



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MODELACIÓN PARA EL
ALCANTARILLADO DEL PASEO ORINOCO, SECTOR
COMANDO FLUVIAL EN CIUDAD BOLÍVAR – ESTADO
BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES CARMEN ALICIA
RIVERO RIVERO Y VÍCTOR
ALEJANDRO MÁRQUEZ ARCIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

Ciudad Bolívar, Noviembre 2022

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MODELACIÓN PARA EL ALCANTARILLADO DEL PASEO ORINOCO, SECTOR COMANDO FLUVIAL EN CIUDAD BOLÍVAR – ESTADO BOLÍVAR** presentado por los bachilleres: **CARMEN ALICIA RIVERO RIVERO** y **VÍCTOR ALEJANDRO MÁRQUEZ ARCIA**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:

Firma:

Prof. Enylus Rondón

(Asesor)

Prof.

(Jurado)

Prof.

(Jurado)

Jefe del Departamento de Ingeniería Civil

Ciudad Bolívar __ de Noviembre 2022.

DEDICATORIA

Dedicado a todas aquellas personas que hicieron este trabajo posible, nuestras amistades y profesores que nos apoyaron de principio a fin.

Dedicado a nuestros padres Víctor y Jesús por apoyarnos a llegar hasta este punto de nuestras carreras y ayudarnos a ser en gran parte las personas que somos hoy en día.

Por último, pero con gran importancia este trabajo esta dedicado a nuestras incansables madres que día a día lucharon para convertirnos en personas y profesionales de bien, que nos apoyaron con unas palabras de aliento o con un abrazo cuando lo necesitábamos. A Carolin que mas de una vez corrió por sacarnos unas copias o hacernos un desayuno que llevar a la universidad. Y este trabajo va dedicado en especial a Carmen María Rivero Yopez que, aunque no nos pudo acompañar físicamente en este momento, estamos seguros que nos esta brindando todo su apoyo y amor desde donde este.

Carmen Rivero y Víctor Márquez

AGRADECIMIENTOS

Agradecidos primeramente con Dios por darnos salud e inteligencia para sacar nuestra carrera adelante.

Gracias a nuestras familias que nos han formado a lo largo de nuestras vidas y a las enseñanzas que nos han aportado cada uno de ustedes.

También gracias a todos esos amigos que hicieron más fáciles los años en la Universidad, y gracias a nuestra tutora Enylus que estuvo con nosotros desde hace muchos semestres atrás y que nos ha apoyado en todo nuestro camino para realizar este trabajo.

RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación fue proponer un sistema de modelación para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar. Para lo cual se realizó una investigación de tipo propositiva, con diseño de campo y apoyo documental; empleando las técnicas de observación directa y las listas de cotejo como instrumento; además de utilizar el software de simulación hidráulica, por medio del SWMM 5.1 para realizar la modelación del sistema de alcantarillado. Se concluye que en el sector analizado se descargan todas las aguas residuales al Río Orinoco a través de seis puntos aguas abajo y otro punto que está aguas arriba de la Toma del Acueducto; además de que se observó la obstrucción de bocas de visitas y de algunos sumideros, desbordamiento de cloacas en las zonas y en comunidades aledañas conectadas a la misma red de alcantarillado. En cuanto a los cálculos para las necesidades del sistema de alcantarillado, se identificó un Tiempo Mínimo de Concentración (T_c) de 10 minutos y Período de Retorno (T_r) de 10 años; y con la información proporcionada por las Curvas de Duración, Frecuencia e Intensidad (Curva IDF) de la estación de la Fuerza Aérea Venezolana (FAV) de Ciudad Bolívar para la zona se identificó un resultado de Intensidad de diseño (I_d), de 690 lts \times seg/ha; y se obtuvo como Coeficiente Promedio de Escorrentía un 0,50. Finalmente, y como resultado de la simulación y/o la modelación del Sistema de alcantarillado; por medio del Software Storm Water Management Model (SWMM); se identificaron los nodos, direcciones de fluidos y capacidades de las tuberías en el sistema de alcantarillado propuesto; las cuales son de 4" y 6"; de acuerdo a las diferentes localizaciones de los nodos y de extensiones comprendidas en mínimos de 3,28 m hasta los 5,77 m.

CONTENIDO

	Pág.
HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS	viii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Objetivos de la investigación.....	7
1.2.1. Objetivo general.....	7
1.2.2. Objetivos específicos.....	8
1.3. Justificación de la investigación.....	8
1.4. Alcance de la investigación.....	9
CAPÍTULO II: GENERALIDADES	10
2.1. Ubicación de la zona en estudio.....	10
2.2. Características de la zona en estudio.....	11
2.2.1. Suelo.....	11
2.2.2. Clima.....	11
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	12
3.1. Antecedentes de la investigación.....	12
3.2. Bases teóricas.....	18
3.2.1. Alcantarillas.....	18
3.2.2. Sistema de Alcantarillado.....	21
3.2.3. Elementos hidráulicos a considerar para el desarrollo de los sistemas de drenaje.....	22

3.2.4. Fórmula de Manning para el desarrollo de sistema de alcantarillado..	23
3.2.5. Coeficiente de rugosidad.....	24
3.2.6. Tirante de agua.....	25
3.2.7. Tensión tractiva.....	26
3.2.8. Velocidad mínima y máxima.....	28
3.2.9. Clasificación de flujos.....	31
3.2.10. Período de retorno.....	31
3.2.11. Las curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF).....	32
3.2.12. Bocas de visita.....	33
3.2.13. Escorrentía.....	33
3.2.14. Aguas residuales.....	35
3.2.15. Sistema de tratamiento de aguas residuales.....	36
3.2.16. Disposición final de aguas residuales.....	37
3.2.17. Inundaciones.....	37
3.3. Bases legales.....	38
3.4. Sistema de variables.....	45
3.4.1. Operacionalización de variables.....	47
CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	48
4.1. Tipo de investigación.....	48
4.2. Diseño de la investigación.....	48
4.3. Población y muestra.....	49
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	50
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	52
CAPÍTULO VI: LA PROPUESTA.....	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
Conclusiones.....	84
Recomendaciones.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
3. 1: Definición de parámetros para tensión tractiva en un colector circular.....	27
5. 1: Satelital de la zona en estudio	53
5. 2: Vista satelital en relieve, de la zona en estudio.....	53
5. 3: Vías de acceso al área estudiada	54
5. 4: Descarga de las aguas residuales al Río Orinoco.....	54
5. 5: Estado de las bocas de visitas colapsadas del Sector Comando Fluvial	55
5. 6: Estado de las bocas de visitas colapsadas del Sector Comando Fluvial	55
5. 7: Estado de las cloacas colapsadas en la parte posterior del Comando Fluvial.....	56
5. 8: Estado de las cloacas colapsadas en la parte posterior del Comando Fluvial.....	56
5. 9: Alcantarillas colapsadas en el Paseo Orinoco.....	57
5. 10: Alcantarillas colapsadas en el Paseo Orinoco.....	57
5. 11: Zonas inundables Sector Paseo Orinoco, Comando Fluvial y comunidades	61
5. 12: Zonas inundables en el Paseo Orinoco, incluyendo Comando Fluvial.....	61
5. 13: Inundación del Paseo Orinoco en zonas cercanas al Comando Fluvial	62
5. 14: Inundación del Paseo Orinoco zonas cercanas al Comando Fluvial.....	63
5. 15: Curva de Intensidad – Frecuencia – Duración (IFD) FAV Ciudad Bolívar.....	66
6. 1: Características de los sumideros y tanquillas del sector	73
6. 2: Creación del proyecto de simulación en el SWMM	76
6. 3: Introducción de los valores del proyecto de simulación en el SWMM	76
6. 4: Introducción de los valores del proyecto de simulación en el SWMM	77
6. 5: Introducción de los valores del proyecto de simulación en el SWMM	77
6. 6: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM	78
6. 7: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM	78
6. 8: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM	79
6. 9: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM	79
6. 10: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM	80

6. 11: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM 80

6. 12: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM 81

6. 13: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM 81

6. 14: Simulación del Proyecto en el SWMM..... 82

6. 15: Proyecto de simulación en el SWMM 82

6. 16: Reportes estadísticos del proyecto de simulación en el SWMM 83

LISTA DE TABLAS

	Pág.
3.1: Valores del coeficiente de rugosidad (n).....	25
3.2: Velocidad Máxima para tuberías de alcantarillado (m/s)	30
3.3: Velocidades máximas admisibles para colectores	43
3.4: Operacionalización de las variables.....	47
5.1: Tiempo Mínimo de Concentración (Tc) en elementos del Sistema de drenaje....	64
5.2: Período de Retorno (Tr) para Sistema de drenajes en vías	65
5.3: Coeficientes de Escorrentía según condiciones de las zonas	67
5.4: Coeficientes de Escorrentía según el método racional para cada componente...	68
6.1: Características de los sumideros y tanquillas de la zona	73
6.2: Área tributaria para cada sumidero	74
6.3: Características de los sumideros y tanquillas para la simulación	74
6.4: Coordenadas y altitudes	75
6.5: Longitudes de las tuberías.....	75

INTRODUCCIÓN

Dentro de las consideraciones más importantes al momento de realizar la planificación de las zonas pobladas o cuando se analizan las condiciones actuales de dichos espacios; una de las principales e indispensables a tomar en cuenta, es el urbanismo de los centros bien sean urbanos o rurales y, dentro de este urbanismo en fase de planificación o evaluación posterior; se encuentran los sistemas de alcantarillados como elemento importante a considerar, dado que no solo se refiere a la hidrología y condiciones de cada zona, sino también a la demografía, clima, suelos, vegetación y toda una serie de elementos que inciden en la forma en la que funcionan las alcantarillas y se interconectan en los sistemas de alcantarillados.

En este sentido, en la actualidad; además de las normas vigentes para la construcción de alcantarillados, redes pluviales y demás componentes de tratamiento de las aguas residuales que constituyen no solo una guía para las construcciones, modificaciones y mejora en estos sistemas; existen además, diversas herramientas tecnológicas que permiten realizar simulaciones previas según las condiciones de cada zona, y con ello, realizar una modelación de la forma en la que, adecuadamente, debe constituirse y funcionar un sistema de alcantarillado.

De acuerdo a esto, el presente trabajo de investigación se fundamentó en proponer un sistema de modelación para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar; para lo cual, se cumplieron como objetivos específicos identificar la estructura del sistema de alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial; luego, describir las necesidades para escurrimiento y drenaje del alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial; para, seguidamente establecer las características del sistema de drenaje urbano dual para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial y, finalmente, plantear la modelación del alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial; por medio del Software Storm Water Management Model (SWMM) en su versión 5.1.

Al realizar la investigación, los inconvenientes presentados refirieron a dificultades para el acceso a documentación suficiente sobre el sistema de alcantarillado de la zona, lo cual demoró un poco al realizar la investigación; sin embargo, se solventaron estos inconvenientes con la búsqueda exhaustiva de datos, el apoyo de los documentos y registros de internet y en textos académicos, además del apoyo del asesor del trabajo de grado.

Con la realización de la presente investigación, se espera aportar información que contribuya al diseño o modelo de mejora en la red de alcantarillado de la zona estudiada; con el fin de disminuir las externalidades evidenciadas en el tratamiento de agua, tales como la obstrucción de las alcantarillas y bocas de visita, el vertido de aguas negras a las calles y al afluente del Río Orinoco; beneficiando a todos los habitantes de las comunidades adyacentes, al disminuir los efectos nocivos del inadecuado sistema de alcantarillado.

En cuanto a su estructura, el trabajo de grado se encuentra conformado por Capítulos, a saber, los siguientes: Capítulo I, donde se describen los aspectos del problema, como el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la justificación y el alcance., luego, el Capítulo II, explica el marco teórico, antecedentes de la investigación, bases teóricas, bases legales, la definición de términos básicos y el sistema de variables.

