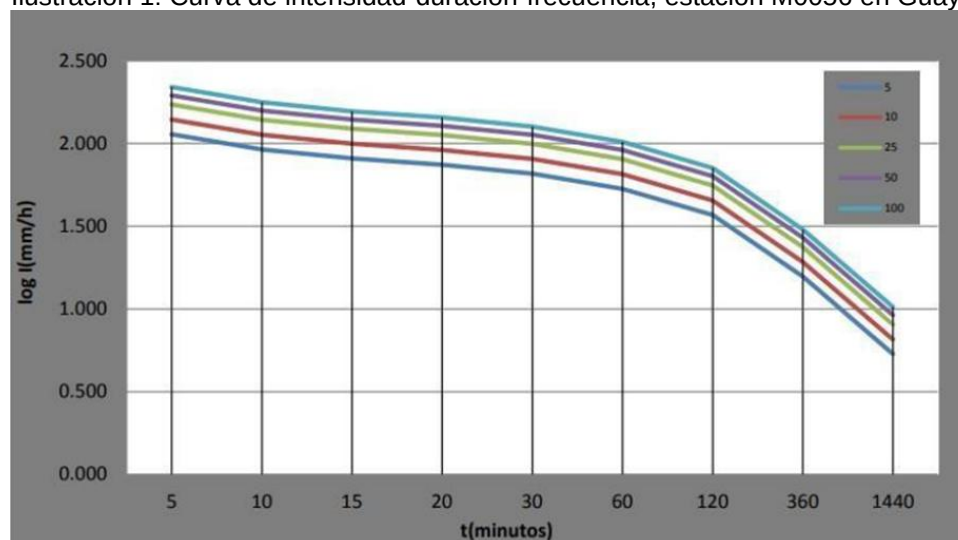
Permiten definir la relación cuantitativa entre la fuerza de una lluvia, su tiempo de duración y su frecuencia de ocurrencia. Estas gráficas se muestran con la duración del evento en el eje X, la intensidad en el eje Y. Distintas curvas para cada tiempo de retorno, lo que ilustra la probabilidad de que ocurran lluvias de diferentes intensidades. Para crear estas curvas se necesita información de estaciones de lluvia que registran de manera continua y de estaciones que miden la lluvia acumulada en intervalos fijos. Sin embargo, en Ecuador es común enfrentarse a dificultades como la falta de datos históricos, el mantenimiento deficiente de las estaciones y el acceso limitado a la información, lo que plantea un reto considerable para la correcta elaboración de estas herramientas de análisis hidrológico. (Corapi & Nuñez Neira, 2022)

Según Laaz Hidrovo (2023) la intensidad de la precipitación se define como la cantidad de lluvia que se acumula en un período determinado, medida comúnmente en milímetros por hora. Por otro lado, la duración se refiere al tiempo durante el cual se observa esta precipitación que se expresa en minutos. La intensidad del agua que cae cambia según la duración del evento, por lo que para su estudio se necesitan datos exactos de estaciones meteorológicas

cercanas al sector de interés. Para proyectos de diseño hidráulico y planificación, se utilizan las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), que muestran una relación matemática entre estos factores. Estas gráficas permiten conectar la intensidad media registrada en diferentes lapsos de tiempo con un mismo período de retorno o frecuencia de ocurrencia, lo que ayuda a estimar eventos pluviales específicos para dimensionar infraestructuras adecuadamente.

En el caso particular de Guayaquil, la conexión entre la fuerza, el tiempo y la regularidad de las lluvias es un elemento crucial en la ingeniería del agua. La fuerza de una lluvia está vinculada directamente con su duración y su frecuencia de ocurrencia, características que se representan a través de las gráficas de IDF. La frecuencia de lluvia o período de retorno se refiere a la probabilidad estadística de que una cierta cantidad de lluvia suceda, en promedio, una vez en un periodo definido de años. Este dato es fundamental para el diseño de sistemas de drenaje y otras estructuras hidráulicas, ya que establece el grado de protección ante eventos extremos. La duración de diseño se determina en función del tiempo de concentración de la cuenca, que indica el tiempo que demora el agua de escorrentía superficial en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el lugar de análisis o de descarga. Este aspecto es clave para seleccionar correctamente la duración del evento de diseño que se empleará en los cálculos hidráulicos. (Santana Angulo & Valencia Escobar, 2024)

Ilustración 1: Curva de intensidad-duración-frecuencia, estación M0056 en Guayaquil.



Fuente: Santana Angulo & Valencia Escobar (2024)

Caudal de Diseño

Señala Ponce San Lucas (2023) que el término caudal se refiere a la cantidad de agua que pasa a través de un sistema de drenaje en un periodo específico, el cual es principalmente resultado de la escorrentía superficial derivada de las lluvias. Su nivel está afectado por varios elementos, incluyendo:

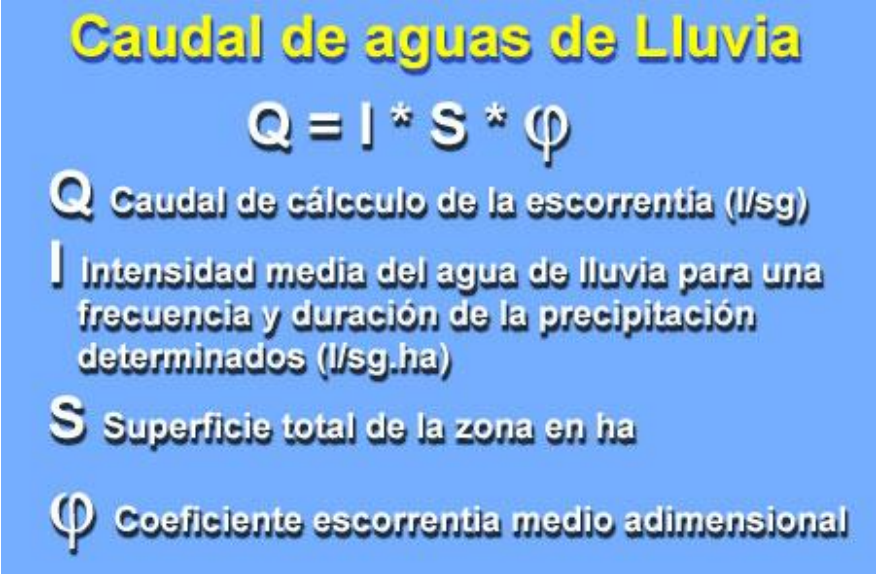
- ✓ La fuerza y el tiempo de la lluvia
- ✓ Las propiedades de la cuenca, como el tipo de superficie (que puede ser permeable o impermeable)
- ✓ El índice de escorrentía, que indica cuán eficientemente la cuenca puede generar escurrimiento
- ✓ El tiempo de concentración, que se refiere al período que tarda el agua en llegar desde el área más lejana de la cuenca hasta su desembocadura

Según Ponce San Lucas (2023) para calcular el caudal de escorrentía, frecuentemente se emplea el método racional, que considera los factores mencionados para estimar con precisión el caudal que se podría esperar bajo diferentes condiciones de lluvia. Existen diversas clasificaciones de caudales que deben ser tenidas en cuenta al diseñar sistemas de drenaje pluvial, tales como:

- Caudal de diseño: que representa el máximo flujo anticipado relacionado con una tormenta de un periodo de retorno definido.
- Caudal máximo: que indica el punto más alto de escorrentía alcanzado en lluvias intensas y de corta duración.

El dimensionamiento correcto de tuberías, canales y otros componentes del sistema de alcantarillado pluvial debe fundamentarse en estos caudales, asegurando su habilidad para gestionar situaciones extremas sin ocasionar inundaciones. Además, es fundamental que el sistema mantenga flujos adecuados para prevenir problemas como sedimentación en las tuberías o erosión en áreas críticas del drenaje.(Ponce San Lucas, 2023)

Figura 16: Caudal de Diseño



El diagrama presenta la fórmula $Q = I * S * \phi$ en un fondo azul. Debajo de la fórmula, se definen las variables: Q es el caudal de cálculo de la escorrentía en l/s; I es la intensidad media del agua de lluvia para una frecuencia y duración de la precipitación determinados en l/s.ha; S es la superficie total de la zona en ha; y ϕ es el coeficiente escorrentía medio adimensional.

Caudal de aguas de Lluvia

$$Q = I * S * \phi$$

Q Caudal de cálculo de la escorrentía (l/s)

I Intensidad media del agua de lluvia para una frecuencia y duración de la precipitación determinados (l/s.ha)

S Superficie total de la zona en ha

ϕ Coeficiente escorrentía medio adimensional

Fuente: Cidta (2025)

Método Racional

Es un método hidrológico muy utilizado para representar la conexión entre la lluvia y el flujo de agua en la superficie, creado entre 1851 y 1889. Su amplia aceptación se debe a su formulación sencilla, que parte de la premisa de que una lluvia constante y uniforme en una cuenca arroja un caudal fijo en la salida. (Garcés Fernández & Guzmán Chitiva, 2023) Esta metodología facilita la evaluación del caudal máximo provocado por una tormenta a través de una fórmula matemática específica:

Ecuación 3: Método racional.

$$Q = C * I * A$$

Fuente: Laaz Hidrovo (2023)

Donde:

- ✓ Q: caudal de diseño (m³/s)
- ✓ C: coeficiente de escorrentía
- ✓ I: intensidad de lluvia (mm/h)
- ✓ A: área de aportación

Limitaciones del Método Racional

- Supone que la lluvia ocurre de manera constante tanto en el espacio como en el tiempo, lo que lo hace relevante solo para fenómenos de corta duración y áreas pequeñas.
- Aplica un solo coeficiente de escorrentía para toda la zona de análisis, sin tomar en cuenta procesos de retención, infiltración o almacenamiento.
- Establece que la frecuencia del flujo máximo estimado es la misma que la de la lluvia de diseño, lo que es apropiado principalmente para superficies que no absorben agua.
- Dado que el proyecto se localiza en una cuenca con un área de drenaje pequeña y un alto nivel de impermeabilidad, el uso del método racional es justificable desde el punto de vista técnico.

Coeficiente de Escorrentía

Es un indicador que muestra la relación entre el volumen de agua que fluye por la superficie y el volumen total de lluvia que se ha presentado en un período específico. Se puede calcular a partir de un evento de lluvia concreto o en un intervalo que abarque varios eventos. Este índice es fundamental para estimar los flujos de agua, ya que refleja cómo responde la cuenca a las precipitaciones. Sin embargo, tiende a ser la variable más incierta en las técnicas de cálculo, dado que es muy sensible a elementos como el tipo de suelo, su capacidad de absorción, la inclinación del terreno y otras propiedades que afectan tanto la infiltración como el retraso del desagüe superficial. En áreas donde las condiciones de drenaje son diversas, el coeficiente representativo de escorrentía se calcula mediante un promedio ponderado de los coeficientes asignados a cada subárea, basado en el tamaño de cada una. Este coeficiente es afectado por diversas variables, que abarcan factores hidrometeorológicos, la capacidad del suelo para absorber agua, las características del relieve y las condiciones de uso, cobertura y ocupación del terreno. Su valor cambia según la clase de suelo y es un parámetro clave para la simulación del escurrimiento superficial. (Sotomayor Cuadrado & Yabrudy Mercado, 2020)

Tabla 2: Algunos coeficientes de acuerdo con el tipo de superficie y periodos de retorno.

Descripción del área	Periodo de retorno en (años)		
	2	5	10
Asfáltico	0,73	0,77	0,81
Concreto/Techo	0,75	0,80	0,83
Zonas verdes (jardines, parques, etc.) cubierta del pasto el 50% del área			
Plano 0-2%	0,32	0,34	0,37
Promedio 2-7%	0,37	0,40	0,43
Pendiente superior a 7%	0,40	0,43	0,45
Zonas verdes (jardines, parques, etc.) cubierta del pasto del 50% al 75% del área			
Plano 0-2%	0,25	0,28	0,30
Promedio 2-7%	0,33	0,36	0,38
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,42
Zonas verdes (jardines, parques, etc.) cubierta del pasto mayor al 75% del área			
Plano 0-2%	0,21	0,23	0,25
Promedio 2-7%	0,29	0,32	0,35
Pendiente superior a 7%	0,34	0,37	0,40

Fuente: Laaz Hidrovo (2023)

Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración (t_c) se refiere al periodo necesario para que una gota de agua que cae en el punto más remoto de la cuenca llegue a su salida o lugar de control. Este aspecto es crucial en los modelos hidrológicos, ya que ayuda a prever cómo responde la cuenca ante lluvias intensas. Para calcularlo, se toman en cuenta factores geomorfológicos, el uso del suelo y las propiedades hidráulicas del sistema de drenaje. En áreas urbanas, el tiempo de concentración se compone de dos elementos principales: el tiempo de entrada (t_0), que es el necesario para que el agua superficial llegue a las estructuras de captación (como desagües o alcantarillas), y el tiempo de flujo (t_f), que indica cuánto tarda el agua en viajar a través de la red de conducción (tuberías, canales o ductos). El valor del t_c está influenciado por el tipo de flujo que predomina, ya sea en forma de lámina, en espacios abiertos o por medio de tuberías cerradas, así como por las características del terreno, como su inclinación, rugosidad, longitud del trayecto y tipo de superficie. En cuencas urbanas, el tiempo de concentración suele ser breve, comúnmente entre 5 y 10 minutos, debido a la pequeña área de

drenaje y la gran impermeabilidad del entorno. Para estimar este tiempo, se emplean diversas fórmulas empíricas que se ajustan a las características morfológicas de las cuencas urbanas y semiurbanas. El t_c se calcula sumando los tiempos parciales de flujo a lo largo de diferentes tramos del recorrido del agua: superficies impermeables, zanjas, cunetas, canales y colectores. (Castillo García, Abreu Franco, & Alvarez González, 2021). Existen varios métodos para determinarlo, entre ellos:

- Kirpich: Para calcular el tiempo de concentración (t_c) es muy reconocida y empleada a nivel global, en particular por su facilidad de uso y pertinencia en cuencas rurales. Esta fue elaborada inicialmente a partir de investigaciones empíricas realizadas en cuencas de los estados de Tennessee y Pennsylvania, que se distinguen por sus condiciones de topografía y escurrimiento específicas, sobre todo con traslados concentrados en lechos naturales y terrenos con inclinaciones moderadas a altas. Aunque su aplicación sigue siendo habitual, es fundamental tener en cuenta que la fórmula de Kirpich fue elaborada para cuencas rurales con poca urbanización, lo que puede resultar en estimaciones inexactas del t_c en contextos urbanos o con alta interacción humana. En entornos urbanos, donde predominan superficies impermeables, sistemas de drenaje artificial y corrientes en lámina sobre asfalto, la dinámica hidrológica de la cuenca se ve bastante modificada. Por lo tanto, en escenarios urbanos o semiurbanos, se sugiere complementar o reemplazar la fórmula de Kirpich con otras técnicas que tengan en consideración las particularidades del uso del suelo, la infraestructura de drenaje superficial y las condiciones de escurrimiento de dichas áreas. La elección del método más apropiado debe fundamentarse en las características geomorfológicas, hidráulicas y de desarrollo urbano de la cuenca estudiada. (Castillo García, Abreu Franco, & Alvarez González, 2021)
- ✓ Tiempo de Retardo del SCS
- ✓ Método de la Velocidad del SCS
- ✓ Federal Aviation Administration (FAA)

- ✓ El método de la FAA utiliza la fórmula

Ecuación 4: Método de la Federal Aviation Administration.

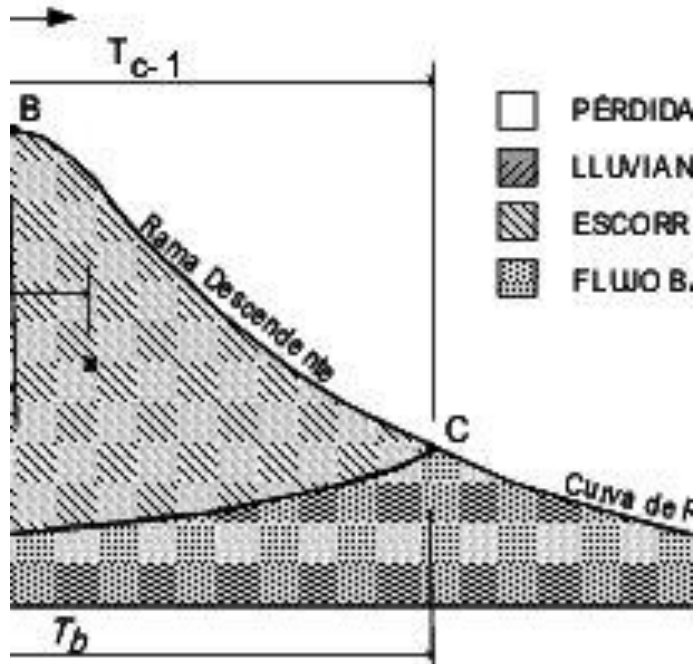
$$T_c = 0.707 * \frac{(1.10 - c) * L^{\frac{1}{2}}}{s^{\frac{1}{3}}}$$

Fuente: Laaz Hidrovo (2023)

Donde:

- ✓ Tc: Tiempo de concentración (min)
- ✓ c: Coeficiente de escorrentía
- ✓ L: Longitud máxima de salida (m)
- ✓ S: Pendiente (m/m)

Figura 17: Tiempo de Concentración



Fuente: Vélez (2025)

Topografía, Velocidades y Pendientes

Es una rama del saber que se dedica al examen minucioso de la superficie de la Tierra, abarcando las distintas formas de relieve y otras particularidades del terreno. Se enfoca en el análisis y la implementación de un conjunto de métodos técnicos que tienen como fin la representación tanto visual como descriptiva de la configuración física del entorno geográfico. Esta área del conocimiento es vital para múltiples disciplinas, como la creación de mapas, la

geografía física, la oceanografía y la arquitectura, así como para campos de apoyo como la arqueología y la paleontología, donde su uso es esencial para la identificación, estudio y registro de descubrimientos y estructuras. Aunque no se puede determinar con certeza el momento preciso en que la topografía se consolidó como disciplina científica, hay pruebas de su práctica en el antiguo Egipto, especialmente en actividades vinculadas a la demarcación de propiedades. De igual manera, se reconoce a la Antigua Grecia, y en particular a pensadores como Anaximandro de Mileto, como influyentes en la creación de mapas que podrían verse como precursores de esta área del saber. Los mapas topográficos utilizan un sistema de representación en dos dimensiones en el que se muestran las variaciones en la altitud del terreno mediante líneas isométricas llamadas curvas de nivel, las cuales unen puntos con la misma altura en relación a una superficie de referencia. Cuando la superficie de referencia es el nivel del mar, las alturas que se presentan dejan de ser llamadas cotas y son reconocidas como altitudes. (IngeoExpert, 2021)

Este elemento es clave al planificar sistemas de drenaje pluvial, particularmente al tener en cuenta la configuración del terreno en la zona de análisis, donde las alturas sobre el nivel del mar afectan de manera directa la dirección del agua y la efectividad hidráulica del sistema. La rapidez del flujo y la inclinación de los canales son factores esenciales, ya que influyen tanto en la capacidad de transporte como en la integridad de las estructuras. Un flujo demasiado lento puede ocasionar sedimentación y taponamientos, mientras que uno excesivamente rápido puede provocar erosión en los revestimientos o en las partes del canal. Por esta razón, es crucial establecer inclinaciones apropiadas, alineadas con la pendiente natural del terreno, para asegurar un funcionamiento eficaz y seguro del sistema. En términos generales, se sugiere una velocidad mínima de 1.0 m/s para prevenir sedimentación. La velocidad máxima permitida variará según el tipo de material del revestimiento del canal, dado que cada clase tiene una resistencia única ante la erosión generada por el flujo. (Laaz Hidrovo, 2023)

- ✓ Ladrillo común: 3.0 m/s
- ✓ Ladrillo vitrificado: 5.0 m/s

- ✓ Arcilla vitrificada: 4.0 m/s
- ✓ Concreto 175 kg/cm²: 6.0 m/s
- ✓ Concreto 210 kg/cm²: 10.0 m/s
- ✓ Concreto 280 kg/cm²: 15.0 m/s
- ✓ Concreto 350 kg/cm²: 20.0 m/s

La pendiente (S) se calcula con la fórmula:

Ecuación 5: Pendiente

$$S = \frac{(cota\ mayor - cota\ menor)}{longitud}$$

Fuente: Laaz Hidrovo (2023)

La pendiente es un factor crucial en la creación de sistemas de drenaje pluvial, puesto que afecta directamente la rapidez del líquido, la capacidad de desagüe del sistema y, en términos generales, su rendimiento hidráulico. Diferentes investigaciones y autores han señalado cómo este aspecto afecta el comportamiento del flujo en sistemas de drenaje urbano.

