



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA REDUCIR EL RIESGO DE  
INUNDACIONES EN LA CALLE N°3, URBANIZACIÓN YUMA II, MUNICIPIO SAN  
DIEGO, ESTADO CARABOBO.**

Autores:

Ashley De Abreu

Gianpiero Geraci

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA REDUCIR EL RIESGO DE  
INUNDACIONES EN LA CALLE N°3, URBANIZACIÓN YUMA II, MUNICIPIO SAN  
DIEGO, ESTADO CARABOBO.**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de  
**INGENIERO CIVIL**

Autores:

Ashley De Abreu CI: 26.781.275

Gianpiero Geraci CI: 28.347.378

Tutora:

Ing. Zhandra López CI: 18.106.232

San Diego, marzo de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

### ACTA DE APROBACIÓN

INFORME DE PASANTÍA |

TRABAJO DE GRADO |

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Diseño de Infraestructura Verde para reducir el riesgo de inundaciones en la calle N° 3.  
Urbanización Juma II Municipio San Diego  
Estado Carabobo

Realizado por el (la) Br. Giampiero Geraci

C.I. N° 28.347.378 cursante de la carrera de Ing. Civil


hace constar, después de haber analizado su contenido y oída la exposición oral, considera que el mismo ha sido:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

  
Tutor Académico (Coordinador)  
Nombre: Zhandra López  
C.I.: 18.106.232

  
Jurado  
Nombre: MANUEL FIGUEROA  
C.I.: 115.5796

  
Jurado  
Nombre: Gerardo Huguet  
C.I.: 4859589

Fecha 8 / 4 / 24





ACTA DE APROBACIÓN

INFORME DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Diseño de infraestructura vial para reducir el riesgo de inundaciones en la calle N° 3, Urbanización Juma II, Municipio San Diego Estado Carabobo.

Realizado por el (la) Br. Ashley De Abreu

C.I. N° 26.781.275 cursante de la carrera de Ingeniería Civil

hace constar, después de haber analizado su contenido y oída la exposición oral,

considera que el mismo ha sido:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

Tutor Académico (Coordinador)  
Nombre Zhandra López  
C.I. 18.106.232

Jurado  
Nombre Adrián Triguera  
C.I. 17315796

Jurado  
Nombre Gerardo Huguet  
C.I. 4859589

Fecha 8 / 4 / 24





UNIVERSIDAD  
JOSÉ ANTONIO PÁEZ

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

FI-L-002-2023-2CR-TG

San Diego, 01 de diciembre de 2023

Ciudadano(s):  
DE ABREU RODRÍGUEZ, ASHLEY NICOLE  
C.I.: 26781275  
GERACI BENCOMO, GIANPIERO  
C.I.: 28.347.378

Presente. -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería, en su reunión N° 12-2023 de fecha 26/10/2023, aprobó el proyecto de grado titulado:

**DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA REDUCIR EL RIESGO  
DE INUNDACIONES EN LA CALLE N° 3, URBANIZACIÓN YUMA II,  
MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO.**

Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a la profesora López López, Zhandra Sinai, titular de la cédula de identidad V-18106232.



Atentamente,

**Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia**  
Decana de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantía y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

Urb. Yuma II, calle 3, Municipio San Diego, estado Carabobo

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a mi madre, Anlibeth Bencomo, ya que es el pilar fundamental de mi vida, es la razón por la que me levanto cada día con el propósito de cumplir mis metas, gracias por haberme dado todas las herramientas necesarias durante cada etapa de mi vida para seguir adelante.

A mi hermano, Giovanni Geraci, que siempre ha sido clave durante cada etapa de mi vida, quien ha estado en todo momento, mi apoyo incondicional y mi impulso para mejorar siempre.

A mi padre, quien, a pesar de no estar físicamente presente, ha sido parte fundamental de mi vida y una de las razones que me motivan a seguir adelante.

A mis amigos, principalmente a Edixon Vargas, Catherine Ortega y Juan Sanchez quienes han estado conmigo durante prácticamente toda la carrera, gracias por esas reuniones de estudio que me ayudaron a pasar muchos exámenes y por los momentos buenos y malos que hemos pasado.

A mi novia, quien ha estado conmigo durante toda la carrera y ha estado siempre presente, en cada uno de los altos y bajos por los que he pasado durante esta etapa.

A mi compañera de tesis, que estuvo en todos los trasnochos de esta investigación, poniendo dedicación y preocupación por ella cada día.

A nuestra tutora, la Ingeniera Zhandra López, por apoyarnos en este último tramo de la carrera, gracias por aceptarnos de emergencia cuando nos quedamos sin tutor, por corregirnos para bien y brindarnos de conocimiento y aportes para nuestro trabajo final.

Por último, a mis profesores, los Ingenieros Manuel Figueira, Zhandra López, Jorge Gonzales, Alejandro Pocaterra, y principalmente a mi Padrino de promoción Daniel Zerpa, gracias a todos por llenarme de conocimientos valiosos y motivarme a ser mejor persona e Ingeniero cada día.

Gianpiero Geraci

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias a Dios, la fuente de toda sabiduría y conocimiento, por su guía y bendiciones a lo largo de este trayecto académico. Su presencia en mi vida ha sido la fuerza motriz que me ha permitido seguir adelante y alcanzar este logro.

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento y amor a mis padres, María Rodríguez e Higinio De Abreu, por su incondicional apoyo, paciencia y comprensión durante todos estos años de estudio. Gracias por ser mi fuente de inspiración y por brindarme las herramientas para seguir mis sueños. Sus valiosos sacrificios y enseñanzas son la base sobre la cual se construye mi éxito.

A mi querido primo y hermano, Erick De Abreu, por estar siempre presente, a pesar de la distancia, nuestro vínculo de sangre y amistad ha sido una fuente inagotable de fortaleza, apoyo y alegría a lo largo de nuestras vidas. Su perseverancia, integridad y espíritu luchador me han inspirado y motivado en todos los momentos.

A mis grandes amistades, Yoliver Mora, Claudia Riera, José Fermín, Daniel Aular, Manuel Berroteran, Javier Piña. Gracias por sus sonrisas, risas y abrazos en los momentos difíciles, y por compartir conmigo las alegrías de los logros alcanzados. Su aceptación y su comprensión han hecho que nuestra amistad sea algo verdaderamente especial y valioso. Me siento honrada de contar con la compañía de seres tan extraordinarios como ustedes.

A mis queridos amigos de la universidad, Oriana Arrieche, Manuel Rojas que en tan poco tiempo se convirtieron en un gran apoyo y parte importante de mi vida, les extiendo mi más profundo agradecimiento. A pesar de que nuestra amistad es relativamente reciente, el vínculo que hemos forjado es verdaderamente especial y duradero. A Diana Torres y Bárbara Blanco, gracias por el apoyo que me brindaron en momentos de crisis,

A mi compañero de tesis, por su trabajo en equipo, dedicación y colaboración en todas las fases de este proyecto. Juntos hemos logrado superar obstáculos y alcanzar nuestros objetivos.

A todos los profesores que han contribuido a mi formación académica y personal. Gracias profesor Daniel Zerpa, Jorge Gonzalez, Manuel Figueira, Carlos Rangel, Alejandro Pocaterra. Su compromiso, conocimiento y experiencia han sido pilares fundamentales en mi desarrollo como estudiante y futuro profesional. Reconozco que su labor educativa va más allá del aula, y que su

inversión en mi formación personal y profesional ha sido invaluable. Estoy profundamente agradecido por su contribución en este proyecto y en mi vida.

Agradecimiento especial a nuestra tutora, Zhandra López, que nos recibió a último momento y sin embargo nos brindó su plena atención, dedicación y apoyo. Su paciencia, disponibilidad y compromiso con nuestra formación académica y profesional han sido inspiradoras y han hecho una diferencia significativa en el resultado de este proyecto.

Por último, pero no menos importante, a mí misma, quiero expresar un profundo agradecimiento por todo el esfuerzo, dedicación y sacrificios que he realizado a lo largo de mi carrera. A pesar de las dificultades, los obstáculos y los momentos de duda, no me rendí y seguí adelante, lo que me llevó hasta aquí, a este momento de celebración y logro. Gracias a esa voluntad y a esa fe en mí misma, pude alcanzar este importante hito académico y personal.

Con todo mi cariño y gratitud, le agradezco de todo corazón por su inestimable contribución en este proyecto y en mi vida. Gracias por estar ahí siempre, acompañándome en este viaje y compartiendo momentos inolvidables. Este logro es el resultado del esfuerzo conjunto de todos nosotros, y por eso, desde lo más profundo de mi corazón, ¡gracias!

Ashley De Abreu

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>		<b>pp.</b>
	ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
	ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
	ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
	RESUMEN .....	ix
	INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO</b>		
<b>I</b>	<b>EL PROBLEMA</b>	
	1.1 Planteamiento del Problema.....	3
	1.2 Formulación del Problema.....	6
	1.3 Objetivos de la Investigación.....	6
	1.3.1 Objetivo General.....	6
	1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
	1.4 Justificación.....	7
	1.5 Alcance.....	8
	1.6 Limitación.....	9
	1.7 Delimitación.....	10
<b>II</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	
	2.1 Antecedentes.....	11
	2.2. Teoría Central de la investigación.....	13
	2.3 Bases Teóricas.....	14
	2.3.1 Infraestructura verde	14
	2.3.2. Sistema urbano de drenaje sostenible (SUDS)	15
	2.3.3. Coeficiente de escorrentía	15
	2.3.4. Intensidad de lluvia	17
	2.3.5 Formula de caudal de Manning	17
	2.3.6 Caudal de escorrentía, método racional	18
	2.3.7 Período de Retorno	19

2.4 Bases Legales.....	19
2.4.1. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)	19
2.4.2. Ley de las aguas (2007)	19
2.4.3. Plan de la Patria	21
2.4.4 Norma de alcantarillado INOS 1975	21
2.4.5 Gaceta Oficial N° 33.868 del 16 diciembre de 1987 del Congreso de la República de Venezuela decreta la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística	21
2.4.6 Ley Orgánica del Ambiente (1976)	23
2.5 Definición de Términos.....	24

### **III**

#### **MARCO METODOLÓGICO**

Enfoque de la investigación.....	25
3.1 Tipo de Investigación.....	25
3.2 Diseño de la Investigación.....	26
3.3 Nivel de la Investigación.....	28
3.4 Población y Muestra.....	28
3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	29
3.5.1. Observación Directa	29
3.5.2. Entrevista	30
3.5.3 Revisión Documental y Bibliográfica	31
3.6 Validación del instrumento.....	32
3.7 Técnicas de análisis de datos.....	32
3.8 Fases Metodológicas.....	33
3.9 Cuadro técnico metodológico.....	34

## IV

## RESULTADOS

4.1 FASE I.....	35
4.1.1 Características generales del terreno .....	35
4.1.1.1 Ubicación Geográfica .....	35
4.1.1.2 Límites Geográficos.....	36
4.1.1.3 Topografía.....	36
4.1.1.4 Suelos.....	39
4.1.1.5 Hidrología.....	39
4.1.1.6 Hidráulica .....	41
4.1.1.7 Zonificación Urbana.....	55
4.2 FASE II.....	56
4.2.1 Factores Climáticos.....	56
4.2.1.1 Clima y temperatura.....	56
4.2.1.2 Nubosidad .....	58
4.2.1.3 Precipitación.....	59
4.2.1.4 Lluvias.....	60
4.2.1.5 Vientos .....	61
4.2.2 Factores geográficos y Urbanístico.....	63
4.2.3 Entrevista a Expertos.....	70
4.3 Fase III .....	73
4.3.1 Evaluación del impacto ambiental mediante la Matriz de Leopold.....	106
4.3.2 Cálculo del caudal máximo mediante método racional...	111
4.3.3 Cálculo del canal subterráneo para la captación de aguas pluviales.....	115
4.3.4 Propuesta de diseño de tanque de sedimentos ...	120
4.4 FASE IV.....	121
CONCLUSIONES.....	134
RECOMENDACIONES.....	137
REFERENCIAS.....	139

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>pp.</b>
<b>1</b>	Cuadro Técnico Metodológico	34
<b>2</b>	Cronograma de actividades	34
<b>3</b>	Guion de entrevista (Apéndice A)	37
<b>4</b>	Validación del instrumento (Apéndice B)	38

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>pp.</b>
<b>1</b>	Limitaciones de la calle n°3 en la Urb. Yuma II	10
<b>2</b>	Coefficiente de escorrentía según el tipo de superficie	16
<b>3</b>	Coefficiente de escorrentía según el periodo de retorno y la superficie	16
<b>4</b>	Coefficiente de escorrentía en base al tipo de suelo y la pendiente	17
<b>5</b>	Ubicación Geográfica	35
<b>6</b>	Plano de Ubicación Calle N°3, Urb. Yuma II	36
<b>7</b>	Altura de la zona	37
<b>8</b>	Planos de curvas de nivel Calle N°3, Urb. Yuma II	38
<b>9</b>	Plano de colectores existentes en el tramo de estudio	53
<b>10</b>	Plano de cloacas existentes en el tramo de estudio	53
<b>11</b>	Inundación de estudio en la Urb. Yuma II, San Diego	54
<b>12</b>	Plano de zonificación del tramo de estudio	55
<b>13</b>	Plano de sumideros de rejilla	63
<b>14</b>	Plano de sumideros de ventana	63
<b>15</b>	Plano de Bocas de visita	63
<b>16</b>	Plano de Sección transversal de la calle N°3	64
<b>17</b>	Plano de sección transversal calle de Poblado, San Diego	64
<b>18</b>	Cotas del terreno	65
<b>19</b>	Vista de perfil Diseño 1	74
<b>20</b>	Plano de Sistema de Canales Diseño 1	75
<b>21</b>	Vista Isométrica Sistema de canales	76
<b>22</b>	Vista de perfil Calle Poblado	76
<b>23</b>	Plano de planta 1 Diseño 1	77

24	Plano de planta 2 Diseño 1	78
25	Sumideros propuestos	79
26	Vista Isométrica 1 Diseño 1	80
27	Vista Isométrica 2 Diseño 1	81
28	Vista Isométrica 3 Diseño 1	82
29	Vista Perfil Diseño 2	84
30	Plano de planta de Canales Subterráneos Diseño 2	85
31	Vista Isométrica Canales Subterráneos	86
32	Plano de planta 1 Diseño 2	87
33	Plano de perfil calle sin isla, Diseño 2	90
34	Plano de planta 2 Diseño 2	91
35	Vista Isométrica 1 Diseño 2	92
36	Vista Isométrica 2 Diseño 2	92
37	Vista Isométrica 3 Diseño 2	93
38	Vista de perfil Diseño 3	96
39	Plano de planta de canales subterráneos Diseño 3	97
40	Vista Isométrica de canales Subterráneos Diseño 3	98
41	Plano de perfil calle sin isla, Diseño 3	99
42	Plano de planta 1 Diseño 3	100
43	Plano de planta 2 Diseño 3	101
44	Vista Isométrica 1 Diseño 3	102
45	Vista Isométrica 2 Diseño 3	103
46	Vista Isométrica 3 Diseño 3	104
47	Tabla de magnitudes e importancia Matriz de Leopold	105
48	Tabla de Valoración de impactos Matriz de Leopold	110
49	Curvas IDF	111
50	División de tramos en la zona de estudio	112
51	Plano longitudinal de la Vialidad Principal	119
52	Plano longitudinal de la calle Poblado de San Diego	119
53	Propuesta de diseño de tanque de sedimentos.	121

## LISTA DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Coordenadas de la poligonal de la calle n°3 en la Urb. Yuma II	8
2	Coordenadas de la poligonal	38
3	Ubicación de tapas de drenaje en la calle n°3 en la Urb. Yuma II	41
4	Ubicación de los sumideros de ventana en la calle n°3 en la Urb. Yuma II	45
5	Ubicación de las bocas de visita en la calle n°3 en la Urb. Yuma II	50
6	Ubicación de las cloacas en la calle n°3 en la Urb. Yuma II	52

7	Ubicación del Sumidero de rejilla en la calle n°3 en la Urb. Yuma II	53
8	Intensidad de la lluvia en San Diego	62
9	Matriz de Leopold	106
10	Matriz de Leopold Magnitudes e importancia	107
11	Cálculo de colectores con la fórmula de Manning	115
12	Cómputos Métricos Diseño 1	121
13	Cómputos Métricos Diseño 2	123
14	Cómputos Métricos Diseño 3	125
15	Tabla de Costos Diseño 1	127
16	Tabla de Costos Diseño 2	128
17	Tabla de Costos Diseño 3	129

## LISTA DE GRÁFICOS

### DESCRIPCIÓN

GRAFICO	DESCRIPCIÓN	pp.
1	Temperaturas mínimas y máximas en San Diego, Carabobo	57
2	Nubosidad en San Diego, Carabobo	58
3	Probabilidad diaria de precipitación en San Diego, Carabobo	59
4	Promedio mensual de lluvia en San Diego, Carabobo	60
5	Velocidad promedio del viento en San Diego, Carabobo	61
6	Diagrama de flujo para el desarrollo de programas de acciones	108
7	Componentes de un estudio de impacto ambiental	108



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA REDUCIR EL RIESGO DE  
INUNDACIONES EN LA CALLE N°3, URBANIZACIÓN YUMA II, MUNICIPIO SAN  
DIEGO, ESTADO CARABOBO.**

Autores: Ashley De Abreu  
Gianpiero Geraci  
Tutora: Ing. Zhandra López  
Fecha: marzo de 2024

**RESUMEN**

La presente investigación tuvo como objetivo principal proponer un diseño de infraestructura verde para reducir el riesgo de inundaciones en la calle N°3, Urbanización Yuma II, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Esta infraestructura verde, que combinó elementos naturales y diseñados, se centró en la gestión sostenible de aguas pluviales para mitigar los impactos negativos de las inundaciones en esta área urbana. Para alcanzar este objetivo, se llevó a cabo una serie de etapas, que incluyen un diagnóstico de las características hidrológicas, hidráulicas y topográficas de la cuenca que drena hacia la calle n°3, se analizaron los factores que contribuyen al riesgo de inundaciones, se identificaron las alternativas de infraestructura verde y se diseñó la infraestructura seleccionada. Esta investigación se enmarcó en la línea de investigación de gestión ambiental, hábitat y vivienda, y buscó contribuir a la resiliencia urbana frente a los desafíos climáticos, promoviendo un equilibrio entre el desarrollo urbano y la conservación ambiental. Luego de haber realizado 3 propuestas de diseño de infraestructura verde para reducir el riesgo de inundaciones, se llegó a la conclusión que la propuesta más viable, tomando en cuenta factores técnicos, económicos y ambientales, fue la propuesta de un jardín de lluvia, debido a que fue la propuesta más accesible, viable y respetuosa con el medioambiente.

**Descriptor:** Infraestructura verde, diseño sustentable, sistemas de drenaje, gestión ambiental.



**BOLIVARIAN REPUBLIC OF VENEZUELA  
JOSÉ ANTONIO PÁEZ UNIVERSITY  
FACULTY OF ENGINEERING  
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING**

**GREEN INFRASTRUCTURE DESIGN TO REDUCE THE RISK OF FLOODS ON  
STREET N°3, YUMA II URBANIZATION, SAN DIEGO MUNICIPALITY,  
CARABOBO STATE.**

Authors: Ashley De Abreu  
Gianpiero Geraci  
Tutor: Eng. Zhandra López  
Date: March, 2024

**ABSTRACT**

The general objective of this research is to propose a green infrastructure design to reduce the risk of flooding on street N°3, Yuma II Urbanization, San Diego Municipality, Carabobo State. This green infrastructure, which combines natural and designed elements, will focus on sustainable stormwater management to mitigate the negative impacts of flooding in this urban area. To achieve this objective, a series of stages will be carried out, which include a diagnosis of the hydrological, hydraulic and topographic characteristics of the basin that drains towards street 3, the factors that contribute to the risk of flooding will be analyzed, green infrastructure alternatives will be identified and the selected infrastructure will be designed. This research is part of the research line of environmental management, habitat and housing, and seeks to contribute to urban resilience in the face of climate challenges, promoting a balance between urban development and environmental conservation. After having made 3 green infrastructure design proposals to reduce the risk of flooding, it was concluded that the most viable proposal, taking into account technical, economic and environmental factors, was the proposal for a rain garden, due to which was the most accessible, viable and environmentally friendly proposal.

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático y la urbanización acelerada han generado un aumento significativo en los eventos de inundaciones en todo el mundo, afectando a comunidades urbanas y rurales por igual. El Municipio San Diego, ubicado en el Estado Carabobo, no es una excepción a esta creciente preocupación. Entre las áreas afectadas se encuentra la calle N°3 de la Urbanización Yuma II, un lugar que ha experimentado inundaciones recurrentes que afectan la calidad de vida de sus residentes y generan daños materiales significativos.

En este contexto, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo fundamental diseñar un plan de infraestructura verde que no solo reduzca el riesgo de inundaciones en la calle N°3 de la Urbanización Yuma II, sino que también mitigue los impactos negativos asociados con estos eventos. La infraestructura verde, que combina elementos naturales y diseñados, emerge como una solución efectiva y sostenible para la gestión de aguas pluviales y la reducción de riesgos relacionados con inundaciones.

Este proyecto se enmarca en la línea de investigación de gestión ambiental, hábitat y vivienda, y aborda la necesidad apremiante de encontrar soluciones que promuevan la resiliencia urbana frente a los desafíos climáticos. Para lograr este propósito, se llevarán a cabo una serie de objetivos específicos que incluyen el diagnóstico de las características hidrológicas e hidráulicas de la cuenca que drena hacia la calle N°3, el análisis de alternativas de infraestructura verde y la elaboración de la propuesta de diseño de la opción seleccionada.

Este proyecto no solo busca proteger a los habitantes de la Urbanización Yuma II de las inundaciones, sino que también se enfoca en la gestión responsable de los recursos hídricos y el fomento de un ambiente urbano más sostenible. Al implementar medidas efectivas de infraestructura verde, se promoverá un equilibrio entre el desarrollo urbano y la conservación ambiental, contribuyendo así al bienestar presente y futuro de la comunidad.

El presente trabajo de investigación se vio dividido en cuatro capítulos dispuestos de la siguiente manera:

Capítulo I. Introducción. En este capítulo, se presenta una introducción completa a la tesis, incluyendo el contexto general del problema de inundaciones en la calle N°3, Urbanización Yuma II, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Se plantea el problema, se establecen los objetivos generales y específicos del estudio, y se justifica la relevancia de abordar este problema en particular. Además, se describen las limitaciones del estudio para definir su alcance.

Capítulo II. Marco Teórico. El segundo capítulo se centra en proporcionar un sólido fundamento teórico para la investigación. Aquí se revisan antecedentes de investigaciones previas relacionadas con la gestión de inundaciones y la infraestructura verde, tanto a nivel local como internacional. Se examinan las bases legales que respaldan la gestión ambiental y se proporcionan definiciones de términos clave para aclarar su significado en el contexto de la investigación.

Capítulo III. Marco Metodológico. Este capítulo aborda la metodología utilizada en la investigación, detallando cómo se llevaron a cabo las etapas del estudio. Describe la metodología empleada para el diagnóstico de las características hidrológicas e hidráulicas de la cuenca, el análisis de alternativas de infraestructura verde y el diseño conceptual de la solución. También se presentan los instrumentos y técnicas utilizados para la recopilación de datos.

Capítulo IV. Resultados. El cuarto capítulo se centra en la presentación de los resultados de la investigación. Aquí se exponen los hallazgos derivados del diagnóstico de la cuenca, el análisis de alternativas y el diseño de infraestructura verde. Los resultados se presentan de manera clara y organizada, respaldados por datos, gráficos y cualquier otro material relevante que contribuya a la comprensión de los logros de la investigación.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento

El cambio climático y la urbanización acelerada han exacerbado los problemas de inundaciones en todo el mundo. Las inundaciones son uno de los desastres naturales más comunes y devastadores, afectando a millones de personas cada año. Las causas de las inundaciones son variadas e incluyen lluvias intensas, desbordamiento de ríos o arroyos, deshielo de glaciares y rotura de presas. A nivel mundial, se ha observado un aumento en el riesgo de inundaciones. Un estudio reciente muestra que el porcentaje de la población mundial en riesgo de inundaciones ha aumentado en casi un cuarto desde el año 2000. Por ello, es importante tener en cuenta que el cambio climático está aumentando la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, incluyendo lluvias torrenciales que pueden causar inundaciones. Esto significa que incluso las áreas que tradicionalmente no han sido propensas pueden enfrentarse a un mayor riesgo en el futuro

En América Latina y el Caribe, más del 27% de la población vive en áreas costeras, con un estimado del 6-8% viviendo en áreas que corren un alto o muy alto riesgo de ser afectadas por peligros costeros. Mientras que, en Venezuela, las fuertes lluvias han causado graves inundaciones en varias provincias, afectando a más de 10.000 personas y poniendo a 36 sectores en alerta roja definida por la Protección Civil Venezolana. En particular, las áreas urbanas están en mayor riesgo debido a la impermeabilización del suelo por infraestructuras construidas, lo que reduce la capacidad del suelo para absorber el agua de lluvia.

Considerando que, las lluvias intensas provocan frecuentemente en el país situaciones de emergencia por el desborde de quebradas, inundaciones y deslizamientos. Hay que mencionar, que estos fenómenos se deben a las fallas en los sistemas de drenaje, que se encuentran saturados, son insuficientes o directamente no existen en algunos lugares. Asimismo, estos sistemas presentan deficiencias en su diseño o construcción, lo que hace que se ignoren componentes esenciales del sistema al realizar obras viales o urbanas, como los sumideros de rejillas, brocales o canales.

Las consecuencias de las inundaciones son enormes y multifacéticas. A nivel humano, las inundaciones pueden resultar en pérdida de vidas, daño a la propiedad, destrucción de cultivos, pérdida de ganado y deterioro de las condiciones de salud debido a enfermedades transmitidas por el agua. A nivel ambiental, las inundaciones pueden tener un efecto negativo en la vida silvestre, causando ahogamientos, proliferación de enfermedades y destrucción del hábitat. Además, las inundaciones pueden alterar el paisaje, erosionar las riberas de los ríos y contaminar el agua con pesticidas agrícolas, productos químicos industriales, escombros y aguas residuales.

Sin embargo, en Venezuela, la falta de inversión en infraestructuras verdes y la falta de mantenimiento de las infraestructuras existentes han contribuido a un aumento en la frecuencia y gravedad de las inundaciones. Una noticia que ilustra esta problemática es la situación que se presentó en el estado de Mérida, en el oeste de Venezuela, en el año 2021. En ese momento, las fuertes lluvias provocaron inundaciones que afectaron a más de 1.000 viviendas y causaron el desplazamiento de cientos de personas. Los canales de drenaje y las zonas de captación de agua, estaban en mal estado o directamente no existían, lo que agravó la situación. Otro ejemplo es la situación que se presentó en la ciudad de Valencia, en el estado de Carabobo, en el año 2022. De igual manera, el municipio de San Diego, ha sido testigo de una creciente preocupación debido a la frecuente ocurrencia de inundaciones en los últimos años. Las inundaciones han causado daños a la propiedad, interrupciones en las actividades económicas y problemas de salud pública para los residentes de la zona.

Según los datos recopilados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), la cantidad de precipitaciones en el municipio de San Diego ha ido en aumento en los últimos años, con un promedio anual de 1.200 mm. Esta tendencia se ha visto agravada por la urbanización desordenada y la falta de planeación adecuada en la construcción de viviendas y otras infraestructuras. Además, un estudio realizado por la Universidad de Carabobo en el año 2020 reveló que el 80% de los residentes de la urbanización Yuma II han sido afectados por las inundaciones en los últimos cinco años, con daños que ascienden a un promedio de 2.000 USD por familia. Estos datos resaltan la necesidad urgente de intervención para reducir el riesgo de inundaciones en esta área.

De acuerdo con los funcionarios del Departamento de Desarrollo Urbano del Municipio

Los Guayos, las inundaciones en el centro urbano y las zonas llanas cercanas al Río Los Guayos se deben a la urbanización y al acelerado crecimiento de viviendas en los últimos 20 años en ambos municipios. Esto ha acelerado el proceso de escurrimiento de las aguas pluviales hacia los cauces naturales

La problemática de las inundaciones en el tramo de estudio se debe en gran parte a la topografía de la zona y a la falta de mantenimiento de los sistemas de drenajes existentes. Dicha área se encuentra en una ubicación más baja que las zonas circundantes, lo que hace que el agua de lluvia se acumule de estudio y provoque inundaciones recurrentes durante las precipitaciones intensas. Sin duda, la falta de un sistema de drenaje efectivo que pueda canalizar el agua hacia áreas más seguras agrava aún más la situación.

Además, el mal estado del sistema de drenaje actual contribuye significativamente a las inundaciones frecuentes en la zona. La acumulación de basura y escombros en las alcantarillas, la erosión de los canales de desagüe y la obstrucción de los sumideros con hojas, ramas y otros materiales son algunas de las consecuencias de la falta de mantenimiento. Estas deficiencias limitan la capacidad del sistema para captar, transportar y evacuar el agua de lluvia de manera eficiente, lo que resulta en inundaciones que afectan negativamente la movilidad, la seguridad y la calidad de vida de los residentes y usuarios del área.

Por otro lado, durante periodos de lluvias menos intensas o estaciones secas, la vegetación en las áreas adyacentes al tramo de estudio tiende a morir o a reducir su capacidad de absorción de agua. Esta disminución en la cobertura vegetal impide que el suelo retenga la humedad y actúe como una esponja natural durante las lluvias, lo que resulta en un aumento del escurrimiento superficial hacia el tramo de estudio.

Esta situación pone de relieve la importancia de la vegetación circundante para la gestión de las precipitaciones. La pérdida de vegetación no solo reduce la capacidad de absorción del suelo y aumenta la escorrentía superficial, sino que también limita la capacidad de las zonas verdes para actuar como sumideros naturales de agua durante los eventos de lluvia. Por lo tanto, abordar la falta de vegetación en las áreas circundantes al tramo de estudio es esencial para mitigar el riesgo de inundaciones y promover la resiliencia del entorno urbano ante eventos climáticos extremos.

Para abordar estos problemas desde una perspectiva sostenible, es esencial que se

implementen sistemas de drenaje eficientes y bien diseñados que sean capaces de manejar adecuadamente las precipitaciones. Estos sistemas deben ser construidos con materiales duraderos y diseñados para evitar la obstrucción. Además, deben ser suficientes para manejar el volumen de agua esperado y estar presentes en todas las áreas necesarias. Finalmente, durante cualquier intervención vial o urbanística, todos los elementos del sistema de drenaje deben ser considerados y correctamente instalados para asegurar su funcionamiento óptimo. Esto no solo ayudará a prevenir las consecuencias negativas de las precipitaciones, sino que también contribuirá a la sostenibilidad a largo plazo de nuestras ciudades y comunidades.

En este contexto, surge la necesidad urgente de diseñar infraestructuras verdes para reducir el riesgo de inundaciones. La infraestructura verde se refiere a una red interconectada de espacios verdes que proporciona múltiples beneficios ecológicos, sociales y económicos. Al reducir la escorrentía superficial y proteger las llanuras aluviales, la infraestructura verde puede ayudar a manejar tanto las inundaciones localizadas como las fluviales. Sin embargo, a pesar del reconocimiento creciente del papel crucial que juega la infraestructura verde en la gestión del riesgo de inundaciones, su implementación sigue siendo un desafío debido a diversas barreras técnicas, institucionales y financieras. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo diseñar una infraestructura verde para reducir el riesgo de inundaciones en la Calle n°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo. Se espera que los resultados obtenidos contribuyan significativamente a mejorar la comprensión del papel que puede desempeñar la infraestructura verde en la mitigación del riesgo de inundaciones y proporcionen orientación práctica para su implementación efectiva.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿De qué manera se puede reducir eficazmente el riesgo de inundaciones en la calle n°3, Urb. Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo de manera sustentable?

## **1.3 Objetivo de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar un plan de infraestructura verde que reduzca el riesgo de inundaciones en la calle n°3, Urb. Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Diagnosticar las características hidrológicas, hidráulicas y topográficas de la cuenca

que drena hacia la calle n°3, Urb. Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.

2. Analizar los factores climáticos, geográficos y urbanísticos que contribuyen al riesgo de inundaciones en dicha calle de estudio.

3. Determinar las alternativas de infraestructura verde que se pueden aplicar en la calle de estudio, considerando sus beneficios y limitaciones.

4. Diseñar la infraestructura verde seleccionada, siguiendo las normas y especificaciones vigentes para la calle n°3.

#### **1.4 Justificación de la investigación**

La necesidad de llevar a cabo la investigación sobre el "Diseño de infraestructura verde para reducir el riesgo de inundaciones en la calle n°3, Urb. Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo" es evidente y ofrece múltiples beneficios. En primer lugar, las inundaciones, que son un desastre natural frecuente y devastador, afectan a un gran número de personas cada año. Estos eventos pueden tener consecuencias graves, como la pérdida de vidas humanas y propiedades, así como el deterioro de las condiciones de salud debido a enfermedades transmitidas por el agua. Por lo tanto, al proponer un diseño de infraestructura verde que pueda mitigar eficazmente el riesgo de inundaciones, esta investigación tiene el potencial de proteger a las comunidades locales y mejorar su capacidad para resistir eventos climáticos extremos.

Además, la infraestructura verde puede ofrecer beneficios ambientales significativos. Por ejemplo, puede mejorar la calidad del agua, fomentar la biodiversidad y contribuir a la mitigación del cambio climático. Al promover soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua, esta investigación puede contribuir a la sostenibilidad ambiental. Según un estudio realizado por la Comisión Europea, la infraestructura verde puede reducir hasta un 80% la contaminación por nitrógeno y fósforo en el agua, aumentar hasta un 30% la biodiversidad local y capturar hasta 7 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectárea al año.

Los resultados de esta investigación también pueden tener implicaciones prácticas importantes. Pueden proporcionar orientación útil para los planificadores urbanos, los ingenieros y los responsables de la toma de decisiones sobre cómo diseñar e implementar infraestructuras verdes para reducir el riesgo de inundaciones. Esto puede ayudar a las ciudades a adaptarse al cambio climático y a manejar mejor los eventos extremos. De igual manera, esta investigación puede desarrollar y probar nuevas metodologías para el diseño e implementación

de infraestructuras verdes. Por ejemplo, los ingenieros pueden utilizar la infraestructura verde para complementar o sustituir la infraestructura gris tradicional, optimizando el uso de los recursos y reduciendo los costes de mantenimiento.

Desde una perspectiva teórica e investigativa, este trabajo de grado puede enriquecer el cuerpo existente de conocimiento sobre la infraestructura verde y su papel en la gestión del riesgo de inundaciones. Puede proporcionar nuevos conocimientos sobre cómo diseñar eficazmente infraestructuras verdes en contextos urbanos, así como también, ayudar a los planificadores urbanos a diseñar ciudades más resilientes y atractivas, integrando elementos naturales en el paisaje urbano.

Aunque se ha estudiado la infraestructura verde en otros contextos, su aplicación para reducir el riesgo de inundaciones en áreas urbanas como la calle n°3, Urb. Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo es relativamente nueva y sin explorar. Por lo tanto, esta investigación tiene un carácter novedoso. Cabe resaltar que, la infraestructura verde tiene un gran valor en el mercado actual. Puede aumentar el valor de las propiedades cercanas, atraer turismo y mejorar la calidad de vida. Además, puede generar oportunidades para nuevos negocios y empleos en áreas como la construcción, el mantenimiento y el monitoreo de infraestructuras verdes.

Finalmente, esta investigación se inserta dentro de las líneas de investigación sobre gestión ambiental, diseño de paisajismo, parques, jardines y plazas en la “Universidad José Antonio Páez”. El cual contribuirá al objetivo general de estas líneas de investigación que es desarrollar soluciones sostenibles para los desafíos ambientales actuales, y servirá como antecedente bibliográfico para futuras investigaciones asociadas, directa o indirectamente, con el tema estudiado, de igual forma dicho ente servirá como publicador del presente trabajo de investigación, por lo que elevará la imagen del mismo.

### **1.5 Alcance**

El estudio comenzará con un análisis detallado de la situación actual de la calle N°3, incluyendo la ubicación de las estructuras de captación y los problemas recurrentes de inundaciones a través del análisis de las curvas IDF específicas de la zona de estudio. Es decir, se determinarán las intensidades máximas de lluvia para diferentes duraciones y periodos de retorno, lo que permitirá identificar los eventos más críticos. Esto nos permitirá comprender a

fondo la magnitud de la problemática e identificar las áreas críticas que se beneficiarán de la implementación de infraestructura verde, así como también los factores que contribuyen al riesgo de inundaciones. A partir de este análisis, se propondrán soluciones basadas en infraestructura verde para mitigar las inundaciones. Esto puede incluir la implementación de jardines de lluvia, pavimentos permeables, techos verdes, entre otros.

Posteriormente, se evaluará el impacto potencial de estas soluciones en la reducción del riesgo de inundaciones a través de modelos hidrológicos e hidráulicos. Así como también, se proporcionarán recomendaciones para la implementación de las soluciones propuestas y se sugerirá un plan para el seguimiento y mantenimiento de la infraestructura verde.

### **1.6 Limitaciones**

En primer lugar, se debe señalar que el alcance se centra específicamente en la calle N°3 y sus áreas circundantes, lo que implica que los resultados y las soluciones propuestas pueden no ser aplicables en otros contextos o comunidades. Además, si bien el análisis de las curvas IDF proporcionará información valiosa sobre las intensidades de lluvia más críticas, es importante tener en cuenta que este enfoque se basa en datos históricos y no tiene en cuenta posibles cambios en los patrones climáticos futuros. Por lo tanto, las soluciones diseñadas podrían necesitar ajustes para adaptarse a condiciones climáticas cambiantes.

Otra limitación importante es que este estudio se centra en una sola calle, que es la Calle n°3 en la Urb. Yuma II. Los resultados y conclusiones obtenidos pueden no ser aplicables a otras áreas con diferentes características geográficas, climáticas y urbanísticas. Además, aunque este estudio proporcionará recomendaciones para la implementación de las soluciones propuestas y sugerirá un plan para el seguimiento y mantenimiento de la infraestructura verde, la realización efectiva de estas acciones dependerá en gran medida de factores externos, como la disponibilidad de financiamiento y la voluntad política.

Finalmente, este estudio no abordará otros factores que pueden contribuir al riesgo de inundaciones, como el cambio en el uso del suelo debido al desarrollo urbano, o los efectos del cambio climático en los patrones de precipitación. Estos son temas complejos que requerirían un estudio adicional.

## 1.7 Delimitación Geográfica



**Figura 1:** Limitaciones de la calle n°3 en la Urb. Yuma II  
**Fuente:** De Abreu, A. y Geraci, G. (2023)

Vértice	Coordenadas			Vértice	Coordenadas	
	N	E			N	E
A	1131263,5131	613513,4041		H	1131695,8265	613250,9029
B	1131260,2601	613487,0793		I	1131606,8168	613499,1644
C	1131433,7661	613463,5127		J	1132016,2860	613673,6518
D	1131468,4201	613463,7452		K	1132005,3265	613701,1045
E	1131519,5621	613469,1995		L	1131595,7002	613527,5524
F	1131594,5114	613494,4191		M	1131531,5426	613503,2038
G	1131680,7036	613246,5761		N	1131467,5892	613491,1609

**Tabla 1:** Coordenadas de la poligonal de la calle n°3 en la Urb. Yuma II  
**Fuente:** De Abreu, A. y Geraci, G. (2023)

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

Según Fidias Arias en su libro Proyecto de Investigación (2012) define antecedentes como:

“Se refiere a los estudios previos: trabajos y tesis de grado, trabajos de ascenso, artículos e informes científicos relacionados con el problema planteado, es decir, investigaciones realizadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con nuestro proyecto, por lo que no deben confundirse con la historia del objeto en cuestión.” (p. 103).

#### 2.1 Antecedentes

Piña J. y Mora Y. (2023), realizaron un trabajo de grado titulado “**Diseño de red de aguas servidas y drenaje para la comunidad santísima trinidad, municipio Naguanagua, estado Carabobo**”. presentada ante la Universidad José Antonio Páez para optar por el título de Ingeniero Civil. La presente investigación tiene como objetivo principal proponer un diseño de red de aguas servidas y drenaje, Estos sistemas de redes se encargará de recolectar y transportar aguas residuales y pluviales para garantizar la calidad de vida de los residentes de la comunidad. Para diseñar es necesario conocer la fuente de suministro de agua, el estado sanitario, el número de personas atendidas, el suministro estimado de agua por persona por día, así como variables topográficas e hidrológicas como coeficiente de escorrentía, tasa de retorno, etc. Periodo de lluvias e intensidad de las precipitaciones. Los resultados de este trabajo se dividieron en cuatro fases, la primera fase es el diagnóstico de la situación de la zona de estudio, la segunda fase es el análisis de los defectos encontrados en la red de tuberías de alcantarillado y pluviales de la comunidad de estudio, y la tercera La fase es la de las tuberías de alcantarillado y drenaje. La cuarta fase finaliza con el diseño de la red y la evaluación de la viabilidad de la propuesta.

Toledo T. y Gómez V. (2021), realizaron un trabajo de grado titulado “**Propuesta para el diseño de un sistema de distribución sustentable de aguas residuales dentro de una edificación tipo bloque**” presentada ante la Universidad Católica Andrés Bello para optar por el título de Ingeniero Civil. El objetivo fundamental fue el diseño de sistemas sustentables de distribución de aguas residuales dentro de edificaciones tipo manzana, así como el diseño de plantas de tratamiento, con el fin de brindar una alternativa para aumentar la eficiencia del agua

a través de la reutilización, reduciendo así el consumo de agua potable de la red pública, y a través del agua. La reutilización beneficia a las zonas residenciales. El proyecto de investigación se desarrolló dentro de un modelo de investigación factible, con un diseño de campo y descriptivo sustentado en el análisis documental. Las técnicas de recolección de datos fueron mediante observación directa y revisión de documentos. Este estudio pone de relieve la importancia de la sostenibilidad en el uso de las plantas depuradoras y, por tanto, se considera un trabajo para la finalización de esta carrera ya que considera no sólo el diseño de redes de aguas residuales, sino también, enfatiza la sustentabilidad para mejorar la calidad de vida no solo de la comunidad en estudio, pero también la de comunidades adyacentes.

Arévalo G. y López L. (2020), realizaron un trabajo de grado titulado “**Sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes.**” presentada ante la Universidad José Antonio Páez para optar por el título de Ingeniero Civil. La metodología se basó en proyectos factibles con diseño en campo y nivel descriptivo, teniendo como población y muestra a los propietarios. Utilizando como herramienta los cuestionarios, se utilizaron técnicas como la observación directa, revisión documental, revisión bibliográfica y encuesta. Luego del análisis de los datos, los resultados muestran que la finca presenta un régimen hidrológico de demanda constante, por lo que se describen técnicas de captación de agua de lluvia utilizadas en zonas agrícolas. Sobre esta base se diseñó un sistema basado en el método de recolección de agua del techo y microcaptación para abastecer de agua al sistema de riego por goteo mediante la construcción de estanques cuadrados con secciones trapezoidales en dirección transversal y longitudinal. Se concluyó que este sistema es factible desde el punto de vista ambiental, técnico y económico para satisfacer las necesidades del cultivo en el marco del desarrollo sustentable.

Castromonte F., Choques M., Mateo B. y Torres K. (2020), en Lima-Perú, publicaron su trabajo de grado titulado “**Propuesta de diseño de un pavimento permeable como un sistema innovador ecológico de drenaje en la ciudad de Huaraz-HuarazAncash-2020**” para obtener el grado académico de Bachiller en Ingeniería Civil, el cual fue elaborado con el fin de informar al sector constructor de infraestructura vial que existen alternativas de pavimentos, tal como el pavimento permeable que se podría fabricar para el beneficio de esta ciudad. El objetivo general consistió en plasmar las alternativas de diseño de un pavimento permeable de diversos autores

utilizando como referencia artículos científicos actualizados para aplicarlo como un sistema innovador ecológico de drenaje en la ciudad de Huaraz, Huaraz, Ancash, 2020. La metodología de la investigación consistió en recopilar la información para cumplir con el objetivo general que tiene que ver con el diseño de un pavimento permeable y los 40 artículos científicos para poder sustentar los objetivos específicos del trabajo de investigación consultando en diferentes bases de datos académicos, que en este caso son temas relacionados con la resistencia, permeabilidad, impacto ambiental y la verificación de la aplicación de la normativa. Los resultados destacan artículos importantes referentes a la resistencia, permeabilidad, impacto ambiental, normatividad y diseños en general de pavimentos permeables. Por último, se concluyó que esta alternativa de pavimento será un beneficio ambiental y social por lo que se recomienda aplicar el primer pavimento permeable en calles auxiliares o no tan concurridas en la ciudad de Huaraz ya que cumple con los requisitos para poder diseñar un pavimento tipo permeable.

Anfaro H. (2019) en su trabajo de grado titulado **“Rediseño del sistema de drenaje pluvial de la calle Bolívar, Barrancas del Orinoco, Municipio Sotillo, Estado Monagas”**, el cual fue presentado ante el Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño para optar por el título de Ingeniero Civil. Este trabajo contó como objetivo general rediseñar el sistema de drenaje de aguas pluviales de la calle Bolívar, Barrancas del Orinoco, Municipio Sotillo, Estado Monagas, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento del sistema de drenaje, tomando en cuenta una serie de cálculos en los que tenemos la pendiente de las diferentes partes de la calle, Los levantamientos topográficos nos proporcionan medidas tanto planas como de altura. Además del nivel descriptivo, el modelo de investigación de este estudio incluye proyectos factibles y estudios de campo. Las técnicas de recolección y análisis de datos utilizadas fueron la observación directa, entrevistas no estructuradas y revisión de registros. En este estudio, los autores estudiaron el sistema de aguas pluviales existente y desarrollaron un nuevo diseño que garantizara su correcto funcionamiento, teniendo en cuenta la topografía de la zona, así pues, se toma en cuenta para el presente trabajo de grado ya que se vincula en los estudios a realizar.