Posteriormente en el Capítulo III, se describe el marco metodológico, definiendo el tipo de investigación, diseño, población y muestra, técnica e instrumento de recolección de datos, procedimientos. El Capítulo IV, presenta los resultados obtenidos a partir de la aplicación del instrumento de recolección de datos. Posteriormente, se presenta la Geología Económica, que es la propuesta de modelación del sistema de alcantarillado por medio del SWMM 5.1; y se exponen las conclusiones y las recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del Problema

En general, las actividades de hidrología, comprenden tanto aquellas inherentes al acceso de la población al agua potable, como las que se realizan desde el sentido técnico, referidas esencialmente al saneamiento; que de acuerdo con Torres (2013), se refiere a la gestión de aguas residuales y de las aguas de lluvias, pudiendo ser colectivo o utilizar técnicas más o menos localizadas; y de acuerdo con el autor, el término saneamiento, “tiene al menos dos sentidos, el enfoque físico, que es el conjunto de equipamientos para evacuación de las aguas y, el enfoque más amplio, las estrategias empleadas por los habitantes como respuesta a los problemas de circulación del agua” (p. 28).

De esta forma, el enfoque físico, comprende las redes de alcantarillado y estaciones de depuración, por ejemplo; mientras que, el enfoque más amplio, implica las acciones que deben ser emprendidas por los habitantes de ciertas zonas, para mitigar los efectos negativos que pueden generarse por funcionamiento inadecuado del enfoque físico, por lo que no se incluye la producción y distribución del agua, que generalmente, son acciones de carácter público.

Sin embargo, de acuerdo a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en el resumen de resultados del *Proceso Regional de las Américas en el Foro Mundial del Agua (2018)*, se sostiene que si se consideran los criterios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

(ODS), las brechas entre los habitantes de Latinoamérica y el resto del mundo, en cuanto al acceso a servicios de agua, incluida acceso a agua potable y saneamiento; son más evidentes; por cuanto, según definiciones compatibles con los ODS (“servicios gestionados de manera segura”), tan solo 65% de la población de la región tiene acceso al agua potable y 22% al saneamiento.

Más específicamente, en cuanto al saneamiento, y según señalan los organismos, en América Latina y el Caribe, la principal fuente de contaminación hídrica se origina en la falta de tratamiento de las aguas servidas domésticas; por cuanto existe un estimado de que alrededor del 25% al 30% de los efluentes urbanos es retornado a los cuerpos de agua previo algún grado de tratamiento. Al respecto, la CEPAL y el BID, indican lo siguiente:

En especial se observa que frecuentemente, en las poblaciones de pequeña y mediana envergadura, no existe una regulación precisa y por lo tanto un control efectivo de la disposición de los efluentes cloacales, y, además, muchas plantas de tratamiento se encuentran en mal estado o abandonadas, debido a insuficiencias, tanto de recursos económicos como de capacidad operativa. Por otra parte, en las localidades rurales una baja proporción de los sistemas dispone de recolección de aguas servidas y aun menor, de instalaciones para su tratamiento. (p. 12)

En tal sentido, de acuerdo con lo sostenido en el mencionado Foro, la principal fuente de contaminación en América Latina y el Caribe es de origen doméstico y agrícola, seguida inmediatamente, por la contaminación industrial y minera; además de que este tipo de contaminación, se agrava más, al concentrarse mayormente en ciertas cuencas, ocasionando graves problemas ambientales y de salud pública; evidenciándose que, la mayor parte de las aguas residuales de las actividades industriales, se vierten al ambiente sin ningún tipo de tratamiento.

Esta situación, tiene tendencia a agravarse, ya que, según las proyecciones de los organismos internacionales, especialmente de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se espera que para el año 2050, más de un 86% de la población de América Latina y el Caribe viva en ciudades, lo que significa que se incorporarán a ellas cerca de 180 millones de habitantes adicionales y una disminución de la población rural desde los 127 millones de personas existente en 2015, a 108 millones en 2050.

Toda esta afluencia de personas hacia las ciudades y el incremento de la población urbana, constituye una serie de desafíos importantes en cuanto al proceso de abastecimiento de agua y al desarrollo de condiciones sanitarias y ambientales que se requerirán para hacer frente a este éxodo a las ciudades y para satisfacer el incremento de las necesidades en los espacios urbanos que incrementarán su población.

Todos estos retos a los que deben enfrentarse los gobiernos, los resume la CEPAL, en una transición hídrica, en donde se considere efectivamente al agua como el bien natural que es y se permita revertir las externalidades externas en su tratamiento; además de un enfoque ético que contribuya a la igualdad de la población para el acceso a redes de agua potable y al saneamiento de calidad, dado que en la actualidad existe una gran brecha a nivel mundial en este ámbito, por cuanto más de 2 millones de personas en el mundo no tienen acceso a estos servicios, y en la región latinoamericana específicamente, alrededor de 7 de cada 10 personas no cuentan con un saneamiento gestionado de manera segura y 2,5 personas de cada 10 sin agua potable gestionada de manera segura.

De igual forma, en el caso venezolano, la normativa de drenajes urbanos, data del Manual de Drenaje Urbano, publicado en 1979; que, de forma general, establece el objetivo básico del drenaje urbano de “proteger la vida y las propiedades de las personas; y como objetivo complementario reducir las molestias ocasionadas por las precipitaciones al tráfico de personas y vehículos” (p. 10). Igualmente, la normativa establece un plan rector básico que es el instrumento de planificación del drenaje urbano, basado en las acciones que se deben tomar en el diseño del sistema, en donde se incluyen acciones preventivas y acciones correctivas; que se refieren esencialmente a la construcción de obras hidráulicas como colectores, sumideros, obras de almacenamiento y obras de control.

En este contexto, en Ciudad Bolívar – estado Bolívar, se encuentra el alcantarillado del Paseo Orinoco, en el sector del Comando Fluvial, en donde se observan fuertes inconvenientes debido al vertido directo de aguas residuales en el afluente del río, sin ningún tipo de tratamiento y que además en épocas de lluvias, se obstruye generando inundaciones como las ocurridas en épocas recientes, al incrementarse el nivel del río Orinoco debido a las fuertes lluvias experimentadas en la localidad, específicamente, en el año 2018, en donde alcanzó la cota máxima registrada recientemente.

A todo ello, se suman las dificultades en cuanto al sistema de alcantarillado, la ausencia de redes abarcadoras y tratamiento de residuos, bien por medio de la recolección de aguas servidas y drenaje por separador o, a través de trasvases y tratamiento con conexiones a una red colectora específica para la zona.

Ante la situación expuesta, surge la presente investigación, cuya finalidad principal es la de proponer un sistema de modelación para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar; para lo cual se pretende responder las siguientes interrogantes:

¿Cómo se encuentra estructurado el sistema de alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar?

¿Cuáles son las necesidades para escurrimiento y drenaje del alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar?

¿Qué características debe presentar el sistema de drenaje urbano dual para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar?

¿Cómo se plantea la modelación numérica para tejados, calles, elementos de captación, conductos y unión de conductos en la modelación del alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Proponer un sistema de modelación para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Identificar la estructura del sistema de alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar.
2. Describir las necesidades para escurrimiento y drenaje del alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar.
3. Establecer las características del sistema de drenaje urbano dual para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar.
4. Plantear la modelación numérica para tejados, calles, elementos de captación, conductos y unión de conductos en la modelación del alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar.

1.3 Justificación de la investigación

Dada la necesidad expuesta, se plantea la propuesta de un sistema de alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar; con el fin de contribuir a la solución de la problemática existente en cuanto al saneamiento de las aguas residuales del sector, mediante el uso de modelos numéricos en los elementos de captación, conductos y unión de conductos que conforman esta red de alcantarillados.

Con la presente investigación, se espera mitigar las externalidades evidenciadas en el tratamiento de agua y con ello, coadyuvar al bienestar común no solo de la población aledaña a la zona del Comando Fluvial del Paseo Orinoco, sino de las comunidades adyacentes, al disminuir los efectos nocivos del inadecuado sistema de alcantarillado.

Además, con el sistema propuesto se espera disminuir los efectos contaminantes de las aguas residuales, de la ausencia de tratamiento y recolección de desechos que en la actualidad se vierten en el afluente del río Orinoco y que constituye una fuente de riesgos para la población bolivarense en cuanto a los niveles de toxicidad que implica el vertido de aguas servidas y/o residuales en el mencionado cauce.

Igualmente, se espera aportar un modelo que pueda ser implementado para el desarrollo de un drenaje urbano adecuado a las necesidades actuales, y con ello, contribuir al cumplimiento de los objetivos propios del desarrollo sostenible, en donde se incluyen como factores relevantes, disminuir la brecha en el acceso a las fuentes de abastecimiento y saneamiento de agua existentes actualmente en la población, especialmente, en el área de Latinoamérica.

1.4 Alcance de la investigación

Como delimitación espacial de la presente investigación se considera el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar y, en cuanto a la delimitación temporal, el estudio se realizará en un plazo de tiempo de cuatro meses, comprendidos desde el mes de mayo hasta agosto de 2022.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación del estudio

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística de la República Bolivariana de Venezuela (INE) (2022), Ciudad Bolívar se encuentra ubicada en la región suroriental del país, o sea en la Guayana venezolana, su nombre obviamente se debe como homenaje a El Libertador Simón Bolívar. Son sus límites: al norte, separado por el Orinoco, con los estados, Delta Amacuro, Monagas, Anzoátegui y Guárico; al sur con la República del Brasil y el estado Amazonas; al este con el estado Delta Amacuro y la Zona en Reclamación que nos separa con la República de Guyana y al oeste, con los estados Apure y Amazonas.

El estado Bolívar es el estado más grande de la República Bolivariana de Venezuela y abarca una gran superficie de 242.801 km² lo que representa el 26,49 % del total nacional. La geografía del estado Bolívar es la siguiente: el estado Bolívar se ubica al sureste de Venezuela, tiene una vegetación selvática y tiene clima de sabana, el estado es limitado en mayoría por el río Orinoco. Este delimita con varios estados de Venezuela y con las repúblicas de Guyana y Brasil. En cuanto a su localización geográfica; las coordenadas de Ciudad Bolívar son 03° 23'48''; 08° 23'48'' de latitud norte y 60° 16'00''; 67° 47'00'' de longitud oeste.

Limita al norte con el río Orinoco y los estados Delta Amacuro, Monagas, Anzoátegui y Guárico; al sur con la República Federativa del Brasil; al suroeste con el estado Amazonas; al este con el territorio de la Guayana Esequiba, en disputa con la

República Cooperativa de Guyana y al oeste con el estado Apure. En un relieve comprendido entre el escudo guayanés pueden reconocerse tres grandes paisajes: el de las sábanas y montañas bajas aisladas orinoquenses, el montañoso dominado por las cumbres tabulares de los Tepuyes y los valles¹ de los afluentes del Orinoco y las tierras bajas y en parte sabaneras del Yuruari, limitadas al este por la serranía del Imataca.

2.2 Características de la zona de estudio

2.2.1 Suelo

Los suelos del estado Bolívar de acuerdo con INE son variados, al Norte se encuentran suelos pocos desarrollados, al Sur se presentan muy mineralizados con baja fertilidad y en el piedemonte de Imataca con alto contenido de materia orgánica. La vegetación del estado es muy variada, con pastos al norte en las sábanas próximas al Orinoco y selvática al sur.

2.2.2 Clima

Según lo señalado por el INE, el clima es tropical, aunque varía según las zonas; así, las áreas bajas presentan unas altas temperaturas, que alcanzan los 27 °C de promedio, y lluvias abundantes. La variación de los climas del extenso territorio viene determinada por la altitud y los vientos dado que la latitud (entre los 4° y 8° de latitud Norte) lo sitúa totalmente en la franja ecuatorial. Las tierras del norte bajas y sometidas a la influencia de los vientos del este y noreste se caracterizan por una época de lluvia y otra de sequía ambas muy marcadas; las tierras del sur reciben vientos cargados de humedad de la depresión amazónica y del sudeste que se condensan al contacto de las elevaciones produciendo intensas lluvias superiores a los 1600 mm.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

A continuación, se presentan investigaciones realizadas con anterioridad a nivel internacional y nacional, y relacionadas con el tema de estudio;

3.1.1 Antecedentes Internacionales

Se encuentra el trabajo de grado realizado por Joya (2021), titulado “*Modelación y diseño de un sistema de alcantarillado pluvial en el Municipio de Uribia, La Guajira*”; presentado en la Universidad de los Andes en Colombia, para optar al título de Ingeniero Civil y cuyo objetivo general fue desarrollar el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial en el municipio de Uribia La Guajira, con el objetivo de evacuar las aguas lluvias y disminuir la probabilidad de inundación y como metodología, emplearon la observación y las fichas de registro, además del programa ArcGIS y SewerGEMS para el diseño del Sistema de alcantarillado propuesto.

