



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

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

TEMA

**APLICACIÓN DEL ENFOQUE CIUDAD ESPONJA PARA LA
GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA Y LA REDUCCIÓN DE
INUNDACIONES EN URDESA-GUAYAQUIL.**

TUTOR

Msc. María Alejandra Borbor Bajaña

AUTOR

Ricardo Miguel Altamirano Mera

GUAYAQUIL

2024

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Aplicación del enfoque Ciudad Esponja para la gestión sostenible del agua y la reducción de inundaciones en Urdesa-Guayaquil.	
AUTOR/ES: Ricardo Miguel Altamirano Mera	TUTOR: Msc. Ing. María Alejandra Borbor Bajaña
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Tercer nivel de grado
FACULTAD: Facultad de Ingeniería Industrial y Construcción	CARRERA: Ingeniería civil
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2024	N. DE PÁGS: 126
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción	
PALABRAS CLAVE: Recursos Hídricos, Ciudad Esponja, Inundaciones, Sistema de alcantarillado.	
RESUMEN: La tesis aborda la implementación del enfoque Ciudad Esponja en la ciudadela Urdesa Central, proponiendo un sistema de alcantarillado pluvial eficiente con una estación de bombeo y captación de agua. El principal objetivo es gestionar de manera sostenible el agua y reducir inundaciones, especialmente durante lluvias intensas que provocan el desbordamiento del estero salado. Este sistema no solo busca mejorar las condiciones de vida cotidiana en Urdesa Central, sino que también refleja una preocupación ambiental significativa al mitigar el impacto del desbordamiento en el estero salado. La propuesta se basa en un diseño detallado del sistema, considerando factores como la demanda, los caudales, los diámetros de las tuberías y las presiones en diferentes nodos del sistema. La estación de bombeo de agua se posiciona estratégicamente para aprovechar al máximo la capacidad del sistema durante las precipitaciones. La tesis resalta la importancia de este enfoque innovador en la gestión del recurso hídrico, promoviendo una mejora significativa en la calidad de vida de la comunidad, al tiempo que aborda de manera efectiva los desafíos medioambientales asociados al desbordamiento del estero salado.	
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:
DIRECCIÓN URL (Web):	

ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Ricardo Miguel Altamirano Mera	Teléfono: +593 991132136	E-mail: raltamiranom@ulvr.edu.u.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Ph.D. Marcial Calero Amores Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec Mgtr. Eliana Contreras Jordán Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 242 E-mail: econtrerasj@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Aplicación del enfoque ciudad esponja para la gestión sostenible del agua y la reducción de inundaciones en Urdesa-Guayaquil.

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.ulvr.edu.ec

Fuente de Internet

3%

2

Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil

Trabajo del estudiante

2%

3

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado



MARIA ALEJANDRA
BORBOR BAJANA

Firmado electrónicamente por:

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado RICARDO MIGUEL ALTAMIRANO MERA, declara bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **APLICACIÓN DEL ENFOQUE CIUDAD ESPONJA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA Y LA REDUCCIÓN DE INUNDACIONES EN URDESA-GUAYAQUIL**, corresponde totalmente a él suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autor

Firma:

A handwritten signature in black ink, reading "Ricardo Altamirano Mera". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath.

RICARDO MIGUEL ALTAMIRANO MERA

C.I. 0931757595

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **APLICACIÓN DEL ENFOQUE CIUDAD ESPONJA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA Y LA REDUCCIÓN DE INUNDACIONES EN URDESA-GUAYAQUIL**, designada por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **APLICACIÓN DEL ENFOQUE CIUDAD ESPONJA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA Y LA REDUCCIÓN DE INUNDACIONES EN URDESA-GUAYAQUIL**, presentado por el estudiante Ricardo Miguel Altamirano Mera como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



MARIA ALEJANDRA BORBOR BAJAÑA

C.I. 0929442523

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco inmensamente a mis padres ya que sin ellos nada de esto hubiera sido posible, con su sacrificio diario, su dedicación y su esfuerzo constante.

En segundo lugar, a mis hermanos que son la viva muestra de excelentes profesionales en sus respectivos campos, que me motivaron a seguir, me enseñaron el valor de la constancia, el respeto a los demás, la responsabilidad y todo lo que una persona de bien puede lograr en la vida.

Y, en tercer lugar, a mi familia y amigos cercanos que estuvieron conmigo en este largo camino y que han aportado en mi desarrollo personal y académico.

Agradezco a mi tutora de tesis, por la ayuda brinda en el último proceso de académico, por cada revisión y mejora de la misma.

DEDICATORIA

Quiero dedicarlo a mis padres Cesar Altamirano y Cecilia Mera con uno de los mayores logros que me pudieron dar, el derecho a la educación con un título universitario, este título no solo es mío sino de ellos por todo el amor, el apoyo y dedicación constante durante mi crecimiento como profesional. Las palabras no expresarán lo muy agradecido que estaré con ellos, pero algo que si podrán las palabras es quedar inmortalizado en esta dedicatoria por la eternidad. Tarde o temprano la vida siempre recompensará lo que lograron.

A mis hermanos Susana Altamirano y Cesar A. Altamirano por haber estado presente en toda mi carrera universitaria, siempre al pendiente de que no me faltara nada y que con constante esfuerzo se puede lograr lo imposible.

A mi familia, en especial a mi tía Victoria Mera quien, con su gran enseñanza, paciencia, sabiduría, tiempo, me demostró como una mujer luchadora y de constante Fé en Dios, no se rinde fácilmente a las adversidades de la vida.

RESUMEN – ABSTRACT

La tesis aborda la implementación del enfoque Ciudad Esponja en la ciudadela Urdesa Central, proponiendo un sistema de alcantarillado pluvial eficiente con una estación de bombeo y captación de agua. El principal objetivo es gestionar de manera sostenible el agua y reducir inundaciones, especialmente durante lluvias intensas que provocan el desbordamiento del estero salado. Este sistema no solo busca mejorar las condiciones de vida cotidiana en Urdesa Central, sino que también refleja una preocupación ambiental significativa al mitigar el impacto del desbordamiento en el estero salado.

La propuesta se basa en un diseño detallado del sistema, considerando factores como la demanda, los caudales, los diámetros de las tuberías y las presiones en diferentes nodos del sistema. La estación de bombeo de agua se posiciona estratégicamente para aprovechar al máximo la capacidad del sistema durante las precipitaciones. La tesis resalta la importancia de este enfoque innovador en la gestión del recurso hídrico, promoviendo una mejora significativa en la calidad de vida de la comunidad, al tiempo que aborda de manera efectiva los desafíos medioambientales asociados al desbordamiento del estero salado.

Palabras Claves: Recursos Hídricos, Ciudad Esponja, Inundaciones, Sistema de alcantarillado.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1.1. Tema:.....	3
1.2. Planteamiento del Problema:.....	3
1.3. Formulación del Problema:	5
1.4. Objetivo General	5
1.5. Objetivos Específicos	5
1.6. Hipótesis.	5
1.7. Línea de Investigación Institucional / Facultad.	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Marco Teórico.	7
2.1.1. Antecedentes.	7
2.1.2. Evolución de la Gestión de Recursos Hídricos y Desafíos Urbanos.	8
2.1.3. Concepto y Principios del Enfoque Ciudad Esponja.	11
2.1.3. Experiencias Internacionales en Ciudades Esponjas.	12
2.1.4. Nacional y Regional.	14
2.1.5. Implementación del Enfoque Ciudad Esponja en América Latina y España.	15
2.1.6. Pavimento Absorbente a base de Polímeros.	16
2.1.6.1. Tarmac.	17
2.1.6.2. Topix Permeable.	18
2.1.6.3. Pavimento Absorbente en Ciudad de México.	19
2.1.7. Techos Verdes sobre losas de Concreto Reforzado.	20
2.1.7.1. Jardines Flotantes Botánicos de Singapur.	20
2.1.7.2. Bosco Verticale Milan Italia.	21
2.1.7.3. Ejemplos de Estructuras famosas e Innovadoras que utilizan la Tecnología de Techos Verdes.	21
2.2. Marco Legal.....	22
2.2.1. Normativa General.	22
2.2.1.1. Sección primera: Agua y alimentación.	22
2.2.1.2. Sección segunda: Ambiente sano.	22
2.2.1.3. Sección sexta: Hábitat y vivienda.	22
2.2.1.4. Sección séptima: Salud.	22

2.2.1.5. Capítulo sexto: Derechos de libertad.....	23
2.2.1.6. Capítulo séptimo: Derecho a la naturaleza.....	23
2.2.1.7. Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales.....	23
2.2.2. Título II: Recursos Hídricos.....	24
2.2.2.1. Sección IV: Servicios Públicos.....	25
CAPÍTULO III.....	27
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.1. Enfoque de la investigación.....	27
3.2. Alcance de la investigación.....	27
3.3. Técnicas e instrumentos para obtener los datos.....	28
3.3.1. Técnicas de Observación.....	28
3.3.2. Trabajos de Campo.....	28
3.3.3. Área de Estudio.....	28
3.3.3. Descripción del sitio.....	29
3.3.4. Localización.....	29
3.3.5. Áreas Afectadas.....	30
3.5.5.1. Puente Las Monjas.....	30
3.5.5.2. Avenida Víctor Emilio Estrada.....	32
3.5.5.3. Avenida Víctor Emilio Estrada y Laureles.....	33
3.4. Población y muestras.....	33
3.4.1. Población.....	34
3.4.2. Muestra.....	34
3.4.3. Población futura.....	34
3.4.3.1. Proyección de la Población.....	34
3.4.3.2 Método Lineal.....	35
3.4.3.3. Cálculo por Método Lineal.....	35
3.4.3.5. Cálculo por Método Geométrico.....	37
3.4.3.6. Cálculo por Método Wappaus.....	38
3.4.3.7. Proyección Final.....	42
3.5. Cálculo de la intensidad máxima.....	42
3.6. Precipitación Máxima Probable.....	46
3.6.1. Cálculo del factor de frecuencia, precipitaciones diarias máximas probables.....	48
3.6.2. Cálculo de precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.....	50

3.6.3. Cálculo de intensidades de lluvia a partir de Pd, según duración de precipitación y frecuencia de la misma.....	51
3.6.4. Cálculo de Periodo de retorno para T= 25 años	52
3.6.5. Curva IDF (Intensidad, Duración, Frecuencia).....	52
3.7. Diseño de red de alcantarillado pluvial.	53
3.7.1. Criterios de diseño.....	53
3.7.2. Hidrología.....	53
3.7.3. Diámetro de diseño.....	54
3.7.4. Velocidad.....	54
3.7.5. Especificaciones técnicas de tuberías.....	55
3.7.6. Pendiente.....	56
3.7.7. Rugosidad.....	56
3.7.8. Pozos de revisión.....	57
3.7.8.1. Cunetas y Sumideros.....	58
3.7.9. Materiales.....	59
3.7.9.1. Tubería de PVC.....	59
3.7.9.2. Tuberías de Hormigón.....	60
3.7.9.3. Tubos de Fibra de Vidrio.....	60
3.7.9.4. Tubería de conexión.....	61
3.7.9.4. Cemento.....	61
3.7.9.5. Madera.....	62
3.7.9.6. Varillas de Acero.....	62
3.7.9.7. Grava.....	63
3.7.9.8. Agua.....	63
3.8. Aspectos del caudal de diseño.....	64
3.8.1. Coeficiente de escorrentía o escurrimiento.....	65
3.8.2. Periodo de retorno.....	66
3.9. Cálculo de caudales de diseño.....	67
3.9.1. Cálculo de áreas y pendientes.....	67
3.9.1.1. Cálculo de áreas y pendientes por calle.....	67
3.9.2. Cálculo de Caudales.....	69
3.9.3. Cálculo de una bomba hidráulica.....	70
3.9.3.1. Cálculo de Potencia en H.P. de una bomba hidráulica.....	70
CAPÍTULO IV	71
PROPUESTA.....	71
4.1. Presentación y análisis de resultados.....	71

4.1.1. Encuestas.....	71
4.1.2. Datos de Encuestas.....	73
4.2. Breve estudio de impacto ambiental.....	76
4.2.1. Principales problemas en el área de estudio.....	76
4.2.1.1. Medio Climático.....	77
4.2.1.2. Ruido.....	77
4.2.1.3. Calidad de aire.....	78
4.2.2. Consideraciones importantes durante la construcción.....	79
4.2.2.1. Identificación de elementos del entorno e impacto durante la fase de operación y mantenimiento.....	79
4.2.2.2. Acciones correspondientes durante la etapa de operación y mantenimiento.....	79
4.3. Mantenimiento de la red de alcantarillado y estación de bombeo de agua.....	80
4.3.1. Mantenimiento.....	80
4.3.1.1. Pozo de revisión.....	80
4.3.1.2. Tramos de Tubería.....	80
4.3.2. Seguridad del personal de mantenimiento.....	81
4.3.3. Tratamiento primario de cámara de captación de agua.....	82
4.3.3.1. Paso Imhoff.....	82
4.3.3.2. Cloro.....	82
4.4. Presupuesto.....	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
Conclusiones.....	89
Recomendaciones.....	90
Bibliografía:.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.....	36
Tabla 3.....	38
Tabla 4.....	42
Tabla 5.....	42
Tabla 6.....	43
Tabla 7.....	44
Tabla 8.....	46

Tabla 9.....	49
Tabla 10.....	50
Tabla 11.....	51
Tabla 12.....	52
Tabla 13.....	54
Tabla 14.....	54
Tabla 15.....	54
Tabla 16.....	56
Tabla 17.....	57
Tabla 18.....	57
Tabla 19.....	58
Tabla 20.....	61
Tabla 21.....	65
Tabla 22.....	66
Tabla 23.....	67
Tabla 24.....	69
Tabla 25.....	69
Tabla 26.....	73
Tabla 27.....	74
Tabla 28.....	74
Tabla 29.....	74
Tabla 30.....	74
Tabla 31.....	75
Tabla 32.....	75
Tabla 33.....	75
Tabla 34.....	76
Tabla 35.....	76
Tabla 36.....	82
Tabla 37.....	83

ÍNDICE DE IMAGENES

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1. Tema:.....	3

1.2. Planteamiento del Problema:.....	3
1.3. Formulación del Problema:	5
1.4. Objetivo General	5
1.5. Objetivos Específicos.....	5
1.6. Hipótesis.	5
1.7. Línea de Investigación Institucional / Facultad.	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Marco Teórico.	7
2.1.1. Antecedentes.	7
Figura 1	7
2.1.2. Evolución de la Gestión de Recursos Hídricos y Desafíos Urbanos.	8
Figura 2.....	9
Figura 3.....	10
2.1.3. Concepto y Principios del Enfoque Ciudad Esponja.	11
2.1.3. Experiencias Internacionales en Ciudades Esponjas.	12
Figura 4.....	13
Figura 5.....	14
2.1.4. Nacional y Regional.....	14
2.1.5. Implementación del Enfoque Ciudad Esponja en América Latina y España.....	15
2.1.6. Pavimento Absorbente a base de Polímeros.....	16
2.1.6.1. Tarmac.....	17
Figura 6.....	18
2.1.6.2. Topix Permeable.	18
Figura 7.....	19
2.1.6.3. Pavimento Absorbente en Ciudad de México.....	19
Figura 8.....	19
2.1.7. Techos Verdes sobre losas de Concreto Reforzado.....	20
2.1.7.1. Jardines Flotantes Botánicos de Singapur.....	20
Figura 9.....	20
2.1.7.2. Bosco Verticale Milan Italia.....	21
Figura 10.....	21
2.1.7.3. Ejemplos de Estructuras famosas e Innovadoras que utilizan la Tecnología de Techos Verdes.....	21

2.2. Marco Legal.....	22
2.2.1. Normativa General.	22
2.2.1.1. Sección primera: Agua y alimentación.	22
2.2.1.2. Sección segunda: Ambiente sano.	22
2.2.1.3. Sección sexta: Hábitat y vivienda.	22
2.2.1.4. Sección séptima: Salud.	22
2.2.1.5. Capítulo sexto: Derechos de libertad.	23
2.2.1.6. Capítulo séptimo: Derecho a la naturaleza.	23
2.2.1.7. Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales.	23
2.2.2. Título II: Recursos Hídricos.	24
2.2.2.1. Sección IV: Servicios Públicos.	25
CAPÍTULO III	27
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.1. Enfoque de la investigación.....	27
3.2. Alcance de la investigación.....	27
3.3. Técnicas e instrumentos para obtener los datos.....	28
3.3.1. Técnicas de Observación.	28
3.3.2. Trabajos de Campo.	28
3.3.3. Área de Estudio.	28
Figura 11.....	29
3.3.3. Descripción del sitio.	29
3.3.4. Localización.	29
Figura 12.....	30
3.3.5. Áreas Afectadas.	30
3.5.5.1. Puente Las Monjas.	30
Figura 13.....	31
Figura 14.....	32
3.5.5.2. Avenida Víctor Emilio Estrada.	32
Figura 15.....	32
3.5.5.3. Avenida Víctor Emilio Estrada y Laureles.	33
Figura 16.....	33
3.4. Población y muestras.....	34
3.4.1. Población.	34
3.4.2. Muestra.	34
3.4.3. Población futura.	34

3.4.3.1. Proyección de la Población.....	34
3.4.3.2 Método Lineal.....	35
3.4.3.3. Cálculo por Método Lineal.	35
3.4.3.5. Cálculo por Método Geométrico.	37
3.4.3.6. Cálculo por Método Wappaus.....	38
3.4.3.7. Proyección Final.	42
3.5. Cálculo de la intensidad máxima.	42
3.6. Precipitación Máxima Probable.....	46
3.6.1. Cálculo del factor de frecuencia, precipitaciones diarias máximas probables.	48
3.6.2. Cálculo de precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.	50
3.6.3. Cálculo de intensidades de lluvia a partir de Pd, según duración de precipitación y frecuencia de la misma.....	51
3.6.4. Cálculo de Periodo de retorno para T= 25 años	52
3.6.5. Curva IDF (Intensidad, Duración, Frecuencia).....	52
3.7. Diseño de red de alcantarillado pluvial.	53
3.7.1. Criterios de diseño.....	53
3.7.2. Hidrología.....	53
3.7.3. Diámetro de diseño.....	54
3.7.4. Velocidad.....	54
3.7.5. Especificaciones técnicas de tuberías.....	55
3.7.6. Pendiente.....	56
3.7.7. Rugosidad.	56
3.7.8. Pozos de revisión.	57
3.7.8.1. Cunetas y Sumideros.	58
3.7.9. Materiales.....	59
3.7.9.1. Tubería de PVC.	59
3.7.9.2. Tuberías de Hormigón.....	60
3.7.9.3. Tubos de Fibra de Vidrio.	60
3.7.9.4. Tubería de conexión.	61
3.7.9.4. Cemento.	61
3.7.9.5. Madera.....	62
3.7.9.6. Varillas de Acero.....	62
3.7.9.7. Grava.	63
3.7.9.8. Agua.....	63

3.8. Aspectos del caudal de diseño.....	64
3.8.1. Coeficiente de escorrentía o escurrimiento.....	65
3.8.2. Periodo de retorno.....	66
3.9. Cálculo de caudales de diseño.....	67
3.9.1. Cálculo de áreas y pendientes.....	67
3.9.1.1. Cálculo de áreas y pendientes por calle.	67
3.9.2. Cálculo de Caudales.....	69
3.9.3. Cálculo de una bomba hidráulica.....	70
3.9.3.1. Cálculo de Potencia en H.P. de una bomba hidráulica.....	70
CAPÍTULO IV	71
PROPUESTA.....	71
4.1. Presentación y análisis de resultados.....	71
4.1.1. Encuestas.....	71
4.1.2. Datos de Encuestas.....	73
4.2. Breve estudio de impacto ambiental.	76
4.2.1. Principales problemas en el área de estudio.....	76
4.2.1.1. Medio Climático.	77
4.2.1.2. Ruido.....	77
4.2.1.3. Calidad de aire.	78
4.2.2. Consideraciones importantes durante la construcción.....	79
4.2.2.1. Identificación de elementos del entorno e impacto durante la fase de	
operación y mantenimiento.	79
4.2.2.2. Acciones correspondientes durante la etapa de operación y	
mantenimiento.	79
4.3. Mantenimiento de la red de alcantarillado y estación de bombeo de agua.	80
4.3.1. Mantenimiento.....	80
4.3.1.1. Pozo de revisión.	80
4.3.1.2. Tramos de Tubería.....	80
4.3.2. Seguridad del personal de mantenimiento.	81
4.3.3. Tratamiento primario de cámara de captación de agua.....	82
4.3.3.2. Cloro.	82
4.4. Presupuesto.	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
Conclusiones.....	89
Recomendaciones.....	90
Bibliografía:	91

ANEXOS	94
Anexo 1.....	94
Anexo 2.....	98
Anexo 3.....	100
Anexo 4.....	102
Anexo 5.....	103
Anexo 6.....	104

ÍNDICE ANEXOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1.1. Tema:.....	3
1.2. Planteamiento del Problema:.....	3
1.3. Formulación del Problema:	5
1.4. Objetivo General.....	5
1.5. Objetivos Específicos.....	5
1.6. Hipótesis.	5
1.7. Línea de Investigación Institucional / Facultad.	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Marco Teórico.	7
2.1.1. Antecedentes.	7
Figura 1	7
2.1.2. Evolución de la Gestión de Recursos Hídricos y Desafíos Urbanos.	8
Figura 2.....	9
Figura 3.....	10
2.1.3. Concepto y Principios del Enfoque Ciudad Esponja.	11
2.1.3. Experiencias Internacionales en Ciudades Esponjas.	12
Figura 4.....	13
Figura 5.....	14
2.1.4. Nacional y Regional.	14
2.1.5. Implementación del Enfoque Ciudad Esponja en América Latina y España.	15

2.1.6. Pavimento Absorbente a base de Polímeros.	16
2.1.6.1. Tarmac.	17
Figura 6.....	18
2.1.6.2. Topix Permeable.	18
Figura 7.....	19
2.1.6.3. Pavimento Absorbente en Ciudad de México.	19
Figura 8.....	19
2.1.7. Techos Verdes sobre losas de Concreto Reforzado.	20
2.1.7.1. Jardines Flotantes Botánicos de Singapur.	20
Figura 9.....	20
2.1.7.2. Bosco Verticale Milan Italia.	21
Figura 10.....	21
2.1.7.3. Ejemplos de Estructuras famosas e Innovadoras que utilizan la Tecnología de Techos Verdes.	21
2.2. Marco Legal.....	22
2.2.1. Normativa General.	22
2.2.1.1. Sección primera: Agua y alimentación.	22
2.2.1.2. Sección segunda: Ambiente sano.	22
2.2.1.3. Sección sexta: Hábitat y vivienda.	22
2.2.1.4. Sección séptima: Salud.	22
2.2.1.5. Capítulo sexto: Derechos de libertad.	23
2.2.1.6. Capítulo séptimo: Derecho a la naturaleza.	23
2.2.1.7. Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales.	23
2.2.2. Título II: Recursos Hídricos.	24
2.2.2.1. Sección IV: Servicios Públicos.	25
CAPÍTULO III	27
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.1. Enfoque de la investigación.....	27
3.2. Alcance de la investigación.....	27
3.3. Técnicas e instrumentos para obtener los datos.....	28
3.3.1. Técnicas de Observación.	28
3.3.2. Trabajos de Campo.	28
3.3.3. Área de Estudio.	28
Figura 11.....	29
3.3.3. Descripción del sitio.	29

3.3.4. Localización.	29
Figura 12.....	30
3.3.5. Áreas Afectadas.	30
3.5.5.1. Puente Las Monjas.	30
Figura 13.....	31
Figura 14.....	32
3.5.5.2. Avenida Víctor Emilio Estrada.	32
Figura 15.....	32
3.5.5.3. Avenida Víctor Emilio Estrada y Laureles.	33
Figura 16.....	33
3.4. Población y muestras.....	34
3.4.1. Población.	34
3.4.2. Muestra.	34
3.4.3. Población futura.	34
3.4.3.1. Proyección de la Población.	34
3.4.3.2 Método Lineal.	35
3.4.3.3. Cálculo por Método Lineal.	35
3.4.3.5. Cálculo por Método Geométrico.	37
3.4.3.6. Cálculo por Método Wappaus.	38
3.4.3.7. Proyección Final.	42
3.5. Cálculo de la intensidad máxima.	42
3.6. Precipitación Máxima Probable.....	46
3.6.1. Cálculo del factor de frecuencia, precipitaciones diarias máximas probables.	48
3.6.2. Cálculo de precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.	50
3.6.3. Cálculo de intensidades de lluvia a partir de Pd, según duración de precipitación y frecuencia de la misma.	51
3.6.4. Cálculo de Periodo de retorno para T= 25 años	52
3.6.5. Curva IDF (Intensidad, Duración, Frecuencia)	52
3.7. Diseño de red de alcantarillado pluvial.	53
3.7.1. Criterios de diseño.	53
3.7.2. Hidrología.	53
3.7.3. Diámetro de diseño.	54
3.7.4. Velocidad.	54
3.7.5. Especificaciones técnicas de tuberías.	55

3.7.6. Pendiente.....	56
3.7.7. Rugosidad.....	56
3.7.8. Pozos de revisión.....	57
3.7.8.1. Cunetas y Sumideros.....	58
3.7.9. Materiales.....	59
3.7.9.1. Tubería de PVC.....	59
3.7.9.2. Tuberías de Hormigón.....	60
3.7.9.3. Tubos de Fibra de Vidrio.....	60
3.7.9.4. Tubería de conexión.....	61
3.7.9.4. Cemento.....	61
3.7.9.5. Madera.....	62
3.7.9.6. Varillas de Acero.....	62
3.7.9.7. Grava.....	63
3.7.9.8. Agua.....	63
3.8. Aspectos del caudal de diseño.....	64
3.8.1. Coeficiente de escorrentía o escurrimiento.....	65
3.8.2. Periodo de retorno.....	66
3.9. Cálculo de caudales de diseño.....	67
3.9.1. Cálculo de áreas y pendientes.....	67
3.9.1.1. Cálculo de áreas y pendientes por calle.....	67
3.9.2. Cálculo de Caudales.....	69
3.9.3. Cálculo de una bomba hidráulica.....	70
3.9.3.1. Cálculo de Potencia en H.P. de una bomba hidráulica.....	70
CAPÍTULO IV	71
PROPUESTA	71
4.1. Presentación y análisis de resultados.....	71
4.1.1. Encuestas.....	71
4.1.2. Datos de Encuestas.....	73
4.2. Breve estudio de impacto ambiental.....	76
4.2.1. Principales problemas en el área de estudio.....	76
4.2.1.1. Medio Climático.....	77
4.2.1.2. Ruido.....	77
4.2.1.3. Calidad de aire.....	78
4.2.2. Consideraciones importantes durante la construcción.....	79
4.2.2.1. Identificación de elementos del entorno e impacto durante la fase de operación y mantenimiento.....	79

4.2.2.2. Acciones correspondientes durante la etapa de operación y mantenimiento.	79
4.3. Mantenimiento de la red de alcantarillado y estación de bombeo de agua.	80
4.3.1. Mantenimiento.	80
4.3.1.1. Pozo de revisión.	80
4.3.1.2. Tramos de Tubería.	80
4.3.2. Seguridad del personal de mantenimiento.	81
4.3.3. Tratamiento primario de cámara de captación de agua.	82
4.3.3.2. Cloro.	82
4.4. Presupuesto.	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	89
Conclusiones.	89
Recomendaciones.	90
Bibliografía:	91
ANEXOS.	94
Anexo 1	94
Anexo 2	98
Anexo 3	100
Anexo 4	102
Anexo 5	103
Anexo 6	104

INTRODUCCIÓN

En el contexto específico de Ecuador, con un enfoque preciso en ciudadela Urdesa Central, ubicada en la provincia del Guayas, se enfrenta a desafíos considerables debido a los elevados costos asociados con la construcción, operación y mantenimiento de infraestructuras sanitarias.