- La velocidad del flujo: Es un elemento esencial para asegurar que el sistema funcione de manera eficiente. Esta rapidez está determinada por varios aspectos, como la inclinación del terreno, la forma y tamaño de las tuberías, y el volumen de agua que se necesita transportar. Una pendiente adecuada promueve el rápido movimiento del agua hacia los puntos de descarga, minimizando el riesgo de acumulación y reduciendo la posibilidad de inundaciones, especialmente en áreas con terreno inclinado. Sin embargo, una inclinación demasiado pronunciada podría ser problemática, ya que puede ocasionar velocidades elevadas que, al exceder ciertos límites, pueden causar erosión en las tuberías, cámaras de inspección y otras partes del sistema de drenaje. Por ello, es vital lograr un equilibrio hidráulico que garantice una velocidad de flujo apropiada, previniendo tanto la sedimentación como la erosión. (Burbano Argoty, 2020)
- Capacidad de drenaje: La dimensión de los sistemas de drenaje pluvial debe ser determinada según la inclinación del terreno. En lugares donde

la pendiente es moderada, el movimiento del agua es más pausado, lo que puede necesitar tuberías de mayor tamaño o la adición de elementos adicionales, como tanques de retención y sistemas de bombeo, para asegurar un transporte del agua eficaz. En contraste, en terrenos con inclinaciones fuertes, las tuberías pueden ser más pequeñas debido a que el flujo es más rápido.

- **Evacuación eficiente del agua:** Las inclinaciones intermedias son las más idóneas para lograr un funcionamiento adecuado del sistema de drenaje pluvial. Pendientes muy empinadas o completamente planas pueden resultar en la acumulación de agua, aumentando el riesgo de inundaciones. Por lo tanto, es crucial ajustar la inclinación para mantener un flujo regular y sin obstrucciones.
- **Diseño de canales y tuberías:** El diseño hidráulico de los canales y tuberías en los sistemas de alcantarillado pluvial es crucial para gestionar adecuadamente las aguas de lluvia, evitando inundaciones y resguardando la infraestructura. Este diseño se basa en principios hidráulicos y toma en cuenta aspectos como la topografía local, el caudal anticipado, la velocidad del flujo y la durabilidad de los materiales usados. En áreas con pendientes diversas, el diseño necesita adaptarse a los cambios en la inclinación. Por ejemplo, en pendientes empinadas es vital utilizar materiales que resistan la erosión, mientras que en zonas planas se pueden aplicar sistemas más complejos que integren múltiples componentes para manejar el flujo correctamente. (Ortega Orozco, 2023)
- **Consideraciones en zonas urbanas:** En áreas urbanas con inclinaciones marcadas, resulta crucial analizar cómo los edificios y la infraestructura existente influyen en la dinámica del agua de lluvia. Cambios en la pendiente, ya sea debido a la urbanización o alteraciones en el terreno, pueden provocar lugares donde el agua se concentra con más fuerza. Estas situaciones requieren la implementación de soluciones complementarias en el sistema de drenaje, como dispositivos para retener aguas pluviales o la puesta en marcha de bombas para asegurar un desalojo efectivo y prevenir inundaciones.

Figura 18: Topografía



Trabajos de Topografía subterránea con robots de exploración y cámaras Panorex.

Fuente: AA. FLOODS (2025)

Tuberías y Materiales para AALL

Son un componente clave en los sistemas de drenaje de aguas pluviales, responsables de llevar el agua de lluvia y la escorrentía superficial a los lugares de salida o almacenamiento. Es esencial que su planificación tenga en cuenta la habilidad para mover grandes cantidades de agua y la fortaleza estructural necesaria para aguantar las tensiones y circunstancias difíciles que ocurren durante las tormentas. (Marcillo Mejía, 2021)

Las tuberías pueden producirse utilizando diversos materiales, cada uno elegido en función de las circunstancias particulares de la instalación y las propiedades del terreno:

- PVC (Policloruro de vinilo): Es uno de los materiales más frecuentes gracias a su ligereza, gran resistencia a la corrosión y su sencillez en el ensamblaje y colocación.
- Concreto: Se utiliza en sistemas de gran magnitud, donde se manejan grandes volúmenes de agua, gracias a su elevada durabilidad y fortaleza mecánica.
- Acero: Se emplea en áreas que necesitan mayor robustez estructural, como lugares con tránsito intenso o terrenos densos y desafiantes.

- Fibra de vidrio y materiales compuestos: Son adecuados para entornos agresivos donde la resistencia a la corrosión es esencial, como en terrenos con productos químicos o condiciones dañinas.

Figura 19: Tuberías y Materiales



Fuente: TECTUL (2025)

Profundidad de Instalación

La colocación de tuberías para la recolección de aguas de lluvia debe adherirse a las pautas establecidas en la Norma Australiana AS/NZS 3500. 3:2018, que abarca la plomería y el drenaje de aguas pluviales. En términos generales, es necesario instalar las tuberías a profundidades que puedan:

- Protegerlas contra fuerzas superficiales, como las provenientes del paso de vehículos y peatones
- Prevenir daños ocasionados por actividades de jardinería y paisajismo
- Asegurar una inclinación adecuada que favorezca un drenaje efectivo

Como guía, la profundidad mínima sugerida para las tuberías en zonas peatonales normalmente se sitúa entre 300 mm y 500 mm por debajo del nivel del suelo terminado. En áreas donde hay tránsito vehicular o caminos de acceso, esta profundidad suele ser mayor, generalmente entre 500 mm y 900 mm, o

incluso más, dependiendo de las cargas esperadas y las condiciones particulares del lugar. (Plasgain, 2025)

Figura 20: Profundidad de Instalación



Fuente: Construx (2025)

Sedimentos

Las fuentes de sedimentos incluyen partículas que son arrastradas hacia cuerpos de agua desde distintos lugares, como tierras agrícolas, selvas, áreas desérticas, jardines, márgenes de lagos continentales, riberas de arroyos y lugares de construcción donde no se manejan adecuadamente, entre otros. Estos sedimentos a menudo se asocian con nutrientes, especialmente fósforo, que pueden introducir nutrientes no deseados en los cuerpos de agua. A pesar de que su impacto como contaminantes suele ser minimizado, los sedimentos se encuentran en todos los ecosistemas, tanto naturales como urbanos. (Michigan State University, 2024)

En el agua superficial, pueden perjudicar la calidad del agua al ingresar a los cuerpos acuáticos, ocasionando:

- Cambios en la claridad del agua, lo que afecta la penetración de luz necesaria para la vida acuática

- Reducción de los niveles de oxígeno disuelto, lo que deteriora los hábitats de peces y otras especies silvestres
- Aumento de la sedimentación, un proceso en el cual los sedimentos son transportados y depositados en cuerpos de agua, lo que puede obstruir cauces, incrementar el riesgo de inundaciones y complicar la navegación
- Daños o destrucción de propiedades ubicadas en áreas costeras o ribereñas

Figura 21: Sedimentos



Fuente: GETESAN (2025)

Estructuras Hidráulicas

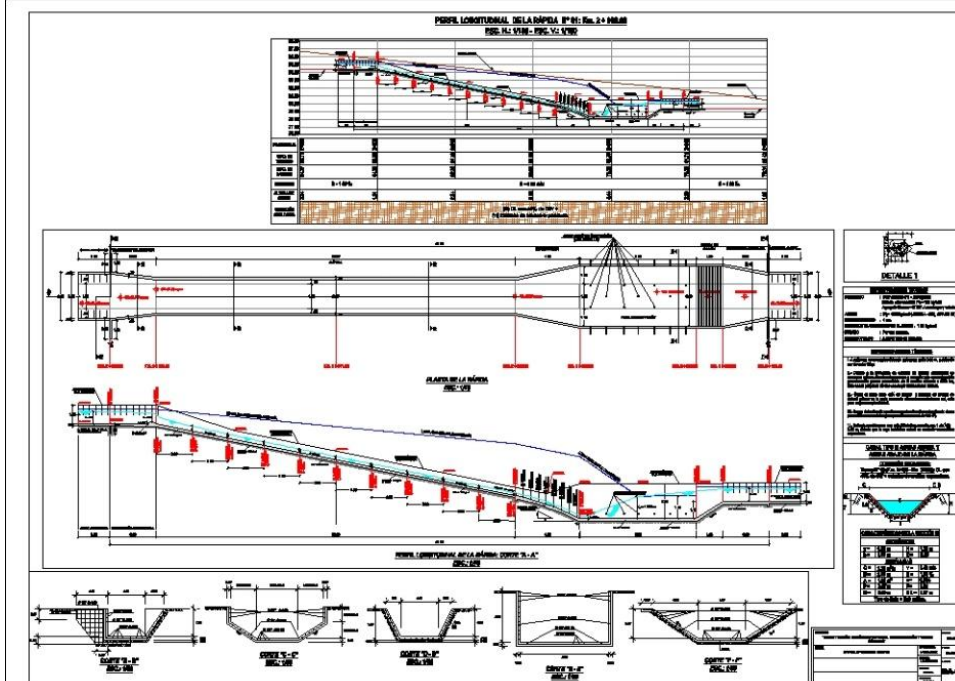
Los sistemas de evacuación de agua de lluvia son clave para manejar de manera efectiva el flujo de aguas pluviales y escorrentías, evitando inundaciones y resguardando las infraestructuras urbanas. Estos sistemas incluyen varios elementos fundamentales:

- Tuberías y cañerías: Dirigen el agua hacia lugares de descarga o almacenamiento
- Bocas de tormenta: Recolectar el agua superficial de las calles
- Pozos de inspección: Permiten el acceso para el mantenimiento y la supervisión del sistema
- Cámaras de reja: Diseñadas para regular el flujo y evitar la entrada de materia sólida que cause obstrucciones

- Desarenadores: Eliminan partículas suspendidas y resguardar tanto las tuberías como los cuerpos que reciben el agua
- Aliviaderos: Facilitan la descarga controlada del agua excedente en momentos de saturación del sistema
- Estaciones de bombeo: Necesarias en determinados sectores para elevar el agua a niveles más altos cuando la fuerza de gravedad no es suficiente
- Recubrimientos de canales y túneles: Defienden las superficies de la erosión y el desgaste

El adecuado dimensionamiento y distribución de estas estructuras es crucial para garantizar la efectividad del sistema, teniendo en cuenta factores como la intensidad y la frecuencia de las lluvias, así como la respuesta hídrica de la cuenca. (Pinargote Almeida, 2020)

Figura 22: Estructuras Hidráulicas



Fuente: Librería CAD (2025)

Sumideros

Son elementos vitales para el traslado eficaz del agua de lluvia y demás escurrimientos hacia lugares de descarga o almacenamiento. Su configuración

debe garantizar la capacidad para gestionar grandes volúmenes sin ocasionar desbordamientos ni bloqueos. Para lograr esto, es fundamental escoger un diámetro adecuado a la cantidad de agua esperada, al igual que una inclinación que posibilite un flujo constante y evite la acumulación o el estancamiento. Asimismo, estas conducciones deben ser duraderas frente a condiciones adversas, como cambios de temperatura o agentes químicos, y permitir una limpieza y mantenimiento sencillos mediante pozos de acceso y cámaras de rejilla. Las conexiones entre secciones deben ser selladas apropiadamente, utilizando técnicas como pegamentos, abrazaderas o soldaduras, dependiendo del material utilizado. (Cadena Coloma & Borbor Rodríguez, 2023)

Figura 23: Sumideros



Fuente: Poniente (2025)

Pozos de Inspección

Son construcciones verticales creadas para permitir la entrada al sistema de drenaje de aguas pluviales, con el propósito de mantenimiento y observación. Se localizan en lugares clave, como en giros o áreas propensas a la acumulación de sedimentos. Estas construcciones disponen de tapas desmontables o rejillas que facilitan el acceso a los trabajadores. Sus dimensiones y profundidad pueden variar según el diseño del sistema, y generalmente están hechas de materiales que resisten la corrosión, como el concreto o PVC, mientras que las tapas suelen estar elaboradas en hierro fundido para soportar el peso del tráfico. (Garavito Salgado, 2021)

Figura 24: Pozos de Inspección



Fuente: ENVIRO (2025)

Estructuras de Cambios de Dirección de Flujo

Permiten alterar la dirección del flujo en sistemas de drenaje pluvial son esenciales para adaptar el curso del agua a las características del terreno y el diseño urbano. Estas incluyen cámaras que cambian la dirección, que desvían el flujo en conductos o canales; curvas de tubería para modificar los ángulos; y pozos de acceso ubicados en lugares de cambio para hacer más sencillo el mantenimiento y la limpieza. También, se colocan cámaras de rejilla o de toma en áreas donde el flujo se desvía o donde se unen tuberías de diferentes diámetros, previniendo la entrada de sólidos y facilitando la inspección. (Muentes Arruntegui, 2023)

Cámaras de Caída

Son componentes esenciales en los sistemas de drenaje pluvial, ya que facilitan el movimiento del agua por gravedad, ralentizando su flujo y gestionando la escorrentía. Se instalan en lugares donde el agua necesita descender a mayores niveles o donde es necesario alterar la dirección o pendiente del recorrido. Su función principal es disipar la energía del agua para prevenir daños en las tuberías, erosiones en las estructuras y acumulación de sedimentos. Entre sus características se encuentran la reducción de la velocidad del agua, la disminución de presiones para evitar rupturas o desbordamientos, y la regulación

de la sedimentación para asegurar que los conductos y canales se mantengan limpios. (Castro Laaz, 2024)

Figura 25: Cámaras de Caída



Fuente: Libería CAD (2025)

Pozos Tormentas

Frecuentemente hechos de concreto que tienen como objetivo principal almacenar el exceso de agua producido por lluvias intensas, además de facilitar su desvío para otros propósitos. Este tipo de estructuras puede encontrarse en una variedad de lugares, como ciudades, carreteras u otras áreas clave, y se han establecido como una de las soluciones más efectivas para evitar inundaciones. Para realizar este acceso, es necesario tramitar y pedir un registro para entrar en áreas cerradas. Una vez que se han recopilado los datos necesarios, se procede a establecer las instalaciones de entrada y los dispositivos de seguridad anticaídas que deben ser implementados o reemplazados, en caso de que los que ya están en uso presenten deterioro o no se ajusten a la normativa actual. La instalación de un sistema de iluminación apropiado para las tareas de mantenimiento es un aspecto crucial. Este debe ser diseñado y llevado a cabo teniendo en cuenta todos los riesgos eléctricos implicados, utilizando equipos y elementos específicamente fabricados para ambientes húmedos y atmósferas que podrían ser explosivas. Al completar todas las instalaciones necesarias y tener listos los equipos adicionales para la protección contra caídas, la evacuación y el rescate, es fundamental ofrecer a

todos los posibles usuarios un guía precisa y minuciosa sobre cómo acceder, moverse y ser rescatados en esos entornos. Este guía debe impartirse tanto en un formato teórico como práctico, llevándose a cabo las veces que sea necesario para garantizar que el personal implicado lo entienda correctamente. (Santos, 2025)

Figura 26: Pozos Tormentas



Fuente: Santos (2025)

Tanques a Gravedad o Rebose

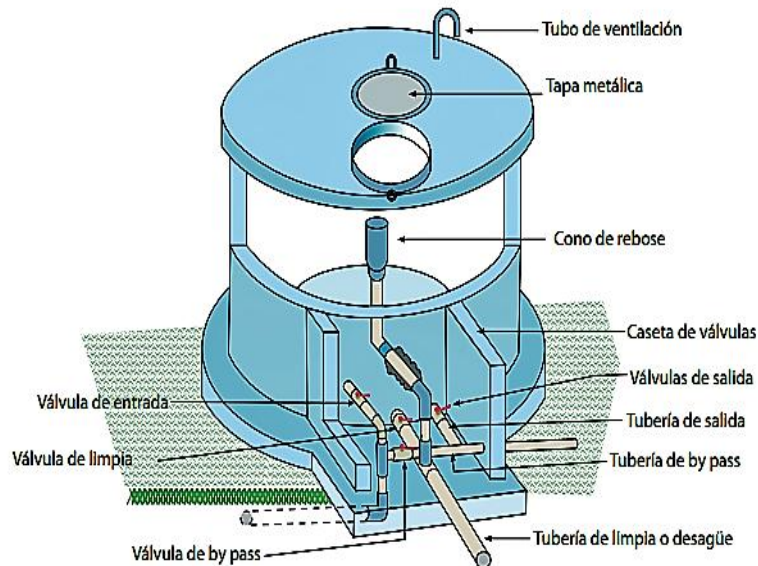
Se basa en la variación de altura entre el lugar donde se instala el aparato y el contenedor de recolección. Debido al efecto de la gravedad, los líquidos se mueven hacia abajo, posibilitando su extracción constante sin necesidad de equipos extra. Este método es especialmente útil en lesiones o espacios donde un flujo permanente es adecuado para mantener la zona limpia y sin acumulaciones indeseadas. El drenaje por gravedad tiene varias ventajas en la atención de lesiones y espacios. (Clínica Universidad de Navarra, 2023)

Entre sus beneficios más destacados se encuentran:

- Una estructura simple y de fácil utilización.
- Costo reducido en relación a los métodos de succión activa.
- Menor probabilidad de causar daños a los tejidos adyacentes, ya que no genera presión negativa.

- Particularmente apropiado para lesiones superficiales o con poca generación de líquido.