Como conclusión de la investigación citada, se tiene que en el proyecto se desarrolló el nivel de permeabilidad por medio de la división del municipio en 21 zonas de diferentes características, en las cuales se determinó el número de curva para calificar la cantidad y profundidad de agua por escorrentía que se produce en cada una de las áreas de acuerdo con el tipo de suelo y usos de la tierra; desde donde se partió para emplear el método para abstracciones del SCS.

Igualmente, en el estudio se recomienda complementar el sistema de alcantarillado pluvial con otra serie de soluciones sostenibles como lo son los filtros de arena y franjas filtrantes, que tienen como función realizar el filtrado del agua por escorrentía y facilitando la evaporación de esta, además de que estas soluciones son de bajo costo. Por otro lado, en caso de necesitar disminuir el caudal y cantidad de agua rápidamente, también existen una serie de barreras de prevención de inundación temporal a muy bajo costo, que se pueden utilizar en épocas de fuertes precipitaciones e inundaciones por parte de los arroyos Kutanaman y Chemerrain.

De acuerdo a lo señalado anteriormente, el trabajo de grado citado se relaciona con el presente estudio, por cuanto ambos se refieren al diseño o modelación de redes de alcantarillado en donde la principal finalidad es idear estos sistemas para disminuir el proceso de escorrentía y mejorar las funciones del alcantarillado sobre los cuales se encuentran actualmente establecidas las redes de alcantarillas en las localidades objeto de estudio, en ambas investigaciones.

Igualmente, a nivel internacional, se considera el trabajo realizado por Pacheco, (2019), denominado “*Modelamiento y diseño del sistema de alcantarillado sanitario, utilizando la metodología del CEPIS en el Centro Poblado Compañía Baja, Distrito Sivia, Provincia Huanta, Región Ayacucho*”, el cual fue presentado en la Universidad San Ignacio de Loyola en Perú, para optar al título de Ingeniero Civil.

La investigación se basó en un diseño no experimental, descriptivo y transversal; se utilizaron técnicas como la observación, datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística e Informática, encuestas, procesamiento de datos, diseño y cálculo de la red de alcantarillado. Para elaborar el diseño del sistema de alcantarillado se inició con el

levantamiento topográfico en el Centro Poblado Compañía Baja y las características de la zona pudieron definir los parámetros hidráulicos fundamentales según la Metodología del CEPIS. Una vez definido el trazo de la red de alcantarillado y los respectivos cálculos de las bases de diseño, se procedió a realizar el modelamiento hidráulico y diseño en el programa SewerCad V8i.

Las principales conclusiones del estudio, se concluyó que en el sistema de alcantarillado sanitario la tubería a usar será PVC NTP-ISO 4435 S-25 de diámetros de 6” de una longitud de tubería 848.3ml y tuberías de diámetro de 8” de una longitud de 1539.7ml; así como, 22 buzonetas y 66 buzones de altura variable. Para el tratamiento de las aguas residuales se plantea una cámara de rejillas, dos desarenadores de flujo horizontal, dos lagunas facultativas y una laguna de maduración. La remoción de contaminantes lograda por el sistema cumplirá con los límites máximos permisibles de descarga a los cuerpos receptores para aguas residuales. El presupuesto referencial para el sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales asciende a la suma de S /. 1,379,460.31.

El citado trabajo de grado, se relaciona con el presente estudio, por cuanto se basa en el diseño de red de alcantarillados en zonas urbanas, cuyas características y necesidades se diferencian de las zonas rurales y en función de lo cual, se obtuvo una guía para la implementación de las tecnologías que permiten el cálculo de las bases del diseño del sistema de alcantarillado propuesto, dadas las especificaciones requeridas.

3.1.2 Antecedentes Nacionales - Regionales:

Se considera el trabajo de Arias y Granados (2019), titulado “*Estudio del comportamiento del sistema de drenaje pluvial de la UCAB Guayana mediante modelo*”

de simulación hidráulica” el cual fue presentado en la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) en Puerto Ordaz – Venezuela, para optar al título de Ingeniero Civil.

En la investigación, se concluye que para realizar el cálculo del periodo de retorno se trabajó estaciones pluviométricas diferentes, ya que no se contaba con información suficiente en la estación de los mangos, sin embargo, la precipitación simulada y a la cual se le calculo dicho periodo de retorno es de la estación los Mangos. Por lo que fue necesario utilizar datos de la estación Caroní ubicada en Macagua, esta también se encuentra cerca del sitio de estudio. Los datos fueron tomados de los antecedentes de esta investigación con un total de 51 años de registros que comprenden el periodo 1963-2014.

De igual forma, los autores señalan que para el primer evento se obtuvo un caudal de 259.372 lps con un periodo de retorno de 5 años y una probabilidad de ocurrencia de 19.02%, mientras que para el segundo evento se obtuvo un caudal de 330.016 lps el cual tiene un periodo de retorno de 25 años y una probabilidad de ocurrencia de 3.98%, esto significa que la cantidad de lluvia caída ese día se igualara o se superara una vez cada 5 años y para el segundo caso la cantidad de lluvia será igual o superior una vez cada 25 años, aunque esto no quiere decir que no pueda ocurrir una lluvia de igual o mayor intensidad antes del periodo mencionado.

En función de lo señalado anteriormente, el citado trabajo de grado se relaciona con el presente estudio, por cuanto aporta un marco conceptual y metodológico que constituye un aporte y/o modelo para la realización de la propuesta de alcantarillado en esta investigación, que se encuentra referida al área del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar.

Igualmente, se considera el trabajo de grado realizado por Castaldo y Nowak (2018), titulado *“Propuesta de un sistema de drenaje vial para el tramo situado entre la Avenida Intercomunal de la Tahona y la Calle del Cagilon, Municipio Baruta, Estado Miranda”*, presentado en la Universidad Nueva Esparta, Caracas- Venezuela; para optar al título de Ingeniero Civil. Desarrollado con una metodología de proyecto factible y diseño de investigación de campo con un nivel exploratorio.

Los autores concluyeron falta de mantenimiento preventivo y correctivo debido a que no se ha corregido el daño que está presente en el sistema de drenaje y los elementos que obstaculizan el paso de las aguas de lluvia con facilidad. Se pudo demostrar que el sistema propuesto, es decir la cuneta tipo A sería más capaz que el sistema que se encuentra actualmente en dicha vía, debido a que la cuneta tipo A, tiene una mayor capacidad y cumple con la demanda del tramo en estudio. Se puede ver claramente que la cuneta tipo A tiene una capacidad mayor que la del caudal de diseño de la vía en estudio, lo cual demuestra que la cuneta tipo A puede funcionar de manera eficiente en la vía y de esta forma evitar inundaciones durante las lluvias. A su vez, se puede ver que la capacidad actual es muy baja, siendo este un motivo más por el cual durante las lluvias el sistema de drenaje no es capaz de recoger el agua de las lluvias de manera rápida haciendo que la vía quede inundada.

De acuerdo a lo señalado, el trabajo de grado aporta información importante para el desarrollo del presente estudio, por cuanto se pudieron identificar las metodologías para el cálculo de coeficientes y curvas de intensidad de las aguas, además de evidenciar el proceso desarrollado para la propuesta del drenaje en la investigación citada; lo cual contribuyó como aporte para la propuesta de alcantarillado en el Paseo Orinoco Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar, como finalidad del presente estudio.

En este mismo sentido, se encuentra el trabajo presentado por Pereda y Terán (2016), denominado “*Propuesta de medidas estructurales de drenaje concebidas con criterios de sustentabilidad ambiental para optimizar la gestión del agua de lluvia en el campus de la UCAB Guayana, mediante modelos de simulación hidrológicas*”, presentado en la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), en Puerto Ordaz – Venezuela, para optar al título de Ingeniero Civil.

Se realizó la caracterización tanto urbanística como ambientalmente. Los sistemas de drenaje existentes fueron inspeccionados y supervisados, la cobertura del suelo del campus se evaluó y cuantificó y, se registraron los principales problemas de la operación de los sistemas. Se seleccionó el modelo hidrológico basado en el modelo convencional SWMM, y se realizaron simulaciones hidrológicas para evaluar el desempeño de las diferentes medidas estructurales, tal como se presenta en la literatura, en el patrón de drenaje de agua de lluvia. Ambos sistemas, el convencional y SUDS, fueron simulados en sectores seleccionados y para el área completa del campus.

De las diferentes medidas estructurales analizadas en la simulación, los pavimentos permeables, jardines de lluvia, zanjas de infiltración, depósitos de lluvia y techos verdes resultaron ser las más eficaces, permitiendo estas mejorar el patrón de drenaje del agua de lluvia en el campus. Se demostró que la incorporación de las medidas estructurales permitió reducir en un 32% la escorrentía y aumentar la infiltración en un 15% y, mejora la calidad del agua. No sólo el sistema de drenaje de aguas pluviales del campus se mejora con los SUDS, sino también se crean, nuevas áreas con paisajes agradables y áreas naturales, una vez que se apliquen estas medidas en el campus.

El citado trabajo de grado es antecedente del presente estudio, por cuanto ambos se realizan en la región de Guayana, con indicadores similares para las propuestas de drenaje y/o alcantarillados propuestos en ambas investigaciones, tal como el nivel de las precipitaciones siguen un patrón similar; el diseño y materiales utilizados para los sistemas de drenajes, son similares.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Alcantarillas

Según lo señalan Castaldo y Nowak (2018) las alcantarillas por su material se clasifican en: de concreto, de metal y de plástico, su utilización se recomienda por el costo, duración, construcción y disponibilidad. Las alcantarillas vienen en diferentes diámetros comerciales desde 24” a 72”. La construcción de diámetros mayores representa un alto costo, el cual exige evaluar la utilización de bóvedas.

Frederick Merrit (Citado por Guillén 2013), sostiene que las alcantarillas “son obras de drenaje Transversal, que canalizan el agua de un lado de la vía hacia otro, cualquiera que sea su procedencia, ayudando a controlar el flujo de agua y reduciendo la velocidad para aminorar la erosión” (p. 15). De acuerdo a lo señalado por el autor, los elementos que conforman una alcantarilla son los siguientes:

1. El conducto o cañón.
2. Los muros de cabecera.
3. Los aletones.
4. Losa inferior y superior.

5. Dispositivo de protección a la entrada.

De igual forma, sostiene que las alcantarillas son conductos cerrados que se construyen transversales a un terraplén y por debajo de este, con el objeto de conducir agua de lluvia proveniente de las cunetas y contra cunetas hacia cauces naturales, eliminando peligro de daños e interrupciones de tránsito. El autor indica que, los elementos de las alcantarillas, son, los siguientes:

1. Estructura de Entrada: Se refiere a todas las obras construidas con el objetivo de conducir el flujo de agua hacia la tubería y estabilizar el terraplén de la vía y/o terreno natural.

2. Cajas Colectoras: Captan las aguas provenientes de las diferentes estructuras de drenaje longitudinal permitiendo su cruce bajo la vía, hacia cruces naturales u otros sistemas de desagüe. Dichas estructuras confinan la vía y dan estabilidad al extremo de la tubería.

3. Cabezal: Son muros que retienen el material del terraplén, protegiéndolo de la erosión y acortando la longitud de la alcantarilla, además de dar estabilidad al extremo de la tubería al actuar como contrapeso ante posibles fuerzas de subpresión, guiar la corriente, permitir un mayor ancho de la vía y por ende, ofrecer mayor seguridad para el conductor.