La creciente urbanización y los cambios climáticos han dado lugar a desafíos significativos en la gestión del agua en áreas urbanas. En este contexto, surge la propuesta de una ciudad esponja, un enfoque integral que busca abordar la gestión sostenible del agua y la reducción de inundaciones. Esta tesis se enfocará en la aplicación del concepto de ciudad esponja en la ciudadela Urdesa Central, ubicada en Guayaquil, Ecuador, con el objetivo de implementar un sistema de alcantarillado pluvial eficiente, que incluye una estación de bombeo y captación de agua. La ciudadela Urdesa Central enfrenta desafíos durante las precipitaciones intensas, especialmente con el desbordamiento del estero salado. Las inundaciones recurrentes afectan la vida cotidiana de los residentes y plantean preocupaciones medioambientales significativas. Ante esta problemática, la propuesta de una ciudad esponja se presenta como una solución innovadora y sostenible que no solo aborda las inundaciones urbanas, sino que también integra la captación y gestión eficiente del agua pluvial.

El diseño del sistema de alcantarillado pluvial se centrará en la eficiencia y la capacidad de respuesta a situaciones de lluvias excesivas. La estación de bombeo desempeñará un papel crucial al garantizar el manejo adecuado de los caudales pluviales y evitar el desbordamiento del estero salado. La captación de agua pluvial no solo reducirá la presión sobre el sistema de alcantarillado, sino que también proporcionará una fuente alternativa de agua que puede aprovecharse en actividades no potables, como riego de áreas verdes y otros usos no domésticos.

El proyecto no solo se enfocará en la eficiencia hidráulica, sino que también abordará las preocupaciones medioambientales asociadas al estero salado. La gestión sostenible del agua implica no solo controlar las inundaciones urbanas sino también preservar la calidad del agua en los cuerpos receptores como el estero salado. La implementación de prácticas de gestión de aguas pluviales ayudará a reducir la escorrentía contaminada y a mejorar la calidad del agua en

el estero, contribuyendo así a la preservación de los ecosistemas acuáticos locales.

En términos de impacto social, la aplicación del enfoque de ciudad esponja en Urdesa Central mejorará la calidad de vida de los residentes al reducir los riesgos de inundaciones y ofrecer un entorno urbano más resiliente. Además, la preocupación medioambiental inherente al proyecto promoverá una mayor conciencia sobre la importancia de la gestión sostenible del agua y la preservación de los recursos naturales locales.

CAPÍTULO I

1.1. Tema:

Aplicación del enfoque ciudad esponja para la gestión sostenible del agua y la reducción de inundaciones en Urdesa-Guayaquil.

1.2. Planteamiento del Problema:

Guayaquil es la ciudad costera más poblada del Ecuador, con cerca de 2.7 millones de personas y otras 10 mil personas extranjeras. Debido al cambio climático y fenómenos naturales la ciudad está en un constante clima tropical que va de los 35 grados a 25 grados, se estima que la ciudad tiene niveles de precipitación elevados, para lo cual es importante realizar un monitoreo y llevar un control de las inundaciones.

“La definición básica de ciudad esponja es la gestión eficaz de las aguas pluviales en condiciones difíciles, como lluvias torrenciales que colapsan el sistema de alcantarillado. Cuando los desbordamientos del alcantarillado inundan la zona y transforman las calles en canales, comienza el programa Ciudad Esponja” **Fuente especificada no válida.**

El problema por el cual se presentan con frecuencia las inundaciones en el sector de Urdesa, ciudad de Guayaquil puede deberse a varios factores, principalmente su topografía ya que se encuentra en una zona rodeada de ríos, manglares y por su salida al mar. Está ubicada a una altitud media de 21 metros, una altitud mínima de menos 6 metros y una altitud máxima de 196 metros sobre el nivel del mar. Esta topografía plana dificulta el flujo natural del agua hacia el mar, especialmente durante las épocas de lluvias intensas.

La falta de pendiente pronunciada en el terreno dificulta el drenaje adecuado del agua, producto de las lluvias, ya que no hay una inclinación significativa que ayude a que el agua fluya fuera de la ciudad. En lugar de eso, el agua tiende a acumularse en áreas bajas y zonas de menor altitud. Otro aspecto al cual se lo puede relacionar es la infraestructura del drenaje insuficiente, el drenaje de Guayaquil específicamente de Urdesa no ha sido suficientemente desarrollado para hacer frente a las intensas lluvias y al crecimiento urbano acelerado de la ciudad. Los canales y alcantarillas existentes pueden resultar insuficientes para manejar grandes volúmenes de agua en períodos cortos de tiempo como se ha demostrado en los últimos años.

Existe un crecimiento exponencial de urbanizaciones, lo cual ha generado una demanda mayor a la de diseño, por ser una zona baja, el drenaje natural ha sido ocupado como consecuencia del crecimiento urbano no bien. Las construcciones realizadas al azar en estas regiones limitan el movimiento del agua y contribuyen a que se acumule durante las intensas precipitaciones. En presencia de una mala planificación también viene como consecuencia una falta de mantenimiento, la acumulación de sedimentos, desechos y escombros, los mismos que pueden obstruir los canales y alcantarillas, lo que agrava el problema mucho más.

Una de las principales deficiencias en la crecida de las regeneraciones urbanas de la ciudad de Guayaquil ha sido la falta de planificación integral. En muchos casos, los proyectos de regeneración se han centrado en aspectos específicos, como la renovación de edificios o la creación de espacios públicos, sin considerar una visión global del desarrollo urbano. Esto ha llevado a la falta de coherencia y continuidad en la transformación de la ciudad.

Además, la falta de participación ciudadana y el escaso involucramiento de la comunidad en los procesos de regeneración urbana ha sido otro punto a considerar. La participación activa de los ciudadanos es fundamental para asegurar que los proyectos de regeneración se ajusten a las necesidades y aspiraciones de la población, así como para fomentar un sentido de pertenencia y apropiación de los espacios regenerados.

Debido a todo lo antes mencionado podemos indicar que las inundaciones tienen un impacto significativo como los daños materiales en las propiedades, infraestructuras y bienes de los ciudadanos. La intrusión del agua puede dañar y destruir propiedades en viviendas, locales comerciales y vías públicas. Esto puede requerir costosos trabajos de reconstrucción y reparación.

Las inundaciones afectan por igual tanto a establecimientos grandes como pequeños, desde hospitales hasta centros que brindan atención primaria de salud; “El mosquito *Anopheles*, portador del paludismo, sólo vive unas semanas. Debido a las temperaturas más cálidas, los parásitos pueden desarrollarse a tiempo para que los mosquitos propaguen la infección” (Martinez, 2022). La salud de la población puede verse afectada negativamente por las inundaciones. El agua estancada puede servir de refugio a mosquitos que propagan enfermedades como el dengue y el zika.

Cabe indicar que, la gestión de los recursos hídricos y la prevención de las inundaciones son problemas importantes que Guayaquil debe superar. A la luz de la topografía de la ciudad, el inadecuado sistema de drenaje, la expansión urbana y la falta de planificación integral, el método de la ciudad esponja se presenta como una solución viable a estos problemas. La metodología busca disminuir los efectos negativos de las inundaciones en la ciudad y fomentar una gestión del agua más eficaz y resistente mediante la creación de técnicas sostenibles y eficaces.

1.3. Formulación del Problema:

¿Como la propuesta de un enfoque "Ciudad Esponja" pueden contribuir a la gestión sostenible del agua y la reducción de inundaciones en Urdesa-Guayaquil?

1.4. Objetivo General

Proponer estrategias efectivas de gestión sostenible del agua y reducción de inundaciones mediante la aplicación del enfoque ciudad esponja en Urdesa-Guayaquil.

1.5. Objetivos Específicos

- Recopilar factores topográficos, calidad de redes de drenaje y alcantarillado.
- Determinar la intensidad de lluvia, abastecimiento de estructuras de contención y calidad de construcción.
- Desarrollar medidas de mitigación y propuesta de adaptación para reducir la vulnerabilidad existente.

1.6. Hipótesis.

La aplicación del enfoque ciudad esponja en Urdesa-Guayaquil permitirá desarrollar estrategias y medidas efectivas para gestionar de manera sostenible el agua y reducir el impacto de las inundaciones en la zona. Este enfoque busca transformar la ciudad en una "esponja" capaz de absorber, retener y utilizar el agua de manera eficiente, minimizando así los riesgos de inundación y promoviendo la sustentabilidad ambiental. A través de la adopción de prácticas como el manejo adecuado de las cuencas hidrográficas, la aplicación de sistemas de drenaje sostenibles y la promoción de espacios verdes y

permeables, se busca mejorar la resiliencia de la ciudad frente a eventos extremos de lluvia y garantizar un uso responsable del recurso hídrico. En este sentido, la aplicación del enfoque ciudad esponja en Urdesa-Guayaquil representa una solución integral y sostenible para enfrentar los desafíos asociados a las inundaciones y avanzar hacia una gestión del agua más eficiente y resiliente en beneficio de la comunidad y el medio ambiente.

1.7. Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Dominio. - Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.

Línea Institucional. - Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

Sub-línea de investigación. - Recursos Hídricos.

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 2023

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Teórico.

2.1.1. Antecedentes.

Entre los puntos críticos del diseño urbano moderno figuran la mitigación de las inundaciones y la gestión sostenible del agua. La estrategia de la ciudad esponja, fomenta la transformación de las ciudades en sistemas robustos y eficientes en el uso del agua, surge como una respuesta creativa a estos puntos.

Una ciudad esponja es una estrategia de diseño urbano que entra en la categoría de adaptación climática y que trata de fundir las zonas urbanas con el entorno del que dependen. “La idea de una ciudad esponja es relativamente nueva en China, pero se impuso rápidamente. Esto es atribuible, al menos en parte, al rápido crecimiento reciente de la nación, que alteró drásticamente el medio ambiente” (Jenkins, 2020).

Figura 1

Representación gráfica de la ciudad esponja



Fuente: (Jenkins, 2020)

Los fenómenos meteorológicos extremos, incluidas las lluvias torrenciales, las inundaciones, las olas de calor y otros fenómenos similares, están provocados directamente por el calentamiento global, junto con la subida del nivel del mar, el cambio climático y los cambios en la circulación del aire. Por lo general (Yuquilema, 2021):

Las prácticas tradicionales de gestión del agua, como las del embalse de Yanarumi, pueden considerarse un medio de mitigar los efectos del cambio climático en regiones con grave escasez de agua, así como una forma de preservar las normas sociales y culturales de las comunidades andinas de Ecuador. como un medio de preservar las características culturales y sociales de las comunidades andinas de Ecuador.

Las inundaciones son crecidas incontroladas y excesivas que pueden ser causadas por la naturaleza o por las personas. Las lluvias torrenciales, los desbordamientos de ríos, los tsunamis, las mareas de tempestad, las rupturas de diques o defensas costeras, entre otras cosas, pueden ser las causales. Las inundaciones pueden tener efectos perjudiciales para la salud y la seguridad de las personas, así como daños a la propiedad, las infraestructuras y la agricultura (Secretaría de Gestión de riesgos, 2018):

Las inundaciones en Ecuador son un problema complejo que afecta a los sistemas hidrológico, oceánico y meteorológico. Por ejemplo, las corrientes marinas del Pacífico oriental, el debilitamiento de los vientos alisios, el aumento de la evaporación provocado por las altas temperaturas y el impacto orográfico de los Andes, que causan precipitaciones severas y persistentes.

En China, Shenzhen fue pionera en poner en práctica la idea de ciudad esponja. La expresión "ciudad esponja" describe un método de diseño urbano y gestión del agua destinado a resolver los problemas causados por el cambio climático, la urbanización y la falta de recursos hídricos.

El objetivo es convertir la ciudad en una esponja capaz de absorber, retener y utilizar el agua de forma sostenible, reduciendo el peligro de inundaciones y mejorando la calidad del medio ambiente. "Al año siguiente se pusieron en marcha 16 iniciativas de ciudades esponja, y 14 más en 2016.

2.1.2. Evolución de la Gestión de Recursos Hídricos y Desafíos Urbanos.

La gestión de los recursos hídricos en Urdesa ha pasado por muchas etapas a lo largo del tiempo. La prioridad inicial era construir las infraestructuras

necesarias para gestionar el saneamiento y suministrar agua potable. Sin embargo, a medida que la población crecía y las ciudades se poblaron, surgieron problemas adicionales como la contaminación del agua, la gestión de las inundaciones y la falta de abastecimiento de agua. Todo ello ha aumentado la demanda de soluciones más globales y a largo plazo para estas cuestiones.

Sin embargo, en la dificultad de las inundaciones en Guayaquil también influyen fundamentalmente factores humanos. Se han construido edificios, carreteras y aceras como consecuencia del rápido desarrollo y expansión de la ciudad, lo que ha disminuido la capacidad del suelo para absorber el agua. “Debido a la marea alta y al desbordamiento de las aguas servidas en lugares cercanos al Malecón y al estero Salado la noche del martes, las calles de Guayaquil vieron inundaciones, aunque afuera no lloviera” (Ecuavisa, 2023).

Figura 2
Inundaciones en Urdesa Norte



Fuente: (Ecuavisa, 2023)

El método de control del suministro de agua en las zonas urbanas ha cambiado con el tiempo. Mejorar el acceso al agua potable y a unos aseos funcionales ha sido una prioridad desde los primeros asentamientos humanos. A medida que las ciudades se extendían, empezaron a aparecer problemas como la contaminación del agua y las infraestructuras inadecuadas.

En respuesta a estos problemas se establecieron soluciones más profundas y duraderas, teniendo en cuenta el control de las inundaciones, la conservación del agua y el creciente reconocimiento de la importancia de este recurso para el crecimiento urbano. En esta sección se establecerán los

fundamentos teóricos de la gestión de los recursos hídricos en entornos urbanos y se destacarán los principales logros, problemas y soluciones que se han ido proponiendo a lo largo del tiempo. “La civilización romana promovió el desarrollo de ciudades y creó sofisticados sistemas de recogida, transporte y uso del agua, con la promoción de servicios públicos utilitarios como principio fundamental” (Zarza, 2017).

La urbanización afecta considerablemente al abastecimiento de agua. Tanto la demanda de agua potable como la generación de aguas residuales aumentan con la rápida urbanización, ejerciendo presión sobre las infraestructuras de abastecimiento de agua y saneamiento, así como sobre los ecosistemas acuáticos regionales. Además, el crecimiento urbano provoca la destrucción de espacios verdes naturales y la impermeabilización del suelo, creando problemas de escorrentía y aumentando el peligro de inundaciones.

Figura 3
Aguas Fluviales



Fuente: (Zarza, 2017)

Las aguas fluviales, nacen en ríos y arroyos, siempre han sido esenciales para el progreso humano. Han servido como fuentes de electricidad, transporte e irrigación para la agricultura. Sin embargo, la urbanización y el aumento de la población han provocado problemas en la gestión de estos ríos, como la contaminación, la alteración de los ecosistemas fluviales y el riesgo de inundaciones.

2.1.3. Concepto y Principios del Enfoque Ciudad Esponja.

La expresión "ciudad esponja" hace referencia a una estrategia urbanística de raíces chinas que se basa en el uso de técnicas orgánicas de control de las aguas pluviales. Esta estrategia se centra en prevenir las inundaciones y reducir el daño que el desarrollo urbano causa a los sistemas ecológicos e hidrológicos. Su objetivo es mejorar la calidad de vida en los entornos urbanos aumentando al mismo tiempo la capacidad de absorción, retención, almacenamiento, depuración y evacuación del agua. Para tener un claro ejemplo (Eukliadiadas, 2022):

Una ciudad esponja es un diseño urbano capaz de hacer frente a inundaciones, monzones y otras manifestaciones acuáticas mediante la creación de sistemas de drenaje o zonas inundables que impiden que el agua se acumule en el pavimento impermeable.

El enfoque de la Ciudad Esponja es un método de diseño urbano que pretende resolver los problemas asociados a la gestión del agua en entornos urbanos, sobre todo ante el cambio climático y la amenaza de inundaciones. Aunque este método se creó en China, las ciudades latinoamericanas pueden modificarlo y utilizar sus ideas para aumentar la sostenibilidad del agua y disminuir los efectos de las inundaciones. He aquí algunos principios del enfoque de Ciudad Esponja que pueden aplicarse a una ciudad de América Latina:

1. Infraestructura de manejo de aguas pluviales naturales: La estrategia de Ciudad Esponja incorpora prácticas naturales de gestión de las aguas pluviales en entornos metropolitanos, como humedales y zonas verdes, adecuadas para las ciudades latinas, y restaura los ecosistemas acuáticos vecinos para minimizar la escorrentía.
2. Infiltración y Almacenamiento de Agua: La idea se centra en la necesidad de permitir que el agua se filtre en la tierra y se almacena en parques y otras zonas abiertas. Esto puede implicar la instalación de tejados verdes, jardines de lluvia o parques permeables en una ciudad de la zona para ayudar a retener y absorber el agua de lluvia.

3. Gestión de una cuenca integrada: La gestión integrada de cuencas hidrográficas podrían ser utilizadas por una ciudad de América Latina para coordinar la gestión del agua en toda la cuenca y hacer frente a los problemas de las inundaciones y la escasez de agua. Para que la gestión de los recursos hídricos sea más eficaz, será necesaria la colaboración entre los distintos organismos y grupos de la cuenca.
4. Planificación y diseño para la resiliencia: La Ciudad Esponja fomenta la planificación urbana y la construcción resistente a las inundaciones. En una ciudad de América Latina, esto puede implicar una zonificación adecuada para impedir la construcción en regiones inundables y diseñar corredores de inundación.
5. Participación de la comunidad: La estrategia hace especial hincapié en la participación activa de la comunidad. En una ciudad latinoamericana puede hacerse hincapié en fomentar métodos de conservación, enseñar a la población la gestión sostenible del agua e incorporar los conocimientos indígenas al desarrollo urbano.

2.1.3. Experiencias Internacionales en Ciudades Esponjas.

La absorción y retención del agua son componentes cruciales del concepto de Ciudad Esponja para resolver los problemas de las inundaciones y la gestión del agua en los entornos urbanos. El objetivo básico es convertir los entornos urbanos en esponjas capaces de absorber y retener las precipitaciones, en lugar de limitarse a acumularlas y causar problemas. De igual manera “Al controlar las aguas pluviales en su origen, la gestión sostenible de las aguas pluviales trata de limitar el número de superficies impermeables, lo que contribuye a disminuir los efectos de la urbanización en la hidrología local” (Congreso Nacional del Medio Ambiente 2018 , 2018).

Figura 4
Infraestructura Azul-Verde



Fuente: (Ballatyne, 2021)

Para gestionar con éxito los problemas relacionados con el agua en los entornos urbanos, una estrategia de Ciudad Esponja debe emplear la Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas. Esta estrategia sugiere una gestión planificada y coordinada de todos los recursos hídricos de una cuenca teniendo en cuenta factores sociales, económicos y medioambientales.

Aplicar medidas que faciliten la captación, el almacenamiento y el uso eficaz del agua en toda la cuenca es lo que incluye la gestión integrada de cuencas en una ciudad esponja. Esto incluye actividades como preservar los espacios verdes, salvaguardar los hábitats acuáticos, fomentar la penetración natural del agua en el suelo e implantar tecnologías y prácticas sostenibles.

La gestión integrada de cuencas en una ciudad esponja también promueve la participación activa de la comunidad en la toma de decisiones y la ejecución de medidas relacionadas con el agua.

Shenzhen, conocida como la primera ciudad esponja de China, es un ejemplo de creatividad y sostenibilidad en el uso de los recursos hídricos. Shenzhen, situada en la provincia de Guangdong, en la costa meridional de China, ha utilizado soluciones innovadoras para hacer frente a las inundaciones y los problemas de gestión del agua. Sobre China (XUE, 2020):

Las precipitaciones interanuales varían significativamente en diversas partes de China; las zonas con más precipitaciones experimentan menos cambios, mientras que las menos lluviosas experimentan mayores

cambios. El cambio es mínimo en la costa debido a las fuertes precipitaciones, pero es significativo en el interior debido a las escasas precipitaciones.

Figura 5

Suburbio Ciudad Esponja Guanming Son



Fuente: (Jenkins, 2020)

2.1.4. Nacional y Regional.

Ecuador es un país que se ha enfrentado a varios retos en materia de desarrollo urbano. Aunque no puedo aportar datos concretos sobre la ausencia de iniciativas o proyectos de ciudades satélite en Ecuador, hay algunas razones por las que podría ser así.

Algunas posibles razones incluyen:

1. **Falta de Conciencia y Educación:** La falta de proyectos en Ecuador puede deberse a la falta de concienciación y comprensión del método Ciudad Esponja y sus ventajas. Es menos probable que se promueva y se ponga en práctica si las autoridades, las comunidades y otras partes interesadas clave no están familiarizadas con él.
2. **Limitaciones Financieras:** Las propuestas de Ciudad Esponja podrían requerir grandes gastos en infraestructuras, tecnología y planificación. Estos proyectos podrían no llevarse a cabo si los recursos de financiación son escasos o se desvían a otras prioridades.