Figura 27: Tanque Gravedad

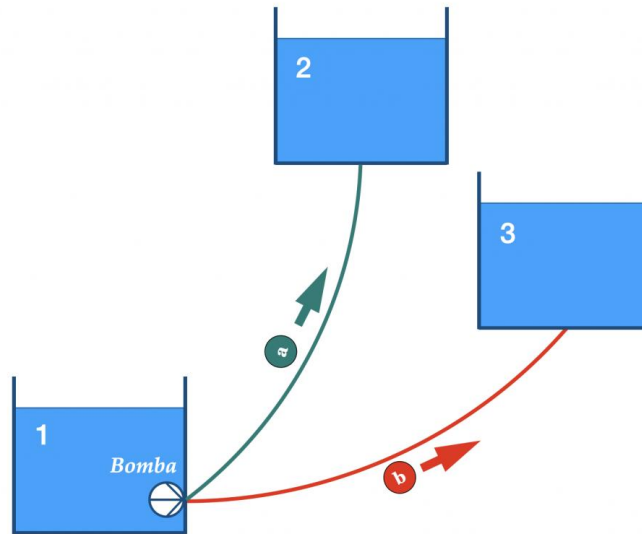


Fuente: Periz (2025)

Tanques a Bombeo

Un conjunto de bombeo que incluye un tanque de presión combina una bomba de agua y un tanque hidroneumático, creado para conservar agua presurizada, lo que mejora el funcionamiento del sistema y reduce la cantidad de veces que la bomba necesita encenderse. Este tipo de sistema es esencial en las redes de abastecimiento de agua potable y en varios usos dentro del sector industrial. Estos mecanismos funcionan aprovechando la compresión del aire bajo presión. El agua es guardada en un depósito donde, al entrar, reduce el espacio de aire existente, incrementando así la presión dentro. Cuando se logra el nivel de presión predefinido, un interruptor de presión emite una señal para detener la bomba. Si la presión baja por debajo del límite mínimo, el sistema reinicia automáticamente la bomba. (Webinar, 2025)

Figura 28: Tanques a Bombeo



Fuente: Jiménez Mur (2025)

Bomba Sumergible

Las bombas sumergidas, conocidas también como bombas de desagüe, tienen como propósito facilitar el drenaje casi total de zonas afectadas por inundaciones, dependiendo de la extensión del área. Estos dispositivos están diseñados para funcionar completamente sumergidos en el líquido que necesitan desplazar, siendo su uso frecuente en sistemas de eliminación de aguas pluviales, entre otros usos. Una de sus características más notables es la impermeabilidad total de sus partes eléctricas, lo que asegura un funcionamiento seguro y constante por debajo de la superficie del líquido, especialmente en instalaciones de poca profundidad. (Webinar, 2025)

Figura 29: Bomba Sumergible

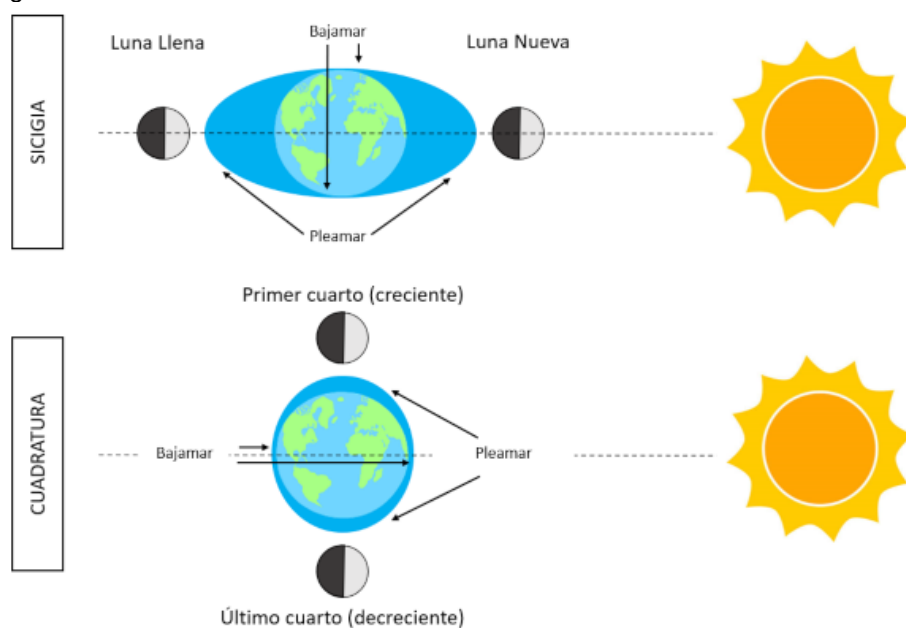


Fuente: HidroTécnica (2025)

Niveles de Mareas

El fenómeno de la marea se refiere a la variación regular del nivel del mar, que generalmente ocurre de manera semidiurna, con un ciclo aproximado de 12 horas, aunque en ciertas áreas puede ser diurna. Esta alteración es fundamentalmente resultado de la atracción gravitatoria de la Luna y también, aunque en menor grado, del Sol. La altura de la marea varía según la fase lunar y diferentes ciclos astronómicos. En las zonas cercanas al mar, las mareas pueden crear fuertes corrientes locales, las cuales son reconocidas por su impacto en la navegación y en la dinámica de las costas. Aparte de estos efectos locales, las mareas ejercen una influencia notable a nivel global, especialmente sobre el sistema climático, al promover la mezcla vertical de las masas de agua del océano. Este movimiento oscilante produce ondas internas que avanzan a través de las diferentes capas del océano en cuanto a temperatura, provocando mezcla cuando estas ondas colapsan. Además, desde un enfoque geológico, las mareas tienen un efecto desacelerador en la rotación de la Tierra y ayudan en el alejamiento gradual de la Luna de nuestro planeta. (Encyclopedia of the Environment, 2025)

Figura 30: Mareas

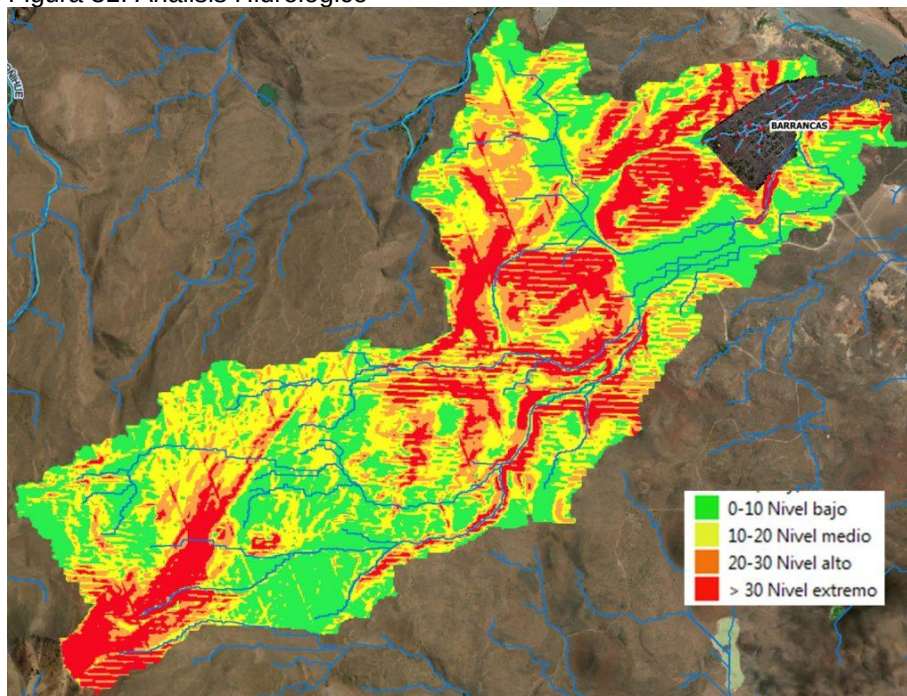


Fuente: Django-wiki (2021)

Análisis Hidrológico

Es un componente clave en la administración integrada de recursos hídricos. Este estudio incluye la valoración de la disponibilidad del recurso, los patrones de circulación y la detección de riesgos relacionados, como inundaciones y sequías. Es crucial para el diseño correcto de infraestructuras hidráulicas, sistemas de regulación de avenidas y la aplicación de estrategias enfocadas en la gestión sostenible del agua. (Rodríguez, 2025)

Figura 31: Análisis Hidrológico



Fuente: EMMH (2025)

Recopilación de Datos

Según Torres (2024) la información más comúnmente empleada incluye:

- Registros de lluvia, que se recopilan a diario, mensualmente y anualmente
- Otros factores climáticos, como grados de temperatura y variables de la atmósfera
- Aspectos geográficos y geológicos del lugar, abarcando la altitud, la clase de suelo y el uso de la tierra
- Datos históricos de ríos, en particular información sobre flujos de agua

- Datos sobre la utilización y requerimientos de agua en el área en cuestión

Figura 32: Recopilación de Datos



Fuente: PicallEx Logo (2022)

Evaluación de Riesgo

Examina cómo se comporta y se mueve el agua en un área específica. Esta evaluación es crucial para el manejo responsable de los recursos de agua y para reducir los peligros relacionados con eventos naturales desfavorables, como tormentas y escasez de agua. (Certicalia, 2025)

Figura 33: Evaluación de Riesgo

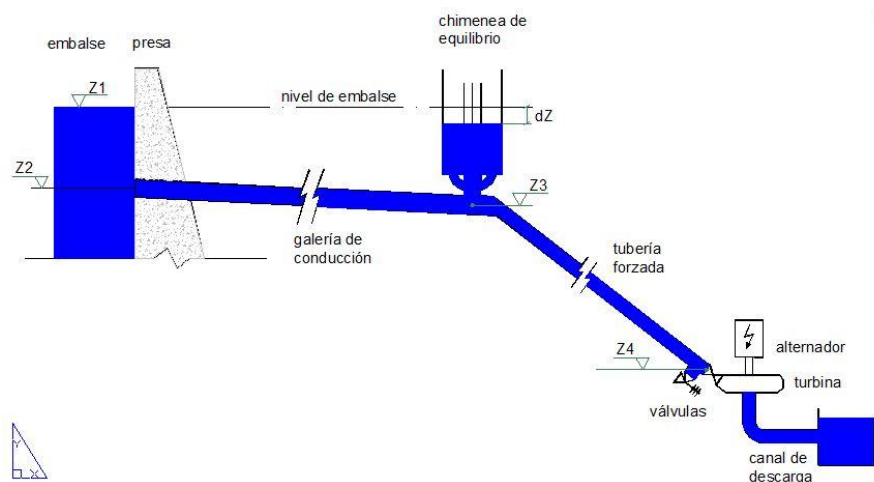
		ANÁLISIS DE TRABAJO SEGURO (ATS)		Código	R-ATS-14
				Fecha	03/05/2018
				Versión	01
NOMBRE DE LOS PARTICIPANTES (Apellidos y Nombres)		FIRMA		NOMBRE DE LOS PARTICIPANTES (Apellidos y Nombres)	
1. Ccapi Camaque, Abel Franco				4. Soria Bernaldes, Fabricio	
2. Reyes Ila, Joacim				5. Quispe Flores, José Luis	
3. Guzman Vilca, Jhon					
				CARACTERÍSTICAS DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS	
				-SON DE CUERPO METÁLICO.	
				-SU FUNCIONAMIENTO ES CON ACEITE.	
				-GENERA POTENCIA Y MUCHA PRESIÓN.	
PASOS DE LA TAREA				PELIGROS	RIESGOS
1. Inspección de componentes a utilizar				Componentes en mal estado.	Cortes, heridas.
2. Armado del circuito hidráulico				Modulo hidráulico.	Verificar que estos no tengan bordes filosos.
3. Revisión de fallas en el sistema				Aceite, cables.	Golpes, cortes.
4. Toma de datos de la experimentación				Mangueras, cable.	Revisar si el modulo se encuentra en operatividad.
5. Desarmado del circuito				Aceite, modulo.	Irritación en ojos, electrocución.
6. Guardado de los componentes hidráulicos				Estantes, vidrios de vitrinas.	Asegurarse que los cables estén aislados.
					Sacar los obstáculos del área de trabajo.
					No manipular los componentes calientes.
					Abrir y cerrar cuidadosamente las vitrinas de vidrio.

Fuente: Soria (2025)

Análisis Hidráulicos

Juega una función crucial en la organización y administración de los recursos acuáticos. Este tipo de estudio facilita la valoración de la cantidad de agua disponible, las tendencias de escurrimiento y los posibles peligros involucrados, tales como inundaciones o sequías. Asimismo, es fundamental para el desarrollo de infraestructuras hidráulicas, sistemas de control contra inundaciones y métodos ecológicos para la administración del agua. Se centra en comprender el ciclo hídrico y sus distintos procesos: la lluvia, la absorción en el terreno, la evaporación y transpiración, el escurrimiento en la superficie y el flujo en los cuerpos acuáticos. Para lograr esto, se reúnen y analizan datos hidrometeorológicos, como las precipitaciones, la temperatura y la humedad, con el objetivo de evaluar el balance del agua en una cuenca. (Rodriguez, GEO, 2025)

Figura 34: Análisis Hidrológico

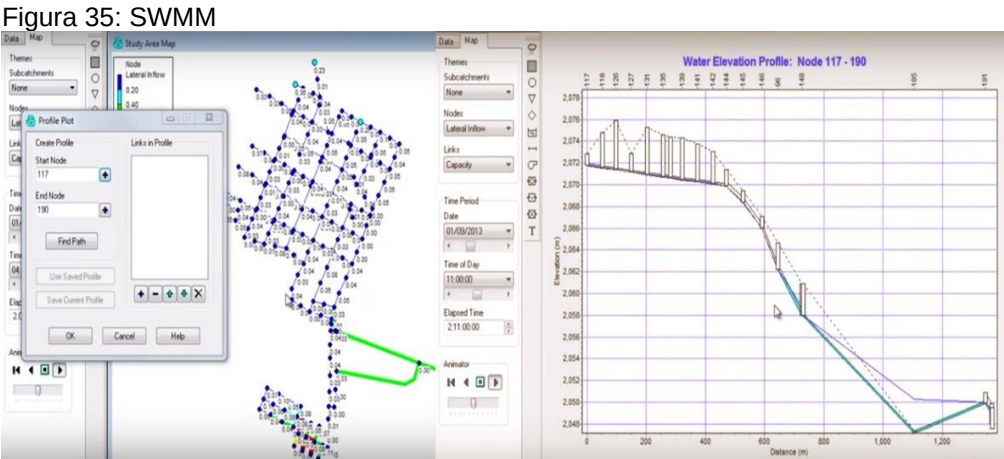


Fuente: Rauhermi (2025)

Programa SWMM

El Sistema de Manejo de Aguas de Lluvia, producido por la EPA, es una herramienta reconocida en todo el mundo para la toma de decisiones, respuestas a emergencias, planificación, análisis y diseño de sistemas de drenaje pluvial, combinado y sanitario, así como otros tipos de drenaje. Este sistema permite analizar distintas tácticas de control de aguas de lluvia, especialmente en infraestructuras tradicionales como tuberías y sistemas de drenaje, y promueve

la creación de soluciones híbridas que integran tecnologías sostenibles y convencionales de forma económicamente viable. Este modelo fue diseñado para respaldar objetivos a nivel local, estatal y nacional orientados hacia la gestión eficaz de las aguas pluviales, centrando su atención en la disminución de la escorrentía a través de métodos de infiltración y retención, y en la reducción de vertidos que afectan de manera adversa a los cuerpos de agua receptores. (EPA, 2025)



Fuente: Nuevo (2020)

2.2 Marco Legal:

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador 2008 (2024)

Tabla 3: Constitución de la República del Ecuador

Artículo		Descripción
Art. 264.-	Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley	4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.
Art. 326.-	El derecho al trabajo se sustenta en los siguientes principios:	15. Se prohíbe la paralización de los servicios públicos de salud y saneamiento ambiental, educación, justicia, bomberos, seguridad social, energía eléctrica, agua potable y alcantarillado, producción hidrocarburífera, procesamiento, transporte y distribución de combustibles, transportación pública, correos y telecomunicaciones. La ley establecerá límites que aseguren el funcionamiento de dichos servicios.

Fuente: Constitución del Ecuador (2024)

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

2.2.2 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

Tabla 4: Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

Artículo		Descripción
Art. 11.-	Infraestructura hidráulica. Se consideran obras o infraestructura hidráulica las destinadas a la captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas así como al saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización de las aguas aprovechadas y las que tengan como objeto la recarga artificial de acuíferos, la actuación sobre cauces, corrección del régimen de corrientes, protección frente a avenidas o crecientes, tales como presas, embalses, canales, conducciones, depósitos de abastecimiento a poblaciones, alcantarillado, colectores de aguas pluviales y residuales, instalaciones de saneamiento, depuración y tratamiento, estaciones de aforo, piezómetros, redes de control de calidad así como todas las obras y equipamientos necesarios para la protección del dominio hídrico público.	
Art. 37.-	Servicios públicos básicos. Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso. La provisión de agua potable comprende los procesos de captación y tratamiento de agua cruda, almacenaje y transporte, conducción, impulsión, distribución, consumo, recaudación de costos, operación y mantenimiento. La certificación de calidad del agua potable para consumo humano deberá ser emitida por la autoridad nacional de salud. El saneamiento ambiental en relación con el agua comprende las siguientes actividades:	1. Alcantarillado sanitario: recolección y conducción, tratamiento y disposición final de aguas residuales y derivados del proceso de depuración. 2. Alcantarillado pluvial: recolección, conducción y disposición final de aguas lluvia. El alcantarillado pluvial y el sanitario constituyen sistemas independientes sin interconexión posible, los gobiernos autónomos descentralizados municipales exigirán la implementación de estos sistemas en la infraestructura urbanística.
Art. 18.-	Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua. Las competencias son:	i) Otorgar personería jurídica a las juntas administradoras de agua potable y a las Juntas de Riego y drenaje. r) Formular, gestionar y supervisar el plan anual de prioridades en infraestructura

		hidráulica, equipamiento, drenaje e inundaciones; y, administrar la infraestructura hidráulica de propósito múltiple.
Art. 55.-	Zonas de Protección Hidráulica. - Las obras hidráulicas de transporte de agua tendrán una zona de protección hidráulica que se considerará parte del dominio hídrico público en el caso de las obras de titularidad pública. La finalidad a cumplir por las Zonas de Protección Hidráulica es:	a) Facilitar el acceso a la obra para las labores de conservación y reparación. b) Servir de mecanismo defensa a la obra hidráulica frente a posibles actos, voluntarios o involuntarios, perturbadores de su funcionalidad. c) La que pueda considerarse específica según el tipo de obra hidráulica. Los proyectos de construcción de las obras hidráulicas definirán la extensión de la zona de protección hidráulica de acuerdo con los criterios técnicos que para el efecto emita la Autoridad Única del Agua. La extensión de la zona en el proyecto servirá a los efectos de la compra o expropiación del terreno donde deba construirse la obra.
Art. 60.-	Son los terrenos que pueden resultar inundados durante las crecidas no ordinarias de los lagos, lagunas, embalses y ríos. Estos terrenos conservarán su naturaleza jurídica. Su titularidad no será afectada por la delimitación de dichas zonas. Corresponderá a la Autoridad de Demarcación Hidrográfica o el responsable Técnico del Centro de Atención al Ciudadano correspondiente la delimitación de las zonas inundables, lo que realizará con ayuda de estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como de series de avenidas históricas y documentos o evidencias históricas de las mismas. Graduará su extensión en función de los niveles distritos de inundación según períodos temporales sobre los que exista suficiente información y documentación técnica.	
Art. 40.-	Definición de Juntas y aplicación del derecho humano al agua.- De conformidad con lo previsto en el artículo 43 de la Ley, las Juntas Administradoras de Agua Potable son organizaciones comunitarias, sin fines de lucro, que tienen la finalidad de prestar el servicio público de agua	

	potable así como en su caso, el de saneamiento. Su accionar se fundamenta en criterios de eficiencia económica, sostenibilidad del recurso hídrico, calidad en la prestación de los servicios y equidad en el reparto del agua.	
Art. 79.-	Derechos y obligaciones del titular de la servidumbre	El titular de la servidumbre deberá abonar a los titulares de los predios sirvientes las indemnizaciones que sean establecidas. Corresponde al titular de la servidumbre de acueducto la realización de todas las obras necesarias para su construcción, conservación y limpieza. A esos efectos, se le autorizará para ocupar temporalmente los terrenos indispensables para el depósito de materiales, ocupación que también será objeto de la correspondiente indemnización
Art. 151.-	Infracciones administrativas en materia de los recursos hídricos. Las infracciones administrativas en materia de recursos hídricos son las siguientes:	11. Obstruir líneas de conducción de agua destinadas al riego y control de inundaciones; romper, alterar o destruir acueductos y alcantarillado

Fuente: Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2014)
Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

2.2.3 Instituto Ecuatoriano de Normalización – Normas de Agua

Tabla 5: Instituto Ecuatoriano de Normalización – Normas de Agua

Artículo	Descripción
NTE INEN 1108.	OBJETO .1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano. 2. CAMPO DE APLICACIÓN 2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.
NTE INEN 2169:2013.	OBJETO 1.1 Esta norma establece las técnicas y precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua incluyendo aquellas para análisis biológicos pero no análisis microbiológicos. 2. ALCANCE 2.1 Esta norma se aplica particularmente cuando una muestra (simple o compuesta) no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis.

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización - Normas de Agua (2024)
Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

Esta investigación tuvo un enfoque mixto porque se basó en revisiones bibliográficas para evaluar la efectividad de la propuesta implementada. También, se analizaron informes, artículos, libros y se obtuvieron los datos de los caudales, precipitaciones históricas, niveles de saturación del suelo, dimensiones de las redes de drenaje de la Av. Rodríguez Chávez en la ciudad de Guayaquil. En donde mediante el análisis y la implementación del programa SWMM se pudo medir la problemática y modelar varios escenarios para proponer la solución del mismo. Es decir, se realizó un análisis hidrológico en donde se logró enriquecer las observaciones vistas en campo y a su vez la evaluación del sistema de agua lluvia mediante el programa. Esto permitió comprender mejor las deficiencias y necesidades del sistema existente. Por último, se fortaleció la investigación al realizar entrevista al experto en el tema y así tener una comprensión técnica completa.

3.2 Alcance de la investigación

El presente proyecto tuvo un alcance descriptivo porque permitió comprender con precisión cómo ocurre este fenómeno de lluvias intensas que provocan inundaciones en un contexto específico. También, se realizó una caracterización detallada del área afectada, considerando aspectos como la topografía, la intensidad y frecuencia de las precipitaciones, así como la capacidad actual del sistema de aguas lluvias. Asimismo, se identificaron los elementos que intervienen en la problemática y se evaluaron sus efectos sobre el entorno urbano, con el objetivo de proporcionar una base sólida para la formulación de la propuesta de mejora.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

El presente proyecto de investigación recopiló la información a través de la observación, documentos, informes, planos. Por otro lado, para tener una visión clara y viabilidad de la propuesta de mejora se realizó una entrevista al profesional en el tema.