4. Alas: Las alas ayudan a guiar el flujo hacia la alcantarilla, mejorando su desempeño hidráulico. Su orientación y su longitud se proyectan para asegurar la entrada del flujo al conducto. Atendiendo al criterio hidráulico, un ángulo de 45° es

ideal para las alas, pero se podrá modificar para las condiciones especificadas en cada caso.

5. Canal: Pueden ser de concreto o láminas metálicas. Tienen como fin garantizar la conducción del flujo de un lado al otro de la vía, evitando infiltraciones que puedan afectar las capas de las estructuras del pavimento.

6. Estructura de Salida: Son transiciones entre la alcantarilla y el cuerpo receptor y, por lo tanto, sus criterios de diseño también se basan en no alterar drásticamente los patrones de flujo del cuerpo receptor y evitar problemas de socavación.

7. Vertedero: Estructura diseñada para reducir la velocidad y disipar la energía de los flujos de agua en la salida de las obras de drenaje y así asegurar la entrega hacia los canales naturales u otros no erosionables.

3.2.2 Sistema de alcantarillado

El sistema de alcantarillado, de acuerdo con lo señalado por Condezo y Reshea (2019) “es conocido por conformarse por una serie de tuberías y obras complementarias (alivios, descargas, tanques y demás), las cuales son necesarias para el transporte y evacuación de aguas residuales, pluviales y escorrentía superficial en general” (p. 33).

Se define, de acuerdo con Pacheco (2019), como “un conjunto de tuberías, instalaciones y equipos destinados a coleccionar y transportar aguas residuales provenientes de consumos domésticos, comerciales e industriales y/o aguas de lluvia a

un sitio final conveniente, de forma continua e higiénicamente segura” (p. 31). Se trata de todos aquellos dispositivos, mecanismos e instalaciones que tienen como finalidad, la recolección, transporte y disposición final de las aguas residuales.

El sistema de drenaje urbano también conocido como sistema de alcantarillado, según lo expuesto por Pereda y Terán (2016) se clasifica dependiendo si las aguas de lluvia y las aguas servidas están separadas o en conjunto según la gaceta oficial “Normas Generales para el Proyecto de Alcantarillado” (1999), estos sistemas pueden ser de tres tipos: - Sistema sólo de aguas de lluvia (sistema para aguas pluviales). - Sistema de recolección y disposición de aguas pluviales y aguas servidas (sistema unitario) - De aguas servidas exclusivo (sistema para aguas servidas).

Los sistemas de drenajes se definen por Palacios (2011) como “conjunto de obras (sumideros, colectores, carnales, entre otros) cuya función es interceptar y conducir hacia un sitio de disposición previamente seleccionado las aguas de origen pluvial, de modo que ellas no causen u originen problemas de inundación en la urbanización” (p. 181). Se trata entonces, de una red de dispositivos o mecanismos para direccionar las aguas pluviales de forma planificada y con la menor incidencia negativa como posibles inundaciones, en las zonas en donde se encuentran.

3.2.3 Elementos hidrológicos a considerar para el desarrollo de los sistemas de drenaje

Existen una serie de elementos de carácter hidrológico que deben considerarse para el diseño y posterior desarrollo de los sistemas de drenaje o alcantarillas, tales como la intensidad de y duración de las lluvias, la frecuencia de estas en la zona en

donde se implementará la red, el tiempo de concentración y la denominada curva IDF; sobre los cuales, Palacios (2011), sostiene lo siguiente:

1. Intensidad. Es la cantidad de agua que precipita en un tiempo dado en una unidad de superficie. Suele expresarse en mm/hora o Lps/ha.
2. Duración. Es el tiempo que tarda una determinada lluvia en precipitar sobre una zona; la intensidad decrece conforme la duración de la lluvia.
3. Frecuencia. Es el número promedio de año que transcurren entre el momento en que ocurre una lluvia de una cierta intensidad y una lluvia de intensidad igual o mayor que la primera; siendo importante aclarar que se trata de valores probabilísticos.
4. Curvas IDF. Es la relación entre la intensidad de la lluvia, el tiempo durante el cual ocurre y la frecuencia con la cual se repite. Estas curvas que se presentan para lluvias de duraciones de 15', 30', 45', 60' y 120' minutos, en las diferentes estaciones pluviométricas que tenía en operación en Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) para el año de 1969.
5. Tiempo de Concentración. Es el tiempo que dura el viaje de una gota de agua desde el punto más remoto de la cuenca hasta el sitio en consideración. (p. 45)

De esta forma, la cantidad de lluvias, así como su duración expresadas en milímetros por hora, por ejemplo; además de la frecuencia con la que existen precipitaciones en una zona; son de los elementos a considerar para incluir en la evaluación y diseño de una adecuada red o sistema de alcantarillado, que contribuya, con la finalidad de estos, que es la conducción de las aguas provenientes especialmente de estas lluvias, a sitios que no afecten ni el adecuado tránsito de vehículos y peatones, ni los espacios ni calles de la zona

3.2.4 Fórmula de Manning para diseño del sistema de alcantarillado

De acuerdo con Torres, Céleri, Cisneros y Feyen (2015) el escurrimiento a través de una alcantarilla generalmente queda regulado por los siguientes factores:

1. Pendiente del lecho de la corriente aguas arriba y aguas abajo del lugar.
2. Pendiente del fondo de la alcantarilla.
3. Altura de ahogamiento permitido a la entrada.
4. Tipo de entrada.
5. Rugosidad de las paredes de la alcantarilla.
6. Altura del remanso de salida.

De igual forma, para el cálculo hidráulico de la tubería se considera la fórmula de Manning, que indica que el cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendiente se hará aplicando la fórmula transformada sistema métrico para secciones circulares, de la siguiente forma:

$$V = 0.003429xD^{2/3}/nS^{1/2} \quad (3.1)$$

Donde:

V = Velocidad del flujo a sección llena (m/s)

D = Diámetro de la sección circular (pulg.)

S = Pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning o Kutter

n = 0.015 para tubos de 24 pulgadas y menores

n = 0.013 para tubos mayores de 24 pulgadas

Cada tramo se calculará con el caudal que tenga en sus extremos más bajos.

3.2.5 Coeficiente de rugosidad

Para el diseño de alcantarillas nuevas y en la comprobación de la capacidad de alcantarillas existentes bien construidas, se recomienda emplear un coeficiente de rugosidad de Manning y Kutter-Ganguillet (n) de 0,013, que, de acuerdo con Pizarro (2013), deben utilizarse valores superiores de n en alcantarillas ya construidas, en las cuales se realice alguna de las siguientes observaciones: desgaste considerable, desviaciones en las alineaciones y pendientes, variaciones de las dimensiones interiores, existencia de sedimentos y construcción de baja calidad.

Igualmente, el autor indica que, el valor de n de 0,013, se deberá emplear incluso con tuberías de materiales relativamente lisos como PVC o arcilla vitrificada, dado que la resistencia al flujo de una tubería “no depende principalmente de su tipo de material, más bien de un conjunto de factores tales como: la capa de película biológica que se

desarrolla en las paredes de las tuberías, el número de conexiones domiciliarias, pozos de registro y otras instalaciones complementarias” (p. 34). Todo esto, dado que perturban el flujo permaneciendo invariables, independientemente del material del conducto: por lo que, se recomienda un valor estándar en el diseño de alcantarillas que no sea inferior a 0,013.

Al respecto, Pizarro (2013), menciona que la rugosidad que presenta la caja de un canal está dada por la fuerza de oposición que hacen las paredes del canal al libre flujo del agua. A saber, tomando como referencia, los valores que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3.1: Valores del coeficiente de rugosidad (n) (Pizarro, 2013)

Superficie de la caja de canal	“n”
Muy lisa, vidrio, plástico, cobre.	0,010
Concreto muy liso.	0,012
Madera suave, Metal liso	0,014
Revestimiento de concreto (frotachado)	0,017
Canales en tierra, libres de vegetación y buenas condiciones	0,020
Canales en tierra, con alguna vegetación y sección con geometría definida	0,025
Canales en tierra con abundante vegetación	0,035

3.2.6 Tirante de agua

De acuerdo con Torres, Célleri, Cisneros y Feyen (2015), los estudios recomiendan fijar el nivel máximo de agua en la alcantarilla en el 80% del diámetro

(0,8 D). Es fácilmente demostrable que con este nivel en un colector circular se alcanza la velocidad más alta. La parte vacía de la sección por encima de 0,8 D, se emplea para ventilación, movimiento de los gases, sirviendo además para los flujos excepcionales. Por tanto, el diseño de redes simplificadas y con dominiales, recogiendo las recomendaciones de estos estudios considera mantener el nivel de agua en las alcantarillas en el siguiente rango:

$$0.2D \leq h / D \leq 0.8D \quad (3.2)$$

Donde:

h = Nivel de agua en la tubería.

D = Diámetro de la tubería.

3.2.7 Tensión tractiva

Al referirse a la tensión tractiva ó fuerza de arrastre (τ), las Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado de la Organización Panamericana de la Salud (2005), la definen como la fuerza tangencial por unidad de área mojada ejercida por el flujo de aguas residuales sobre un colector y en consecuencia sobre el material depositado. En la masa de aguas residuales de un tramo de colector de longitud L, con área de sección transversal A y perímetro mojado P, la tracción tractiva estará dada por el componente del peso (W) en dirección del flujo dividido por el área mojada, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\tau = \frac{W \sin \phi}{PL} \quad (3.3)$$

Donde:

τ = Tensión tractiva (N/m² , Pa)

P = Perímetro mojado (m).

L = Longitud (m)

W = Peso (Newtons) El peso (W) está dado por:

$$W = \rho g AL$$

Donde:

ρ = Densidad de aguas residuales (kg/m³)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

Todo lo cual se muestra en la siguiente figura:

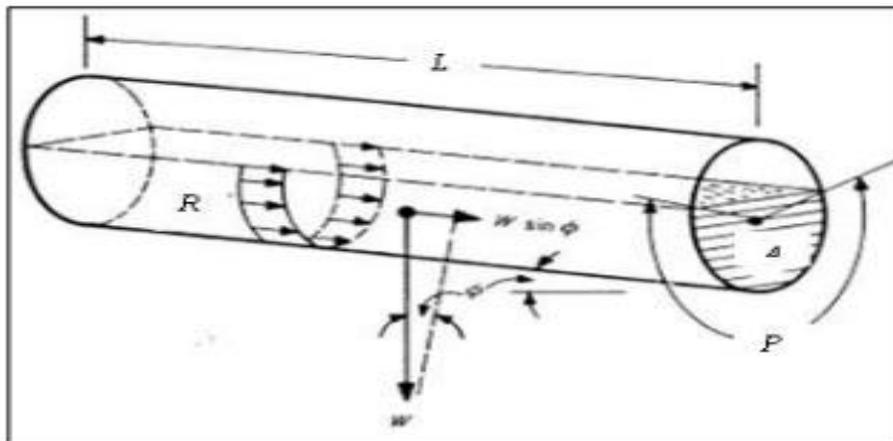


Figura 3. 1: Definición de parámetros para tensión tractiva en un colector circular. Fuente: Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado de la Organización Panamericana de la Salud (2005)

Igualmente, de acuerdo con las citadas Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado de la OPS (2005), si se considera que A/P es el radio hidráulico, R:

$$\tau = \rho g R \text{ sen}\phi \quad (3.4)$$

Cuando ϕ es pequeño, $\text{sen}\phi = \text{tan}\phi$, y como la $\text{tan}\phi$ es la gradiente del colector, S (m/m), la ecuación de tensión tractiva puede ser escrita de la siguiente forma:

$$\tau = \rho g R S \quad (3.5)$$

La pendiente del colector será calculada con el criterio de la tensión tractiva, según la ecuación

Pendiente para tuberías con sección llena:

$$S = \frac{\tau}{\rho g \frac{D}{4}} \quad (3.6)$$

Pendiente para tuberías parcialmente llenas:

$$S = \frac{\tau}{\rho g \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \text{sen } \theta}{2\pi\theta} \right)} \quad (3.7)$$

3.2.8 Velocidad mínima y máxima

De acuerdo con Gruber y Rodríguez (2013), la determinación de la velocidad mínima del flujo reviste fundamental importancia, pues permite “verificar la autolimpieza de alcantarillas en horas, cuando el caudal de aguas residuales es mínimo y el potencial de deposición de sólidos en la red es máximo. Mientras, la velocidad mínima es fundamental para minimizar pendientes en redes colectoras” (p. 31). Esto,

se evidencia esencialmente en zonas planas, disminuyendo la necesidad de excavar y reduciendo así, los costos en el desarrollo de la red de drenaje o alcantarillas.