3. **Capacidad Técnica:** Las iniciativas requieren conocimientos técnicos en campos como la hidrología, la planificación urbana y la gestión del agua para su diseño y ejecución. La ejecución eficaz de los proyectos puede ser un reto debido a la falta de conocimientos en determinadas áreas.
4. **Falta de Marco Normativo:** Es posible que no haya leyes especiales ni iniciativas gubernamentales que promuevan el uso de los métodos de Ciudad Esponja. La ausencia de un marco normativo definido puede disuadir a los interesados de iniciar proyectos de esta naturaleza.
5. **Intereses y Prioridades Diversas:** Numerosas partes, incluidos gobiernos locales, corporaciones y comunidades, participan en el proceso de toma de decisiones sobre planificación urbana y gestión del agua. Las iniciativas de Ciudad Esponja podrían retrasarse si hay otros asuntos más urgentes en el calendario.

2.1.5. Implementación del Enfoque Ciudad Esponja en América Latina y España.

La estrategia de la ciudad esponja ha ido ganando adeptos en América Latina, donde muchas comunidades se inundan con frecuencia como consecuencia de las fuertes lluvias y de unas infraestructuras inadecuadas. Con esta estrategia, la ciudad podrá recoger, almacenar y filtrar las precipitaciones de forma sostenible imitando el funcionamiento de una esponja.

México.

“En las regiones kársticas de México se han construido ciudades con métodos y materiales que no se corresponden con el funcionamiento de la dinámica de la filtración del agua la dinámica de la filtración del agua en acción” (Ibarra-Madrigal et al., 2022).

España.

Uno de los principales objetivos (Qianhui, 2019):

El objetivo general de este trabajo es investigar los fenómenos meteorológicos extremos que se han producido a lo largo de la costa mediterránea española en las últimas décadas, analizar sus causas, evaluar sus efectos y sugerir una planificación multiescala de la

adaptación al clima extremo de la costa mediterránea española a varias escalas basada en la idea de una "Ciudad Esponja" para el Mediterráneo español.

Algo que se puede destacar en el estudio de este ensayo es el modelo climatológico geográfico para la evaluación de zonas de riesgos costeros:

$$[CRI - MED] = CH' * CV' * CE'$$

Donde CH significa Peligros Costeros, CV Vulnerabilidad Costera y CE Exposición Costera, los subíndices costeros normalizados ponderados son CH', CV' y CE'. Coastal Risk Index (CRI MED).

Colombia.

“El diseño de una intervención urbana se hará en dos etapas: una propuesta macro a nivel de esquema, donde se visualiza la propuesta de espacio público conectado a nivel local como parte del diseño de un sistema de mitigación de inundaciones de escala urbana; y la propuesta urbana enfocada en el diseño de un malecón, que le dará a la comunidad de Puerto Boyacá un espacio que refleje identidad, economía, turismo, y lo más importante, que sea un espacio resiliente a las inundaciones a través del diseño urbano de un malecón” (Jaramillo, 2022).

Argentina.

“La isla argentina de "La Herradura", en el río Limay, está experimentando un proceso de urbanización que conlleva el establecimiento de infraestructuras y población en lugares propensos a las inundaciones. En el presente trabajo se investigó la variabilidad hidrográfica del río y la evolución espacio-temporal de la dinámica social y ambiental de la isla entre 1960 y 2020, utilizando principalmente datos demográficos, hidrográficos y de teledetección, entre otras fuentes” (Groch & Cogliati, 2022).

2.1.6. Pavimento Absorbente a base de Polímeros.

“Una vida útil más larga y una resistencia excepcional al tráfico intenso son dos de las ventajas del pavimento rígido. El pavimento de hormigón hidráulico es más fácil de obtener que el asfalto y presenta grandes ventajas en

términos de longevidad” (Alvarez, 2023). Una forma ingeniosa de reducir los problemas de inundaciones y el exceso de agua en las vías públicas es el pavimento absorbente.

El pavimento absorbente fabricado con polímeros es una forma creativa y eficaz de controlar el agua en las vías públicas. Dado que la composición de este tipo de pavimento contiene polímeros específicos, posee cualidades permeables y absorbentes. El pavimento absorbente a base de polímeros reduce el peligro de acumulación de aguas superficiales y ayuda a evitar inundaciones al absorber las precipitaciones. Además, dejar que el agua se hunda de forma natural en el subsuelo ayuda a rellenar los acuíferos y mantiene limpias las masas de agua vecinas al evitar la escorrentía. En conclusión, el pavimento absorbente hecho de polímeros es una forma viable y eficaz de gestionar adecuadamente el agua en las vías públicas.

Gracias a la capa permeable de este tipo de pavimento, las precipitaciones pueden drenar y no se acumulan en la superficie. El pavimento absorbente mejora la seguridad vial al reducir la probabilidad de derrapes y formación de charcos gracias a su capacidad de absorción. Además, este tipo de pavimento ayuda a la filtración de las precipitaciones, eliminando contaminantes y mejorando la calidad del agua que se filtra al subsuelo. En resumen, el pavimento absorbente es una forma rentable y a largo plazo de gestionar adecuadamente el agua en las vías públicas.

2.1.6.1. Tarmac.

Uno de los principales productores de hormigón permeable, una alternativa de pavimentación inventiva y respetuosa con el medio ambiente, es Tarmac. Gracias a su dedicación a la sostenibilidad y la alta calidad, Tarmac ha desarrollado tecnologías de vanguardia que permiten crear hormigón poroso que drena eficazmente las precipitaciones. Además de reducir la posibilidad de inundaciones y la acumulación de agua en las superficies, este método protege el medio ambiente al dejar que el agua se hunda de forma natural en el subsuelo, reduciendo la escorrentía y la contaminación de las masas de agua vecinas. Tarmac es una opción fiable y líder del sector en soluciones de pavimentación permeable gracias a su experiencia y dedicación a la innovación.

Figura 6

Demostración de Hormigón Absorbente



Fuente: (Tarmac, 2018)

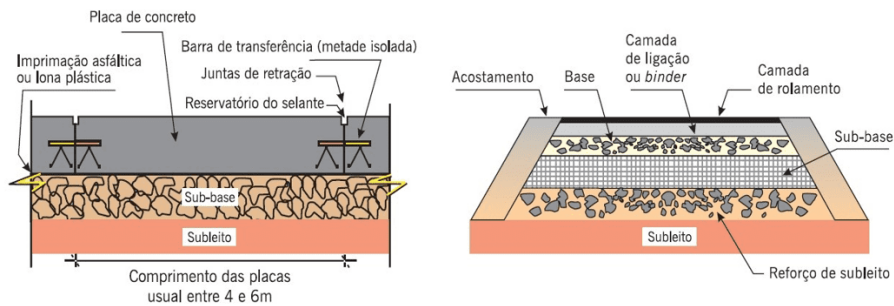
2.1.6.2. Topix Permeable.

“Una empresa británica llamada Topix Permeable ha creado un pavimento absorbente que ofrece el máximo nivel de seguridad durante las lluvias torrenciales. Puede eliminar hasta 4.000 litros de agua en un minuto y evita que se formen enormes charcos” (Structuralia Blog, n.d.) La capa superior de este pavimento absorbente es porosa y permeable, lo que permite que el agua se filtre rápidamente y llegue a la tierra. Los componentes de drenaje se sitúan en un nivel intermedio.

Aunque este pavimento permeable existe desde hace 60 años, lo que lo hace tan inusual es que puede soportar el tráfico de vehículos. Gracias a la superficie de este pavimento, que impide que el agua se acumule en la calzada y reduce los accidentes causados por la pérdida de tracción, o aquaplaning, muchas ciudades pueden evitar los frecuentes y costosos proyectos de drenaje y limpieza a los que se enfrentan. Además, la seguridad vial puede aumentar considerablemente.

Además, podría disminuir el sobrecalentamiento del asfalto en verano, y el filtrado del agua favorece la regeneración de los acuíferos. Sin embargo, si el agua filtrada se congela en climas muy fríos, este pavimento puede causar problemas.

Figura 7
Patologías del Asfalto



Fuente: (Sales, 2020)

2.1.6.3. Pavimento Absorbente en Ciudad de México.

“La Ciudad de México será testigo de una de las temporadas de lluvias más intensas de la historia, se prevé que rebasen los 50 milímetros, en diversas partes de la capital” (PensemVerdeMX, 2018). Esto provocará inundaciones generalizadas en toda la Zona Metropolitana y el Valle de México, causando daños a las redes de transporte público de la CDMX, entre otras cosas.

Es bien sabido que la cantidad de basura en las calles de la ciudad se ha convertido en un elemento decisivo en el desarrollo de charcos e inundaciones. Debido a que obstruye alcantarillas y desagües, la basura en las calles es culpable, al menos en parte, de la mitad de las inundaciones de la capital. Para una sana convivencia entre el hombre y la naturaleza, es necesario sustituir más superficies impermeables por otras permeables en un mundo de ciudades en expansión, vastas avenidas y autopistas interminables.

Figura 8
Capacidad de Absorción del agua



Fuente: (PensemVerdeMX, 2018)

2.1.7. Techos Verdes sobre losas de Concreto Reforzado.

Estos techos consisten en la instalación de una capa de vegetación en la parte superior de los edificios, lo que ayuda a reducir la temperatura en las zonas urbanas, mejorar la calidad del aire y promover la biodiversidad. “Un sistema de cubierta verde se compone de vegetación urbana a la que se da un tratamiento tecnológico individual o colectivo sobre superficies construidas horizontalmente o con cierto grado de inclinación” (Sánchez et al., 2021).

Uno de los datos relevantes sobre los techos verdes en losas de hormigón es que pueden ayudar a reducir el efecto de isla de calor urbano. La capa de vegetación actúa como un aislante térmico, absorbiendo el calor y evitando que se transmita al interior del edificio. Esto no solo crea un ambiente más cómodo para los residentes, sino que también reduce la necesidad de utilizar sistemas de aire acondicionado, lo que se traduce en un ahorro energético significativo.

2.1.7.1. Jardines Flotantes Botánicos de Singapur.

Un ejemplo importante de techos verdes en losas de hormigón es el proyecto "Jardín Flotante" en Singapur. Este parque urbano se encuentra en la parte superior de un centro comercial y cuenta con una amplia variedad de plantas y árboles. Además de proporcionar un espacio verde para la comunidad, el Jardín Flotante también actúa como un filtro natural, purificando el aire y capturando las aguas pluviales para su reutilización.

Figura 9
Jardines Flotantes Singapur



Fuente: (PensemVerdeMX, 2018)

2.1.7.2. Bosco Verticale Milan Italia.

Este complejo residencial consta de dos torres cubiertas de árboles y plantas en cada balcón. Además de proporcionar un ambiente verde y agradable para los residentes, los techos verdes ayudan a mejorar la calidad del aire y reducir la contaminación acústica en la ciudad.

Figura 10

Vista Área Boscon Verticale



Fuente: (Dimitar Harizanov, 2021)

2.1.7.3. Ejemplos de Estructuras famosas e Innovadoras que utilizan la Tecnología de Techos Verdes.

- Centro Cultural Nuvola, Roma, Italia: Diseñado por el arquitecto Massimiliano Fuksas, este edificio cuenta con un techo verde ondulado que se asemeja a una nube. Además de su aspecto visualmente impactante, el techo verde ayuda a regular la temperatura interior y a reducir el consumo de energía.
- Edificio One Central Park, Sídney, Australia: Este rascacielos cuenta con un jardín vertical en su fachada, así como con techos verdes en diferentes niveles. Estos espacios verdes no solo mejoran la estética del edificio, sino que también proporcionan hábitats para la fauna local y ayudan a reducir la huella de carbono del edificio.
- Biblioteca Central de Seattle, Estados Unidos: Esta biblioteca icónica cuenta con un techo verde en su quinto piso, que sirve

como un espacio público al aire libre con jardines y áreas de descanso. El techo verde no solo proporciona un oasis urbano para los visitantes, sino que también ayuda a reducir la escorrentía de agua de lluvia y a mejorar la eficiencia energética del edificio.

2.2. Marco Legal.

2.2.1. Normativa General.

2.2.1.1. Sección primera: Agua y alimentación.

Art. 12.- El derecho humano al agua es esencial y no puede ser renunciado. El agua representa un recurso estratégico de interés público, que pertenece inalienable e imprescriptiblemente al patrimonio nacional, y es crucial para la existencia. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Art. 13.- Las personas y las comunidades tienen derecho a un acceso adecuado, seguro y sostenible a alimentos sanos que se produzcan localmente, en consonancia con sus diversas identidades y tradiciones culturales, y que sean suficientes. El Estado ecuatoriano avanzará en la soberanía alimentaria. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

2.2.1.2. Sección segunda: Ambiente sano.

Art. 14.- Se reconoce que toda persona tiene derecho a vivir en un entorno sostenible y equilibrado desde el punto de vista medioambiental que garantice su calidad de vida, *sumak kawsay*. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

2.2.1.3. Sección sexta: Hábitat y vivienda.

Art. 30.- Independientemente de su condición social o económica, toda persona tiene derecho a un entorno seguro y saludable, así como a una vivienda apropiada y adecuada. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

2.2.1.4. Sección séptima: Salud.

Art. 32.- El Estado garantiza a todos el derecho a la salud, y el disfrute de este derecho está supeditado al cumplimiento de otros derechos, como el derecho a la alimentación, al agua, al empleo, a la seguridad social, a la educación, a la cultura física y a otras necesidades vitales. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

2.2.1.5. Capítulo sexto: Derechos de libertad.

Art. 66.- El derecho a una existencia digna, que incluye la provisión de cultura física, vestido, seguridad social, educación, empleo, alimentación y nutrición, vivienda, agua potable, limpieza del medio ambiente, descanso y recreación, y otros servicios sociales esenciales. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

2.2.1.6. Capítulo séptimo: Derecho a la naturaleza.

Art. 71.- La reproducción y realización de la vida ocurre en la naturaleza, o Pacha Mama, que tiene derecho al respeto total de su existencia, así como a la preservación y renovación de sus ciclos esenciales, estructuras, funciones y procesos evolutivos. Cualquier individuo, grupo, pueblo o nacionalidad puede exigir a la autoridad oficial el respeto a los derechos naturales de la tierra. En la aplicación e interpretación de estos derechos se observarán, en su caso, los principios constitucionales. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Art. 72.- El derecho a reparar pertenece a la naturaleza. La responsabilidad del Estado y de cualquier entidad natural o jurídica de compensar a las personas y comunidades que dependen de los sistemas naturales impactados no se aplicará a esta restauración. Cuando se produce un impacto negativo significativo o a largo plazo sobre el medio ambiente, incluso cuando se explotan recursos naturales no renovables, el Estado debe determinar las mejores formas de restaurar las zonas afectadas y tomar las medidas necesarias para reducir o eliminar cualquier efecto negativo sobre el medio ambiente. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

2.2.1.7. Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales.

Sección primera Naturaleza y ambiente.

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

El Estado garantizará que el desarrollo siga un modelo sostenible que preserve la biodiversidad y la capacidad innata de regeneración de los ecosistemas, teniendo en cuenta la variedad cultural y las necesidades del presente y del futuro. Se exigirán políticas transversales de gestión ambiental al Estado en todos sus niveles y a todas las personas naturales y jurídicas dentro del territorio nacional. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Art. 396.- Cuando existe un riesgo claro de daño al medio ambiente, el Estado debe adoptar las medidas necesarias para evitarlo. Incluso en ausencia de pruebas científicas del daño, el Estado está obligado a tomar medidas preventivas rápidas y eficaces si existe alguna duda sobre cómo afectaría al medio ambiente una determinada acción u omisión. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

2.2.2. Título II: Recursos Hídricos.

Capítulo 1: Definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos.

Art. 10.- Dominio hídrico público.- El dominio hídrico público está constituido por los siguientes elementos naturales:

a) Cascadas naturales, montañas nevadas, lagos, lagunas, humedales y ríos;

b) El agua subterránea;

c) Los acuíferos a los efectos de protección y disposición de los recursos hídricos;

d) Las fuentes de agua se definen como las cabeceras de los ríos y sus afluentes, los manantiales naturales que brotan de la tierra, el agua que se acumula al inicio de la escorrentía y los manantiales

e) Los lechos o cauces naturales de un arroyo, que son las superficies de terreno sumergidas bajo el agua durante las grandes crecidas típicas;

f) Los lechos y subsuelos de los ríos, lagos, lagunas y embalses superficiales en cauces naturales;

g) Las riberas que son las fajas naturales de los cauces situadas por encima del nivel de aguas bajas;

h) La conformación geomorfológica de las cuencas hidrográficas, y de sus desembocaduras,

i) Los humedales marinos costeros y aguas costeras; y,

j) Las aguas procedentes de la desalinización de agua de mar. (Republica del Ecuador Asamblea Nacional, 2018)

Art. 11.- Infraestructura hidráulica:

Las obras o infraestructuras hidráulicas consisten en estructuras destinadas a la captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción, control y uso del agua; además, incluyen estructuras destinadas a acuíferos, recargas superficiales (presas, embalses, canales, conducciones, depósitos de abastecimiento, alcantarillado, colectores de aguas pluviales y residuales), instalaciones de saneamiento, depuración y tratamiento, estaciones de aforo, piezómetros, redes de control de calidad y todas las estructuras y equipos necesarios para salvaguardar el dominio público hidráulico. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Art. 12.- Protección, recuperación y conservación de fuentes.-

Sin perjuicio de la competencia general de la Autoridad Única del Agua en los términos de la Constitución y de esta Ley, el Estado, los sistemas comunitarios, las juntas de agua potable, las juntas de regantes, los consumidores y los usuarios comparten la corresponsabilidad en la recuperación, conservación y protección de los recursos hídricos, así como en la gestión de los páramos y en la participación en el uso y administración de las fuentes de agua situadas en su propiedad. (Republica del Ecuador Asamblea Nacional, 2018)

2.2.2.1. Sección IV: Servicios Públicos.

Art. 37.- Servicios públicos básicos:

Los servicios de saneamiento ambiental relacionados con el agua y el agua potable se consideran servicios públicos fundamentales a efectos de esta ley. Estos servicios sólo pueden prestarse si se ha concedido permiso para utilizarlos. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Las operaciones de recogida, tratamiento, almacenamiento y transporte de agua bruta se incluyen en el suministro de agua potable. Otras actividades

son la conducción, el bombeo, la distribución, el consumo, el cobro de costes, la explotación y el mantenimiento. (Ley Organica de Recursos Hidricos, 2014)

Directrices para la investigación y planificación de sistemas de evacuación de aguas residuales y agua potable para comunidades de más de mil habitantes
Sección 5: Recogida y transporte para iniciativas de suministro de agua potable.
Base de las Guías generales para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable. En función de la fiabilidad del suministro, los sistemas de abastecimiento de agua potable se clasifican en los grupos que se muestran en la tabla.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación.

La propuesta emplea un enfoque cuantitativo para investigar los retos de la gestión sostenible del agua y la reducción de inundaciones en Urdesa, Guayaquil.

Se elige este método por sus cualidades y su capacidad para proporcionar enfoques prácticos en este campo. El método de la ciudad esponja es un sistema urbano diseñado para comportarse de forma similar a una esponja, absorbiendo eficazmente el agua y regulando de forma sostenible. Esta estrategia tiene sentido en el contexto de Urdesa-Guayaquil, donde el crecimiento y las infraestructuras hacen que las inundaciones sean un problema persistente.

Dentro de las actividades a realizar. En primer lugar, es necesario realizar un análisis exhaustivo de las áreas que están más propensas a sufrir inundaciones, identificando las causas y los factores que contribuyen a ello. Con esta información, se pueden diseñar (a corto y largo plazo) e implementar medidas de prevención y mitigación, como la construcción de techos verdes, pavimentos permeables, la mejora de los sistemas de drenaje, la implementación de sistemas de alerta temprana, medidas de captación y almacenamiento de agua de lluvia, la creación de áreas verdes permeables. Los datos recopilados pueden ayudar a identificar las áreas donde se necesita una mayor gestión del agua y la reducción de inundaciones.

También se emplearán diseños de investigación descriptivos y evaluativos. De igual forma, en la investigación descriptiva se puede evaluar la calidad del agua del estero, la disponibilidad y acceso al agua potable, impacto de las lluvias en las casas y negocios. Por último, la investigación evaluativa, para realizar un análisis costo-beneficio de la utilización del agua y el control de las inundaciones como solución a la gestión de los recursos hídricos.

3.2. Alcance de la investigación.

Demostrar la capacidad del concepto ciudad esponja, analizar infraestructuras sostenibles y sus beneficios. Cabe decir que se llevará a cabo una investigación de alcance descriptivo y exploratorio, dados los objetivos del

tema. Mientras que la investigación exploratoria permitirá evaluar la eficacia del concepto de ciudad esponja, la investigación descriptiva será necesaria para reunir todos los datos necesarios para la evaluación de las precipitaciones y las inundaciones.

3.3. Técnicas e instrumentos para obtener los datos.

Se emplearán métodos como entrevistas estructuradas y observación sistemática, para lo cual se recurrirá a los siguientes dispositivos, tales como:

- Encuestas: Se utilizarán para recopilar datos y opiniones de los habitantes del sector, proporcionando información valiosa para analizar y tomar de decisiones.
- Fichas de observación: Posibilitará reconocer las áreas afectas en el sector, incluyendo su sección transversal, longitud, pendiente, nivel freático y la influencia de la lluvia.
- Software y herramientas Ofimáticas: Word, PowerPoint, AutoCAD, CivilCAD, WaterCAD.

3.3.1. Técnicas de Observación.

Se observará de primera mano el campo y el estado del sector. Utilizaremos la perspectiva para crear un registro visual de lo que realmente ocurre en un escenario del mundo real. Se utilizarán programas informáticos y herramientas de medición como instrumentos de aplicación para organizar los datos recogidos sobre el terreno.

3.3.2. Trabajos de Campo.

Realizar inspecciones sectoriales necesarias durante todo el trabajo de campo, para familiarizarse íntimamente con todos los procedimientos que intervienen en la creación de un levantamiento topográfico. Nuestro instrumento de elección será la estación total, que nos permite medir y proporcionar una representación gráfica del diseño real.

3.3.3. Área de Estudio.

El área de estudio se localiza sobre en el margen izquierdo y derecho en el tramo del estero salado, dentro de la municipalidad de la ciudad Guayaquil (Ecuador) y en cercanías de la confluencia con el río.

“El Estero Salado es un río de 75 km de longitud que nace en Guayaquil” (F, 2023). Debido a los aportes pluviométricos de noviembre y junio, los caudales resultantes, que se originan en la Cordillera de los Andes, presentan una característica hidrográfica de doble onda de crecida. Casi toda la cuenca del estero salado tiene una superficie estimada de 53 299 km². Los caudales resultantes presentan una característica hidrográfica de doble onda de crecida y provienen de la Cordillera de los Andes.

Figura 11

Localización del área de estudio: Urdesa Centra, Lomas de Urdesa, Urdesa Norte



Fuente: (Google Earth, 2024)

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

3.3.3. Descripción del sitio.

Urdesa Central cuenta con un aproximado de 80 casas. La necesidad actual de dicha población es la constancia de inundaciones por aguas lluvias, alcantarillado dañado y deslave del estero salado. En épocas de invierno suele ser las más afectadas de toda Urdesa. Cuentan con carretera de adoquines y hormigón simple para aceras y bordillos, a pesar de tener servicios básicos.

3.3.4. Localización.

Coordenadas geográficas.

Figura 12

Localización Urdesa central.

2°10'9.81"S - 79°54'24.00"W



Fuente: (Google Earth, 2024)

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

3.3.5. Áreas Afectadas.

3.5.5.1. Puente Las Monjas.

Las inundaciones por lluvia y deslave del estero salado han sido un problema recurrente en el sector Urdesa. Estas situaciones catastróficas han afectado principalmente a las empresas como El extra/Expreso y personas que residen cerca del puente conocido como "Las Monjas". Cuando las fuertes lluvias azotan la zona, el estero salado aumenta su caudal rápidamente, desbordándose y causando estragos en su paso. El puente de Las Monjas, que une las dos orillas del río, se convierte en un punto crítico durante estas inundaciones.

Figura 13

Área afectada por inundación de lluvia y subida de marea en puente Las Monjas



Fuente: (Google Earth, 2024)

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

El constante flujo de agua y lodo arrastra consigo todo tipo de materiales, desde ramas y escombros hasta vehículos y estructuras. El puente, construido décadas atrás, no ha sido diseñado para soportar estas condiciones extremas, lo que lo hace vulnerable a sufrir daños significativos.