## **2.2 Teoría Central de la Investigación**

Una de las teorías centrales que se utilizarán es El principio de conservación de energía, la cual establece que la energía total en un sistema aislado se mantiene constante con el tiempo, lo que significa que la energía no puede crearse ni destruirse, sólo transformarse de una forma

a otra. Aplicando este principio, se puede analizar cómo la energía del agua fluye a través de la infraestructura verde, cómo se almacena y cómo se disipa. Esto ayudará a evaluar la eficacia de diseño en la gestión de la energía del agua durante eventos de inundación, lo que a su vez puede influir en la capacidad de la infraestructura para reducir el riesgo de inundaciones de manera sostenible y eficiente.

Otra teoría que se utilizará durante esta investigación será La Teoría de los Fluidos de Bernoulli. Este es un principio fundamental en la mecánica de fluidos que describe cómo se comporta un fluido en movimiento. Según esta teoría, cuando un fluido fluye a través de una tubería o conducto, la suma de su energía cinética (debida a su velocidad) y su energía potencial (debida a su altura) permanece constante a lo largo de una corriente de flujo. Aplicando esta teoría, es posible comprender cómo el flujo de agua a través de ciertos componentes del diseño, como canales o sistemas de drenaje, afecta las presiones y velocidades del agua, lo que a su vez podría influir en la eficacia y eficiencia de la solución de infraestructura verde en la reducción del riesgo de inundaciones.

Por último, la teoría que se utilizará es la Teoría de Formulación de Manning, ya que permite calcular con precisión las velocidades y los caudales de agua en los canales y sistemas de drenaje de mi infraestructura verde, lo que facilita el diseño óptimo y la evaluación de su eficacia en la gestión del agua durante inundaciones, contribuyendo así a la reducción del riesgo de inundaciones de manera sostenible y eficiente

## **2.3 Bases Teóricas**

### **2.3.1 Infraestructura verde**

La infraestructura verde es definida como una red interconectada de espacios verdes urbanos, periurbanos, rurales y silvestres, que conserva y aporta funciones ecosistémicas y servicios ambientales para la población humana. El concepto de infraestructura verde comprende una aproximación estratégica para la conservación del paisaje y sus componentes de valor natural y cultural, en el marco de las iniciativas de ordenamiento y planificación sustentable del territorio, regulando los impactos generados por la acción antrópica. (Benedict; McMahon, 2006).

### **2.3.2 Sistema urbano de drenaje sostenible (SUDS)**

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) son elementos superficiales, permeables, preferiblemente vegetados, integrantes de la estructura urbana-hidrológica-paisajística y previos al sistema de saneamiento. Están destinados a filtrar, retener, transportar, acumular, reutilizar e infiltrar al terreno el agua de lluvia, de forma que no degraden e incluso restauren la calidad del agua que gestionan. (Pedro Lasa, 2008).

### **2.3.3 Coeficiente de escorrentía**

El coeficiente de escorrentía ( $c$ ) representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo. Su valor depende de las características concretas del terreno que determinan la infiltración del agua en el suelo. (S Ibáñez Asensio; H Moreno Ramón, 2011).

Es fundamental conocer el coeficiente de escorrentía, pues permitirá comprender el flujo del agua sobre la superficie en el área de estudio. Esto es clave para el diseño de la infraestructura verde que se encargará de la gestión de aguas pluviales. Al conocer el coeficiente de escorrentía, se podrá calcular cuánta agua es probable que se desplace sobre la superficie en condiciones de lluvia, lo que permitirá dimensionar correctamente las características de la infraestructura verde. De esta manera, contribuirá a la prevención de inundaciones y a la gestión sostenible del agua en la calle N°3, Urbanización Yuma II, Municipio San Diego, Estado Carabobo, el objetivo principal de la investigación.

El coeficiente de escorrentía puede cambiar según el tipo y la intensidad de la precipitación, el uso y la cobertura del suelo, la topografía, la vegetación, el grado de compactación y la humedad inicial del suelo. En general, los suelos impermeables o con escasa vegetación tienen un coeficiente de escorrentía alto, lo que implica que una mayor parte del agua de lluvia se transforma en escorrentía superficial. Por el contrario, los suelos permeables o con abundante vegetación tienen un coeficiente de escorrentía bajo, lo que implica que una menor parte del agua de lluvia se transforma en escorrentía superficial y más se filtra en el suelo.

Para obtener los valores de coeficiente de escorrentía, existen tablas para su obtención las cuales lo clasifican dependiendo del tipo de superficie, el periodo de retorno y la superficie, el tipo de suelo y la pendiente (Ver figura 1).

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía	
	Mínimo	Máximo
Zona comercial	0.70	0.95
Vecindarios, zonas de edificios, edificaciones densas	0.50	0.70
Zonas residenciales unifamiliares	0.30	0.50
Zonas residenciales	0.40	0.60
Zonas residenciales	0.60	0.75
Zonas residenciales	0.25	0.40
Zonas industriales espaciadas	0.50	0.80
Zonas industriales densas	0.60	0.90
Parques	0.10	0.25
Zonas deportivas	0.20	0.35
Estaciones e infraestructuras viarias de ferrocarril	0.20	0.40
Zonas suburbanas	0.10	0.30
Calles asfaltadas	0.70	0.95
Calle hormigonadas	0.70	0.95
Calles adoquinadas	0.70	0.85
Aparcamientos	0.75	0.85
Techados	0.75	0.95
Praderas (suelos arenosos con pendientes inferiores al 2%)	0.05	0.10
Praderas (suelos arenosos con pendientes intermedias)	0.10	0.15
Praderas (suelos arenosos con pendientes superiores al 7%)	0.15	0.20
Praderas (suelos arcillosos con pendientes inferiores al 2%)	0.13	0.17
Praderas (suelos arcillosos con pendientes intermedias)	0.18	0.22
Praderas (suelos arcillosos con pendientes superiores al 7%)	0.25	0.35

**Figura 2:** Coeficiente de escorrentía según el tipo de superficie  
**Fuente:** Aparicio (1999)

Características de la superficie	Periodo de Retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Area de cultivos</b>							
Plano 0% a 2%	0,31	0,34	0,36	0,4	0,43	0,47	0,57
Promedio 2% a 7%	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,6
Pendiente superior a 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
<b>Pastizales</b>							
Plano 0% a 2%	0,25	0,28	0,3	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio 2% a 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente superior a 7%	0,37	0,4	0,4	0,46	0,49	0,53	0,6
<b>Bosques</b>							
Plano 0% a 2%	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Promedio 2% a 7%	0,31	0,34	0,36	0,4	0,43	0,47	0,56
Pendiente superior a 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

**Figura 3:** Coeficiente de escorrentía según el periodo de retorno y la superficie  
**Fuente:** Chow, Et. Al., (1994)

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		50%	20%	5%	1%	
SIN VEGETACION	IMPERMEABLE	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	SEMIPERMEABLE	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	PERMEABLE	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	SEMIPERMEABLE	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	PERMEABLE	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
PASTOS VEGETACION LIGERA	IMPERMEABLE	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	SEMIPERMEABLE	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	PERMEABLE	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
HIERBA, GRAMA	IMPERMEABLE	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	SEMIPERMEABLE	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	PERMEABLE	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
BOSQUES DENSA VEGETACION	IMPERMEABLE	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	SEMIPERMEABLE	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	PERMEABLE	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

**Figura 4:** Coeficiente de escorrentía en base al tipo de suelo y la pendiente  
Fuente: Franceschi L (1983)

### 2.3.4 Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia es la cantidad de lluvia que cae por unidad de tiempo en un lugar determinado. Se mide en milímetros por hora (mm/h). La intensidad de lluvia es un factor importante a tener en cuenta en el diseño de infraestructuras hidráulicas, ya que determina la cantidad de agua que debe ser evacuada por los sistemas de drenaje. Para facilitar la concentración de los datos necesarios para el estudio de una zona geográfica se idearon las curvas IDF (Intensidad, Duración y Frecuencia), de estas se obtienen los datos de intensidad de diseño que se utilizarán para el cálculo mediante método racional.

### 2.3.5 Formula de caudal de Manning

La Fórmula de Manning, es una fórmula empírica utilizada para calcular la velocidad de flujo de un líquido (generalmente agua) en un canal o conducto abierto. Esta fórmula es ampliamente utilizada en la ingeniería hidráulica y la hidrología para estimar las velocidades y los caudales de agua en una variedad de aplicaciones, incluyendo el diseño de sistemas de drenaje y la gestión de inundaciones.

La Fórmula de Manning se expresa de la siguiente manera:

$$Q = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2} * A$$

$$Rh = \frac{Am}{Pm}$$

Donde:

$Q$ : caudal (m<sup>3</sup>/s).

$A$ : área de la sección (m<sup>2</sup>)

$n$ : es el coeficiente de rugosidad de Manning, que representa la resistencia al flujo del canal y depende del tipo de superficie y condiciones del canal.

$Rh$ : es el radio hidráulico del canal (la relación entre el área de la sección transversal del flujo y el perímetro mojado).

$S$ : es la pendiente del canal.

$Pm$ : Perímetro mojado (m).

$Am$ : Área de la sección entre el perímetro mojado (m).

$Rh$ : Radio hidráulico (m).

### 2.3.6 Caudal de escorrentía, método racional

El método racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinar la lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de drenaje urbano y rural y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la determinación de los caudales máximos. La expresión utilizada por el método racional es:

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

Donde:

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

$C$ = Coeficiente de escorrentía (El cual es adimensional)  $I$  = Intensidad de la lluvia de diseño (mm).

A = Área de la cuenca (ha).

### **2.3.7 Período de Retorno**

Un período de retorno, en el contexto de la hidrología y la gestión de riesgos naturales, es un concepto que se utiliza para estimar la probabilidad de que ocurra un evento extremo, como una inundación, en un período de tiempo específico. Se expresa en años y representa el tiempo promedio que se espera entre eventos de igual o mayor magnitud.

## **2.4 Bases Legales**

El Manual de Trabajo de Grado de la Universidad José Antonio Páez (2020), define bases legales como: “no son más que leyes que sustentan, desde el punto de vista jurídico, el desarrollo del proyecto” (p. 22), por lo tanto, se presentaran las leyes y normas que están relacionadas con el proyecto de investigación.

### **2.4.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)**

#### **Capítulo IX**

##### **De los Derechos Ambientales**

**Artículo 128.** El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento.

#### **Título VI del sistema Socioeconómico**

##### **Capítulo I**

**Artículo 304.** Todas las aguas son bienes de dominio público de la nación, insustituibles para la vida y el desarrollo. La ley establecerá disposiciones a fin de garantizar su protección, aprovechamiento y recuperación, respetando las fases del ciclo hidrológico y los criterios de ordenación del territorio.

##### **Capítulo II. Principios de Seguridad de la Nación**

**Artículo 326.** La seguridad de la Nación se fundamenta en la corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad civil, para dar cumplimiento a los principios de independencia, democracia, igualdad, paz, libertad, justicia, solidaridad, promoción y conservación ambiental y afirmación de los derechos humanos, así como en la satisfacción progresiva de las necesidades individuales y colectivas de los venezolanos y venezolanas, sobre las bases de un desarrollo sustentable y productivo de plena cobertura para la comunidad nacional. El principio de la corresponsabilidad se ejerce sobre los ámbitos económico, social, político, cultural, geográfico, ambiental y militar.

### **2.4.2 Ley de las Aguas (2007)**

#### **TÍTULO I: Disposiciones Generales**

**Artículo 4:** La gestión integral de las aguas tiene como principales objetivos:

1.- Garantizar la conservación, con énfasis en la protección, aprovechamiento sustentable y recuperación de las aguas tanto superficiales como subterráneas, a fin de satisfacer las necesidades humanas, ecológicas y la demanda generada por los procesos productivos del país.

2.- Prevenir y controlar los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes.

## **TÍTULO II: De la conservación y aprovechamiento sustentable de las aguas Capítulo II. De la protección, uso y recuperación de las aguas.**

**Artículo 11:** Para asegurar la protección, uso y recuperación de las aguas, los organismos competentes de su administración y los usuarios y usuarias deberán ajustarse a los siguientes criterios:

-La realización de extracciones ajustadas al balance de disponibilidades y demandas de la fuente correspondiente.

-El uso eficiente del recurso.

-La reutilización de aguas residuales.

-La conservación de las cuencas hidrográficas.

-El manejo integral de las fuentes de aguas superficiales y subterráneas.

-Cualesquiera otras que los organismos competentes determinen en la normativa aplicable.

## **TÍTULO III: De la prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes.**

### **Capítulo XXXII De la Recolección, Conducción y Disposición de Aguas de Lluvia**

**Artículo 454:** Las aguas de escurrimiento de los techos, terrazas, patios, aceras y otras áreas pavimentadas o no, de las edificaciones y de sus alrededores, ubicadas dentro de la parcela o lote correspondiente, deberán ser recolectadas, conducidas y dispuestas de acuerdo con lo que se establece en el presente capítulo.

**Artículo 455:** Se prohíbe que las aguas de escurrimiento provenientes de los techos o cubiertas de las edificaciones, desagüe directamente desde tales niveles a las calles y/o predios vecinos.

**Artículo 456:** Las aguas de escurrimiento indicadas en los artículos anteriores, deberán disponerse por empotramiento a los colectores públicos para aguas de lluvia o aquéllos del sistema unitario, cuando existan.

**Artículo 457:** Cuando las cloacas públicas hayan sido diseñadas para recibir aguas servidas únicamente, no se permitirá descargar a ellas, aguas de lluvia, las que en este caso deberán ir a la calle o al jardín, utilizando un colector independiente de la cloaca de la edificación.

**Artículo 458:** En el caso de viviendas unifamiliares, Bifamiliar o superficies pequeñas, el agua de lluvia podrá descargarse en áreas planas, tales como jardines dentro de la propiedad, siempre que dichas áreas sean adecuadamente drenadas.

**Artículo 459:** La capacidad de drenaje de los elementos del sistema de recolección y conducción de lluvia, se calculará en función de la proyección horizontal de las áreas drenadas; de la intensidad, frecuencia y duración de las lluvias que ocurran en la respectiva localidad y de las características y especificaciones de los mismos.

### 2.4.3 Plan de la Patria

#### Objetivo Nacional

**5.1.4.** Desarrollar políticas integrales eco socialistas para la gestión de desechos, que contemple la eficiencia en la utilización de recursos, la reducción, reúso y reciclaje, para la protección de la naturaleza en el marco de un modelo de desarrollo sostenible y eco socialista.

**5.2.1.** Promover acciones en el ámbito nacional e internacional para la protección, conservación y gestión sustentable de áreas estratégicas, tales como fuentes y reservorios de agua dulce (superficial y subterránea), cuencas hidrográficas, diversidad biológica, mares, océanos y bosques.

**5.4.3.** Diseñar un plan nacional de adaptación que permita al país prepararse para los escenarios e impactos climáticos que se producirán debido a la irresponsabilidad de los países industrializados, contaminadores del mundo.

### 2.4.4 Norma de Alcantarillado INOS 1975

Esta norma se encarga de establecer dimensiones y características generales que deben tener las distintas alcantarillas según su gasto, su pendiente, la zona y el tipo de urbanismo.

**Artículo 3.14** Cálculo del gasto: En el cálculo citado se debe utilizar los períodos de retorno de lluvias siguientes:

- a) Para zonas residenciales, de 2 a 15 años.
- b) Para zonas comerciales y de elevado valor, de 5 a 15 años, dependiendo de su justificación económica.
- c) Para obras de canalización de cursos naturales, ríos o quebradas, 50 años o más.

**Artículo 3.23** Velocidad mínima: la velocidad mínima a sección llena, en colectores de alcantarillados de aguas servidas será de 0,6 m/s. La velocidad mínima a sección llena, en colectores de alcantarillados de aguas pluviales y únicas, será de 0,75 m/s.

**Artículo 3.24** Velocidad máxima: la velocidad máxima a sección llena en colectores de alcantarillado, dependerá del material a emplear en los mismos. Los artículos 3.23 y 3.24 indican que se tomará en cuenta la resistencia de la velocidad del material de acuerdo a la velocidad máxima y evitar la velocidad mínima para evitar la sedimentación de partículas según sea el caso (aguas servidas y pluviales).

**Artículo 3.28** Pendientes mínimos: la pendiente mínima de los colectores de un sistema de alcantarillado, estará determinada por las velocidades mínimas admisibles a sección llena.

**Artículo 3.29** Pendientes máximos: las pendientes máximas de los colectores de un sistema de alcantarillado, serán los correspondientes a las velocidades máximas admisibles a sección llena, según el material empleado en los mismos.

### 2.4.5 Gaceta Oficial N° 33.868 del 16 diciembre de 1987 del Congreso de la República de Venezuela decreta la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística

#### Título IV. De la Planificación Urbanística.

#### Capítulo II. De la Planificación Urbanística Nacional.

**Artículo 24:** Los planes de ordenación urbanística contendrán:

- Definición estratégica del desarrollo urbano, en términos de población, base económica,

extensión del área urbana y control del medio ambiente.

- La delimitación de las áreas de posible expansión de las ciudades.
- La definición del uso del suelo y sus intensidades.
- La determinación de los aspectos ambientales, tales como la definición del sistema de zonas verdes y espacios libres de protección y conservación ambiental y la definición de los parámetros de calidad ambiental.
- El sistema de vialidad urbana primaria.
- La red de abastecimiento de agua potable y cloacas.
- El sistema de drenaje primario.
- El señalamiento de las áreas donde están ubicadas instalaciones de otros servicios públicos y aquellas consideradas de alta peligrosidad, delimitando su respectiva franja de seguridad.
- Definición, en el tiempo, de las acciones que los organismos públicos realizarán en el ámbito determinado por el plan.
- La determinación de los equipamientos básicos de dotación de servicios comunales tales como educativos, culturales, deportivos, recreacionales, religiosos y otros.
- Las medidas económico-financieras necesarias para la ejecución del plan.
- Los demás aspectos técnicos o administrativos que el Ejecutivo Nacional considere pertinentes.
- El presente artículo busca establecer los lineamientos básicos que deberán tener los procesos urbanísticos y por lo tanto el planeamiento urbano, el cual por supuesto lleva consigo el cálculo y disposición de drenajes y redes de aguas servidas.

### **Capítulo III. De la Planificación Urbanística Local**

**Artículo 34:** Los planes de desarrollo urbano local se elaborarán teniendo en cuenta las directrices y determinantes establecidas en los planes de ordenación urbanística, y contendrán:

1. La definición detallada del desarrollo urbano, en términos de población, base económica, extensión del área urbana y control del medio ambiente.
2. La clasificación del suelo, a los efectos de determinar el régimen urbanístico aplicable, y permitir la elaboración de planes especiales.
3. La delimitación de espacios libres y áreas verdes destinadas a parques y jardines públicos, y a zonas recreacionales y de expansión.
4. La localización para edificaciones y servicios públicos o colectivos.
5. El trazado y características de la red vial arterial y colectora, definición del sistema de transporte urbano y organización de las rutas del mismo.
6. El trazado y características de la red de dotación de agua potable, cloacas y drenajes urbanos en la secuencia de incorporación recomendada.
7. El señalamiento preciso de las áreas para los equipamientos de orden general e intermedios requeridos por las normas correspondientes y para las instalaciones consideradas de alta peligrosidad, delimitando su respectiva franja de seguridad.
8. La identificación de las áreas de desarrollo urbano no controlado, con indicación de las características a corregir con el fin de incorporarlas a la estructura urbana.
9. El establecimiento de las áreas que deberán desarrollarse mediante la modalidad de urbanización progresiva.

10. La regulación detallada de los usos del suelo y delimitación de las zonas en que se divide el área del plan en razón de aquellos y, si fuere el caso, la organización de la misma en perímetros o unidades de actuación.
11. La programación por etapas de la ejecución del plan, con indicación precisa de las zonas de acción prioritaria, del costo de implantación de los servicios o de la realización de las obras urbanísticas, así como las fuentes de financiamiento.

#### **2.4.6 Ley Orgánica del Ambiente (1976)**

##### **Capítulo I. Disposiciones Generales**

**Artículo 3°** A los efectos de esta Ley, la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente comprenderá:

1. La ordenación territorial, y la planificación de los procesos de urbanización, industrialización, poblamiento y desconcentración económica, en función de los valores del ambiente.
2. El aprovechamiento racional de los suelos, aguas, flora, fauna, fuentes energéticas y demás recursos naturales, continentales y marinos, en función de los valores del ambiente.
3. La creación, protección, conservación y mejoramiento de parques nacionales, reservas forestales, monumentos naturales, zonas protectoras, reservas de regiones vírgenes, cuencas hidrográficas, reservas nacionales hidráulicas; refugios, santuarios y reservas de faunas silvestres, parques de recreación a campo abierto o de uso intensivo, áreas verdes en centros urbanos o de cualesquiera otros espacios sujetos a un régimen especial en beneficio del equilibrio ecológico y del bienestar colectivo.

##### **Capítulo V De la Prohibición o Corrección de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente**

**Artículo 19.** Las actividades susceptibles de degradar el ambiente quedan sometidas al control del Ejecutivo Nacional por órgano de las autoridades competentes.

**Artículo 20.** Se consideran actividades susceptibles de degradar el ambiente:

1. Las que directa o indirectamente contaminen o deterioren el aire, el agua, los fondos marinos, el suelo o el subsuelo o incidan desfavorablemente sobre la fauna o la flora.
2. Las alteraciones nocivas de la topografía.
3. Las alteraciones nocivas del flujo natural de las aguas.
4. La sedimentación en los cursos y depósitos de aguas.
5. Los cambios nocivos del lecho de las aguas.
6. La introducción y utilización de productos o sustancias no biodegradables.
7. Las que producen ruidos molestos o nocivos.
8. Las que deterioran el paisaje.
9. Las que modifiquen el clima.
10. Las que produzcan radiaciones ionizantes.
11. Las que propenden a la acumulación de residuos, basuras, desechos y desperdicios.
12. Las que propenden a la eutrofización de lagos y lagunas.
13. Cualesquiera otras actividades capaces de alterar los ecosistemas naturales e incidir negativamente sobre la salud y bienestar del hombre.

**Artículo 21:** Las actividades susceptibles de degradar el ambiente en forma no irreparable y que se consideren necesarias por cuanto reporten beneficios económicos o sociales evidentes, sólo podrán ser autorizados si se establecen garantías, procedimientos y normas para su corrección. En el acto de autorización se establecerán las condiciones, limitaciones y restricciones que sean pertinentes.

**Artículo 22:** La autorización prevista en el artículo anterior, deberá otorgarse en atención a los objetivos, criterios y normas establecidas por el Plan Nacional de conservación, defensa y mejoramiento ambiental.

**Artículo 23:** Quienes realicen actividades sometidas al control de la presente Ley deberán contar con los equipos y el personal técnico apropiados para el control de la contaminación. La clasificación y cantidad del personal dependerá de la magnitud del establecimiento y del riesgo que ocasione. Corresponderá al Reglamento determinar los sistemas y procedimientos de control de la contaminación.

## 2.5 Definición de términos básicos

**Barreras Verdes:** Son barreras vegetales que se utilizan para proteger contra las inundaciones, reducir la erosión del suelo y mejorar la calidad del agua.

**Biozanjas:** Son zanjas poco profundas llenas de vegetación o compost que se utilizan para recoger y filtrar el agua de escorrentía.

**Caudal:** Volumen de agua que fluye por una corriente o canal en un período de tiempo dado.

**Curvas IDF:** Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia que describen la probabilidad de diferentes intensidades de lluvia en función de su duración y frecuencia.

**Escorrentía:** es una corriente de agua que circula sobre la superficie de la tierra cuando proviene de la lluvia, derretimiento de la nieve u otras fuentes.

**Gestión Ambiental:** Prácticas y políticas destinadas a conservar y proteger el entorno natural y reducir el impacto ambiental de las actividades humanas.

**Zonas de Retención de Agua:** Áreas diseñadas para almacenar agua durante las lluvias fuertes y liberarla lentamente, reduciendo así el riesgo de inundaciones.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico es el conjunto de técnicas y procedimientos empleados para formular la hipótesis, resolver problemas y llevar a cabo la investigación. En este capítulo se incluirá las acciones o pasos a seguir con el objeto de describir y analizar el fondo del problema planteado, así mismo se incluye el tipo, nivel y diseño de la investigación, las correspondientes fases de investigación que serán usadas en el presente trabajo, la población y muestra seleccionada y las técnicas e instrumentos de recolección de datos a utilizar. Así mismo Arias (2006) explica el marco metodológico como el “Conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas” (p.16).

#### **Enfoque de la investigación**

Para Luis Mata (2019) enfoque de la investigación se refiere a:

La naturaleza del estudio, la cual se clasifica como cuantitativa, cualitativa o mixta; y abarca el proceso investigativo en todas sus etapas: desde la definición del tema y el planteamiento del problema de investigación, hasta el desarrollo de la perspectiva teórica, la definición de la estrategia metodológica, y la recolección, análisis e interpretación de los datos.

En este proyecto se llevará a cabo una investigación de naturaleza cuantitativa. Esto se justifica por la necesidad de abordar los objetivos de manera precisa, medible y objetiva, lo que es esencial cuando se trabaja en temas relacionados con la gestión de inundaciones y la infraestructura verde.

#### **3.1 Tipo de Investigación**

El presente trabajo se desarrollará en la modalidad de proyecto factible ya que se obtendrá información primaria mediante revisión bibliográfica y entrevista. Al respecto, el Manual de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 2006) expresa que:

Proyecto Factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. (p.21).

Por lo tanto, este proyecto se considera una investigación de un proyecto tipo factible, ya que el mismo es una propuesta viable para el diseño de una infraestructura verde que evite inundaciones en la zona de estudio, para satisfacer las necesidades de la comunidad e impulsar el desarrollo sostenible del Municipio.

### **3.2 Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación se refiere a las estrategias y herramientas que emplea el investigador para dar respuesta al planteamiento del problema, esto de acuerdo a lo expresado por Arias, F. (2006): “El diseño de la investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental”. (p. 26).

En base a lo citado, la investigación en curso, se establece con un diseño documental, debido a que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos y electrónicos u otros tipos de documentos. De acuerdo con Arias, F. (2006), que expone: “Es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”,

Del mismo modo se enmarca en un diseño de campo que Arias, F. (2012), lo define como:

Aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental. (Pág.31).

Lo que quiere decir que se adquieren los datos sin alterar ninguna de sus variables, empleando datos primarios tomados por los investigadores directamente y sin alterar sus variables.

En resumen, este proyecto de investigación, se empleará un diseño de investigación que combina enfoques documentales y de campo. El diseño documental se utilizará para revisar y analizar la literatura existente, leyes, regulaciones y documentos técnicos relacionados con la gestión de inundaciones y la infraestructura verde. Y simultáneamente, será de campo ya que implicará la recopilación de datos directamente en la Calle N°3, Urbanización Yuma II, Municipio San Diego, Estado Carabobo.

### **3.3 Nivel de la Investigación**

Para Arias F. (2012), el nivel de investigación responde al grado de desarrollo de conocimientos que se pretenda lograr con un trabajo científico, idea que complementan Baptista et al. (2014), señalando que también se ha de tomar en cuenta la calidad y profundidad de la información con que se cuente al inicio del proceso. De esta manera, existen tres niveles de investigación: descriptivo, explicativo y correlacional–causal (Baptista et al., 2014). Este trabajo de grado desarrollado estará basado en una investigación descriptiva ya que se examinará un tema de investigación que ha sido poco estudiado y únicamente existen ideas ambiguas relacionadas con el tema.

### **3.4 Población y Muestra**

En relación con la población, Palella y Martins (2010), la define como: “El conjunto finito o infinito de elementos, personas o cosas pertinentes a una investigación y que generalmente suele ser inaccesible” (p. 105). En el contexto de esta investigación, la población se refiere al conjunto de infraestructuras verdes, ya que estas, son el objeto central de este estudio y comprende elementos naturales y diseñados destinados a la gestión sostenible de aguas pluviales y la reducción del riesgo de inundaciones en la zona de interés.

En cuanto a la muestra, Palella y Martins (2010) la definen como: “La escogencia de una parte representativa de una población, cuyas características se reproducen de la manera más exacta posible” (p.106). Es importante mencionar que se analiza por población a un conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado, debido a esto, la muestra de este proyecto de investigación se compone de todas las posibles infraestructuras verdes que pueden ser implementadas en la Calle N°3, Urbanización Yuma II, Municipio San Diego, Estado Carabobo. Las diversas infraestructuras verdes que se considerarán en este trabajo de grado representan un conjunto de soluciones potenciales para mitigar el riesgo de inundaciones. Por ello, mediante la evaluación y análisis exhaustivo de estas opciones, se busca identificar las alternativas más adecuadas y efectivas que se ajusten a las características y necesidades específicas del entorno. El objetivo es seleccionar las infraestructuras verdes que, una vez implementadas, permitirán gestionar eficazmente el agua de lluvia y reducir significativamente el riesgo de inundaciones en la zona de estudio.

### **3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Arias (2006) define “Las técnicas de investigación son las distintas maneras, formas o procedimientos utilizados por el investigador para recopilar u obtener los datos o la información que requiere. Constituyen el camino hacia el logro de los objetivos planteados para resolver el problema que se investiga”. Por su parte el mismo autor define los instrumentos como “Los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información”

De igual forma, Arias (2016), define los instrumentos de recolección de datos como “Cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 68). Dichos instrumentos pueden estar ya normalizados o previamente elaborados por otros investigadores, los mismos son de gran importancia en esta investigación ya que representan el con qué se analizará la información de la problemática. Entre los instrumentos utilizados están:

#### **3.5.1 Observación directa**

El método de la observación permite que se establezcan diferencias y semejanzas en la realidad exterior, orientado hacia la recolección de los datos que servirán a la formulación de conclusiones y soluciones de los problemas visualizados. Según Arias (2006, p. 69) “es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno y situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”.

##### **➤ Registros fotográficos.**

Según Arias (2006), "El registro fotográfico es una técnica de recolección de datos que consiste en capturar imágenes de la realidad que se investiga, con el fin de documentar, analizar y comunicar los hallazgos". Por lo tanto, puede tener diferentes propósitos, como ilustrar, complementar, contrastar o sustituir la información obtenida por otros medios. El registro fotográfico también puede servir para generar nuevas preguntas, hipótesis o interpretaciones sobre el fenómeno estudiado.

Se empleó el uso de una cámara fotográfica que fue de gran ayuda ya que permitió dejar un registro de fotografías para observar las condiciones urbanas o viales que se encuentra la calle, los sistemas de drenaje en la zona de estudio y los puntos críticos donde se producen las inundaciones.

### ➤ **Planilla de inspección**

La planilla de inspección, como instrumento de recolección de datos, desempeña un papel crucial en este proyecto. Su función principal es permitir la sistematización y registro detallado de las observaciones realizadas en el terreno. Esta herramienta servirá para documentar las condiciones actuales de las áreas de estudio en la Calle N°3, Urbanización Yuma II, Municipio San Diego, Estado Carabobo.

### **3.5.2 Entrevista**

La entrevista es uno de los métodos cualitativos más utilizados en proyectos de investigación y es uno de los métodos de recopilación de datos de información. Este enfoque permite recopilar y analizar varios elementos sobre un tema previamente identificado entre el entrevistador y el entrevistado para que el entrevistador pueda obtener la información requerida. Según Arias (2006, p. 73), explica que “La entrevista es más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en un diálogo o conversación “Cara a Cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida”.

Por otro lado, Palella y Martins (2010), afirman que la entrevista “Es una técnica que permite obtener datos mediante un diálogo que se realiza entre dos personas cara a cara: el entrevistador "investigador" y el entrevistado”. (p.119). En efecto, la implementación de la entrevista trae un mayor enfoque de la situación de la calle n°3, Urbanización Yuma II, ya que las opiniones de los entrevistados o también llamados usuarios se considera significativo por el hecho de que son ellos los que serán los principales beneficiarios de la implementación de los sistemas drenaje e infraestructura verde.

En el presente trabajo de grado también se hace uso de una entrevista estructurada, con la cual se procuró obtener información de una forma oral y personalizada. La información tratará en torno a los aspectos necesarios para el levantamiento del proyecto con el fin de cumplir con los objetivos del estudio.

### ➤ **Guion de entrevista.**

Según Arias, F. (2016), la define como “La que se realiza a partir de una guía prediseñada que contiene las preguntas que serán formuladas al entrevistado”. Esta herramienta permitirá obtener información consistente y relevante de los expertos en el área, asegurando

que se aborden de manera específica los temas clave de la investigación. Al ser estructurado, garantizaría que se realicen preguntas clave de manera uniforme a todos los participantes, facilitando la comparación de respuestas. Además, contribuiría a la validez y confiabilidad de los datos, lo que es esencial para fundamentar los hallazgos y conclusiones en una base sólida. (VER APÉNDICE A).

### **3.5.3 Revisión Documental y Revisión Bibliográfica**

#### **Revisión Documental**

Hurtado J. (2010), expresa que “La información está contenida en textos escritos, ya sea porque la unidad de estudio es un texto, o documento, o porque ya fue recogida y asentada por otra persona” (p.162)

#### **Revisión Bibliográfica**

De acuerdo a Arias (2006), la revisión bibliográfica se centra “En la revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental de cualquier clase” (p. 87).

La técnica para la recolección de información y datos necesarios serán por medio de la observación del lugar, la cual permitió desarrollar la primera fase de evaluación, y luego realizando a su vez como instrumento principal la entrevista a la muestra seleccionada y la revisión documental para así obtener un porcentaje de los diferentes problemas existentes en la calle en estudio, para poder llegar a las soluciones más viables, y mejorar la calidad de los habitantes de la comunidad al igual que los usuarios que transitan por sus adyacencias.

#### **➤ Fichas Bibliográficas.**

Palella, S. y Martins, F. (2012), definen las fichas bibliográficas como “Una simple guía para recordar cuáles libros o trabajos han sido consultados o existen sobre un tema” (p. 142).

Por lo tanto, las fichas bibliográficas son instrumentos que sirven para registrar y organizar las fuentes de información que se utilizan en un trabajo de investigación. Las fichas bibliográficas contienen los datos esenciales de cada fuente, como el autor, el título, la editorial, el año, el lugar y el tipo de publicación, así como también facilitan la identificación, localización y cita de las fuentes consultadas. En relación a lo anterior, se hará uso de este instrumento para identificar las referencias utilizadas en la investigación.

#### **➤ Libreta de anotaciones**

De acuerdo con Arias G. (2012), una libreta de anotaciones es un "instrumento de

trabajo" que permite al investigador "registrar, organizar y sistematizar la información" que recopila durante su proceso de investigación. Esta libreta sirve como un instrumento de registro sistemático que permite organizar y resumir la información relevante encontrada en la literatura científica y documentos relacionados con el tema de estudio. Su importancia radica en su capacidad para estructurar y sintetizar datos clave, identificar tendencias, patrones y conclusiones a medida que se examinan múltiples fuentes.

### **3.6 Validación del instrumento**

Arias define la validación de los instrumentos como “Comprobar si el instrumento mide lo que se pretende medir, además de cotejar su pertinencia o correspondencia con los objetivos específicos y variables de la investigación. Esta operación puede ser realizada a través del juicio de expertos”.

La validación del instrumento implica evaluar dos aspectos fundamentales: la validez y la confiabilidad. Es por ello que, Palella Stracuzzi, S. y Martins, F. (2010) explican que “la validez y la confiabilidad en la investigación cualitativa se basan en el paradigma epistemológico postpositivista, que adopta un proceso crítico y reflexivo en todas las fases de la investigación” y que “la validez y la confiabilidad se evalúan según criterios como la credibilidad, la transferibilidad, la confirmabilidad y la dependencia”

Mientras que, Tamayo y Tamayo, M. (2006) definen la validez como “el grado en que el instrumento mide lo que se pretende medir” y la confiabilidad como “la confianza que se concede a los datos que se obtienen con el mismo y está relacionada con la coherencia o consistencia interna y la precisión de las medidas recopiladas”

Por lo tanto, en el presente trabajo, la validación de instrumentos permite garantizar que las herramientas y métodos que empleas para recopilar datos, como las fichas bibliográficas, registro fotográfico, la entrevista o las mediciones, sean confiables y relevantes para los objetivos de la investigación. (VER APÉNDICE B).

### **3.7 Técnicas de análisis de datos**

Según Arias (2004), "En este punto se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan" (p. 99). Esto es esencial, ya que te ayuda a entender cómo se manejan los datos hidrológicos e hidráulicos que se recopilaron sobre infraestructura verde y gestión de inundaciones. Las operaciones de procesamiento de datos, como la organización,

el análisis estadístico y la interpretación, son fundamentales para extraer conclusiones significativas y respaldar los hallazgos.

En cuanto a, la Matriz de Leopold, también conocida como la Matriz de Evaluación del Proyecto, es una herramienta utilizada en la planificación y evaluación de proyectos para identificar y evaluar los impactos ambientales. Consiste en una matriz que relaciona las acciones del proyecto con los posibles impactos ambientales, lo que permite analizar cómo las actividades del proyecto pueden afectar el entorno natural.

En este proyecto, la Matriz de Leopold podría ser una herramienta valiosa para evaluar y prever los impactos ambientales de las infraestructuras verdes propuestas. Esta matriz ayudaría a identificar posibles beneficios, como la mitigación de inundaciones y la mejora del entorno, así como posibles efectos negativos, como la alteración de los ecosistemas locales. Esto es esencial para un enfoque de gestión ambiental y puede respaldar la toma de decisiones informadas para minimizar impactos negativos y maximizar los beneficios ambientales del proyecto.

### **3.8 Fases Metodológicas**

Para el desarrollo a cabalidad del presente trabajo de investigación se dividió el mismo en tres fases de investigación:

**FASE I: Diagnóstico de las Características Hidrológicas, Hidráulicas y Topográficas de la cuenca que drena hacia la calle n°3, Urb. Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.**

En esta fase, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de la cuenca que drena hacia la calle n°3, Urbanización Yuma II, en el municipio San Diego, estado Carabobo. Esto implica recopilar información sobre las características del flujo de agua en la cuenca, las propiedades hidráulicas, como la capacidad de drenaje, y la topografía de la zona. Este diagnóstico servirá como base para comprender el comportamiento de las aguas pluviales en la zona y las posibles áreas de riesgo de inundaciones.

**FASE II: Análisis de Factores Climáticos, Geográficos y Urbanísticos que contribuyen al riesgo de inundaciones en dicha calle de estudio.**

En esta fase, se examinarán los elementos climáticos, geográficos y urbanísticos que contribuyen al riesgo de inundaciones en la calle de estudio. Esto incluye el estudio de patrones

de precipitación, condiciones geográficas que puedan influir en el flujo de agua y factores urbanísticos como la impermeabilización del suelo. Este análisis permitirá identificar los desencadenantes de las inundaciones y comprender cómo interactúan en la zona.

**FASE III: Determinación de Alternativas de Infraestructura Verde que se pueden aplicar en la calle de estudio, considerando sus beneficios y limitaciones.**

En esta etapa, se explorarán diversas opciones de infraestructura verde que pueden aplicarse en la calle de estudio. Esto podría incluir sistemas de drenaje sostenible, áreas verdes, techos verdes, entre otros. Se evaluarán las ventajas y desventajas de cada alternativa, teniendo en cuenta su capacidad para reducir el riesgo de inundaciones y mejorar la calidad del entorno.

**FASE IV: Diseño de la Infraestructura Verde seleccionada, siguiendo las normas y especificaciones vigentes para la calle n°3.**

Una vez identificada la mejor alternativa de infraestructura verde, se procederá a realizar la propuesta de diseño siguiendo las normas y especificaciones vigentes. Esto implica la planificación detallada de la infraestructura, considerando aspectos como la disposición de áreas verdes, sistemas de drenaje y soluciones para mitigar inundaciones. El diseño se adaptará específicamente a las necesidades de la calle n°3, Urbanización Yuma II.

**3.9 Cuadro Técnico Metodológico**

**Cuadro #1:** Cuadro Técnico Metodológico

OBJETIVO ESPECÍFICO	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	FUENTE DE INFORMACIÓN
Diagnosticar las características hidrológicas, hidráulicas y topográficas de la cuenca que drena hacia la calle n°3, Urb. Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo	Condiciones Naturales	Hidráulica	Escorrentía Superficial	1,2,8	-Guía de Entrevista - Revisión Bibliográfica -Revisión Documental
			Precipitación	1,2,10	
			Disposición final	2,3,4,10	
	Condiciones Urbanas	Desarrollo Urbano	Recolección de aguas pluviales	1,2,3,4	
			PDUL	3,4,6,7,10	
Vialidad	Geometría Vial	4,5,8,9,10			

**Fuente:** De Abreu, A. y Geraci, G. (2023).

## CAPÍTULO IV

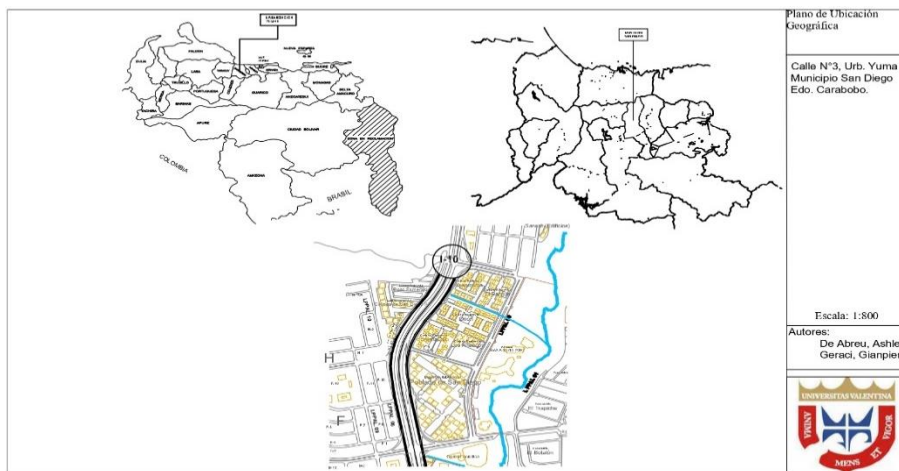
### RESULTADOS

#### 4.1 FASE I: Diagnóstico de las Características Hidrológicas, Hidráulicas y Topográficas de la cuenca que drena hacia la calle n°3, Urb. Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.

Esta fase se obtuvo una serie de información tanto documental como de campo, la cual es recopilada y plasmada mediante actividades que describen las condiciones que influyen en el comportamiento hidrológico de la cuenca y en la generación de escorrentía superficial, así como también las condiciones topográficas del área de estudio. Los resultados obtenidos permiten caracterizar la cuenca y establecer las bases para el desarrollo de las fases posteriores del estudio, que se enfocan en el diseño de soluciones para el control de inundaciones del tramo en estudio en la Calle n°3, Yuma II, del municipio San Diego, Estado Carabobo.

##### 4.1.1. Características generales del tramo

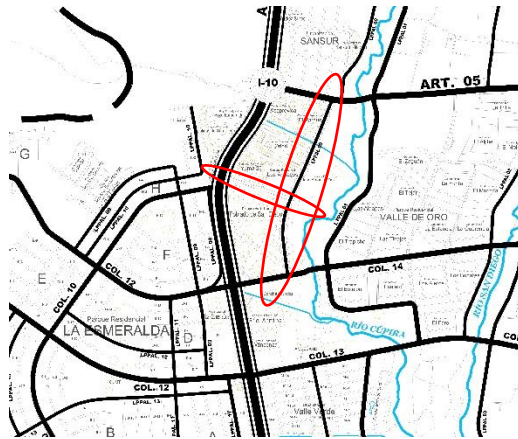
La calle N°3, de la urbanización Yuma II se encuentra ubicada al centro del Municipio San Diego, el cual es uno de los catorce municipios del Estado Carabobo en la región central de Venezuela. Posee una superficie aproximada de 106 Km<sup>2</sup> y cuenta con una población de 111.482 habitantes censo obtenido en el año 2011. San Diego es considerado como un municipio modelo, debido a sus infraestructuras, desarrollo urbanístico, industrial y comercial.



**Figura 5.** Ubicación Geográfica.  
Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024)

#### 4.1.1.2 Límites geográficos.

- **Norte:** con el municipio Puerto Cabello, por la divisoria de aguas de la Cordillera de la Costa, atravesando el Parque San Esteban.
- **Sur:** con los municipios Valencia y Los Guayos, por el eje de la autopista Caracas-Valencia, desde el distribuidor el Morro hasta Punta Tapiaca.
- **Este:** con el municipio Guacara, siguiendo la divisoria de aguas del cerro la Josefina desde Punta Tapiaca hasta el límite con el municipio Puerto Cabello.
- **Oeste:** con los municipios Valencia y Naguanagua, por la divisoria de aguas del cerro El Trigal, pasando por el estrecho de Bárbula hasta el límite con el Municipio Puerto Cabello.



**Figura 6.** Plano de Ubicación Calle N°3, Urb. Yuma II  
Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024)

#### 4.1.1.3 Topografía.

El estado Carabobo es una entidad federal de Venezuela situada en la región central del país. Su superficie es de 4650 km<sup>2</sup> y su población estimada para 2016 era de 2.843.161 habitantes. Su capital es la ciudad de Valencia, una de las principales urbes venezolanas. La superficie del estado Carabobo presenta una gran diversidad de relieves, que van desde las montañas de la Cordillera de la Costa hasta las llanuras del sur. La mayor parte del territorio corresponde a la Serranía del Litoral, que se extiende desde el golfo Triste hasta el estado Yaracuy, y a la Serranía del Interior, que forma parte de la cuenca del lago de Valencia. Entre ambas serranías se encuentra la depresión lacustre, que ocupa unos 278 km<sup>2</sup> y tiene una altitud media de 410 m.s.n.m. Al sur del lago se inicia el piedemonte llanero, que desciende hacia las tierras bajas de los estados Cojedes y Guárico.