Instrumentos de Obtención de datos

Observación y Análisis Documental

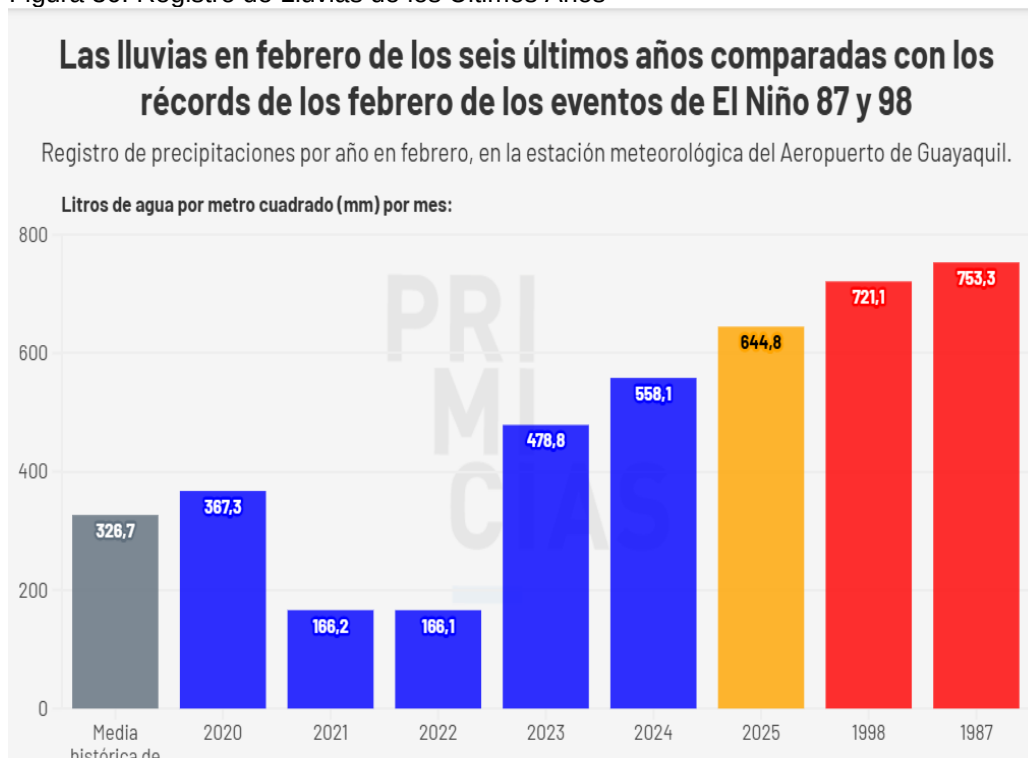
Ayudó a complementar de manera efectiva el estudio al proporcionar información directa sobre el estado físico de la red de drenaje pluvial. Mediante visitas planificadas y sistemáticas. Se evaluaron visualmente aspectos como la integridad de las tuberías, el estado de sumideros y conexiones, la presencia de sedimentos o basura, y señales de colapsos o estancamientos. La inclusión del análisis documental facilitó un diagnóstico más completo y realista, mejorando la precisión de las propuestas de mejoramiento. Permitió reunir información previa sobre la cuenca aportante, se revisó normas y estándares aplicables, se analizó proyectos y diseños anteriores, así como para recopilar datos históricos de funcionamiento, mantenimiento del sistema y lluvias.

Tabla 6: Diagnóstico del Área de Estudio

Aspecto	Evaluación
Riesgo de inundación	A nivel anual, hasta el 10 de abril del 2025 fue una de las más lluviosas en los últimos 75 años, con una precipitación acumulada de 1 670,9 mm, un 59 % más que el promedio histórico (1 050,7 mm)
	Entre el 1 y 24 de febrero del 2025, se registraron 454,3 mm y un 137 % más de lo esperado
	La última lluvia intensa registrada fue el 24 de abril, con aproximadamente 26 mm, marcando el fin de la temporada
	Saturación del sistema pluvial en la Av. Rodríguez Chávez
Frecuencia crítica	Febrero con acumulación de 644,8 mm, abril tuvo un único episodio muy fuerte de 133,7 mm
Impacto potencial	Drenaje colapsado, calles convertidas en ríos, flujos estancados, dificultad vial, posible ingreso de agua a edificaciones.
Factores exacerbadantes	Se destaca la influencia de fenómenos como El Niño y La Niña en la intensidad de las lluvias, y eventos de marea alta que dificultan el drenaje eficiente del agua

Elaborado por: Intrigo & Menoscal (2025)

Figura 36: Registro de Lluvias de los Últimos Años

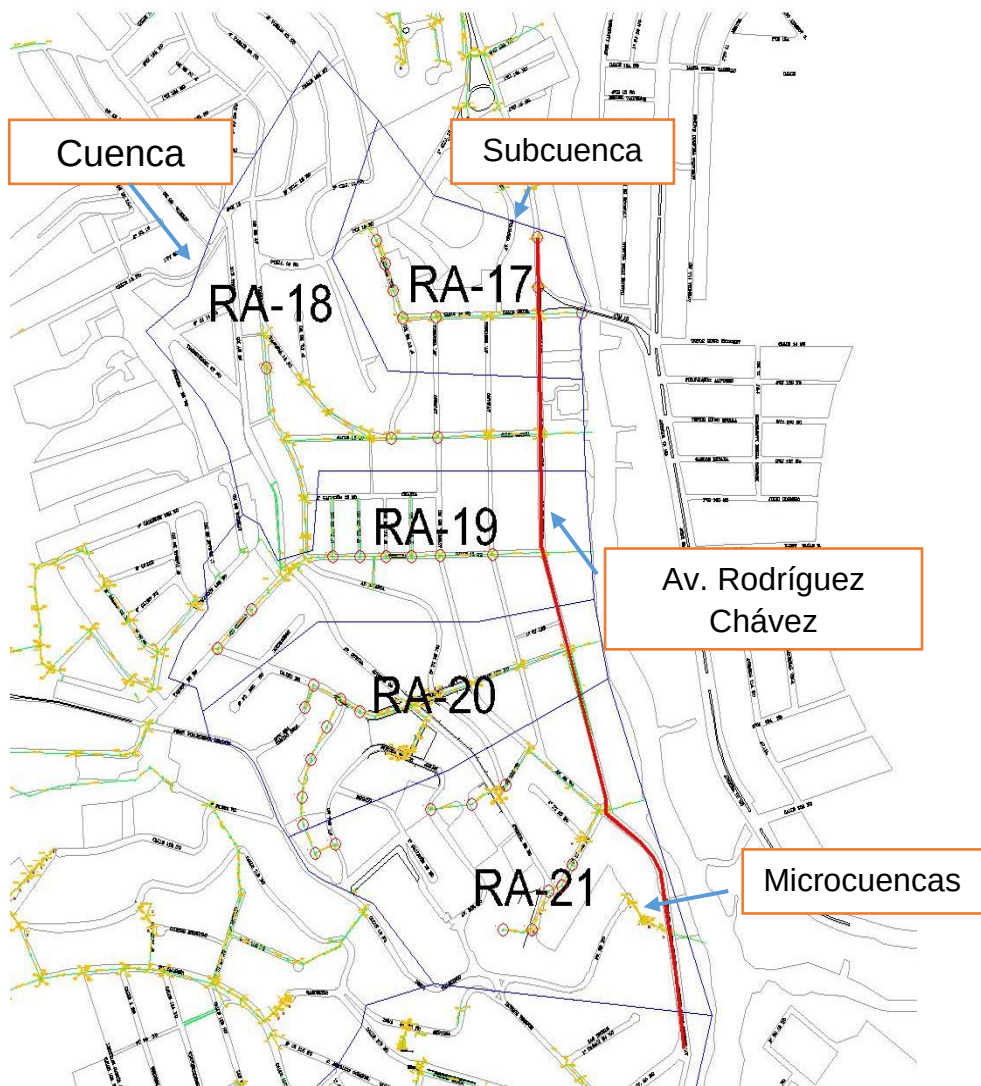


Fuente: García (2025)

Según Primicias (2025) en febrero del presente año fue extremadamente lluvioso registrando 645.3mm de precipitaciones, Guayaquil experimentó una inundación sin igual en casi 30 años. Las lluvias extraordinarias alcanzaron el doble de los niveles habituales de precipitaciones mensuales, convirtiendo a este febrero en el más lluvioso en un periodo de 27 años. Este mes solo fue superado en registros por febrero de 1987 (753,3 mm) y febrero de 1998 (721,1 mm), ambos influenciados por eventos históricos del fenómeno de El Niño. La empresa de AAPP y saneamiento, Interagua, comunicó el 5 de marzo de 2025, que los sistemas de AALL manejaron el mes pasado un total de 222,3 millones de m³ de agua pluvial.

1. Identificación de la Cuenca, Subcuenca y Microcuencas del área de Estudio (Av. Rodríguez Chávez)

Figura 37: Identificación del Área de Estudio

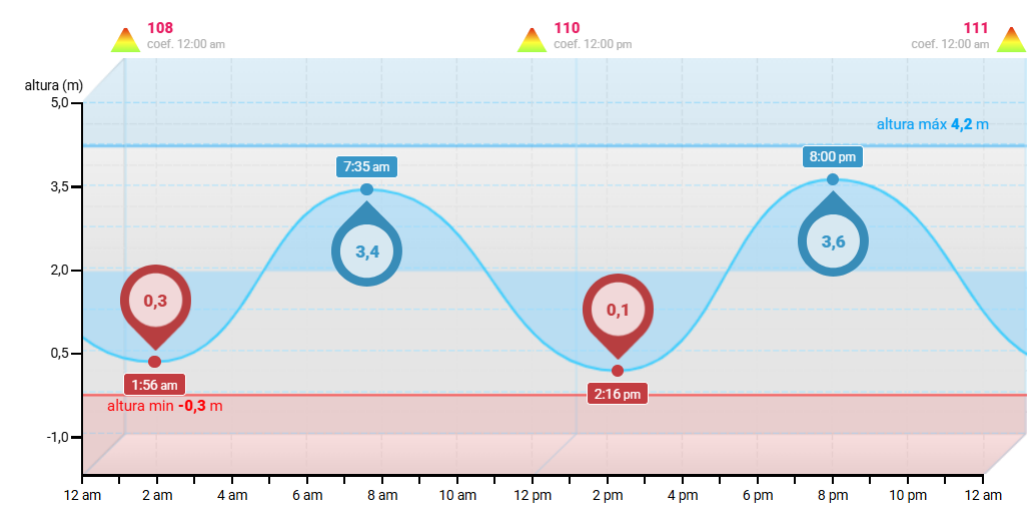


Elaborado por: Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

2. Niveles de Marea del Mes con Lluvias Intensas (Febrero y Marzo 2025)

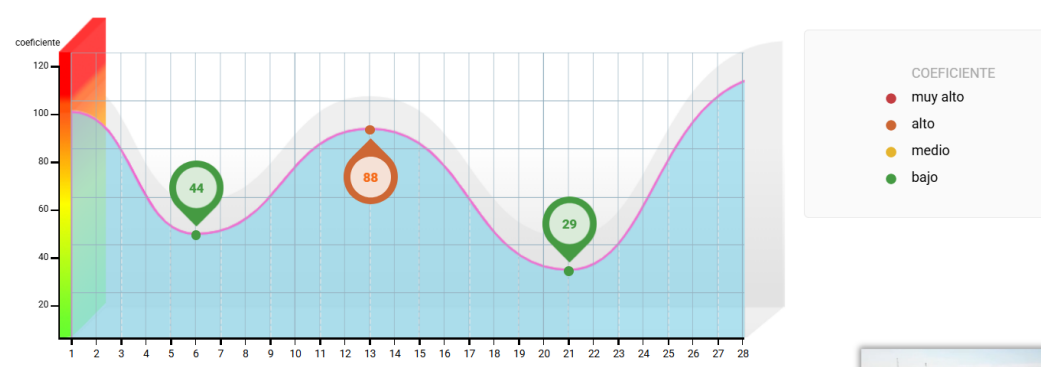
- ✓ El coeficiente de mareas de Febrero del 2025 fue 108, es decir muy alto en Guayaquil.
- ✓ El coeficiente de mareas de Marzo del 2025 fue 79, es decir alto en Guayaquil

Figura 38: Nivel de Marea del Mes de Febrero 2025



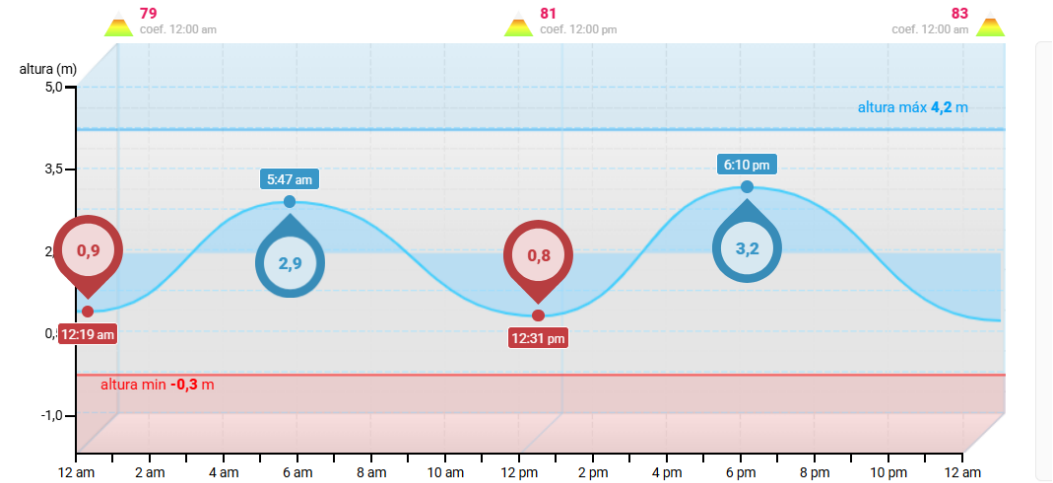
Fuente: Tabla de Mareas (2025)

Figura 39: Coeficiente de Mareas de Febrero 2025



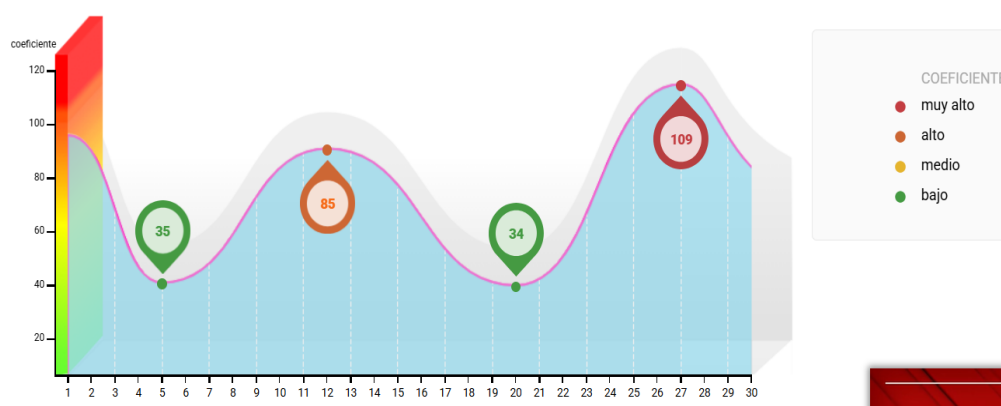
Fuente: Tabla de Mareas (2025)

Figura 40: Nivel de Marea del Mes de Marzo 2025



Fuente: Tabla de Mareas (2025)

Figura 41: Coeficiente de Mareas de Marzo 2025

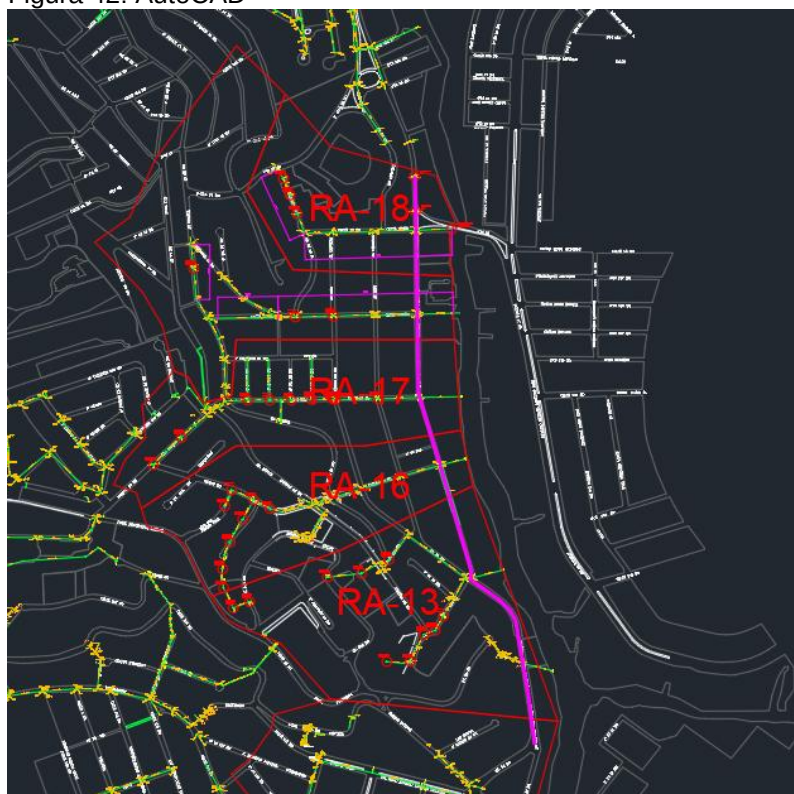


Fuente: Tabla de Mareas (2025)

AutoCAD

Mediante el uso de la herramienta AutoCAD y a partir del plano proporcionado por la compañía de aguas, fue posible obtener con precisión los valores geométricos de las tuberías existentes, incluyendo diámetros, cotas de instalación, longitudes y demás características relevantes para el análisis del sistema de drenaje.