Las inundaciones repentinas y el deslave del estero han dejado a su paso una estela de destrucción y desolación. Las viviendas cercanas se han visto gravemente afectadas, con la fuerza del agua que ingresa. La infraestructura vial también ha sufrido graves daños, con el puente de Las Monjas generando tráfico vehicular.

Figura 14

Urdesa inundaciones por la subida de marea.



Fuente: (Durango, 2023)

3.5.5.2. Avenida Víctor Emilio Estrada.

Las inundaciones por lluvia y problemas de alcantarillado han sido una preocupación constante en la avenida Víctor Emilio Estrada, ubicada en el sector Urdesa central. Cuando las intensas lluvias caen sobre esta zona, el sistema de alcantarillado se ve sobrepasado, lo que resulta en el desbordamiento de agua y las consecuentes inundaciones de la avenida. Las calles se convierten en ríos temporales, dificultando el tráfico y afectando la movilidad de los residentes y transeúntes.

Figura 15

Áreas afectadas por inundaciones de lluvia y alcantarillado.



Fuente: (Google Earth, 2024)

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Este problema ha causado múltiples inconvenientes para los residentes y negocios en el área. Las viviendas y locales comerciales se ven afectados por el ingreso de agua, lo que provoca daños materiales y pérdida de pertenencias. Además, el agua estancada puede genera problemas de salubridad, convirtiéndose en un cultivo para enfermedades.

3.5.5.3. Avenida Víctor Emilio Estrada y Laureles.

En el corazón de Urdesa, a lo largo de las avenidas Víctor Emilio Estrada y Laureles, las inundaciones provocadas por la lluvia y los problemas de alcantarillado son un problema desde hace tiempo. Este problema ha causado múltiples inconvenientes para los residentes y negocios en el área. Las viviendas y locales comerciales se ven afectados por el ingreso de agua, lo que provoca daños materiales y pérdida de pertenencias. Además, el agua estancada puede generar problemas de salubridad, convirtiéndose en un cultivo para enfermedades.

Figura 16

Áreas afectadas por inundaciones de lluvia y alcantarillado.



Fuente: (Google Earth, 2024)

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

3.4. Población y muestras.

3.4.1. Población.

La población del tema de tesis como se indicó previamente pertenece a la parroquia Tarqui, la cual corresponde a un total de 800000 habitantes según el último censo del INEN 2010.

3.4.2. Muestra.

La muestra para este proyecto es Urdesa, lugar en donde se realizará la evaluación y análisis para un enfoque ciudad esponja. La población corresponde a un total de 2500 habitantes según el último censo del INEC 2010.

3.4.3. Población futura.

La muestra que se utilizará en el sector Urdesa área “central” corresponde a 200 habitantes per cápita. Datos en relación al censo INEC 2010.

Para el cálculo de la población futura en el sector de Urdesa Central, es importante considerar diversos factores que influyen en el crecimiento demográfico y las proyecciones a futuro. La planificación urbana, el desarrollo económico, y las tendencias de migración son elementos clave a tener en cuenta. Hay que hacer hincapié en el hecho de que una proyección exacta de la población futura permitirá crear un sistema de alcantarillado adecuado y apropiado. Sin embargo, si la población futura se calcula incorrectamente, la única manera de abordar esta cuestión será rediseñar, reconstruir y refinanciar el proyecto, lo que daría lugar a un sistema insuficiente que no cumple los criterios.

3.4.3.1. Proyección de la Población.

Periodo para 40 años.

Tabla 1

Tiempo de periodos.

Datos	Población	
INEC	2000	140
INEC	2010	166
INEC	2015	180
INEC	2022	200

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

3.4.3.2 Método Lineal.

En matemáticas y estadística, el método lineal es una metodología utilizada para representar la conexión entre dos variables. El análisis de regresión lineal simple es una técnica que puede aplicarse a la previsión para hacer predicciones sobre valores futuros en función de una variable independiente, como el tiempo.

La metodología lineal se ajusta a los datos suministrados utilizando el enfoque básico de regresión lineal. Con esta recta se pueden predecir valores futuros en función de una variable independiente, como el tiempo. Utilizando datos históricos de población, se ajustaría una línea recta que indicará el aumento de la población a lo largo del tiempo para anticipar la población futura dentro de veinte años. Para predecir la población dentro de 20 años, se proyectará esta línea.

La creciente lineal se la considerara de la población y si se mantiene constante independiente a su tamaño, semejante a la siguiente formula:

$$k = \frac{P_f - P_b}{T_f - T_b}$$

Abreviaturas:

K = Crecimiento poblacional lineal

T_f = Fecha del último censo

T_b = Fecha de Población inicial

P_f = Población del último censo

P_b = Población base

3.4.3.3. Cálculo por Método Lineal.

Se calcula el incremento anual de la población en los últimos 3 censos.

$$K_{2022-2000} = \frac{P_{2022}-P_{2000}}{T_{2022}-T_{2000}} = \frac{200-140}{2022-2000} = 3 \text{ habitantes/año}$$

$$K_{2022-2010} = \frac{P_{2022}-P_{2010}}{T_{2022}-T_{2010}} = \frac{200-166}{2022-2010} = 3.4 \text{ habitantes/año}$$

$$K_{2022-2015} = \frac{P_{2022}-P_{2015}}{T_{2022}-T_{2015}} = \frac{200-180}{2022-2015} = 4 \text{ habitantes/año}$$

Cálculo del valor k, para la proyección de población de cada año del proyecto.

$$P_{2023} = P_{2022} + K_{2022-2000} * (T_{2023} - T_{2015})$$

$$P_{2023} = 200 + 3 * (2023 - 2015) = 224 \text{ habitantes}$$

$$P_{2028} = P_{2022} + K_{2022-2000} * (T_{2028} - T_{2015})$$

$$P_{2028} = 200 + 3 * (2028 - 2015) = 239 \text{ habitantes}$$

$$P_{2033} = P_{2022} + K_{2022-2000} * (T_{2033} - T_{2015})$$

$$P_{2033} = 200 + 3 * (2033 - 2015) = 254 \text{ habitantes}$$

$$P_{2038} = P_{2022} + K_{2022-2000} * (T_{2038} - T_{2015})$$

$$P_{2038} = 200 + 3 * (2038 - 2015) = 269 \text{ habitantes}$$

$$P_{2043} = P_{2022} + K_{2022-2000} * (T_{2043} - T_{2015})$$

$$P_{2043} = 200 + 3 * (2043 - 2015) = 284 \text{ habitantes}$$

Tabla 2

Resultados del método lineal

Método Aritmético		Población Futura				
Año	K	2023	2028	2033	2038	2043
2000	3	224	239	254	269	284
2010	3.4	227	244	261	278	295
2015	4	232	252	272	292	312
Promedio	3.5	228	245	262	279	297

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

3.4.3.5. Cálculo por Método Geométrico.

El método geométrico para calcular la población futura se basa en suponer que la población crece a la misma tasa que en el último período censal, considerando que el crecimiento obedece a una expresión geométrica. Este método puede conducir a resultados algo exagerados, especialmente para poblaciones que están comenzando a desarrollarse, ya que tienden a tener tasas de crecimiento elevadas mientras alcanzan su estabilización. Formula Geométrica:

$$k = \frac{P_f}{P_b} \left(\frac{1}{T_f - T_b} \right) - 1$$

Calcular el valor k, para la proyección de población de cada año del proyecto.

$$k_{2022-2000} = \left(\frac{P_{2022}}{P_{2000}} \right) \left(\frac{1}{T_{2022} - T_{2000}} \right) - 1$$

$$k_{2022-2000} = \left(\frac{200}{140} \right) \left(\frac{1}{2022-2000} \right) - 1 = 0.0163$$

$$P_{2023} = P_{2022} * (1 + 0.0163)^{T_{2023} - T_{2022}}$$

$$P_{2023} = 200 * (1 + 0.0163)^{2023-2022} = 204 \text{ habitantes}$$

$$k_{2022-2010} = \left(\frac{P_{2022}}{P_{2010}} \right) \left(\frac{1}{T_{2022} - T_{2010}} \right) - 1$$

$$k_{2022-2010} = \left(\frac{200}{166} \right) \left(\frac{1}{2022-2010} \right) - 1 = 0.0156$$

$$P_{2023} = P_{2022} * (1 + 0.0156)^{T_{2023} - T_{2022}}$$

$$P_{2023} = 200 * (1 + 0.0156)^{2023-2022} = 204 \text{ habitantes}$$

$$k_{2022-2015} = \left(\frac{P_{2022}}{P_{2015}} \right)^{\left(\frac{1}{T_{2022}-T_{2015}} \right)} - 1$$

$$k_{2022-2015} = \left(\frac{200}{180} \right)^{\left(\frac{1}{2022-2015} \right)} - 1 = 0.0151$$

$$P_{2023} = P_{2022} * (1 + 0.0151)^{T_{2023}-T_{2022}}$$

$$P_{2023} = 200 * (1 + 0.0151)^{2023-2022} = 204 \text{ habitantes}$$

Tabla 3

Resultados del método geométrico

Método Geométrico		Población Futura				
Año	K	2023	2028	2033	2038	2043
2000	0.0163	204	240	256	270	284
2010	0.0156	204	246	262	278	296
2015	0.0151	204	254	272	294	314
Promedio	0.0157	204	247	264	281	298

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

3.4.3.6. Cálculo por Método Wappaus.

El método de Wappaus es una herramienta utilizada para proyectar la población futura. Se emplea desde poblaciones pequeñas de hasta 5000 habitantes hasta poblaciones mayores de hasta 100000 habitantes. Corresponde la siguiente fórmula:

$$i = \frac{200 * (P_f - P_b)}{(T_f - T_b) * (P_f - P_b)}$$

Calcular el valor i, para la proyección de población de cada año del proyecto.

Censo del 2000:

$$i_{2022-2000} = \frac{200 * (P_{2022} - P_{2000})}{(T_{2022} - T_{2000}) * (P_{2022} + P_{2000})}$$

$$i_{2022-2000} = \frac{200 * (200 - 140)}{(2022 - 2000) * (200 + 140)} = 1.60$$

$$P_{2023} = P_{2000} \left[\frac{200 + i * (T_{2023} - T_{2000})}{200 - i * (T_{2023} - T_{2000})} \right]$$

$$P_{2023} = 140 * \frac{200 + 1.60 * (2023 - 2000)}{200 - 1.60 * (2023 - 2000)} = 204 \text{ habitantes}$$

$$P_{2028} = P_{2000} \left[\frac{200 + i * (T_{2028} - T_{2000})}{200 - i * (T_{2028} - T_{2000})} \right]$$

$$P_{2028} = 140 * \frac{200 + 1.60 * (2028 - 2000)}{200 - 1.60 * (2028 - 2000)} = 221 \text{ habitantes}$$

$$P_{2033} = P_{2000} \left[\frac{200 + i * (T_{2033} - T_{2000})}{200 - i * (T_{2033} - T_{2000})} \right]$$

$$P_{2033} = 140 * \frac{200 + 1.60 * (2033 - 2000)}{200 - 1.60 * (2033 - 2000)} = 241 \text{ habitantes}$$

$$P_{2038} = P_{2000} \left[\frac{200 + i * (T_{2038} - T_{2000})}{200 - i * (T_{2038} - T_{2000})} \right]$$

$$P_{2038} = 140 * \frac{200 + 1.60 * (2038 - 2000)}{200 - 1.60 * (2038 - 2000)} = 263 \text{ habitantes}$$

$$P_{2043} = P_{2000} \left[\frac{200 + i * (T_{2043} - T_{2000})}{200 - i * (T_{2043} - T_{2000})} \right]$$

$$P_{2043} = 140 * \frac{200 + 1.60 * (2043 - 2000)}{200 - 1.60 * (2043 - 2000)} = 287 \text{ habitantes}$$

Censo del 2010:

$$i_{2022-2010} = \frac{200 * (P_{2022} - P_{2010})}{(T_{2022} - T_{2010}) * (P_{2022} + P_{2010})}$$

$$i_{2022-2010} = \frac{200 * (200 - 166)}{(2022 - 2010) * (200 + 166)} = 1.55$$

$$P_{2023} = P_{2010} \left[\frac{200 + i * (T_{2023} - T_{2010})}{200 - i * (T_{2023} - T_{2010})} \right]$$

$$P_{2023} = 166 * \frac{200 + 1.55 * (2023 - 2000)}{200 - 1.55 * (2023 - 2000)} = 239 \text{ habitantes}$$

$$P_{2028} = P_{2010} \left[\frac{200 + i * (T_{2028} - T_{2010})}{200 - i * (T_{2028} - T_{2010})} \right]$$

$$P_{2028} = 166 * \frac{200 + 1.55 * (2028 - 2000)}{200 - 1.55 * (2028 - 2000)} = 259 \text{ habitantes}$$

$$P_{2033} = P_{2010} \left[\frac{200 + i * (T_{2033} - T_{2010})}{200 - i * (T_{2033} - T_{2010})} \right]$$

$$P_{2033} = 166 * \frac{200 + 1.55 * (2033 - 2000)}{200 - 1.55 * (2033 - 2000)} = 281 \text{ habitantes}$$

$$P_{2038} = P_{2010} \left[\frac{200 + i * (T_{2038} - T_{2010})}{200 - i * (T_{2038} - T_{2010})} \right]$$

$$P_{2038} = 166 * \frac{200 + 1.55 * (2038 - 2000)}{200 - 1.55 * (2038 - 2000)} = 305 \text{ habitantes}$$

$$P_{2043} = P_{2010} \left[\frac{200 + i * (T_{2043} - T_{2010})}{200 - i * (T_{2043} - T_{2010})} \right]$$

$$P_{2043} = 166 * \frac{200 + 1.55 * (2043 - 2000)}{200 - 1.55 * (2043 - 2000)} = 332 \text{ habitantes}$$

Censo del 2015:

$$i_{2022-2015} = \frac{200 * (P_{2022} - P_{2015})}{(T_{2022} - T_{2015}) * (P_{2022} + P_{2015})}$$

$$i_{2022-2010} = \frac{200 * (200 - 180)}{(2022 - 2015) * (200 + 180)} = 1.50$$

$$P_{2023} = P_{2015} \left[\frac{200 + i * (T_{2023} - T_{2015})}{200 - i * (T_{2023} - T_{2015})} \right]$$

$$P_{2023} = 186 * \frac{200 + 1.50 * (2023 - 2000)}{200 - 1.50 * (2023 - 2000)} = 264 \text{ habitantes}$$

$$P_{2028} = P_{2015} \left[\frac{200 + i * (T_{2028} - T_{2015})}{200 - i * (T_{2028} - T_{2015})} \right]$$

$$P_{2028} = 186 * \frac{200 + 1.50 * (2028 - 2000)}{200 - 1.50 * (2028 - 2000)} = 285 \text{ habitantes}$$

$$P_{2033} = P_{2015} \left[\frac{200 + i * (T_{2033} - T_{2015})}{200 - i * (T_{2033} - T_{2015})} \right]$$

$$P_{2033} = 186 * \frac{200 + 1.50 * (2033 - 2000)}{200 - 1.50 * (2033 - 2000)} = 309 \text{ habitantes}$$

$$P_{2038} = P_{2015} \left[\frac{200 + i * (T_{2038} - T_{2015})}{200 - i * (T_{2038} - T_{2015})} \right]$$

$$P_{2038} = 186 * \frac{200 + 1.50 * (2038 - 2000)}{200 - 1.50 * (2038 - 2000)} = 335 \text{ habitantes}$$

$$P_{2043} = P_{2015} \left[\frac{200 + i * (T_{2043} - T_{2015})}{200 - i * (T_{2043} - T_{2015})} \right]$$

$$P_{2043} = 186 * \frac{200 + 1.50 * (2043 - 2000)}{200 - 1.50 * (2043 - 2000)} = 364 \text{ habitantes}$$

Tabla 4

Resultados del metodo Wappus

Método Wappus		Población Futura				
Año	K	2023	2028	2033	2038	2043
2000	1.60	204	221	241	263	287
2010	1.55	239	259	281	305	332
2015	1.50	264	285	309	335	364
Promedio	1.55	236	255	277	301	328

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)**3.4.3.7. Proyección Final.**

La proyección final del cálculo de población futura consiste en estimar la población en un momento futuro, generalmente utilizando datos demográficos y métodos de proyección.

Tabla 5

Resultados de proyección final

Año	Población			
	Lineal	Geométrica	Wappaus	Promedio
2023	228	204	236	223
2028	245	247	255	249
2033	262	264	277	267
2038	279	281	301	287
2043	297	298	328	308

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)**3.5. Cálculo de la intensidad máxima.**

Para determinar la intensidad máxima, se recopilaron los datos de los eventos de mayor precipitación durante un período de 24 horas en la estación del Aeropuerto de Guayaquil, teniendo en cuenta un período de retorno de 25 años desde 1986 hasta 2016. Es fundamental recordar que los datos provienen de (FUENTE) es la fuente de los datos particulares.

Tabla 6

Datos y parámetros de la estación

Datos de la Estación			
Estación	Coordenadas	Latitud	02°09'12"S
Aeropuerto	geográficas		
Elevación en	5 metros	Longitud	79°53'00"W
msnm			

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Tabla 7

Datos de lluvia de la estación aeropuerto de Guayaquil

N°	Año	Precipitación Máxima en 24 horas en Milímetros (mm)												Máximo
		Meses												
-	-	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1	1986	382.8	68.1	40.8	195.4	2.5	0.0	0.0	TRZ	TRZ	4.9	0.3	80.4	382.8
2	1987	364.9	753.3	489.7	371.9	45.2	3.0	0.4	2.9	0.4	1.9	SD	40.3	753.3
3	1988	287.8	217.6	7.0	261.9	25.7	SD	0.3	0.0	TRZ	TRZ	1.1	45.1	287.8
4	1989	558.0	418.9	313.6	115.8	1.1	4.1	TRZ	TRZ	TRZ	1.4	1.0	45.1	558.0
5	1990	67.3	229.5	182.5	81.2	4.1	13.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	14.5	229.5
6	1991	116.7	348.0	274.9	10.7	50.0	2.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.6	21.0	348.0
7	1992	189.9	267.8	397.6	429.1	158.3	37.8	4.8	0.6	0.0	0.0	0.0	7.8	429.1
8	1993	158.3	525.1	193.0	332.1	133.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	86.2	525.1
9	1994	165.0	136.8	170.1	119.5	17.3	3.6	0.0	0.0	0.2	0.0	0.6	155.0	170.1
10	1995	123.7	198.8	128.4	24.7	12.8	1.5	3.1	0.0	0.1	0.5	1.4	2.3	198.8
11	1996	159.5	411.4	222.6	66.4	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.5	17.8	411.4
12	1997	108.8	298.9	560.9	262.8	202.5	28.1	80.6	10.5	14.6	89.6	571.9	772.0	772.0
13	1998	419.8	783.3	929.3	1158.7	228.8	88.9	11.3	0.0	0.3	0.7	0.0	1.5	1158.7
14	1999	52.2	340.8	290.7	157.7	17.1	1.8	0.0	0.0	1.7	0.2	0.3	50.2	340.8
15	2000	59.4	203.9	339.2	245.9	175.2	9.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.8	339.2
16	2001	215.6	436.0	580.8	186.6	142	TRZ	0.1	0.0	0.0	0.0	TRZ	0.6	580.8
17	2002	62.9	469.9	630.1	352.9	3.6	TRZ	TRZ	TRZ	0.0	1.9	0.5	13.9	630.1
18	2003	84.6	407.1	103.9	158.2	17.8	0.4	TRZ	TRZ	0.0	TRZ	TRZ	17.5	407.1
19	2004	101.9	215.1	146.7	144.8	28.5	0.5	0.2	TRZ	0.4	0.1	0.1	17.5	407.1
20	2005	37.6	72.0	274.5	136.4	TRZ	TRZ	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	31.3	274.5
21	2006	174.5	511.1	196.0	7.5	10.4	0.5	TRZ	0.1	TRZ	TRZ	1.7	34.8	511.1

22	2007	193.4	80.4	458.6	64.0	7.6	1.3	0.0	0.3	0.0	2.0	0.5	0.9	458.6
23	2008	425.5	393.1	607.6	111.2	0.9	0.8	TRZ	0.9	2.7	7.6	0.0	0.7	607.6
24	2009	370.2	361.1	391.6	52.2	56.7	1.8	TRZ	0.0	0.0	TRZ	0.0	TRZ	391.6
25	2010	150.9	369.0	104.0	186.3	19.3	TRZ	2.1	TRZ	TRZ	.0	1.2	100.8	369.0
26	2011	134.1	179.5	30.8	278.4	7.5	3.6	10.9	0.0	0.0	TRZ	TRZ	22.1	278.4
27	2012	268.0	557.0	376.6	156.2	58.6	9.0	0.0	0.0	0.0	3.1	2.6	3.2	557.0
28	2013	180.0	236.6	556.0	127.0	1.8	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	4.0	556.0
29	2014	351.1	201.2	84.8	113.6	226.2	8.1	0.7	0.0	0.5	1.8	0.0	1.0	351.1
30	2015	96.7	126.1	295.2	312.1	86.9	36.2	0.5	0.0	0.0	11.9	1.3	5.4	312.1
31	2016	292.0	218.7	347.3	162.2	0.0	0.1	0.0	0.4	0.1	89.6	43.0	38.2	347.3
Max		558.0	783.3	929.3	1158.7	228.8	88.9	80.6	10.5	14.6	89.6	571.9	772.0	1158.7

Nota. TRZ – Trazas de precipitación y es equivalente a una cantidad inferior a 0.1 mm.

Fuente: (Aeropuerto José Joaquín de Olmedo, 2015)

3.6. Precipitación Máxima Probable.

En primer lugar, tal como exige el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, se utilizó el modelo de distribución de Gumbel para el cálculo estadístico al analizar cada uno de los datos hidrológicos que proporcionó la estación. Es esencial recordar que la Revista Internacional de Hidrología define esta distribución como la mayor intensidad de precipitación en un periodo concreto que es físicamente probable que se produzca en toda una región de tormentas de cierto tamaño en un lugar específico en una época del año determinada.

Cabe recordar que todos los resultados son en milímetros por ciertas cantidades grandes.

Tabla 8

Resolución de datos de precipitación máxima probable

N°	Año	Precipitación en milímetros (mm)	
		X_i	$(X_i - \bar{X})^2$
1	1986	382.8	8968.09
2	1987	753.3	76065.64
3	1988	287.8	35986.09
4	1989	558.0	6480.25
5	1990	229.5	61504
6	1991	348.0	16770.25
7	1992	429.1	2342.56
8	1993	525.1	2265.76
9	1994	170.1	94494.76
10	1995	198.8	77673.69
11	1996	411.4	4369.21
12	1997	772.0	86730.25
13	1998	1158.7	464033.44
14	1999	340.8	18686.89
15	2000	339.2	19126.89
16	2001	580.8	10670.89
17	2002	630.1	23286.76
18	2003	407.1	4956.16

19	2004	407.1	4956.16
20	2005	274.5	41209
21	2006	511.1	1128.96
22	2007	458.6	357.21
23	2008	607.6	16926.01
24	2009	391.6	7378.81
25	2010	369.0	11772.25
26	2011	278.4	39640.81
27	2012	557.0	6320.25
28	2013	556.0	6162.25
29	2014	351.1	15976.96
30	2015	312.1	27357.16
31	2016	347.3	16952.04
-	-	14802.2	205197030.1

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Cálculo de la variable.

$$X = \sum \frac{xy}{n}$$

$$X = \frac{14802.2}{31}$$

$$X = 477.50 \text{ mm}$$

Cálculo de la desviación estándar.

$$S = \sqrt{\sum \frac{(X_i - X)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(205197030.1)}{(31 - 1)}}$$

$$S = 2615.32 \text{ mm}$$

3.6.1. Cálculo del factor de frecuencia, precipitaciones diarias máximas probables.

Cálculos estadísticos de a y u respectivamente como la desviación estándar y la media de datos.