La topografía del estado Carabobo está determinada por las diferentes unidades geomorfológicas que lo conforman. Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), se pueden

distinguir cuatro grandes regiones: la costa caribeña, con playas, acantilados y bahías; el sistema montañoso costero, con alturas que superan los 1000 m; la depresión del lago de Valencia, con un relieve plano o ligeramente ondulado; y el sistema montañoso interior, con valles profundos y crestas elevadas. Por su parte, el municipio San Diego se encuentra en una zona montañosa, con una altitud que varía entre los 400 y los 1100 metros sobre el nivel del mar; tiene una topografía accidentada, con mesetas, cerros y lomas que forman parte de la cordillera de la Costa, y esta a su vez, no tiene ríos permanentes, sino quebradas y arroyos que se alimentan de las lluvias.

La pendiente del municipio no es muy pronunciada en las partes más bajas de la ciudad, pero aumenta gradualmente a medida que nos acercamos a las zonas montañosas. Esto hace que ciertas áreas sean vulnerables a inundaciones, especialmente aquellas cercanas a los ríos y puntos que dirigen el agua hacia canales naturales. Por ende, la escorrentía de las precipitaciones fluye principalmente desde los cerros Fila del Orégano o Kairoi hasta el río San Diego, o desde los cerros Fila de Macomaco o Fila Pelón hasta el río Cúpira o San Diego.

En cuanto a la altitud, el valor promedio desde el punto más alto hasta el más bajo es de 498 metros sobre el nivel del mar. Mientras que, en el tramo de estudio específico, que abarca la Calle N°3 de la Urb. Yuma II, consta de 2.17 Km de perímetro, sus pendientes por cada tramo son de 1.45% y el otro con una pendiente del 0.88%. y sus elevaciones oscilan entre 456 msnm y 461 msnm, todos estos datos fueron obtenidos usando herramienta Google Earth, Global Mapper y AutoCAD.



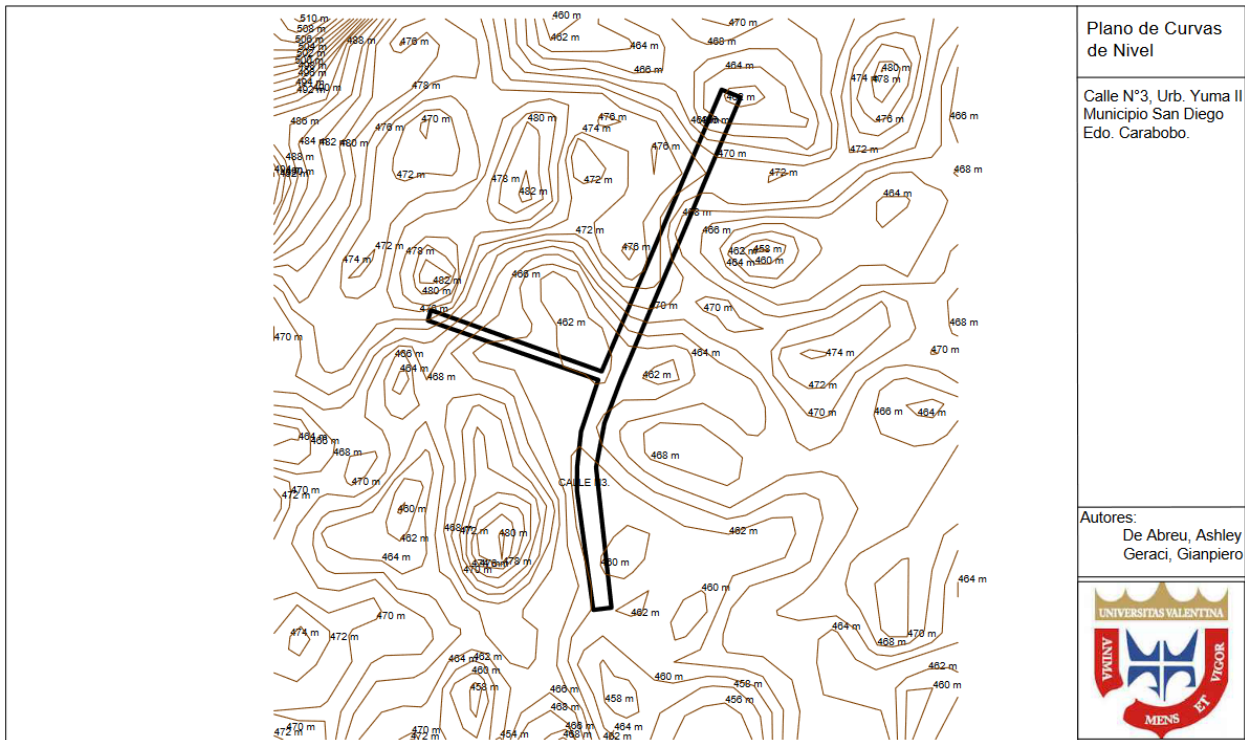
**Figura 7.** Altura de la Zona

**Fuente.** Google Earth

En primer lugar, se traza una la poligonal de estudio, la cual se conforma por segmentos de línea recta que se utilizan como base para realizar mediciones y levantamientos en terreno,

mediante la clasificación por poligonales se obtuvo la información para el diseño de la infraestructura verde que se quiere implementar determinando la ubicación, elevaciones, posición de los puntos de interés y sus distancias.

A continuación, se presenta la tabla con las coordenadas de la ubicación (**ver Tabla 2**), iniciando en la coordenada 10° 13 '55.76" N 67° 57' 48.83" O correspondiente a la Calle N°3 (Arterial 5) a la altura de la Casa de la Cultura en San Diego, hasta llegar a la coordenada 10° 14' 2.40" N 67° 57' 49.53" O correspondiente al final del Arterial 5, a la altura del estacionamiento de la UJAP.



**Figura 8.** Plano de curvas de nivel Calle N°3, Urb. Yuma II  
Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024)

VÉRTICE	LADO	DISTANCIA	ESTE (X)	NORTE (Y)
A	A-B	26,53	613513,4041	1131263,5131
B	B-C	175,1	613487,0793	1131260,2601
C	C-D	34,65	613463,5127	1131433,7661
D	D-E	51,43	613463,7452	1131468,4201
E	E-F	79,08	613469,1995	1131519,5621
F	F-G	262,4	613494,4191	1131594,5114
G	G-H	15,73	613246,5761	1131680,7036
H	H-I	263,74	613250,9029	1131695,8265
I	I-J	445,1	613499,1644	1131606,8168
J	J-K	29,56	613673,6518	1132016,2860
K	K-L	444,88	613701,1045	1132005,3265
L	L-M	68,62	613527,5524	1131595,7002
M	M-N	65,08	613503,2038	1131531,5426
N	N-A	205,28	613491,1609	1131467,5892
<b>TOTAL</b>		2167,18		

**Tabla 2. Coordenadas para la poligonal**

Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024)

#### 4.1.1.4 Suelos.

Valencia se encuentra en una depresión tectónica limitada por dos cadenas montañosas: la serranía del Litoral al norte y la serranía del Interior al sur. Estas serranías presentan rocas metamórficas de alto y bajo grado, respectivamente, y están atravesadas por numerosas fallas, como la de La Victoria, que evidencian la actividad sísmica de la zona. La depresión alberga el lago de Valencia, el segundo más grande del país, que se formó por el cierre de un antiguo valle fluvial. Los suelos que rodean el lago son de origen aluvial y lacustrino, es decir, que se han depositado por la acción del agua. Estos suelos son generalmente fértiles y aptos para la agricultura, pero también presentan problemas de erosión, salinización y contaminación, por lo que requieren de un estudio geotécnico adecuado para garantizar la seguridad y la sostenibilidad de las obras civiles.

#### 4.1.1.5 Hidrología.

En el estado de Carabobo, la combinación entre las condiciones climáticas y la fisiografía ha propiciado la configuración de una red hidrográfica sumamente densa, compuesta por cursos de agua de recorrido generalmente limitado, divididos en tres cuencas distintas:

- La cuenca del Mar Caribe, que engloba a los ríos Urama, Morón, San Esteban y Borburata.
- La cuenca corresponde al río Orinoco, la cual está conformada por los ríos Pao,

Pacaragua y Guárico.

- La cuenca endorreica asociada al lago de Valencia, hacia la cual convergen las aguas provenientes de los ríos Güigüe, Guayos, Guacara, Enrique y Cabriales.

El Lago de Valencia, también conocido como lago Tacarigua, es el segundo lago más importante de Venezuela después del lago de Maracaibo. Este lago es un cuerpo de agua dulce sin desagüe al mar y se encuentra emplazado en una fosa tectónica conocida como Graben de Tacarigua o Valencia. La cuenca del lago es de tipo endorreica y cubre 3150 km<sup>2</sup> (0,3 % del país). El lago de Valencia tiene una longitud máxima de 30 km, una anchura máxima de 20 km, una profundidad máxima de 47 metros y una profundidad media de 38 metros. Su cota actual es cercana a los 414 metros sobre el nivel del mar. Además, ocupa una superficie de más de 390 km<sup>2</sup> y tiene un volumen de más de 8500 km<sup>3</sup>.

El curso de agua principal, Quebrada El Palito, presenta una sección transversal variable, con una profundidad media de 0,6 metros y un ancho promedio de 2,5 metros. La pendiente longitudinal de la quebrada varía entre 2% y 8%, siendo más pronunciada en las zonas altas de la cuenca. Mientras que, la rugosidad de la quebrada es moderada, con un coeficiente de rugosidad de Manning de aproximadamente 0,035. Esta característica puede influir en la velocidad de las aguas de lluvia y la generación de inundaciones en la zona urbana de la cuenca.

La Quebrada El Palito, se origina en las partes altas de la cuenca y desemboca en el Río San Diego. La longitud total del curso de agua dentro de la cuenca es de aproximadamente 3,8 kilómetros. Cabe destacar que, en el municipio San Diego, se encuentran tres cursos de agua principales: el río Cúpira, el río San Diego y el río Los Guayos. Los dos primeros son afluentes del río Los Guayos, y todos ellos pertenecen a la cuenca endorreica del Lago de Valencia.

El río Cúpira tiene su origen en lo alto del Parque Nacional San Esteban, en la cordillera de la costa. Fluye en dirección Norte-Sur hasta su confluencia con el río San Diego en las zonas bajas del municipio, también conocido como el valle de San Diego. Es importante destacar que las zonas llanas del municipio son especialmente vulnerables y están en riesgo de inundaciones. Asimismo, el régimen hidrológico de la cuenca es altamente variable, con caudales más elevados durante la estación lluviosa (abril a noviembre) y disminución de los mismos en la estación seca (diciembre a marzo). El caudal medio anual en la desembocadura de la cuenca es de aproximadamente 0,58 m<sup>3</sup>/s, con una velocidad media del agua de aproximadamente 0,6 m/s.

Siguiendo con la misma idea, las zonas urbanas que presentan mayor riesgo de inundación en el Municipio San Diego son: La Urbanización Valle de Oro, el pueblo de San Diego, El sector La Cumaca, Las Urbanizaciones Bosqueserino, Monteserino, Parqueserino y el Remanso, La Zona Industrial Castillito. El riesgo se debe a que la población se ha venido asentando en la ribera del río, disminuyendo de esta manera las zonas de protección de ríos y la capacidad hidráulica de la sección de los cauces. Por lo mismo, se puede evidenciar pocos problemas de inundación en las zonas montañosas del Río Cúpira, donde el cauce está bien definido y las pendientes son considerables, pero en las zonas bajas del valle, donde el cauce posee pendientes bajas y se encuentra menos definido, tiende a rebasar su capacidad con cierta frecuencia, por esta razón dependiendo del grado de definición de su cauce y de la pendiente puede llegar a desbordarse creando zonas vulnerables a inundaciones.

#### **4.1.1.6. Hidráulica.**

Se llevó a cabo una exploración de campo, durante la cual se ubicaron y examinaron los elementos hidráulicos presentes, como bocas de inspección, sumideros, cunetas, canales y tuberías de drenaje de aguas pluviales. A lo largo del recorrido de la poligonal de estudio, que comenzó desde la calle N°3 de la Urb. Yuma II, cerca del estacionamiento de la UJAP, hasta llegar a la Casa de la Cultura de San Diego, se identificaron varios sumideros de ventana y bocas de inspección. Sin embargo, la mayoría de estos elementos presentan deficiencias, ya sea por obstrucción debido a desechos o por deterioro en su estado, lo que contribuye a la acumulación de agua en ciertos puntos durante lluvias intensas. El propósito de esta inspección es obtener información relevante sobre las condiciones actuales de la zona y determinar las posibles causas de los problemas existentes. A continuación, se presentan las tablas en las que se organizó la información recopilada, junto con recursos fotográficos capturados durante el trabajo de campo.

**Tabla 3. Inspección de la vialidad**  
**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024)




Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm
Tapa de revision de sumidero de ventana		
Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro = 70cm
Tapa de revision de sumidero de ventana		
Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm
Tapa de revisión de sumidero de ventana		






Imagen	Ubicación	Observación
 <p>Tapa de revision de sumidero de ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm. Se encuentra en buen estado, pero no tiene la tapa correspondiente.
 <p>Tapa de revision de sumidero de ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm
 <p>Tapa de revision de sumidero de ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm. Se encuentra en muy mal estado, no tiene tapa y además se encuentra obstruido por desechos y sedimentos
 <p>Tapa de revision de sumidero de ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm
 <p>Tapa de revision de sumidero de ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro = 70cm
Tapa de revision de sumidero de ventana		


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro = 70cm
Tapa de revision de sumidero de ventana		


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro=70cm. Mal estado, Falta de tapa.
Tapa de revision de sumidero de ventana		


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Mal estado, Falta de tapa. Diametro=70cm
Tapa de revision de sumidero de ventana		


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Mal estado, Falta de tapa. Diametro=70cm
Tapa de revision de sumidero de ventana	44	


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Mal estado, Falta de tapa. Diametro=70cm
Tapa de revision de sumidero de ventana		

Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm
Tapa de revision de sumidero de ventana		


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm
Tapa de revision de sumidero de ventana		

Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm
Tapa de revision de sumidero de ventana		

**Tabla 4. Ubicación de los sumideros de ventana en la Calle N°3 en la Urb. Yuma II.**  
 Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024)






Imagen	Ubicación	Observación
 <p>Sumidero de ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm
 <p>Sumidero de ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=3.9m, Alto=15cm
 <p>Sumidero de ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=3.9m, Alto=15cm. Tiene maleza acumulada en el interior de la abertura.
 <p>Sumidero de Ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=3.9m, Alto=15cm. Parte de la estructura del drenaje se ha desgastado y se ha desprendido un pedazo del borde.
 <p>Sumidero de ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=3.9m, Alto=15cm. Sin mantenimiento, tiene acumulacion por dentro de desechos.



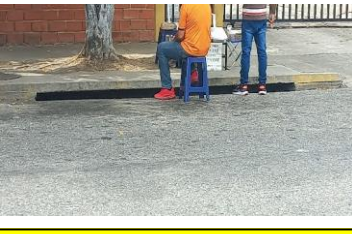


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm
Sumidero de ventana		
Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm
Sumidero de ventana		
Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=3.9m, Alto=15cm. Esta expuesto a puestos de comida, por lo tanto, los desechos se depositando en el sumidero.
Sumidero de ventana		
Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=3.9m, Alto=15cm. Tiene fracturas en el borde interior por desgaste.
Sumidero de ventana		
Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=3.9m, Alto=15cm. Tiene crecimiento de vida verde dentro del mismo drenaje.
Sumidero de ventana		






Imagen	Ubicación	Observación
 <p>Sumidero de ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm
 <p>Sumidero de ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm
 <p>Sumidero de ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm
 <p>Sumidero de ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.00 m, Alto=15cm. Se encuentra en muy mal estado, se encuentra con moho, y parte del material se encuentra expuesto
 <p>Sumidero de ventana</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm

Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm
Sumidero de ventana		


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm
Sumidero de ventana		


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm. Acumulación de desechos, plasticos y hojas.
Sumidero de ventana		


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm
Sumidero de ventana		


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm
Sumidero de ventana		


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm
Sumidero de ventana		


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm
Sumidero de ventana		

Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm
Sumidero de ventana		



Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=4.05m, Alto=15cm Se encuentra en muy mal estado, y parte del material de acero se encuentra expuesto
Sumidero de ventana		

Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=3.9m, Alto=15cm
Sumidero de ventana		

**Tabla 5. Ubicación de las bocas de visita en la Calle N°3 en la Urb. Yuma II.**  
 Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024)






Imagen	Ubicación	Observación
 <p>Boca de visita</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm
 <p>Boca de visita</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm
 <p>Boca de visita</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm
 <p>Boca de visita</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro = 70cm
 <p>Boca de visita</p>	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro = 70cm







Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro = 70cm
Boca de visita		
Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm
Boca de visita		
Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro=70cm El concreto a su alrededor tiene fisuras en su borde y longitudinales
Boca de visita		
Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro=70cm
Boca de visita		
Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro=70cm. Mal estado, cuenta con desgaste superficial y tiene fisuras de borde.
Boca de visita		

Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro: 70cm
Boca de visita		

Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro = 70cm El concreto a su alrededor tiene fisuras en su borde y longitudinales
Boca de visita		

**Tabla 6. Ubicación de las cloacas en la Calle N°3 en la Urb. Yuma II.**

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024)

Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro = 70cm
Cloacas		


Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro = 70cm. El concreto a su alrededor tiene fisuras en su borde y longitudinales
Cloacas		




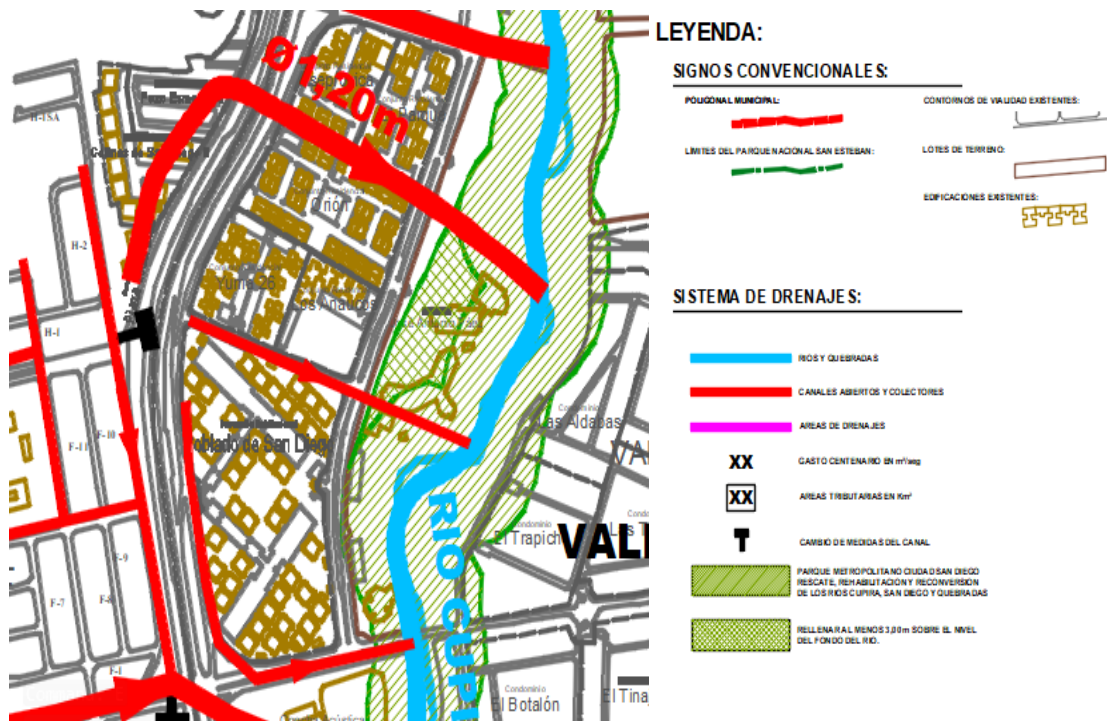
Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro = 70cm
Cloacas		

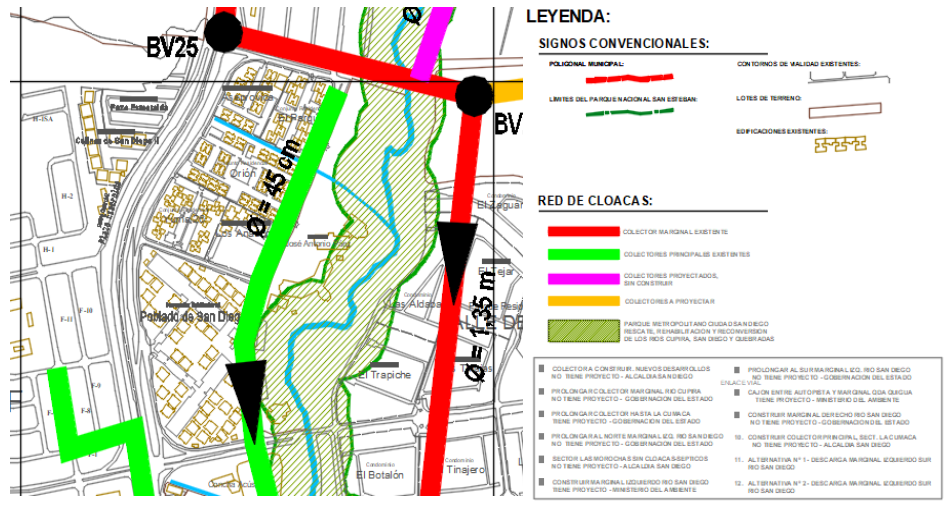
Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Diametro = 70cm
<b>Cloacas</b>		

**Tabla 7. Ubicación del sumidero de rejilla en la Calle N°3 en la Urb. Yuma II.**  
**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024)

Imagen	Ubicación	Observación
	Calle N°3, Urbanización Yuma II, municipio San Diego, estado Carabobo.	Dimensiones: Ancho=0.50m, Largo=3.50m
<b>Sumidero de rejilla</b>		



**Figura 9.** Plano de colectores existentes en el tramo de estudio, la calle N°3.  
**Fuente.** PDUL de San Diego



**Figura 10.** Plano de cloacas existentes en el tramo de estudio, la calle N°3.  
**Fuente.** PDUL de San Diego.

Luego de una extensiva verificación fotográfica y análisis de la zona de estudio, se evidencia que en el tramo que abarca la calle N°3 en la Urb. Yuma II (denominado como el "Tramo de estudio"), se pudo constatar que una gran cantidad de sumideros de ventana y otras estructuras de captación lateral presentan condiciones precarias y están obstruidos por sedimentos y desechos. Esta situación evidencia una notable falta de mantenimiento en dichas infraestructuras.

Basándonos en la información recopilada tanto de fuentes bibliográficas como de la observación directa durante la visita al terreno, se hace imperativo considerar la implementación del mantenimiento de los sistemas de drenajes ya existentes. Estos sistemas funcionan como drenajes principales, por ende, se necesita garantizar un sistema confiable, especialmente durante eventos de precipitaciones intensas y de periodos de retorno elevados (ver Figura 5). En este contexto, se sugiere explorar el uso de sistemas de subdrenajes, aunque es importante destacar que, aunque se conocen en Venezuela, no son de uso convencional. Estos sistemas deben ser diseñados de manera sostenible y adaptarse al entorno específico, trabajando en armonía con el sistema de drenaje superficial existente.

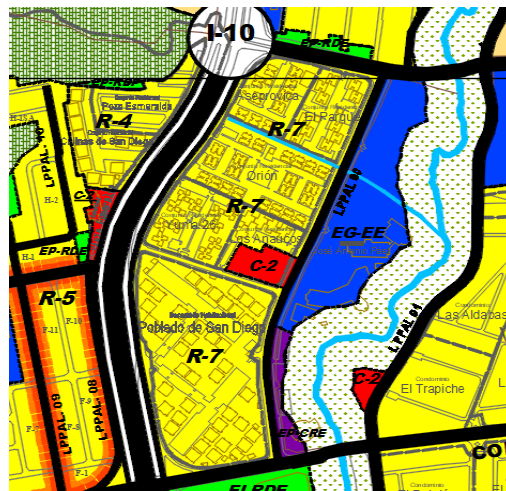


**Figura 11.** Inundación de estudio en la Urb. Yuma II, San Diego.  
**Fuente.** Twitter (2016).

#### 4.1.1.7. Zonificación Urbana.

La zonificación se refiere a la regulación del uso y ocupación de la propiedad predial. Esto se materializa a través de planos de Zonificación Urbana, un Reglamento de Zonificación que establece parámetros urbanísticos y arquitectónicos para cada zona, y un Índice de Usos para la ubicación de actividades urbanas. Según el Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL) de San Diego, la zonificación implica la subdivisión del área urbana con el propósito de definir el uso del suelo, los equipamientos urbanos, la altura y los volúmenes de las edificaciones, la densidad de población y otras características esenciales para establecer un orden territorial.

Para las zonas de estudio del presente trabajo, la ordenanza establece que las áreas están destinadas para el uso R-7, C-2, EG-EE y EP-CRE.



**Figura 12.** Plano de zonificación del tramo de estudio.  
**Fuente.** PDUL de San Diego.

- R-7: Residencial de densidad media-alta, destinado a viviendas unifamiliares, bifamiliares o multifamiliares con una altura máxima de siete pisos.

- C-2: Comercial intermedio, destinado a actividades comerciales, de servicios, financieras, administrativas o culturales con una altura máxima de diez pisos.

- EG-EE: Equipamiento General Especial Estratégico, destinado a instalaciones de interés público o social que requieren una ubicación estratégica y una alta accesibilidad, como hospitales, universidades, estaciones de transporte o centros deportivos.

- EP-CRE: Equipamiento Sociocultural y Religioso Primario, designado a áreas destinadas a albergar instalaciones y edificaciones de carácter sociocultural y religioso. Estas zonas proporcionan espacios para la realización de actividades comunitarias, eventos culturales y prácticas religiosas.

Para la zona en estudio según el Plan de Desarrollo Urbano local del municipio San Diego, nos encontramos en una zona residencial, con un equipamiento general especial designado a la casa de estudios universitarios como la UJAP y centros socioculturales.

#### **4.2 FASE II: Análisis de Factores Climáticos, Geográficos y Urbanísticos que contribuyen al riesgo de inundaciones en dicha calle de estudio.**

Para el análisis de los factores que intervienen en el diseño de infraestructura verde en la zona de estudio, se obtuvo información de la inspección en la cual se pudo observar el estado actual de los sumideros, la cantidad que hay en el tramo, las características de la vialidad y la topografía de la zona ya que con ella se puede determinar hacia donde escurre el agua. A continuación, se estudiarán los patrones de precipitación, las condiciones geográficas que pueden afectar el flujo del agua, así como también, considerar los factores urbanísticos como la impermeabilización del suelo. A través de este análisis, se podrán identificar los desencadenantes de las inundaciones y comprender cómo interactúan en la zona. Además, a través de la matriz de Leopold se analizó las variables que integran el estudio del trabajo de grado y evaluar los impactos ambientales, sean estos positivos o negativos.

##### **4.2.1. Factores Climáticos.**

Según el Instituto Nacional de Estadística (2007), en su Informe Geoambiental, el clima que predomina en el municipio San Diego, es el tropical lluvioso-seco. El municipio presenta una temperatura anual promedio de 25,5°C. La zona norte del municipio se encuentra en la Cordillera de la Costa, mayormente ocupada por el Parque Nacional San Esteban, superando

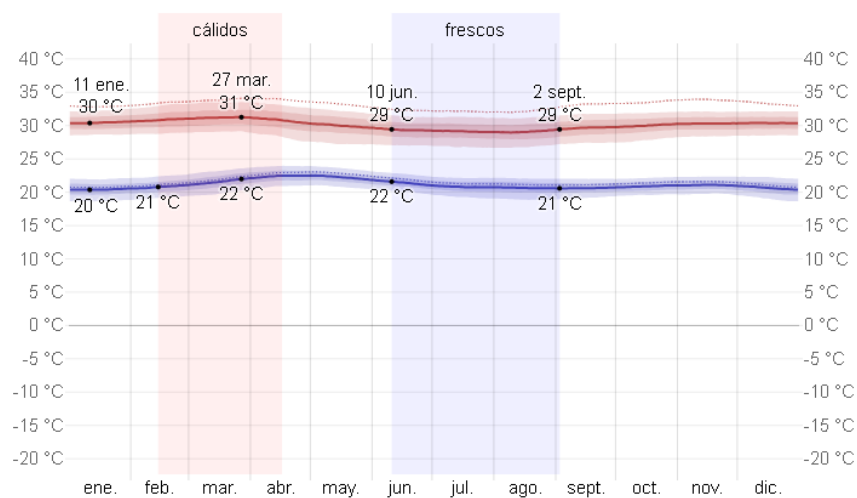
los 1.000 metros de altitud y con precipitación anual promedio de 1.500 mm; mientras que en la zona sur y centro del municipio se presentan precipitaciones entre 900 mm y 1300 mm. La precipitación promedio es de 909,5 mm anuales; con un patrón de distribución temporal de régimen unimodal, con período lluvioso de mayo a octubre en donde se descarga el 91,6% de las lluvias, y con junio-julio y septiembre como los máximos mensuales.

A pesar de que las estaciones del año no están muy marcadas en esta región, sí son perceptibles diferencias sutiles en las temperaturas durante los diferentes meses.

El período comprendido entre los meses de diciembre y marzo se caracteriza por presentar temperaturas un tanto más frescas en comparación con el resto del año. Durante estos meses, las temperaturas mínimas oscilan alrededor de los 18°C, mientras que las máximas se sitúan cerca de los 31°C. Este período se considera la estación "más fría" del año, aunque las temperaturas siguen siendo bastante cálidas en comparación con otras regiones del mundo.

A partir del mes de abril, las temperaturas experimentan un aumento gradual, alcanzando su punto máximo en el período comprendido entre los meses de junio y octubre. En estos meses, las temperaturas mínimas varían entre los 20°C y los 22°C, mientras que las máximas pueden alcanzar valores superiores a 34°C.

Cabe destacar que, a pesar de estas variaciones en las temperaturas a lo largo del año, San Diego goza de un clima bastante estable y agradable, gracias en parte a su ubicación geográfica y a la influencia moderadora del Lago de Valencia. No obstante, en los últimos años, se han observado variaciones sutiles en las temperaturas, así como en los patrones de lluvia y sequía, que pueden ser atribuidas al cambio climático global. Estos cambios pueden tener implicaciones significativas para el diseño y la implementación de infraestructura verde en el municipio, por lo que es fundamental tener en cuenta estos factores en la planificación y ejecución de dichos proyectos.



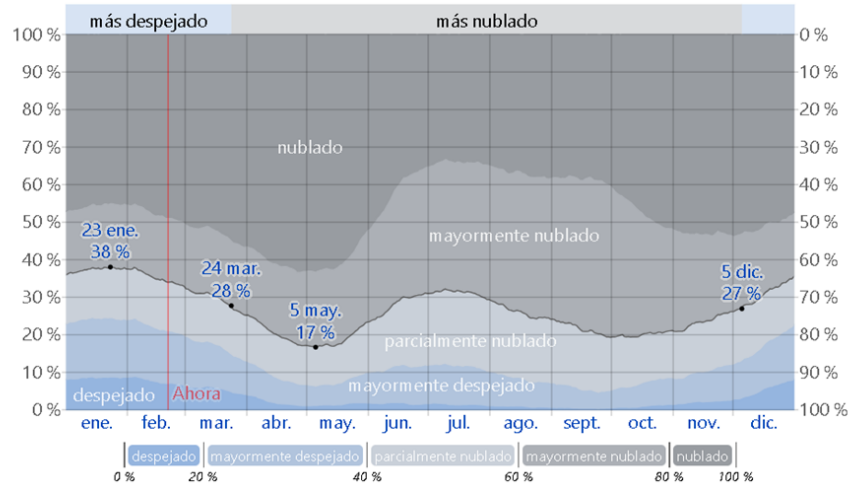
**Gráfico 1:** Temperaturas mínimas y máximas en San Diego, Carabobo.  
**Fuente:** Weather Park (2024).

La nubosidad en el Municipio San Diego, estado Carabobo, presenta variaciones a lo largo del año, con patrones generales que se relacionan con las estaciones y los cambios en los sistemas meteorológicos regionales. Por ende, el análisis de la nubosidad en San Diego revela variaciones estacionales significativas que influyen en las condiciones climáticas locales.

Durante los meses de febrero y marzo, se observa un período de relativa claridad atmosférica, con un porcentaje de nubosidad que oscila alrededor del 24%. Estos meses representan una temporada despejada, con cielos mayormente despejados que favorecen condiciones luminosas y soleadas. En contraste, los meses entre abril y noviembre muestran un incremento notable en la cobertura de nubes, alcanzando su punto máximo durante junio, julio y agosto. Durante estos meses, se registran picos de nubosidad que pueden influir en la distribución de la radiación solar y en la dinámica atmosférica local.

El mes con mayor nubosidad es enero, con un promedio del 38%, lo que indica una marcada presencia de nubes que puede afectar la visibilidad y la radiación solar en la región. Por otro lado, mayo se destaca como el mes con la menor nubosidad, con un porcentaje de solo el 17%, lo que sugiere condiciones atmosféricas más despejadas y una mayor incidencia de luz solar directa en la zona durante este período del año.

Sin embargo, cabe señalar que la nubosidad en San Diego puede verse afectada por factores locales, como la topografía, la vegetación y la proximidad al Lago de Valencia.



**Gráfico 2:** Nubosidad de San Diego, Carabobo.

**Fuente:** Weather Park (2024).

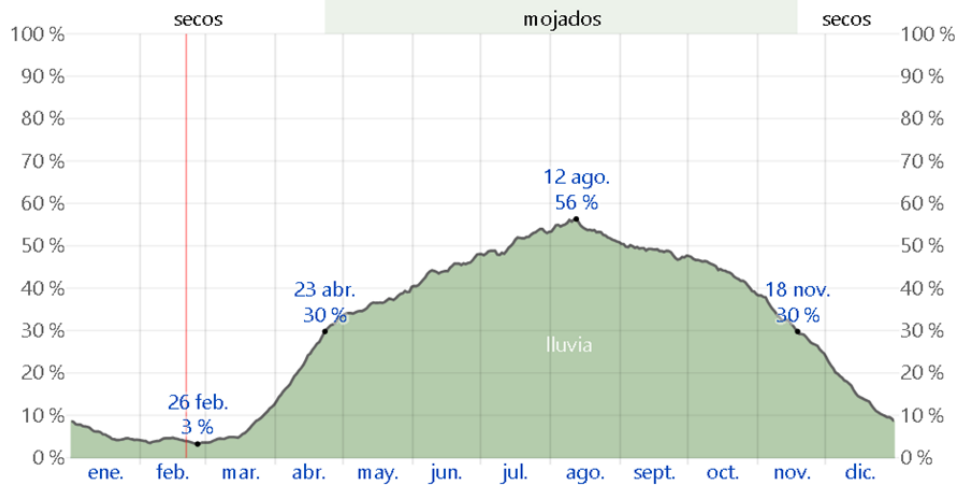
#### 4.2.1.3. Precipitación.

La precipitación es un factor clave para analizar el riesgo de los movimientos en masa, ya que puede provocar la inestabilidad del suelo por el aumento de la presión intersticial. Las lluvias intensas pueden causar la erosión y el arrastre de los materiales superficiales, que se movilizan por la red hidrográfica de una cuenca.

El análisis de las precipitaciones diarias en San Diego revela un patrón marcado por variaciones estacionales significativas que inciden en el régimen pluvial de la región. En febrero, la ciudad experimenta su temporada más seca, con apenas un 3% de probabilidad de precipitaciones. Este período se caracteriza por condiciones climáticas estables y cielos mayormente despejados, lo que contribuye a un clima generalmente seco y soleado en la zona. Sin embargo, a medida que avanza la primavera y se adentra en los meses de abril a noviembre, se observa un aumento gradual en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones. Abril marca el inicio de la temporada de lluvias, con un promedio del 30% de probabilidad de precipitaciones, señalando el comienzo de un período más húmedo en la región.

Este aumento en la actividad pluvial alcanza su punto máximo durante los meses de agosto, cuando San Diego experimenta su época más lluviosa del año, con un impresionante 56% de probabilidad de precipitaciones. Agosto se convierte así en el mes más húmedo, caracterizado por precipitaciones abundantes que pueden provocar inundaciones y otros eventos relacionados con el clima. A medida que avanza el otoño, las precipitaciones continúan siendo significativas, con un 30% de probabilidad en noviembre. Sin embargo, a partir de diciembre, el patrón climático comienza a cambiar nuevamente, disminuyendo gradualmente hasta

alcanzar el mínimo en febrero. Este ciclo estacional de precipitaciones refleja la compleja interacción entre factores climáticos regionales y globales que influyen en el clima de San Diego y resalta la importancia de comprender y gestionar los riesgos asociados con los eventos meteorológicos extremos en la zona.



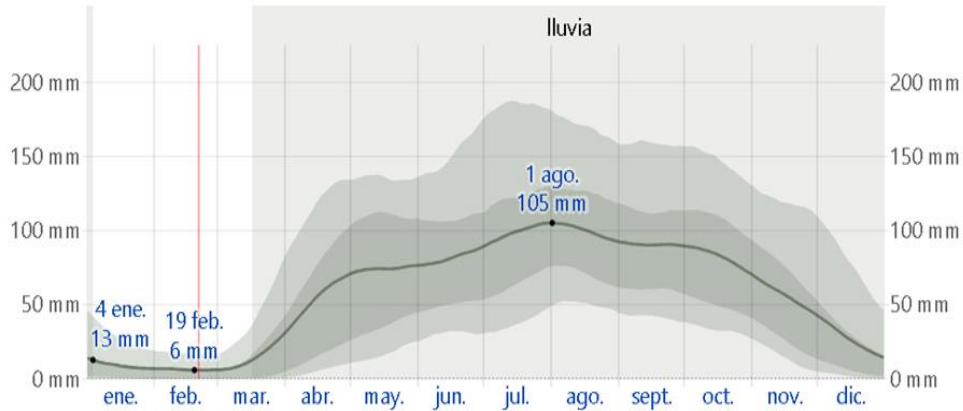
**Gráfico 3:** Probabilidad diaria de precipitación en San Diego, Carabobo.  
**Fuente:** Weather Park (2024).

#### 4.2.1.4. Lluvias.

En San Diego, este análisis promedio, proporciona una visión detallada de la distribución estacional de las precipitaciones en la región. En febrero, que coincide con el período de menor actividad pluvial y menor nubosidad según las tablas anteriores, se registra un promedio mensual de lluvia de apenas 6 mm. Este bajo nivel de precipitación refleja las condiciones generalmente secas y estables que caracterizan este mes en la zona, con días soleados y cielos despejados predominantes. Sin embargo, es en enero cuando comienza a decrecer la cantidad de lluvia, con un promedio mensual de 13 mm, marcando el inicio de la temporada de sequía en San Diego.

A partir de marzo y hasta noviembre, San Diego experimenta un aumento gradual en el promedio de lluvia mensual, alcanzando su punto máximo durante los meses de verano. Agosto se destaca como el mes más lluvioso del año, con un promedio de precipitación de 105 mm. Este aumento significativo en la cantidad de lluvia refleja la influencia de factores climáticos estacionales, como la llegada de sistemas meteorológicos asociados con la temporada de monzones y la interacción con fenómenos atmosféricos regionales. La variabilidad en el promedio de lluvia a lo largo del año subraya la importancia de comprender los patrones climáticos locales y la necesidad de adaptar estrategias de gestión de recursos hídricos y

prevención de inundaciones para hacer frente a las fluctuaciones estacionales en las precipitaciones.

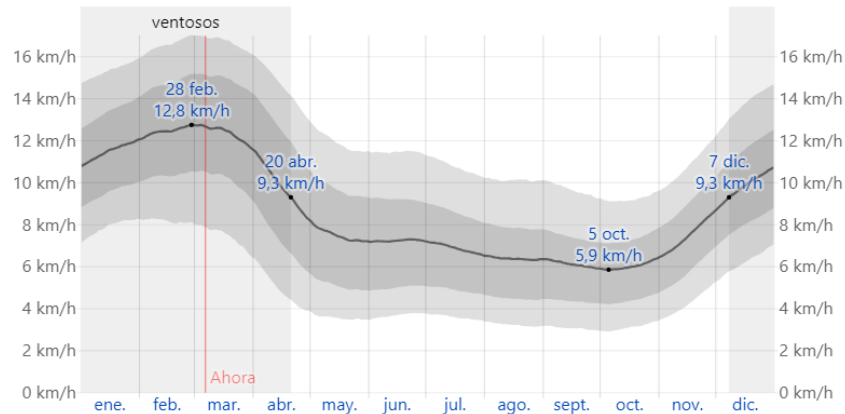


**Gráfico 4:** Promedio mensual de lluvia en San Diego, Carabobo.  
**Fuente:** Weather Park (2024).

#### 4.2.1.5. Vientos.

Los vientos en el Municipio San Diego juegan un papel importante en el clima local y presentan variaciones significativas en velocidad y dirección a lo largo del año. Cabe destacar que el viento en cualquier ubicación específica puede verse influenciado por la topografía local y otros factores, y que la velocidad instantánea y la dirección del viento pueden variar considerablemente en comparación con los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en San Diego experimenta cambios estacionales notables durante el transcurso del año. Existe una parte del año que se caracteriza por ser más ventosa, comprendiendo un período de 4,4 meses, desde el 7 de diciembre hasta el 20 de abril. Durante este tiempo, las velocidades promedio del viento superan los 9,3 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año en San Diego es febrero, con vientos que alcanzan una velocidad promedio de 12,5 kilómetros por hora. Por otro lado, existe un período de 7,6 meses en el que los vientos son más calmados, comprendido entre el 20 de abril y el 7 de diciembre. El mes más calmado del año en San Diego es octubre, con vientos que registran una velocidad promedio de 6,0 kilómetros por hora.



**Gráfico 5:** Velocidad promedio del viento en San Diego, Carabobo.  
**Fuente:** Weather Park (2024).

Finalmente, estos datos indican que el municipio San Diego tiene un clima propicio para el desarrollo de infraestructura verde, ya que cuenta con suficiente agua y temperatura para el crecimiento de la vegetación. Pero, tomando en cuenta una adecuada selección de especies vegetales resistentes a las condiciones locales y un diseño que considere la dirección y velocidad del viento pueden mejorar la eficacia de las infraestructuras verdes en la reducción del riesgo de inundaciones. Sin embargo, también implica que se debe tener en cuenta el riesgo de inundaciones por las lluvias intensas y la escorrentía superficial, así como el diseño adecuado de los sistemas de drenaje y riego.

La Alcaldía del Municipio San Diego, a través de su Dirección de Aguas, ha identificado varios sectores que ocasionalmente se ven afectados por inundaciones. Entre estos sectores se incluyen la Zona Industrial de San Diego y las áreas adyacentes a los ríos Cúpira, San Diego y Los Guayos, dentro del área urbana de la ciudad.

En el caso del río Cúpira, uno de los factores que contribuyen al desbordamiento es el aumento del nivel del lecho del río, debido a la acumulación de sedimentos transportados por el cauce. Esta acumulación se debe, en parte, a la falta de mantenimiento de las lagunas de estabilización de las minas y canteras cercanas. La información recolectada se obtuvo de los planos de desarrollo urbano del Municipio San Diego y El Municipio los Guayos.