Figura 42: AutoCAD

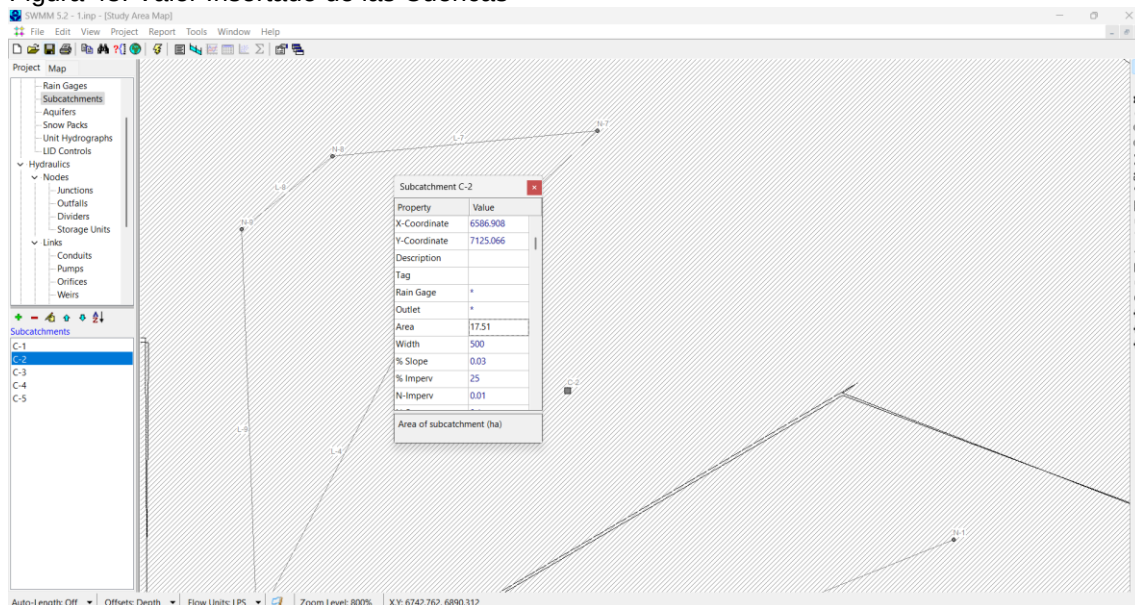


Fuente: Interagua (2025)

Programa SWMM

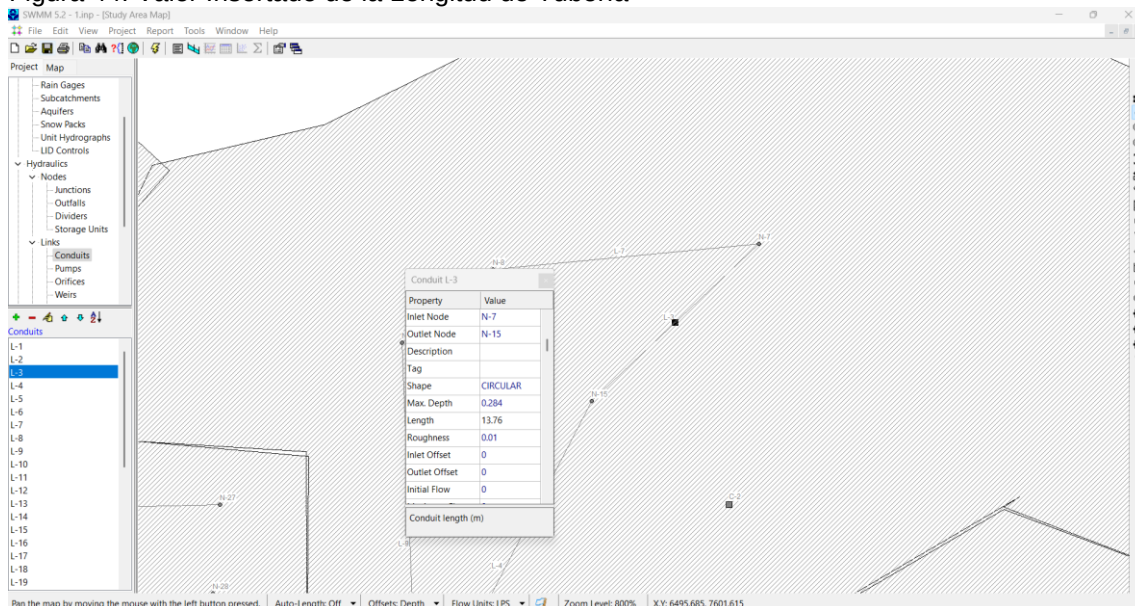
Los valores obtenidos fueron ingresados en el programa SWMM con el objetivo de modelar la situación actual del sistema de drenaje y evaluar posibles soluciones para mitigar las inundaciones recurrentes en la Avenida Rodríguez Chávez.

Figura 43: Valor Insertado de las Cuencas



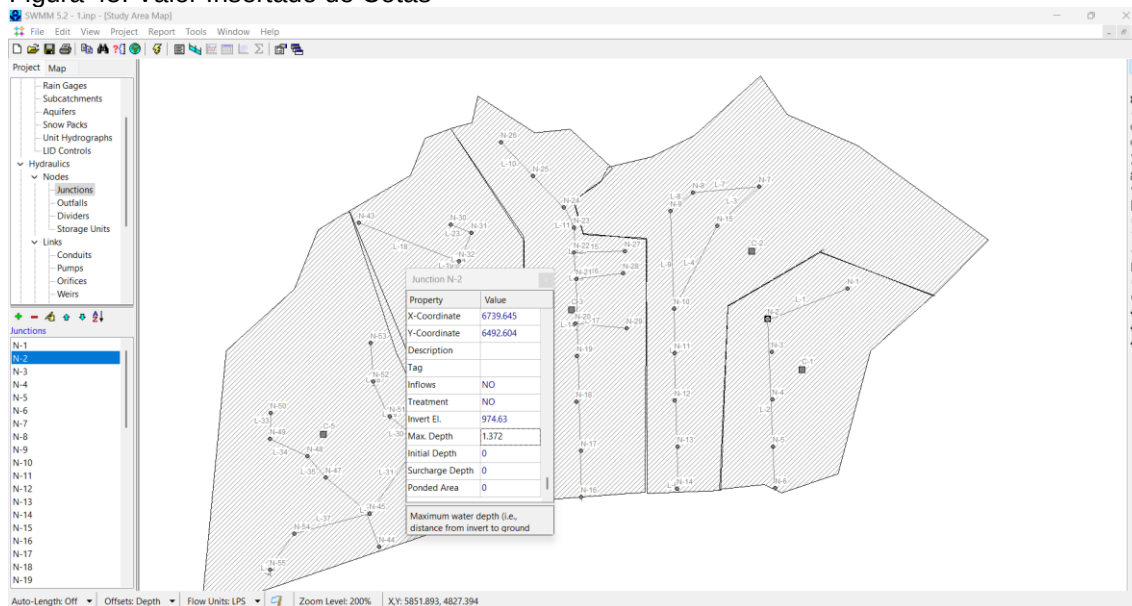
Elaborado por: Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Figura 44: Valor Insertado de la Longitud de Tubería



Elaborado por: Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Figura 45: Valor Insertado de Cotas



Elaborado por: Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

3.4 Población y muestra

Para la presente investigación la población no estuvo constituida de personas sino de elementos técnicos o físicos relacionados con el sistema AALL tales como todas las unidades funcionales existente en la Av. Rodrigo Chávez. Dichos elementos que conformaron fueron:

- Sumideros.
- Tuberías.
- Pozos de inspección.
- Canales.
- Y demás elementos que componen la red de alcantarillado pluvial en el área de estudio.

Por ende, la muestra dependió de los recursos disponibles tales como el tiempo, acceso, datos, etc. para la formulación de tal manera que se pueda obtener un subconjunto representativo de la población. Por lo tanto, la muestra fueron las secciones más representativas o conflictivas del sistema de AALL, que han presentado la mayor incidencia de acumulación de agua, según informes previos, observaciones de campo o reportes ciudadanos.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

4.1 Presentación y análisis de resultados

Análisis de Entrevista a Profesional

Entrevistado: Ingeniero Civil con más de 20 años de experiencia. En los últimos años tiene el puesto de Gerente comercial de la empresa que provee el servicio de agua potable en Guayaquil.

Pregunta #1: Uno de los principales problemas en esta avenida es la falta de capacidad hidráulica que tiene, debido al crecimiento poblacional, ya que la mayoría de zonas de Guayaquil fueron invasiones y por ende en su momento no hubo una correcta distribución. También la escasez de áreas verdes y falta de mantenimiento periódico controlado.

Pregunta #2: Primero, realizaría una revisión del historial de inundaciones con una inspección visual y corroborar y constatar con el área de topografía. Luego, verificaría el estado de las tuberías, sumideros y canales y con ello hacemos el análisis hidráulico utilizando la tecnología como modelos de simulación.

Pregunta #3: Claves serían la IDF (Intensidad, duración y frecuencia) de las lluvias en la zona. Las áreas de aportación y su coeficiente de escorrentía. Las diferentes pendientes y los niveles freáticos con su capacidad de infiltración del suelo.

Pregunta #4: Basado en el periodo de retorno, tendríamos el caudal de diseño. Para asegurar las velocidades mínimas, la pendiente. Además, tenemos el diámetro y rugosidad de las conducciones y la capacidad y tiempo de concentración. Y tener en cuenta para este tipo de drenajes hacia esteros sería las condiciones de descarga.

Pregunta #5: Hay algunos softwares recomendados como SWMM que permite simular redes pluviales urbanas. También, HEC-HMS que ayuda al análisis hidrológicos previos y herramientas GIS para integrar datos topográficos.

Pregunta #6: De manera principal, el ampliar la capacidad de las tuberías principales y a su vez optimizar la ubicación de los sumideros. Por otro lado, es crítico implementar SUDS (sistema de drenaje sostenibles) como pavimentos permeables o zanjas de infiltración. Para concluir, reducir las conexiones ilegales de aguas residuales al sistema pluvial.

Pregunta #7: En este sector por el tipo de suelo y el aumento de carga vehicular, sería recomendable tuberías de PVC reforzado o HPDE para las redes menores y para los canales principales de hormigón armado o polímeros reforzados. En lo que compete a las tecnologías, las estructuras modulares prefabricadas, hoy en día agilizan la instalación y reducen afectaciones urbanas.

Pregunta #8: Se debe realizar el análisis de calidad de agua descarga, efectos que tengan en el estero y consultas a los moradores de sector para dar a conocer y recoger las inquietudes que tenga. Los Planes de manejo ambiental deben de ser durante y después de la ejecución.

Pregunta #9: Los principales desafíos son los espacios confinados, Espacios reducidos, interferencia con redes de servicios existentes, el malestar de algunos moradores por las molestias durante la obra y la topografía plana de Guayaquil limita la eficiencia por gravedad del sistema.

Pregunta #10: Recomendando un plan de mantenimiento preventivo con inspecciones 3 veces al año. También es clave realizar campañas de concientización ciudadana sobre no botar basura en las alcantarillas e incrementar el uso de tecnologías de monitoreo para detectar obstrucciones. Y lo primordial sería capacitar continuamente al personal técnico y operativo.

4.2 Propuesta

A partir del análisis visual y documental que se obtuvo, se ha tomado en consideración algunos parámetros para la realización de la propuesta de mitigación de AALL con la implementación del programa SWMM como:

Análisis Hidrológico, Hidráulico y Económico de la Cuenca Existente

1. Coeficiente de escorrentía (C): 0,9 ya que es una zona altamente impermeabilizada.
2. Período de retorno escogido: 10 años (según normativas y prácticas de diseño urbano en Ecuador), ya que, es una zona urbana consolidada y densa por viviendas, tráfico y servicios lo que la hace un riesgo moderado-alto. Hay inundaciones frecuentes, nivel freático alto y las tuberías tienen obstrucción o están deterioradas.

Figura 46: Período de Retorno

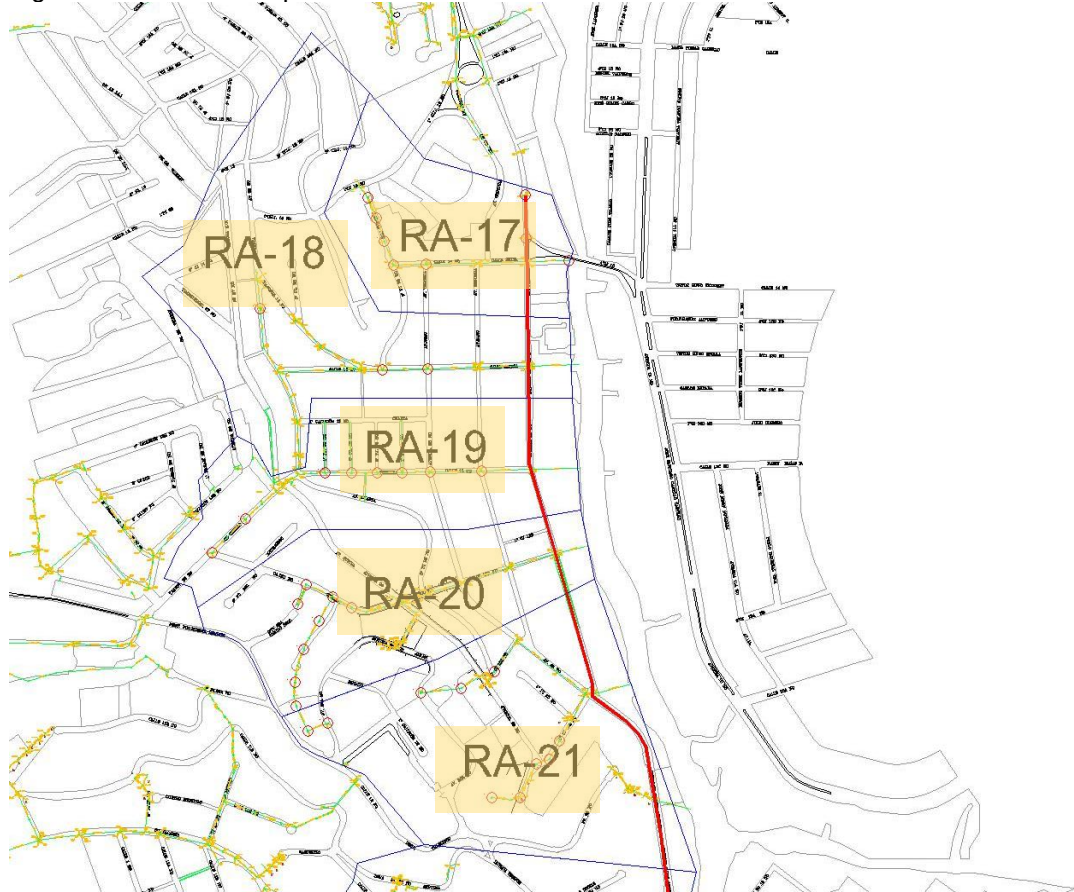
Períodos de retorno más usados para diseño:

Tipo de infraestructura	Período de retorno recomendado
Sistemas pluviales urbanos (mínimo)	2 a 5 años
Drenaje en calles principales	10 años
Obras críticas o zonas inundables	25 a 50 años
Obras especiales / zonas muy vulnerables	100 años

Fuente: Ecuador Estratégico (2025)

3. Cálculos de Cuencas Aportantes, Intensidades de Lluvias y Caudales de Diseño Existentes

Figura 47: Distribución para cálculos



Elaborado por: Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Cuenca RA-17

Tabla 7: Cuenca RA-17

Datos	Fórmula	Respuesta
Área:		84.689,59 m ² o 8,47 ha
Periodo de retorno (T):		10 años
Coefficiente de escorrentía (C):		0,9
Intensidad de lluvia:	$i=100\text{mm/h}$	0,00002778m/s
Caudal de diseño:	$Q=C \cdot i \cdot A$	2,11m ³ /s

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Cuenca RA-18

Tabla 8: Cuenca RA-18

Datos	Fórmula	Respuesta
Área:		175.108,50 m ² o 17,51 ha
Periodo de retorno (T):		10 años
Coefficiente de escorrentía (C):		0,9
Intensidad de lluvia:	$i=100\text{mm/h}$	0,00002778m/s
Caudal de diseño:	$Q=C \cdot i \cdot A$	4,38m ³ /s

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Cuenca RA-19

Tabla 9: Cuenca RA-19

Datos	Fórmula	Respuesta
Área:		118.048,29 m ² o 11,8 ha
Periodo de retorno (T):		10 años
Coeficiente de escorrentía (C):		0,9
Intensidad de lluvia:	$i=100\text{mm/h}$	0,00002778m/s
Caudal de diseño:	$Q=C \cdot i \cdot A$	2,95m ³ /s

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Cuenca RA-20

Tabla 10: Cuenca RA-20

Datos	Fórmula	Respuesta
Área:		113.708,13 m ² o 11,37 ha
Periodo de retorno (T):		10 años
Coeficiente de escorrentía (C):		0,9
Intensidad de lluvia:	$i=100\text{mm/h}$	0,00002778m/s
Caudal de diseño:	$Q=C \cdot i \cdot A$	2,84m ³ /s

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Cuenca RA-21

Tabla 11: Cuenca RA-21

Datos	Fórmula	Respuesta
Área:		164.273,82 m ² o 16,43 ha
Periodo de retorno (T):		10 años
Coeficiente de escorrentía (C):		0,9
Intensidad de lluvia:	$i=100\text{mm/h}$	0,00002778m/s
Caudal de diseño:	$Q=C \cdot i \cdot A$	4,11m ³ /s

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

4. Cálculo del Volumen de Almacenamiento de AALL

Se debe de consideró como ejemplo una lluvia fuerte con tiempo de concentración de 60 minutos y un coeficiente de escorrentía de 0.90, lo cual es suficientemente para causar inundaciones inmediatas en la Av. Rodríguez Chávez y a su vez las obstrucciones de las tuberías, niveles de mareas, entre otros factores, impiden la rápida evacuación de las AALL en la ya mencionada en el sector de Urdesa.

- ✓ **Ejemplo:** Duración de lluvia intensa de 60 minutos (3.600 segundos)

Tabla 12: Ejemplo

Caudal (Q)	Duración (t)	Volumen (V) = Q × t
2,11 m³/s	3.600 s	7.596m³
4,38 m³/s	3.600 s	15.768 m³
2,95 m³/s	3.600 s	10.620m³
2,84 m³/s	3.600 s	10.224 m³
4,11 m³/s	3.600 s	14.796m³
Total		59.004m³

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

5. Presupuesto del Sistema de AALL Existente

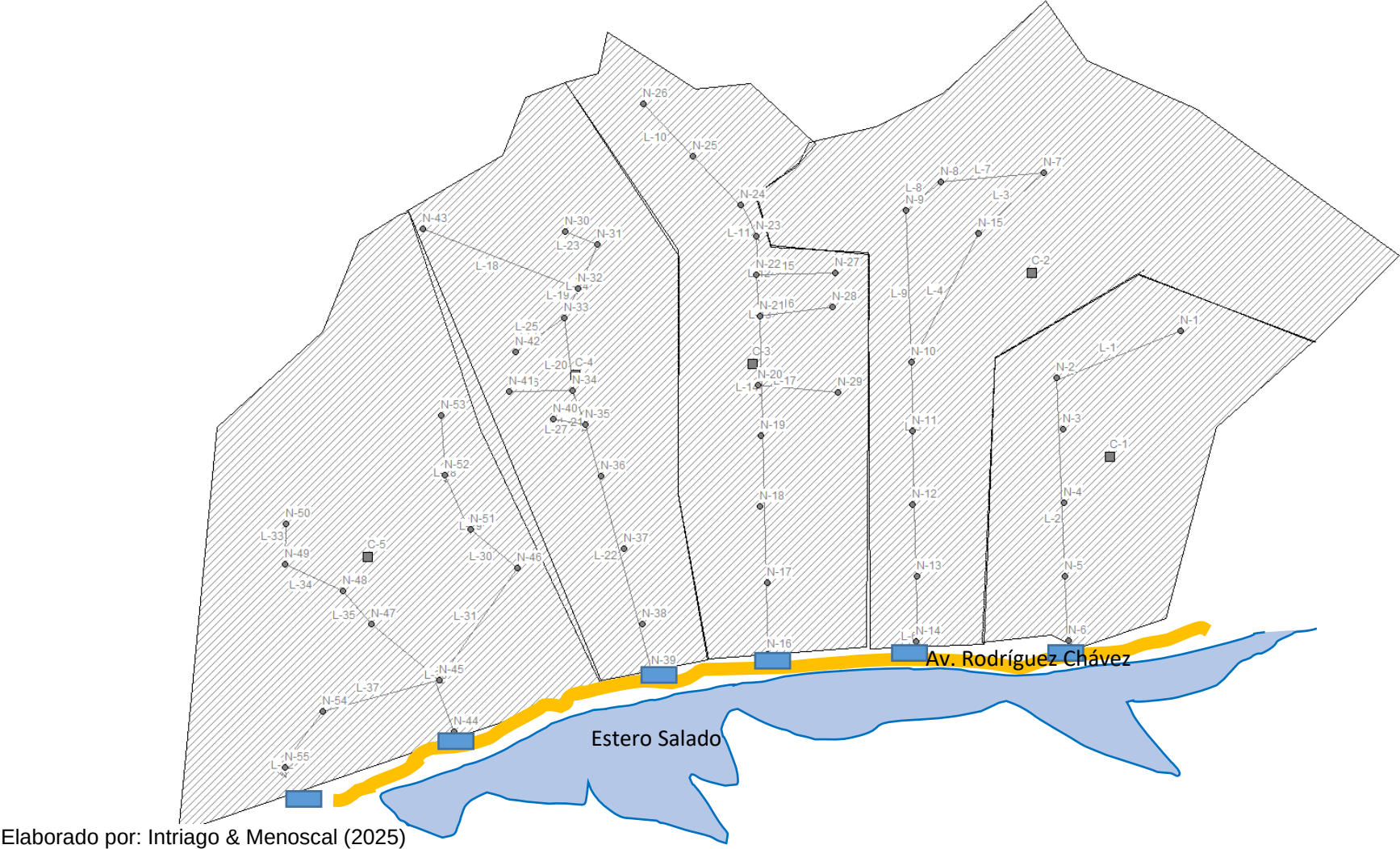
El Sistema de AALL existente en la Av. Rodríguez Chávez de 1149,67ml consta de tuberías PVC estructurada de 400 mm, excavación, relleno, instalación, sumideros, tapas estándar y se estima 1 pozo de inspección cada 100 m.