En este mismo sentido, al respecto de las velocidades mínimas y máximas en estos sistemas, los autores sostienen lo siguiente:

1. Velocidad mínima La velocidad mínima de 0.90 m/s fluyendo las aguas a tubo lleno es requerida para evitar la sedimentación de las partículas que como las arenas y gravas acarrea el agua de lluvia.
2. Velocidad máxima La velocidad máxima en los colectores con cantidades no significativas de sedimentos en suspensión es función del material del que están hechas las tuberías y no deberá exceder los valores indicados a fin de evitar la erosión de las paredes.

Por su parte, de acuerdo con las citadas Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado de la OPS (2005), si se consideran los valores máximos de velocidad hay dos condiciones que observar, a saber, las siguientes:

1. De los resultados de una amplia investigación hecha en Holanda se desprende que una velocidad de flujo entre 4,0 y 5,0 m/s causa menos erosión que las velocidades entre 2,5 y 4,0 m/s.
2. Se debe evitar la mezcla de aguas residuales y aire, limitando velocidades más de 5 m/s. Por tanto, es recomendable calcular la máxima pendiente admisible para una velocidad final $V_f = 5$ m/s.

Por otro lado, señala la Guía de la OPS, que cuando la velocidad final (V_f) sea superior a la velocidad crítica (V_c), la altura máxima de lámina líquida admisible debe ser 0,5 del diámetro del colector, asegurando la ventilación del tramo. La velocidad crítica es definida por:

$$V_c = 6\sqrt{gR} \quad (3.8)$$

Donde:

V_c = Velocidad crítica (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

R = Radio hidráulico (m)

En este sentido, en la siguiente tabla, se muestra la velocidad máxima para tuberías de alcantarillado en m/s:

Tabla 3.2: Velocidad Máxima para tuberías de alcantarillado (m/s)

Material de la tubería	Agua con fragmentos de arena y grava
Asbesto, Cemento	3.0
Hierro Fundido Dúctil	3.0
Cloruro de Polvinio	6.0
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	3.0
Arcilla Vitrificada	3.5
Concreto Armado de: 140kg/cm ²	2.0
210kg/cm ²	3.3
250kg/cm ²	4.0
280kg/cm ²	4.3
315kg/cm ²	5.0
Concreto Armado de Curado al vapor ≥ 280 kg/cm ²	6.6

Fuente: Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado de la Organización Panamericana de la Salud (2005)

De esta misma forma, las pendientes mínimas de diseño de acuerdo a los diámetros y según lo señalado en la citada Guía de la OPS, serán aquellas que satisfagan la velocidad mínima de 0.90 m/s fluyendo a tubo lleno. Por este propósito, la pendiente de la tubería algunas veces incrementa en exceso la pendiente de la superficie del terreno.

3.2.9 Clasificación de flujos

El flujo de un canal, de acuerdo con Guillén (2013), depende básicamente de los efectos de las fuerzas viscosas y de gravedad, existen pues dos regímenes en el escurrimiento de los fluidos, a saber, los siguientes:

1. El Régimen laminar, Capilar, estratificado o de poiseuille y el régimen turbulento llamado también hidráulico. El régimen laminar ocurre muy raramente en los canales debido a la baja viscosidad cinemática del agua que es propio de corrientes y de velocidades pequeñísimas.
2. El régimen Turbulento o Hidráulico, es propio de canales abiertos, donde nos permite definir la profundidad y velocidad media en una sección como las características que define el tipo de flujo en un canal.

3.2.10 Periodo de Retorno

De acuerdo al Manual de Drenaje del Ministerio de Obras Públicas de Venezuela (1974), el periodo de retorno o tiempo de retorno se le conoce como la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura

y el riesgo de falla aceptable, dependiendo, este último, de factores económicos, sociales, ambientales, técnicos y otros.

En este mismo sentido, Pizarro (2013), sostiene que, el periodo de retorno, es uno de los parámetros más significativos a ser tomado en cuenta en el momento de dimensionar una obra hidráulica destinada a soportar avenidas, como, por ejemplo: el vertedero de una presa, los diques para control de inundaciones; o una obra que requiera cruzar un río o arroyo con seguridad, como puede ser un puente. El periodo de retorno también se define como el intervalo de recurrencia (T), al lapso promedio en años entre la ocurrencia de un evento igual o mayor a una magnitud dada. Este periodo se considera como el inverso de la probabilidad, del mismo evento de los registros.

3.2.11 Las curvas intensidad, Duración, Frecuencia (IDF)

La Curva Intensidad Duración Frecuencia, de acuerdo con Castaldo y Nowak (2018), representa la intensidad (I) o magnitud de una lluvia fuerte expresada en milímetros por hora, para una duración (D) determinada que usualmente puede ser 30, 60, 90, 120 o 360 minutos y que se estima tiene una probabilidad de ocurrencia, o frecuencia (F) expresada en años, lo que también se conoce como periodo de retorno y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$i = \frac{P}{Td} \quad (3.9)$$

Donde:

i = intensidad

P= Duración

Td= Tiempo de retorno

3.2.12 Bocas de visita

De acuerdo al Manual de Drenaje del Ministerio de Obras Públicas de Venezuela (1974), las bocas de visita, son “elementos colocados en la vía con la finalidad de permitir el acceso desde la superficie, a las instalaciones de los servicios públicos subterráneas, como las tuberías de un sistema de alcantarillados, las redes de las instalaciones eléctricas, entre otras” (p. 12). Estos elementos o mecanismos, permiten realizar inspecciones y mantenimientos al sistema de drenaje y alcantarillado. En el mencionado Manual, se indica que, la instalación de las bocas de visita se realiza al momento de presenciarse los puntos siguientes:

1. En la unión de uno o más drenes.
2. En cambios de diámetro de la tubería.
3. En los puntos donde la pendiente disminuye abruptamente.
4. En las curvas horizontales agudas.
5. En alineamientos rectos las distancias máximas entre bocas de visita deberán ser: Tuberías de 18”, 100 m. Tuberías de 24” a 36”, 120 m. Tuberías de 42” a 48”, 220 m. Tuberías mayores de 48”, 350 m.

3.2.13 Escorrentía

La escorrentía según Arias y Granados (2019) es uno de los procesos básicos en el ciclo del agua, ya que este se produce cuando la lluvia cae sobre la Tierra nuevamente y no se queda allí “debido a las leyes de gravedad que también afectan al agua, por lo que esta busca filtrarse a través del suelo y de acuerdo con el factor de impermeabilidad de este, atravesará cierta cantidad y pasará a ser escorrentía” (p. 29). Y que,

dependiendo de lo profundo de la filtración de esta agua, puede ser una superficial, hipodérmica o subterránea.

Igualmente, y de acuerdo con lo señalado por los autores, en la hidrología la escorrentía de una cuenca de drenaje; esta se calcula y mide en unidades de longitud superficial, generalmente en milímetros, midiéndose entonces la altura del agua de lluvia filtrada, que es lo que resulta en la superficie. Atendiendo entonces a este concepto, de escorrentía superficial, Arias y Granados (2019), continúan explicando lo siguiente:

La escorrentía superficial se refiere al flujo del agua proveniente de la lluvia, deshielo u otras fuentes, que fluye o se transporta por encima del suelo, vegetación u otro tipo de cobertura del suelo, esta a su vez también es conocida como flujo terrestre. Es importante tener en cuenta que la escorrentía superficial se debe principalmente a la impermeabilidad que tiene el material o suelo sobre la que esta se transporta, ya que, de acuerdo con esto, gracias a la ley de la gravedad esta se puede filtrar a través del suelo hasta convertirse en escorrentía subterránea y transportarse a través de este. Además, la escorrentía superficial también se vincula de acuerdo con el nivel de saturación del suelo, ya que de acuerdo con la capacidad de este se puede tener una mayor cantidad de agua que no filtre y permanezca sobre la superficie. (p. 30)

En función de lo indicado, la escorrentía superficial tiene directa relación con la impermeabilidad del suelo o material sobre la que se produzca; y, en las zonas urbanizadas, se incrementa la escorrentía superficial en aquellos lugares de mayor impermeabilidad como el pavimento, las edificaciones y sus techos, con la consecuente dificultad de que estos no permiten la filtración del agua hasta el suelo, por medio de la fuerza de la gravedad.

En este mismo sentido, Guillén (2013), sostiene que como fórmula de cálculo para los niveles o coeficientes de escorrentía, se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema del suelo y que, de acuerdo a lo que señala la teoría de Horton, se forma cuando las precipitaciones superan la capacidad de infiltración del suelo. De acuerdo con el autor, el coeficiente de escorrentía se calcula, aplicando la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\sum (cxa)}{\sum a} \quad (3.10)$$

Donde:

c = coeficiente de escorrentía para cada una de las áreas parciales

a = áreas parciales

C = coeficiente de escorrentía promedio del área drenada

Siendo los Valores de “c” para superficies Min. Máx. Adoptado Min Max adaptado, los siguientes:

1. Techos impermeables 0.70 0.95 0.80.
2. Pavimentos en buen estado 0.85 0.90 0.90.
3. Superficies sin pavimentos, patios, etc. 0.10 0.30 0.20

3.2.14 Aguas residuales

Las aguas residuales, de acuerdo con Moya (2010), pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después

de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias” (p. 11). En este sentido, el autor clasifica las aguas residuales de la siguiente manera:

1. Aguas residuales de origen domestico: Son aquellas aguas provenientes de los hogares, concretamente de inodoros, lavaderos, duchas, cocinas y demás factores domésticos que generen aguas residuales.
2. Aguas lluvias: Son aquellas aguas provenientes de la lluvia, por lo que su principal particularidad es que provienen de la precipitación pluvial y que esta cae en las zonas superficiales de la tierra que tienen diferentes características impermeables, por lo que de acuerdo con esto se tendrá en cuenta el porcentaje de agua útil y residual que atraviesa. Este tipo de aguas, también se caracteriza por la gran cantidad de solidos suspendidos que trae con ella de acuerdo con el nivel de contaminación que hay en la atmosfera de la Tierra.
3. Infiltración y caudal adicionales: las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de aguas de lluvias.
4. Pluviales: son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otro escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

3.2.15 Sistemas de tratamiento de aguas residuales

Las descargas de aguas residuales, de acuerdo con el Grupo Acura (2022), pueden tener tres destinos: “el alcantarillado municipal; los cuerpos receptores, ya sean cursos de agua (arroyos, lagos, ríos) o ambientes marinos (bahías, esteros, estuarios, golfos) o el reúso en sistemas de enfriamiento, mingitorios, lavado de camiones o reúso en sistemas cero descargas” (p. 1). De acuerdo con la organización, hay dos tipos de tratamientos en las plantas de tratamiento de aguas residuales: aerobio y anaerobio. Cada uno implica procesos y sistemas diferentes, aunque ambos tienen como propósito eliminar las impurezas, sobre lo cual, el organismo señala:

1. Tratamiento aerobio. Son sistemas que requieren de equipo mecánico (aireadores, bombas, compresores y sopladores) que implican un mantenimiento constante y un alto consumo eléctrico. Su eficiencia no es muy alta y necesita de la presencia de un operador.
2. Tratamiento anaerobio. Son sistemas naturales con filtros de arena y piedra. No requiere de equipos mecánicos o eléctricos y tampoco de un operador. Su eficiencia es mayor y garantiza un efluente limpio y sano para el ambiente.