Estación San Diego  
Intensidad en mm/h

Duración (Minutos)	Periodo de Retorno en Años						
	2.33	5	10	25	50	100	200
5	150.0	160.0	177.0	192.0	202.0	212.0	240.0
10	130.0	140.0	152.0	167.0	178.0	190.0	220.0
15	109.9	124.3	135.6	150.3	161.7	173.0	183.4
20	92.6	104.7	114.8	127.4	136.5	145.5	155.0
25	81.0	92.0	101.4	112.9	121.1	129.1	138.0
30	72.6	83.1	92.0	102.8	110.5	118.1	126.5
35	66.2	76.3	84.8	95.2	102.7	110.0	118.0
40	61.1	70.9	79.1	89.2	96.5	103.7	111.4
45	57.0	66.6	74.5	84.4	91.6	98.7	106.1
50	53.5	62.9	70.7	80.4	87.5	94.6	101.7
55	50.5	59.8	67.4	76.9	84.0	91.1	98.1
60	47.9	57.2	64.6	74.0	81.0	88.1	94.9
120	31.8	40.0	45.0	50.0	60.0	65.0	70.0
180	22.0	28.2	33.2	39.5	44.3	48.9	53.6
360	11.7	14.5	16.8	19.7	21.9	24.0	26.2
540	7.9	9.8	11.3	13.2	14.6	16.0	17.4
720	6.1	7.4	8.4	9.8	10.8	11.8	12.8
1440	3.3	4.0	4.6	5.3	5.8	6.4	6.9

Consorcio Grupo CONTUY

Estudio Hidrológico Ferrocarril La Encrucijada (Cagua)-Puerto Cabello  
Ing. Luis Miguel Suarez Villar – Proyecto y Supervisión de Obras Hidráulicas

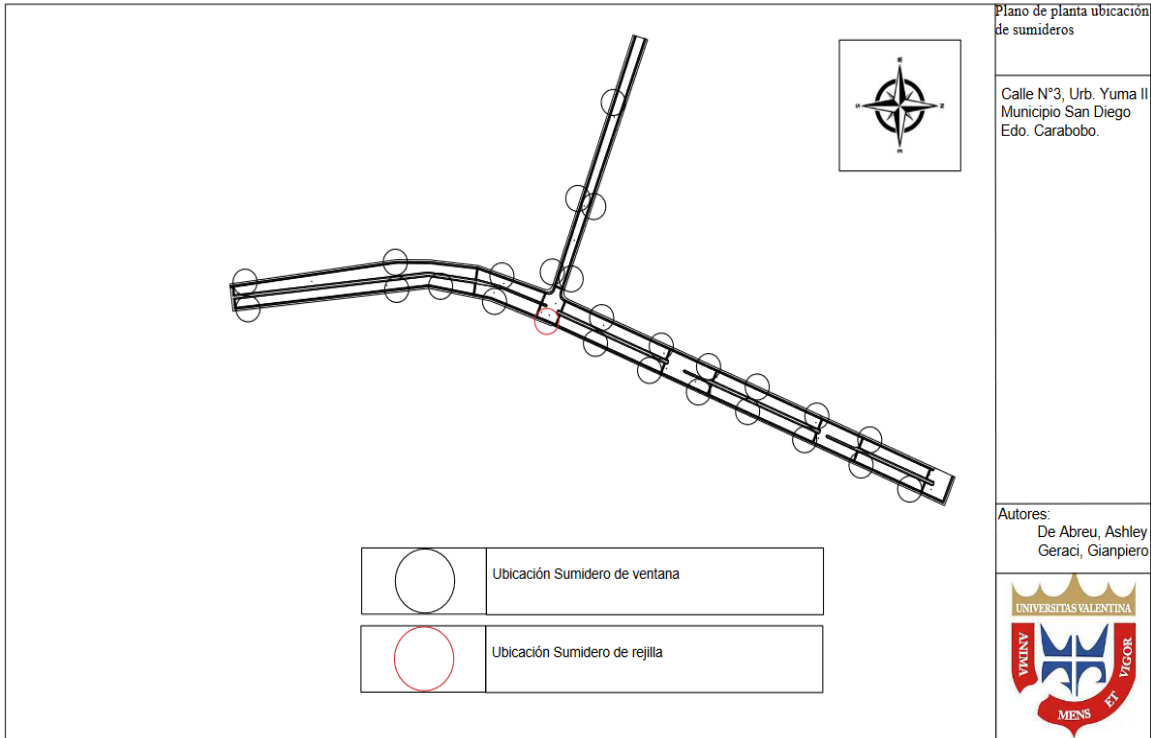
**Tabla 8:** Intensidad de la lluvia en San Diego

Fuente: SINFRA

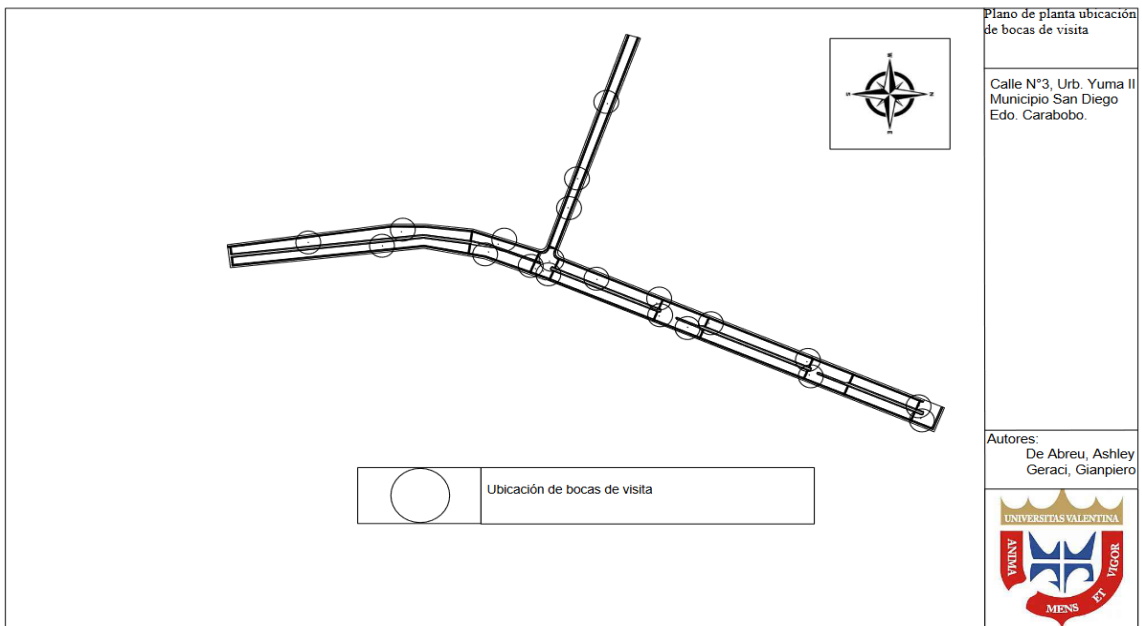
**4.2.2. Factores Geográficos y Urbanísticos.**

La inspección de la poligonal de estudio, sirvió como herramienta para entender las causas de la falla del sistema de drenaje a lo largo del trayecto. Durante la inspección se observaron hasta 20 sumideros de ventanas y algunos se encuentran relativamente en buen estado, mientras que otros que están más expuestos por comercios y vendedores ambulantes, se encuentran obstruidos con maleza y desechos sólidos, deteriorados y tienen acero expuesto (ver tabla 3,4,5,6 y 7).

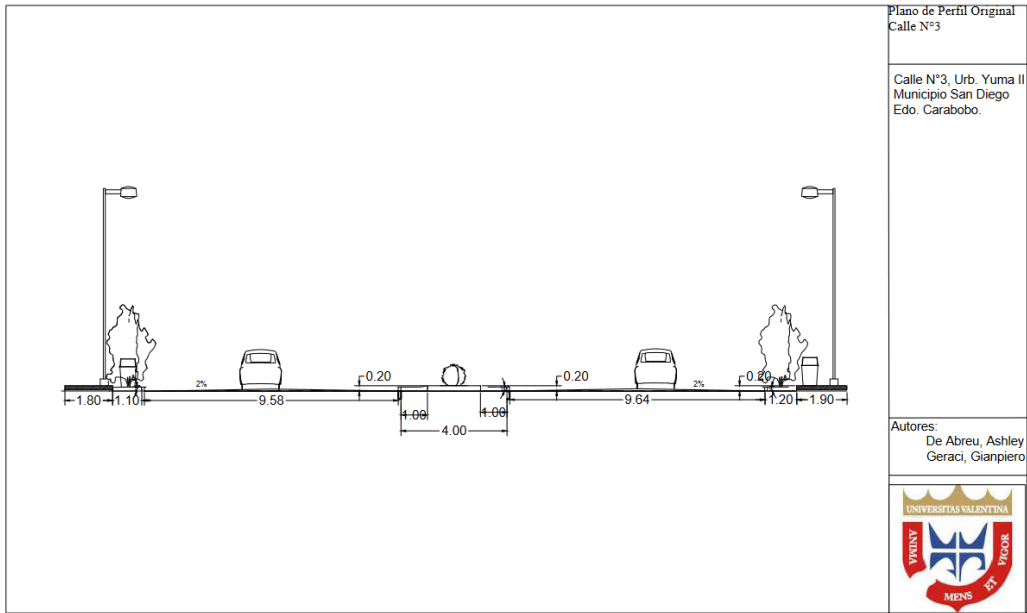
Por lo tanto, como primer paso, se definió la sección transversal de la vialidad existente, con sus dimensiones de calzada, cunetas, brocales e islas, que este caso es una arteria, y a continuación, se establecieron los tipos de drenajes existentes con sus dimensiones, conocidas al realizar la inspección. En esta ocasión, se encontraron sumideros de ventana, un sumidero de rejilla, bocas de visitas y tapas de drenaje.



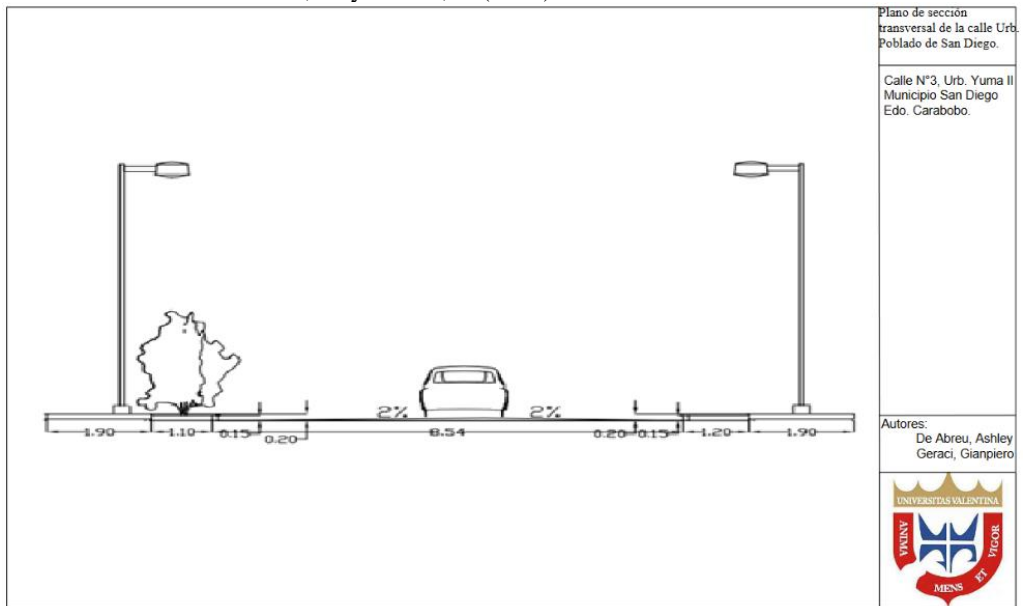
**Figura 13:** Plano de ubicación de sumideros  
Autores: De Abreu, A. y Geraci, G (2024).



**Figura 14:** Plano de bocas de visita.  
Autores: De Abreu, A. y Geraci, G (2024).



**Figura 15:** Plano de sección transversal de la calle N°3.  
Autores: De Abreu, A. y Geraci, G (2024).



**Figura 16:** Plano de sección transversal de la calle Urb. Poblado de San Diego.  
Autores: De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

Ahora bien, la pendiente se define como la inclinación de una superficie o la medida del ángulo que forma una línea con respecto a una línea horizontal. En el contexto de infraestructuras verdes, la pendiente de la vía puede tener implicaciones significativas en el diseño y la implementación de estas instalaciones.

La pendiente puede influir en varios aspectos de una infraestructura verde, como la selección de especies vegetales, la forma y profundidad de las zanjas, y la capacidad de retención de agua. Por ejemplo, en zonas con pendientes pronunciadas, puede ser necesario elegir especies vegetales con raíces profundas para evitar la erosión del suelo. Además, pueden ser necesarios sistemas de drenaje adecuados para controlar la velocidad y el volumen de agua de lluvia que discurre por la pendiente.

Cabe destacar, que la superficie que representa al municipio San Diego viene dada en un alrededor del 40% en una topografía suavemente inclinada, con una pendiente dominante entre el 3% y el 6%, correspondiente a la depresión tectónica del Lago de Valencia. En esta región, los ríos que descienden de las montañas, que forman parte de las estribaciones finales de la serranía de Litoral, han dado origen a valles de piedemonte (planos inclinados). Estos valles han servido como asentamiento para áreas urbanas, entre las que se encuentra la ciudad de San Diego.



**Figura 17:** Cotitas del terreno

**Autores:** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

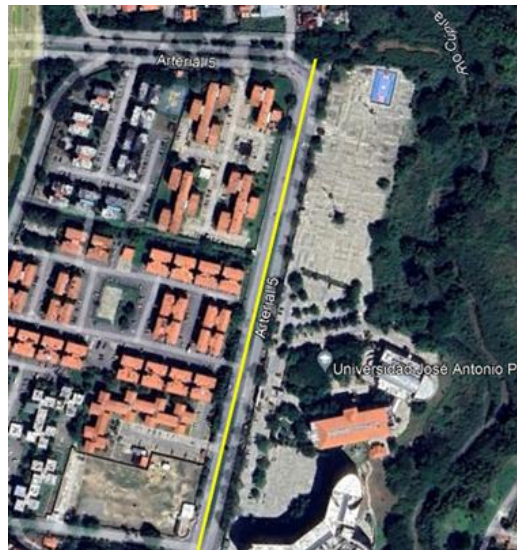
Si siguiendo la misma idea, para el cálculo de la pendiente del tramo en estudio, se identifican dos puntos de interés en el terreno, y con la ayuda de Google Earth se conocen las alturas así como su distancia horizontal. Una vez conocidas las cotas del terreno, éstas a su vez revelan una característica clave en el área donde se realizará la tesis, la cual es el punto medio

del tramo, identificado como el punto más bajo del terreno. Esta observación sugiere que, durante eventos de lluvia, este punto actuará como un punto de acumulación natural de agua, ya que la topografía del terreno dirigirá el flujo de agua hacia esta ubicación más baja. Esta condición resalta la importancia crucial de considerar este punto al diseñar la infraestructura verde para mitigar el riesgo de inundaciones en la calle.

Así pues, dada su naturaleza de punto bajo, se requiere una precaución especial al planificar y ejecutar las medidas de mitigación, ya que esta área será más susceptible a inundaciones. El diseño de la infraestructura verde debe tener en cuenta esta característica topográfica para garantizar una gestión efectiva del agua de lluvia y reducir al mínimo el riesgo de inundaciones en el tramo de la calle.

Con la información obtenida de las curvas de nivel se procede a realizar el cálculo de las pendientes para cada tramo de la vialidad existente, donde sabemos que la pendiente es la relación que existe entre el desnivel a superar y la distancia o recorrido horizontal.

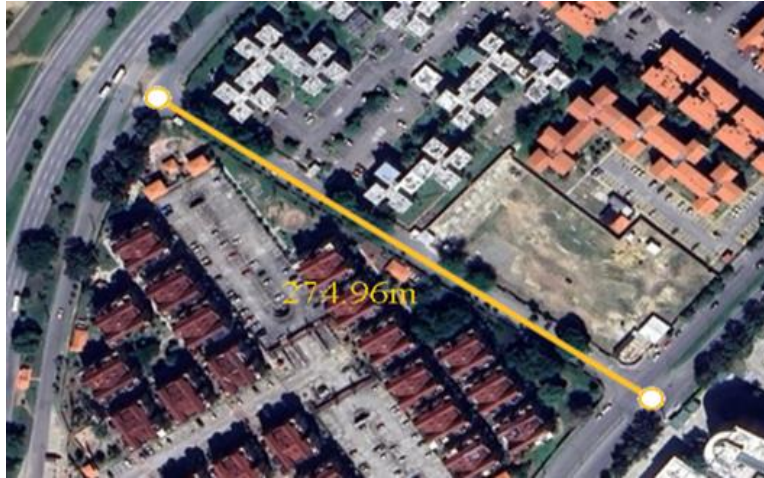
**Cálculo de la pendiente del terreno.**



**Figura 18:** Distancia tramo P1  
**Autores:** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

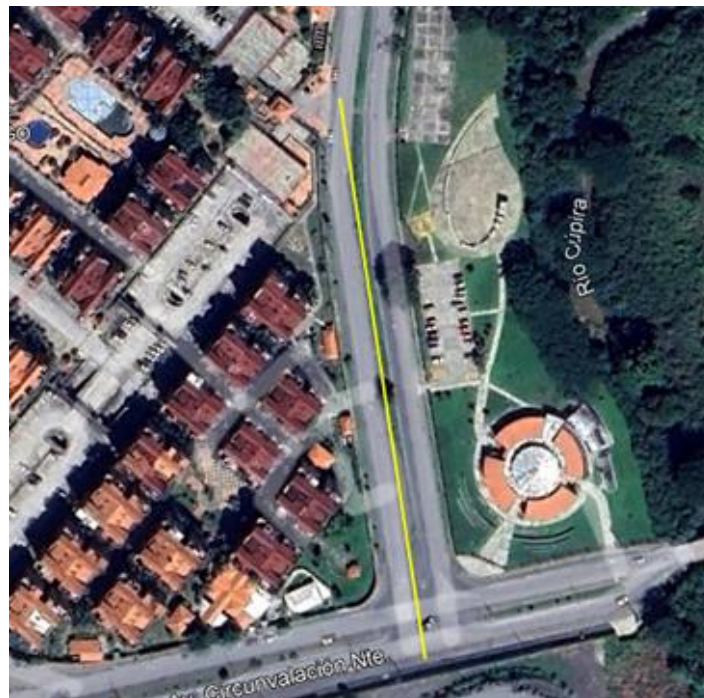
$$Pendiente = \frac{Cota\ mayor - Cota\ menor}{Longitud\ entre\ cotas.} * 100$$

$$P1 = \frac{460 - 457m}{466.22m} * 100 = 0.64$$



**Figura 19:** Distancia tramo P2  
**Autores:** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

$$P2 = \frac{461m - 457m}{274.96m} * 100 = 1.45$$



**Figura 20:** Distancia tramo P3  
**Autores:** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

$$P3 = \frac{458m - 457m}{214,13} * 100 = 0.47$$



**Figura 21:** Distancia tramo P4  
**Autores:** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

$$P4 = \frac{457m - 457m}{132.31m} * 100 = 0$$

El área de estudio presenta pendientes variables que influyen significativamente en el flujo de agua durante eventos de lluvia. Se identificaron dos tramos con pendientes específicas: uno con una pendiente del 1.45% y otro con una pendiente del 0.88%. Estas diferencias en las pendientes pueden afectar la velocidad y dirección del flujo de agua, especialmente durante períodos de precipitación intensa. La pendiente del terreno determina la rapidez con la que el agua de lluvia se desplaza a través del área, aumentando el riesgo de inundaciones en terrenos con pendientes más pronunciadas. Además, la dirección del flujo de agua se ve influenciada por estas pendientes, con el agua tendiendo a dirigirse hacia las áreas más bajas del terreno. En este contexto, es crucial considerar las pendientes del terreno al diseñar estrategias de mitigación de inundaciones, asegurando una gestión efectiva del agua y minimizando los riesgos asociados con la acumulación de agua en las áreas más bajas del estudio.

La pendiente de bombeo tiene como finalidad drenar el agua hacia la cuneta y de ahí a un sumidero. Para ese tramo se planteó trabajar con una pendiente de bombeo de 2% ya que se

tienen solo dos carriles para la circulación de los vehículos además de que se está trabajando con un terreno plano.

#### 4.2.3. Entrevista a Expertos.

Arq. Juan Carlos Gonzalez, Director de Proyectos Edificaciones (SINFRA).

<b>DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIONES EN LA CALLE N°3, URBANIZACIÓN YUMA II, MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO.</b>	
<b>Autores: De Abreu, A. y Geraci, G.</b>	
<b>Fecha: 27/02/2024</b>	
<b>Guion de entrevista</b>	
<b>1</b>	<p style="text-align: center;"><b>¿Cuál es su experiencia en el diseño e implementación de proyectos de infraestructura verde para la gestión de aguas pluviales?</b></p> <p>R: Diría que tengo poca experiencia en esta área, sin embargo, es un tema obligado en lo que se refiere a drenajes superficiales en zonas abiertas donde existan áreas verdes, mismas que podrían ser potenciadas para funcionar como desagües.</p>
<b>2</b>	<p style="text-align: center;"><b>¿Cuáles considera que son los desafíos más importantes en la gestión de inundaciones en la zona de estudio?</b></p> <p>R: A) _ Antigüedad del sistema local de desagüe.            B) _ Colapso de las instalaciones de recolección de aguas superficiales.            C) _Infraestructura insuficiente para la recolección de aguas pluviales.            D) _ Anegamiento en zonas confinadas.</p>
<b>3</b>	<p style="text-align: center;"><b>¿Qué ventajas cree que ofrece la infraestructura verde en comparación con enfoques tradicionales para la gestión de aguas pluviales?</b></p> <p>R: En primer lugar, concientizar y promover la cultura de reforestación de las áreas en donde se han realizados proyectos urbanos; mejorar la calidad y embellecimiento de las áreas mediante la implementación del paisajismo o áreas verdes tratadas; ofrecer y mejorar la calidad de los espacios recuperados o tratados.</p>
<b>4</b>	<p style="text-align: center;"><b>¿Cuáles son las consideraciones clave al diseñar sistemas de drenaje sostenible en la calle n°3, en la Urb. Yuma II?</b></p> <p>R: Realizar el diagnostico o situación en la que se encuentra actualmente el sistema o subsistemas de drenaje existentes en la calle n°3, de la Urb. Yuma II; realizar el levantamiento planímetro y topográfico de la zona estudiada; plantear la solución a la problemática encontrada, la cual deberá no solo satisfacer las fallas existentes; también debe prever fallas futuras; tomara en cuenta la población o usuarios que resultaran beneficiados con la implementación de un nuevo sistema de recolección de aguas pluviales.</p>

5	<p><b>¿Qué materiales se deben utilizar para la construcción de la infraestructura verde, evaluando su disponibilidad, costo, durabilidad y resistencia?</b></p> <p>R: para las estructuras superficiales como cunetas, torrenteras, sumideros y desarenadores es recomendable utilizar concreto de resistencia (Rcc), igual o mayor a 250 Kg/cm<sup>2</sup>; los sistemas de tuberías y conexiones pueden ser de PVC de alta resistencia, ya que las mismas son menos propensas al desgaste por erosión; las áreas donde existan taludes pueden ser tratadas con la siembra de Vetiver ya que esta hierba, previene la erosión natural en los suelos a causa del agua de lluvia.</p>
6	<p><b>¿Cómo se integran las políticas y regulaciones locales en el diseño de proyectos de infraestructura verde?</b></p> <p>R: Se logra a través del estudio de Impacto Ambiental, dicho estudio es de carácter obligatorio (de ley) y deberá ser la referencia más importante a la hora de realizar el diseño del sistema propuesto.</p>
7	<p><b>¿Qué sistemas de monitoreo y control considera que se deben instalar para la infraestructura verde, verificando su funcionamiento, eficiencia y seguridad?</b></p> <p>R: Se pueden utilizar los sistemas ya conocidos, como lo son, la inspección y observación diaria de sistema, implementación de sistemas avanzados como el circuito cerrado, sensores de humedad; análisis de estadísticas pluviales en el sitio de estudios.</p>
8	<p><b>¿Qué tipo de infraestructura verde considera más adecuada para la zona de estudio?</b></p> <p>R: Se requeriría un paisajismo adecuado, el cual este equilibrado con el área intervenida en función al consumo de aguas pluviales que el mismo necesitara, es decir, el agua drenada de la calle será el agua del sistema de riego para el mantenimiento del paisajismo.</p>
9	<p><b>¿Qué especies vegetales se deben seleccionar para la infraestructura verde, teniendo en cuenta sus requerimientos hídricos, su adaptabilidad al suelo y al clima, y su capacidad de retención y filtración de agua?</b></p> <p>R: Debido al clima tropical presente a nivel de todo el país, se puede decir, que hay muchas opciones a la hora de seleccionar plantas para nuestra infraestructura verde, sin embargo existen casos específicos ya que se podría dividir en tres grupos, vegetación alta, media y baja; para la vegetación alta es recomendable plantear la siembra de árboles frutales como aguacate, mango, mamón; la vegetación media se podría trabajar con limoneros, mandarinos y naranjos; en lo que a vegetación baja se refiere se puede utilizar plantas ornamentales como la Cayena, Garbancillo amarillo, Oreja de Mono etc...</p>
10	<p><b>¿Qué planes de contingencia se deben elaborar para la infraestructura verde, ante posibles eventos extremos o situaciones de emergencia?</b></p> <p>R: Simplemente cumplir a cabalidad con los requerimientos del Estudio de Impacto Ambiental y asignar un porcentaje de holgura a los cálculos del proyecto para asegurar así, que el mismo pueda sopesar o resistir el embate de algún evento fortuito.</p>

Ing. Civil, Javier Piña.

<b>DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIONES EN LA CALLE N°3, URBANIZACIÓN YUMA II, MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO.</b>	
<b>Autores: De Abreu, A. y Geraci, G.</b>	
<b>Fecha: 03/03/2024</b>	
<b>Guion de entrevista</b>	
<b>1</b>	<p><b>¿Cuál es su experiencia en el diseño e implementación de proyectos de infraestructura verde para la gestión de aguas pluviales?</b></p> <p>-Trabajé de profesor de Obras Hidráulicas en la Universidad José Antonio Páez y desarrollé esquemas académicos que plantean a los estudiantes atacar problemáticas de esta índole.</p> <p>-Desarrollé un trabajo de grado que buscó solventar una serie de problemáticas que acaecen a una comunidad del municipio de Naguanagua, mediante, en parte, de una implementación de infraestructura que ayuden a gestionar y direccionar las aguas de origen pluvial.</p>
<b>2</b>	<p><b>¿Cuáles considera que son los desafíos más importantes en la gestión de inundaciones en la zona de estudio?</b></p> <p>Sin duda algunos de los desafíos más presentes son la falta de datos empíricos y mediciones realizadas por los organismos pertinentes, así como la posibilidad de la variabilidad climática, la cual es menos predecible si no se poseen datos actualizados del observatorio meteorológico de Venezuela, asimismo el mantenimiento o la falta del mismo que se le haya dado a la infraestructura previa existente, de haber.</p>
<b>3</b>	<p><b>¿Qué ventajas cree que ofrece la infraestructura verde en comparación con enfoques tradicionales para la gestión de aguas pluviales?</b></p> <p>Principalmente la reducción del impacto sobre los cuerpos acuíferos y el aumento de la sostenibilidad ambiental que tienen estos sistemas sobre los sistemas convencionales.</p>
<b>4</b>	<p><b>¿Cuáles son las consideraciones clave al diseñar sistemas de drenaje sostenible en la calle n°3, en la Urb. Yuma II?</b></p> <p>Por supuesto que el estado de la topografía de los terrenos circundantes, así como de la vialidad en sí.</p> <p>Luego estudiar la viabilidad de distintas propuestas posibles, tomando en cuenta variables como el espacio disponible, las variables urbanas, el impacto social, etc.</p>
<b>5</b>	<p><b>¿Qué materiales se deben utilizar para la construcción de la infraestructura verde, evaluando su disponibilidad, costo, durabilidad y resistencia?</b></p>

	<p>Se debería realizar un estudio ya que existen múltiples soluciones viables que cumplan con el estándar verde, el de mayor popular actual es el de convertir las zonas verdes cercanas en “Áreas esponja”, las cuales se encargan de absorber el agua, filtrarla naturalmente, y transportarla a canales que se encarguen de la disposición final de la misma, preferiblemente en acuíferos cercanos.</p> <p>Para esto se deberían destinar jardines de lluvia, así como una zona inundable cercana, para esto se debe destinar parte del presupuesto para los movimientos de tierra correspondiente, así como los geotextiles requeridos para la preparación de los mismos.</p>
6	<p><b>¿Cómo se integran las políticas y regulaciones locales en el diseño de proyectos de infraestructura verde?</b></p> <p>Existen marcos que contemplan estas soluciones, pero se podrían establecer regulaciones que incentiven perseguir estas soluciones sobre las tradicionales.</p>
7	<p><b>¿Qué sistemas de monitoreo y control considera que se deben instalar para la infraestructura verde, verificando su funcionamiento, eficiencia y seguridad?</b></p> <p>Lo óptimo sería instalar sensores en lugares estratégicos que permitan monitorear la temperatura del suelo, la humedad del mismo, la presencia de carbono, entre otros parámetros, de manera de asegurarse de mantener sano el ecosistema y los biomas asociados al mismo.</p>
8	<p><b>¿Qué tipo de infraestructura verde considera más adecuada para la zona de estudio?</b></p> <p>Habría que realizar un estudio exhaustivo para determinar la solución más acorde, no hay que menospreciar las soluciones tradicionales, ya que las mismas, dependiendo de la magnitud del proyecto, pueden probar ser las más prácticas, tanto a nivel logístico como económico.</p>
9	<p><b>¿Qué especies vegetales se deben seleccionar para la infraestructura verde, teniendo en cuenta sus requerimientos hídricos, su adaptabilidad al suelo y al clima, y su capacidad de retención y filtración de agua?</b></p> <p>Para los jardines pluviales se recomiendan los juncos, los mismos viven óptimamente bajo los 30 grados centígrados, por lo que debería hacerse un estudio previo ambiental sobre la oscilación de temperaturas en la zona de estudio.</p>
10	<p><b>¿Qué planes de contingencia se deben elaborar para la infraestructura verde, ante posibles eventos extremos o situaciones de emergencia?</b></p> <p>Como previamente mencioné la construcción de zonas de inundación, las cuales se construyen específicamente en casos de sobrecarga de la infraestructura verde previamente desarrollada.</p>

**FASE III: Determinación de Alternativas de Infraestructura Verde que se pueden aplicar en la calle de estudio, considerando sus beneficios y limitaciones.**

En esta fase de la investigación, se presentarán tres diseños de infraestructura verde desarrollados con el objetivo de abordar los desafíos de gestión del agua pluvial en la calle N°3 de la Urbanización Yuma II, ubicada en el municipio San Diego del estado Carabobo. Estos diseños han sido cuidadosamente concebidos y evaluados para aprovechar al máximo las

características hidrológicas, hidráulicas y topográficas de la zona, con el fin de reducir el riesgo de inundaciones y mejorar la resiliencia urbana ante eventos climáticos extremos.

Se espera que los hallazgos de esta fase proporcionen una base sólida para la selección y desarrollo de soluciones de infraestructura verde que no solo sean efectivas en la reducción del riesgo de inundaciones, sino también compatibles con el entorno urbano existente y socialmente aceptables para la comunidad local. En última instancia, se espera que este enfoque integrado de diseño urbano contribuya a mejorar la resiliencia y la sostenibilidad de la calle N°3 y sus alrededores, creando un entorno más seguro y habitable para sus residentes.

### **Diseño 1: Caminería con Vegetación en la Isla Central de la Vialidad**

Este primer diseño propone la creación de una caminería ubicada estratégicamente en la isla central de la vialidad en la calle N°3 de la Urbanización Yuma II, en el municipio San Diego del estado Carabobo. Esta caminería no solo serviría como un espacio destinado para que las personas transiten de manera segura por la zona, sino que también se convertiría en un elemento multifuncional que busca abordar los desafíos asociados con la gestión del agua pluvial en el área.

La caminería estaría rodeada de vegetación en ambos lados, con el propósito específico de absorber y filtrar el agua de lluvia que cae sobre la isla central. Esta vegetación se seleccionará cuidadosamente por su capacidad para retener y absorber el agua, ayudando así a reducir la escorrentía superficial y mitigar el riesgo de inundaciones durante la temporada de lluvias. Además de su función hidrológica, la vegetación proporciona beneficios adicionales, como la mejora del microclima local, la captura de contaminantes atmosféricos y la promoción de la biodiversidad urbana.

En el contexto de una zona urbana y estudiantil, la implementación de caminerías adecuadamente diseñadas y vegetadas resulta crucial para satisfacer las necesidades de los transeúntes y mejorar la calidad del entorno urbano. Estas, no solo proporcionan un espacio seguro y agradable para la circulación peatonal, sino que también brindan numerosas ventajas ambientales y de bienestar.

Además de la caminería principal en la isla central, se incorporarían pasos peatonales adicionales a lo largo de la calle N°3, facilitando el acceso seguro de los residentes y transeúntes a las zonas peatonales y cruzando las calles de manera segura. Estos pasos peatonales

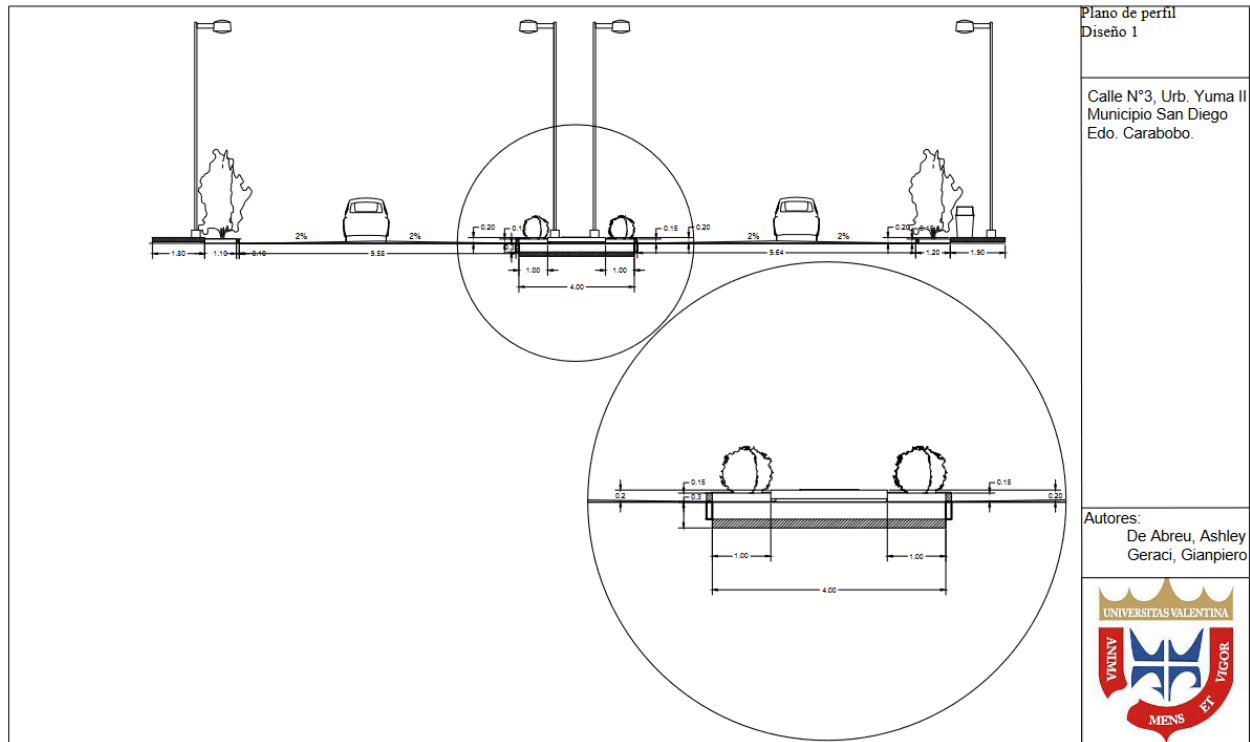
contribuirían a mejorar la conectividad peatonal en el área, fomentando un entorno urbano más caminable y accesible para todos los usuarios.

Asimismo, se incluiría vegetación a lo largo de las aceras adyacentes a la vialidad, extendiendo así los beneficios de la vegetación a otras áreas del entorno urbano. Esta vegetación complementaria no solo ayudaría a aumentar la capacidad de absorción de agua en la zona, sino que también mejoraría el paisaje urbano, proporcionando espacios verdes agradables y contribuyendo a la calidad de vida de los residentes.

El diseño presente propuesto se basa en los beneficios estudiados del mismo hacia la vialidad de estudio, los cuales se definen como:

1. Las caminerías con vegetación pueden ofrecer sombra y protección contra las inclemencias meteorológicas, mejorando la comodidad y el bienestar de los transeúntes que transitan la zona. La vegetación puede mitigar los efectos del sol y los vientos fuertes, creando un microclima más favorable y agradable para los peatones. Además, la vegetación puede contribuir a reducir el ruido ambiental, aumentando aún más la comodidad de los usuarios de la vía.
2. Desde una perspectiva ambiental, la vegetación en las caminerías puede ayudar a mejorar la calidad del aire al absorber contaminantes y dióxido de carbono, y proporcionar hábitat y alimento para la fauna local, promoviendo la biodiversidad en el entorno urbano. Además, la vegetación puede ayudar a gestionar el agua de lluvia, reduciendo la cantidad de agua que escurre por las superficies impermeables y, por lo tanto, mitigando el riesgo de inundaciones.
3. Por otro lado, la presencia de caminerías vegetadas puede aportar valor estético a la zona, mejorando la apariencia visual de las residencias y las instituciones educacionales cercanas. Un entorno atractivo y bien cuidado puede aumentar el orgullo y la satisfacción de los residentes y estudiantes, y puede también atraer a visitantes y turistas, contribuyendo al desarrollo socioeconómico de la zona.

Es por esto que con el diseño de caminerías con vegetación en la isla central representa una forma eficaz para mejorar la calidad del entorno urbano y la experiencia de los transeúntes, al tiempo que promueve la sostenibilidad y la resiliencia del área. Además de representar una gran solución al momento de buscar una alternativa verde para la recolección de aguas pluviales en la vialidad.



**Figura 22.** Vista de perfil Diseño 1

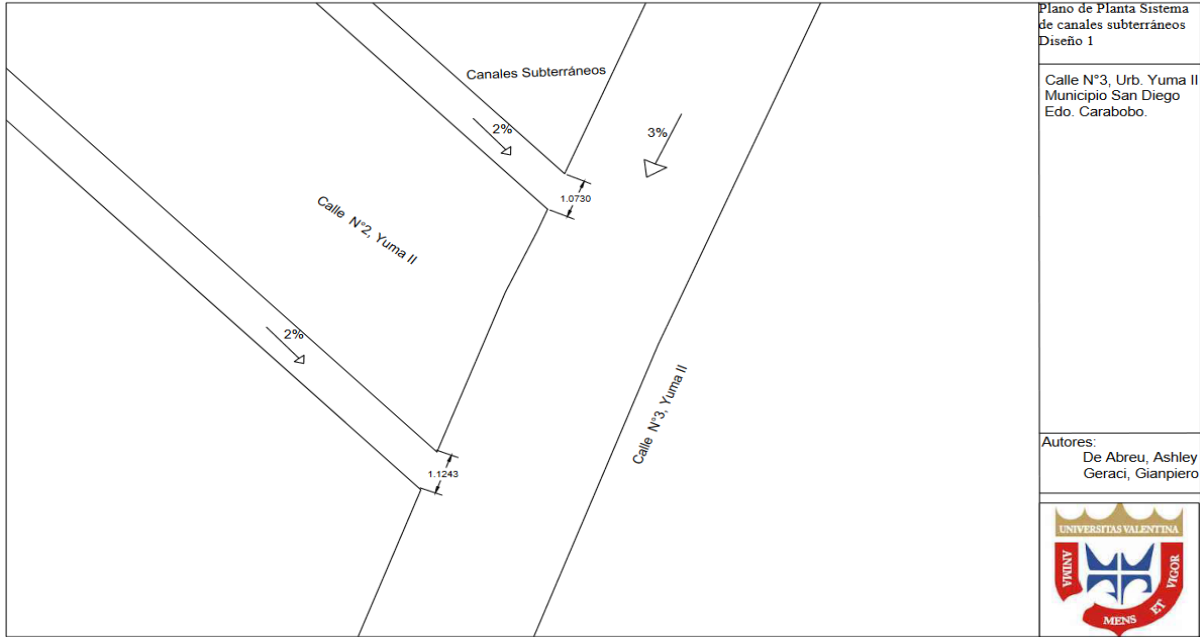
**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

En este plano, se destacan las pendientes del pavimento, diseñadas estratégicamente para guiar el flujo del agua de lluvia hacia los sistemas de drenaje existentes en las aceras y los propuestos en la isla central de la vialidad. Las pendientes del pavimento se han establecido considerando cuidadosamente la topografía y las necesidades del área, con el objetivo de dirigir el agua de lluvia hacia los puntos de recolección adecuados. Esta distribución planificada del agua pluvial permitirá su canalización hacia los sistemas de drenaje, contribuyendo a reducir el riesgo de inundaciones y mejorar la eficiencia del manejo de las aguas superficiales en el área de estudio.

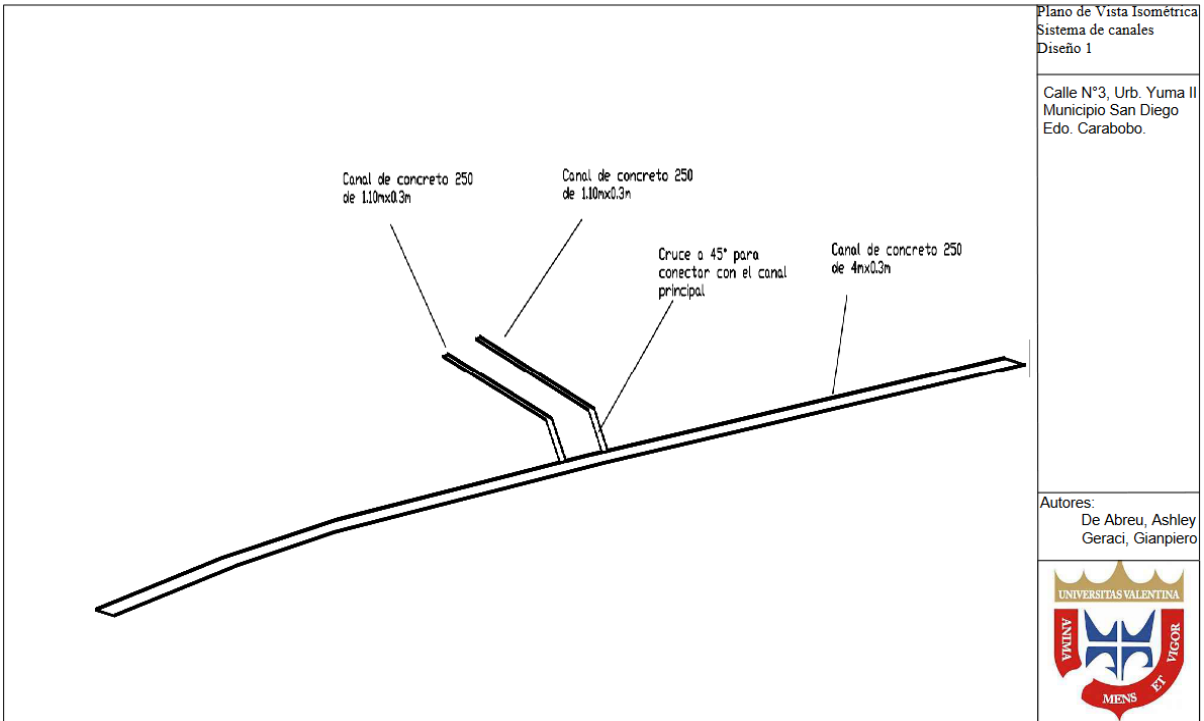
Una característica importante de este diseño es la inclusión de canales subterráneos debajo de la isla central de la vialidad. Estos canales están diseñados para guiar el flujo de agua hacia el final del tramo de estudio, donde posteriormente el agua será guiada hacia la Casa de la Cultura de San Diego, en donde el agua será utilizada para el riego de las plantas ubicadas en el sitio. Para garantizar la funcionalidad y la durabilidad de estos canales, se propone el uso de geotextiles de polipropileno, conocidos por su resistencia a la degradación.

La función principal de estos geotextiles es retener los sólidos que puedan acompañar al agua de lluvia, evitando la obstrucción de los sistemas de drenaje. Esta medida contribuirá a

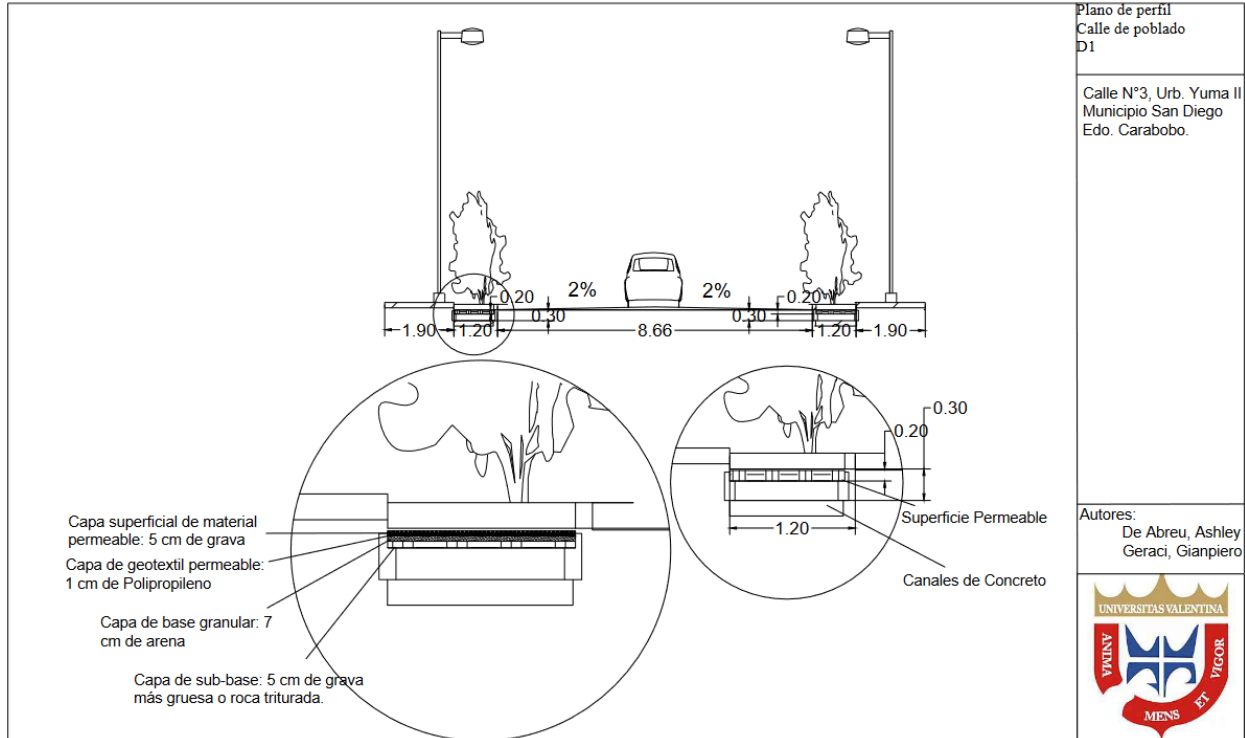
mantener la operatividad de los sistemas y promoverá la protección del medio ambiente al reducir la contaminación de las aguas pluviales.