Cálculo "a":

Datos:

$\sigma =$ Desviación estándar

$$a = \sqrt{\frac{6}{\pi}} * \sigma$$

$$a = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * 2615.32$$

$$a = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * 2615.32$$

$$a = 2039.17$$

Cálculo "u":

Datos:

$\sigma =$ Cálculo de la mediana

$$\mu = X - 0.5772 * a$$

$$\mu = |477.5| - 0.5772 * 2039.17$$

$$\mu = 699.50$$

Cálculo "YT":

Datos:

$YT =$ Variable Reducida

$$YT = -\ln\left(\ln\left(\frac{T_r}{T_r - 1}\right)\right)$$

$$YT = -\ln\left(\ln\left(\frac{2}{2 - 1}\right)\right)$$

$$YT = -\ln(0.6931)$$

$$YT = 0.3665$$

Cálculo "XT":

Datos:

$XT' =$ Precipitación en milímetros

$$XT' = \mu + a * YT$$

$$XT' = 699.50 + 2039.17 * 0.3665$$

$$XT' = 1446.86$$

Tabla 9

Resultados de precipitación diarias máximas probables

Periodo de retorno	Variable reducida	Precipitación en milímetros (mm)	Probabilidad de ocurrencia.	Corrección en intervalo fijo (mm)
Años (Tr)	YT	XT'	F	XT
2	0.3665	1446.86	0.550	1634.95
5	1.4999	3758.05	0.800	4246.60
10	2.2504	5288.45	0.900	5975.95
25	3.1985	7221.79	0.960	8160.62

50	3.9019	8656.14	0.980	9781.44
100	4.6001	10079.86	0.990	11390.24

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

3.6.2. Cálculo de precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.

Es fundamental en la hidrología para diversas aplicaciones, como el diseño de infraestructuras hidráulicas, la gestión de recursos hídricos y la evaluación de riesgos de inundaciones. Este cálculo permite estimar la cantidad máxima de lluvia que puede ocurrir en un determinado período de tiempo, lo que es crucial para la planificación y el diseño de proyectos relacionados con el agua.

Se usa el dato de corrección de intervalo fijo de la tabla 9 para calcular según el porcentaje de duración, es decir, para 24 horas el 100%, para 18 horas el 91% y así sucesivamente. En el siguiente ejemplo:

Cálculo para 2 años en 24 horas:

Datos:

$$2 \text{ años} = \text{Corrección en intervalo fijo} * 100\%$$

$$2 \text{ años} = 1634.95 * 100\%$$

$$2 \text{ años} = 1634.95$$

Cálculo para 2 años en 18 horas:

Datos:

$$2 \text{ años} = 1634.95 * 91\%$$

$$2 \text{ años} = 1487.81$$

Tabla 10

Resultados de precipitación diarias máximas para diferentes tiempos de duración de lluvia

Tiempo de duración	Cociente o porcentaje	Precipitación máxima en milímetros (mm) por tiempo de duración
--------------------	-----------------------	--

		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
24 Hrs	100%	1634.95	4246.60	5975.95	8160.62	9781.44	11390.24
18 Hrs	91%	1487.81	3864.41	5438.12	7426.16	8901.11	10365.12
12 Hrs	80%	1307.96	3397.28	4780.76	6528.50	7825.15	9112.19
8 Hrs	68%	1111.77	2887.69	4063.65	5549.22	6651.38	7745.36
6 Hrs	61%	997.32	2590.43	3645.33	4977.98	5966.68	6948.05
5 Hrs	57%	931.92	2420.56	3406.29	4651.55	5575.42	6492.44
4 Hrs	52%	850.17	2208.23	3107.49	4243.52	5086.35	5922.93
3 Hrs	46%	752.08	1953.47	2748.94	3753.89	4499.46	5239.51
2 Hrs	39%	637.63	1656.17	2330.62	3182.64	3814.76	4442.19
1 Hrs	30%	490.49	1273.98	1792.79	2448.19	2934.43	3417.07

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

3.6.3. Cálculo de intensidades de lluvia a partir de Pd, según duración de precipitación y frecuencia de la misma.

Nos permitirá saber cuál es la diferencia por año dependiendo de las horas de lluvias supuestas por la tabla 10 para su realización se debe de tomar minutos de la misma.

Cálculo para 2 años en 24 horas:

Datos:

$$2 \text{ años} = 1634.94 \div 24$$

$$2 \text{ años} = 68.12$$

Cálculo para 2 años en 18 horas:

Datos:

$$2 \text{ años} = 1487.81 \div 18$$

$$2 \text{ años} = 82.65$$

Tabla 11

Resultados de lluvia a partir de Pd en duración y frecuencia

Tiempo de duración	Intensidad de la lluvia en milímetros (mm) según el periodo de retorno
--------------------	--

Hora	Minutos	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
24	1440	68.12	176.94	236.50	340.03	407.56	474.59
18	1080	82.65	214.69	302.12	412.56	494.51	575.84
12	720	108.99	283.11	398.40	544.04	652.10	759.35
8	480	138.97	360.96	507.96	693.65	831.42	968.17
6	360	166.22	431.74	607.56	829.66	994.45	1158
5	300	186.38	484.112	681.26	930.31	1115.08	1298.49
4	240	212.54	552.06	776.87	1060.88	1271.59	1480.73
3	180	250.69	651.16	916.31	1251.30	1499.82	1746.50
2	120	318.82	828.09	1165.31	1591.32	1907.38	2221.10
1	60	490.49	1273.98	1792.79	2448.19	2934.43	3417.07

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

3.6.4. Cálculo de Periodo de retorno para T= 25 años

Se usará el cálculo de la tabla 11 concretamente el valor de 25 años dispuesto para el lapso de lluvias, periodos lluviosos con un análisis de periodo de retorno (HP-d-t) con frecuencias sucesivamente.

Tabla 12

Resultados de periodo de retorno para 25 años

Periodo de retorno para T= 25 años						
-	X	Y	Ln X	Ln Y	Ln X * Lny	Ln(X) ^2
1	1440	340.03	7.2723	5.8290	42.3902	3.9365
2	1080	412.56	6.9847	6.0223	42.0639	3.7781
3	720	544.04	6.5792	6.2990	41.4423	3.5491
4	480	693.65	6.1737	6.5420	40.3883	3.3135
5	360	829.66	5.8861	6.7210	39.5604	3.1421
6	300	930.31	5.7037	6.8355	38.9876	3.0315
7	240	1060.88	5.4806	6.9669	38.1827	2.8941
8	180	1251.30	5.1929	7.1319	37.0352	2.7136
9	120	1591.32	4.7875	7.3723	35.2948	2.4524
10	60	2448.19	4.0945	7.8031	31.9497	1.9871
Σ	4980	10101.94	58.1555	67.523	387.2957	30.7980

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

3.6.5. Curva IDF (Intensidad, Duración, Frecuencia)

Concebir como esencial la ejecución del modelado de caudales en un diseño con carencias de datos hidrométricos en ciertas áreas. En líneas generales, es necesario destacar que este enfoque se fundamenta en el

modelado de lluvias pasadas, sosteniendo la premisa de que el clima exhibe tendencias similares a lo largo del tiempo. No obstante, se reconoce que esta afirmación tiende a ser inexacta debido a las alteraciones provocadas por el cambio climático. En este contexto, resulta crucial considerar la integración de técnicas avanzadas de modelado hidrológico y métodos de recopilación de datos modernos para optimizar la precisión y la adaptabilidad del diseño ante las condiciones climáticas cambiantes. Este enfoque contribuirá a una evaluación más completa y precisa de los caudales, considerando las variables climáticas actuales y futuras.

3.7. Diseño de red de alcantarillado pluvial.

En un área urbana con altas tasas de inundaciones en invierno, una red de alcantarillado pluvial es esencial para prevenir inundaciones y proteger la integridad de las viviendas y negocios que se encuentran en primeras plantas. La red de alcantarillado pluvial es un sistema de tuberías que se utilizan para recoger y transportar tanto las aguas residuales como las pluviales desde el lugar de origen hasta el sitio donde se procesan para su debido tratamiento. La red de alcantarillado pluvial también ayuda a reducir la cantidad de agua que se acumula en las calles y carreteras, lo que puede mejorar la seguridad vial y reducir el riesgo de accidentes.

3.7.1. Criterios de diseño.

Para la red de alcantarillado sanitario se utilizaron como criterio de diseño de tasa de demanda media, a los cuales se agregaron los parámetros o medidas recomendados por él (Inahmi).

3.7.2. Hidrología.

Para determinar el diseño del sistema de drenaje pluvial y calcular el caudal final de drenaje de la alcantarilla pluvial, se requiere llevar a cabo un estudio hidrológico detallado del área donde se implementará el diseño de la alcantarilla pluvial. Este análisis permitirá identificar varios factores, incluida la intensidad de las precipitaciones en la zona y la recopilación de datos históricos para un examen más completo, con el objetivo de establecer el caudal total de drenaje del colector de aguas pluviales.

El volumen de agua que cae en un lugar específico y durante un período de tiempo determinado se conoce como intensidad diaria. Esta intensidad se expresa comúnmente en milímetros por hora (mm/h), en función del tiempo y la ubicación. En este caso, se emplea la ecuación de intensidad recomendada por el INAMHI (CPE INEN: 009-001 y CPE INEN: 009-002), el organismo hidrológico se encarga de establecer las especificaciones necesarias para facilitar la creación de diseños adecuados para distintos tipos de construcciones. Gracias a estos diseños podremos determinar los caudales máximos que tendrá el sistema de drenaje.

3.7.3. Diámetro de diseño.

El diseño del diámetro de nuestro sistema de alcantarillado sanitario se ajustará a las directrices proporcionadas en la norma CPE INEN 5-009-001.

Tabla 13

Normas y disposición de diámetro

Elemento	Diámetro Mínimo
Conexiones domiciliarias	0.1 metros (m)
Colectores, Ramales	0.15 metros (m)

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2020)

3.7.4. Velocidad.

Los colectores primarios, secundarios y terciarios de la red de alcantarillado deben mantenerse dentro de un rango de velocidad mínima permitida al operar bajo circunstancias de caudal máximo instantáneo, como se muestra en el cuadro a continuación:

Tabla 14

Normas y disposición de la velocidad

Velocidad Mínima	Velocidad Optima
0.45 metros (m)	0.6 metros (m)

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2020)

Según el CPE INEN 5-009-001 artículo 5.2.1.11 del reglamento para tuberías y colectores, las velocidades máximas varían en función del material elegido y tienen los siguientes valores:

Tabla 15

Normas y disposición de la velocidad de tuberías y colectores

Material	Velocidad Máxima	Coefficiente de Rugosidad
Uniones de mortero	4	0.013
Uniones de neopreno para nivel asfáltico	3.5 a 4	0.013
Asbesto o cemento	4.5 a 5	0.011
Plástico	4.5	0.011

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2020)

La fórmula de Robert Manning, propuesta en 1889 y que se muestra a continuación, será utilizada para calcular las velocidades en las tuberías. Esta fórmula es recomendada por las normas CPE INEN 5-009 en el párrafo 5.2.1.13. A continuación se presenta la fórmula a utilizar:

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

Abreviaturas:

V = Velocidad en metros sobre segundos $\left(\frac{m}{s}\right)$

n = Coeficiente de Rugosidad

R = Radio hidráulico

S = Pendiente

3.7.5. Especificaciones técnicas de tuberías.

Las profundidades y posiciones de las tuberías serán determinadas según el diseño planificado, el cual establece la carga que soportará sobre las cimentaciones, como el suelo, el acero y el asfalto o el cemento rígido, además de su carga vehicular diaria.

Los ramales domiciliarios serán instalados debajo de las aceras, y sus colectores se ubicarán junto a la calzada, de acuerdo con la normativa vigente CPE INEN 5-009, la cual abarca los artículos 5.2.1.4 y 5.2.1.5. Siempre que la red de tuberías de agua potable y la red de alcantarillado se encuentren en

paralelo, la red de alcantarillado deberá estar ubicada a 0,30 metros por debajo de la red de tuberías de agua potable, y se deberá mantener una separación de 0,20 metros entre ambas en el punto de cruce.

Las tuberías de alcantarillado deben ser instaladas debajo de los edificios que tengan menor altura que los demás. En el caso de que las tuberías estén diseñadas para soportar vehículos, se debe considerar una altura de 1,20 metros por encima de la clave o corona de la tubería. Es preferible que la red de agua potable sea construida en el lado opuesto de la calle en comparación con la red de alcantarillado sanitario.

3.7.6. Pendiente.

La pendiente en tuberías se refiere a la inclinación o declive que se le da a una tubería con el fin de permitir que el flujo de agua o líquido se desplace de manera eficiente. Esta pendiente se establece de forma que el líquido pueda fluir por gravedad desde un punto más alto hacia un punto más bajo, evitando acumulaciones y permitiendo la autolimpieza de la tubería. La correcta definición de la pendiente en tuberías es fundamental para garantizar un funcionamiento adecuado del sistema de alcantarillado o suministro de agua. Los tubos y colectores idénticos pueden autolimpiarse a las velocidades; esto se menciona en la sección 5.2.1.1 de las normas CPE INEN 5-009-001.

Tabla 16

Porcentajes mínimos para pendiente según su diámetro

Diámetro (mm)	Material	Pendiente mínimo (%)
Desde 160 a 200		0.3
Desde 250 a 360	PVC	0.2
Desde 400 a 450		0.1
Desde 500 en adelante	PVC Hormigón Armado	0.1

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2020)

3.7.7. Rugosidad.

A efectos de gestión de proyectos, es necesario examinar a fondo la rugosidad de las tuberías. El término "rugosidad" describe variaciones diminutas en la superficie nominal que se dispersan por zonas minúsculas y tienen su

origen en las propiedades del material y el proceso de formación de la superficie. El material utilizado para construir las paredes de los tubos, su acabado y el tiempo de uso influyen en su rugosidad. Para una tubería de 155,3 mm, el espesor de la capa límite laminar es de 0,5 mm. Para determinar los valores de rugosidad, se aconseja realizar mediciones sobre el terreno y en el laboratorio. Basándome en las normas CPE INEN 5-009-002. de coeficiente de rugosidad según el material de tubería.

Tabla 17

Datos de materiales según su velocidad y coeficiente

Material	Velocidad máxima en metros sobre segundo	Coefficiente de rugosidad
Hormigón simple	-	-
Uniones de mortero	4.00	0.013
Uniones de neopreno para nivel freático alto	3.50 a 4.00	0.013
Asbesto o cemento	4.50 a 5.00	0.011
Plástico	4.50	0.011

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2020)

3.7.8. Pozos de revisión.

Los pozos de revisión representan estructuras diseñadas con el propósito de facilitar la entrada a las redes o conductos de alcantarillado, especialmente para su limpieza. Estas construcciones están compuestas por un cuerpo, una tapa de hormigón armado, una base de hormigón simple y estribos. Los pozos de registro desempeñan un papel fundamental en los sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario al posibilitar el mantenimiento y la inspección de los conductos de alcantarillado, contribuyendo así a mantener un flujo de agua adecuado y prevenir obstrucciones. Además, el acceso a las arquetas de los conductos de alcantarillado permite identificar y solucionar rápidamente problemas, lo que puede prevenir daños significativos y costosos.

Para especificar la información sobre la distancia entre pozos de registro, que variará en función del tamaño de la tubería, deberá seguirse el "Código de

prácticas para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable y de evacuación de excrementos y residuos líquidos" del apartado 5.2.1.3.

Tabla 18

Diámetro de tubería y distancias para pozos

Diámetro de tubería (mm)	Distancia máxima entre pozos (m)
Menor a 350 milímetros	100 metros
Entre 400 a 800 milímetros	150 metros
Mayor a 800 milímetros	200 metros

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2020)

El espacio que circunda la parte superior del pozo deberá ser de al menos 0,60 m, de acuerdo con las regulaciones actuales. Se sugiere el uso de un molde cónico para lograr una inmersión más eficiente en el pozo, y el diámetro del pozo se determinará en función del diámetro máximo de la tubería. A continuación, se presenta la tabla correspondiente a las normas CPE INEN del literal 5.2.3.4.

Tabla 19

Datos de diámetro para tubería y pozo

Diámetro de tubería (mm)	Diámetro de pozo (m)
Menor o igual a 550	0
Mayor a 550	Diseño especial

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2020)

3.7.8.1. Cunetas y Sumideros.

En el contexto de un proyecto de alcantarillado, la selección y disposición de las cunetas y sumideros es crucial para garantizar un sistema eficiente de drenaje. Estos elementos desempeñan un papel fundamental en la recolección y descarga de aguas pluviales, contribuyendo a mantener la infraestructura urbana en óptimas condiciones. La correcta ubicación de las cunetas y sumideros, así como su capacidad de manejar caudales variables, son aspectos determinantes para el funcionamiento efectivo del sistema de alcantarillado.

Según los requisitos actuales, al diseñar las cunetas debemos tener en cuenta una pendiente transversal mínima del 1% y una pendiente mínima del

4%. En las carreteras donde esté prohibido el estacionamiento prolongado, los diseños de cunetas tendrán en cuenta una profundidad máxima de 15 cm y una anchura de 60 cm. Se tendrá en cuenta una anchura de cuneta de un metro para las carreteras en las que esté permitido el estacionamiento o ya exista.

El caudal que llevará una cuneta, de acuerdo con las disposiciones de CPE INEN 5-009-001 del apartado 5.2.4.5, se determinará utilizando la fórmula de Manning ajustada por Izzard, la cual se presenta a continuación:

$$Q = 0.375 * \left(\frac{Z}{n}\right) * 1^{\frac{1}{2}} * y^{\frac{8}{3}}$$

Abreviaturas:

Q = Caudal en metros cúbicos sobre segundos $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

Z = Inverso a la pendiente transversal n = Coeficiente de escurrimiento

I = Pendiente longitudinal de la cuneta Y = Tirante de agua en la cuenta

3.7.9. Materiales.

La selección de materiales para un proyecto de alcantarillado es de suma importancia. Los materiales utilizados deben ser duraderos, resistentes a la corrosión y capaces de soportar las condiciones ambientales adversas. La eficiencia en la instalación, la facilidad de mantenimiento y la capacidad para mantener un flujo hidráulico adecuado también son consideraciones clave. La elección acertada de materiales garantiza la funcionalidad a largo plazo del sistema de alcantarillado, reduciendo los costos de mantenimiento y minimizando los riesgos de obstrucciones y fugas. En resumen, la importancia de los materiales en un proyecto de alcantarillado radica en su capacidad para garantizar la durabilidad, eficiencia y funcionalidad del sistema en el tiempo.

3.7.9.1. Tubería de PVC.

El PVC es un material ampliamente utilizado en sistemas de alcantarillado de aguas pluviales debido a sus numerosas ventajas. Su ligereza y facilidad de manejo lo hacen ideal para la instalación, lo que reduce significativamente el tiempo y la mano de obra necesarios. Además, su resistencia a la corrosión y a los productos químicos garantiza una larga vida útil, lo que se traduce en

menores costos de mantenimiento a lo largo del tiempo. En términos de eficacia, los tubos de PVC ofrecen un flujo hidráulico suave y constante, lo que minimiza los riesgos de obstrucciones y facilita la evacuación eficiente de aguas pluviales. En resumen, los tubos de PVC son una elección óptima para sistemas de alcantarillado de aguas pluviales debido a su facilidad de uso, resistencia y eficacia en la instalación. Las dimensiones y especificaciones se trataron en el punto anterior.

3.7.9.2. Tuberías de Hormigón.

Los tubos de hormigón pueden ser de hormigón simple o de hormigón armado. Algunos beneficios pueden ser:

- Bajo coeficiente de rugosidad.
- Fabricado para una amplia gama de resistencias, ajustando exclusivamente el grosor de las paredes.

3.7.9.3. Tubos de Fibra de Vidrio.

Fabricar tubos de fibra de vidrio implica combinar hábilmente materiales para obtener un producto resistente y versátil. Estos tubos, creados mediante la superposición de capas de fibra de vidrio saturadas con resina, ofrecen una solución duradera para diversas aplicaciones. Son comúnmente utilizados en el alcantarillado debido a sus propiedades impermeables y su capacidad para resistir la corrosión.

La existencia de diversos tipos de tubos de fibra de vidrio, adaptados a distintas necesidades, inicia un proceso de moldeado de estos elementos conforme a las especificaciones requeridas. Desde tuberías simples hasta sistemas de alcantarillado completos, estos tubos son configurados para satisfacer diversas demandas.

La ligereza inherente a los tubos de fibra de vidrio facilita tanto su transporte como instalación, generando una reducción en los costos asociados a estas operaciones. Los beneficios que estos tubos aportan al alcantarillado son abundantes; su resistencia a la corrosión asegura una mayor durabilidad en comparación con otros materiales, previniendo la necesidad de costosas reparaciones con el paso del tiempo. Además, su capacidad para soportar cargas pesadas sin comprometer la integridad estructural los convierte en una

elección fiable y eficaz para la gestión de aguas residuales. En resumen, los tubos de fibra de vidrio no solo representan una opción práctica y duradera, sino que también desempeñan un papel significativo en la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado.

3.7.9.4. Tubería de conexión.

Los tubos de conexión son una parte esencial de cualquier sistema de alcantarillado y tienen una serie de ventajas y características que los hacen ideales para su uso en este tipo de aplicaciones. En primer lugar, los tubos de conexión son muy fáciles de instalar y requieren muy poco mantenimiento. Esto los hace ideales para su uso en sistemas de alcantarillado de aguas pluviales, ya que pueden instalarse rápidamente y sin problemas. Además, los tubos de conexión son muy resistentes y duraderos, lo que significa que pueden soportar las condiciones más duras y seguir funcionando de manera efectiva. Según las normas de Diseño para sistema de alcantarillado EMAAP 4.2.15.2:

Tabla 20

Tubería de conexión según su materia y resistencia

Tuberías de conexión		
Material	Kb	
1	1.5	1.00
2	0.40	0.50

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2020)

3.7.9.4. Cemento.

“Como se endurece al entrar en contacto con el agua, el cemento es un polvo fino y blando que se emplea como aglutinante. Se fabrica calcinando y moliendo una combinación de piedra caliza y arcilla.” (Ferrovia, 209).

Es un material fundamental en la vida moderna, utilizado en edificios, carreteras y otras infraestructuras. Su versatilidad y resistencia lo convierten en un pilar de la ingeniería y el diseño arquitectónico. Desde su invención, el cemento ha transformado la forma en que construimos y vivimos, siendo un elemento esencial en el desarrollo de las sociedades.

- **Cemento Portland:** Fabricar y utilizar en todo el mundo es una práctica común con el cemento. Es ampliamente empleado para diversos fines, tales como la elaboración de hormigón, mortero (para mampostería), yeso, lechada y masilla para paredes.
- **Cemento con alto contenido de alúmina:** Resulta ideal para construcciones expuestas a temperaturas elevadas o que generen calor en exceso, como fundiciones, talleres y materiales refractarios.
- **Cemento de Escoria de alto horno:** Utilizar en suelos o aguas subterráneas que contengan más del 0,2% o 0,3% g/l de sales de sulfato de calcio, respectivamente.

3.7.9.5. Madera.

Utilizar madera en la construcción ha sido una práctica versátil y ancestral. Este material, obtenido del interior de los árboles, se emplea de manera significativa en encofrados, brindando una estructura temporal que da forma y soporta el concreto durante el fraguado. La madera se emplea ampliamente en la construcción de alcantarillados debido a su disponibilidad, facilidad de manipulación y capacidad para adaptarse a diversas formas. Cada tipo de madera posee características particulares que influyen en la resistencia y durabilidad del encofrado final. Existe distintos tipos de madera en encofrados, desde maderas blandas como el pino hasta maderas duras como el abeto. Cada tipo de madera posee características particulares que influyen en la resistencia y durabilidad del encofrado final. Asimismo, la madera laminada y contrachapada son opciones populares para encofrados debido a su estabilidad dimensional y resistencia a la deformación.

3.7.9.6. Varillas de Acero.

Fabricar varillas de acero implica un proceso meticuloso que transforma este material en un componente esencial para la construcción. Estas varillas, también conocidas como barras de refuerzo, se crean mediante la deformación de barras de acero mediante laminación en caliente, un procedimiento que les confiere la resistencia y durabilidad necesarias para su uso en construcción.

Las varillas de acero encuentran una aplicación destacada en la construcción de alcantarillados. Su función principal es reforzar estructuras de

concreto, proporcionando resistencia a la tracción y mejorando la capacidad de soporte de la infraestructura. Estas varillas se colocan estratégicamente en el interior de las estructuras de concreto para contrarrestar las fuerzas de tensión a las que puede estar expuesto el material.