3.2.16 Disposición final de aguas residuales

De acuerdo con Melgarejo (2015), el vertido final del agua tratada puede ser: 1. Llevada a un río o arroyo; 2. Vertida al mar en proximidad a la costa, 3. Vertida al mar mediante un emisario submarino, llevándola a varias centenas de metros de la costa o, 4. Reutilizarla para riego y otro apropiados” (p. 44). Generalmente, el vertido final de las aguas residuales es los cauces de los ríos, como es el caso de la situación analizada en el estudio, en donde estas aguas se vierten en el Río Orinoco.

3.2.17 Inundaciones

De acuerdo a lo señalado por Palacio (2011), se entenderá por “niveles de inundación aceptables, a las alturas máximas de agua permitidas en las calles y avenidas, así como en las otras superficies urbanas, después de una precipitación, las cuales pueden o no originar las áreas inundables” (p. 17), Estas áreas inundables resultan de las superficies diferentes de las planicies inundables, pudiendo ocuparse por largo tiempo por aguas provenientes del escurrimiento superficial.

3.3 Bases Legales

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (1999)

Artículo 127: Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bioéticos regulará la materia. Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley. (p. 12)

El citado artículo enmarca normativamente la investigación, por cuanto se establece el deber de los ciudadanos de proteger al ambiente, para lo cual resulta indispensable la colaboración de la colectividad en conjunto de las entidades de gobierno, quienes deben unificar esfuerzos para la ejecución de acciones que protejan las estructuras y sistemas de servicios públicos, como es el sistema de alcantarillado.

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. (p. 12)

El artículo es base legal del estudio, debido a que se establece la obligación del Estado, de emprender políticas de ordenación del territorio, desarrollo urbanístico, planificación, evaluación y mejora continua de los servicios públicos prestados a las comunidades, en donde se encuentra el servicio de tratamiento y disposición de aguas residuales o lo que comúnmente se denomina, aguas negras.

Ley Orgánica de Ordenación del Territorio de Venezuela. (1983)

Artículo 2: A los efectos de esta Ley, se entiende por ordenación del territorio de regulación y promoción de la localización de los asentamientos humanos, de las actividades económicas y sociales de la población, así como el desarrollo físico espacial, con el fin de lograr una armonía entre el mayor bienestar de la población, la optimización de la explotación y uso de los recursos naturales y la protección y valorización del medio ambiente, como objetivos fundamentales el desarrollo integral. (p. 1)

El citado artículo es marco legal de la investigación, ya que se conceptualiza legalmente lo que significa la ordenación del territorio en el país, en donde se consideran las condiciones en las que se realizará el poblamiento de las comunidades y en las cuales, invariablemente, debe programarse adecuados sistemas de tratamiento, recolección y tránsito de aguas negras, para lo cual, el sistema de alcantarillado es indispensable.

Artículo 19: Los planes de ordenación urbanística contendrán: 1) La delimitación, dentro del área urbana, de las áreas de expansión de las ciudades; 2) La definición del uso del suelo urbano y sus densidades; 3) La determinación de los aspectos ambientales tales como la definición del

sistema de zonas verdes y espacios libres y de protección y conservación ambiental, y la definición de los parámetros de calidad ambiental; 4) La ubicación de los edificios o instalaciones públicas y en especial, los destinados a servicios de abastecimiento, educacionales deportivos, asistenciales, recreacionales y otros; 5) El sistema de vialidad urbana y el sistema de transporte colectivo y las principales rutas del mismo; 6) El sistema de drenaje primario...(p. 5)

El artículo enmarca normativamente la investigación, por cuanto se establece el contenido de lo que, legalmente se considera como ordenación urbanística en Venezuela, en donde se encuentra de forma precisa, factores elementales para las comunidades; como lo es el sistema de drenaje primario, además del sistema de vialidad; los cuales se encuentran estrechamente vinculados, por cuanto el sistema de alcantarillado se localiza en la carreteras, calles y avenidas.

Ley Orgánica de Modelación Urbanística de Venezuela. (1987)

Artículo 2: La ordenación urbanística comprende el conjunto de acciones y regulaciones tendentes a la planificación, desarrollo, conservación y renovación de los centros poblados. (p. 1)

El artículo citado es marco normativo de la investigación, por cuanto se establece el concepto de ordenación urbanística para la legislación en Venezuela, que se identifica como la planificación, desarrollo y conservación de las comunidades en los distintos estados del país, y dentro de la cual, se encuentra de forma importante, el sistema de alcantarillado del que hacen uso los habitantes de cada centro poblado.

Artículo 22: Los planes de ordenación urbanística establecerán los lineamientos de la inversión pública y de orientación de la inversión privada en el ámbito territorial del plan, todo en función de la política habitacional, de renovación urbana, de vialidad y demás servicios comunales y urbanos y de los demás aspectos de la política de desarrollo urbano formulada por el Ejecutivo Nacional. (p. 3)

Lo señalado en el artículo, enmarca normativamente la investigación, por cuanto se establece el contenido de los planes de ordenación urbanística en Venezuela, en donde se debe considerar invariablemente, el diseño, evaluación y seguimiento constante del sistema de drenaje, como factor indispensable no solo para el funcionamiento correcto de cada hogar sino de la vialidad y de las actividades comerciales e industriales de cada ciudad.

Artículo 24: Los planes de ordenación urbanística contendrán: 1. Definición estratégica del desarrollo urbano, en términos de población, base económica, extensión del área urbana y control del medio ambiente. 2. La Delimitación de las áreas de posible expansión de las ciudades. 3. La definición del uso del suelo y sus intensidades. 4. 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. 5. El sistema de vialidad urbana primaria. 6. La red de abastecimiento de agua potable y cloacas. 7. El sistema de drenaje primario...(p. 4)

El citado artículo enmarca normativamente la investigación, por cuanto se establece el deber de los ciudadanos de proteger al ambiente, para lo cual resulta indispensable la colaboración de la colectividad en conjunto de las entidades de gobierno, quienes deben unificar esfuerzos para la ejecución de acciones que protejan las estructuras y sistemas de servicios públicos, como es el sistema de alcantarillado.

Normas Generales para el proyecto de Alcantarillados de la República Bolivariana de Venezuela. (1999)

Artículo 6: Gastos del Proyecto: Sistemas para aguas pluviales: El gasto máximo a considerar será el originado exclusivamente por las aguas de Lluvia.

Artículo 14: Calculo del gasto de proyecto en sistemas de aguas pluviales En el cálculo citado, se deberán utilizar los periodos de retorno de lluvia siguientes: Para zonas residenciales de 2 a 15 años. Para zonas comerciales

y de elevado valor de 5 a 15 años dependiendo de su justificación económica y Para obras de canalización de cursos naturales, ríos o quebradas 50 años o más. El tiempo de duración que debe considerarse para la determinación de la intensidad de lluvia no será inferior a 5 minutos. En cada caso se fijará el tiempo de precipitación, de acuerdo a las condiciones locales. La frecuencia de precipitación se escogerá de acuerdo a la importancia de la localidad y a los daños, perjuicios y molestias que las inundaciones pueden causar al público, comercios, industrias e instituciones de la localidad. Para la determinación de las intensidades de lluvia en relación con la frecuencia del proyecto, se utilizarán las curvas de intensidad- duración para las determinadas frecuencias de lluvia de la localidad ejecutadas por los servicios de Hidrología Nacional. (p. 13)

Igualmente, en el artículo se señala que, para el cálculo del tiempo de concentración, deberán considerarse el tiempo de entrada, o sea el tiempo necesario para que el agua llegue al sumidero de una alcantarilla o colector; además del tiempo de recorrido dentro de los conductos del sistema hasta el punto en consideración; incluyendo la consideración de la pendiente media de la superficie a drenar y la naturaleza de la superficie cubierta.

Artículo 18: Diámetro Mínimo de los Colectores En sistemas de alcantarillados para aguas servidas será ϕ 20cm. En sistemas de alcantarillados para aguas pluviales y sistema único será ϕ 25 cm. (p. 13)

Artículo 20: Hidráulica de Alcantarillado: El gasto con el cual se ha de calcular cualquier tramo de un sistema de alcantarillado, será el correspondiente al extremo inferior del mismo. El régimen se considerará como permanente y uniforme, salvo en casos muy especiales debidamente justificados. Todos los colectores de sección cerrada, cualquiera sea su forma, se calcularán a capacidad plena, pero sin presión. En casos especiales podrán trabajar a presión, previa justificación hidráulica, así como el uso del material adecuado. (p. 14)

Lo expresado en los artículos citados, enmarca normativamente la investigación, por cuanto se establecen las consideraciones para los materiales y para el gasto o la hidráulica del alcantarillado, de acuerdo a lo requerido para las localidades

venezolanas, bien sean urbanas o rurales, que, de acuerdo a su tipología, el sistema de alcantarillado presentará características específicas.

Artículo 23: Velocidad Mínima: La velocidad mínima a sección llena, en colectores de alcantarillados de aguas servidas, será de 0,60 m/s La velocidad mínima a sección llena, en colectores de alcantarillados de aguas pluviales será 0,75 m/s. En casos especiales, cuando no se disponga de la pendiente mínima demandada por el diámetro, se permitirá usar un diámetro menor al requerido siempre y cuando se obtenga mayor velocidad real en el caso considerado. (p. 14)

Artículo 24: Velocidad Máxima La velocidad máxima a sección llena en colectores de alcantarillados, dependerá del material a emplear en los mismos Las velocidades máximas admisibles, según el material de los colectores, serán las siguientes:

Tabla 3. 3: Velocidades máximas admisibles para colectores

Material de la tubería	Velocidad límite en m/s
a) Concreto	
Roc28x210 kg/cm ²	5,00
Roc28x280 kg/cm ²	6,00
Roc28x350 kg/cm ²	7,5
Roc28x420 kg/cm ²	9,5
b) Arcilla Vitrificada	6,00
c) P.V.C.	4,5
d) Hierro fundido, Acero	Sin límite

Los citados artículos son marco legal de la investigación, por cuanto se establecen las velocidades mínimas y máximas que deben considerarse en el diseño de los sistemas de alcantarillado en las localidades venezolanas; esto, haciendo referencia al llenado de colectores de las alcantarillas.

Normas sanitarias para el proyecto, construcción, ampliación, reforma y mantenimiento de las instalaciones sanitarias para desarrollos urbanísticos. (1989)

Artículo 123: La profundidad mínima para la colocación de los colectores para conducción de aguas residuales o aguas de lluvia, medida del lomo de los colectores será de 1,15 m determinada en cualquier caso por la profundidad de la tubería de distribución de agua potable, salvo en casos especiales, para los cuales se presentará la justificación técnica necesaria y se agregará al diseño de protección especial requerida. En todo caso el material y clase de apoyo de la tubería estará determinado por las cargas máximas que deberá soportar. (p. 27)

El citado artículo enmarca normativamente la investigación, por cuanto se establece la profundidad mínima para la colocación de los colectores que forman parte de los sistemas de alcantarillado de las localidades venezolanas, y así mismo, se señalan las condiciones para agregar el material de apoyo que componen el mencionado sistema de alcantarillas.

Artículo 130: Deberá calcularse en cada caso de las distancias entre los sumideros. En general se colocarán sumideros en los siguientes sitios: Puntos bajos y depresiones en las calzadas. Intersecciones de avenidas y calles y aguas arriba de los cruces para peatones. Accesos a los puentes. En calles donde la acumulación de agua moleste el tránsito, en sectores comerciales y zonas residenciales de alta densidad. En todos aquellos sitios donde el proyectista considere necesario. (p. 29)

Artículo 131: Para la captación y la descarga de las aguas de lluvia a los cursos naturales, se proyectarán y se construirán los dispositivos adecuados para tal fin. (p. 29)

Lo señalado en los artículos citados, enmarca normativamente la investigación, por cuanto se establece el procedimiento y las variables a considerar para la colocación de los sumideros en las diferentes zonas que conformen la red o sistema de alcantarillado, en las localidades del país.