**Figura 23.** Plano Sistema de canales.  
Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024).



**Figura 24.** Vista Isométrica Sistema de canales.  
Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024).



**Figura 25.** Vista de perfil Calle poblado

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

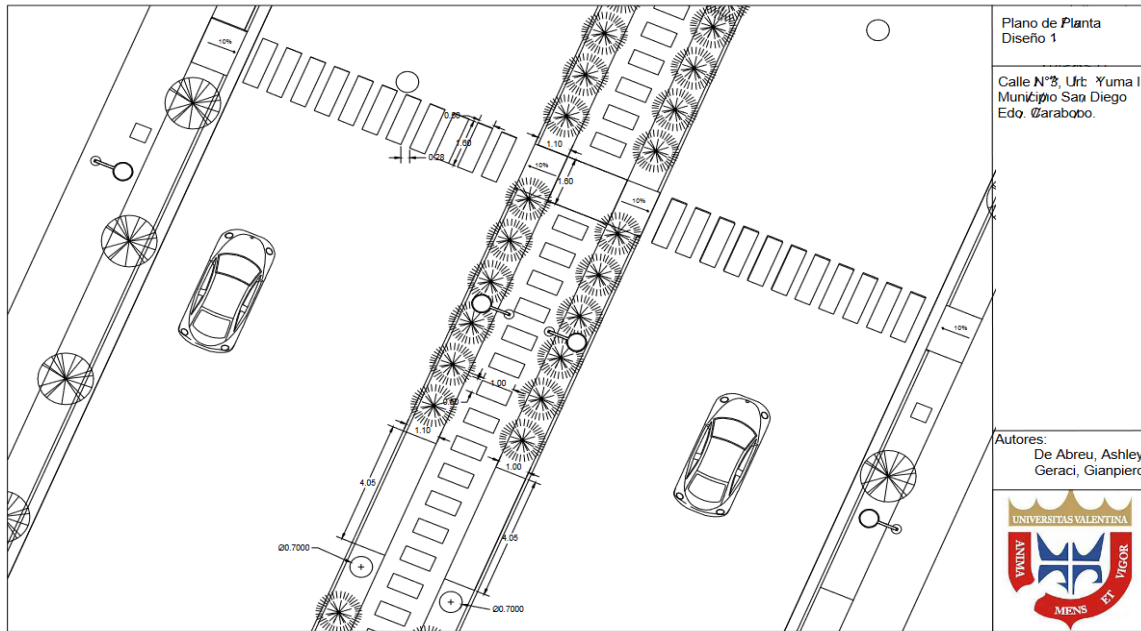
En este plano de perfil de la calle que conecta con la vialidad principal del tramo de estudio, se observa el diseño que se utilizará para abordar el manejo del agua de lluvia en esta área que no posee isla central. En esta sección, se proponen estrategias para captar eficazmente el agua pluvial y dirigirla hacia los sistemas de drenaje ya existentes en la vialidad, así como hacia una solución innovadora: una acera permeable.

La implementación de una acera permeable se vislumbra como una solución efectiva para captar el agua de lluvia que cae sobre las aceras, permitiendo su infiltración en el suelo de manera gradual. Esta estrategia no solo ayuda a reducir el volumen de agua superficial, sino que también contribuye a recargar los acuíferos subterráneos y a prevenir la erosión del suelo.

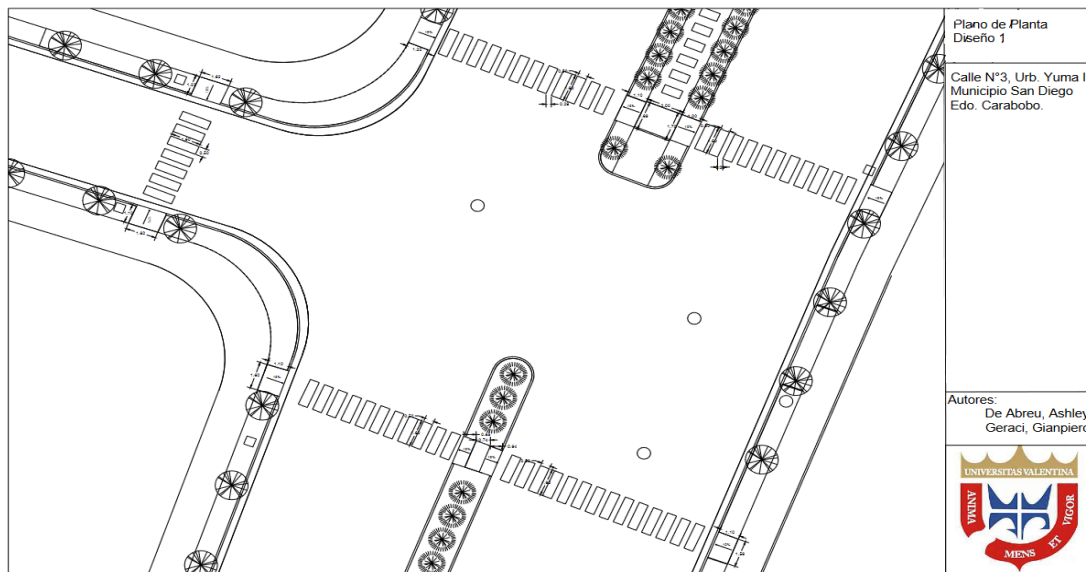
Además, se propone un sistema de canales similar al utilizado en la isla central, diseñado para recoger el agua captada por la acera permeable y canalizar hacia el canal principal. Estos canales garantizan un flujo eficiente del agua pluvial, evitando acumulaciones y posibles inundaciones en la vialidad.

La conexión de estos sistemas de drenaje con el canal principal asegura que el agua de lluvia captada sea dirigida hasta el final del tramo de estudio, donde podrá ser almacenada y utilizada de manera óptima. Este enfoque integral para el manejo del agua pluvial en la vialidad

garantiza una gestión eficaz de los recursos hídricos y contribuye a la resiliencia del área frente a eventos climáticos extremos.



**Figura 26.** Plano de planta 1 Diseño 1.  
Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

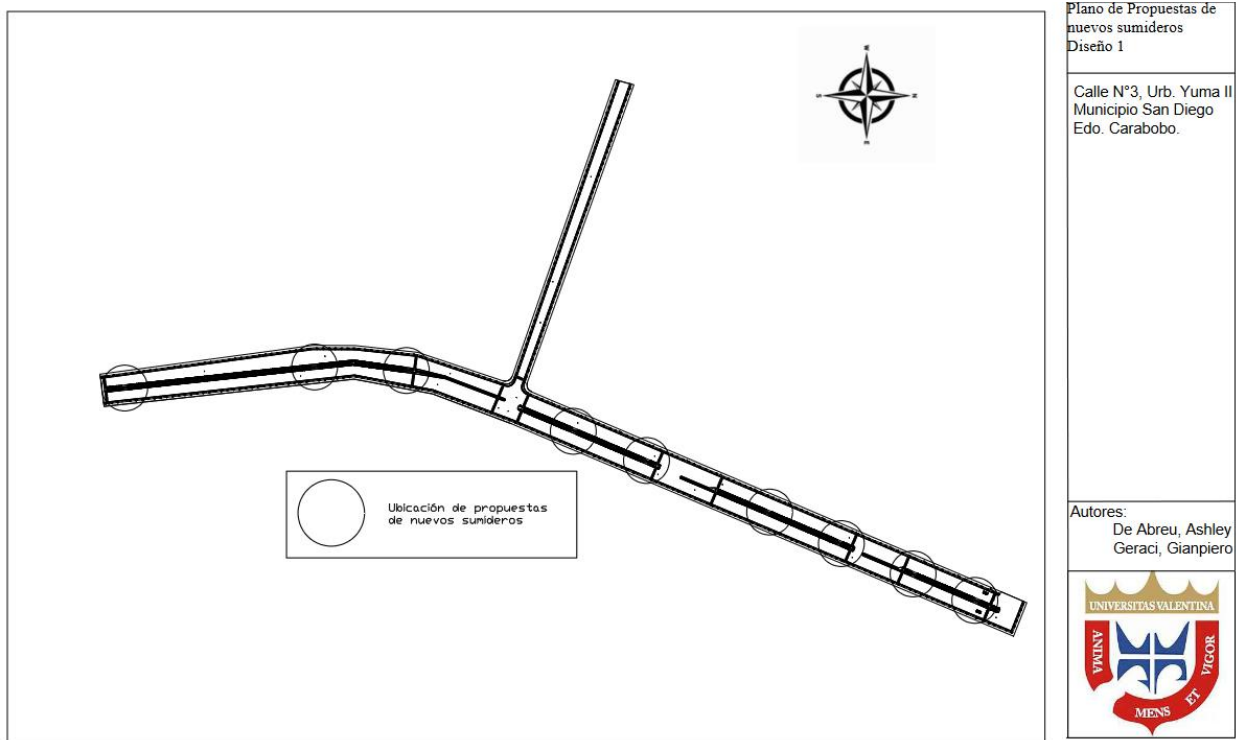


**Figura 27.** Plano de planta 2 Diseño 1.  
Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

En el primer plano de planta, se muestra un tramo de la vialidad que incluye la caminería, el paso peatonal y la vegetación estratégicamente ubicada para mitigar el riesgo de inundaciones. La caminería se extiende a lo largo del tramo, proporcionando un espacio seguro y accesible para que las personas transiten por la zona. El paso peatonal, con su pendiente suave

y diseñada para garantizar la accesibilidad universal, permite que personas con movilidad reducida, incluidas aquellas en silla de ruedas, puedan cruzar la vialidad con facilidad y seguridad. La vegetación adyacente a la caminería cumple una doble función: además de agregar belleza estética al entorno, también actúa como un elemento natural de absorción y filtración del agua de lluvia, contribuyendo así a la prevención de inundaciones y al mejoramiento del ambiente urbano.

En el plano, también se puede observar los sistemas de drenaje propuestos para la isla central, una parte crucial del diseño de la infraestructura verde destinada a mitigar el riesgo de inundaciones en el área de estudio. Estos sistemas están diseñados para captar eficientemente el agua de lluvia que caiga en la vialidad, mejorando así la capacidad de la misma para resistir los efectos de las precipitaciones intensas.



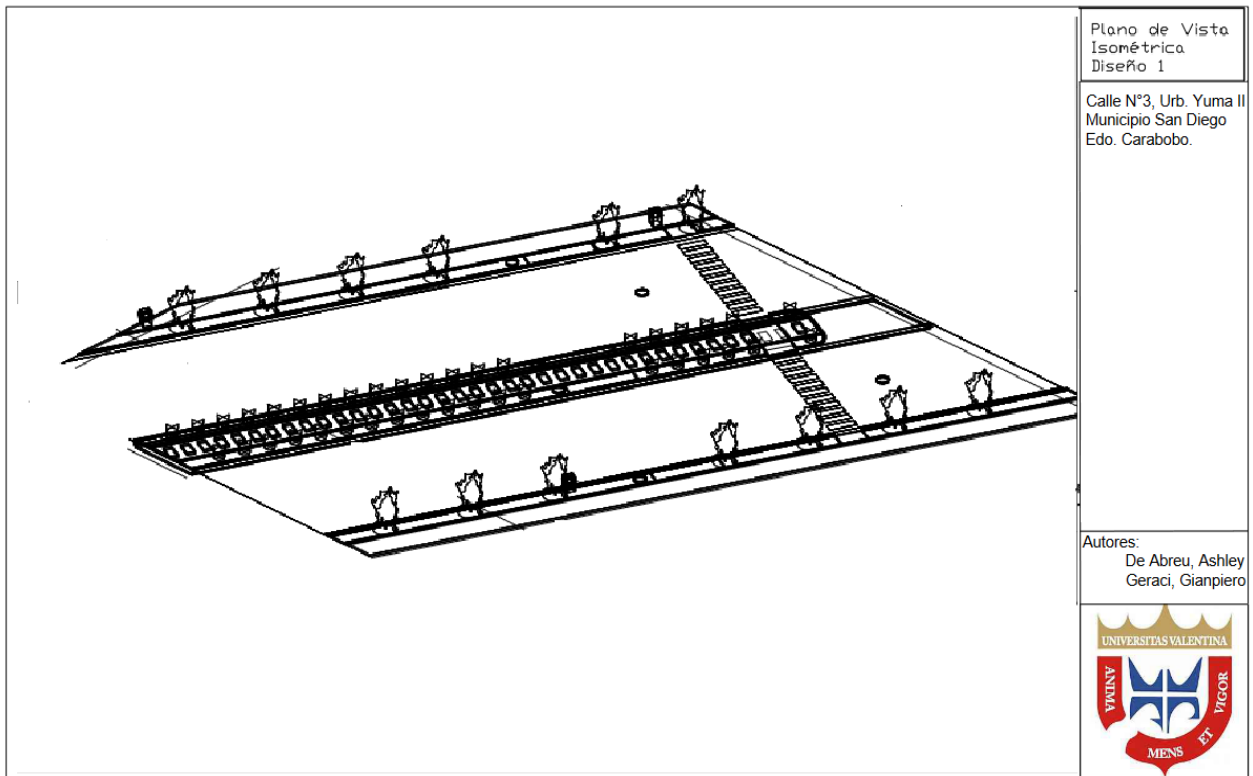
**Figura 28.** Sumideros Propuestos

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

La disposición estratégica de los sistemas de drenaje busca maximizar la recolección del agua pluvial y su posterior canalización hacia el punto de almacenamiento y reutilización. El agua captada será dirigida hacia un canal subterráneo ubicado debajo de la isla central, desde donde fluirá por gravedad hasta el extremo final del tramo de estudio.

Una vez en el extremo del tramo de estudio, el agua será transportada a través de tuberías hasta la Casa de la Cultura de San Diego, que se encuentra estratégicamente ubicada al final del recorrido. En este punto, el agua será almacenada y podrá ser reutilizada como recurso hídrico para el riego de la vegetación existente en el lugar.

Por otro lado, en el segundo plano de planta se presenta otro tramo de la vialidad con características similares al primero, con la diferencia que este plano se encuentra ubicado en el centro del tramo de estudio. Aquí también se puede apreciar la presencia de la caminería, el paso peatonal y la vegetación estratégicamente distribuida. Este diseño consistente a lo largo de varios tramos de la vialidad garantiza una solución integral y coherente para la gestión del agua pluvial y la mejora de la accesibilidad peatonal en toda la calle N°3.



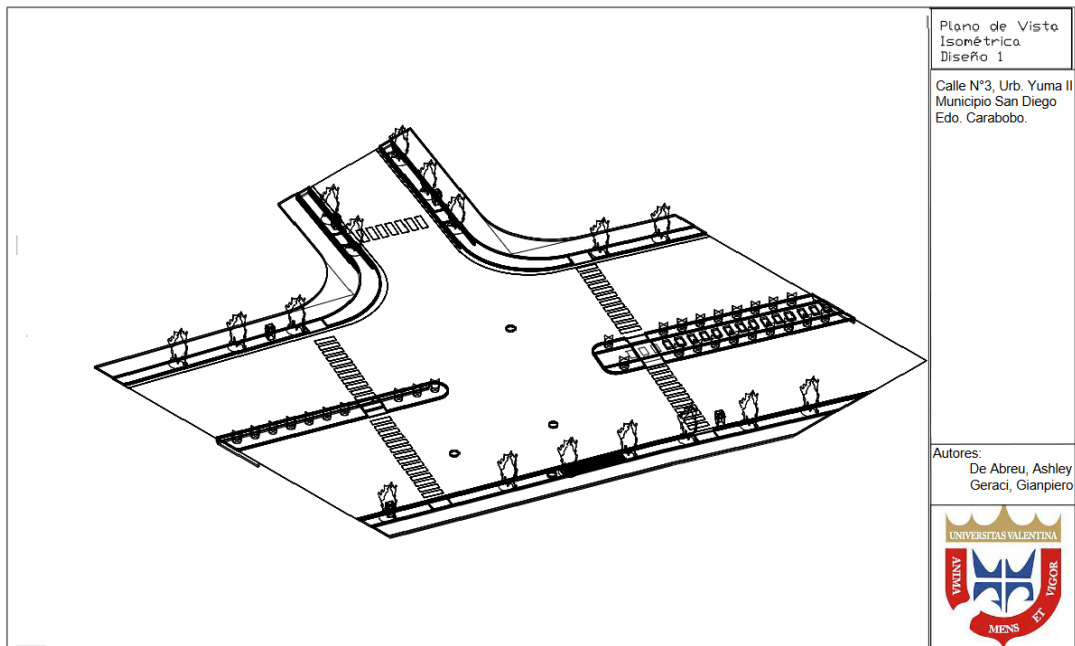
**Figura 29.** Vista Isométrica Diseño 1.

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

La primera vista isométrica ofrece una visión detallada y panorámica de uno de los primeros tramos de la vialidad en la calle N°3 de la Urbanización Yuma II, en el municipio San Diego del estado Carabobo. En esta vista, se destacan varios elementos clave del diseño de infraestructura verde propuesto para mejorar la gestión del agua pluvial y la accesibilidad peatonal en la zona.

En esta vista, se puede observar la caminería que se extiende a lo largo del tramo de la vialidad, proporcionando un espacio seguro y cómodo para que las personas transiten por la zona. La caminería está flanqueada por vegetación cuidadosamente seleccionada, que no solo añade belleza estética al entorno, sino que también desempeña un papel crucial en la absorción y filtración del agua de lluvia.

Además de la caminería y la vegetación, la vista también muestra la presencia de pasos peatonales estratégicamente ubicados, diseñados para garantizar la accesibilidad universal y facilitar el cruce seguro de la vialidad. Se pueden observar en la vista, los sumideros propuestos, los cuales contribuyen al sistema de drenaje urbano y permiten la recolección eficiente de agua de lluvia para su posterior tratamiento y almacenamiento.



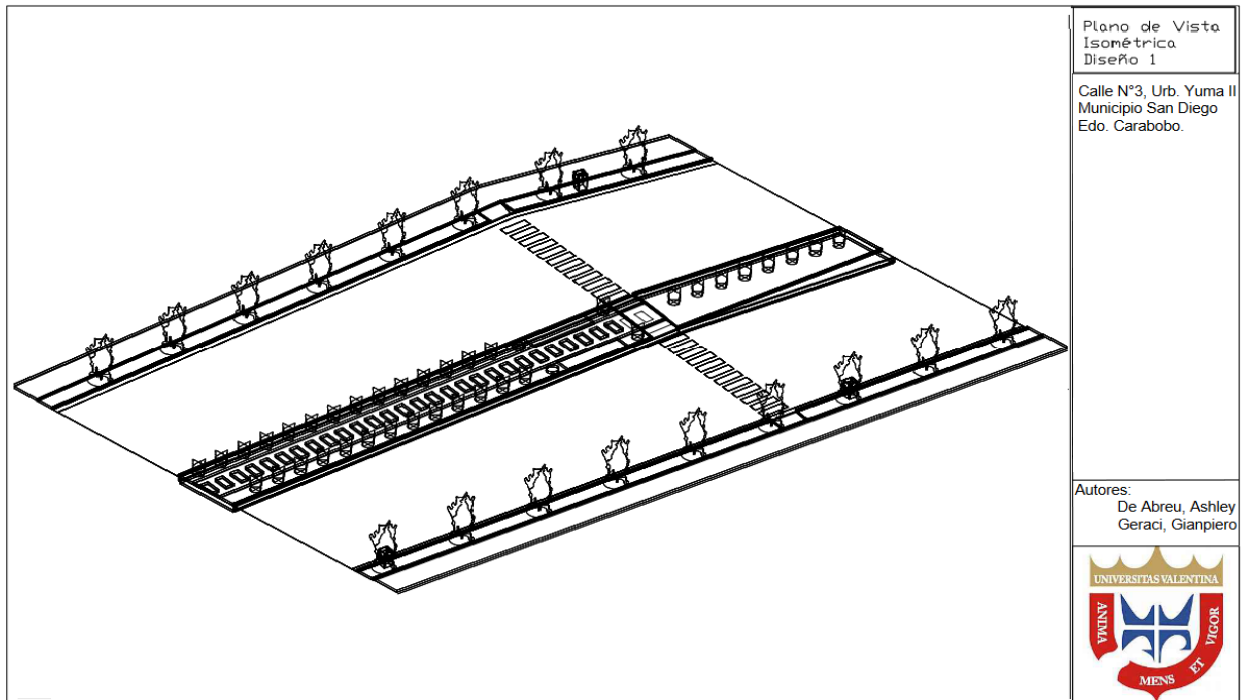
**Figura 30.** Vista Isométrica 2 Diseño 1.

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

En la segunda vista isométrica, se ofrece una panorámica del tramo central de la vialidad, un punto crucial donde esta se conecta con otra calle, formando una configuración de T. Esta perspectiva proporciona una visión clara y detallada de la disposición de los elementos clave en esta sección de la vía.

Destacando en la vista, podemos observar los tres pasos peatonales estratégicamente ubicados a lo largo del tramo central, facilitando el cruce seguro de peatones y mejorando la accesibilidad en el área. Asimismo, se aprecia claramente la caminería que recorre este tramo, proporcionando un espacio peatonal cómodo y protegido para los transeúntes.

Entre los detalles notables se encuentran varias bocas de visita y sumideros distribuidos a lo largo del tramo, diseñados para capturar y drenar eficientemente el agua de lluvia y evitar acumulaciones no deseadas. Específicamente, destaca el sumidero de rejilla, único en su tipo en esta vialidad y ubicado estratégicamente en el centro del tramo. Su posición estratégica garantiza que el agua que descende de la calle que conecta fluya de manera efectiva hacia el sistema de drenaje, contribuyendo así a prevenir posibles inundaciones y mantener la vialidad libre de acumulaciones de agua.



**Figura 31.** Vista Isométrica 3 Diseño 1.

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

En la tercera y última vista isométrica, se ofrece una visión panorámica de uno de los últimos tramos de la vialidad. Esta configuración resalta la importancia de integrar la naturaleza en el diseño urbano, así como también, una intención consciente de priorizar la naturaleza y el espacio verde en la urbanidad., creando espacios verdes que promuevan la salud y el bienestar de la comunidad, al tiempo que mejoran la resiliencia y la sostenibilidad del entorno urbano.

El enfoque del último tramo hacia la vegetación, tiene sus bases en los beneficios encontrados que puede proporcionar una amplia área de vegetación continua, tales como, una gran capacidad de contribuir a mejorar la calidad del aire, reducir la contaminación acústica y proporcionar sombra que sea capaz de reducir las altas temperaturas en la época de verano.

Además, la vegetación puede ayudar a mitigar los efectos del calentamiento urbano debido al uso de vehículos o la cantidad de transeúntes de la vialidad, lo que contribuye a crear un microclima más cómodo y agradable para los habitantes y usuarios de la zona.

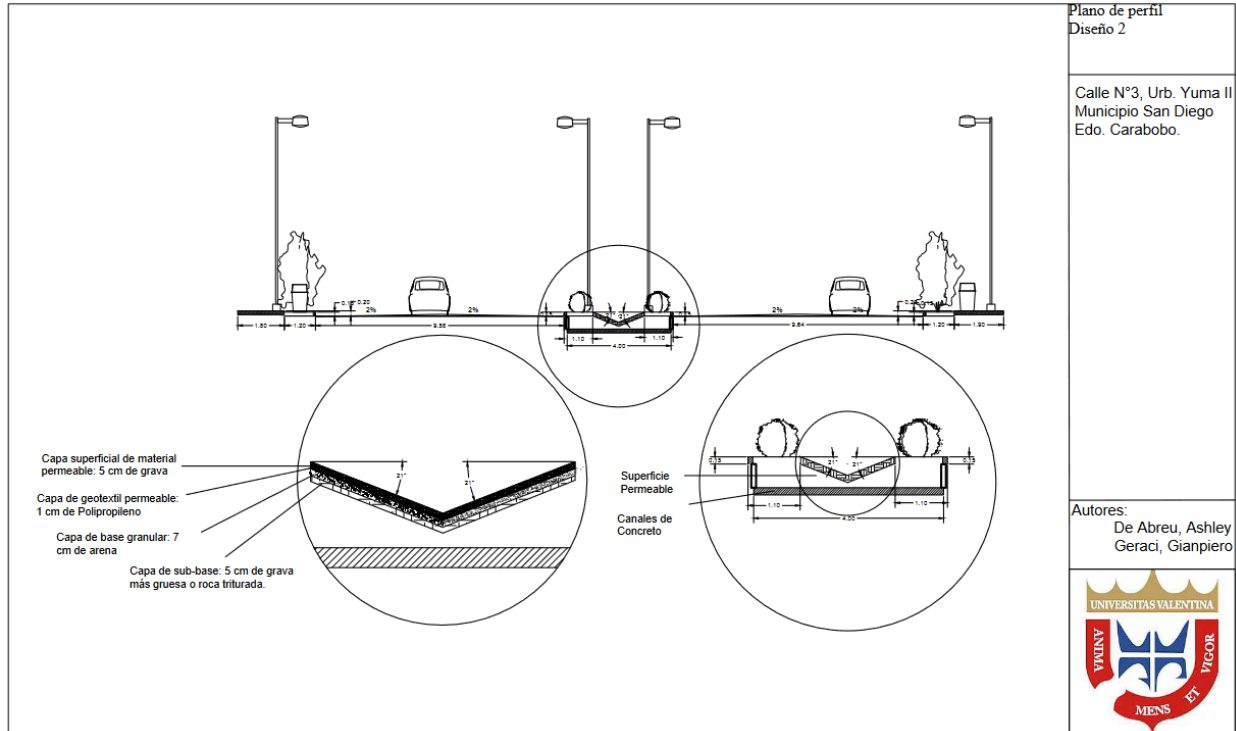
Por otro lado, la integración de la naturaleza en el diseño urbano puede mejorar la resiliencia y la sostenibilidad del mismo. La vegetación puede ayudar a gestionar el agua de lluvia, reduciendo la cantidad de agua que escurre por las superficies impermeables y, por lo tanto, mitigando el riesgo de inundaciones. Además, las áreas verdes pueden actuar como esponjas naturales, capturando y almacenando carbono, lo que contribuye a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y al combate del cambio climático.

## **Diseño 2: Zanja con Vegetación en la Isla Central de la Vialidad**

El segundo diseño propuesto para abordar el desafío de las inundaciones en la vialidad de la calle N°3 de la Urbanización Yuma II, en el municipio San Diego, estado Carabobo, consiste en la implementación de una zanja estratégicamente ubicada en la isla central de la vialidad. Esta zanja, concebida con una forma de "V" pronunciada, desempeña un papel crucial en la gestión del agua pluvial y la prevención de inundaciones en el área.

La zanja actúa como un canal de drenaje natural, diseñado para dirigir el flujo de agua de las vialidades circundantes hacia el centro de la isla. Para facilitar este proceso, se han creado huecos estratégicamente ubicados en medio de las islas, permitiendo que el agua se desplace libremente hacia la zanja. La pendiente pronunciada de la vialidad, combinada con la forma en V de la zanja, garantiza un drenaje eficiente y rápido del agua de lluvia, evitando así acumulaciones no deseadas y posibles inundaciones en la vialidad.

Un aspecto destacado de este diseño es su enfoque en la sostenibilidad y la integración con el entorno natural. La zanja no solo cumple una función hidráulica crucial, sino que también actúa como una fuente de agua para la vegetación circundante. El agua recogida en la zanja proporciona un suministro adicional de agua para las plantas y árboles de la isla central, promoviendo su crecimiento y contribuyendo a la creación de un entorno verde y saludable en el área.



**Figura 32.** Vista de perfil Diseño 2.

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

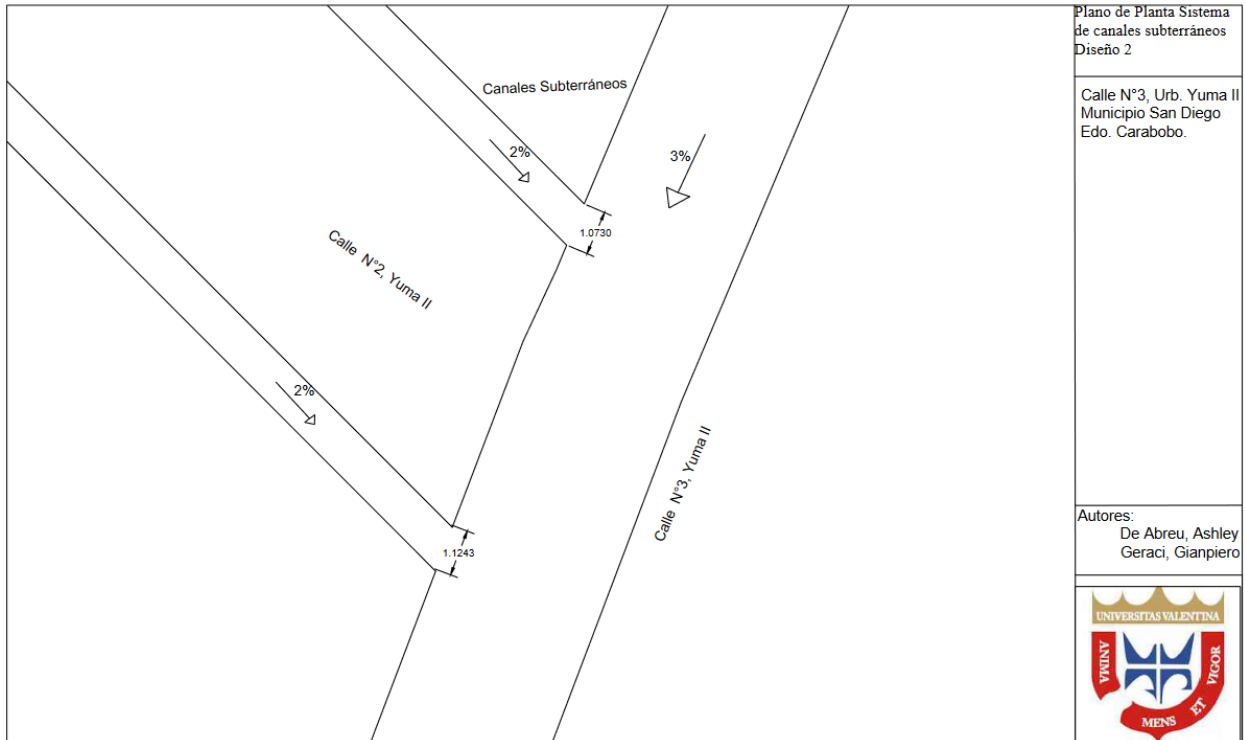
El plano de perfil del segundo diseño propuesto para la calle N°3 de la Urbanización Yuma II, en el municipio San Diego, estado Carabobo, proporciona una visión detallada de las características clave de la infraestructura verde planificada. En este plano, se presentan las medidas específicas y las dimensiones precisas que definirán la configuración física de la vialidad, incluidas las pendientes, las dimensiones de las aceras y la isla central, así como los detalles de la zanja central.

Una de las características más destacadas que se pueden observar en el plano es la pendiente de la vialidad. Esta pendiente, garantiza un drenaje efectivo del agua de lluvia hacia la zanja central, evitando así la acumulación de agua en la superficie y minimizando el riesgo de inundaciones. Las dimensiones de las aceras y la isla central también se especifican claramente en el plano, asegurando un diseño urbano equilibrado y funcional que prioriza la seguridad y la comodidad de los peatones.

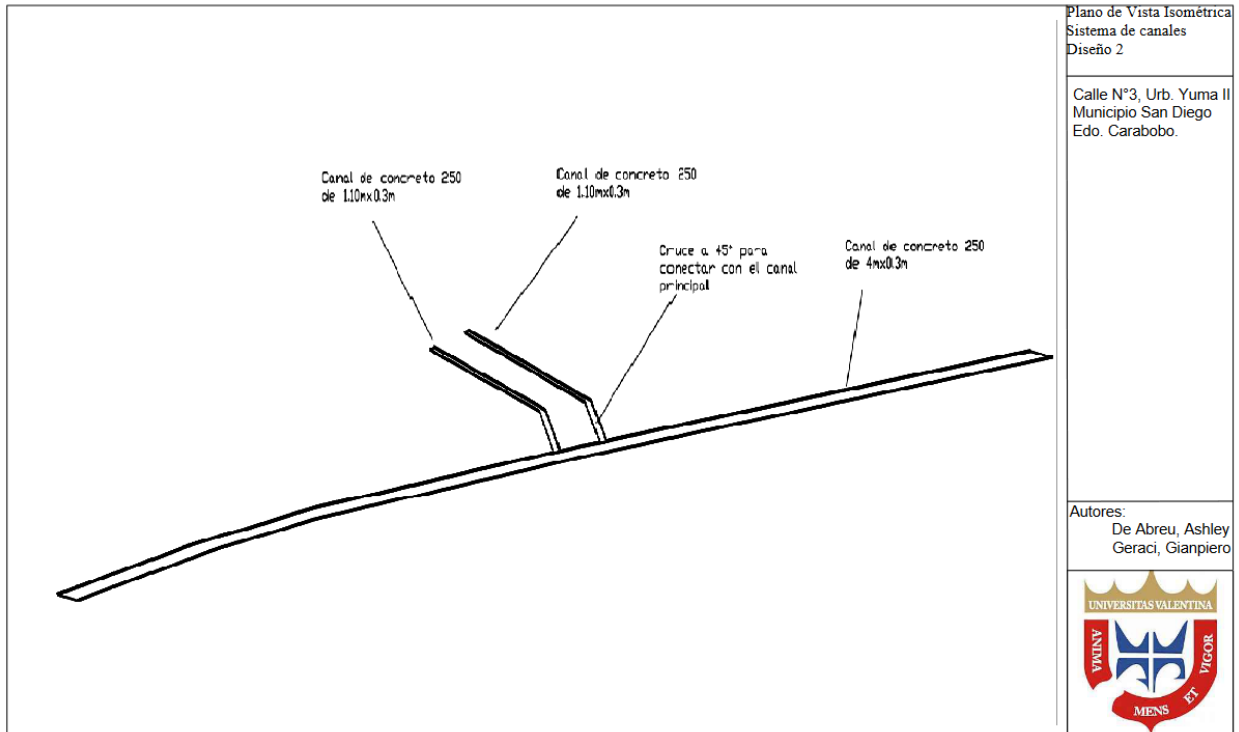
En este diseño, la zanja está revestida con un suelo permeable cuidadosamente seleccionado, cuya principal función es permitir la infiltración del agua de lluvia en el subsuelo. Esta característica del suelo permeable facilita la captación y el almacenamiento del agua

pluvial, ayudando a prevenir inundaciones y contribuyendo a la recarga de los acuíferos subterráneos.

Una vez captada, el agua de lluvia se desplaza hacia el sistema de drenaje ubicado debajo de la zanja, siguiendo un canal diseñado específicamente para este propósito. Este canal actúa como un conducto subterráneo que transporta el agua de manera eficiente hasta el final del tramo de estudio. Al igual que en el diseño 1, este sistema de drenaje canaliza el agua captada hacia un punto de almacenamiento ubicado al final del tramo, donde se almacenará y estará disponible para su posterior reutilización.



**Figura 33.** Plano de planta de Canales Subterráneos Diseño 2  
**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

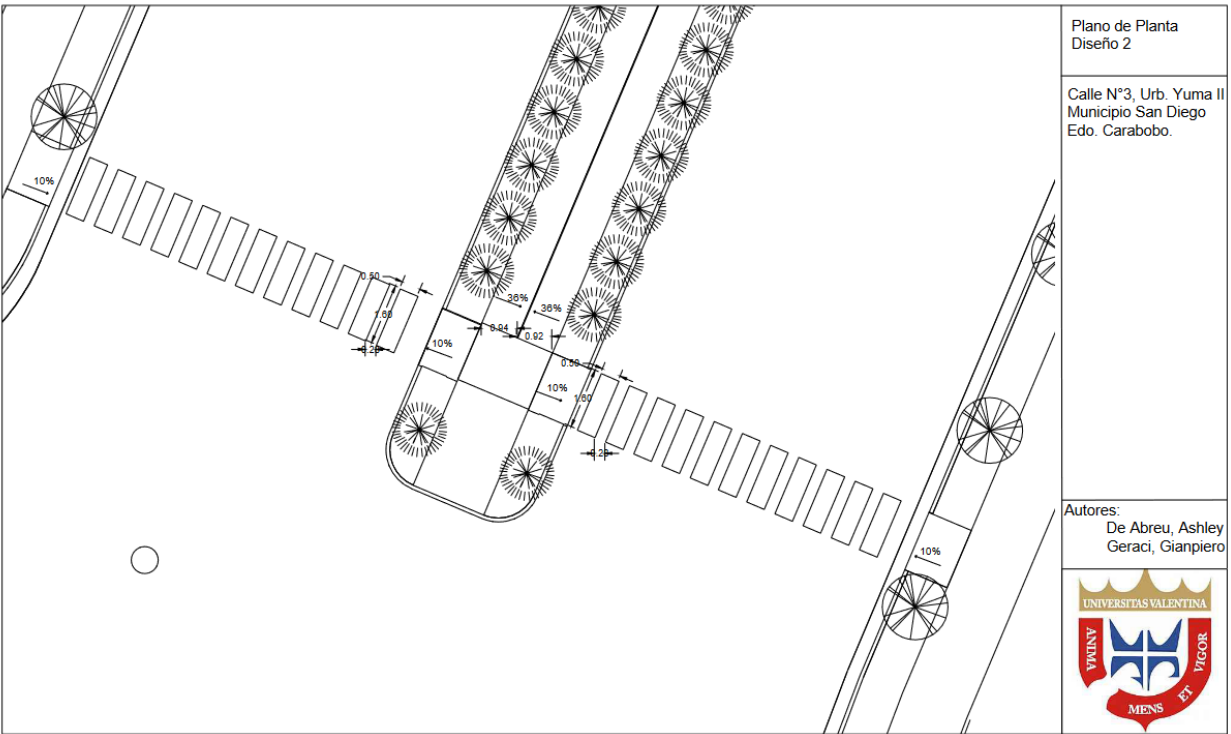


**Figura 34.** Vista Isométrica de Canales Subterráneos Diseño 2  
**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

Esta solución de diseño, centrada en la zanja permeable, representa una forma efectiva y sostenible de gestionar el agua de lluvia en la vialidad. Al aprovechar los procesos naturales de infiltración y transporte del agua, se promueve la conservación de recursos hídricos y se reduce el impacto ambiental de las precipitaciones. Además, la reutilización del agua captada ofrece una oportunidad adicional para promover la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de los recursos hídricos en el área de estudio.

Al igual que en el diseño 1, en el diseño 2 se emplearán canales específicamente diseñados para dirigir el flujo de agua de lluvia hacia el punto final del tramo de estudio. Estos canales actúan como conductos eficientes para transportar el agua captada desde la zanja permeable hasta el lugar de almacenamiento previamente establecido. Una vez que el agua alcanza el final del tramo, será recolectada y almacenada en depósitos especialmente destinados para tal fin. Esta estrategia de almacenamiento permite acumular el agua de lluvia de forma segura y controlada, garantizando su disponibilidad para su posterior reutilización. La finalidad de esta reutilización es proporcionar un suministro sostenible de agua para el riego de la vegetación existente en la Casa de la Cultura de San Diego, ubicada estratégicamente al final del tramo de estudio. De este modo, se promueve un ciclo cerrado y eficiente en el uso del agua,

contribuyendo así a la conservación de recursos y al fomento de prácticas sostenibles en el área de estudio.



**Figura 35.** Plano de Planta 1 Diseño 2

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

En este plano se ofrece una visión detallada de la distribución espacial de los elementos clave de la infraestructura verde planificada. También se destacan varias características importantes que contribuyen a la funcionalidad y eficacia del diseño, incluida la zanja central, la vegetación adyacente, los pasos peatonales y las bocas de visita.

Uno de los elementos más prominentes que se puede observar en el plano es la zanja central, diseñada para gestionar el flujo de agua de lluvia y prevenir inundaciones en la vialidad. La zanja, ubicada estratégicamente en la isla central, presenta pendientes cuidadosamente calculadas que permiten el drenaje eficiente del agua hacia el centro de la isla, donde puede ser capturada y dirigida fuera de la vialidad de manera segura.

En el diseño del plano, las zanjas verdes juegan un papel crucial en la prevención de inundaciones y el manejo eficiente del agua de lluvia. Estas zanjas, que se encuentran estratégicamente en la isla central, están diseñadas con pendientes adecuadas las cuales permiten el drenaje efectivo del agua hacia el centro de la isla. Esto evita la acumulación de agua en la vialidad y reduce el riesgo de inundaciones.

De esta manera, es importante destacar que dicha infraestructura no solo es capaz de prevenir las inundaciones, sino que también ofrece numerosas ventajas adicionales. Por ejemplo, ayuda a mejorar la calidad del aire, reduce el ruido ambiental y proporciona un espacio verde agradable que mejora la estética del entorno urbano. Además, estas zanjas contribuyen a la sostenibilidad del medio ambiente al reducir la necesidad de sistemas de drenaje convencionales y al filtrar el agua de lluvia antes de que se descargue en los arroyos y ríos cercanos.

Además de la zanja, el plano muestra claramente la vegetación adyacente que bordea la vialidad. Esta vegetación desempeña un papel importante en la absorción y filtración del agua de lluvia, así como en la mejora del entorno urbano al proporcionar sombra, hábitat para la vida silvestre y estética visual.

Dicha vegetación desempeña varios papeles importantes en el diseño y funcionamiento del sistema, los cuales son los siguientes:

**Filtro natural:** Las plantas ayudan a filtrar el agua de lluvia, absorbiendo contaminantes y sedimentos antes de que el agua se descargue en los cuerpos de agua cercanos. Esto contribuye de esta manera a reducir las posibles inundaciones que se puedan generar en la vialidad, en la presencia de fuertes lluvias, así como también, a mejorar la calidad del agua y reduce la contaminación del medio ambiente.

Este proceso es realizado de la siguiente manera:

- i. Cuando llueve, las hojas, tallos y ramas de las plantas interceptan y retardan la caída de las gotas de lluvia, reduciendo la velocidad y cantidad de agua que llega al suelo. Esto disminuye la carga de pico de las lluvias y previene la saturación rápida del suelo, que puede llevar a las inundaciones locales, que se producen en la vía de estudio.
- ii. las raíces de las plantas crean espacios y poros en el suelo, lo que mejora la infiltración del agua en el subsuelo y aumenta la capacidad de almacenamiento del agua en el terreno. Esto reduce la cantidad de agua superficial que puede contribuir a las inundaciones.
- iii. El suelo y las raíces de las plantas también actúan como filtros naturales, absorbiendo y reteniendo sedimentos y contaminantes del agua de lluvia. Esto mejora la calidad del agua y reduce la contaminación del medio

ambiente, lo que, a su vez, disminuye los impactos negativos de las inundaciones en la vida acuática y las aguas superficiales.

Es así como de esta forma, la vegetación actúa como una herramienta de gestión de aguas pluviales eficaz y sostenible, reduciendo la velocidad y cantidad de agua superficial que puede causar inundaciones en la vía de estudio. Al incorporar más vegetación en el diseño de la vía, se puede mitigar el riesgo de inundaciones y mejorar la resiliencia del área frente a eventos de lluvia intensa.

**Reducción de la erosión:** Las raíces de las plantas ayudan a mantener el suelo en su lugar, reduciendo la erosión del terreno causada por el agua de lluvia. Esto es especialmente importante en las zanjas verdes, ya que las pendientes pueden estar expuestas a un mayor riesgo de erosión.

**Mejora de la calidad del aire:** Las plantas y la vegetación pensada para el diseño presente, poseen la capacidad de absorber dióxido de carbono y otros contaminantes del aire, ayudando a mejorar la calidad del aire en el entorno urbano de estudio.

**Hábitat para la vida silvestre:** La vegetación proporciona un hábitat para diferentes especies de plantas, lo que ayuda a promover la biodiversidad en el área urbana.

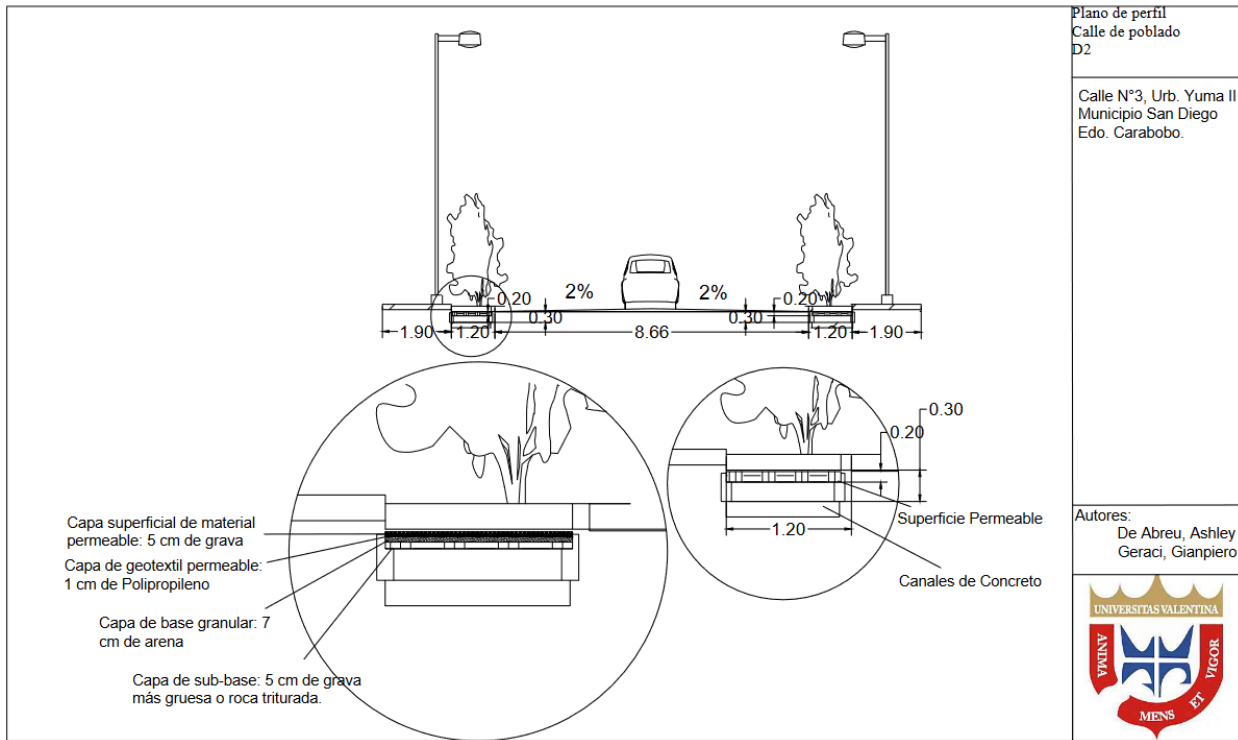
**Mejora de la estética:** Las plantas pueden mejorar la apariencia visual del entorno, proporcionando un espacio verde agradable y relajante para los peatones y los residentes cercanos.