Tabla 13: Presupuesto Existente de AALL

Código	Descripción	U	P. U	Cantidad	Total
1	Tubería PVC DN 400 mm	ml	71.80	1.149,67	\$82.586,43
2	Excavación + instalación general	ml	30.00	1.149,67	\$34.490,10
3	Pozos de inspección (sumideros)	U	1.400,00	6	\$8400,00
4	Tapas para pozos	u	220,00	6	\$1320,00
5	Zanja drenante (grava + hormigón)	ml	47.30	1.149,67	\$54.353,39
	Subtotal directo				\$181.149,92
	Imprevistos (5 %)				\$9.057,50
	Gastos administrativos (10 %)				\$18.114,99
	Utilidad del contratista (15 %)				\$27.172,49
	TOTAL				\$235.494,90

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Figura 48: Situación Existente de la Av. Rodríguez Chávez



Elaborado por: Intrigo & Menoscal (2025)

Propuesta de Implantación de Pozos a Gravedad o Bombeo para Retención y Captación

Esta propuesta tiene el objetivo canalizar toda el agua lluvias en pozos, ya sean a gravedad o bombeo en la parte baja de la Av. Rodríguez Chávez para mitigar las inundaciones. Según las normativas de EMAPAG o Municipio de Guayaquil y tomando en consideración el tráfico vehicular, lo más recomendable y aprobado por las autoridades son tanques de Hormigón Armado. Ya que este material garantiza:

- ✓ Alta resistencia estructural
- ✓ Larga vida útil
- ✓ Bajo mantenimiento
- ✓ Seguridad ante cargas dinámicas y estáticas de tránsito

Tabla 14: Características del Hormigón Armado

Características	Hormigón armado
Resistencia estructural	Soporta tráfico pesado y maquinaria
Durabilidad	50+ años con mantenimiento mínimo
Normativa compatible	INEN / ACI / ASTM
Versatilidad en diseño	Puede adaptarse a cualquier forma o profundidad
Protección contra corrosión	Alta con recubrimiento adecuado

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

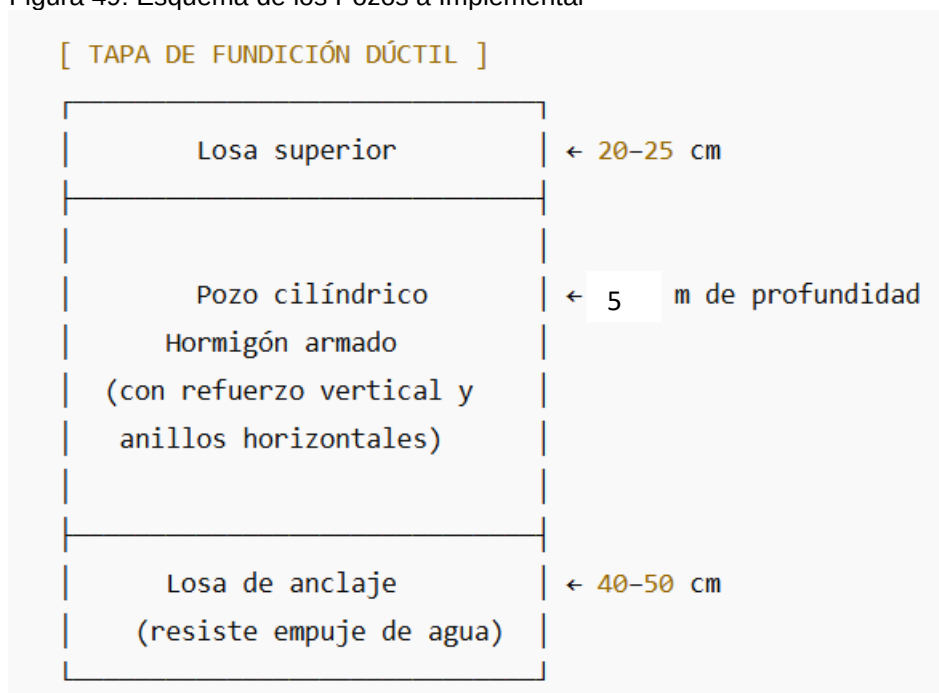
Especificaciones Técnicas del Pozo

Tabla 15: Especificaciones Técnicas

Elemento	Característica técnica
Material	Hormigón armado ($f'c \geq 280 \text{ kg/cm}^2$)
Diámetro interno	5,5 m
Profundidad	5 m
Espesor de muro	$\geq 20\text{--}30 \text{ cm}$
Espesor de losa inferior	40–50 cm
Espesor de losa superior	20–25 cm (tráfico pesado)
Losa inferior (anclaje)	Losa de hormigón armado tipo “zapata” para resistir flotación
Tapa superior	Fundición dúctil tipo tráfico pesado (norma ASTM A48 clase 35B)
Sellado exterior	Impermeabilizante (cementicio o membrana) para evitar infiltración lateral
Juntas internas	Juntas de dilatación con sellos hidrófugos (tipo PVC o bentonita)

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Figura 49: Esquema de los Pozos a Implementar



Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

- ✓ Base de apoyo o anclaje (losa de fondo):
 1. Hormigón armado con doble malla o parrilla de varillas ($\varnothing 12$ mm c/15 cm)
 2. Conectada estructuralmente a los muros del pozo
 3. Diseñada para evitar flotación por presión del agua subterránea

- ✓ Muros cilíndricos del pozo:
 1. Concreto armado ($f'c \geq 280$ kg/cm²)
 2. Refuerzo vertical: varillas $\varnothing 12$ mm c/20 cm
 3. Refuerzo horizontal (anillos): varillas $\varnothing 10$ mm c/20 cm
 4. Impermeabilización exterior con mortero impermeable o membrana asfáltica

- ✓ Entrada y salida:
 1. Tuberías de PVC o concreto, conectadas con sellos hidráulicos para evitar filtraciones
 2. En cámaras de inspección, puede tener conexión a red pluvial

✓ Losa superior o tapa estructural:

1. Hormigón armado ($f'c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$), mínimo 20 cm de espesor
2. Con malla electrosoldada o parrilla doble
3. Con abertura para tapa de fundición dúctil (tipo tráfico pesado)
4. Rejilla o sumidero superior

✓ Tapa de fundición dúctil:

1. Clase B125, C250 o D400 (según norma AASHTO – para tránsito pesado)
2. Diámetro estándar 60 cm

Figura 50: Tapa de Fundición Clase C250



Fuente: Tapas y Registros (2025)

Implementación del Programa SWMM

Mediante la implementación del programa SWMM (Storm Water Management Model), se evaluó el sistema de drenaje pluvial existente. Para ello, se ingresaron al modelo los datos obtenidos a partir del análisis visual y la revisión documental, lo que permitió ejecutar los cálculos hidrológicos e hidráulicos correspondientes de la tabla 7 a la 11, en donde se ha realizado una sumatoria en la tabla 16 y a partir de esta tabla se inicia con los cálculos y modelado dentro del programa para la propuesta de mitigación de AALL en la Av. Rodríguez Chávez.

Como resultado de estas simulaciones, se plantearon dos alternativas, la primera es la de tanques con sistema de rebose y la segunda opción es tanques con sistema de bombeo para captación y almacenamiento. Los resultados obtenidos permitieron descartar la opción de rebose, concluyéndose que la alternativa más idónea es la implementación de tanques con sistema de bombeo. A través de la simulación, se determinó el porcentaje de mitigación de aguas lluvias acumuladas en la vía, lo que permitió estimar la viabilidad técnica y económica de las alternativas propuestas.

Cuencas de Aportación Existentes

Se realizó la sumatoria de las Cuencas Existentes para canalizarlas hasta la parte baja de la Av. Rodríguez Chávez y así desemboque en el Estero Salado.

Tabla 16: Sumatorias de Cuencas de Aportación

Cuencas de Aportación	Resultados
RA-17	2,11m ³ /s
RA-18	4,38m ³ /s
RA-19	2,95m ³ /s
RA-20	2,84m ³ /s
RA-21	4,11m ³ /s
Total	16,39m³/s

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Cálculo del Volumen de Almacenamiento de AALL

Se debe de consideró como ejemplo una lluvia fuerte con tiempo de concentración de 60 minutos y un coeficiente de escorrentía de 0.90, lo cual es suficientemente para causar inundaciones inmediatas en la Av. Rodríguez Chávez y a su vez las obstrucciones de las tuberías, niveles de mareas, entre otros factores, impiden la rápida evacuación de las AALL en la ya mencionada en el sector de Urdesa.

- ✓ **Ejemplo:** Duración de lluvia intensa de 60 minutos (3.600 segundos)

Tabla 17: Ejemplo

Caudal (Q)	Duración (t)	Volumen (V) = Q × t
2,11 m³/s	3.600 s	7.596m³
4,38 m³/s	3.600 s	15.768 m³
2,95 m³/s	3.600 s	10.620m³
2,84 m³/s	3.600 s	10.224 m³
4,11 m³/s	3.600 s	14.796m³
Total		59.004m³

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Este valor representa el volumen total escurrido desde la cuenca (ya que el caudal es 16.39 m³/s, es resultado de lluvia con escorrentía incluida). Para evitar rebose hacia el Estero Salado los tanques deben tener al menos 59,004 m³ de capacidad útil de almacenamiento.

Cálculos de Pozos a Rebose:

Para ello se ha considerado el ejemplo que son las lluvias con un tiempo de concentración de 60 minutos y un coeficiente de escorrentía de 0.9 en la Av. Rodríguez Chávez con un volumen de almacenamiento de AALL de 59,004 m³ que descargará al Estero Salado por rebose.

Base un pozo cilíndrico vertical:

- ✓ Diámetro (D): 5,50 m
- ✓ Profundidad útil (h): 5 m

Cálculos

Tabla 18: Cálculos a Rebose

Cálculos	Formula	Respuesta
Volumen de pozo	$V_{\text{pozo}} = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot h$	19.63 m³

Descarga promedio por rebose	$\frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} = \frac{59,004 \text{ m}^3}{3,600 \text{ s}}$	16.39 m³/s
Cantidad de pozos requeridos		40

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Se propone considerar propone 40 pozos cilíndricos de 5.5 metros de diámetro y 5 metros de profundidad útil, cada uno con una capacidad de 59.004 m³. El cual, la descarga promedio por rebose sería de 16.39 m³/s, que coincide con el caudal de aporte de la cuenca.

En Caudal Pico

Tabla 19: Calculo de Caudal Pico a Reboso

Cálculos	Fórmula	Respuesta
Caudal pico	$Q_{\text{pico}} = \frac{2 \cdot V}{T}$	32.78m³/s
Caudal máximo evaluable por un pozo	$Q_{\text{pozo}} = \frac{V_p}{t}$	0.00545m³/s
Número de pozos necesarios para evacuar el caudal pico	$N = \frac{Q_{\text{pico}}}{Q_{\text{pozo}}}$	50

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Se necesitarían aproximadamente 50 pozos a rebose de 5.5 m de diámetro y 5 m de profundidad para manejar un caudal pico de 32.78 m³/s durante 1 hora. Para ello se sugiere pozos a rebose de 6 m profundidad y 4m de diámetro.

Cálculos de Pozos a Bombeo:

Esta opción es útil cuando el nivel freático impide el drenaje a rebose o gravedad y se necesita evacuar el volumen de agua activamente, incluso cuando el nivel del Estero Salado sea alto. Para ello se ha considerado el ejemplo que son las lluvias con un tiempo de concentración de 60 minutos y un coeficiente de escorrentía de 0.9 en la Av. Rodríguez Chávez con un volumen de almacenamiento de AALL de 59.004 m³

Datos de la Bomba a Utilizar:

Tabla 20: Datos de la Bomba

Parámetros	
Mecanismo de evacuación:	Bomba eléctrica
Requerimiento:	Almacenar y bombear el agua luego de la lluvia
Tipo:	Bomba sumergible no-clog
Potencia:	250 HP
Material:	Acero Inoxidable
Tipo de impulsor:	Vórtex o semiabierto
Encendido:	Flotador de nivel

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Base un pozo cilíndrico vertical:

- ✓ Diámetro (D): 5.5 m
- ✓ Profundidad útil (h): 5 m

Cálculos

Tabla 21: Cálculos a Bombeo

Cálculos	Formula	Respuesta
Volumen de pozo	$V_{\text{pozo}} = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot h$	19.63 m ³
Descarga promedio por rebose	$\frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} = \frac{59,004 \text{ m}^3}{3,600 \text{ s}}$	16.39 m ³ /s
Cantidad de pozos requeridos	$N = \frac{V_{\text{total}}}{Q_{\text{bomba}} \times t}$	20

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Se propone considerar propone 20 pozos cilíndricos de 5.5 metros de diámetro y 5 metros de profundidad útil, cada uno con una capacidad de 59.004 m³. El cual, la descarga promedio por rebose sería de 16.39 m³/s, que coincide con el caudal de aporte de la cuenca.

En Caudal Pico

Tabla 22: Cálculo de Caudal Pico a Bombeo

Cálculos	Fórmula	Respuesta
Caudal pico	$Q_{\text{pico}} = \frac{2 \cdot V}{T}$	32.78m³/s
Caudal máximo evaluable por un pozo	$Q_{\text{pozo}} = \frac{V_p}{t}$	20.8 m³/s
Número de pozos necesarios para evacuar el caudal pico	$N = \frac{Q_{\text{pico}}}{Q_{\text{pozo}}}$	20

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Se necesitarían aproximadamente 20 pozos a bombeo con 16 bombas de 250HP de 5.5 m de diámetro y 5 m de profundidad para manejar un caudal pico de 32.78 m³/s durante 1 hora.

Detalles recomendados para la bomba:

1. Tipo de bomba:
 - ✓ Bomba sumergible no-clog (de canales o de chorro abierto)
 - ✓ Diseñada para manejar líquidos con sólidos y material fibroso sin bloquearse.
 - ✓ Ideal para aguas pluviales, aguas residuales y drenaje urbano.
2. Potencia:
 - ✓ Entre 250 HP, dependiendo del caudal y altura requerida.

3. Caudal (Q):

- ✓ Entre 2.376 m³ y 2.000 m³/h

4. Altura manométrica (H):

- ✓ Depende de la profundidad del pozo y pérdida en tuberías.
- ✓ Altura de descarga: Depende del sistema
- ✓ Estima una altura manométrica total (H) de entre 10 y 20 metros para diseño seguro.

5. Materiales:

- ✓ Cuerpo e impulsor de acero inoxidable o hierro fundido resistente a la corrosión.
- ✓ Sellos mecánicos dobles para evitar fugas.
- ✓ Diseño robusto para operación continua.

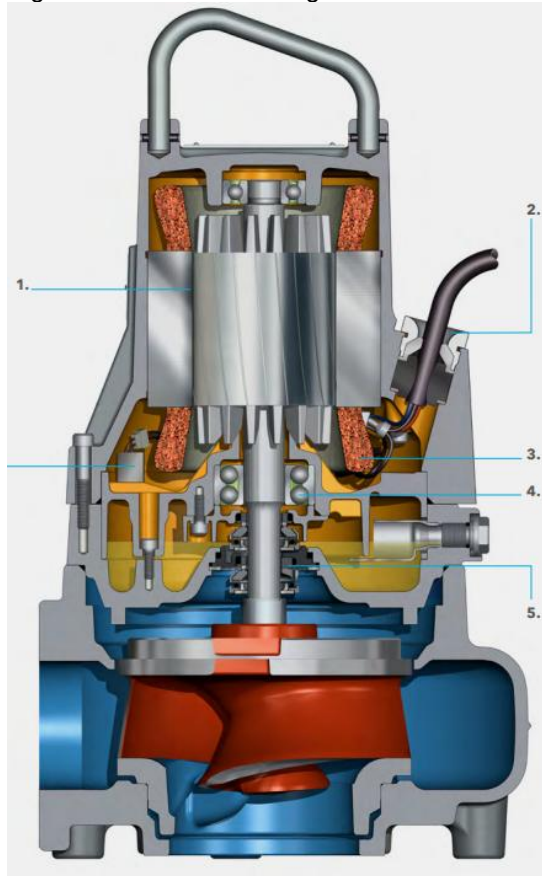
6. Velocidad y voltaje:

- ✓ Motor eléctrico trifásico

7. Características adicionales:

- ✓ Protección contra sobrecarga y fallo eléctrico.
- ✓ Sistema automático de arranque/parada con sensores de nivel.
- ✓ Fácil mantenimiento y desmontaje.

Figura 51: Bomba Sumergible



Fuente: Xylem (2025)

Viabilidad Económica

La propuesta de pozos en la Avenida Rodríguez Chávez, en Urdesa, Guayaquil, aparece como una alternativa eficaz y esencial para reducir las consecuencias de las repetidas inundaciones que afectan el área durante periodos de fuertes lluvias. Este tipo de construcción permitiría gestionar adecuadamente las aguas de lluvia, disminuyendo el peligro de inundaciones en las calles y mejorando las condiciones de vida de los habitantes y comerciantes locales. Ya sea por pozo a rebose o mediante bombas, el diseño de este sistema facilitaría un manejo efectivo de las lluvias, asegurando la rápida salida del exceso de agua y previniendo el colapso del sistema de drenaje existente, que no es suficiente para soportar el volumen de agua durante situaciones extremas. Estos sistemas podrán canalizar el agua lluvia hasta los pozos sea a rebose o bombeo y a su vez será desembocar en el Estero Salado.

Desde un punto de vista técnico, el pozo a rebose sería una opción descartada, aunque se podría reducir aproximadamente un 5% que es decir un 5.900m^3 que sería \$10 por m^3 de las inundaciones en dicho sector. Siempre y cuando el pozo a rebose no supere el volumen tentativo, pero en tormentas muy largas o más intensas, el pozo puede llenarse y su efecto puede ser casi nulo. Mientras que es el pozo a bombeo sería el más optimo, en todo el pico de las lluvias si puede reducir un 25% del caudal que evitará que el agua suba a la calzada, es decir se reduciría el 31.176m^3 , que a nivel monetario seria \$30 por m^3 . Es decir, que el pozo a bombero si podría mitigar la inundación en un periodo de 1 hora.