Clasificar los distintos tipos de varillas de acero según su resistencia y propiedades físicas es fundamental en la industria de la construcción. Entre las variantes más comunes se encuentran las barras lisas y las corrugadas. Estas últimas se caracterizan por presentar superficies estriadas que mejoran significativamente la adherencia con el concreto, lo que a su vez optimiza la eficacia del refuerzo estructural. Las barras de acero corrugado son preferidas en aplicaciones de alcantarillado debido a su capacidad para resistir tensiones y cargas, así como para proporcionar refuerzo estructural en condiciones subterráneas. Este tipo de varilla es especialmente valioso en entornos donde las estructuras pueden estar expuestas a condiciones adversas, como cambios de temperatura, humedad y otros factores ambientales que pueden afectar la integridad de la construcción.

3.7.9.7. Grava.

La grava se clasifica según su tamaño y se gradúa en diferentes categorías, desde grava fina hasta grava gruesa. Estas variaciones permiten adaptar el material a las necesidades específicas de cada proyecto. En el ámbito de la construcción de alcantarillados, la grava desempeña un papel crucial como componente de los lechos filtrantes y rellenos, proporcionando una base estable para las tuberías y ayudando en la gestión del flujo de aguas residuales. La versatilidad de la grava la convierte en un recurso valioso, ya que puede utilizarse tanto en la base de las zanjas como en la creación de capas de filtración en sistemas de alcantarillado. Su resistencia a la compresión y capacidad para resistir la erosión la hacen ideal para entornos subterráneos.

3.7.9.8. Agua.

El agua se utiliza en la construcción de alcantarillados para múltiples propósitos. Desde la mezcla de materiales como el concreto hasta la limpieza de tuberías y la compactación de suelos, este recurso desempeña un papel crucial en todas las etapas del proceso constructivo. Su capacidad para transportar

sedimentos y desechos resulta fundamental en la gestión eficaz de sistemas de alcantarillado.

Las normas relacionadas con el agua en la construcción de alcantarillados incluyen parámetros de calidad, requisitos de tratamiento y directrices para la gestión sostenible de recursos hídricos. Los tipos de agua utilizados en construcción, como agua potable o agua no potable tratada, dependen de los requisitos específicos del proyecto y las normativas locales. Los beneficios del agua en la construcción de alcantarillados son evidentes. Además de su función como componente esencial en el proceso constructivo, el agua también actúa como agente de limpieza y transporte, facilitando la correcta funcionalidad y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado. Su uso eficiente y sostenible es fundamental para asegurar la durabilidad y la eficacia a largo plazo de estas infraestructuras cruciales.

3.8. Aspectos del caudal de diseño.

El caudal de diseño se determinará aplicando las normas contenidas en el Código Ecuatoriano de la Construcción, CPE INEN 5 - 009 - 001, numeral 5.3.1. Este código sugiere calcular el caudal de diseño como el total de los caudales de aguas lluvias y aguas industriales, cada uno de los cuales será modificado por los coeficientes de retorno e incremento, caudales de infiltración y conexiones desfasadas.

Se utilizará el enfoque del hidrograma unitario de acuerdo con el apartado 5.4.2 de las presentes normas, teniendo en cuenta el área de diseño, que en este caso es el sector de Urdesa Central. Tal y como se recomienda en los apartados 5.4.3.1, 5.4.3.2 y 5.4.3.3, los caudales de proyecto a derivar para cuencas mayores de 5 km² deberán calcularse utilizando el enfoque del hidrograma unitario sintético.

La verificación de la capacidad de cada colector de gran capacidad se llevará a cabo al hacer transitar simultáneamente a través de ellos los hidrogramas del escurrimiento superficial.

$$Q = 2.780 \text{ CIA}$$

Abreviaturas:

$Q =$ Caudal en metros cúbicos sobre segundos $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

$C =$ Coeficiente de escurrimiento $I =$ Intensidad de lluvia (mm/h)

$A =$ Área de la cuenca (ha)

3.8.1. Coeficiente de escorrentía o escurrimiento.

El coeficiente de escorrentía es un parámetro utilizado en hidrología para describir la proporción de precipitación que se convierte en escorrentía. Se calcula dividiendo el volumen de escorrentía sobre una superficie determinada por el volumen total de precipitación sobre esa misma superficie. Este coeficiente varía según el tipo de suelo, la cobertura vegetal, la pendiente del terreno y otros factores. Es fundamental en el diseño de sistemas de drenaje, control de inundaciones y en la gestión de recursos hídricos.

Para la determinación del coeficiente “C” se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

- Infiltración.
- Almacenamiento y retención superficial.
- Evaporación.
- Tipo de suelo.
- Pendiente o ladera.
- Vegetación.

Los coeficientes de escorrentía para cada tipo de zona figuran en la tabla siguiente, que se basa en las normas CPE INEN 5-009-001.

Tabla 21

Coeficientes de escorrentía según su zona

Coeficientes de Escorrentía	
Tipo de zona	Valores de C
Zonas centrales desarrolladas, red viales y calzadas	0.7 a 0.9
Zonas adyacentes con menor densidad poblacional	0.7

Zonas residenciales medianamente pobladas	0.55 a 0.65
Zonas residenciales con baja densidad poblacional	0.35 a 0.55
Parques, campos deportivos	0.1 a 0.2

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2020)

El coeficiente de escorrentía compuesto se determinará utilizando varios tipos de superficie con valores asociados al campo de proyecto, de acuerdo con el punto 5.4.2.3.

Tabla 22

Tipos de superficie según su material

Tipos de Superficie	
Materiales	C
Cubierta metálica o teja de vidriada	0.95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0.9
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones	0.85 a 0.9
Pavimentos de hormigón	0.8 a 0.85
Empedrados (juntas pequeñas)	0.75 a 0.8
Empedrados (juntas ordinarias)	0.4 a 0.5
Pavimentos de macadam	0.2 a 0.6
Superficies no pavimentadas	0.1 a 0.3
Parques y jardines	0.05 a 0.25

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2020)

3.8.2. Periodo de retorno.

El área del proyecto tiene un tamaño intermedio, por lo tanto, de acuerdo a los estándares de la norma CPE INEN 5-009-001, se aplicará el sistema de micro drenaje mencionado anteriormente. Según dicha normativa, se establece que un periodo de retorno de diez años es adecuado considerando la importancia y las características del proyecto. Para calcular el periodo de retorno, es necesario considerar diversos elementos.

- Importancia del sector.
- Sistema de micro o macro drenaje.
- Molestias causadas por inundaciones.

3.9. Cálculo de caudales de diseño.

Calculando cada caudal previsto para cada calle hasta el sumidero y estableciendo cada valor utilizando el enfoque razonable.

Se diseñó el caudal para cada calle hasta su entrada en el desagüe, teniendo en cuenta la última porción que estaría sometida al caudal de acuerdo con el manejo del enunciado matemático por parte de la técnica racional. En las tablas siguientes se muestran los resultados.

3.9.1. Cálculo de áreas y pendientes.

3.9.1.1. Cálculo de áreas y pendientes por calle.

Tabla 23

Resultados de cálculo de áreas y pendientes

Calle C. 11B - Las Monjas						
Tramo	Área		Cota Final (msnm)	Longitud (m)	Cota Inicial (msnm)	Pendiente (m/m)
-	m2	km2	-	-	-	-
01	1834	0.001834	3	240	3	0.000
Calle Guillermo Arosemena C. 01						
02	2953	0.002953	3	328	3	0.000
Calle Antonio Sánchez G. 01						
03	4183	0.004183	2	387	3	-1.000
Calle Leónidas García O.						
04	4633	0.004633	4	421	3	1.000
Calle Alfredo Pareja D.						
05	4981	0.004981	3	450	3	0.000
Calle Ficus						
06	3621	0.003621	3	322	3	0.000
Avenida de las Monjas 01						

07	7055	0.007055	2	394	3	-1.000
Avenida de las Monjas 02						
08	7055	0.007055	3	395	3	0.000
Calle Quinta						
09	3105	0.003105	3	272	3	0.000
Calle Carlos Cueva T.						
10	5274	0.005274	2	472	3	-1.000
Calle Guillermo Arosemena C. 02						
11	3333	0.003333	3	324	3	-1.000
Calle Antonio Sánchez G. 02						
12	4459	0.004459	3	388	2	1.000
Calle Pasaje Interior						
13	4245	0.004245	3	382	3	0.000
Calle Dátiles						
14	4977	0.004977	3	457	5	-2.000
Avenida Miguel Aspiazu C 01						
15	5575	0.005575	3	293	3	0.000
Avenida Miguel Aspiazu C 02						
16	5575	0.005575	4	244	3	1.000
Avenida del Rotarimos 01						
17	13297	0.013297	3	777	4	-1.000
Avenida del Rotarimos 01						
18	13297	0.013297	3	780	4	-1.000
Calle Los Cedros						
19	8891	0.008891	3	838	4	-1.000
Calles Bálsamos						
20	9852	0.009852	3	882	4	-1.000
Avenida Otto Arosemena G.						
21	13037	0.013037	3	953	3	0.000
Calle Primera						
22	3341	0.003341	2	287	3	-1.000

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

3.9.2. Cálculo de Caudales.

Tabla 24

Resultados del cálculo de caudales

Cálculo de caudales por áreas de cotas por calle				
Tramo	Área	C	I (mm/hr)	Q m3/seg
1	0.001834	0.2	340.0300	0.124723004
2	0.002953	0.2	340.0300	0.200821718
3	0.004183	0.2	340.0300	0.284469098
4	0.004633	0.2	340.0300	0.315071798
5	0.004981	0.2	340.0300	0.338737886
6	0.003621	0.2	340.0300	0.246249726
7	0.007055	0.2	340.0300	0.47978233
8	0.007055	0.2	340.0300	0.47978233
9	0.003105	0.2	340.0300	0.21115863
10	0.005274	0.2	340.0300	0.358663644
11	0.003333	0.2	340.0300	0.226663998
12	0.004459	0.2	340.0300	0.303238754
13	0.004245	0.2	340.0300	0.28868547
14	0.004977	0.2	340.0300	0.338465862
15	0.005575	0.2	340.0300	0.37913345
16	0.005575	0.2	340.0300	0.37913345
17	0.013297	0.2	340.0300	0.904275782
18	0.013297	0.2	340.0300	0.904275782
19	0.008891	0.2	340.0300	0.604641346
20	0.009852	0.2	340.0300	0.669995112
21	0.013037	0.2	340.0300	0.886594222
22	0.003341	0.2	340.0300	0.227208046

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Tabla 25

Resultados totales del cálculo de drenaje por áreas

Caudal de Drenaje por Áreas				
Tramos	Área total en km2	C	I	Q m3/seg
Todos	0.141628	0.2	340.03000	9.631553768

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

3.9.3. Cálculo de una bomba hidráulica.

La potencia de una bomba hidráulica es fundamental para su funcionamiento eficiente. Esta potencia se mide en vatios o caballos de fuerza, y es crucial para determinar la capacidad de la bomba para realizar trabajo. Con una potencia adecuada, la bomba hidráulica puede ofrecer un rendimiento óptimo en una variedad de aplicaciones industriales y comerciales.

A continuación, la fórmula para cálculo de potencia:

$$P = \frac{Q * H}{75} * k$$

Abreviaturas:

P = Potencia expresada en H. P. (Caballos de vapor)

Q = Caudal en $\left(\frac{\text{litros}}{\text{minutos}}\right)$

H = Altura en bar

K = Porcentaje específica (0.60)

3.9.3.1. Cálculo de Potencia en H.P. de una bomba hidráulica.

$$P = \frac{Q * H}{75} * k$$

$$P = \frac{577893.22 * 1.5}{450} * 0.60$$

$$P = 1155.79 \text{ HP}$$

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

4.1. Presentación y análisis de resultados.

Implementar el enfoque Ciudad Esponja en la ciudadela Urdesa representa un paso crucial hacia la gestión sostenible del agua y la reducción de inundaciones. Iniciando con un análisis exhaustivo de las características hidrográficas, climáticas y urbanas específicas de Urdesa, se propone diseñar e implementar sistemas de captación y almacenamiento de agua pluvial, así como incentivar a la construcción de infraestructuras verdes que fomenten la absorción y retención de lluvia. La creación de espacios permeables y la optimización del sistema de drenaje urbano serán fundamentales para prevenir inundaciones. Además, se abogará por la sensibilización y participación activa de la comunidad en este caso la ciudadela Urdesa Central, en la gestión del agua, fortaleciendo así la resiliencia y sostenibilidad del entorno. Este enfoque innovador no solo mejorará la calidad del agua y reducirá el riesgo de inundaciones por lluvia y desbordamiento del estero salado, sino que también sentará las bases para una gestión urbana más equitativa y sostenible en la ciudadela Urdesa.

4.1.1. Encuestas.

TEMA

APLICACIÓN DEL ENFOQUE CIUDAD ESPONJA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA Y LA REDUCCIÓN DE INUNDACIONES EN URDESA.

Encuesta dirigida a los habitantes de la Ciudadela Urdesa Central perteneciente a la provincia del Guayas – Guayaquil – Ecuador.

Género: Masculino Femenino Otros

Edad: _____

Pregunta 1:

¿Situación de vivienda?

Alquilado

Casa propia

Viviendo con familia

Pregunta 2:

¿Cree que debería haber un sistema adecuado de alcantarillado pluvial en el barrio de Urdesa Central?

Si

No

Talvez

Pregunta 3:

¿Está de acuerdo que el presente proyecto implemente un sistema de alcantarillado que reducirá las inundaciones en épocas de lluvia?

Si

No

Talvez

Pregunta 4:

¿Cree que las condiciones de vida del sector mejorarían si se construyera el sistema de drenaje pluvial?

Si

No

Talvez

Pregunta 5:

A la luz de las circunstancias existentes, ¿qué probabilidad cree que habrá de inundaciones tras la llegada de la tormenta invernal?

Muy alta

Alta

Medio

Bajo

Pregunta 6:

¿Alguna vez ha sufrido alguna pérdida material importante debido a las inundaciones?

Si

No

Pregunta 7:

¿Tiene lugar seguro contra inundaciones?

Si

No

Pregunta 8:

¿Ha tenido algún problema de salud como consecuencia de las inundaciones y de un sistema de drenaje pluvial inadecuado?

Si

No

Pregunta 9:

¿Sabe qué probabilidades hay de que se enferme si vive cerca de Estero Salado?

Si

No

Pregunta 10:

¿Está conforme con la realización de estas encuestas para la mejoría de la comunidad en la ciudadela Urdesa Central?

Si

No

4.1.2. Datos de Encuestas.

Se entrevistó a un total de 25 personas en dos días.

Pregunta 1:

¿Situación de vivienda?

Tabla 26

-	Número	Porcentaje
Alquilado	5	20%
Casa Propia	9	36%
Viviendo con familia	11	44%
Total	25	100%

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 2:

¿Cree que debería haber un sistema adecuado de alcantarillado pluvial en el barrio de Urdesa Central?

Tabla 27

-	Número	Porcentaje
Si	20	80%
No	3	12%
Talvez	2	8%
Total	25	100%

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 3:

¿Está de acuerdo que el presente proyecto implemente un sistema de alcantarillado que reducirá las inundaciones en épocas de lluvia?

Tabla 28

-	Número	Porcentaje
Si	22	88%
No	0	0%
Talvez	3	12%
Total	25	100%

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 4:

¿Cree que las condiciones de vida del sector mejorarían si se construyera el sistema de drenaje pluvial?

Tabla 29

-	Número	Porcentaje
Si	25	100%
No	0	0%
Talvez	0	0%
Total	25	100%

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 5:

A la luz de las circunstancias existentes, ¿qué probabilidad cree que habrá de inundaciones tras la llegada de la tormenta invernal?

Tabla 30

-	Número	Porcentaje
Muy alto	10	40%
Alto	5	20%
Medio	6	24%
Bajo	4	16%
Total	25	100%

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 6:

¿Alguna vez ha sufrido alguna pérdida material importante debido a las inundaciones?

Tabla 31

-	Número	Porcentaje
Si	10	40%
No	15	60%
Total	25	100%

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 7:

¿Tiene algún lugar seguro contra inundaciones?

Tabla 32

-	Número	Porcentaje
Si	24	96%
No	1	4%
Total	25	100%

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 8:

¿Ha tenido algún problema de salud como consecuencia de las inundaciones y de un sistema de drenaje pluvial inadecuado?

Tabla 33

-	Número	Porcentaje
Si	8	32%
No	17	68%
Total	25	100%

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 9:

¿Sabe qué probabilidades hay de que se enferme si vive cerca de Estero Salado?

Tabla 34

-	Número	Porcentaje
Si	20	80%
No	5	20%
Total	25	100%

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 10:

¿Está conforme con la realización de estas encuestas para la mejoría de la comunidad en la ciudadela Urdesa Central?

Tabla 35

-	Número	Porcentaje
Si	25	100%
No	0	0%
Total	25	100%

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

4.2. Breve estudio de impacto ambiental.

El estudio del impacto ambiental para la construcción de un alcantarillado pluvial cerca de un estero salado es una tarea crucial para evaluar los posibles efectos en el ecosistema. Se requiere un análisis de cómo la construcción y el funcionamiento del alcantarillado pluvial pueden afectar la calidad del agua, la flora, la fauna y el equilibrio general del ecosistema cercano al estero salado. Este estudio debe considerar también aspectos como la erosión del suelo, la contaminación del agua, la alteración de los hábitats naturales y la posible afectación de especies protegidas. Es fundamental realizar un análisis exhaustivo que permita identificar posibles impactos negativos y establecer medidas de mitigación adecuadas para proteger el entorno natural.

4.2.1. Principales problemas en el área de estudio.

Entre ellas se encuentran la posible contaminación del estero salado debido a vertidos de aguas residuales, la alteración de los ecosistemas acuáticos y terrestres cercanos. Además, la construcción de la red de alcantarillado pluvial

puede provocar cambios en los patrones de flujo de agua, lo que a su vez podría afectar la biodiversidad y el equilibrio ecológico de la zona. Estas problemáticas requieren un análisis y la implementación de medidas de mitigación efectivas para minimizar el impacto ambiental negativo.

4.2.1.1. Medio Climático.

El medio climático ideal para la construcción de una red de alcantarillado pluvial cerca de un estero salado sería aquel con precipitaciones moderadas y bien distribuidas a lo largo del año. Un clima templado con lluvias regulares permitiría que el sistema de alcantarillado pluvial funcione eficientemente, capturando y dirigiendo el agua de lluvia hacia el estero salado de manera controlada. Además, un clima que no presente eventos extremos de lluvia o sequías prolongadas sería beneficioso para el funcionamiento sostenible de la red de alcantarillado pluvial y para la conservación del entorno natural circundante al estero salado.

4.2.1.2. Ruido.

La recomendación para el ruido de la estación de bombeo ideal para poder realizar una red de alcantarillado de agua pluvial cercana a un estero salado sería que la planta y las bombas sean de baja emisión sonora. Es crucial minimizar el ruido generado por la operación de la planta de bombeo para no perturbar el entorno natural y las especies que habitan en el área del estero salado. Se deberían implementar medidas de control de ruido, como el uso de barreras acústicas y la ubicación estratégica de la estación, para mitigar cualquier impacto sonoro en el ecosistema circundante.

Parámetros:

- Nivel de emisión sonora: Se debe seleccionar una estación de bombeo con bajos niveles de emisión sonora para minimizar el impacto.
- Capacidad de bombeo: La capacidad de bombeo debe adecuarse a las necesidades del sistema de alcantarillado pluvial, evitando el sobredimensionamiento del odío que oscila entre los 2000 y 5000 Hz (Hertz) que pueda generar ruidos innecesarios.

Medidas:

- Ubicación estratégica: Instalar la estación de bombeo en una ubicación que minimice la transmisión del ruido hacia el estero salado y sus alrededores.
- Mantenimiento preventivo: Realizar un mantenimiento regular de las bombas y equipos para reducir el ruido asociado a su funcionamiento.

4.2.1.3. Calidad de aire.

Las condiciones óptimas de calidad de aire y control de olores para una red de alcantarillado pluvial cercana a un estero salado implican ciertos parámetros y medidas específicas:

Parámetros y Datos:

- Concentración de H₂S (sulfuro de hidrógeno): La concentración de H₂S en el aire debe mantenerse por debajo de 5 partes por millón (ppm) para evitar olores ofensivos y posibles impactos en la salud humana.
- Control de compuestos orgánicos volátiles (COV): Es importante monitorear y controlar los COV generados por el sistema de alcantarillado para mantenerlos dentro de los límites establecidos por las regulaciones ambientales.
- Medición de olores: Se deben realizar mediciones de olores utilizando unidades de olor específicas (UOS) para evaluar y controlar la emisión de olores desagradables.

Medidas:

- Sistema de desodorización: Implementar sistemas de desodorización, como filtros de carbón activado, para eliminar los olores provenientes de la red de alcantarillado.
- Adecuado mantenimiento: Realizar un mantenimiento regular de la red de alcantarillado para prevenir la acumulación de sedimentos y la formación de olores indeseados.
- Monitoreo continuo: Establecer programas de monitoreo continuo de la calidad del aire y olores para detectar y corregir cualquier desviación de los parámetros establecidos.

4.2.2. Consideraciones importantes durante la construcción.

Durante la construcción de una red de alcantarillado y estación de bombeo de agua cercana a un estero salado, es importante que se tomen medidas para garantizar la protección del ecosistema circundante. Esto incluye la implementación de sistemas de contención de sedimentos, la gestión adecuada de los desechos de construcción, y el seguimiento de las regulaciones ambientales para prevenir la contaminación del estero salado.

Así mismo se muestran a continuación:

- Ordenar y organizar.
- Nivelación y replanteo.
- Extracción natural del suelo a máquina.
- Relleno compactado a máquina con material mejorado.
- Retirada de material con máquina.
- Transporte de materiales pétreos mediante volquetes.
- Vibraciones y ruido provocados por el movimiento y la presencia de equipos.
- Construcción de obras de hormigón.

4.2.2.1. Identificación de elementos del entorno e impacto durante la fase de operación y mantenimiento.

Observar, analizar y documentar detalladamente los impactos del clima, la geografía y la ecología en el entorno operativo y de mantenimiento puede contribuir significativamente a la planificación y ejecución exitosa de las tareas relacionadas.

4.2.2.2. Acciones correspondientes durante la etapa de operación y mantenimiento.

Las acciones más relevantes pueden ser:

- Mantenimiento insuficiente de las instalaciones y sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- Problemas de funcionamiento de la depuradora y las redes de alcantarillado.

- Reconocer el valor de mantener la planta de tratamiento de aguas residuales y las redes de alcantarillado en excelente estado de funcionamiento.

4.3. Mantenimiento de la red de alcantarillado y estación de bombeo de agua.

Mantener adecuadamente la red de alcantarillado pluvial y la estación de bombeo de aguas lluvias es fundamental para asegurar el funcionamiento eficiente de estas infraestructuras. Inspeccionar regularmente las tuberías, limpiar los desagües, realizar pruebas de flujo y mantener en óptimas condiciones los equipos de bombeo son tareas esenciales para prevenir obstrucciones, asegurar la capacidad de drenaje y evitar posibles fallas en caso de lluvias intensas.

4.3.1. Mantenimiento.

4.3.1.1. Pozo de revisión.

El mantenimiento de pozos de revisión es una tarea crucial para garantizar el buen funcionamiento y la durabilidad de las infraestructuras de alcantarillado. Este proceso incluye inspecciones periódicas y medidas preventivas para asegurar que los pozos de revisión, también conocidos como registros sanitarios, se mantengan en óptimas condiciones. A continuación, sugerencias de campo:

- Examine las tuberías y cualquier cubierta expuesta para ver si están dañadas.
- Anota las fechas de cada procedimiento de mantenimiento en un diario.
- Lleve consigo una cuerda con un cable circular, una linterna y una herramienta para quitar la cubierta.
- Realice inspecciones durante un mínimo de seis meses.

4.3.1.2. Tramos de Tubería.

Realizar el mantenimiento de tramos de tubería emerge como una tarea esencial para asegurar la eficiencia y durabilidad de los sistemas de conducción de fluidos. Este proceso integral abarca una serie de pasos clave que, cuando se implementan de manera regular, contribuyen significativamente a la longevidad y al rendimiento óptimo de las infraestructuras. A continuación, sugerencias de campo:

- Siempre se recomienda purgar las primeras partes de las tuberías.
- Se desaconseja realizar el punto anterior durante el invierno.
- Se aconseja inundar las zonas intermedias hasta 60 cm.
- Reúna, ordene y guarde los instrumentos.
- Tome nota de la fecha en que se realizó el mantenimiento.