Los pasos peatonales, representados en el plano con sus respectivas rampas de acceso para personas en silla de ruedas, garantizan la accesibilidad universal en la vialidad. Estos pasos peatonales facilitan el cruce seguro de peatones y promueven la inclusión en el entorno urbano. Al ser un área con una amplia cantidad de residencias e instituciones educativas, la demanda de espacios seguros y agradables para la circulación peatonal es particularmente alta. La incorporación de pasos peatonales bien diseñados y conectados con rampas de acceso para personas en silla de ruedas no solo asegura la seguridad de los peatones al cruzar la vía, sino que también promueve la inclusión de todas las personas, independientemente de sus capacidades. Esto es especialmente importante en un entorno donde un gran número de estudiantes y residentes transitan diariamente.

La combinación de pasos peatonales seguros y accesibles, con un diseño que incorpore vegetación y otros elementos de paisajismo, satisface la necesidad de espacios seguros y

agradables para la circulación peatonal en esta zona densamente poblada y de uso mixto. Esto se traduce en una mayor movilidad, inclusión y calidad de vida para los residentes y estudiantes de la zona.

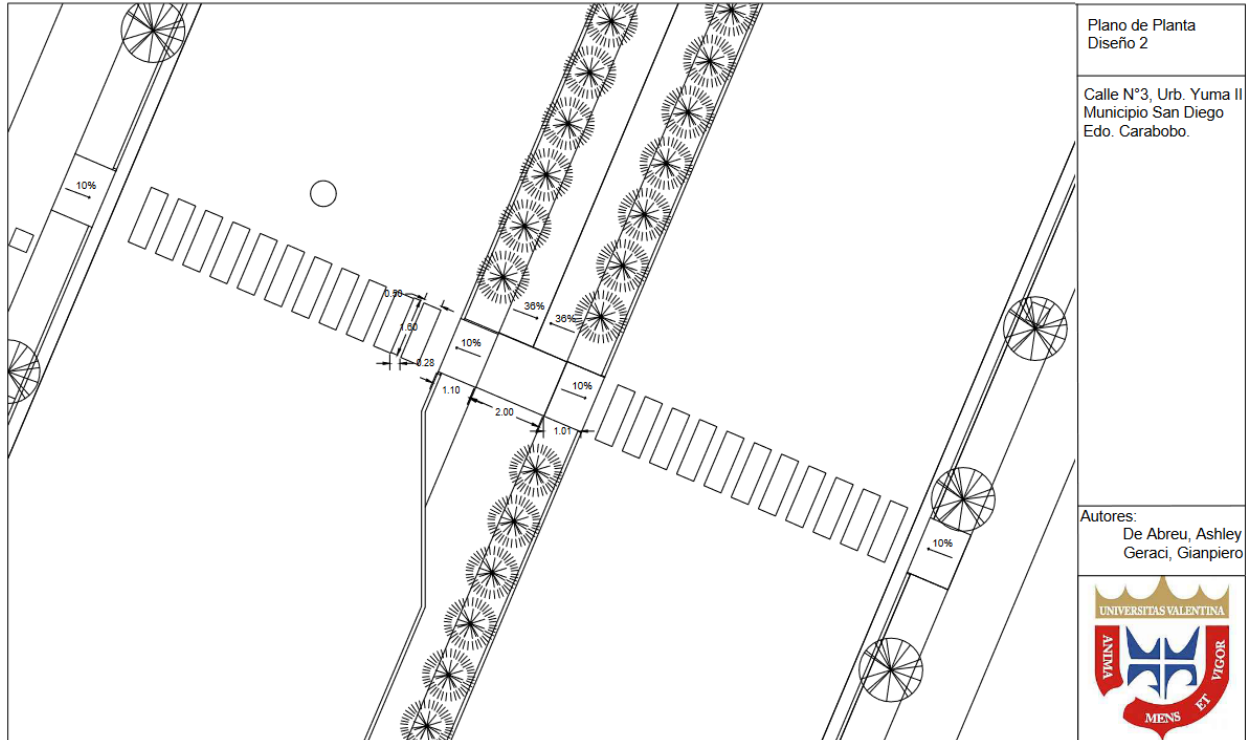
Finalmente, se pueden observar algunas bocas de visita estratégicamente ubicadas a lo largo de la vialidad. Estas bocas de visita son elementos esenciales en el sistema de drenaje, permitiendo el acceso para el mantenimiento y la limpieza de las tuberías subterráneas, garantizando así un funcionamiento óptimo del sistema de drenaje en todo momento.



**Figura 36.** Plano de perfil calle sin isla, Diseño 2

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

En este plano de perfil de la calle que no cuenta con una isla central y conecta con la vialidad principal del tramo, se propone un diseño similar al del diseño 1. Se plantea la implementación de canales subterráneos, junto con los sistemas de drenaje ya existentes y la introducción de aceras permeables, siguiendo la misma lógica que en el diseño anterior. Estos elementos permitirán la recolección del agua de lluvia, la cual será dirigida por gravedad a través de los canales subterráneos hasta conectar con el sistema de canales de la isla central en el plano principal. Una vez allí, el agua será almacenada y podrá ser reutilizada para el riego en la casa de la cultura, completando así un ciclo eficiente y sostenible de uso del recurso hídrico.

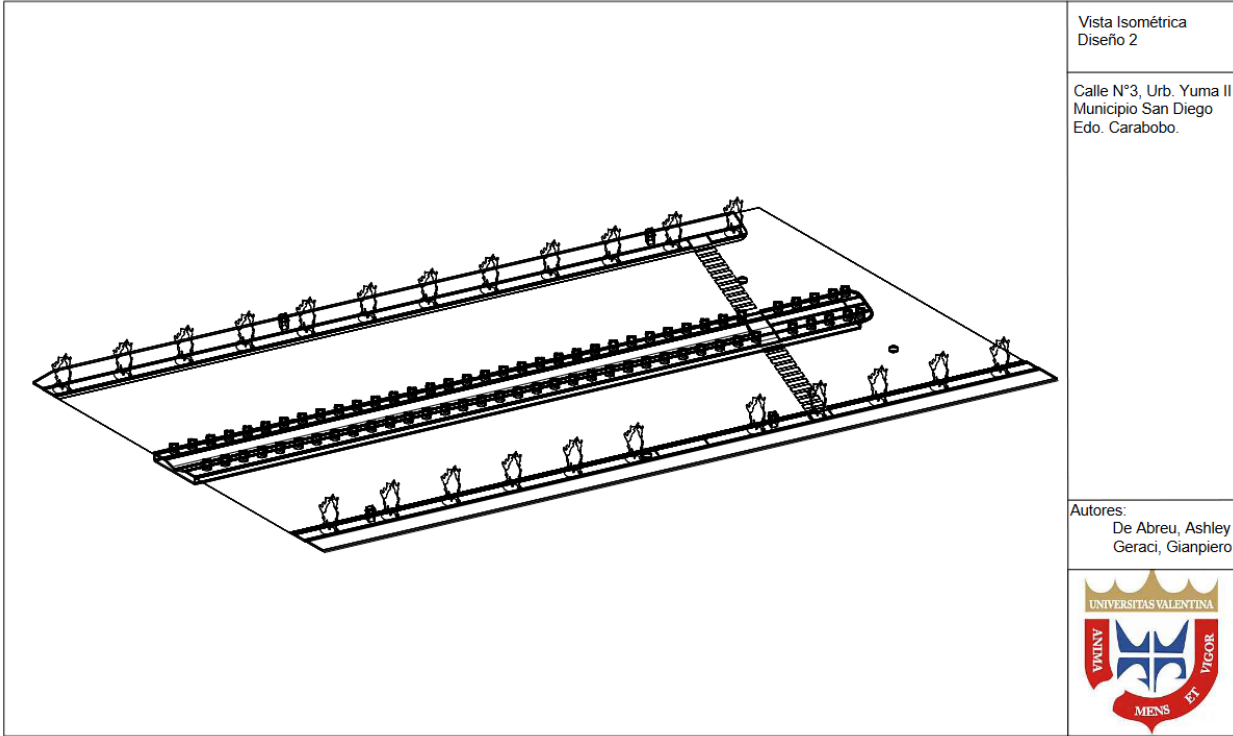


**Figura 37.** Plano de Planta 2 Diseño 2

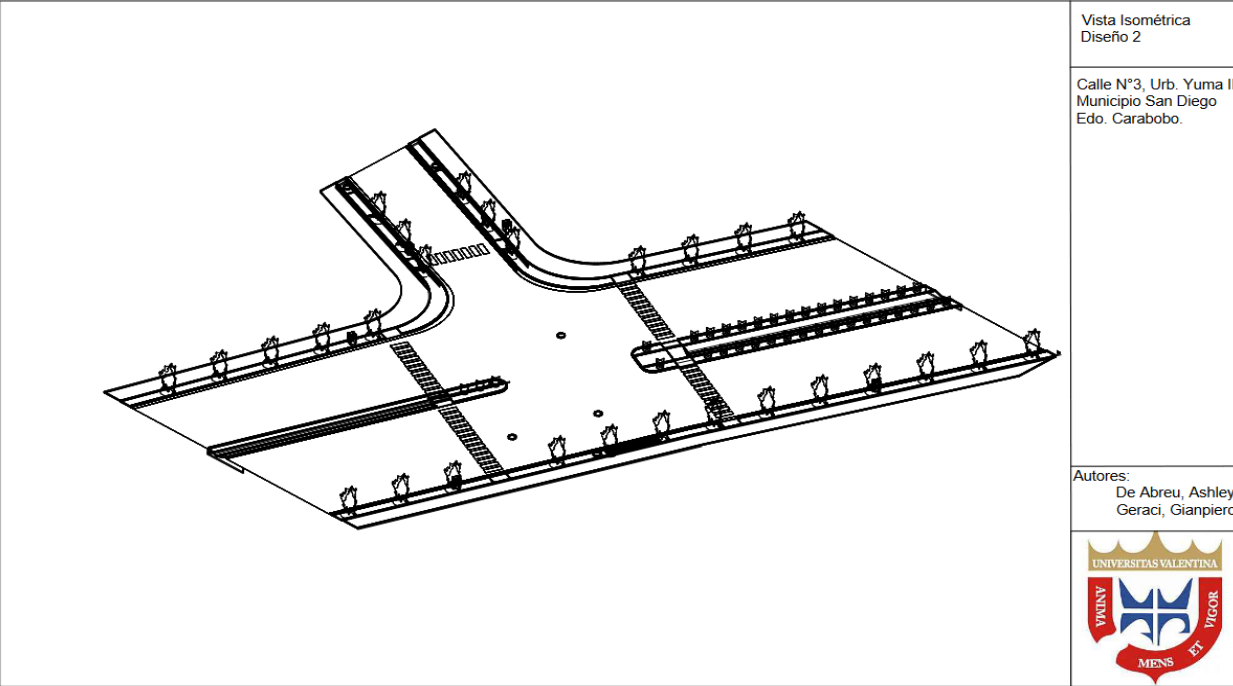
**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

En este plano, se puede observar a su vez, la disposición de la zanja en la isla central, junto con la vegetación circundante, las pendientes de la zanja y los pasos peatonales con sus respectivas rampas de accesibilidad para personas en silla de ruedas. Además, se identifican varias bocas de visita estratégicamente ubicadas a lo largo del tramo, lo que subraya la importancia de un sistema de drenaje eficiente en la gestión del agua pluvial en la vialidad.

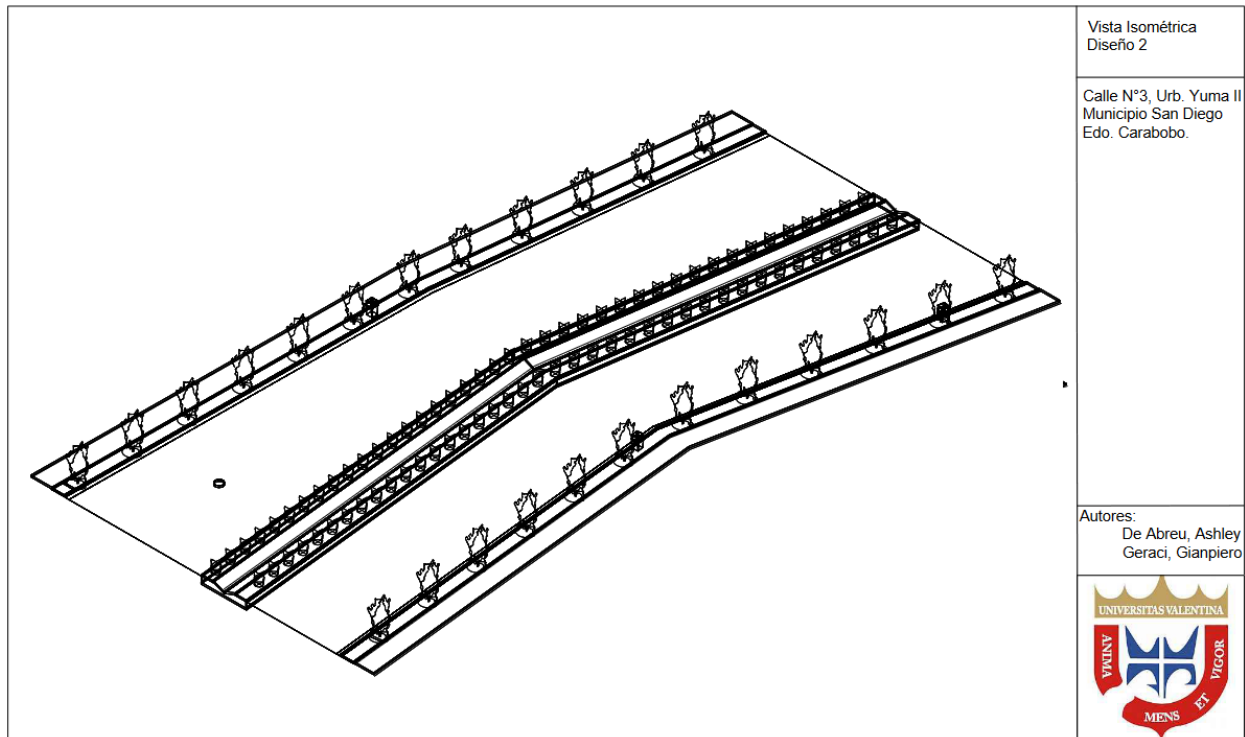
De igual forma, este plano ofrece una visión clara y concisa de cómo se integrarán estos elementos en otro tramo de la vialidad, destacando la coherencia y consistencia del diseño en toda la extensión de la calle N°3. Con esta representación visual, se enfatiza la funcionalidad y la eficacia del diseño propuesto para mitigar el riesgo de inundaciones y mejorar la resiliencia del entorno urbano ante eventos climáticos extremos.



**Figura 38.** Vista Isométrica 1 Diseño 2.  
Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024).



**Figura 39.** Vista Isométrica 2 Diseño 2.  
Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024).



**Figura 40.** Vista Isométrica 3 Diseño 2.

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

La primera isometría nos brinda una visión detallada de uno de los primeros tramos de la vialidad, permitiendo una comprensión más exhaustiva de la distribución y disposición del diseño propuesto. En esta vista, se destaca claramente la presencia de la zanja central, una característica central del diseño que sirve como canal de drenaje para dirigir el agua pluvial hacia el centro de la isla. Además, se pueden apreciar los pasos peatonales estratégicamente ubicados, diseñados con rampas de accesibilidad para garantizar la movilidad segura de todas las personas, incluidas aquellas con discapacidades. La vegetación que bordea tanto la vialidad como la isla central también es evidente en esta representación, subrayando el enfoque en la integración de elementos naturales para mejorar la resiliencia del entorno urbano ante eventos climáticos extremos y embellecer el paisaje urbano.

La segunda isometría nos ofrece una vista más amplia y panorámica del plano central de la vialidad, centrándose en la intersección con la otra calle que forma una T. En esta vista, se pueden apreciar con claridad los tres pasos peatonales, cada uno equipado con sus respectivas rampas para garantizar la accesibilidad universal. La presencia de la zanja central es evidente, así como algunas bocas de visita y sumideros distribuidos estratégicamente a lo largo del tramo. Es notable la inclusión del sumidero de rejilla en el centro de la vialidad, diseñado para capturar

eficientemente el agua proveniente de la conexión con la otra vialidad. Esta representación proporciona una comprensión más profunda de cómo se coordinan estos elementos para garantizar un drenaje eficaz y una movilidad segura, al tiempo que se integran armoniosamente con el entorno circundante.

En la tercera isometría, se enfoca en uno de los tramos finales de la vialidad, destacando nuevamente la presencia de un paso peatonal, la vegetación adyacente y la zanja que recorre este tramo. Además, se identifican algunas bocas de visita y sumideros, elementos esenciales en el sistema de drenaje de la vialidad. Esta vista ofrece una perspectiva completa de cómo se implementará el diseño propuesto en el último tramo de la calle, destacando su contribución a la gestión efectiva del agua pluvial y su integración cohesiva con el entorno urbano circundante.

Este diseño integral y bien planificado proporciona numerosos beneficios para abordar la problemática de estudio, lo que lo convierte en una propuesta adecuada y necesaria para la vía objeto de estudio.

Entre los principales beneficios del diseño propuesto se encuentran:

**Mejora en la gestión del agua pluvial:** La combinación de la zanja, la vegetación y las caminerías contribuye a mejorar la infiltración y retención del agua de lluvia, reduciendo así la cantidad de agua superficial y disminuyendo el riesgo de inundaciones en la vía.

**Aumento de la seguridad y accesibilidad:** Los pasos peatonales con rampas de accesibilidad garantizan una circulación segura y cómoda para todos los usuarios, incluyendo personas con discapacidad y usuarios de sillas de ruedas.

**Mejora de la calidad ambiental:** La vegetación y las caminerías contribuyen a la absorción de contaminantes, a la reducción del ruido y a la mejora de la calidad del aire. Además, proporcionan un espacio estético y agradable para los transeúntes y residentes de la zona.

**Fomento de la biodiversidad:** La integración de vegetación nativa y la creación de hábitats adecuados pueden atraer a diferentes especies de flora y fauna, enriqueciendo la biodiversidad del área urbana.

**Aumento del valor estético y del atractivo de la zona de estudio:** Un entorno bien diseñado y atractivo puede mejorar la imagen del área y la identificación de los residentes.

### **Diseño 3: Jardín de lluvia**

En el tercer diseño propuesto para abordar el riesgo de inundaciones en la calle N°3 de la Urbanización Yuma II, se contempla la implementación de un jardín de lluvia en la isla central de la vialidad. Esta iniciativa busca transformar este espacio en un entorno verde y sostenible, aprovechando las propiedades naturales de la vegetación para mitigar los efectos de las precipitaciones y mejorar la resiliencia urbana ante eventos climáticos extremos.

La definición de un jardín de lluvia es referida como, una instalación diseñada para capturar, retener y filtrar el agua de lluvia que cae sobre una superficie impermeable, como un techo o un patio. Estos jardines están compuestos por varios elementos que trabajan en conjunto para lograr estas funciones.

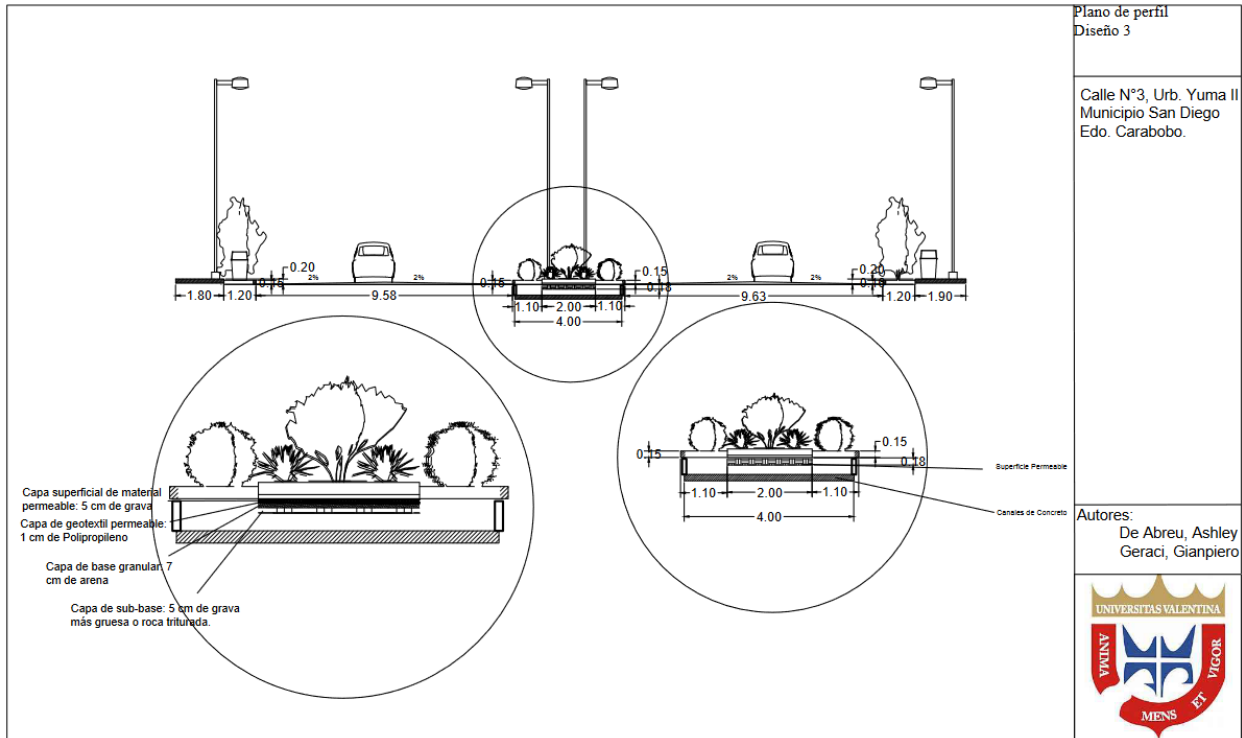
En primer lugar, los jardines de lluvia cuentan con un sistema de captación de agua de lluvia, que puede ser un canalón, una repisa o una toma de agua, que redirige el agua de lluvia hacia el jardín. A continuación, el agua es dirigida hacia una capa de sustrato permeable, que puede consistir en grava, arena, compost o una mezcla de estos materiales. Este sustrato ayuda a filtrar y limpiar el agua mientras se infiltra en el suelo.

Además, los jardines de lluvia suelen incorporar plantas, generalmente nativas y adaptadas a la zona, que ayudan a absorber el agua y a filtrar los contaminantes. Estas plantas también proporcionan hábitat y alimento para las especies de insectos y aves locales, contribuyendo a mejorar la biodiversidad.

El área verde planteada en el diseño, consistirá en la planeación estratégica de diferentes tipos de vegetación capaces de absorber grandes cantidades de agua. Esta vegetación, cuidadosamente seleccionada por su capacidad de retención de agua, jugará un papel fundamental en el proceso de gestión de las aguas pluviales. Cuando llueva, el agua será dirigida hacia la isla central de la vialidad, donde será absorbida por las raíces y el suelo de las plantas, permitiendo su filtración natural y evitando la acumulación de agua en la superficie de la vialidad.

Además de su función práctica en la gestión del agua, el jardín de lluvia también aportará beneficios estéticos y ambientales a la vialidad. La presencia de vegetación abundante no solo mejorará la calidad visual del entorno, sino que también contribuirá a la creación de hábitats naturales para la fauna local y promoverá la biodiversidad en el área urbana. Este diseño refleja un enfoque holístico hacia la infraestructura verde, priorizando la sostenibilidad ambiental y la integración armoniosa con el entorno urbano circundante. Dicho tipo de infraestructura

planteada propone una solución para la vialidad de estudio que resulta innovadora y eficaz para la gestión de aguas pluviales en entornos urbanos, que además de sus beneficios prácticos, también aportan valor estético y ambiental.



**Figura 41.** Vista de perfil Diseño 3.

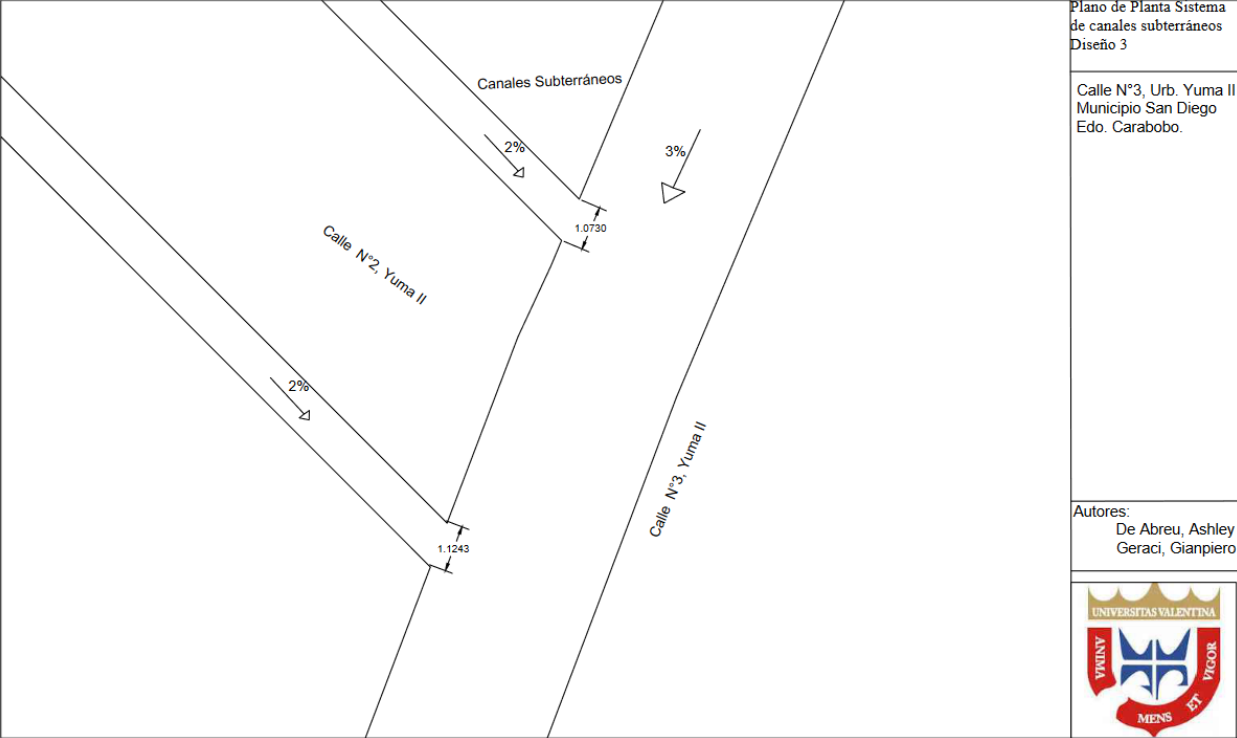
**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

El plano de fachada del diseño 3 ofrece una representación detallada de la distribución y disposición de los elementos clave de la infraestructura verde propuesta para abordar el riesgo de inundaciones en la calle N°3 de la Urbanización Yuma II, en el municipio San Diego, estado Carabobo. En este plano, se puede apreciar claramente la disposición de la vialidad, con sus medidas específicas, incluyendo el ancho de las calzadas y las aceras.

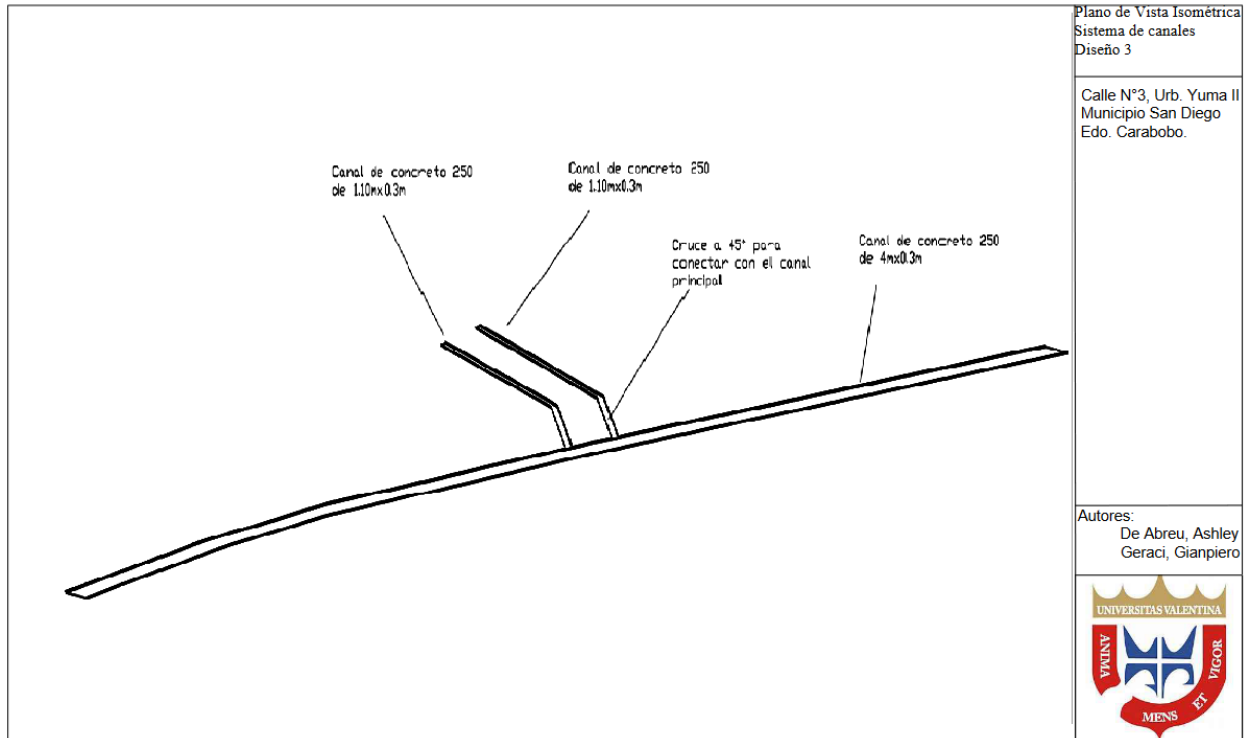
Destaca especialmente la isla central, que se extiende a lo largo de la vialidad y actúa como el núcleo del diseño de jardín de lluvia. En esta isla, se ha planificado una distribución meticulosa de la vegetación, con el propósito principal de absorber el agua de lluvia y reducir así el riesgo de inundaciones. La vegetación seleccionada se caracteriza por su capacidad para retener grandes cantidades de agua, lo que contribuirá significativamente a la gestión sostenible del agua pluvial en el área.

se puede observar una capa de material permeable estratégicamente ubicada debajo del jardín de lluvia. Esta capa cumplirá la función de filtrar el agua de lluvia, permitiendo su

absorción en el suelo subyacente. De manera similar a los diseños previos, el agua filtrada será recogida por un sistema de canales subterráneos dispuestos bajo el jardín de lluvia. Estos canales dirigirán el agua hasta el punto final del tramo de estudio, donde será almacenada para su posterior uso. Este enfoque no solo garantiza la captación eficiente del agua de lluvia, sino que también contribuye a la sostenibilidad al promover el uso responsable de los recursos hídricos y la conservación del medio ambiente.



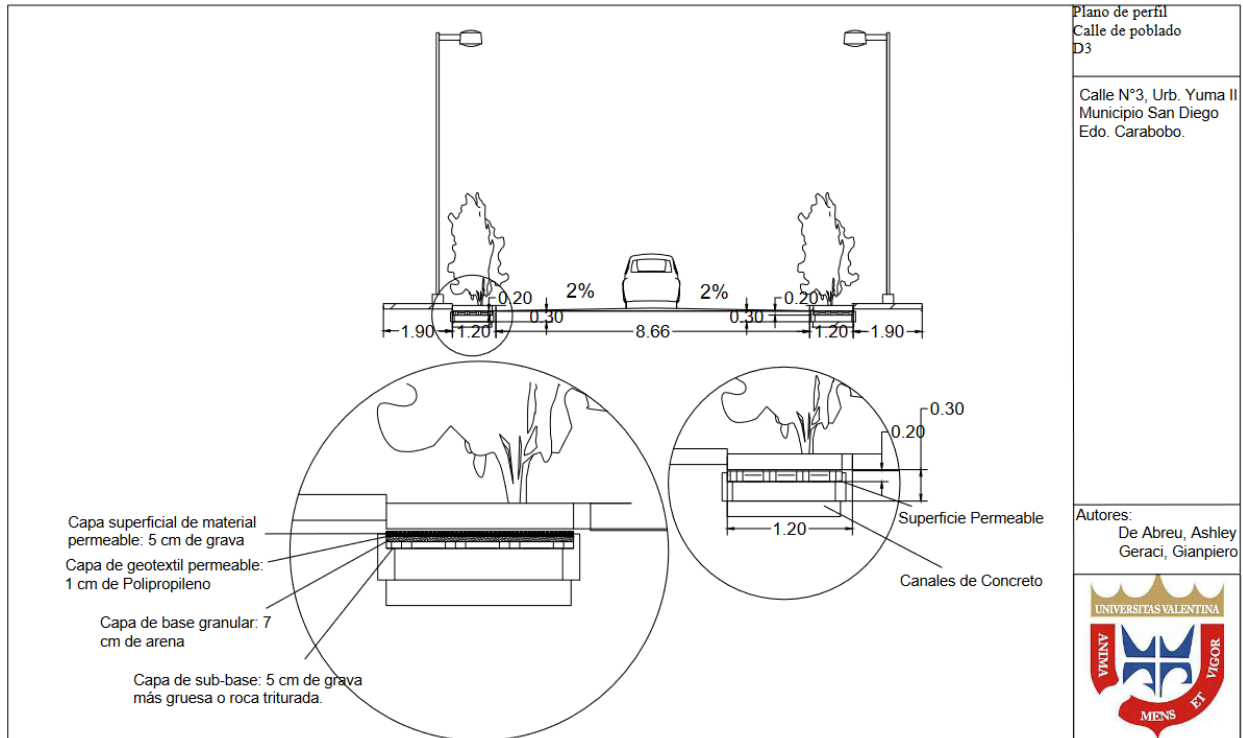
**Figura 42.** Plano de planta de Canales Subterráneos Diseño 3  
**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).



**Figura 43.** Vista Isométrica de Canales Subterráneos Diseño 3  
Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

Al igual que en los dos diseños anteriores, en el diseño 3 se ha propuesto un sistema de canales subterráneos que discurre por debajo de la isla central. Este sistema de canales tiene como objetivo principal transportar el agua de lluvia recolectada hasta el extremo final del tramo de estudio. Una vez allí, el agua será depositada y almacenada para su posterior uso en el riego. Este enfoque garantiza una gestión eficiente del agua de lluvia, contribuyendo así a la reducción del riesgo de inundaciones y promoviendo la reutilización sostenible de los recursos hídricos en la comunidad, en este caso, para el riego de la vegetación en la casa de la cultura ubicada al final del tramo de estudio.

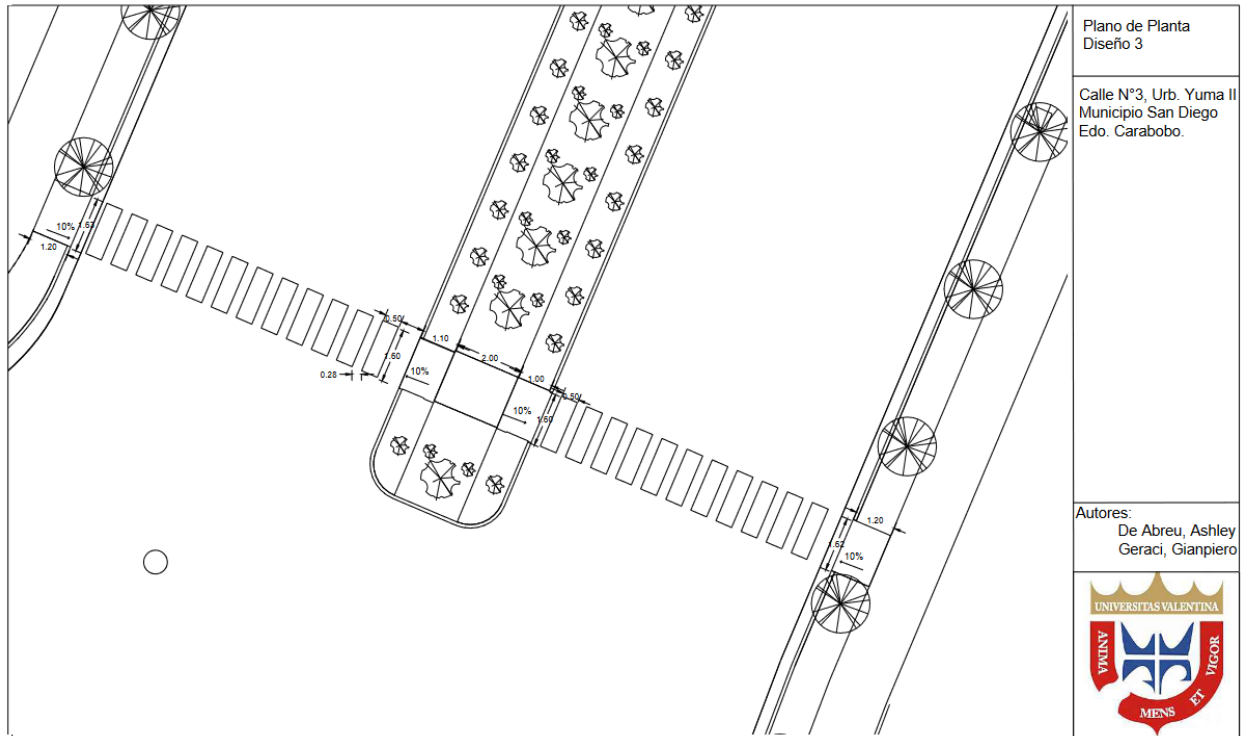
Este enfoque innovador no solo aborda la cuestión de las inundaciones, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental al utilizar un recurso natural de manera óptima. Al reutilizar el agua captada para el riego de la vegetación en la casa de la cultura ubicada al final del tramo de estudio, se cierra un ciclo virtuoso que beneficia tanto al entorno urbano como a la comunidad local. La implementación de este diseño no solo mejora la resiliencia del área frente a las lluvias intensas, sino que también contribuye al desarrollo sostenible y al bienestar de sus habitantes.



**Figura 44.** Vista de perfil Calle sin isla, Diseño 3.

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

En la misma línea que los diseños anteriores, para la calle que carece de una isla central, se ha propuesto un diseño que aprovecha los sumideros existentes y las aceras permeables. Este diseño tiene como objetivo la recolección del agua de lluvia, la cual será canalizada a través de canales subterráneos. Estos canales subterráneos permitirán dirigir el agua captada hasta el canal de la vialidad principal, situado debajo de la isla central. Este enfoque garantiza una gestión efectiva del agua de lluvia en toda la extensión del tramo de estudio, contribuyendo así a mitigar el riesgo de inundaciones y promoviendo prácticas sostenibles de manejo del agua.



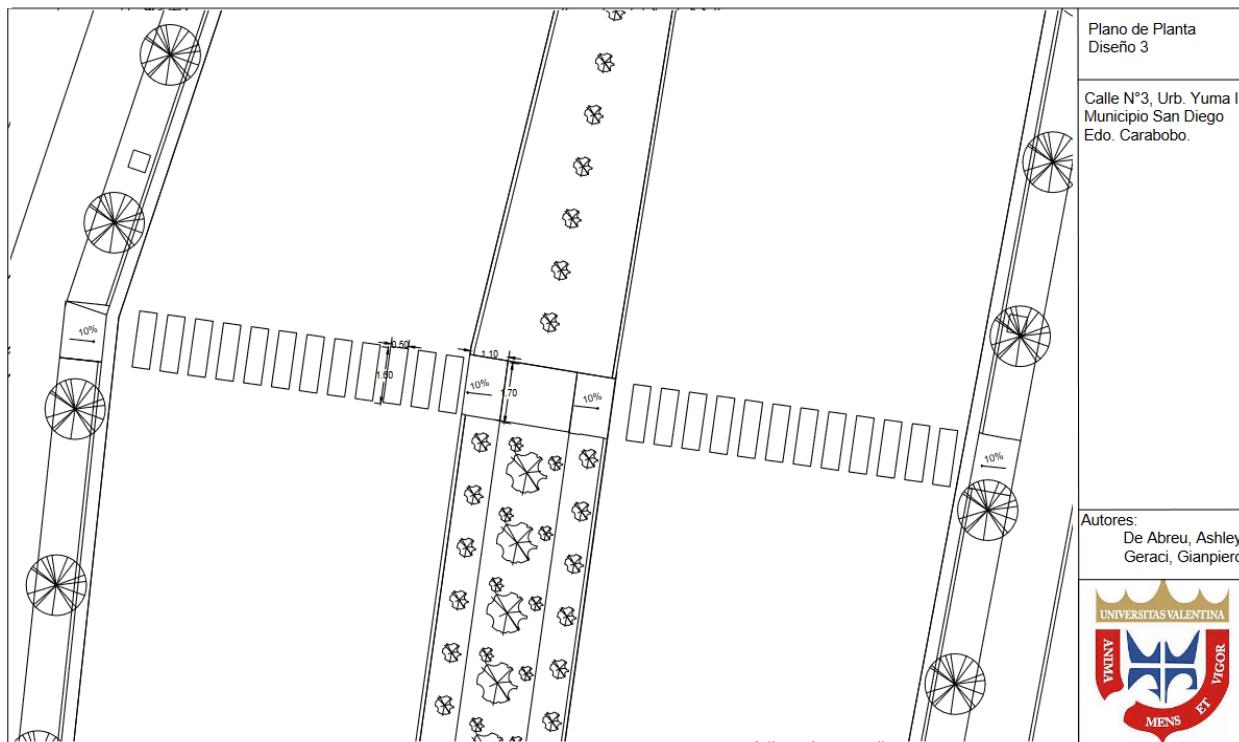
**Figura 45.** Plano de Planta 1 Diseño 3.

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

El plano de planta del diseño 3 ofrece una visión detallada de la distribución planificada para abordar el riesgo de inundaciones en la calle N°3 de la Urbanización Yuma II, en el municipio San Diego, estado Carabobo. En este plano, se puede apreciar con claridad cómo se estructurará la vialidad para integrar el jardín de lluvia en la isla central, así como otros elementos clave del diseño.

La vialidad se organiza de manera eficiente, con calzadas y aceras debidamente dimensionadas para garantizar la fluidez del tráfico vehicular y peatonal. Los pasos peatonales se destacan en el diseño, con sus respectivas rampas de accesibilidad para personas en silla de ruedas, asegurando una movilidad inclusiva y segura para todos los usuarios de la vía.

El jardín de lluvia en la isla central se presenta como el elemento central y distintivo del diseño. Se puede observar cómo se distribuye la vegetación de manera estratégica para maximizar su capacidad de absorción de agua de lluvia y promover la gestión sostenible del recurso hídrico en el área. La vegetación seleccionada se integra armoniosamente con el entorno, proporcionando un aspecto más verde y saludable al paisaje urbano, al tiempo que contribuye a mejorar la calidad del medio ambiente local.



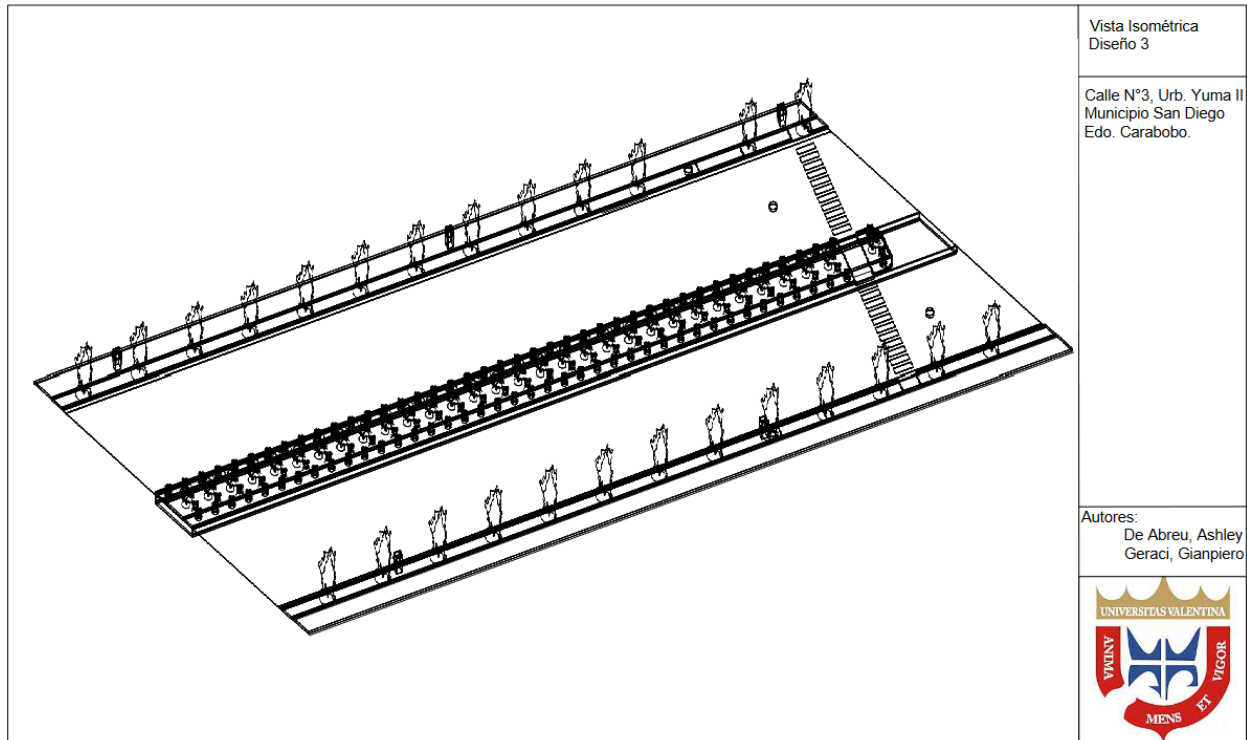
**Figura 46.** Plano de Planta 2 Diseño 3.