Figura 52: Pozo a Rebose

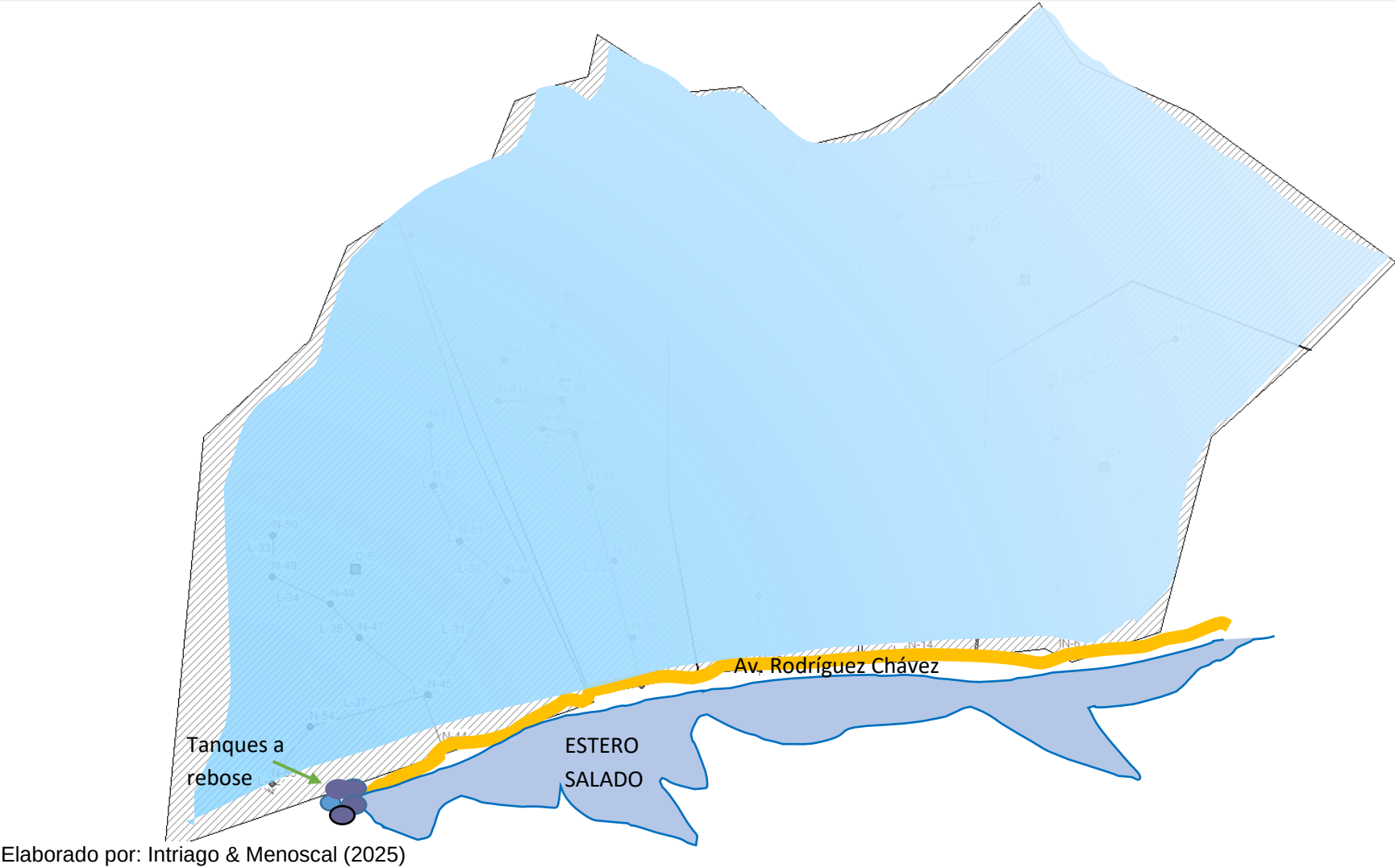
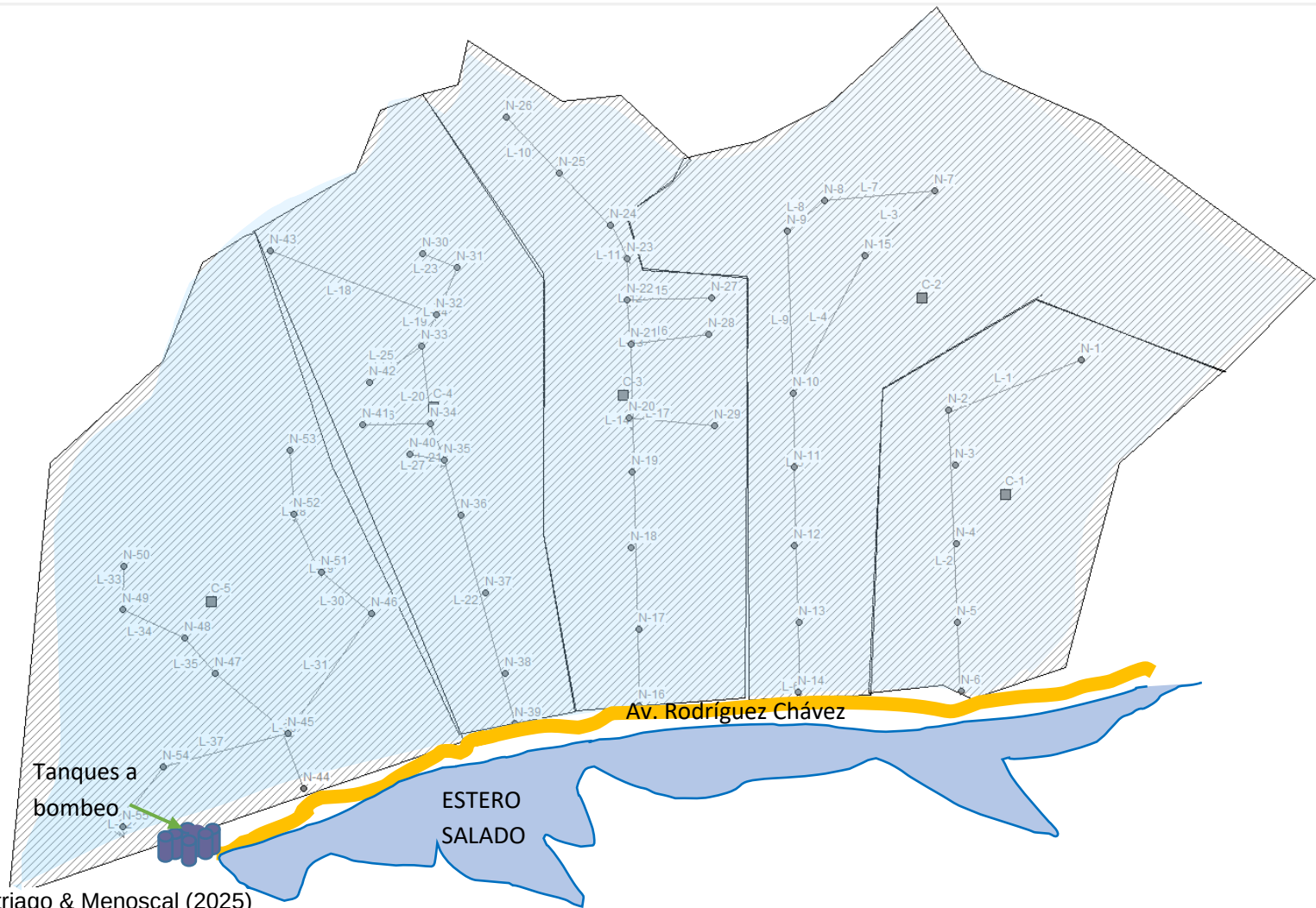


Figura 53: Pozo a Bombeo



Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Presupuesto

Tabla 23: Presupuesto a Rebose

Código	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	Precio Total
1	Excavación mecánica ($\varnothing \approx 3,5$ m; $h \approx 4,5$ m)	866,00	m ³	\$30,00	\$25,980.00
2	Disposición/haul de material excavado	866,00	m ³	\$10,00	\$8,660.00
3	Entibado/apuntalamiento y seguridad	50	LS	\$3.000,00	\$150,000.00
4	Achique y manejo de aguas (bombeo temporal)	50	LS	\$2.000,00	\$100,000.00
5	Relleno lateral y compactación	697,20	m ³	\$15,00	\$10,458.00
6	Hormigón $f_c=28$ MPa (muros + losas + banquetas)	193,40	m ³	\$160,00	\$30,944.00
7	Encofrado (muros doble cara + loseta intradós)	1,521.60	m ²	\$35,00	\$53,256.00
8	Acero de refuerzo f_y420 (suministro y colocación)	23,600.20	Kg	\$1,50	\$35,400.30
9	Tapa y marco fundición dúctil C250	50	U	\$550,00	\$27,500.00
10	Escalines/escala interna	50	U	\$200,00	\$10,000.00
11	Orificio de rebose $\varnothing 2"$ con antivórtice inox	50	U	\$350,00	\$17,500.00
12	Vertedero de seguridad (borde afilado)	50	U	\$250,00	\$12,500.00
13	Línea descarga PVC $\varnothing 160$ mm (zanja e instalación)	600,00	M	\$75,00	\$45,000.00
14	Cabezal de descarga/outfall en $H^\circ A^\circ$	50	U	\$800,00	\$40,000.00
15	Válvula clapeta antirretorno $\varnothing 160$ mm	50	U	\$600,00	\$30,000.00
16	Rejilla/guardatrébol en descarga	50	U	\$200,00	\$10,000.00
17	Perforación de muro y pasamuros estanco	50	U	\$250,00	\$12,500.00
18	Gestión de tráfico y cerramiento de obra	50	LS	\$1.500,00	\$75,000.00
19	Gestión ambiental y disposición de lodos	50	LS	\$600,00	\$30,000.00
20	Levantamiento topográfico y as-built	50	LS	\$500,00	\$25,000.00
21	Pruebas, limpieza y puesta en marcha	50	LS	\$300,00	\$15,000.00
Subtotales					\$815,198.30
Movilización (5%)					\$40,759.92
Contingencias (10%)					\$81,519.83

G.G. + Utilidad (15%)				\$122,279.75
TOTAL				\$1,059,757.8

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

Tabla 24: Presupuesto a Bombeo

Código	Descripción	Cantidad	Unidad	P. Unitario	Precio Total
1	Excavación mecánica (Ø≈3,5 m; h≈4,5 m)	433,00	m³	\$30,00	\$12.990,00
2	Disposición de material excavado	433,00	m³	\$10,00	\$4.330,00
3	Entibado / seguridad de zanja	20	LS	\$3.000,00	\$60.000,00
4	Achique y manejo de aguas	20	LS	\$2.000,00	\$40.000,00
5	Relleno lateral y compactación	348,60	m³	\$15,00	\$5.229,00
6	Hormigón f'c=28 MPa (muros + losas + banquetas)	96,70	m³	\$160,00	\$15.472,00
7	Encofrado (muros doble cara + loseta intradós)	760,80	m²	\$35,00	\$26.628,00
8	Acero de refuerzo fy=420 MPa (suministro + colocación)	11.800,00	Kg	\$1,50	\$17.700,00
9	Tapa y marco fundición dúctil C250	20	U	\$550,00	\$11.000,00
10	Escalines / escala interna	20	U	\$200,00	\$4.000,00
11	Perforación y pasamuros estanco	20	U	\$250,00	\$5.000,00
12	Bomba sumergible no-clog de 250 HP	16	U	\$40.000,00	\$640.000,00
13	Guías + auto-acople + base de descarga	16	U	\$1.200,00	\$1.920,00
14	Spool descarga interno DN80 (≈2 m)	32	M	\$80,00	\$2.500,00
15	Cadena de izaje inox	16	U	\$150,00	\$2.400,00
16	Válvula check DN80	16	U	\$220,00	\$3.500,00
17	Válvula compuerta DN80	16	U	\$250,00	\$4.000,00
18	Válvula de aire en punto alto	20	U	\$180,00	\$3.600,00
19	Impulsión DN80 (HDPE/PVC-P, zanja e instalación)	400,00	M	\$85,00	\$34.000,00
20	Cabezal/outfall en H°A°	20	U	\$800,00	\$3.600,00
21	Clapeta antirretorno en descarga	20	U	\$600,00	\$12.000,00
22	Tablero eléctrico (DOL, protecciones, contactor)	20	U	\$2.500,00	\$50.000,00
23	Control de nivel (3 flotadores)	20	Set	\$180,00	\$3.600,00
24	Cable sumergible 4G, 6 mm²	500,00	M	\$6,00	\$3.000,00

25	Canalizaciones y cableado externo	20	LS	\$400,00	\$8.000,00
26	Puesta a tierra	20	LS	\$150,00	\$3.000,00
27	Gestión de tráfico y cerramiento de obra	20	LS	\$1.500,00	\$30.000,00
28	Gestión ambiental y disposición de lodos	20	LS	\$600,00	\$12.000,00
29	Levantamiento topográfico y as-built	20	LS	\$500,00	\$10.000,00
30	Pruebas, limpieza y puesta en marcha	20	LS	\$300,00	\$6.000,00
Subtotal Costos Directos					\$1.643.378,00
Movilización (5%)					\$82.168,90
Contingencias (10%)					\$164.337,80
G.G. + Utilidad (15%)					\$246.506,70
TOTAL					\$2.136.391,40

Elaborado por: Intriago & Menoscal (2025)

CONCLUSIONES

El presente estudio, correspondiente a la Avenida Rodríguez Chávez, ubicada en el sector Urdesa Norte de la ciudad de Guayaquil, contempla la alternativa de pozos tormentas con dos viables como soluciones técnicas y económicas. La selección de la opción más adecuada quedará sujeta al criterio y evaluación de las autoridades competentes. Esta propuesta es diseñada para almacenar grandes cantidades de aguas lluvias durante la temporada invernal. Con sus dos alternativas permitirá mitigar inundaciones en este sector que durante años han provocado daños a propiedades, infraestructuras, bienes. También a evitar posibles fugas en las tuberías que son dañadas por la presión de las aguas lluvias, corrosión, desgastes naturales, movimientos sísmicos, entre otros. Y a su vez mitigar los focos de contaminación que generan malos olores, propagación de enfermedades debido al agua estancada.

La primera alternativa que son pozos a rebose es la más económica y no recomendada, ya que solo depende de la gravedad, tiene un costo de \$1.059.757,8 en un tiempo de 60 minutos podría llegar a reducir el 5% que es decir un 5.900m³ que sería \$10 por m³ de las inundaciones en dicho sector. Esta opción funciona cuando el nivel de aguas lluvias en el sistema supere el nivel máximo establecido y será necesario abrir las compuertas durante la marea baja, a fin de permitir el drenaje de aguas lluvias recolectada. Es por ello, que la segunda opción sería la más óptima, aunque el costo es muy elevado de \$2.136.391,40 y ayudará a reducir el 25% de AALL en la Av. Rodríguez Chávez y evitará que el agua suba a la calzada, es decir que se reduciría el 31.176m³, que a nivel monetario sería \$30 por m³. Los pozos a bombero si podrían mitigar la inundación en un periodo de 1 hora. Es importante señalar que, las dos opciones tienen la finalidad de desembocar al Estero Salado. Dado que es el cuerpo receptor más próximo y adecuado para su evacuación.

RECOMENDACIONES

Para la propuesta de pozos tormentas con sus alternativas en la Av. Rodríguez Chávez, se debe considerar algunos criterios técnicos fundamentales para garantizar la sostenibilidad en el tiempo y su funcionalidad:

- Establecer un plan de mantenimiento y limpieza periódica de la alternativa escogida, al menos dos veces al año (antes y después de la temporada invernal) con el objetivo de prevenir obstrucciones, ya sea por sedimentos, residuos sólidos u otros materiales, para así asegurar la correcta conducción y descarga de las AALL.
- Para seleccionar la solución de drenaje de AALL, se tendrá que considerar el nivel freático del sector. Es esencial para evitar interferencias con el nivel de agua subterránea.
- Tener a consideración los niveles de marea, dado que la descarga final se realizará en el Estero Salado. En caso de optar por los pozos tormenta a rebose, se deberá tomar en cuenta la incorporación de compuertas de control de manera automática o manual que permitan regular la salida del caudal de AALL, únicamente cuando el nivel del estero lo permita, ya que la sincronización con las mareas evitará el retorno del agua e inundaciones inversas.
- Uso de materiales resistentes a la corrosión y con alta durabilidad como concreto armado con aditivos impermeabilizantes, PVC reforzado o acero inoxidable para compuertas y rejillas. Para prolongar la vida útil del sistema y reducir los costos de mantenimiento.
- Considerar la instalación de dispositivos que retengan sólidos gruesos, arenas, aceites y grasas.
- Se podría adicionar sensores de nivel dentro del pozo a bombeo para su monitoreo en tiempo real y a su vez, podrían tener un sistema de alerta o apertura de compuertas automáticas. Sería fundamental durante eventos lluviosos intensos o mareas altas.
- Tener en cuenta un tablero eléctrico con protecciones térmicas para seguridad, en el caso de optar por el sistema de bombeo.

- En el caso de pozos a rebose o gravedad es necesario un By-pass alto al Estero Salado con válvula check si hay riesgo de retorno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AA.FLOODS. (19 de Ago de 2025). *AA.FLOODS*. Obtenido de Cartografía 3D subterránea de las redes unitarias de Saneamiento y Aguas Pluviales: <https://aafloods.eu/es/advances/cartografia-3d-subterranea-de-las-redes-unitarias-de-saneamiento-y-aguas-pluviales/>
- Alvarez Gutama, J., & Alvarez Segura, S. (2025). *ULVR*. Obtenido de Prototipo físico para la localización de fugas subterráneas de AAPP con la implantación del Método Geocannaq: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7789>
- Arrelanes, J. (11 de Dic de 2023). *Foreing Affairs Latinoamerica*. Obtenido de Urbanización como Proceso Mundial: <https://revistafal.com/urbanizacion-como-proceso-mundial/>
- Baux. (01 de Abr de 2024). *Baux*. Obtenido de Técnicas de canalización de aguas lluvias: <https://baux.cl/2024/04/01/tecnica-de-canalizacion-de-aguas-lluvias/>
- Bogotanitos. (16 de Ago de 2025). *Bogotanitos*. Obtenido de El fenómeno de La Niña: <https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/biodiverciudad/el-fenomeno-de-la-nina>
- Bonilla Granados, C., & Ramon Valencia, J. (14 de Ago de 2025). *Comite Editorial Univerisdad de Pamplona*. Obtenido de Sistemas de Drenaje Ubrano: https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/2022/documentos/02062022/sistemas_drenaje.pdf
- Burbano Argoty, E. E. (2020). *Caracterización experimental de condiciones de flujo mixto en alcantarillado pluvial debido a eventos que exceden el caudal de diseño*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79387>
- Cadena Coloma, N. J., & Borbor Rodríguez, J. A. (2023). *Diseño del alcantarillado pluvial para el Recinto San Cristóbal de la Parroquia Juan Gómez Rendon*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26199>
- Castillo García, C. L., Abreu Franco, D. E., & Alvarez González, M. (2021). *Evaluación de distintas fórmulas empíricas para el cálculo del tiempo de concentración en la cuenca urbana del río Bélico y Cubanicay, ciudad de Santa Clara*. Obtenido de SciELO: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-65422021000300051&script=sci_arttext
- Castro Laaz, H. E. (2024). *Diseño del alcantarillado pluvial para solucionar el malestar por la escasez de infraestructura en el sector Maconta de Portoviejo*. Obtenido

de Repositorio Digital UNESUM:
<https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6081>

Certicalia. (14 de Ago de 2025). *Certicalia*. Obtenido de Estudio hidrológico:
<https://www.certicalia.com/estudio-hidrologico#:~:text=Un%20Estudio%20Hidrol%C3%B3gico%20eval%C3%BAa%20el,naturales%20como%20inundaciones%20o%20sequ%C3%ADas>.

CHILE.CUBICA. (21 de Ago de 2025). *CHILE.CUBICA*. Obtenido de Nivel Freático:
<https://www.chilecubica.com/vocabularios-definiciones/nivel-fre%C3%A1tico/>

Cidta. (19 de Ago de 2025). *Cidta*. Obtenido de Estimación de Caudales:
https://cidta.usal.es/cursos/simulacion/modulos/cursos/uni_03/u3c5s3.htm

CIIFEN. (2022). *CIIFEN*. Obtenido de ¿Qué es el Cambio Climático?:
<https://ciifen.org/que-es-el-cambio-climatico/>

Clinica Universidad de Navarra. (16 de Ago de 2023). *Clinica Universidad de Navarra*. Obtenido de Drenaje por gravedad: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/drenaje-gravedad#:~:text=El%20drenaje%20por%20gravedad%20se%20basa%20en%20la%20diferencia%20de,sin%20necesidad%20de%20dispositivos%20adicionales>.

COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS. (21 de Ago de 2025). *COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS*. Obtenido de Las redes unitarias de saneamiento: Criterios de diseño y control:
https://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_articulo/op/31/op31_6.htm

Concepto. (19 de Ago de 2025). *Concepto*. Obtenido de Región geográfica:
<https://concepto.de/region-geografica/>

Constitucion del Ecuador. (14 de Ago de 2024). *Constitucion del Ecuador*. Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

Construcciones Vale, S.L. (09 de Sep de 2024). *Construcciones Vale, S.L.* Obtenido de ¿Qué son los trabajos pluviales y por qué son necesarios?:
https://www.construccionesvale.com/que-son-los-trabajos-pluviales-y-por-que-son-necesarios_fb248381.html#:~:text=Los%20trabajos%20pluviales%2C%20tambi%C3%A9n%20conocidos,tipo%20de%20sistemas%20de%20tuber%C3%ADas

- Construex. (19 de Ago de 2025). *Construex*. Obtenido de Instalación Redes de Agua Lluvia:
https://www.construex.com.ec/exhibidores/hidrinec/servicio/instalacion_redes_de_agua_lluvia
- Corapi, P., & Nuñez Neira, N. (2022). Regionalización de las Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) en las Provincias de Santa Elena y Manabí. *Revista Tecnológica ESPOL*, 34.
- Cultura Ambiental. (16 de Ago de 2025). *Cultura Ambiental*. Obtenido de Fenómeno del Niño:
<https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/biodiverciudad/fenomeno-del-nino>
- Dávila, J. (Jun de 2025). Obtenido de MEMORIA TÉCNICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO: file:///C:/Users/USER/Downloads/7151407.pdf
- Django-wiki. (21 de Oct de 2021). *wiki CHONOS*. Obtenido de ¿Qué son y cómo funcionan las mareas?: <https://chonos.ifop.cl/wiki/preguntas-frecuentes/que-son-y-como-funcionan-las-mareas/>
- Duran Castro, F. (14 de Ago de 2025). *SlideShare*. Obtenido de PARAMETROS REDES AGUAS LLUVIAS:
<https://es.slideshare.net/GINCOINGENIERIACONSU/5parametros-redes-aguas-lluviaspdf#2>
- Duran, S. (14 de Ago de 2024). *Eurekando*. Obtenido de ¿Cómo se producen las lluvias torrenciales?: <https://www.eurekando.org/blog/como-se-producen-las-lluvias-torrenciales/>
- Ecuador Estratégico. (22 de Ago de 2025). *Ecuador Estratégico*. Obtenido de MEMORIA TÉCNICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO:
file:///C:/Users/USER/Downloads/15383292.pdf
- EHHM. (25 de Ago de 2025). *EHHM*. Obtenido de Estudio de cuencas hidrográficas:
<https://www.ehmm.group/estudio-de-cuencas-hidrograficas/>
- El Comercio. (24 de Mar de 2023). *El Comercio*. Obtenido de Luego de tres años consecutivos de un inusualmente fenómeno La Niña, reaparece la posibilidad del fenómeno El Niño.: <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/que-fenomeno-nino/>
- Eltiempo.es. (14 de Ago de 2025). *Eltiempo.es*. Obtenido de Lluvia:
<https://www.eltiempo.es/noticias/meteopedia/lluvia>
- Encyclopedia of the Environment. (01 de May de 2025). *Encyclopedia of the Environment*. Obtenido de Las mareas: <https://www.encyclopedie-environnement.org/en/water/the-tides->

2/#:~:~text=La%20marea%20se%20refiere%20al,la%20Luna%20alejada%20de
%20ella.

ENVIRO. (16 de Ago de 2025). *ENVIRO*. Obtenido de ¿Para qué sirve un pozo de registro?: <https://es.envirodesignproducts.com/blogs/news/what-s-the-purpose-of-a-manhole>

EPA. (14 de Ago de 2025). EPA. Obtenido de Modelo de Gestión de Aguas Pluviales (SWMM): <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model->

swmm#:~:text=SWMM%20provides%20a%20cross%2Dplatform,available%20s
oftware%20for%20use%20worldwide.

Espino Jato, D., & Gonzalez Avila, I. (19 de Oct de 2022). *The conversation*. Obtenido de Inundaciones, de fenómenos meteorológicos a desastres naturales: <https://theconversation.com/inundaciones-de-fenomenos-meteorologicos-a-desastres-naturales-191148>

Garavito Salgado, D. A. (2021). *Guía técnica de procedimiento constructivo de proyecto ejecutado en Ibagué de alcantarillado pluvial*. Obtenido de Repositorio Universidad Distrital:

<https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/2029544d-2754-4e7a-9af6-7abd334f6079/content>

Garcés Fernández, L. C., & Guzmán Chitiva, W. A. (2023). *Diseño hidráulico del sistema de drenaje de aguas lluvias para el título minero de carbón ubicado en el Municipio de Cucunubá, Departamento de Cundinamarca*. Obtenido de Repositorio Institucional - Universidad Católica de Colombia - RIUCaC: <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/3375e300-046a-407d-a5be-c7377a89f9a5>

García, A. (Ago de 15 de 2025). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*.
Obtenido de https://www.primicias.ec/guayaquil/febrero-lluvias-historicas-inundaciones-piscinas-olimpicas-agua-91074/?utm_source=chatgpt.com

García, E. (11 de Ago de 2025). *Las lecciones de El Niño*. Obtenido de <https://dipecholac.net/docs/files/995-publicacion-caf-ecuador-nino-97-98.pdf>

GETESAN. (16 de Ago de 2025). *GETESAN*. Obtenido de El problema de los sedimentos en el alcantarillado: <https://getesan.com/el-problema-de-los-sedimentos-en-el-alcantarillado/>

Hidrotec. (21 de Ago de 2025). *Hidrotec*. Obtenido de Obturaciones de tuberías por lluvias: cómo evitarlas: <https://www.hidrotec.com/blog/obturaciones-de-tuberias-por-lluvias/#:~:text=por%20intensas%20lluvias-,Causas%20de%20las%20obturaciones%20de%20tuber%C3%ADas%20por%20>

- 20lluvias,acumular%2C%20obturando%20finalmente%20las%20tuber%C3%A
Das.
- HidroTecnica. (16 de Ago de 2025). *HidroTecnica*. Obtenido de Bombas Sumergibles:
<https://www.hidrotecnica.cl/bombas-agua-servidas>
- IngeoExpert. (24 de Nov de 2021). *IngeoExpert*. Obtenido de ¿Qué es la topografía y
cuáles son sus objetivos?: https://ingeoexpert.com/2021/11/24/que-es-la-topografia-y-cuales-son-sus-objetivos/?srsltid=AfmBOorA_lhA0_gWgaY-SrRSDBKrWHJ3cEBmfe-E6Gv1wx9C9cLU88JN
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (14 de Ago de 2024). *El Nuevo Ecuador*.
Obtenido de Conoce las normas técnicas aplicables a la calidad del agua:
<https://www.normalizacion.gob.ec/conoce-las-normas-tecnicas-aplicables-a-la-calidad-del-agua/>
- Interagua. (14 de Ago de 2025). *Interagua*. Obtenido de Sistema de Alcantarillado
Pluvial: <https://www.interagua.com.ec/servicios/sistema-de-alcantarillado-pluvial>
- Jimenez Mur, J. (16 de Ago de 2025). *PumpsBombas*. Obtenido de Bombeo a tanques
a varias alturas: <https://pumpsbombas.com/bombeo-a-tanques-a-varias-alturas/>
- Kiloutou. (11 de Abr de 2023). *Kiloutou*. Obtenido de Qué es el nivel freático en la
construcción y qué tener en cuenta : <https://www.kiloutou.com/es/blog/nivel-freatico-construccion/#:~:text=preguntas%2C%20a%20continuaci%C3%B3n.-,Qu%C3%A9%20es%20el%20nivel%20fre%C3%A1tico,suministro%20de%20aqua%20y%20sequ%C3%ADas.>
- La Hora. (12 de Oct de 2022). *La Hora*. Obtenido de Alcantarillas taponadas causan
inundación: <https://www.lahora.com.ec/santodomingo/Alcantarillas-taponadas-causan-inundacion-20220309-0032.html>
- Laaz Hidrovo, C. R. (2023). *Repositorio Digital UNESUM*. Obtenido de Diseño hidráulico
de un sistema de alcantarillado pluvial para el sector Los Algodones de la
comuna Quimis, cantón Jipijapa:
<https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5254>
- LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL
AGUA. (14 de Ago de 2014). Obtenido de LEY ORGANICA DE RECURSOS
HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA:
[https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Ley-
Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-
del-Agua.pdf](https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf)
- Libería CAD. (16 de Ago de 2025). *Libería CAD*. Obtenido de Estructuras hidraulicas:
rapidas: <https://libriercad.com/dwg/estructuras-hidraulicas-rapidas/>

- Listo. (17 de Jul de 2025). *Listo*. Obtenido de Inundaciones: <https://www.ready.gov/es/inundaciones>
- Marcillo Mejía, J. V. (2021). *Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial de la Comunidad Manantiales del Cantón Montecristi - Provincia de Manabí*. Obtenido de Repositorio Digital UNESUM: <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2961>
- Mareas del Ecuador. (20 de Feb de 2025). *Mareas del Ecuador*. Obtenido de Tabla de mareas de Estero Salado esta semana: <https://es.tideking.com/Ecuador/Guayas/Estero-Salado/Tabla-de-Mareas/#>
- Michigan State University. (21 de Jul de 2024). *Michigan State University*. Obtenido de Los sedimentos en las aguas pluviales son un contaminante común que afecta negativamente la calidad del agua.: https://www.canr.msu.edu/news/sediment_in_stormwater_is_a_common_pollutant_which_negatively_impacts_water#:~:text=Las%20fuentes%20de%20sedim entos%20incluyen,la%20propiedad%20frente%20al%20mar
- Muentes Arrunategui, P. B. (2023). *Diseño alcantarillado pluvial del barrio llanos de colorado del cantón Montecristi de la provincia de Manabí*. Obtenido de Repositorio Digital UNESUM: <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5827>
- Nuevo, D. (25 de May de 2020). *TECPA*. Obtenido de Qué es swmm: <https://www.tecpa.es/swmm-que-es-para-que-sirve/>
- Núñez, S. (1 de Dic de 2023). *Ecología verde*. Obtenido de Tipos de Precipitaciones: <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-precipitaciones-3086.html>
- Ojeda de la Cruz, A., Alvarez Chávez, C. R., & Orona Llano, D. C. (2020). *Drenaje pluvial sostenible. Una alternativa de gestión del agua de lluvia en la Universidad de Sonora*. Retrieved from Revista de la Facultad de Arquitectura Universidad Autónoma de Nuevo León - FARQ: <https://contexto.uanl.mx/index.php/contexto/article/view/192>
- Ortega Orozco, M. A. (2023). *Diseño del sistema de drenaje pluvial y sanitario, sector norte, aldea San José El Tablón, Villa Canales, Guatemala*. Obtenido de Repositorio del Sistema Bibliotecario - Universidad de San Carlos de Guatemala: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/19987/>
- Periz, L. R. (16 de Ago de 2025). *SSWM*. Obtenido de Tanque de Almacenamiento: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento>

- PicalEx Logo. (09 de Nov de 2022). *PicalEx Logo*. Obtenido de Aplica la recolección de datos y aumenta las ventas en tu empresa: <https://www.picallex.com/blog/recoleccion-de-datos-aumenta-las-ventas-en-tu-empresa/>
- Pinargote Almeida, K. J. (2020). *Diseño de alcantarillado pluvial en la ciudadela El Centenario en la ciudad de Calceta-Cantón Bolívar*. Obtenido de Repositorio UNESUM: <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2418/1/18%20KARLA%20JUSTINA%20PINARGOTE%20ALMEIDA.pdf>
- Plasgain. (09 de Abr de 2025). *Plasgain*. Obtenido de ¿Qué profundidad deben tener las tuberías de aguas pluviales: <https://plasgain.com.au/how-deep-should-storm-water-pipes-be/#:~:text=Typically%2C%20pipes%20should%20be%20installed,or%20areas%20with%20vehicular%20traffic.>
- Ponce San Lucas, K. X. (2023). *Rediseño de alcantarillado pluvial de la intersección 15 de Octubre y Juan León Mera de la ciudadela Parrales Y Guale - Jipijapa*. Obtenido de Repositorio Digital UNESUM: <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5544>
- Poniente, S. (16 de Ago de 2025). *Aguas*. Obtenido de Completa limpieza de sumideros para recibir el invierno: <https://www.aguasponiente.cl/noticias/completa-limpieza-de-sumideros-para-recibir-el-invierno.html>
- Portillo, G. (16 de Ago de 2025). *Meteorología en Red*. Obtenido de Tipos de lluvia: <https://www.meteorologiaenred.com/tipos-de-lluvia.html>
- Primicias. (19 de Feb de 2024). *Primicias*. Obtenido de Guayaquil: 47 sectores inundados y caos vehicular tras 15 horas de torrencial lluvia: <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/torrencial-lluvia-guayaquil-nino-inundaciones/>
- Primicias. (28 de Feb de 2025). *Primicias*. Obtenido de En el febrero más lluvioso en 27 años, Guayaquil recibió agua equivalente a 89.000 piscinas olímpicas: <https://www.primicias.ec/guayaquil/febrero-lluvias-historicas-inundaciones-piscinas-olimpicas-agua-91074/>
- Rauhermi. (08 de Feb de 2025). *El agua*. Obtenido de Transitorios hidráulicos en tuberías: <https://eselagua.com/2015/02/28/transitorios-hidraulicos-en-tuberias/>
- Rivadeneira, G. (13 de Abr de 2025). *El Comercio*. Obtenido de El Inamhi prevé lluvias intensas en Ecuador el domingo 13 y el lunes 14 de abril: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/inamhi-preve-lluvias-intensas-ecuador-domingo-13-lunes-14-abril/>

- Rodriguez, G. (05 de Jul de 2025). *Centro Geotecnico Internacional*. Obtenido de Conceptos generales del análisis hidrológico-hidráulico de cuenca hidrográfica: <https://www.centrogeotecnico.com/blog-geotecnia-geomecanica/conceptos-generales-del-analisis-hidrologico-hidraulico-de-cuenca-hidrografica.html>
- Rodriguez, G. (05 de Jul de 2025). *GEO*. Obtenido de Conceptos generales del análisis hidrológico-hidráulico de cuenca hidrográfica: <https://www.centrogeotecnico.com/blog-geotecnia-geomecanica/conceptos-generales-del-analisis-hidrologico-hidraulico-de-cuenca-hidrografica.html>
- Santana Angulo, D. A., & Valencia Escobar, W. D. (2024). *Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para el Recinto Sabana grande ubicado en el Cantón Guayaquil, Provincia del Guayas*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28720>
- Santos, A. (16 de Ago de 2025). *ProAlt*. Obtenido de Acceso y Mantenimientos en Pozos de Tormentas: <https://www.proalt.es/acceso-y-mantenimientos-en-pozos-de-tormentas/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20Pozo%20de,tipo%20pueda%20tener%20sus%20peculiaridades.&text=La%20realidad%20es%20que%20son,ejecuci%C3%B3n%20segura%20de%20estas%20tarear>
- Sarasola, J. (18 de Sep de 2023). *Ikusmira*. Obtenido de Aceleración urbana: <https://ikusmira.org/p/aceleracion-urbana>
- Soria, F. (25 de Ago de 2025). *Scrib*. Obtenido de Ats Hidraulica8: <https://es.scribd.com/document/379789129/Ats-Hidraulica8>
- Sotomayor Cuadrado, A. J., & Yabrudy Mercado, H. J. (2020). *Variación histórica del coeficiente de escorrentía en la microcuenca del Canal Ricaurte de la ciudad de Cartagena*. Obtenido de Repositorio Digital - Universidad de Cartagena: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/entities/publication/00e5b4de-f3df-4b21-8773-1b7e1692ecdd>
- Space Place. (29 de May de 2020). *Space Place*. Obtenido de ¿Qué es La Niña?: <https://spaceplace.nasa.gov/la-nina/sp/>
- Suárez Aguilar, Z., Sepúlveda Delgado, O., Patarroyo Mesa, M., & Canaria Camargo, L. (2020). Modelo matemático para estimar curvas de intensidad, duración y frecuencia de lluvias extremas en Tunja, Colombia. *Información Tecnológica*, 31. Obtenido de SciELO.
- Tabla de Mareas. (28 de Feb de 2025). *TABLA DE MAREAS*. Obtenido de TABLA DE MAREAS Y SOLUNARES: <https://tablademareas.com/ec/guayas/guayaquil>

- Tapas y Registros. (26 de Ago de 2025). *Tapas y Registros*. Obtenido de Tapas para arquetas en fundición dúctil clase C-250: <https://www.tapasyregistros.com/tapas-para-arquetas/22-tapas-para-arquetas-en-fundicion-ductil-clase-c-250.html>
- TECTUL. (16 de Ago de 2025). *TECTUL*. Obtenido de Tubo Pvc Sanitario / Aguas Lluvias: <https://tectul.com/es/productos/tubo-sanitario-aguas-lluvias?srsId=AfmBOoqh74S2h90XPXfDekpHGEPYoUfD78taii2ssYWaX-74blliEwvV>
- Tokar, O. (19 de Ago de 2025). *Vecteezy*. Obtenido de <https://es.vecteezy.com/artefvectorial/2157385-mapa-geografico-del-area-ubicacion-geografica-exacta-geolocalizacion-icono-vectorial-en-estilo-plano-sobre-un-fondo-blanco>
- Torres, C. (13 de Dic de 2024). *PROTEC*. Obtenido de ESTUDIO HIDROLÓGICO: <https://proteocgr.com/blog-estudio-hidrologico/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20datos%20se%20requieren%20para,de%20agua%20en%20la%20región%C3%B3n>.
- Velez, J. J. (19 de Feb de 2025). *ResearchGate*. Obtenido de Estimación del tiempo de concentración y tiempo de rezago en la cuenca experimental urbana de la quebrada San Luis, Manizales: https://www.researchgate.net/publication/236787017_Estimacion_del_tiempo_de_concentracion_y_tiempo_de_rezago_en_la_cuenca_experimental_urbana_de_la_quebrada_San_Luis_Manizales
- Webinar. (16 de Ago de 2025). *Webinar*. Obtenido de Bombas de Agua con Tanque de Presión: <https://inducom-ec.com/bomba-de-agua-con-tanque-de-presion/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20Sistema%20de,agua%20potable%20y%20aplicaciones%20industriales>.
- Xylem. (26 de Ago de 2025). *Xylem*. Obtenido de Flygt N 3069: <https://www.xylem.com/en-us/products--services/pumps-packaged-pump-systems/pumps/submersible-pumps/wastewater-pumps/n-technology-pumps/n-3069/>

ANEXOS

Anexo 1: Preguntas de Entrevista



FACULTAD
INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN



Preguntas para entrevista

1. ¿Cuál es el principal problema del sistema de alcantarillado pluvial en Urdesa Norte, Av. Rodríguez Chávez?
2. ¿Qué criterios utiliza para diagnosticar el sistema existente?
3. ¿Qué información hidrológica considera fundamental para el análisis del sistema de aguas lluvias?
4. ¿Cuáles son los parámetros clave que debe incluir el diseño hidráulico del alcantarillado pluvial?
5. ¿Qué métodos o herramientas recomienda para modelar el comportamiento del sistema ante lluvias intensas?
6. En su opinión, ¿qué aspectos del diseño actual deberían ser priorizados para mejorar la eficiencia del sistema?
7. ¿Qué tipos de materiales y tecnologías considera más adecuados para la tubería y canales en esta zona?
8. ¿Cómo se debería realizar la evaluación del impacto ambiental y social del sistema propuesto?
9. ¿Cuáles son los desafíos técnicos más comunes al implementar mejoras en sistemas de alcantarillado pluvial urbanos?
10. ¿Qué estrategias recomienda para mantener y operar el sistema mejorado de forma efectiva en el tiempo?

Anexo 2: Entrevista



Anexo 3: Ficha Técnica de Bomba

This series of Flygt N-pumps includes models capable of handling capacities up to 100 l/s. Like all Flygt N-pumps, they help reduce the total lifecycle costs of your installation.

1. Better heat transfer

Our specially designed and manu-
factured motor provides enhanced
cooling because heat losses are
concentrated around the stator.
Trickle impregnated (not applicable
for 3069) in resin (Class H insulation),
the stator windings are rated at
180°C (355°F) and enable up to 30
starts per hour.

2. Cable entry

Water-resistant cable entry provides
both sealing and strain relief functions
to ensure a safe installation.

3. Sensors

Thermal sensors embedded in the
stator windings prevent overheating.
Optional leakage sensors in the stator
and oil housings are also available.

4. Long-life bearings

Durable bearings provide a minimum
service life of 50,000 hours.

5. Enduring seals

The Griploc system consists of two
sets of mechanical shaft seals that
operate independently to provide
double security against leakage.

Compliance

Each pump is tested and approved
in accordance with national and
international standards, including
60034-1 and CSA. Pumps are avail-
able in explosion-proof versions for
use in hazardous environments, and
are approved by the Factory Mutual,
European Standard and IEC.

POWER RATINGS AND SIZE

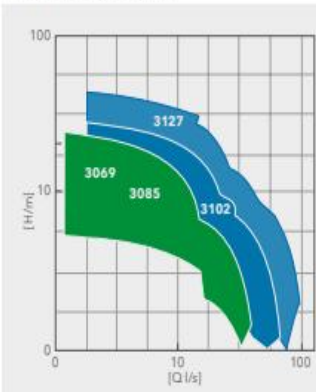
Model

Power rating - kW

Discharge size - mm

3069	3085	3102	3127
1.5-2.4	1.3-2.4	3.1-4.5	4.7-8.5
50	80	80	80
65		100	100
80		150	150

Performance, 50 Hz



Anexo 4: Inundaciones