Medidas Correctivas:

Si no hay agua en el pozo, lo más probable es que haya una obstrucción en la parte aguas arriba del pozo. A continuación, se introduce una varilla de acero a mano o con ayuda de un equipo portátil, moviéndola en círculos hasta que se note resistencia. Posteriormente, se retira la varilla con los obstáculos enredados y se repite el proceso hasta destapar completamente la tubería. Una vez destapada, se procede a retirar los sólidos atrapados en la malla, descartándolos adecuadamente. Al concluir este procedimiento, se lleva a cabo la limpieza de las herramientas y se registra la fecha del mantenimiento en el libro correspondiente.

4.3.2. Seguridad del personal de mantenimiento.

El personal encargado del mantenimiento en una estación de bombeo de agua y alcantarillado pone en práctica medidas integrales de protección, seguridad, ejecución y prevención con el fin de garantizar un entorno de trabajo seguro y eficiente. En lo que respecta a la protección, se establece la obligación de utilizar equipo de protección personal (EPP).

Estas medidas están diseñadas para reducir al mínimo el riesgo de lesiones durante las diversas tareas de mantenimiento en la estación. En el ámbito de la seguridad, se desarrollan normativas y procedimientos operativos estándar específicos para las actividades de mantenimiento en la estación de bombeo. Se llevan a cabo inspecciones regulares de las instalaciones, herramientas y equipos, al tiempo que se fomenta la capacitación continua del personal en prácticas seguras. La comunicación efectiva entre los miembros del equipo se prioriza para abordar cualquier preocupación o riesgo potencial de manera oportuna.

Tabla 36

Parámetros y medidas de seguridad

Personal	Frecuencia	Actividades	Instrumentos de seguridad
Operador, ayudante más un peón.	Una vez cada seis meses.	Operación y mantenimiento de tramos de tubería para los sistemas de alcantarillado pluvial y estación de bombeo.	Botas de caucho, guantes, mascarillas, chalecos, reflectivos, cascos.

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)**4.3.3. Tratamiento primario de cámara de captación de agua.**

Cualquier sistema destinado a la eliminación de materiales orgánicos e inorgánicos sedimentables se denomina unidad de tratamiento primario, según las directrices establecidas por las Normas CPE-INEN sobre Estudio y Diseño de Sistemas de Tratamiento de Agua Potable y Aguas Residuales.

4.3.3.1. Paso Imhoff.

Previamente a la entrada del agua pluvial en la cámara de captación, se requiere que atraviese un proceso de filtrado mediante una criba y una malla de residuos de 100 mm y 50 mm, respectivamente. Dentro de dicha cámara, se ubican dos tubos destinados al abastecimiento y llenado. Asimismo, en esta última se localiza la tubería encargada de propulsar los lodos hacia el exterior de la estación, es decir, hacia el estero salado.

4.3.3.2. Cloro.

De conformidad con los requisitos establecidos en el capítulo 9-1 de las normas CPE INEN, se utilizará cloro, pero sólo con extrema precaución, en los casos en que los procedimientos de tratamiento no puedan alcanzar los niveles de desinfección requeridos.

En la fase final del proceso de desinfección, se empleará cloro como sustancia química, considerando cuidadosamente su peligrosidad para la salud humana y el pH del estero salado como parte del entorno ambiental. Se deben cumplir con las normativas establecidas para garantizar su uso adecuado. La cantidad de este compuesto químico utilizado en la desinfección del agua dependerá de la capacidad de la cámara de captación y puede presentarse en forma de tabletas, gránulos o líquido, todos diseñados para proporcionar una fuente durante 15 horas.

La introducción de tabletas deberá llevarse a cabo con el uso de una mascarilla y guantes adecuados, supervisando el trabajo y manteniendo el material químico restante reservado con las precauciones necesarias. Además, cualquier área aislada donde se maneje cloro u otros componentes químicos debe contar con la ventilación y las medidas de seguridad apropiadas.

4.4. Presupuesto.

Como parte de la propuesta para la red de alcantarillado pluvial (Ciudad Esponja), se ha calculado un presupuesto preliminar basado en el diseño previamente definido. Este presupuesto detalla los elementos ejecutables necesarios para llevar a cabo este tipo de proyecto, incluyendo cantidades, unidades y costos, tal y como se describe a continuación.

El importe de cada partida más la proporción que corresponde a los gastos indirectos es igual al presupuesto global. La Ley de Contratación Pública estipula que esta cantidad no puede ser superior al 25%.

Tabla 37

Presupuesto

Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
A	Trabajos Preliminares				
01	Limpieza y desbroce	m2	6220.00	1.04	6468.80
02	Replanteo y nivelación	km	2.15	640.10	1376.22
03	Caseta de bodega	Global	1.00	1600.00	1600.00
-	-	-	-	Subtotal	9445.02
B	Excavación General				

04	Excavación a máquina	m3	1609.84	1.83	2946.00
05	Relleno con material de sitio sin compactar	m3	1394.00	1.13	1575.22
06	Hormigón simple estructural. F'c = 280 kg/cm2	m3	320.00	220.77	70646.40
07	Provisión e instalación de malla electrosoldada R:335 (15cmx15cm*6mm)	m3	330.00	5.66	1867.80
-	-	-	-	Subtotal	77035.42
C	Suministro e Instalación de Tubería				
08	Provisión e instalación de tubo PVC rígido de pared estructurada e interior lisa D=250mm - Serie 5, incluye instalación.	ml	10056.25	20.80	209170.00
09	Provisión e instalación de tubo PVC rígido de pared estructurada e interior lisa D=125mm - Serie 5, incluye instalación	ml	607.14	25.60	15542.78
10	Prueba de estanqueidad de tubería PVC rígido de pared estructurada e interior lisa D=250mm	ml	10056.25	2.25	22626.56
11	Prueba de estanqueidad de tubería PVC rígido de pared estructurada e interior lisa D=125mm	ml	607.14	2.45	1487.50
12	Construcción de cámara Tipo I, D=900mm, hasta 2.5m de altura, circular, incluye tapa de hormigón	u	33.00	3600.00	11880.00
13	Colchón de Arena y Recubrimiento	m3	536.61	17.20	9229.69
14	Bombeo D=3"	Día	60.00	90.00	5400.00

15	Suministro y Colocación de sub-base espesor 20 cm	m3	411.91	32.00	13181.12
16	Transporte de material importado	m3/km	10.00	2.11	21.10
17	Suministro e Instalación de brida 90mm PEAD	u	33.00	40.00	1452.00
18	Suministro e Instalación de unión mango 90mm	u	33.00	12.00	396.00
19	Suministro e instalación de válvula mariposa con volante 3" metálica + accesorios	u	10.00	265.99	2659.90
20	Suministro e Instalación de válvula angular de 1 1/2" + accesorios	u	20.00	59.91	1198.20
21	Suministro e Instalación de tapón 90mm	u	10.00	22.00	220.00
-	-	-	-	Subtotal	294554.85
D	Caseta de Bombeo				
22	Relleno compactado con material de préstamo importado inc. transporte	m3	3110.00	80.00	248800.00
23	Ventanales con malla electrosoldada 10cmx10cmx6mm ventanales con malla electrosoldada 10cmx10cmx6mm	m2	20.20	20.70	418.14
24	Tubo cuadrado 2 3/8"x2mm (Vigas, Columnas, Viguetas) Tubo cuadrado 2 3/8"x2 m (Vigas, Columnas, Viguetas)	m	40.00	8.00	320.00
25	Provisión e Instalación de cubierta	m2	6.00	62.10	372.60
26	Puerta h=1,80m de malla electrosoldada (1 puerta de 1mx1,8m)	u	2.00	150.99	301.98
-	-	-	-	Subtotal	250212.72
E	Tanque Imhoff				

27	Excavación a máquina mayor a 3.50m de altura	m3	430.00	3.25	1397.5
28	Relleno con material importado (cascajo)	m3	30.00	18.12	543.60
29	Desalojo de material de 0.01km a 5km (incluye esponjamiento)	m3	430.00	3.90	1677.00
30	Provisión e instalación de tubería para alcantarillado norma INEN 2059 Tipo B de 200mm	ml	18.00	15.30	245.40
31	Hormigón simple F'c=240kg/cm2, inc. impermeabilización	m3	32.22	315.20	10155.74
32	Acero de refuerzo Fy=4200kg/cm2	kg	4500.00	2.50	11250.00
33	Encofrado y desencofrado	m2	294.21	40.00	11768.40
34	Mejoramiento de los accesos al tanque Imhoff con material importado hidratado y compactado	m3	55.40	34.70	1922.38
-	-	-	-	Subtotal	38960.02
F	Plan de Manejo Ambiental y Seguridad Laboral				
35	Cinta plástica de seguridad	ml	1500.00	40.40	60600.00
36	Señalización de obras y dispositivos de control temporal de tránsito	u	20.00	150.99	3019.80
37	Implementos de protección personal	u	30.00	43.05	1291.50
38	Letrero informativo de obra	u	10.00	120.20	1202.00
39	Agua para control de polvo	m3	1000.00	2.20	2200.00
40	Comunicados radiales	u	15.00	50.00	750.00
41	Charlas de concienciación	Día	3.00	20.00	60.00

42	Recipiente para desechos sólidos	u	10.00	30.99	309.90
43	Batería sanitaria	u	10.00	330.00	3300.00
45	Pasos peatonales de madera	u	10.00	190.50	1905.00
-	-	-	-	Subtotal	74638.20
G	Red de Colectores				
46	Provisión e instalación de tubo PVC rígido de pared estructurada e interior lisa D=440mm - Serie 5, incluye instalación	ml	500.00	50.20	25100.00
47	Provisión e instalación de tubo PVC rígido de pared estructurada e interior lisa D=500mm - Serie 5, incluye instalación	ml	100.00	53.50	5350.00
48	Provisión e instalación de tubo PVC rígido de pared estructurada e interior lisa D= 650mm - Serie 5, incluye instalación	ml	120.00	120.50	14460.00
-	-	-	-	Subtotal	44910.00
H	Muro Cabezal de Descarga				
49	Hormigón estructural F'c=280 kg/cm2	m3	35.00	420.60	14721.00
50	Acero de refuerzo Fy=4200kg/cm2	kg	710.00	2.50	1775.00
51	Encofrado y desencofrado	m2	75.00	40.00	3000.00
-	-	-	-	Subtotal	19496.00
I	Bombas de Agua y Motores				
52	Bomba sumergible 250HP, 380V, con válvula check incorporada de arranque directo.	u	4.00	2500.00	10000.00

53	Tapa metálica 1mx1mx1/4" 02 reforzado para pozo tubular	u	4.00	200.00	800.00
54	Loza de concreto armado 1.50mx1.50mx0.3m	u	2.00	130.00	260.00
55	Tubería de AG 4"x6.4mx0.4mm, con rosca de 6cm en cada extremo	U	10.00	50.00	500.00
56	Válvula tipo check de 4"	u	5.00	150.20	751.00
57	Válvula trampa de aire de 4"	u	2.00	200.00	400.00
58	Manguera transparente de ½"	m	50.00	10.00	500.00
59	Anillos de anclaje de tubería inoxidable 4" con soporte horizontal, de 2m, con 02 poleas de 4 toneladas	u	4.00	120.20	480.80
60	Empalme sumergible ScotchCast 3M	u	10.00	5.00	50.00
61	Cinta aislante vinílica 1600- 3M	u	5.00	10.00	50.00
-	-	-	-	Subtotal	13791.80
	Total = Subtotal A+B+C+D+E+F+G+H+I=				823044.03

Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones.

- Se ha desarrollado un sistema de alcantarillado pluvial completo, que incluye una estación de bombeo de agua, para atender las necesidades de la ciudadela Urdesa Central. Se llevó a cabo la conceptualización del sistema, se calcularon las demandas y los caudales correspondientes a cada área, y se determinaron los diámetros de las tuberías, considerando las presiones en cada nudo del sistema. Este proceso tuvo como objetivo principal mejorar el manejo del recurso hídrico en la zona de Urdesa Central, ubicada en Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Se obtuvo información detallada sobre la topografía, cotas, dimensiones, áreas y pendientes mediante visitas de campo, instituciones ecuatorianas, encuestas y exploración de la ciudadela. Se tiene constancia de que la situación actual de la ciudadela, especialmente durante las estaciones de lluvias intensas, no ofrece condiciones óptimas para la vida cotidiana. Por esta razón, se destaca la importancia de instaurar un sistema de alcantarillado pluvial eficaz, el cual incluiría una estación de bombeo de agua para mejorar significativamente la gestión de las aguas pluviales en la zona.
- Utilizando el programa WaterCAD, se procedió a modelar el sistema de red de alcantarillado pluvial, incorporando los caudales previamente y estableciendo los diámetros de las tuberías. En esta fase, se verificó las presiones necesarias para el óptimo funcionamiento del sistema fueran cumplidas. Además, se llevó a cabo la definición de los elementos que componen el sistema a través del mismo software, determinando diámetros de tuberías, seleccionando colectores y diseñando la bomba de agua. Este enfoque de modelado detallado asegura la eficiencia y correcto desempeño del sistema de alcantarillado pluvial, garantizando que se cumplan los requisitos de presión necesarios para su operación adecuada.

Recomendaciones.

- Se sugiere la implementación de un sistema de alcantarillado pluvial, que incluya una estación de bombeo de agua, y simultáneamente se propone llevar a cabo capacitaciones en la ciudadela sobre los diferentes tipos de estaciones de lluvias, así como sobre las acciones a tomar en situaciones extremas y desbordamientos del estero salado. La combinación de estas medidas, junto con el sistema de alcantarillado, contribuirá a mejorar la calidad de vida de manera sostenible y minimizará el impacto negativo en los ecosistemas circundantes.
- En el sector, se observan deficiencias en la construcción, tales como el tipo de asfalto utilizado, el estado de conservación de las vías y el diseño existente inadecuado del sistema de alcantarillado. Se busca encontrar una solución colaborativa con la municipalidad y la comunidad local para abordar estas cuestiones.
- A pesar de la sugerencia de una ubicación específica para la estación de bombeo de aguas pluviales, se aconseja que dicha elección se base en consideraciones detalladas sobre la precipitación y en cómo maximizar su capacidad operativa. Es esencial que tanto la tubería de alimentación como las de expulsión sean diseñadas con la finalidad de lograr un rendimiento óptimo, especialmente en comparación con la infraestructura principal del sistema. Además, se podría considerar realizar estudios adicionales sobre el comportamiento de la precipitación en la zona, el estado actual de las vías de acceso y otros factores que podrían afectar la eficiencia del sistema de alcantarillado pluvial. Estas medidas adicionales contribuirían a un diseño más robusto y adaptado a las condiciones específicas del entorno.

Bibliografía:

- (15 de Enero de 2022). Ing Geek: <https://www.ingegeek.site/2022/01/15/tipos-de-muros-utilizados-en-la-construccion/>
- (19 de Abril de 2022). EZDOCK: <https://www.ez-dock.com/es/blog/retaining-walls-for-waterfront-properties-what-you-need-to-know/>
- (21 de Marzo de 2023). Ecuavisa: <https://www.ecuavisa.com/noticias/guayaquil/guayaquil-se-inunda-sin-lluvia-ahora-por-la-marea-alta-GD4702091>
- Acondicionamiento bioclimatico. Jardines verticales. Aplicaciones y caso practico en la escuela de arquitectura de VallaDolid.* (2017).
- Aeropuerto José Joaquin de Olmedo. (2015). *Base de datos precipitación aeropuerto.*
- Alvarez, M. E. (2023). *Diseño de mezcla de concreto a base de polímeros super absorbentes.*
- Ballatyne, G. (26 de Julio de 2021). Transecto: <https://transecto.com/2021/07/que-es-la-infraestructura-azul-verde/>
- Bustos, C. P. (2019). *Guia de manejo integral de los residuos de construccion y demolicion en la ciudad de barranquilla.*
- Congreso Nacional del Medio Ambiente 2018 . (2018). *Agua y ciudad sistemas urbanos de dranje sostenible.*
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Seccion Primera Agua y Alimentacion.*
- Corporacion Electrica del Ecuador. (2015). *Plan de manejo ambiental.*
- Dimitar Harizanov. (2021). *STYLEPARK.* <https://www.stylepark.com/en/news/stefano-boeri-bosco-verticale-konzept-vertical-forrest-stylepark>
- Durango, G. A. (22 de Marzo de 2023). *Extra.* <https://www.extra.ec/noticia/actualidad/guayaquil-malecon-2000-urdesa-afectados-inundaciones-82307.html>
- Euklidiadas, M. M. (23 de Marzo de 2022). Tomorrow City: <https://tomorrow.city/a/ciudad-esponja>
- Excel Office. (2024). <https://chromewebstore.google.com/detail/excel-online/iljnkagajgfdmfnidjijjobijlfjfgnb?hl=es&pli=1>
- F, R. (2023). *Morfología y sedimentación del sistema estuarino Estero Salado - Rio Guayas.* Instituto Oceanográfico de la Armada, Guayaquil, Ecuador.
- Ferrovial. (209). *Ferrovial.* <https://www.ferrovial.com/es/recursos/cemento/>
- Fujiyama, E. W. (15 de Noviembre de 2022). *Los Angeles Times.* <https://www.latimes.com/espanol/vida-y-estilo/articulo/2022-11-15/experto-chino-idea-ciudades-esponja-ante-el-calentamiento>

- Google Earth. (2024). <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>.
<https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>
- Groch, D., y Cogliati, M. G. (2022). Medidas de mitigación contra inundaciones en la isla urbanizada "La Herradura", Neuquén, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*, 22.
- Hugo del Pozo Barrezueta. (2014). *Ley Organica de Recursos Hidricos, usos y Aprovechamiento del Agua*.
- Ibarra-Madrigal, S. M., Hernández-Montero, Y. N., Nahuat-Sansores, J. R., Rejón-Parra, D. G., Sánchez-Quijano, M. Á., Mena-Rivero, R., . . . Romero-Martín, Á. I. (2022). Diseño urbano sensible al agua para la zona kárstica de Bacalar, Quintana Roo, Mexico. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* , 11.
- Inahmi. (s.f.). *Ley del Instituto de Metereologia e Hidrologia, INAMHI*.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (2003). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. (2020). *Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*.
- Jaramillo, L. D. (2022). *Puerto Boyacá Esponja: Intervención urbana enfocada a la mitigación de inundaciones*.
- Jenkins, M. (2020). *Ciudad Esponja* .
- Krieger, P. (2020). *Ciudad Esponja. Un escenario pospandemico* .
- Ley Organica de Recursos Hidricos*. (2014).
- Martinez, A. A. (2022). *Influencia del Cambio Climático en las Enfermedades Transmitidas por Vectores*.
- PensemosVerdeMX. (5 de Julio de 2018). *Pensemos Verde*.
<https://pensemosverde.com/2016/07/05/pavimento-que-absorbe-agua/>
- Qianhui, A. Z. (2019). *Estudio de la planificación de la adaptación al clima extremo de la costa mediterránea española basada en el concepto de "Ciudad Esponja"*.
- Republica del Ecuador Asamblea Nacional. (2018). *Ley Organica de Recursos Hidricos, usos y Aprovechamiento del Agua*.
- Sales, M. V. (2020). *PATOLOGÍAS DEL ASFALTO POR OBRAS DE SUSTITUCIÓN DE RED EN GURUPI-TO*.

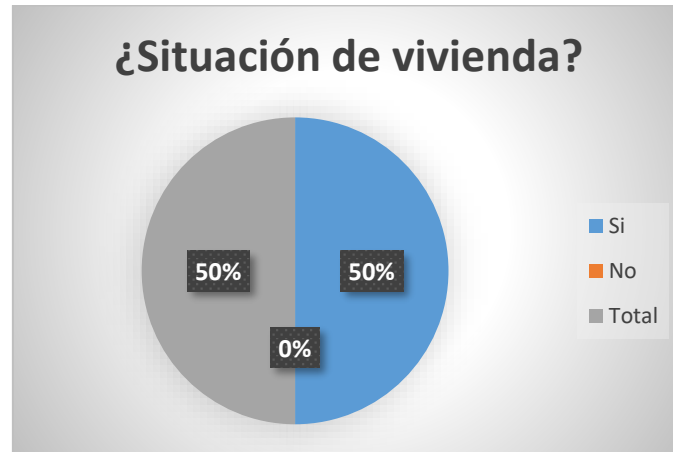
- Sánchez, V., González, R., Castañeda, G., García, C., y Aguilar, J. (2021). *Análisis para la implementación de azoteas verdes sobre losas de concreto armado. Un estudio de caso en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.*
- Secretaria de Gestión de riesgos. (2018). *Plan Nacional de Respuesta ante Desastres.*
- Structuralia Blog. (s.f.). *Structuralia*. <https://blog.structuralia.com/novedoso-pavimento-absorbente-topix-permeable>
- Tarmac. (5 de Julio de 2018). *Pensemos Verdes*.
<https://pensemosverde.com/2016/07/05/pavimento-que-absorbe-agua/>
- WaterCad. (2024). <https://www.bentley.com/software/openflows-watercad/>
- XUE, D. Z. (2020). *Sistemas de drenaje urbano sostenible.*
- Yuquilema, J. C. (2021). Evaluación del impacto socio ambiental del reservorio de siembra pluvial Yanarumi, cantón Guano. *Novasinería*, 13.
- Zarza, L. F. (05 de Julio de 2017). *iagua*: <https://www.iagua.es/blogs/laura-f-zarza/gestion-agua-espana-repaso-historia>

ANEXOS.

Anexo 1.

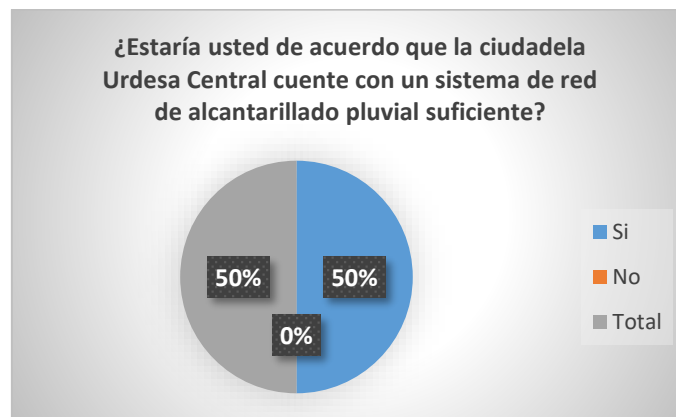
Gráficos de preguntas de la encuesta.

Pregunta 1:



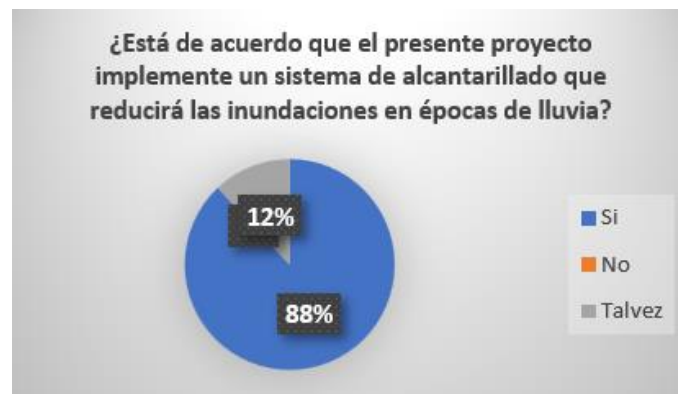
Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 2:



Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 3:



Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 4:



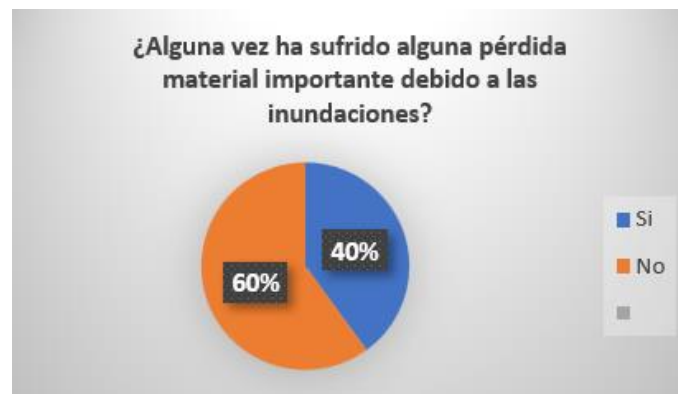
Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 5:



Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 6:



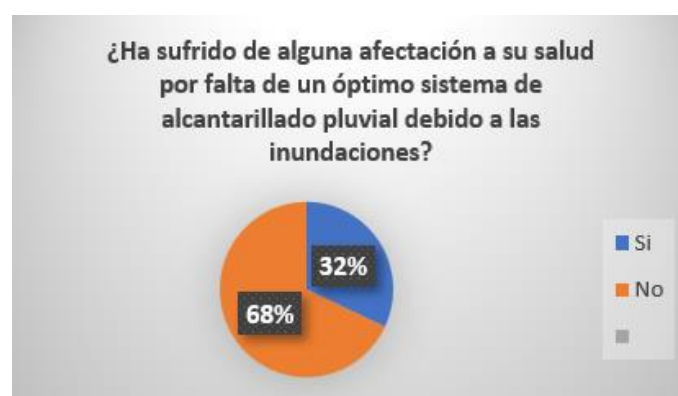
Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 7:



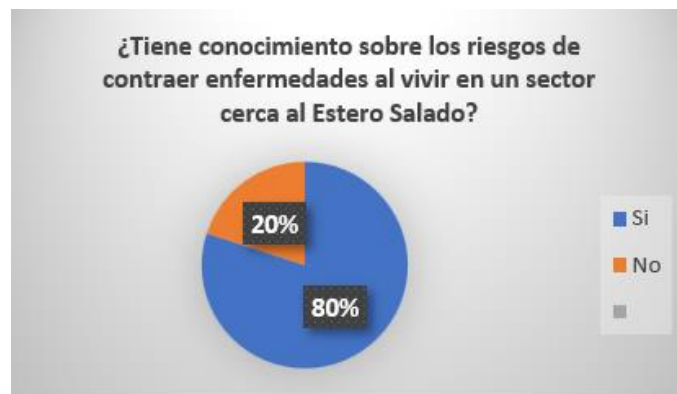
Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 8:



Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 9:



Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Pregunta 10:



Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Anexo 2.