3.4 Sistema de variables

Las variables son las características del fenómeno a estudiar, tal como lo señalan Fonarellas y Bolaños (2012) “son fenómenos cuyas propiedades pueden cambiar de valor y esta variación es susceptible de ser medida. Se trata de una característica observable o aspecto discernible en un objeto de estudio que puede adoptar diferentes valores o expresarse en varias categorías”. (p. 39). En este sentido, en el estudio se evidenciaron las siguientes variables:

Variable nominal: Sistema de modelación para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar.

Variabes reales:

1. Estructura del sistema de alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar.
2. Necesidades para escurrimiento y drenaje del alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar.
3. Características del sistema de drenaje urbano dual para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar.
4. Modelación numérica para elementos de captación, conductos y unión de conductos en la modelación del alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar.

3.4.1 Operacionalización de las variables

Al referirse a la operacionalización de las variables, Arias (2012), señala “es el proceso mediante el cual se transforma la variable de conceptos abstractos a términos concretos, observables y medibles, es decir, dimensiones e indicadores”. (p. 62). En base a lo expuesto, en la investigación se realizó la operacionalización de variables de acuerdo con Arias (2012), que indica “se representan en un cuadro, contentivo de la definición nominal o conceptual de la variable según teorías, luego la definición real, que es la descomposición de la variable y, la definición operacional, que establecerá dimensiones, procedimientos e instrumentos de medición”. (p. 63). En la tabla 1, se muestra la Operacionalización de variables realizada:

Tabla 3. 4: Operacionalización de las variables

Objetivo General: Proponer un sistema de modelación para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar					
Variable Nominal	Objetivos	Variabes Reales	Indicadores	Medición	Técnicas e Instrumentos
Sistema de modelación para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar la estructura del sistema de alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial - Describir las necesidades para escurrimiento y drenaje del alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial - Establecer las características del sistema de drenaje urbano dual para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial - Plantear la modelación numérica para tejados, calles, elementos de captación, conductos y unión de conductos en la modelación del alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial 	<ul style="list-style-type: none"> - Estructura del sistema de alcantarillado - Necesidades para escurrimiento y drenaje del alcantarillado - Características del sistema de drenaje urbano dual para el alcantarillado - Modelación numérica para tejados, calles, elementos de captación, conductos y unión de conductos en la modelación del alcantarillado 	<ul style="list-style-type: none"> -Estado del alcantarillado. - Sumideros. - Brocales. - Escorrentía - Aguas residuales - Drenaje -Caudal. - Velocidad. -Perímetro -Radio -Área de la cuneta -Velocidad 	<p>Normas COVENIN y Ministerio de Obras Públicas</p> <p>Ecuaciones tipo orificio y vertedero</p>	<p>Observación</p> <p>Revisión documental</p> <p>Lista de cotejo</p> <p>Software de simulación hidráulica</p>

Fuente: Los Autores (2022)

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Desde la perspectiva metodológica, el proyecto se abordó como investigación de tipo propositiva, que de acuerdo con Maldonado (2018), “consiste en la elaborar, establecer o proponer alternativas viables para la solución de problemas, necesidades o requerimientos en las organizaciones”. (p. 102). De acuerdo con lo señalado, la investigación propositiva se basa en realizar un planteamiento, plan o diseño que procura disminuir las debilidades o inconsistencias observadas en el proceso.

Debido al concepto señalado anteriormente, el presente estudio se desarrolló como investigación de tipo propositiva o proyecto factible, que consiste en la proposición de alternativas de solución a un problema previamente detectado, que, en este caso es la propuesta de un sistema de modelación para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar.

4.2 Diseño de investigación

El diseño está conformado por diversas técnicas y procedimientos que se utilizan para fundamentar la investigación. El estudio posee un diseño de campo con apoyo documental. En este sentido, la investigación de campo es definida por Hurtado de la Barrera (2012) como “aquellos estudios que se desarrollan en la realidad donde sucede el fenómeno, por lo cual los datos de este tipo de investigaciones, son considerados primarios”. (p. 83).

El diseño de la investigación, se corresponde con la estructura metodológica del estudio y, en este caso, la investigación se desarrollará con un diseño de campo, por cuanto los datos se recolectarán en la realidad o contexto natural donde se desarrolla el fenómeno de interés al investigador, que es en el Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población de la investigación

Para desarrollar la investigación, es necesario estudiar una población, sobre la cual Heinemann (2019) señala “se asume como el total de unidades que pudieran ser observadas en la investigación y que se encuentran inmersas dentro del universo en estudio” (p. 201). Se trata entonces, de todos los elementos de los que el investigador extrae los datos para el estudio.

La población se considera como todas aquellas personas, entidades u objetos que reúnen potencialmente las características que se pretenden estudiar o que se relacionan con el tema de interés, y en este caso, la población estará representada por la red de alcantarillado del Paseo Orinoco, Ciudad Bolívar – estado Bolívar.

4.3.2 Muestra de la investigación

Cuando la población es muy extensa o es de difícil acceso al investigador, se selecciona una muestra, que es definida por Heinemann (2019), señala “es una porción de objetos o sujetos que resulta representativa de la población” (p. 201). Es decir, la muestra es una porción de la población en estudio, y en este caso; la muestra estará representada por la red de alcantarillado del Paseo Orinoco, específicamente el tramo comprendido en el Comando Fluvial de Ciudad Bolívar – estado Bolívar.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos, son aquellos dispositivos, formatos o mecanismos para obtener la información de interés en el estudio y, en la presente investigación, se emplearán las siguientes:

1. Observación directa: Heinemann (2019) señala que “consiste en el registro de conductas para obtener la información del estudio. Estas conductas deben suministrar los datos al investigador, por lo cual deben ser repetitivas o predecibles” (p. 214). En este sentido, la observación se empleará para recopilar la información necesaria, específicamente, en cuanto al sistema de alcantarillado existente en la actualidad, las necesidades que debe cubrir en el sector evaluado y desarrollar la respectiva revisión documental en el estudio.
2. Listas de cotejo: son definidas por Sierra y Caballero (2021) como “formularios que permiten registrar la información obtenida en el proceso investigativo, ordenándola de acuerdo al juicio del investigador y las necesidades que los datos requieran” (p. 104). En este caso, estas listas de cotejo se utilizarán para registrar las interacciones que el investigador evidencia mediante la observación y realizar de esta manera, el análisis de la realidad en estudio, las necesidades y requerimientos del alcantarillado en Paseo Orinoco, específicamente, el tramo comprendido en el Comando Fluvial de Ciudad Bolívar – estado Bolívar.
3. Revisión bibliográfica: al referirse a la revisión documental, Triviños (2015), señala “es la etapa de investigación que permite registrar las fuentes de información, así como organizar y sistematizar la información teórica y empírica contenidas en libros, informes y otros documentos, para utilizarla a fin de tener conocimiento del objeto de estudio”. (p. 177). De acuerdo a lo señalado

por el autor, la revisión documental se empleará para sustentar teóricamente el estudio, además para identificar las actividades y procedimientos inmersos en los procesos modelación y diseño de alcantarillados evaluados, para posteriormente, seleccionar el que se propondrá en el presente estudio.

4. Uso de software de simulación hidráulica, por medio del SWMM 5.1.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Descripción del área de estudio / estado actual

El área analizada se encuentra en Ciudad Bolívar – estado Bolívar; localizada a una Longitud de $063^{\circ}32'27.1''$, y una Latitud de $N8^{\circ}7'45.23''$, a 54 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), y a 422Km de la desembocadura del Río Orinoco. La ciudad es catalogada con un Clima Tropical Seco, según la clasificación climática de Köppen, y de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), este clima varía según las zonas; así, presentándose altas temperaturas en las áreas bajas que alcanzan los 27°C de promedio, y lluvias abundantes.

Esta variación de los climas, se debe a la altitud y los vientos dado que la latitud (entre los 4° y 8° de latitud Norte) sitúa a Ciudad Bolívar en la franja ecuatorial; y, las tierras del norte bajas y sometidas a la influencia de los vientos del este y noreste se caracterizan por una época de lluvia y otra de sequía ambas muy marcadas; mientras que, las tierras del sur reciben vientos cargados de humedad de la depresión amazónica y del sudeste que se condensan al contacto de las elevaciones produciendo intensas lluvias superiores a los 1600 mm.

En este contexto, el sistema de alcantarillado evaluado en el presente estudio, se encuentra ubicado en el Paseo Orinoco de Ciudad Bolívar – estado Bolívar, el cual se extiende a 1,5 kilómetros frente al Río Orinoco, de donde deriva el nombre de la zona local; específicamente, a en el sector del Comando Fluvial, tal como se muestra en las siguientes imágenes satelitales:

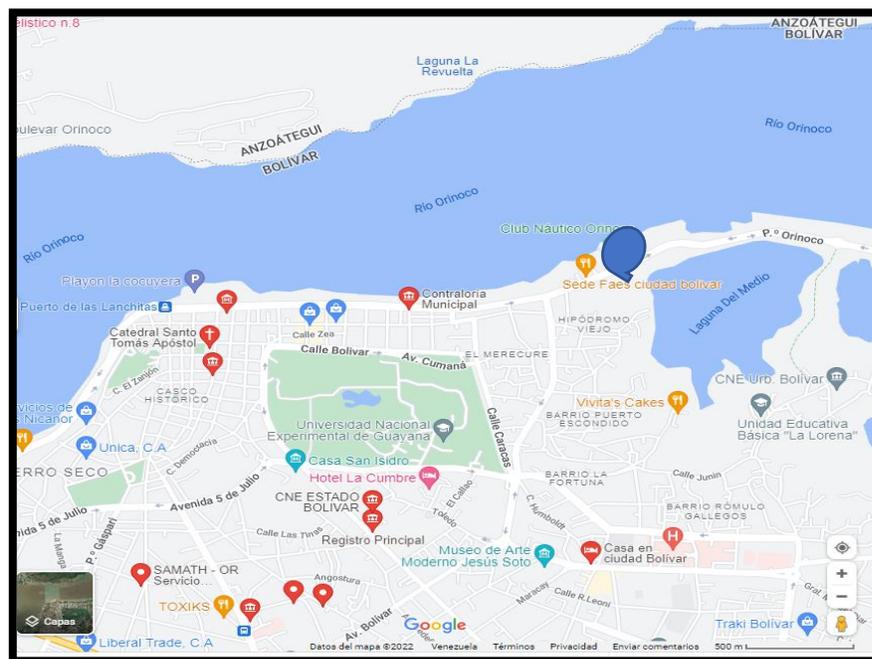


Figura 5. 1: Satelital de la zona en estudio. (Fuente: Google maps, 2022)



Figura 5. 2: Vista satelital en relieve, de la zona en estudio. (Fuente: Google maps, 2022)

Igualmente, en la siguiente imagen, se identifican las zonas de acceso al área en estudio:



Figura 5. 3: Vías de acceso al área estudiada. (Fuente: Google maps, 2022)

En este sentido, en el sector analizado se descargan todas las aguas residuales al Río Orinoco a través de seis puntos aguas abajo y otro punto que está aguas arriba de la Toma del Acueducto, tal como se muestra en la siguiente imagen:



Figura 5. 4: Descarga de las aguas residuales al Río Orinoco. (Fuente: Lanz, 2016)