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

El segundo plano de planta del diseño 3 presenta una adaptación del concepto de jardín de lluvia en un tramo más reducido de la vialidad, donde la isla central se encuentra dimensionada de manera más compacta. A pesar de las limitaciones de espacio, se ha logrado integrar de manera eficiente el jardín de lluvia, manteniendo su funcionalidad para la gestión del agua pluvial y su contribución al mejoramiento del entorno urbano.

En esta representación, se puede observar cómo se ha optimizado el diseño del jardín de lluvia para adaptarse a las dimensiones más reducidas de la isla central. Aunque la superficie disponible es menor, se ha conservado la distribución de la vegetación de manera estratégica, priorizando aquellas especies con una alta capacidad de absorción de agua. Esta disposición permite mantener la eficacia del jardín de lluvia para mitigar el riesgo de inundaciones, incluso en un espacio más limitado.

A pesar de las modificaciones en la escala, se mantiene la integración de pasos peatonales con rampas de accesibilidad, garantizando la seguridad y comodidad de los peatones, incluidas las personas con movilidad reducida. La vegetación sigue siendo un elemento fundamental en el diseño, proporcionando un ambiente más verde y saludable a la vialidad, y contribuyendo a mejorar la calidad del aire y el bienestar general de la comunidad.

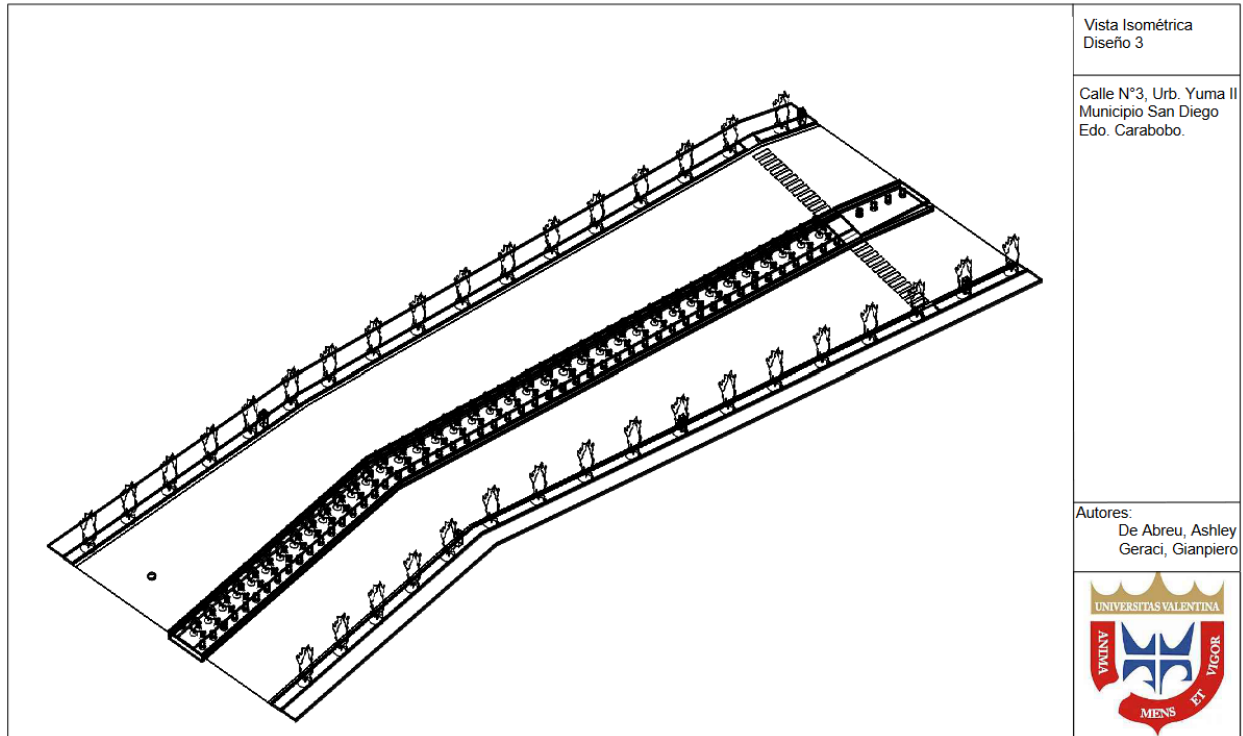


**Figura 47.** Vista Isométrica 1 Diseño 3.

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

La primera vista isométrica, se ofrece una perspectiva detallada de uno de los primeros tramos de la vialidad, donde se ha implementado el jardín de lluvia en la isla central como parte integral del diseño de infraestructura verde. El jardín de lluvia se presenta como una característica prominente, diseñada para captar y gestionar eficazmente el agua pluvial. La disposición estratégica de la vegetación en la isla central no solo añade un elemento estético al entorno, sino que también cumple una función vital al absorber y filtrar el agua de lluvia, contribuyendo así a mitigar el riesgo de inundaciones.

Además del jardín de lluvia, la isometría revela la presencia de cruces peatonales con rampas de accesibilidad, lo que garantiza una movilidad segura para todos los usuarios, incluyendo a personas con discapacidades. Las bocas de visita y sumideros se distribuyen estratégicamente a lo largo del tramo, asegurando un adecuado drenaje de las aguas pluviales y facilitando la inspección y el mantenimiento de las infraestructuras subterráneas. En conjunto, esta primera isometría ofrece una visión integral de cómo el diseño del jardín de lluvia se integra armoniosamente con otras características de la vialidad para crear un entorno funcional, estéticamente agradable y resistente a las inundaciones.



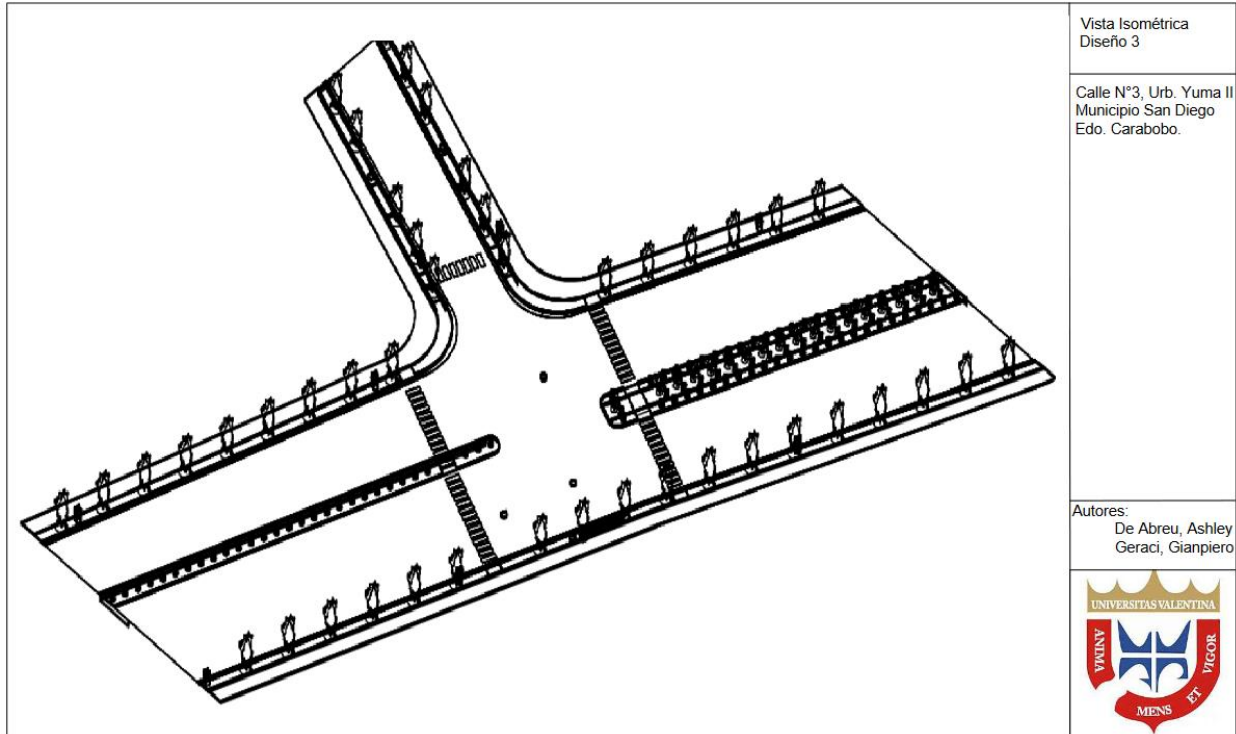
**Figura 48.** Vista Isométrica 2 Diseño 3.

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

En esta vista isométrica, se ofrece una representación del diseño del jardín de lluvia correspondiente al diseño 3, en un tramo diferente del estudio ubicado en la parte final de la vialidad. Similar a la vista isométrica anterior, esta representación ilustra cómo se integra el jardín de lluvia en esta área específica. Se pueden apreciar las características del terreno y la disposición de la vegetación diseñada para captar y filtrar el agua de lluvia de manera eficiente. A través de esta adaptación del jardín de lluvia en otro tramo de la vialidad, se busca replicar los beneficios ambientales y funcionales propuestos en el diseño original, contribuyendo así a la mitigación del riesgo de inundaciones y a la gestión sostenible del agua en todo el tramo de estudio.

Además de destacar la presencia de cruces peatonales y rampas de accesibilidad, la segunda isometría muestra cómo se ha planificado la distribución de las bocas de visita y sumideros para mantener un drenaje eficiente en todo el tramo de la vialidad. La integración de elementos de infraestructura verde con la funcionalidad urbana es evidente en cada aspecto de este diseño, lo que demuestra un enfoque holístico hacia la resiliencia y la sostenibilidad en el desarrollo urbano. Asimismo, se ha considerado el impacto ambiental y social de la intervención, buscando minimizar las emisiones de gases contaminantes, mejorar la calidad del

aire y del paisaje urbano, y promover la movilidad activa y la seguridad vial de los peatones y ciclistas. Este proyecto es un ejemplo de cómo se puede mejorar la infraestructura urbana con criterios de innovación, eficiencia y responsabilidad.



**Figura 49.** Vista Isométrica 3 Diseño 3.

**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

Por último, la tercera vista isométrica ofrece una perspectiva panorámica del centro de la vialidad, donde se conecta con otra calle para formar la característica forma de T del tramo de estudio. Esta vista proporciona una visión completa de cómo se ha integrado el diseño del jardín de lluvia en el entorno urbano circundante, mostrando su impacto en la funcionalidad y la estética de la vialidad.

Se destacan las vegetaciones a lo largo de las aceras y en la isla central, que no solo añaden belleza al paisaje urbano, sino que también desempeñan un papel crucial en la absorción y filtración del agua de lluvia. Los jardines de lluvia se presentan como elementos centrales en medio de las vialidades, interrumpidos estratégicamente en los cruces para garantizar la fluidez del tráfico y peatonal. La presencia de pasos peatonales con rampas de accesibilidad, sumideros de rejilla y bocas de visita completa la imagen de un diseño integral y funcional que aborda de manera efectiva los desafíos de la gestión del agua pluvial en entornos urbanos.

### 4.3.1 Evaluación del Impacto ambiental mediante la Matriz de Leopold.

La Matriz de Leopold es una herramienta ampliamente utilizada en la evaluación de impacto ambiental, que proporciona un enfoque sistemático y cualitativo para analizar y cuantificar los posibles efectos de un proyecto propuesto sobre el medio ambiente. Esta metodología es de vital importancia para el planeamiento y la toma de decisiones en el contexto de proyectos de infraestructura, industriales y de desarrollo, ya que permite identificar, evaluar y comparar los impactos potenciales de diferentes alternativas de diseño o acciones propuestas.

La matriz está compuesta por dos ejes: los parámetros ambientales y las acciones propuestas del proyecto. En la intersección de estos ejes, la matriz permite describir y asignar una ponderación numérica a cada impacto potencial, según su importancia relativa y magnitud. Estas ponderaciones se basan en el conocimiento experto y el juicio del evaluador, y ayudan a determinar la significancia ambiental de cada aspecto del proyecto.

MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Intensidad	Alteracion	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	-1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	-2	Media	Puntual	2
Baja	Alta	-3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja	-4	Temporal	Local	4
Media	Media	-5	Media	Local	5
Media	Alta	-6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	-7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	-8	Media	Regional	8
Alta	Alta	-9	Permanente	Regional	9
Muy Alta	Alta	-10	Permanente	Nacional	10

**Figura 50.** Tabla de magnitudes e importancia de la matriz de Leopold.

**Autores.** Prof. Alex Luna, docente universitario especialista en conservación, biodiversidad, consultoría ambiental y riesgos (2021)

El propósito de la matriz de Leopold es proporcionar una representación visual y estructurada de los impactos ambientales que pueden surgir de un proyecto. Esto facilita la identificación de los impactos más significativos y ayuda en la toma de decisiones, permitiendo a los tomadores de decisiones y a los interesados comprender mejor las implicaciones ambientales de un proyecto.

A continuación, se presentarán las tablas de la matriz de Leopold elaboradas para estudio de impacto ambiental para “Diseño de infraestructura verde para reducir el riesgo de inundaciones en la calle n°3, urbanización yuma II, Municipio San Diego, Estado Carabobo”:

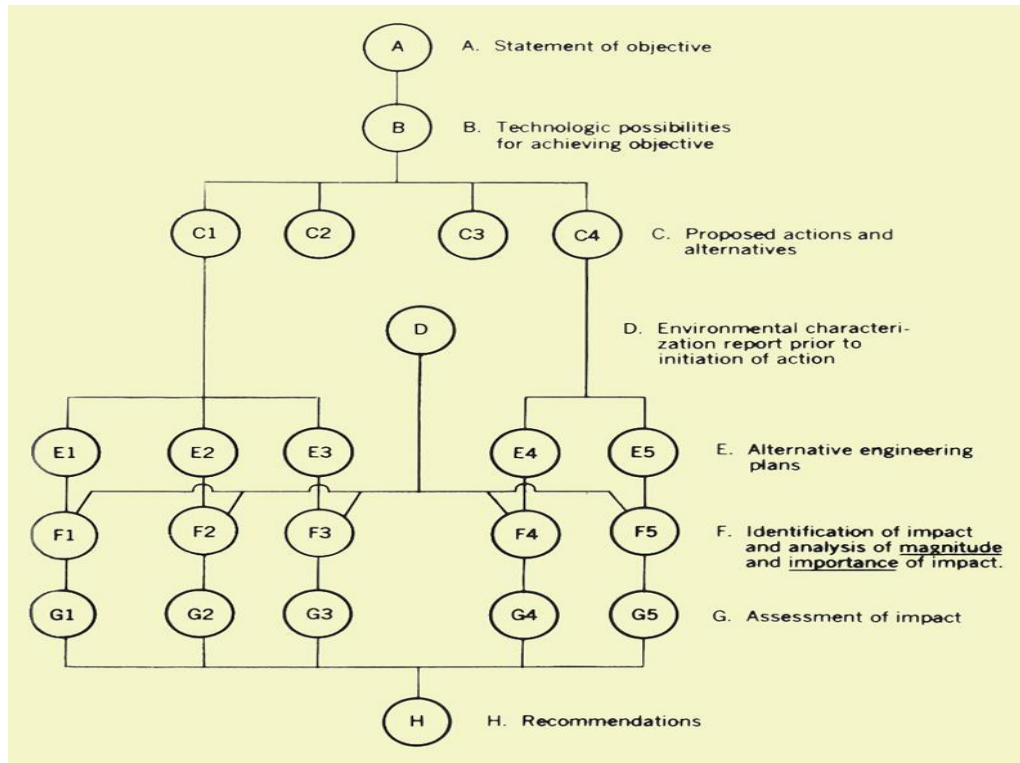
MATRIZ DE LEOPOLD

ACCIONES DEL PROYECTO		CONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VÍA VERDE PARA REDUCIR IMPACTACIONES										TRANSFORTE Y MANEJO DE RESIDUOS				CEREBE OPERACIONES				TOTAL DE IMPACTOS	IMPACTOS POSITIVOS	IMPACTOS NEGATIVOS	PROMEDIO ARITMÉTICO	IMPACTOS POR COMPONENTES	IMPACTOS TOTALES DEL PROYECTO										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18							19	20	21	22						
FACTORES AMBIENTALES	FÍSICOS	Suelos	1	4	2	1	3	5	1	1	6	0	4	3	2	1	2	1	4	3	4	0	1	1	4	1	1	13	12	1	5,92	15,38	45,00	94,08	
		Recursos no renovables	2	4	1	4	5	6	2	1	4	3	2	1	4	3	2	2	4	2	2	4	0	1	1	4	1	1	13	12	1	4,31			15,38
		Radiación	4	4	1	2	3	3	4	2	3	4	1	4	1	4	4	1	4	1	4	2	1	1	3	1	1	13	12	1	4,15	15,38			
		Superficial	1	7	3	6	4	6	1	3	7	1	3	3	7	1	3	1	3	1	3	6	0	1	1	3	1	1	13	12	1	5,92			12,69
		Calidad de agua	2	6	3	5	1	2	1	2	6	2	3	8	3	4	2	3	2	3	2	3	5	0	1	1	3	1	1	13	12	1			6,77
	BIOLÓGICOS	Calidad del aire	3	4	4	4	4	8	3	4	2	6	4	4	4	4	4	3	4	2	4	4	0	1	1	4	1	1	13	12	1	6,31	15,38		
		Ruido	4	3	5	2	3	5	3	4	2	4	5	2	3	3	2	4	4	2	4	2	0	1	1	4	1	1	13	12	1	5,31	15,38		
		Temperatura	7	6	7	3	3	7	7	7	7	7	7	4	7	7	6	4	7	7	7	3	0	1	1	3	1	1	13	12	1	5,31	15,38		
		Arbóles, pastos	4	3	3	4	3	3	2	3	2	1	2	3	2	3	2	3	2	3	1	2	4	0	1	3	1	1	13	12	1	5,92	10,08		
		Especies en peligro	3	4	2	2	3	5	4	4	4	5	3	2	4	3	2	4	1	5	2	4	1	1	1	2	1	1	13	12	1	4,15	12,46		
CULTURALES	Pajaros	1	1	7	1	1	2	2	4	2	4	1	2	1	7	1	1	5	2	1	7	0	1	1	2	1	1	13	12	1	2,85	12,46			
	Animales Terrestres	2	2	2	2	1	2	1	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	2	1	2	2	1	3	1	1	13	12	1	4,38	14,15			
	Especies en peligro	7	4	7	4	4	7	7	7	7	7	7	4	7	7	4	7	7	7	7	4	0	1	1	4	1	1	13	12	1	5,23	14,15			
	Vida silvestre y espacios	2	4	2	2	4	5	3	2	3	2	2	4	2	4	2	4	2	5	1	4	2	0	1	4	1	1	13	12	1	4,08	14,15			
	Agricultura	5	2	4	4	4	2	6	5	4	6	5	4	2	3	2	3	5	2	2	4	4	0	1	3	1	1	13	12	1	5,23	14,15			
MANEJO DE RESIDUOS	Bosques	3	1	2	3	2	2	1	2	7	3	2	1	1	3	2	1	3	3	2	3	0	1	3	2	1	1	13	12	1	4,85	12,38			
	Empleo	3	3	3	4	5	1	5	1	5	6	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	4	0	1	3	3	1	13	12	1	6,46	12,38			
TOTAL DE IMPACTOS	TOTAL DE IMPACTOS	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	234							
	IMPACTOS POSITIVOS	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	218							
TOTAL POR ACTIVIDADES	IMPACTOS NEGATIVOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		16						
	PROMEDIO ARITMÉTICO	5,39	6,28	4,78	6,22	0,28	9,17	5,39	4,78	6,28	5,67	5,39	4,89	6,22														202							
TOTAL POR ACTIVIDADES		1644										7106				1697				9620															

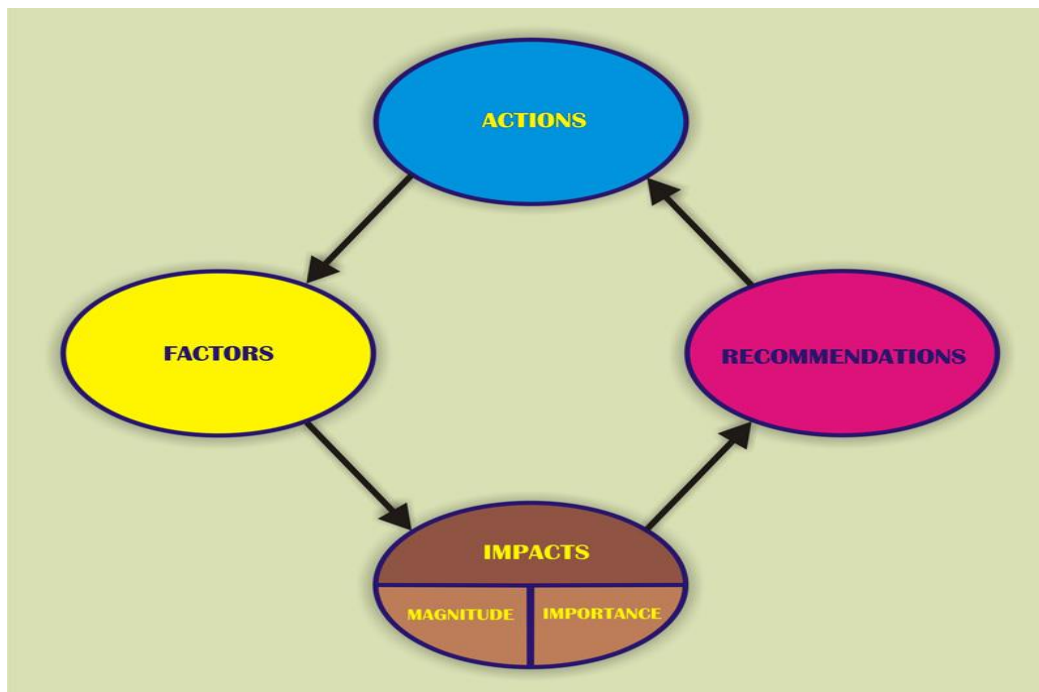
Tabla 8. Matriz de Leopold.  
Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024)

Suelos	MAGNITUD	3	5	4	3	2	5	3	4	3	3	5	2	4	3	4	3	4	4	5	146
	IMPORTANCIA	12	10	6	6	15	-4	7	8	6	12	6	10	12	12	12	16	15	15	15	
Recursos no renovables	MAGNITUD	2	4	2	1	4	-5	6	6	2	2	4	1	3	2	2	2	2	4	4	66
	IMPORTANCIA	4	4	3	3	8	-10	24	4	4	4	3	4	6	4	4	4	8	8	8	
Radiación	MAGNITUD	4	4	2	1	2	-3	3	3	4	1	4	2	4	4	1	4	1	2	2	65
	IMPORTANCIA	12	8	2	2	2	-9	9	9	12	12	2	8	4	4	12	1	2	2	2	
Superficial	MAGNITUD	1	7	4	3	6	-4	6	6	1	3	7	3	4	5	1	3	3	6	127	
	IMPORTANCIA	2	28	9	6	6	-8	24	2	2	2	9	28	10	10	2	9	6	6		6
Calidad de agua	MAGNITUD	2	8	3	3	5	4	6	6	2	2	8	2	3	2	2	2	3	5	162	
	IMPORTANCIA	4	24	6	6	15	12	30	4	4	4	6	24	12	12	4	6	15	15		15
Calidad del aire	MAGNITUD	3	4	2	4	4	-4	8	8	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	156	
	IMPORTANCIA	12	8	8	8	16	-8	48	12	12	12	8	8	8	8	12	8	16	16		16
Ruido	MAGNITUD	4	3	3	5	2	-6	2	2	4	5	3	2	3	2	4	2	2	2	78	
	IMPORTANCIA	12	9	10	6	6	-30	8	8	12	10	9	4	4	12	10	6	6	6		6
Arboles, pastos	MAGNITUD	4	3	3	1	4	-4	8	8	4	3	3	1	3	2	4	3	4	4	135	
	IMPORTANCIA	16	9	3	16	-16	40	40	16	16	3	9	4	4	16	3	16	16	16		16
Pajeros	MAGNITUD	1	1	2	2	1	-4	3	3	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	27	
	IMPORTANCIA	2	2	4	1	1	-8	9	9	2	4	2	2	2	2	2	4	1	1		1
Manejo de residuos	MAGNITUD	4	3	4	4	5	-4	2	2	4	4	3	4	2	4	4	4	4	5	126	
	IMPORTANCIA	16	12	12	10	-12	4	4	4	16	12	12	12	6	6	16	12	12	10		10

**Tabla 9. Matriz de Leopold.**  
**Autores.** De Abreu, A. y Geraci, G (2024).



**Gráfico 6:** Diagrama de flujo para el desarrollo de programas de acciones.  
**Fuente:** Leopold et al. (1971).



**Gráfico 7:** Componentes de un estudio de impacto ambiental  
**Fuente:** Ponce, Victor (2013).

La evaluación de impacto ambiental es un componente crucial en cualquier proyecto de diseño de infraestructura verde, ya que permite comprender y gestionar los posibles efectos que la implementación de dicha infraestructura puede tener en el medio ambiente circundante. En este sentido, la matriz de Leopold ha sido una herramienta invaluable para analizar y cuantificar estos impactos en relación con las diversas etapas del proyecto.

Al realizar la matriz de Leopold para nuestro proyecto de diseño de infraestructura verde destinado a reducir el riesgo de inundaciones en la calle de estudio, nos encontramos con resultados alentadores. De los 13 impactos ambientales evaluados, se registraron un total de 12 impactos positivos y solo 1 impacto negativo. Este hallazgo refleja un equilibrio notablemente favorable entre los beneficios ambientales generados por el proyecto y los posibles impactos adversos que podría ocasionar.

Es importante destacar que, a pesar de que uno de los impactos fue clasificado como negativo, la gran mayoría de los impactos ambientales identificados fueron positivos. Esto sugiere que el proyecto de infraestructura verde propuesto tiene el potencial de generar una serie de beneficios significativos para el medio ambiente local y la comunidad en general. Entre estos impactos positivos se incluyen la mejora de la calidad del agua, la promoción de la biodiversidad, la mitigación del riesgo de inundaciones y la creación de espacios verdes multifuncionales.

Al analizar el impacto total del proyecto, que alcanzó un valor de 94.08 según la tabla de valoración de impactos, se observa que supera el umbral crítico de 93. Aunque este resultado podría indicar inicialmente un impacto crítico, es importante considerar el contexto en el que se enmarca este proyecto. Dado que la gran mayoría de los impactos son positivos y contribuyen al mejoramiento del entorno ambiental y social, podemos concluir que, a pesar de ser clasificado como crítico, el impacto global del proyecto es altamente favorable y beneficioso para el medio ambiente.

<b>VALORACION DE IMPACTOS</b>	
Impacto Bajo	1 - 30
Impacto Medio	31 - 61
Impacto Severo	61 - 92
Impacto Crítico	> 93

**Figura 51.** Tabla de valoración de impactos de la matriz de Leopold.

**Autores.** Prof. Alex Luna, docente universitario especialista en conservación, biodiversidad, consultoría ambiental y riesgos (2021).

#### **4.3.2. Cálculo del caudal máximo mediante el Método Racional.**

El método racional es una técnica utilizada para estimar el caudal máximo de una cuenca hidrográfica a partir de la intensidad de la lluvia, el área de la cuenca y el coeficiente de escorrentía. Este método se basa en la hipótesis de que el caudal máximo se produce cuando toda la superficie de la cuenca contribuye al escurrimiento, es decir, cuando la duración de la lluvia es igual o mayor que el tiempo de concentración de la cuenca. El método racional se aplica principalmente para cuencas pequeñas y urbanizadas, donde la respuesta hidrológica es rápida y el efecto de la infiltración es despreciable.

El proceso general para aplicar el método racional en la estimación del caudal incluye los siguientes pasos:

1. Recopilación de datos: Recopilar información sobre las características físicas e hidrológicas de la cuenca o área de estudio, como superficie, pendiente, tipo de suelo, coeficiente de escurrimiento, precipitación y datos de lluvia.
2. Determinación del coeficiente de escurrimiento: El coeficiente de escurrimiento (C) es un factor clave en el método racional, ya que representa la proporción del agua de lluvia que se convierte en escurrimiento superficial. Este coeficiente se selecciona en función del tipo de superficie, el uso del suelo y las condiciones del terreno.
3. Cálculo del caudal pico: El caudal pico (Q) se calcula utilizando la fórmula del método racional:

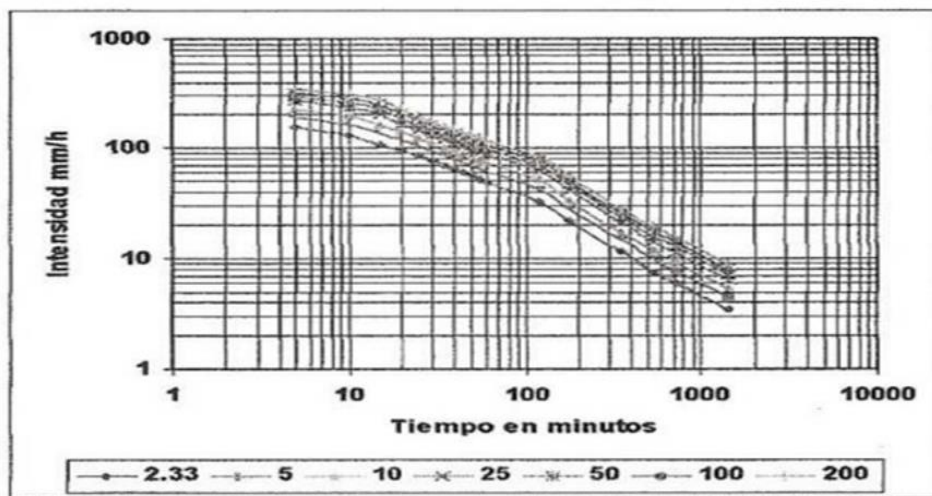
$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

donde  $Q$  es el caudal pico ( $m^3/s$ ),  $C$  es el coeficiente de escurrimiento,  $i$  es la intensidad de lluvia ( $mm/h$ ) y  $A$  es el área de la cuenca ( $ha$ ).

Las curvas IDF (intensidad-duración-frecuencia) son una herramienta útil para realizar el método racional, que es un método simplificado para estimar el caudal máximo de escorrentía superficial en una cuenca hidrográfica. Las curvas IDF relacionan la intensidad de la lluvia con su duración y su frecuencia de ocurrencia, es decir, el periodo de retorno. Para aplicar el método racional, se necesita conocer la intensidad de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y una frecuencia acorde al nivel de riesgo que se quiera considerar. Las curvas IDF se pueden obtener a partir de datos históricos de precipitación o mediante modelos empíricos o regionales.

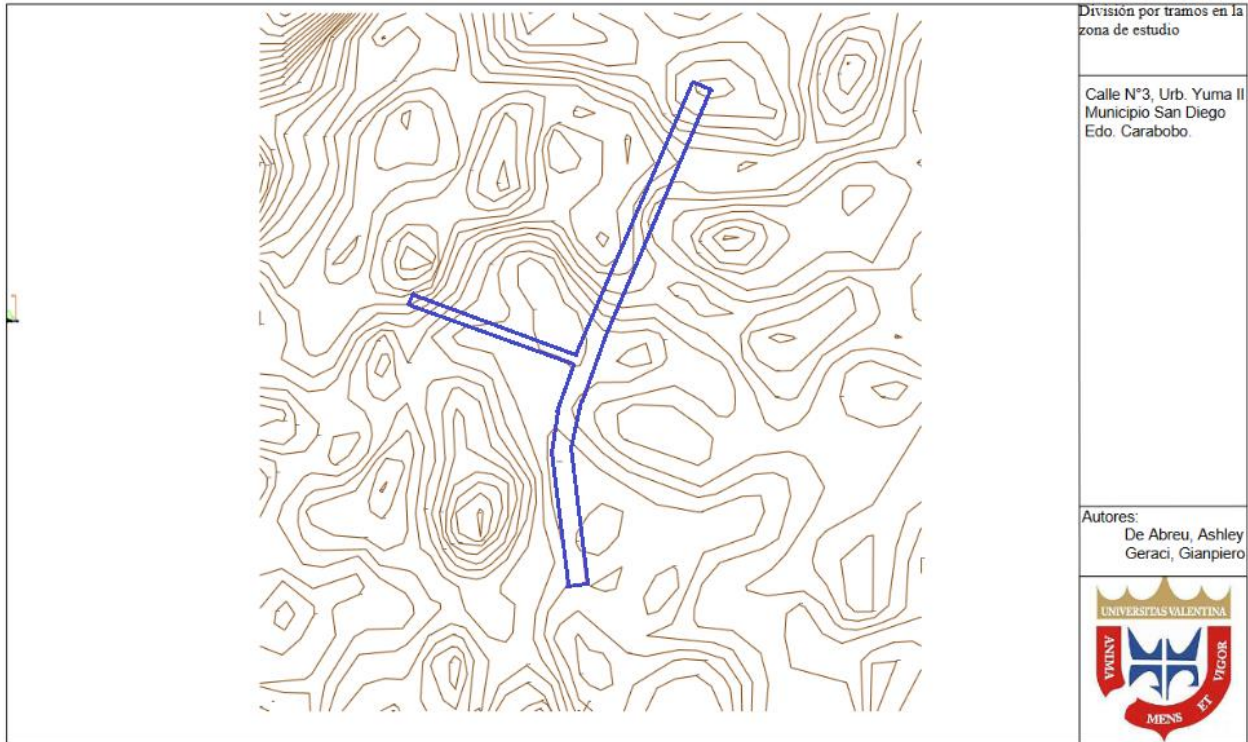
Para el tramo en estudio se obtuvieron las curvas IDF, analizando la posición geográfica del estado Carabobo, haciendo utilización de información suministrada por la secretaría de Infraestructura y el Ordenamiento Territorial Sustentable (SINFRA), en un trabajo realizado sobre las planicies inundaciones del Río Los Guayos, Río Cúpira y San Diego.

### Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia Estación San Diego



**Figura 52.** Curvas IDF Trabajo Investigativo sobre las Inundaciones del Río los Guayos

**Fuente.** SINFRA



**Figura 53.** División por tramos en la zona de estudio.

Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

Donde:

Q: Caudal expresado en m<sup>3</sup>/seg.

C: Coeficiente de escorrentía para pavimentos flexibles es de 0.95.

I: Intensidad de la lluvia valor obtenido por la curva y IDF y el hietograma para una intensidad de 5min y un periodo de retorno de 25 años la intensidad será 192 expresado en mm/h.

A: Área de la vialidad, expresada en hectáreas.

### Caudal en Pavimento

C: Coeficiente de escorrentía para calles adoquinadas es de 0.95.

#### Para la vía tramo 1:

- Área en hectáreas: 1.3717

$$Q = \frac{0.95 \times 192 \times 1.3717}{360} = 0.695 \text{ m}^3/\text{Seg}$$

**Para la vía tramo 2**

- Área en Hectáreas: 0,4327

$$Q = \frac{0.95 \times 192 \times 0.4327}{360} = 0.2192 m^3 / Seg$$

**Para la vía tramo 3**

- Área en Hectáreas: 0,9753

$$Q = \frac{0.95 \times 192 \times 0.9753}{360} = 0.4942 m^3 / Seg$$

**Caudal en calles adoquinadas**

C: Coeficiente de escorrentía para calles adoquinadas es de 0.85.

**Para la vía tramo 1**

- Área en hectáreas: 1.3717

$$Q = \frac{0.85 \times 192 \times 1.3717}{360} = 0.6218 m^3 / Seg$$

**Para la vía tramo 2**

- Área en Hectáreas: 0,4327

$$Q = \frac{0.85 \times 192 \times 0.4327}{360} = 0.1962 m^3 / Seg$$

**Para la vía tramo 3**

- Área en Hectáreas: 0,9753

$$Q = \frac{0.85 \times 192 \times 0.9753}{360} = 0.4421 m^3 / Seg$$

**Caudal en calles con hierba**

C: Coeficiente de escorrentía para calles con hierbas/gramas semipermeables es de 0.35.

**Para la vía tramo 1**

- Área en hectáreas: 1.3717

$$Q = \frac{0.35 \times 192 \times 1.3717}{360} = 0.2561 m^3 / Seg$$

**Para la vía tramo 2**

- Área en Hectáreas: 0,4327

$$Q = \frac{0.35 \times 192 \times 0.4327}{360} = 0.0808 m^3 / Seg$$

### Para la vía tramo 3

- Área en Hectáreas: 0,9753

$$Q = \frac{0.35 \times 192 \times 0.9753}{360} = 0.1821 m^3 / Seg$$

En conclusión, el resultado hipotético del estudio reveló que la velocidad del caudal máximo se produce en el tramo 1, lo que se atribuye al coeficiente de escorrentía del pavimento y a la baja pendiente del tramo. Estas condiciones hacen que el agua se acumule y se desplace con mayor rapidez en esa sección. Si se requiere diseñar un subdrenaje para mitigar el riesgo de inundaciones, el diámetro de la tubería comercial debería ser de 27 pulgadas para asegurar una capacidad adecuada de drenaje y evitar el exceso de velocidad del caudal en el tramo 1. Esta solución de infraestructura verde, en combinación con otras medidas de mitigación de inundaciones, puede contribuir a mejorar la gestión del agua pluvial y reducir los riesgos asociados con las inundaciones en el municipio San Diego.

#### 4.3.3. Cálculo del Canal Subterráneo para la captación de aguas pluviales

La captación y filtración de agua a través de canales subterráneos y la infraestructura verde son estrategias innovadoras y sostenibles para gestionar el agua de lluvia y mejorar la calidad del agua en áreas urbanas. La infraestructura verde se refiere a la integración de elementos naturales y sistemas de gestión de agua en el diseño urbano, con el objetivo de reducir los impactos ambientales negativos y mejorar la calidad de vida de la población. Los canales subterráneos son estructuras diseñadas para captar y transportar el agua de lluvia que se infiltra en el suelo, reduciendo así la cantidad de agua que fluye directamente hacia los sistemas de alcantarillado. Estos canales pueden ser construidos con materiales permeables, como grava y arena, que permiten la infiltración del agua en el suelo y la recarga de las aguas subterráneas.

Considerando que la zona de estudio se encuentra actualmente comprendida de áreas verdes, y que el suelo es de tipo aluvionales con texturas franco arcillo limosa, se tomó en cuenta que, de realizarse la implementación del colector propuesto en el presente trabajo, y dado el caso de una lluvia de gran intensidad, es posible que se generen grandes cantidades de sedimentos que se desplacen y terminen ingresando al canal diseñado, ocasionando obstrucciones y daños estructurales.

Como medida preventiva ante esta situación planteada, se propone la implementación de función es separar del agua de arenas y partículas en suspensión en el caso de un arrastre de sedimentos debido a la escorrentía, el uso de geotextiles como geomembranas separadoras entre la vegetación y un canal subterráneo de captación de aguas pluviales y al mismo tiempo puedan separar, filtrar, reforzar y drenar el suelo gracias a sus características de permeabilidad.

Cuando se utilizan en conjunto con un canal subterráneo de captación de aguas pluviales, los geotextiles pueden ofrecer varias ventajas:

**Separación y estabilización:** Los geotextiles actúan como una barrera entre la capa de vegetación

y el sistema de captación de agua, impidiendo que el suelo y las raíces de las plantas se mezclen con el sistema de drenaje y causen obstrucciones o daños.

**Filtro y protección:** Los geotextiles permiten el paso del agua mientras retienen los sedimentos y otros contaminantes, evitando así la colmatación del sistema de captación y manteniendo la calidad del agua recogida.

**Drenaje y mantenimiento del suelo:** Los geotextiles pueden mejorar la capacidad de drenaje del suelo y ayudar a mantener la humedad adecuada para el crecimiento de la vegetación, al tiempo que reducen la erosión y la compactación del suelo.

**Resistencia y durabilidad:** Los geotextiles son resistentes a la degradación biológica y química, y pueden ser diseñados para soportar cargas elevadas y condiciones de trabajo difíciles, garantizando una vida útil prolongada del sistema de captación de agua.

A continuación, se hacen 2 propuestas de diseños de canales subterráneos capaces de dirigir y controlar el flujo de agua pluviales:

SECCION	CARACTERISTICAS GEOMETRICAS
	$A = by$ ; $P = b + 2y$ ; $R = \frac{by}{b + 2y}$ $T = b$ ; $D = y$

y (m)	b (m)
0,5	3,5

$$A = by$$

$$A = (3,5 \text{ m})(0,5 \text{ m})$$

Am (m <sup>2</sup> )
1,75

$$P = b + 2y$$

$$P = 3,5 \text{ m} + (2)(0,5 \text{ m})$$

Pm (m)
4,500

$$R = \frac{by}{b + 2y}$$

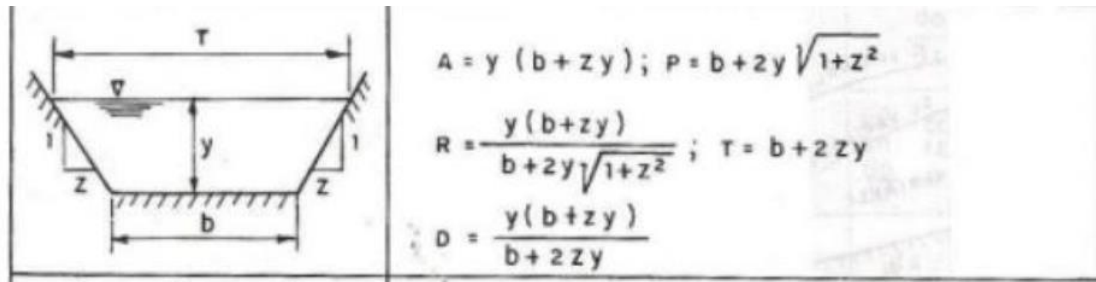
$$R = \frac{(3,5m)(0,5m)}{3,5m + 2(0,5m)}$$

<b>Rh (m)</b>
0,3889

$$Q_{max} = \frac{(Rh)^{2/3}(S)^{1/2}(Am)^2}{n}$$

$$Q = \frac{(0,3889m^3)^{2/3} (0,001^{\frac{1}{2}}) ((1,75m^2)^2)}{0,018}$$

<b>Qmax (m3/s)</b>
2,8665



y (m)	b (m)	T (m)
0,5	2,1	4,2

$$A = y(b + zy)$$

$$A = 0,5m(2,1m + (2)(0,5m))$$

<b>Am (m2)</b>
1,575

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 2,1m + 2(0,5m)\sqrt{1 + (2)^2}$$

<b>Pm (m)</b>
4,426

$$R = \frac{y(b + zy)}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$$

$$R = \frac{0,5m(2,1m + (2)(0,5m))}{(2,1m) + 2(0,5m)\sqrt{1 + (2)^2}}$$

<b>Rh (m)</b>
0,3559

$$T = b + 2zy$$

$$T = 2,1m + 2(2)(0,5m)$$

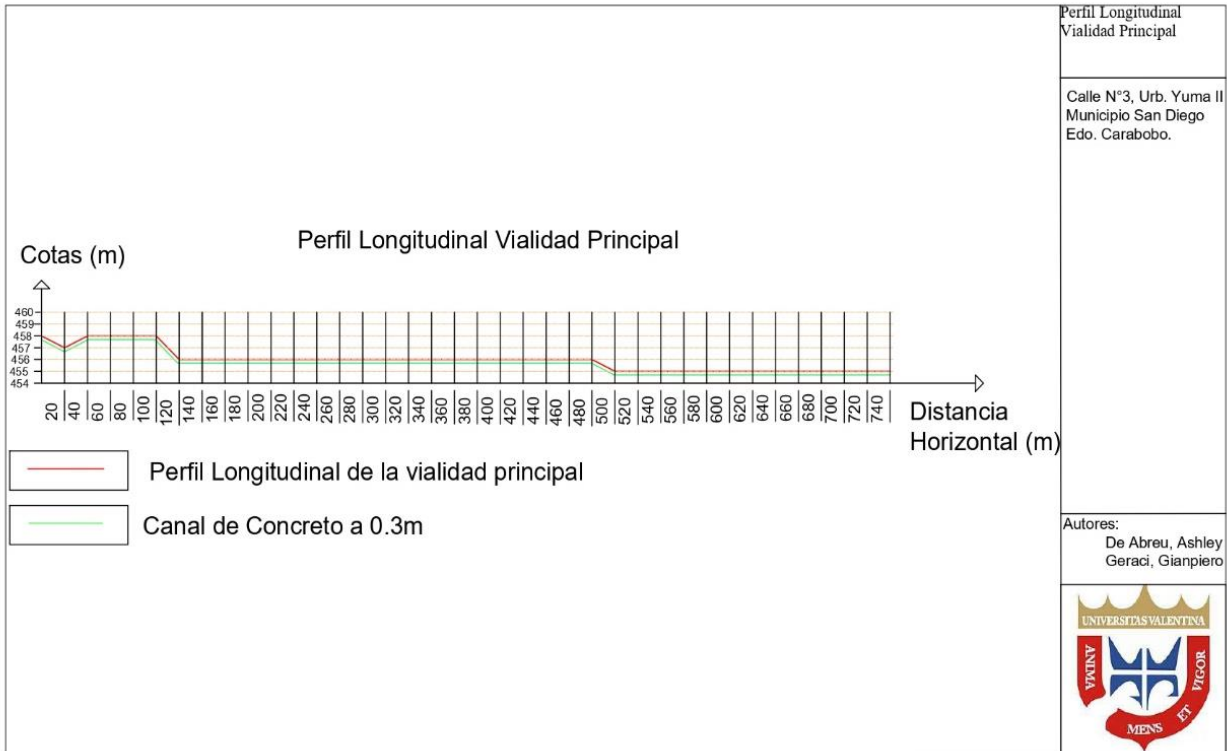
<b>T (m)</b>
4,2

$$Q = \frac{(0,3559m^{\frac{2}{3}})(0,001^{\frac{1}{2}})((1,575m^2)^2)}{0,018}$$

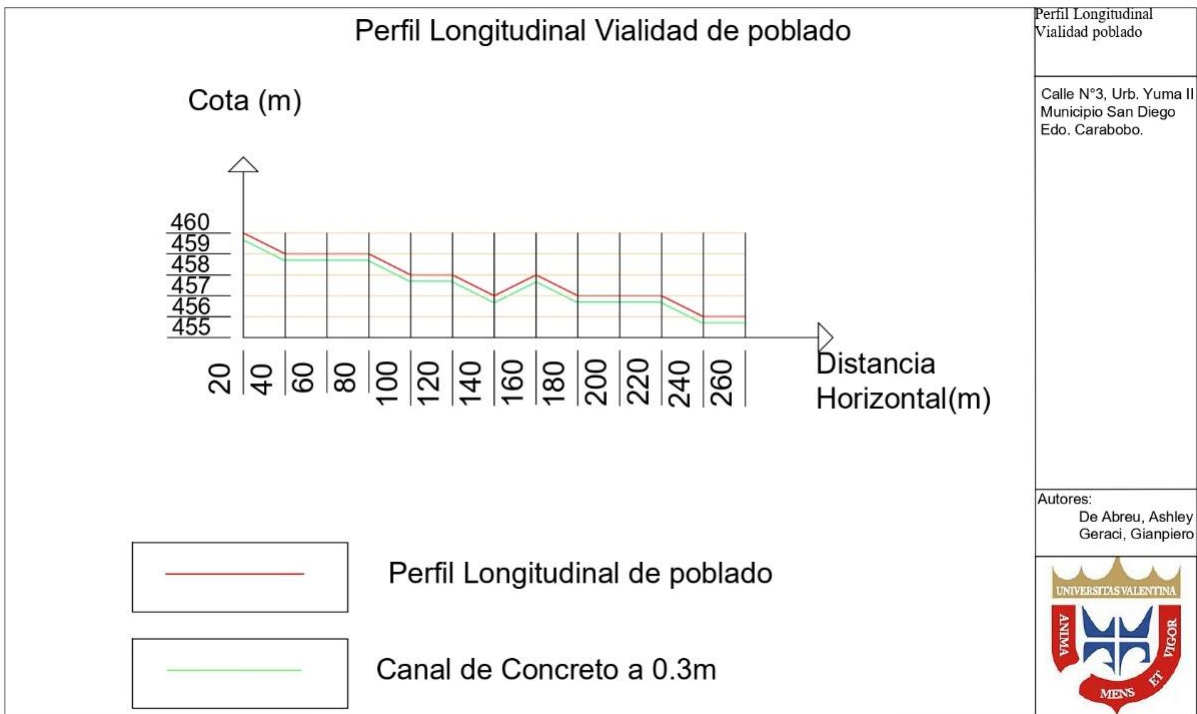
Realizado los cálculos, como punto de comparación de cual modelo de canal puede transportar el volumen de caudal requerido para el tramo de estudio, se llegó a la conclusión de que un canal rectangular es la opción más oportuna en aspectos económicos y ambientales. Así pues, la construcción de un canal rectangular es generalmente más sencilla y rápida que la de un canal trapezoidal, debido a su forma uniforme y a las paredes verticales. Esto puede reducir los costos de construcción y simplificar el proceso de mantenimiento y reparación del canal y al mismo tiempo, permite una distribución más uniforme del flujo y el diseño del canal, lo que puede ser útil en áreas urbanas o en sistemas de riego que requieren un control preciso del agua.