Leyes ambientales.

Leyes de la Constitución de la República del Ecuador

Inclusión y Equidad – Habidad y Vivienda

Art. 375.- El Estado, en todos sus niveles de gobierno, garantizará el derecho al hábitat y a la vivienda digna, para lo cual:

1. Generará la información necesaria para el diseño de estrategias y programas que comprendan las relaciones entre vivienda, servicios, espacio y transporte públicos, equipamiento y gestión del suelo urbano.
2. Mantendrá un catastro nacional integrado georreferenciado, de hábitat y vivienda.
3. Elaborará, implementará y evaluará políticas, planes y programas de hábitat y de acceso universal a la vivienda, a partir de los principios de universalidad, equidad e interculturalidad, con enfoque en la gestión de riesgos.
4. Mejorará la vivienda precaria, dotará de albergues, espacios públicos y áreas verdes, y promoverá el alquiler en régimen especial.
5. Desarrollará planes y programas de financiamiento para vivienda de interés social, a través de la banca pública y de las instituciones de finanzas populares, con énfasis para las personas de escasos recursos económicos y las mujeres jefas de hogar.
6. Garantizará la dotación ininterrumpida de los servicios públicos de agua potable y electricidad a las escuelas y hospitales públicos.
7. Asegurará que toda persona tenga derecho a suscribir contratos de arrendamiento a un precio justo y sin abusos.
8. Garantizará y protegerá el acceso público a las playas de mar y riberas de ríos, lagos y lagunas, y la existencia de vías perpendiculares de acceso. El Estado ejercerá la rectoría para la planificación, regulación, control, financiamiento y elaboración de políticas de hábitat y vivienda.

(Republica del Ecuador Asamblea Nacional, 2018)

Normativa de la Construcción.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción, presenta los requerimientos y metodologías que deben aplicar al diseño sismo resistente de edificios.

Este apartado se constituye como un documento en constante actualización, necesario para el cálculo y diseño sismo resistente de estructuras, teniendo en cuenta el potencial sísmico del Ecuador. Varios profesionales del sector de la construcción toman decisiones en la etapa de diseño basándose en estos conceptos los cuales son:

Seguridad estructural de las edificaciones:

- NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas).
- NEC-SE-GC: Geotecnia y Cimentaciones.
- NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado.
- NEC-SE-AC: Estructuras de Acero.
- NEC-SE-MP: Mampostería Estructural.

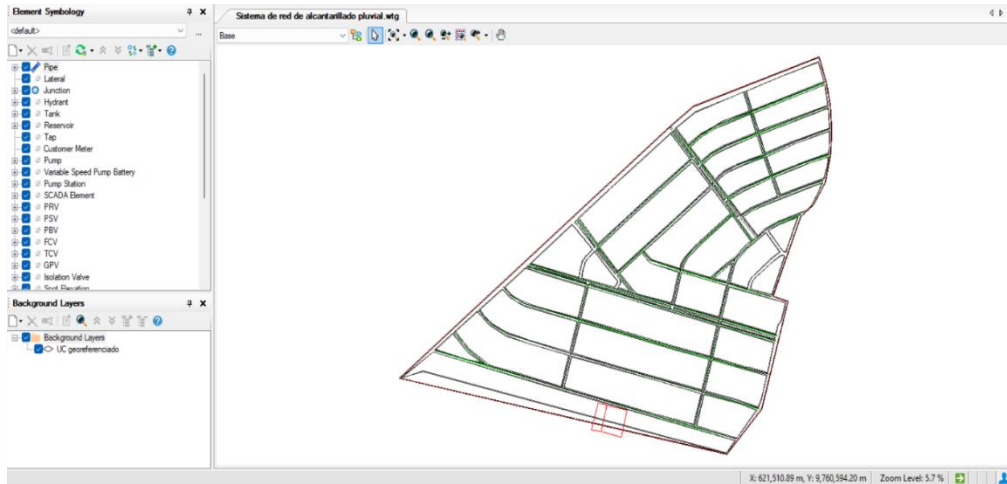
Guías prácticas de diseño de conformidad con la nec – 15.

- Guía para estructuras de hormigón armado.
- Guía para estructuras de acero.
- Guía de procedimientos y estándares mínimos para trabajadores de la construcción. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2020)

Anexo 3.

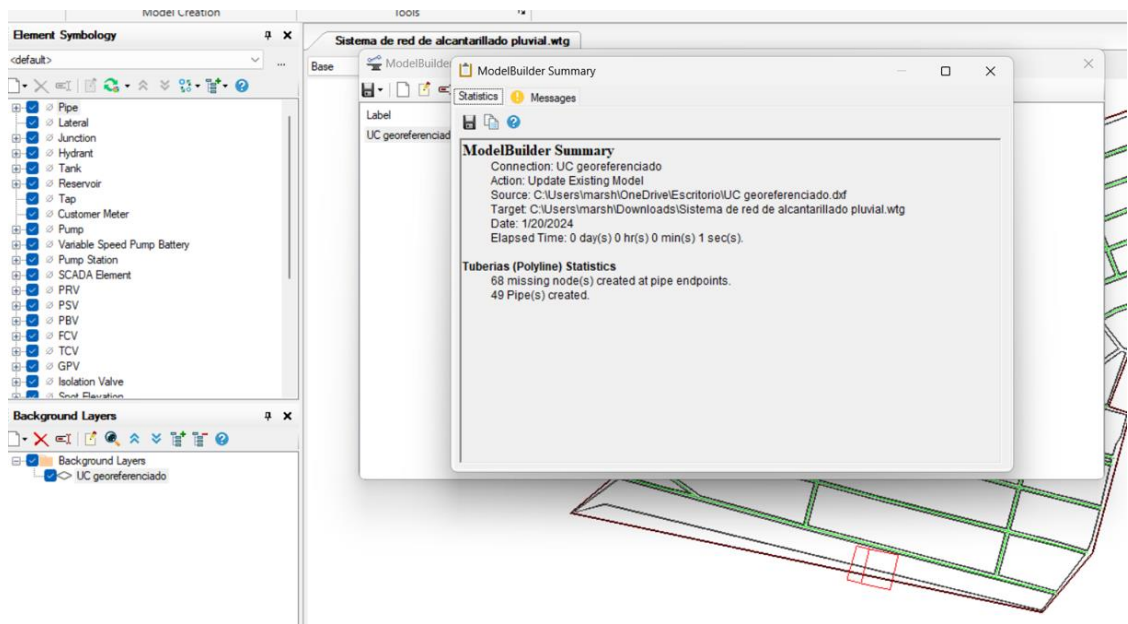
Software WaterCad para red de alcantarillado pluvial.

Importación formato CAD y delimitación de tuberías, colectores y pozos.



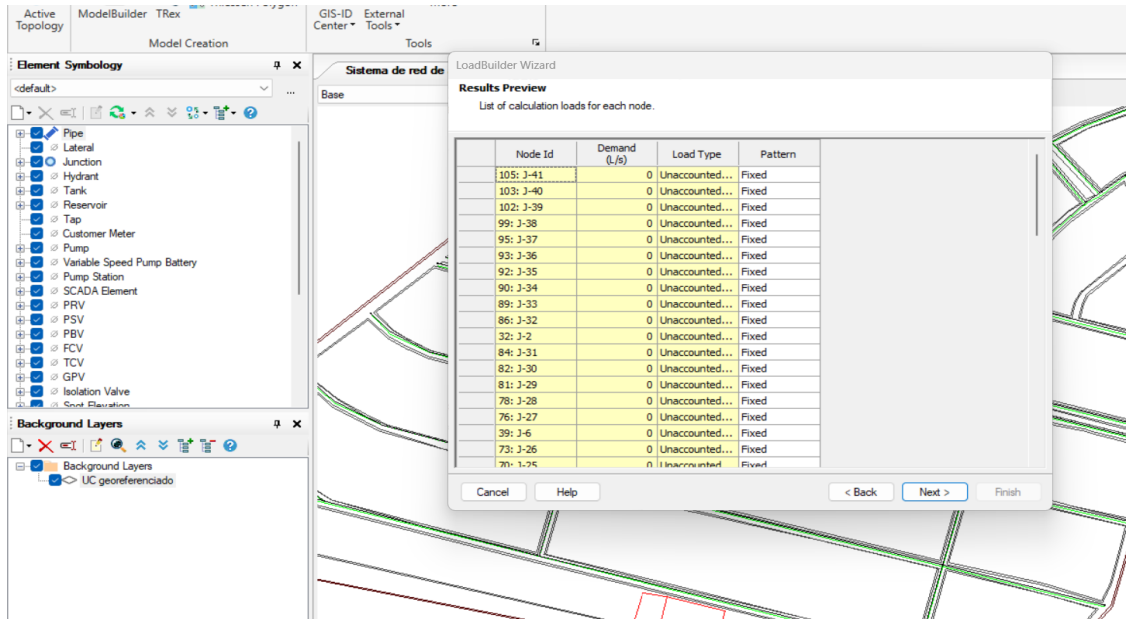
Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Se le añade los conectores y puntos de salida o descargas.



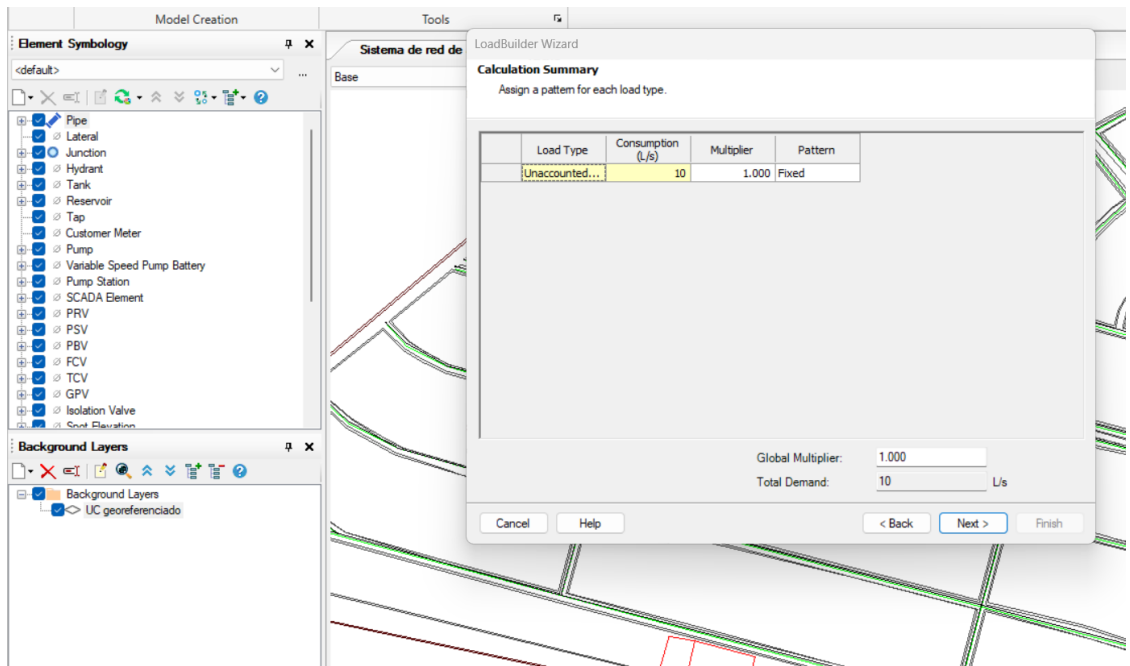
Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Se coloca cada medida, cota, pendiente, elevación y diámetro de tubería en el modelado.



Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

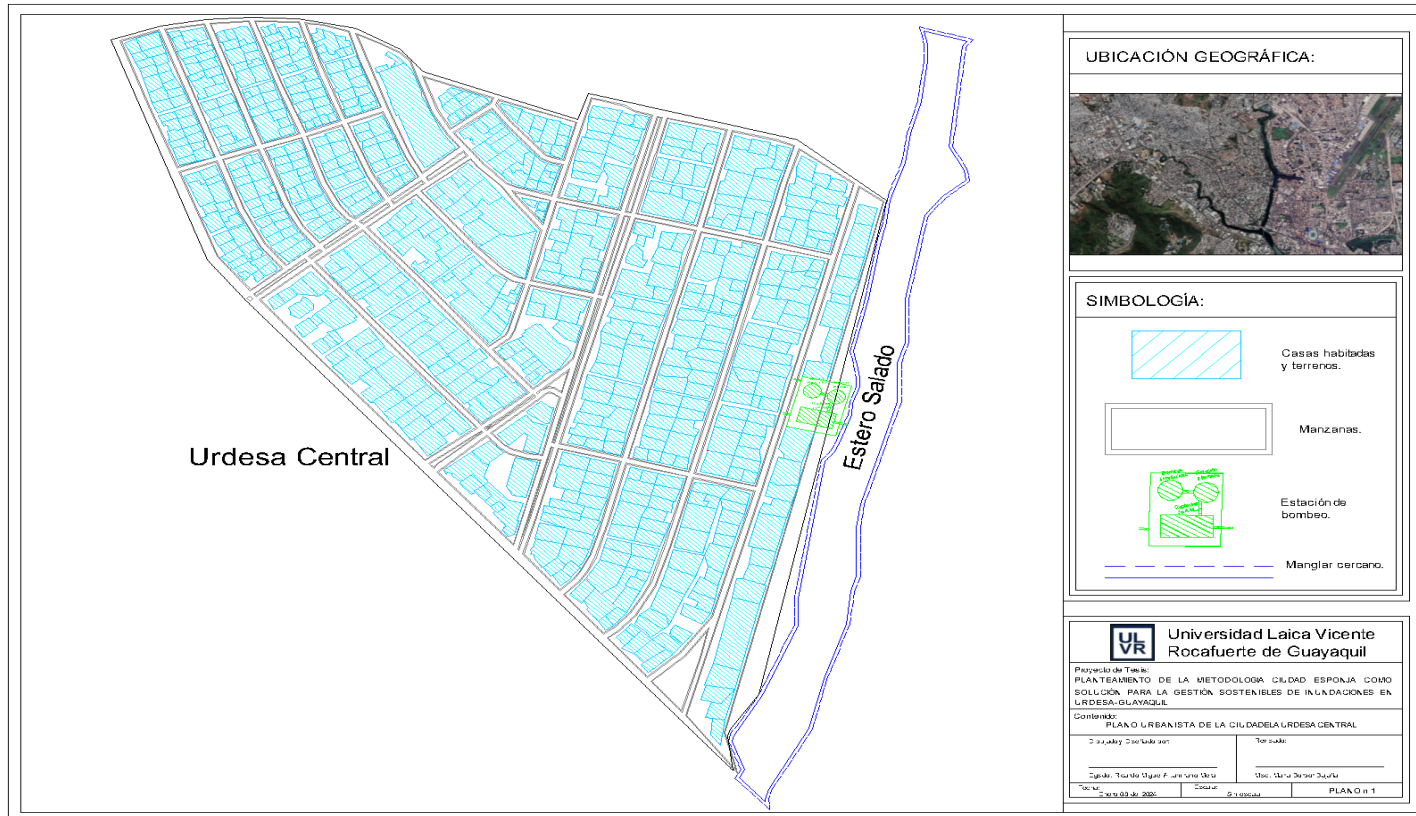
Y por último se obtiene el cálculo de caudal en m/s del sistema de red de alcantarillado pluvial.



Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Anexo 4.

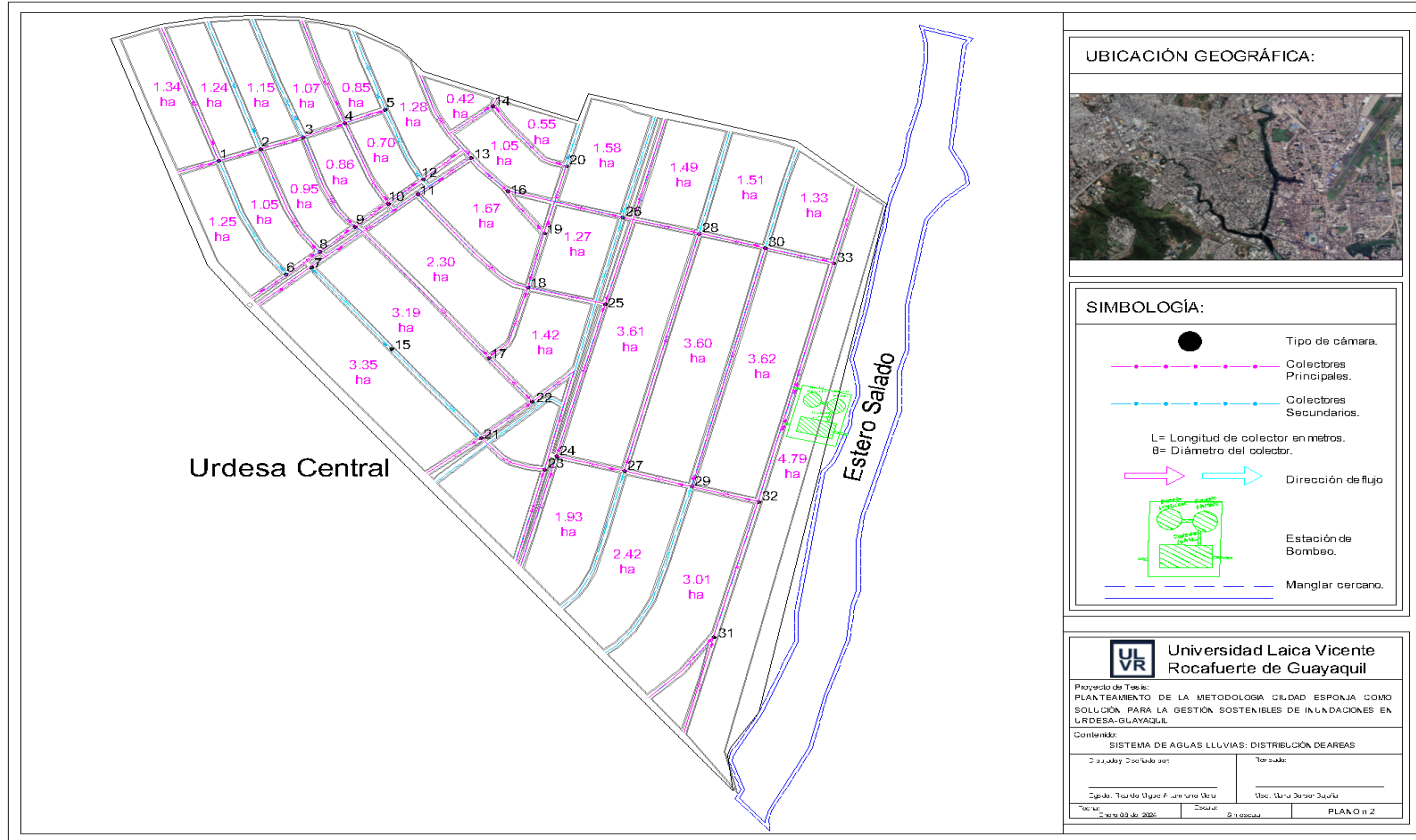
Plano urbanista de la ciudadela Urdesa Central



Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Anexo 5.

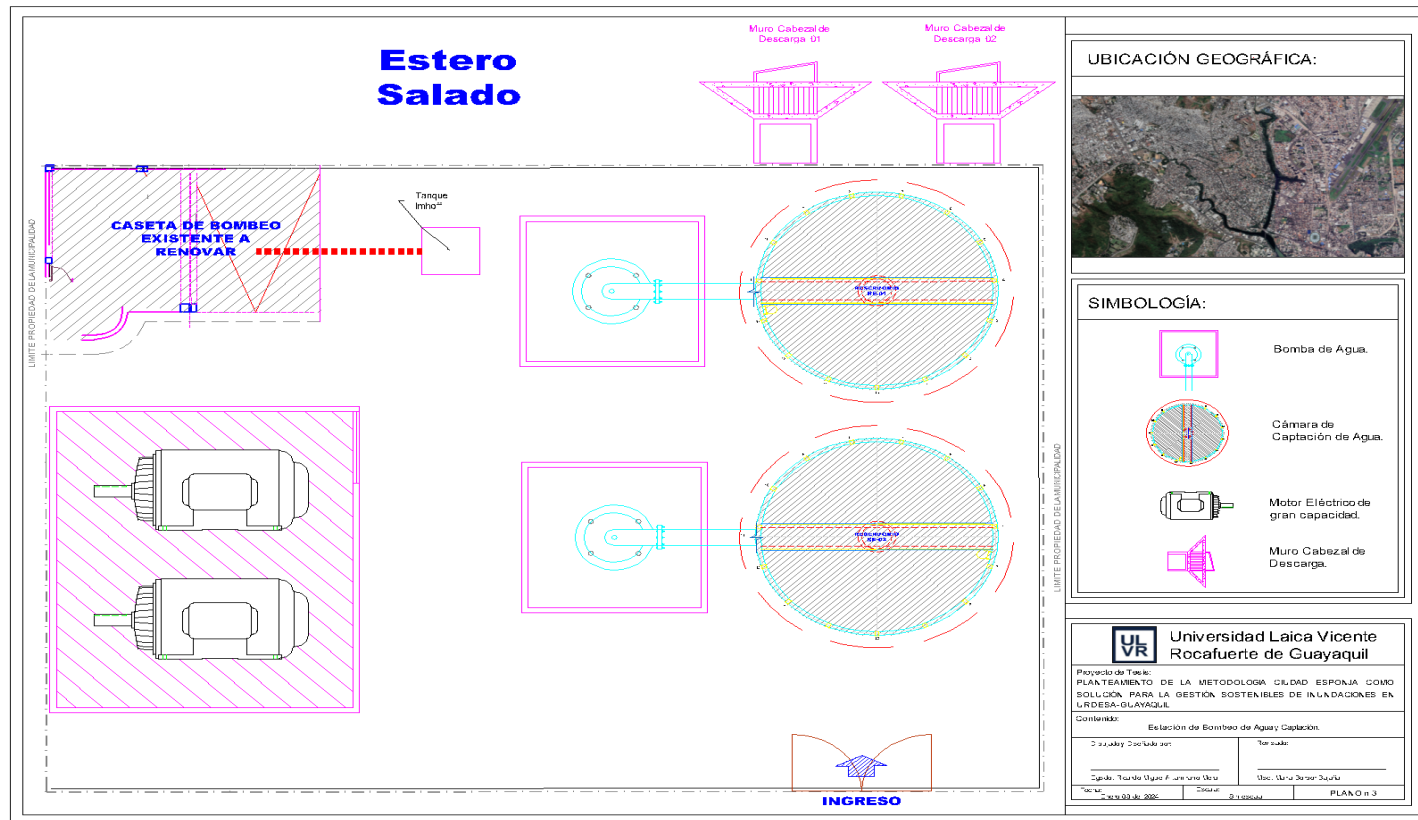
Plano sistema de aguas lluvias: distribución de áreas



Elaborado por: Altamirano, R. (2024)

Anexo 6.

Plano estación de bombeo y captación de agua.



Elaborado por: Altamirano, R. (2024)