Los canales rectangulares se pueden integrar más fácilmente en áreas urbanas con diseños geométricos y estructuras rectilíneas, como calles, aceras y edificios. Esto puede mejorar la estética urbana y contribuir a una mejor gestión del espacio público y ofrece una mayor capacidad de transporte de agua que un canal trapezoidal con una sección transversal similar. Esto puede ser beneficioso en situaciones donde se requiere un alto caudal de agua o donde se esperan grandes volúmenes de agua de lluvia.

En cuanto al medio ambiente, un canal rectangular puede ser mejor que un canal trapezoidal en algunos aspectos, las paredes verticales de un canal rectangular pueden ofrecer una mayor superficie para el crecimiento de vegetación acuática, que ayuda a filtrar y purificar el agua, así como a proporcionar hábitats para la fauna acuática, al mismo tiempo puede tener un menor impacto visual en el paisaje si se integra de manera armoniosa en el entorno urbano. A continuación, se presentan los planos longitudinales de los canales rectangulares propuestos:



**Figura 54. Plano longitudinal de la Vialidad Principal**  
Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024).



**Figura 55. Plano longitudinal de la calle Poblado de San Diego.**  
Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

Este canal será responsable de transportar el caudal de agua de lluvia recogido en el jardín pluvial hasta el tanque de filtración y sedimentación. El diseño rectangular del canal permite una mayor capacidad de transporte de agua, ya que las paredes verticales y el fondo plano facilitan un flujo más uniforme y eficiente del agua, lo que contribuye a reducir la pérdida de energía y a mantener una velocidad de flujo constante. Además, las paredes verticales del canal rectangular permiten una mayor estabilidad de los márgenes y reducen el riesgo de erosión y sedimentación.

El canal se diseñará con una pendiente adecuada para garantizar el flujo de agua por gravedad desde el jardín pluvial hasta el tanque de sedimentación. La pendiente debe ser lo suficientemente pronunciada para permitir el flujo de agua, pero no demasiado empinada para evitar la erosión y la acumulación excesiva de energía cinética.

El tanque de sedimentación se ubicará en el extremo inferior del canal, donde el agua de lluvia recogida en el jardín pluvial y transportada a través del canal se depositará. Este tanque está diseñado para permitir la sedimentación de sólidos y contaminantes que puedan haber sido arrastrados por el agua de lluvia, antes de que el agua se descarte o se reutilice para otros fines, como el riego del jardín pluvial o la recarga de acuíferos, que a continuación, explicaremos un poco más sobre el funcionamiento de éste.

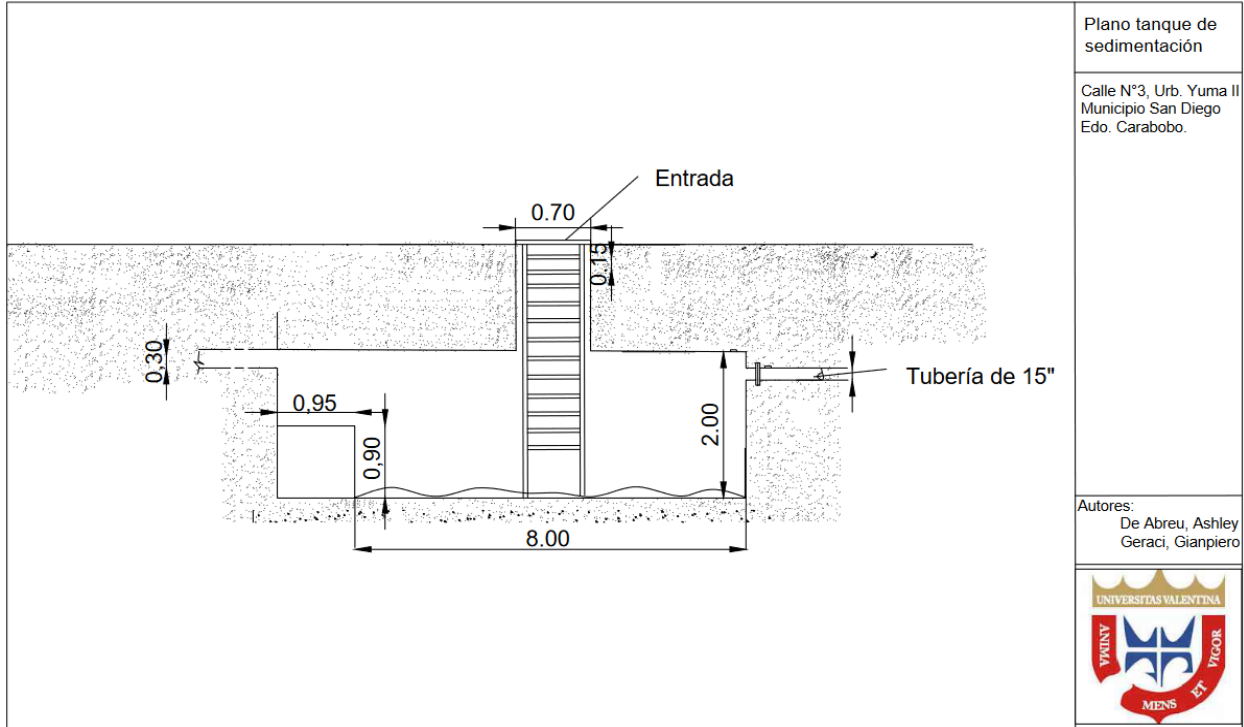
#### **4.3.4. Propuesta de diseño de tanque de sedimentos**

Tras el recorrido del agua de lluvia a lo largo del tramo de estudio, mediante el sistema de canales estratégicamente diseñado, se ha concebido una etapa crucial para asegurar la calidad y utilidad del recurso hídrico captado. Con este fin, se ha ideado una propuesta innovadora: la implementación de un tanque de sedimentos. Esta infraestructura desempeña un papel fundamental al actuar como filtro, separando eficientemente los sólidos del agua captada antes de su redistribución y reutilización.

El diseño y la ubicación de este tanque se han planificado meticulosamente para optimizar su funcionamiento. Se han considerado diversos factores, como la capacidad de almacenamiento, la velocidad de sedimentación y la facilidad de mantenimiento. Además, se han implementado medidas para garantizar la eficacia del proceso de separación de sólidos, como la inclusión de sistemas de filtración y la incorporación de materiales específicos.

Una vez que los sedimentos han sido adecuadamente separados del agua, este último se canaliza a través de una tubería especialmente calculada hasta la casa de la cultura ubicada al final del tramo de estudio. Aquí, se aprovechará esta agua tratada y purificada para fines de riego, cumpliendo así una doble función: conservar un recurso escaso y valioso, y contribuir al mantenimiento y embellecimiento del entorno urbano.

La implementación de este tanque de sedimentos representa un avance significativo en la gestión sostenible del agua de lluvia. Además de garantizar la disponibilidad de un recurso vital para actividades no potables, como el riego, también contribuye a la reducción de la contaminación y la preservación de la calidad del agua en el entorno local. Esta iniciativa no solo promueve la eficiencia y la sostenibilidad en el uso del agua, sino que también ejemplifica un compromiso con la protección del medio ambiente y el bienestar de la comunidad en general.



**Figura 56. Propuesta de diseño de tanque de sedimentos.**

Autores. De Abreu, A. y Geraci, G (2024).

**FASE IV: Diseño de la Infraestructura Verde seleccionada, siguiendo las normas y especificaciones vigentes para la calle n°3.**

Esta última fase de la tesis, marca un paso crucial en el proceso de implementación de soluciones efectivas para mitigar los riesgos de inundaciones y promover la sostenibilidad urbana. Para llevar a cabo esta fase, se han desarrollado tres opciones de diseño, cada una cuidadosamente concebida y respaldada por un exhaustivo análisis de factibilidad técnica y económica.

En primer lugar, se ha realizado un meticuloso cálculo de los cómputos métricos para cada diseño propuesto. Esto implica la estimación precisa de los materiales necesarios, como el concreto para la construcción de pasos peatonales y la pintura para señalización vial, así como

la cuantificación de las actividades requeridas, como la demolición de estructuras existentes y la excavación para la instalación de sistemas de drenaje. Este análisis detallado proporciona una base sólida para evaluar el costo total de implementación de cada diseño.

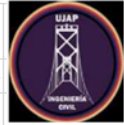
El proceso de cálculo de costos no se limita simplemente a la suma de los materiales y las actividades, sino que también considera otros factores relevantes, como los costos laborales, los gastos administrativos y los posibles imprevistos durante la ejecución del proyecto. Además, se ha prestado especial atención a garantizar que cada diseño cumpla con las normas y especificaciones vigentes en materia de construcción y medio ambiente, asegurando así la calidad y la seguridad de la infraestructura propuesta.

PLANILLA DE CÓMPUTOS MÉTRICOS



OBRA: DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIONES EN LA CALLE #3, YUMA II  
MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO

Hoja Nro. 1  
Marzo del 2024



DISEÑO 1: CAMINERÍA CON VEGETACIÓN

Part No.	Código	Descripción	Unidad	Nº PARTES	DIMENSIONES			Peso kgf	TOTAL	OBSERVACIONES
					AREA		ALTO			
					LARGO	ANCHO				
1	C-03-02-004-02	DEMOLICION DE OBRAS DE ARTE DE CONCRETO ARMADO CON EQUIPO LIVIANO (COMPRESOR, BOTE Y TRANSPORTE HASTA 200 MTS. DE DISTANCIA.	m3							SE NECESITA DEMOLER PARTE DE LA ACERA DE LA ISLA CENTRAL PARA EXPANDIRLA
					740	0.2	0.15		22.2	
2	C-0580-00101	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS, CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE, DE CUALQUIER PROFUNDIDAD, CON EMPLEO DE EQUIPO RETROEXCAVADOR, APILAMIENTO Y/O BOTE, TRANSPORTE HASTA 200 m DE DISTANCIA. INCLUYE REPERFILAMIENTO A MANO.	m3							
					756.14	4	0.3		907.37	
3	C-05-80-001-01	EXCAVACIÓN A MANO PARA ESTRUCTURAS, CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE DE CUALQUIER PROFUNDIDAD, APILAMIENTO Y/O BOTE, TRANSPORTE HASTA 200 MTS.	m3							
					504.28	1.1	0.3		166.41	
4	C-05-81-001-SW	COMPACTACION DE RELLENOS CON APISONADORES DE PERCUSION CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE.	m3							
					504.28	1.1	0.3		1073.78	
					756.14	4	0.3			
5	C-S/C	BASE DE PIEDRA PICADA PARA ESTRUCTURAS DE DRENAJE	m3							
					504.28	1.1	0.1		357.93	
					756.14	4	0.1			
6	C-S/C	CONCRETO 250 kg/cm2 PARA CONSTRUCCION DE TANQUILLA DE 0.75X0.75	m3							
					504.28	1.1	0.2		715.85	
					756.14	4	0.2			
7	C-2004 S/C	SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACION DE CONO PARA BOCA DE VISITA TPO A, D=811/120 cm (24"48") L= 1.0 M	Pza							
				18					18.00	



**PLANILLA DE CÓMPUTOS MÉTRICOS**



**OBRA: DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIONES EN LA CALLE #3, YUMA  
II MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO**

Hoja Nro. 2  
Marzo del 2020



**DISEÑO 2: ZANJA PERMEABLE**

Part No.	Código	Descripción	Unidad	Nº PARTES	DIMENSIONES			Peso kgf	TOTAL	OBSERVACIONES
					AREA		ALTO			
					LARGO	ANCHO				
1	C-03-02-004-02	DEMOLICION DE OBRAS DE ARTE DE CONCRETO ARMADO CON EQUIPO LIVIANO /COMPRESOR/, BOTE Y TRANSPORTE HASTA 200 MTS. DE DISTANCIA.	m3						SE NECESITA DEMOLER PARTE DE LA ACERA DE LA ISLA CENTRAL PARA EXPANDIRLA	
				740	0.2	0.15		22.2		
2	C.058000101	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS, CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE, DE CUALQUIER PROFUNDIDAD, CON EMPLEO DE EQUIPO RETROEXCAVADOR, APILAMIENTO Y/O BOTE, TRANSPORTE HASTA 200 m DE DISTANCIA. INCLUYE REPERFILAMIENTO A MANO.	m3							
				756.14	4	0.5		1512.28		
3	C-05-80-001-01	EXCAVACIÓN A MANO PARA ESTRUCTURAS, CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE DE CUALQUIER PROFUNDIDAD, APILAMIENTO Y/O BOTE, TRANSPORTE HASTA 200 MTS.	m3							
				504.28	1.1	0.3		166.41		
4	C-05-81-001-S/N	COMPACTACION DE RELLENOS CON APISONADORES DE PERCUSION CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE.	m3							
				504.28	1.1	0.3		1073.78		
				756.14	4	0.3				
5	C-S/C	BASE DE PIEDRA PICADA PARA ESTRUCTURAS DE DRENAJE	m3							
				504.28	1.1	0.1		357.93		
				756.14	4	0.1				
6	C.208750000	SUMINISTRO, TRANSPORTE, PREPARACION Y COLOCACION DE MALLA DE ACERO DE REFUERZO TIPO TRUCKSON, PARA LA CONSTRUCCION DE BROCALES, ACERAS, CUNETAS Y BASES PARA BOCA DE VISITA DE CONCRETO ARMADO.	Kgf							
							1203	1203.00		





## PLANILLA DE CÓMPUTOS MÉTRICOS

Hoja Nro. 3

**OBRA: DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIONES EN LA CALLE #3, YUMA  
II MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO**

Marzo del 2024



### DISEÑO 3: JARDÍN DE LLUVIA

Part No.	Código	Descripción	Unidad	Nº PARTES	DIMENSIONES			Peso kgf	TOTAL	OBSERVACIONES	
					AREA		ALTO				
					LARGO	ANCHO					
1	C-03-02-004-02		m3		DEMOLICION DE OBRAS DE ARTE DE CONCRETO ARMADO CON EQUIPO LIVIANO /COMPRESOR/, BOTE Y TRANSPORTE HASTA 200 MTS. DE DISTANCIA.			22.2		SE NECESITA DEMOLER PARTE DE LA ACERA DE LA ISLA CENTRAL PARA EXPANDIRLA	
						740	0.2				0.15
2	C.058000101		m3		EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS, CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE, DE CUALQUIER PROFUNDIDAD, CON EMPLEO DE EQUIPO RETROEXCAVADOR, APILAMIENTO Y/O BOTE, TRANSPORTE HASTA 200 m DE DISTANCIA. INCLUYE REPERFILAMIENTO A MANO.			907.37			
						756.14	4				0.3
3	C-05-80-001-01		m3		EXCAVACIÓN A MANO PARA ESTRUCTURAS, CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE DE CUALQUIER PROFUNDIDAD, APILAMIENTO Y/O BOTE, TRANSPORTE HASTA 200 MTS.			166.41			
						504.28	1.1				0.3
4	C-05-81-001-S/N		m3		COMPACTACION DE RELLENOS CON APISONADORES DE PERCUSION CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE.			1073.78			
						504.28	1.1				0.3
						756.14	4				0.3
5	C-S/C		m3		BASE DE PIEDRA PICADA PARA ESTRUCTURAS DE DRENAJE			357.93			
						504.28	1.1				0.1
						756.14	4				0.1
6	C.208750000		Kgf		SUMINISTRO, TRANSPORTE, PREPARACION Y COLOCACION DE MALLA DE ACERO DE REFUERZO TIPO TRUCKSON, PARA LA CONSTRUCCION DE BROCALES, ACERAS, CUNETAS Y BASES PARA BOCA DE VISITA DE CONCRETO ARMADO.			1203	1203.00		



Después de haber completado el análisis detallado de los cálculos métricos para los tres diseños propuestos, el siguiente paso crucial en el proceso fue calcular los costos asociados con la implementación de cada uno de ellos. Este proceso implicó una meticulosa evaluación de todos los elementos necesarios para llevar a cabo la construcción de la infraestructura verde en la calle n°3, desde los materiales requeridos hasta las actividades específicas que se llevarían a cabo en cada etapa del proyecto.

Para realizar estos cálculos, se tuvo en cuenta una amplia gama de factores, incluyendo el costo de los materiales como el concreto, la pintura, los sistemas de drenaje y otros elementos estructurales necesarios para cada diseño. Además, se consideraron los costos laborales asociados con la mano de obra requerida para la construcción, así como los gastos administrativos y de gestión del proyecto.

Una vez que se completaron todos los cálculos y se recopiló la información relevante, se procedió a comparar y evaluar los costos totales de cada diseño. Esta comparación se realizó con el objetivo de identificar el diseño más rentable y viable desde el punto de vista económico, teniendo en cuenta no solo los costos iniciales de construcción, sino también los costos de mantenimiento a largo plazo y los beneficios potenciales asociados con cada opción.

PLANILLA DE PRESUPUESTOS					
				<b>OBRA: DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIONES EN LA CALLE #3, YUMA</b> <b>II MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO</b>	
				Hoja Nro. 1	
				Marzo del 2024	
DISEÑO 1: CAMINERÍA CON VEGETACIÓN					
PARTIDAS	DESCRIPCIÓN	UND.	TOTAL CANT.	PRECIO UNITARIO (Bs.)	PRECIO TOTAL (Bs.)
1	C-03-02-004-02 DEMOLICION DE OBRAS DE ARTE DE CONCRETO ARMADO CON EQUIPO LIVIANO /COMPRESOR/, BOTE Y TRANSPORTE HASTA 200 MTS. DE DISTANCIA.	m3	22.2	514.44	11420.57
2	C.058000101 EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS, CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE, DE CUALQUIER PROFUNDIDAD, CON EMPLEO DE EQUIPO RETROEXCAVADOR, APILAMIENTO Y/O BOTE, TRANSPORTE HASTA 200 m DE DISTANCIA. INCLUYE REPERFILAMIENTO A MANO.	m3	907.37	1315.68	1193808.56
3	C-05-80-001-01 EXCAVACION A MANO PARA ESTRUCTURAS, CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE DE CUALQUIER PROFUNDIDAD, APILAMIENTO Y/O BOTE, TRANSPORTE HASTA 200 MTS.	m3	166.41	802.03	133465.81
4	C-05-81-001-S/N COMPACTACION DE RELLENOS CON APISONADORES DE PERCUSION CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE.	m3	1073.78	296.44	318311.34
5	C-S/C BASE DE PIEDRA PICADA PARA ESTRUCTURAS DE DRENAJE	m3	357.93	425.25	152209.73
6	C-S/C CONCRETO 250 kg/cm2 PARA CONSTRUCCION DE TANQUILLA DE 0.75x0.75	m3	715.85	1563.23	1119038.20
7	C.2004 S/C SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACION DE CONO PARA BOCA DE VISITA TIPO A, D=61/120 cm (24"/48") L= 1,0 M	Pza	18	400.2	7203.6
8	C.2004 S/C SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACION DE CILINDRO PARA BOCA DE VISITA PREFABRICADA TIPO II, D= 0.60 M L=1.22 M	Pza	18	756.23	13612.14
9	C.208750000 SUMINISTRO, TRANSPORTE, PREPARACION Y COLOCACION DE MALLA DE ACERO DE REFUERZO TIPO TRUCKSON, PARA LA CONSTRUCCION DE BROCALES, ACERAS, CUNETAS Y BASES PARA BOCA DE VISITA DE CONCRETO ARMADO.	Kgf	1203	40.5	48721.5
10	C.200302101 CONSTRUCCION DE ACERAS DE CONCRETO DE RCC 210 kg/cm2 A LOS 28 DIAS. INCLUYE TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km. EXCLUYENDO EL REFUERZO METALICO.	m3	30.24	2314.44	69988.67
11	C.200102101 CONSTRUCCION DE BROCALES DE CONCRETO DE RCC 210 kg/cm2 A LOS 28 DIAS. INCLUYE EL TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km. EXCLUYENDO EL REFUERZO METALICO	m3	45.37	2314.44	105006.14
12	C-S/C DEMARCAACION DE BROCALES CON PINTURA DE TRAFICO COLOR AMARILLO. ANCHO MAX. 30 CM.	m2	1476.26	89.26	131770.97
13	C-S/C DEMARCAACION DE BROCALES CON PINTURA DE TRAFICO COLOR BLANCO. ANCHO MAX. 30 CM.	m2	1476.26	74.85	110498.06
14	C-S/C COLOCACION DE VEGETACION	und	1059	38.46	40729.14
15	C-S/C COLOCACION DE ADOQUIN, INCLUYE CAPA BASE Y VIBRADO	m3	30.42	466.74	14198.23
16	C-S/C SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACION DE SISTEMA DE ALCANTARILLADOS TUBULARES DE PVC UNION RIEBER DE 0,61 MTS DE DIAMETRO 24" Y 42"	m	36.9	121.66	4489.25
17	C.1210 S/C SUM. Y COLOCACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, TIPO II, CON AGREGADOS PROVENIENTES DE CANTERA, EN CARPETA CORRIDA, CON EQUIPO PESADO, ZONA URBANA. INCLUYE EL TRANSPORTE DE LA MEZCLA ASFALTICA A LA OBRA.	tonf	1520	55.96	85059.2
				<b>TOTAL</b>	<b>3559531.11</b>

**Tabla 12:** Tabla de Costos diseño 1  
**Fuente:** De Abreu, A. y Geraci, G. (2024)

PLANILLA DE PRESUPUESTOS						
	OBRA: DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIONES EN LA CALLE #3, YUMA				Hoja Nro. 2	
	II MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO				Marzo del 2024	
DISEÑO 2: ZANJA PERMEABLE						
PARTIDAS	DESCRIPCIÓN	UND.	TOTAL CANT.	PRECIO UNITARIO (Bs.)	PRECIO TOTAL (Bs.)	
1	C-03-02-004-02					
	DEMOLICION DE OBRAS DE ARTE DE CONCRETO ARMADO CON EQUIPO LIVIANO /COMPRESOR/, BOTE Y TRANSPORTE HASTA 200 MTS. DE DISTANCIA.	m3	22.2	514.44	11420.57	
2	C.058000101					
	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS, CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE, DE CUALQUIER PROFUNDIDAD, CON EMPLEO DE EQUIPO RETROEXCAVADOR, APILAMIENTO Y/O BOTE, TRANSPORTE HASTA 200 m DE DISTANCIA. INCLUYE REPERFILAMIENTO A MANO.	m3	1512.28	1315.68	1989676.55	
3	C-05-80-001-01					
	EXCAVACION A MANO PARA ESTRUCTURAS, CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE DE CUALQUIER PROFUNDIDAD, APILAMIENTO Y/O BOTE, TRANSPORTE HASTA 200 MTS.	m3	166.41	802.03	133465.81	
4	C-05-81-001-S/N					
	COMPACTACION DE RELLENOS CON APISONADORES DE PERCUSION CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE.	m3	1073.78	296.44	318311.34	
5	C-S/C					
	BASE DE PIEDRA PICADA PARA ESTRUCTURAS DE DRENAJE	m3	357.93	425.25	152209.73	
6	C.208750000					
	SUMINISTRO, TRANSPORTE, PREPARACION Y COLOCACION DE MALLA DE ACERO DE REFUERZO TIPO TRUCKSON, PARA LA CONSTRUCCION DE BROCALES, ACERAS, CUNETAS Y BASES PARA BOCA DE VISITA DE CONCRETO ARMADO.	Kgf	1203	40.5	48721.5	
7	C.200302101					
	CONSTRUCCION DE ACERAS DE CONCRETO DE RCC 210 kg/cm2 A LOS 28 DIAS. INCLUYE TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km. EXCLUYDO EL REFUERZO METALICO.	m3	30.24	2314.44	69988.67	
8	C.200102101					
	CONSTRUCCION DE BROCALES DE CONCRETO DE RCC 210 kg/cm2 A LOS 28 DIAS. INCLUYE EL TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km. EXCLUYE EL REFUERZO METALICO	m3	45.37	2314.44	105006.14	
9	C-S/C					
	DEMARCACION DE BROCALES CON PINTURA DE TRAFICO COLOR AMARILLO. ANCHO MAX. 30 CM.	m2	1476.26	89.26	131770.97	
10	C-S/C					
	DEMARCACION DE BROCALES CON PINTURA DE TRAFICO COLOR BLANCO. ANCHO MAX. 30 CM.	m2	1476.26	74.85	110498.06	
11	C-S/C					
	COLOCACION DE VEGETACION	und	689	38.46	26498.94	
12	C-S/C					
	SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACION DE SISTEMA DE ALCANTARILLADOS TUBULARES DE PVC UNION RIEBER DE 0,61 MTS DE DIAMETRO 24" Y 42"	m	36.9	121.66	4489.25	
13	C.1210 S/C					
	SUM. Y COLOCACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, TIPO II, CON AGREGADOS PROVENIENTES DE CANTERA, EN CARPETA CORRIDA, CON EQUIPO PESADO, ZONA URBANA. INCLUYE EL TRANSPORTE DE LA MEZCLA ASFALTICA A LA OBRA.	tonf	1520	55.96	85059.2	
				TOTAL	3187116.74	

**Tabla 13:** Tabla de Costos diseño 2  
**Fuente:** De Abreu, A. y Geraci, G. (2024)

**PLANILLA DE PRESUPUESTOS**



**OBRA: DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIONES EN LA CALLE #3, YUMA  
II MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO**

Hoja Nro. 3

Marzo del 2024



**DISEÑO 3: JARDÍN DE LLUVIA**

PARTIDAS	DESCRIPCIÓN	UND.	TOTAL CANT.	PRECIO	PRECIO
				UNITARIO	TOTAL
				(Bs.)	(Bs.)
1	C-03-02-004-02				
	DEMOLICION DE OBRAS DE ARTE DE CONCRETO ARMADO CON EQUIPO LIVIANO /COMPRESOR/, BOTE Y TRANSPORTE HASTA 200 MTS. DE DISTANCIA.	m3	22.2	514.44	11420.57
2	C.058000101				
	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS, CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE, DE CUALQUIER PROFUNDIDAD, CON EMPLEO DE EQUIPO RETROEXCAVADOR, APILAMIENTO Y/O BOTE, TRANSPORTE HASTA 200 m DE DISTANCIA. INCLUYE REPERFILAMIENTO A MANO.	m3	907.37	1315.68	1193808.56
3	C-05-80-001-01				
	EXCAVACIÓN A MANO PARA ESTRUCTURAS, CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE DE CUALQUIER PROFUNDIDAD, APILAMIENTO Y/O BOTE, TRANSPORTE HASTA 200 MTS.	m3	166.41	802.03	133465.81
4	C-05-81-001-S/N				
	COMPACTACION DE RELLENOS CON APISONADORES DE PERCUSION CORRESPONDIENTE A OBRAS DE DRENAJE.	m3	1073.78	296.44	318311.34
5	C-S/C				
	BASE DE PIEDRA PICADA PARA ESTRUCTURAS DE DRENAJE	m3	357.93	425.25	152209.73
6	C.208750000				
	SUMINISTRO, TRANSPORTE, PREPARACION Y COLOCACION DE MALLA DE ACERO DE REFUERZO TIPO TRUCKSON, PARA LA CONSTRUCCION DE BROCALES, ACERAS, CUNETAS Y BASES PARA BOCA DE VISITA DE CONCRETO ARMADO.	Kgrf	1203	40.5	48721.5
7	C.200302101				
	CONSTRUCCION DE ACERAS DE CONCRETO DE RCC 210 kg/cm2 A LOS 28 DIAS. INCLUYE TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km. EXCLUYDO EL REFUERZO METALICO.	m3	30.24	2314.44	69988.67
8	C.200102101				
	CONSTRUCCION DE BROCALES DE CONCRETO DE RCC 210 kg/cm2 A LOS 28 DIAS. INCLUYE EL TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km. EXCLUYDO EL REFUERZO METALICO	m3	45.37	2314.44	105006.14
9	C-S/C				
	DEMARCACION DE BROCALES CON PINTURA DE TRAFICO COLOR AMARILLO. ANCHO MAX. 30 CM.	m2	1476.26	89.26	131770.97
10	C-S/C				
	DEMARCACION DE BROCALES CON PINTURA DE TRAFICO COLOR BLANCO. ANCHO MAX. 30 CM.	m2	1476.26	74.85	110498.06
11	C-S/C				
	COLOCACIÓN DE VEGETACIÓN	und	2324	38.46	89381.04
12	C-S/C				
	SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACION DE SISTEMA DE ALCANTARILLADOS TUBULARES DE PVC UNION RIEBER DE 0,61 MTS DE DIAMETRO 24" Y 42"	m	36.9	121.66	4489.25
13	C.1210 S/C				
	SUM. Y COLOCACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE, TIPO II, CON AGREGADOS PROVENIENTES DE CANTERA, EN CARPETA CORRIDA, CON EQUIPO PESADO, ZONA URBANA. INCLUYE EL TRANSPORTE DE LA MEZCLA ASFALTICA A LA OBRA.	tonf	1520	55.96	85059.2
				<b>TOTAL</b>	<b>2454130.85</b>

**Tabla 14:** Tabla de Costos diseño 3

**Fuente:** De Abreu, A. y Geraci, G. (2024)

Después de un exhaustivo análisis de los costos asociados con cada uno de los diseños de infraestructura verde propuestos para mitigar el riesgo de inundaciones en el tramo de estudio, se ha llegado a una conclusión clara y fundamentada. Tras considerar detenidamente los cálculos métricos y los costos proyectados de construcción, mantenimiento y operación, se ha determinado que el diseño 3, el jardín de lluvia, emerge como la opción más viable y efectiva.

Esta decisión se basa en una serie de factores clave que destacan las ventajas del diseño 3 sobre las alternativas restantes. En primer lugar, el análisis de costos reveló que el diseño 3 requiere la menor inversión inicial de recursos financieros en comparación con los otros diseños. Esta característica es especialmente significativa, ya que representa un menor impacto en los presupuestos disponibles para el proyecto, lo que lo hace más accesible y viable desde el punto de vista económico.

Además, se observó que el diseño 3 implica una menor cantidad de trabajo de maquinaria en comparación con los otros diseños. Esto se debe principalmente a la naturaleza menos intrusiva del jardín de lluvia en términos de excavaciones y movimientos de tierra necesarios. Esta reducción en la actividad de maquinaria no solo conlleva un ahorro potencial en costos operativos, sino que también minimiza los posibles impactos ambientales y las molestias para la comunidad local durante la fase de construcción.

Otro aspecto que pesó significativamente en la elección del diseño 3 fue su capacidad para promover la biodiversidad y el bienestar ambiental. Dado que el jardín de lluvia implica la plantación de una mayor cantidad de vegetación en comparación con los otros diseños, ofrece beneficios adicionales en términos de absorción de agua, filtración de contaminantes y mejora del hábitat para la vida silvestre. Esta característica no solo contribuye a la resiliencia ecológica de la zona, sino que también fortalece su capacidad para adaptarse a los efectos del cambio climático.

## CONCLUSIONES

La calle N°3, en la Urbanización Yuma II, en el municipio San Diego, ha sido objeto de estudio en relación con las inundaciones y las posibles soluciones de infraestructura verde que pueden mitigar este problema. A partir de las fases del estudio realizado, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

La Fase I permitió identificar las características hidrológicas, hidráulicas y topográficas de la cuenca que drena hacia la calle n°3, Urbanización Yuma II. Se detectaron áreas con mayor riesgo de inundaciones y se comprendió mejor el comportamiento de las aguas pluviales en la zona, lo que resulta fundamental para la correcta implementación de soluciones de infraestructura verde.

En la Fase II, se analizaron los factores climáticos, geográficos y urbanísticos que contribuyen al riesgo de inundaciones en la calle de estudio. Se observó que la precipitación, la topografía y la impermeabilización del suelo son factores cruciales que influyen en la generación de inundaciones en la zona.

La Fase III ofreció tres diversas alternativas de infraestructura verde que podrían aplicarse en la calle de estudio, teniendo en cuenta sus ventajas y limitaciones. Se exploraron opciones como sistemas de drenaje sostenible, áreas verdes, caminerías y jardines pluviales que pueden contribuir a la reducción del riesgo de inundaciones y mejorar la calidad del entorno urbano.

Por último, la Fase IV se centró en el diseño de la infraestructura verde seleccionada para la calle n°3, Urbanización Yuma II. El diseño se realizó tomando en consideración las normas y especificaciones vigentes, y fue adaptado a las necesidades y características particulares de la zona, además que se realizó la evaluación de cuál de las alternativas es la más económica y factible para su aplicación.

En conclusión, las diferentes fases del estudio permitieron obtener un conocimiento detallado sobre las causas y posibles soluciones para la problemática de inundaciones en la calle N°3, Urbanización Yuma II, en el municipio San Diego. La implementación de infraestructura verde diseñada específicamente para esta zona tendrá un impacto positivo en la reducción del riesgo de inundaciones y en la mejora del entorno urbano, beneficiando a la comunidad y promoviendo un desarrollo sostenible en la región.

## RECOMENDACIONES

El presente trabajo de grado tiene como objetivo desarrollar un plan de implementación de infraestructura verde, con el fin de abordar los desafíos existentes en el entorno urbano y garantizar la sostenibilidad a largo plazo. En este contexto, se presentan una serie de recomendaciones clave para la aplicación efectiva de dicho plan de infraestructura verde, así como los factores beneficiosos que deben tenerse en cuenta para lograr su implementación exitosa.

- **Análisis del terreno:** Evaluar la configuración del terreno, los suelos, las pendientes y la capacidad de infiltración del agua para determinar el flujo de agua y la selección de la vegetación adecuada.
- **Estudio hidrológico:** Investigar las cuencas hidrográficas, las fuentes de agua y el drenaje existente para identificar posibles riesgos y la necesidad de mejoras en el control del flujo de agua.
- **Evaluación del clima:** Analizar las precipitaciones, la temperatura y la estacionalidad para garantizar la selección de plantas adaptadas y la efectividad del jardín pluvial en diferentes condiciones climáticas.
- **Realizar pruebas de infiltración:** Llevar a cabo pruebas de infiltración en el sitio para medir la velocidad a la que el agua se infiltra en el suelo.
- **Diseño con plantas nativas y adaptadas a la sequía:** El uso de especies vegetales nativas y resistentes a la sequía en el jardín pluvial garantiza una mayor supervivencia de las plantas y menor necesidad de mantenimiento. Estas plantas también son más efectivas en la filtración de contaminantes y el apoyo de la biodiversidad local.
- **Estudiar la geología y la hidrología locales:** Comprender la geología y la hidrología de la zona para identificar las formaciones geológicas y la profundidad del nivel freático, que pueden afectar la permeabilidad del suelo.
- **Aprovechar el agua de lluvia:** El diseño del jardín pluvial debe permitir la captación y reutilización del agua de lluvia, por ejemplo, a través de la instalación de cisternas de captación de agua de lluvia y sistemas de riego eficientes. Esto aprovecha los recursos hídricos y reduce la demanda de agua potable para el riego del jardín.
- **Integrar el jardín pluvial con la comunidad local:** La participación de la comunidad en el diseño, implementación y mantenimiento del jardín pluvial fomenta el sentido de pertenencia y la educación ambiental. Las actividades comunitarias pueden incluir talleres de jardinería, eventos de limpieza y campañas de sensibilización sobre la importancia de la infraestructura verde.
- **Plan de mantenimiento a largo plazo:** Un plan de mantenimiento bien definido garantiza que el jardín pluvial conserve su funcionalidad y apariencia a lo largo del tiempo. Este plan debe incluir el riego, el control de malezas, la poda de árboles y arbustos, y la limpieza periódica del área.

- Asegurar la seguridad y accesibilidad del jardín pluvial: El diseño del jardín pluvial debe contemplar medidas de seguridad, como la instalación de señalización adecuada, cercas y pasarelas. Además, el jardín debe ser accesible para todos los miembros de la comunidad, incluyendo personas con discapacidad y adultos mayores, mediante la instalación de rampas y áreas de descanso adecuadas.
- Evaluación periódica del desempeño del jardín pluvial: La realización de evaluaciones periódicas del desempeño del jardín pluvial en términos de gestión de agua de lluvia, reducción del riesgo de inundaciones y mejora de la calidad del entorno permite identificar oportunidades de mejora y ajustar el diseño y el mantenimiento del jardín si es necesario.

## REFERENCIAS

- Arévalo G. y López L. (2020), Sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes.
- Arias, F. (2006). El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. (5º. ed.) Caracas -Venezuela: Episteme.
- Gaceta Oficial del martes 6 de abril de 1999, Número 5.318. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.
- Hurtado, J. (2012). El proyecto de la investigación: Comprensión holística de la metodología y la investigación (7ma ed.). Caracas: Quirón
- Normas Sanitarias para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones 1988. Gaceta Oficial de Venezuela N° 4044.
- Parella Stracuzzi, Santa y Martins, Feliberto (2010). Metodología de la investigación cualitativa. (2a. ed.) Caracas; Venezuela: FEDUPEL, 2006
- Piña J. y Mora Y. (2023), Diseño de red de aguas servidas y drenaje para la comunidad santísima trinidad, municipio Naguanagua, estado Carabobo
- Tamayo y Tamayo, M. (1997). El Proceso de la Investigación Científica. (2a. ed.) Editorial Limusa S.A. México, 1997.
- Universidad José Antonio Páez (2020) Manual Para la Elaboración y Presentación de Los Anteproyectos, Proyectos de Trabajos de Grado, Trabajos de Grado, Tesis Doctoral e Informe de Pasantía y Extramuros de la Universidad José Antonio Páez.
- Anfaro, H. (2019). Rediseño del sistema de drenaje pluvial de la calle Bolívar, Barrancas del Orinoco, Municipio Sotillo, Estado Monagas. [Proyecto en línea].

Disponible en: <https://pdfcoffee.com/tesis-recoleccion-de-aguas-pluviales--2-pdf-free.html>

Castromonte F., Choques M., Mateo B. y Torres K.(2020). Propuesta de diseño de un pavimento permeable como un sistema innovador ecológico de drenaje en la ciudad de Huaraz-HuarazAncash-2020. [Proyecto en línea]. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/78877/B\\_Castromonte\\_%C3%81FJ-Choques\\_MMJ-Mateo\\_CBA-Torres\\_LTKB-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/78877/B_Castromonte_%C3%81FJ-Choques_MMJ-Mateo_CBA-Torres_LTKB-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Gamboa, J. y Terrones, E. (2019). Diseño hidráulico y estructural para el sistema de alcantarillado pluvial urbano de la Urbanización Popular La Unión, Distrito de soritor, Provincia de Moyobamba – Región San Martín. [Proyecto en línea]. Disponible en: <https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/3589?show=full>

Sabino, C. (1996). El proceso de investigación. [Libro en línea]. Disponible en: [http://paginas.ufm.edu/sabino/ingles/book/proceso\\_investigacion.pdf](http://paginas.ufm.edu/sabino/ingles/book/proceso_investigacion.pdf).

Tamayo, M. (2002). El Proceso de la Investigación Científica. [Libro en línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/sarathrusta/el-proceso-de-investigacion-cientifica-mari-otamayo-y-tamayo1>.

Toledo, T y Gómez, V. (2021). Propuesta para el diseño de un sistema de distribución sustentable de aguas residuales dentro de una edificación tipo bloque. [Proyecto en línea]. Disponible en: <http://catalogo-gy.ucab.edu.ve/documentos/tesis/36295.pdf>

**Cuadro 3:** Guion de entrevista (Apéndice A)

<b>DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VERDE PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIONES EN LA CALLE N°3, URBANIZACIÓN YUMA II, MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO.</b>	
<b>Autores: De Abreu, A. y Geraci, G.</b>	
<b>Fecha:</b>	
<b>Guion de entrevista</b>	
<b>1</b>	<b>¿Cuál es su experiencia en el diseño e implementación de proyectos de infraestructura verde para la gestión de aguas pluviales?</b>
<b>2</b>	<b>¿Cuáles considera que son los desafíos más importantes en la gestión de inundaciones en la zona de estudio?</b>
<b>3</b>	<b>¿Qué ventajas cree que ofrece la infraestructura verde en comparación con enfoques tradicionales para la gestión de aguas pluviales?</b>
<b>4</b>	<b>¿Cuáles son las consideraciones clave al diseñar sistemas de drenaje sostenible en la calle n°3, en la Urb. Yuma II?</b>
<b>5</b>	<b>¿Qué materiales se deben utilizar para la construcción de la infraestructura verde, evaluando su disponibilidad, costo, durabilidad y resistencia?</b>
<b>6</b>	<b>¿Cómo se integran las políticas y regulaciones locales en el diseño de proyectos de infraestructura verde?</b>
<b>7</b>	<b>¿Qué sistemas de monitoreo y control considera que se deben instalar para la infraestructura verde, verificando su funcionamiento, eficiencia y seguridad?</b>
<b>8</b>	<b>¿Qué tipo de infraestructura verde considera más adecuada para la zona de estudio?</b>
<b>9</b>	<b>¿Qué especies vegetales se deben seleccionar para la infraestructura verde, teniendo en cuenta sus requerimientos hídricos, su adaptabilidad al suelo y al clima, y su capacidad de retención y filtración de agua?</b>
<b>10</b>	<b>¿Qué planes de contingencia se deben elaborar para la infraestructura verde, ante posibles eventos extremos o situaciones de emergencia?</b>



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
 UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUION DE LA ENTREVISTA)**

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Cuadro 2: Validación de instrumentos (Apéndice B)

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		
7	✓			✓		
8	✓			✓		
9	✓			✓		
10	✓			✓		

Fecha: 16/10/2023

*[Handwritten Signature]*  
 Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Ing. Civil
--	------------



**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUION DE LA ENTREVISTA)**

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

**Cuadro 2: Validación de instrumentos (Apéndice B)**

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	/			✓		
2	/			✓		
3	/			✓		
4	/			✓		
5	/			✓		
6	/			✓		
7	/			✓		
8	/			✓		
9	/			✓		
10	/			✓		

Fecha: 16/10/2023

Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Dra. Milbet Rodríguez
--	-----------------------



**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUION DE LA ENTREVISTA)**

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

**Cuadro 2: Validación de instrumentos (Apéndice B)**

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		
7	✓			✓		
8	✓			✓		
9	✓			✓		
10	✓			✓		

Fecha: 16/10/2023

  
 Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Ing. Civil. <i>Proyectista Hidráulico</i>
--	---