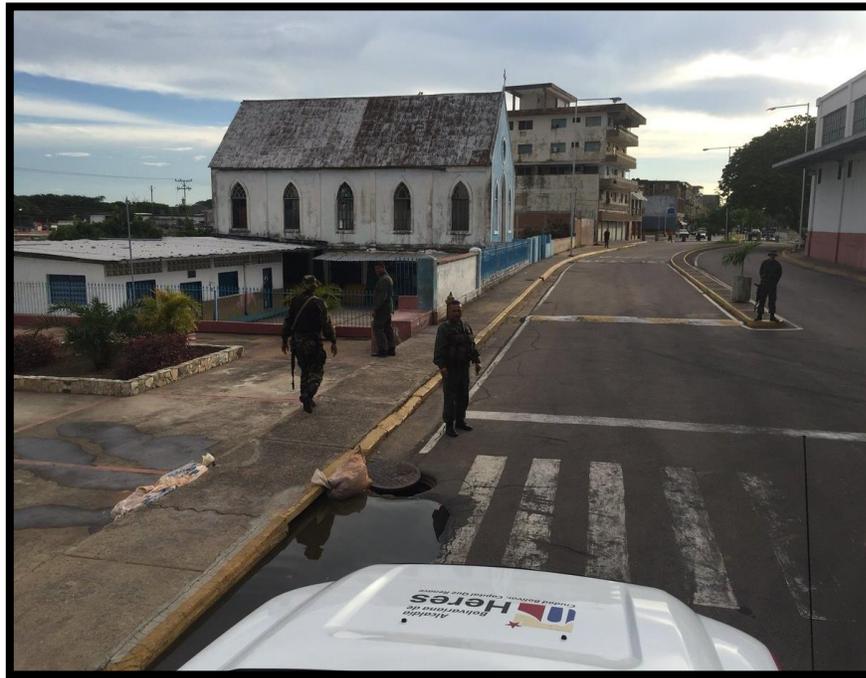


Figura 5. 5: Estado de las bocas de visitas colapsadas del Sector Comando Fluvial.
(Fuente: Diario Primicia, 2021)



Figura 5. 6: Estado de las bocas de visitas colapsadas del Sector Comando Fluvial.
(Fuente: Diario Primicia, 2021)



Figura 5. 7: Estado de las cloacas colapsadas en la parte posterior del Comando Fluvial. (Fuente: Diario Primicia, 2021)



Figura 5. 8: Estado de las cloacas colapsadas en la parte posterior del Comando Fluvial. (Fuente: Diario Primicia, 2021)



Figura 5. 9: Alcantarillas colapsadas en el Paseo Orinoco. (Fuente: Prensa Bolívar, 2022)



Figura 5. 10: Alcantarillas colapsadas en el Paseo Orinoco. (Fuente: Prensa Bolívar, 2022)

Además de esta problemática de la obstrucción de bocas de visitas, desbordamiento de cloacas y vertido de aguas residuales desde el sistema de alcantarillado, de acuerdo con el Informe de la Situación del Servicio Público de acceso al Agua Potable en Venezuela (2021), realizado por la Red Aula Abierta y el Centro de Justicia y Paz (CEPAZ), las redes de distribución de agua provenientes de la planta de Tratamiento Angostura se evidenciaron concentraciones considerables de oxígeno

disuelto, el cual puede crear una película (mezcla de carbonato de calcio, carbonato ferroso y capas pasivas de óxido férrico) sobre las tuberías de hierro no revestidas, además de promover la formación de hierro ferroso que cuando se desprende en el agua, puede ser fácilmente re-oxidado por el aire o al contacto con un desinfectante, causando agua turbia y coloreada.

Igualmente, señala el citado informe, al Río Orinoco, en la zona norte de Ciudad Bolívar, le descargan 11 colectores de aguas servidas urbanas que, en su mayoría, contienen una carga bacteriológica considerablemente importante que pudiera estar afectando la toma de agua cruda para fines potables. Por lo que se puede decir que el agua de las redes de distribución de Ciudad Bolívar presentó valores de pH que corresponden a aguas ligeramente ácidas (lo que puede ser atribuido a la generación de iones H^+ durante el tratamiento de desinfección con compuestos clorados, acelerando los procesos de corrosión).

Además, indica el Informe de la Situación del Servicio Público de acceso al Agua Potable en Venezuela (2021), la red de distribución de agua presentó altos niveles de oxígeno disuelto, aumentando la actividad corrosiva del agua. En resumen, la eficiencia del sistema de tratamiento y la calidad del agua potable (parámetros físicos y bacteriológicos dentro de lo que establece la Norma Sanitaria), desde el punto de vista químico, presenta condiciones ligeras de acidez y características de aguas levemente duras, lo cual deteriora las instalaciones y tuberías, mientras que altas concentraciones de hierro otorgan cierta turbidez y coloración al agua.

Esta problemática, no es novedad, sino que se presenta de manera sostenida en la localidad bolivarense, desde hace muchos años; dado lo que señala Rodríguez (2012), en donde indica que, debido a la longitud y caudal del Río Orinoco, este debe ser analizado por tramos, sectores o cuerpos de agua que genere, por sus zonas de

navegación, o por áreas de contacto humano total o parcial. Es por ello que los indicadores bacteriológicos y sus parámetros fisicoquímicos variarán en función a las actividades humanas que se realicen en el entorno, al igual que en otros ríos. En este sentido, en los cuerpos de agua del río Orinoco analizados en la investigación de Rodríguez (2012), destaca lo siguiente:

1. La contaminación bacteriana en los sectores Desembocadura del Río San Rafael, La Cruz del Perdón y La Alameda, justamente frente a Ciudad Bolívar, producto de las descargas no controladas que se producen en la margen derecha del río.
2. El sector La Alameda mostró niveles de bacterias heterótrofas totales de hasta $3,6 \times 10^6$ UFC/100 ml y recuentos de clostridios sulfito-reductores, coliformes y enterococos superiores a los demás analizados, lo cual pudiera explicarse porque geográficamente está ubicado río abajo en comparación con los anteriores y el efecto de las descargas es sumativo.
3. El estudio bacteriológico del agua del río Orinoco, tramo Ciudad Bolívar, indica que el agua procedente de los sectores Desembocadura del Río San Rafael, Sector La Cruz del Perdón y Sector La Alameda no es apta para el contacto humano porque sus recuentos exceden los límites de la norma sanitaria vigente para este tipo de aguas.

De igual forma, otro Informe que destaca la problemática del sistema de alcantarillado local y del vertido de aguas servidas en el Río Orinoco desde hace algún tiempo, es el de la Contraloría General de la República (2010), en donde se destaca que el problema persiste por las pocas acciones de las alcaldías e HIDROBOLÍVAR, entes con competencia en la recolección y distribución del agua, también señala que la falta de educación ambiental de la población, el rápido crecimiento de áreas marginales, con

toda la implicación de pobreza y problemas de contaminación ambiental. Sin embargo, el MINAMB debe tener el control y la vigilancia para que los organismos competentes cumplan con los parámetros establecidos en las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluente Líquidos.

Por otro lado, otra de las situaciones visibles y de riesgo, se deben no solo al estado actual de la red de alcantarillado, sino también al riesgo de inundaciones, como consecuencia de las lluvias en la localidad y de la localización de comunidades y especialmente, del sector comercial en el Paseo Orinoco, en donde existe peligros potenciales de inundaciones en los casos de que el río alcance niveles de creciente significativo; como señala Rodríguez (2012):

Se originarían una serie de taponamientos masivos de los distintos canales de desagüe, generándose por consiguiente, un contraflujo de corriente que por la presión de la misma rebasaría la capacidad de absorción del sistema de la red de drenaje y alcantarillado haciendo que estos colapsen, seguidamente, al no poder éstos evacuar los excesivos volúmenes de agua provenientes del río Orinoco, se darían lugar un anegamiento total y masivo a lo largo y ancho de la parte baja del casco histórico del Paseo Orinoco. (p. 27)

Tal situación, se evidencia en las crecientes del río, ocurridas en los años 1943 18,03 msnm, la de 1976, con 18,04 msnm, y la más reciente, en el año 2018, en donde alcanzó la cota máxima de 18,34 msnm, siendo esta la segunda mayor crecida del Río Orinoco, desde el año 1892 en donde alcanzó la cota máxima registrada a la fecha, con 19,14 msnm. A continuación, se muestran imágenes de las franjas inundables de Ciudad Bolívar, en el Sector Paseo Orinoco y zonas aledañas al Comando Fluvial de Ciudad Bolívar, que es el área objeto de estudio:

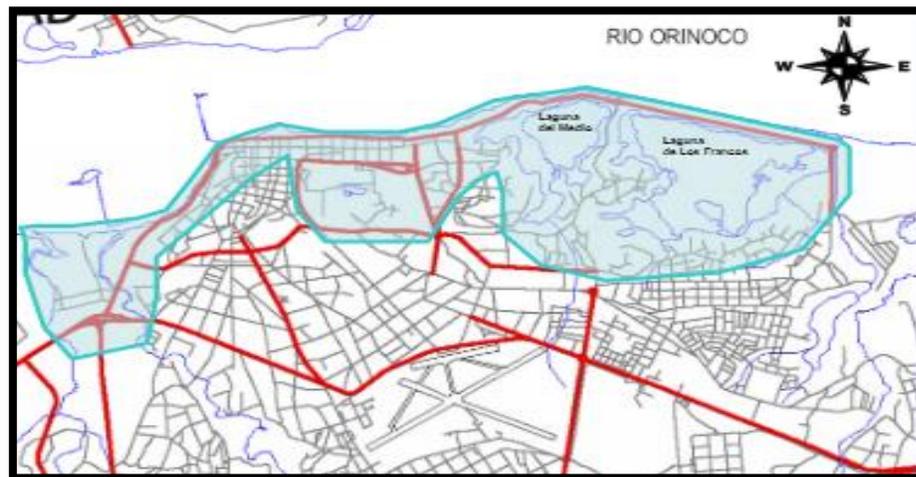


Figura 5. 11: Zonas inundables en el Sector Paseo Orinoco, Comando Fluvial y comunidades. (Fuente: Rodríguez, 2012)

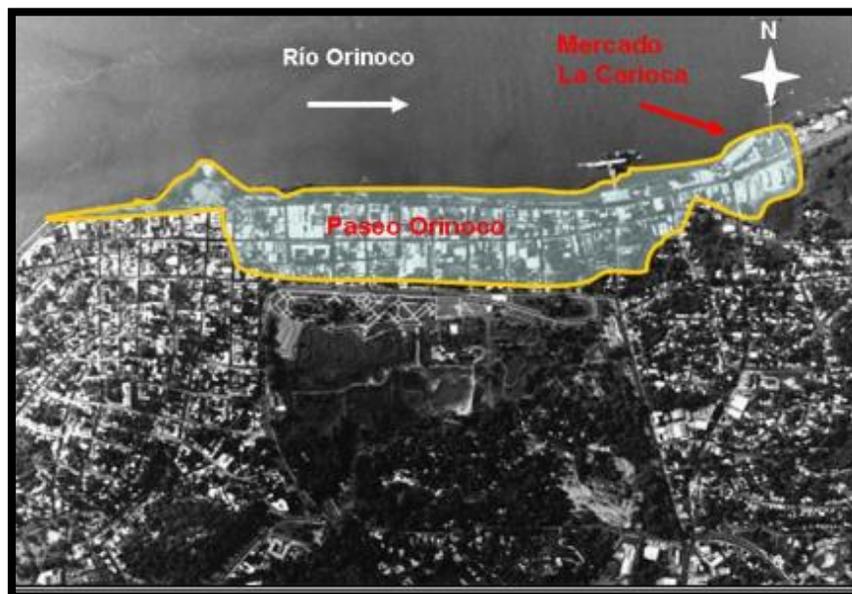


Figura 5. 12: Zonas inundables en el Sector Paseo Orinoco, incluyendo Comando Fluvial. (Fuente: Rodríguez, 2012)

Cabe destacar que, en la crecida más reciente del Río Orinoco, ocurrida en 2018, la franja inundable anteriormente señalada, efectivamente experimentó inundaciones, evidenciándose el colapso del sistema de drenaje, el colapso del alcantarillado y acarreado graves consecuencias económicas, sociales y de salubridad para todas las zonas afectadas; incluyendo, el Paseo Orinoco, principal centro de actividad comercial de Ciudad Bolívar, cuyo acceso debió ser restringido en un principio y posteriormente cerrado definitivamente durante el período de inundación del Río. A continuación, algunas de estas imágenes:



Figura 5. 13: Inundación del Paseo Orinoco en zonas cercanas al Comando Fluvial. (Fuente: Prensa Bolívar, 2018)

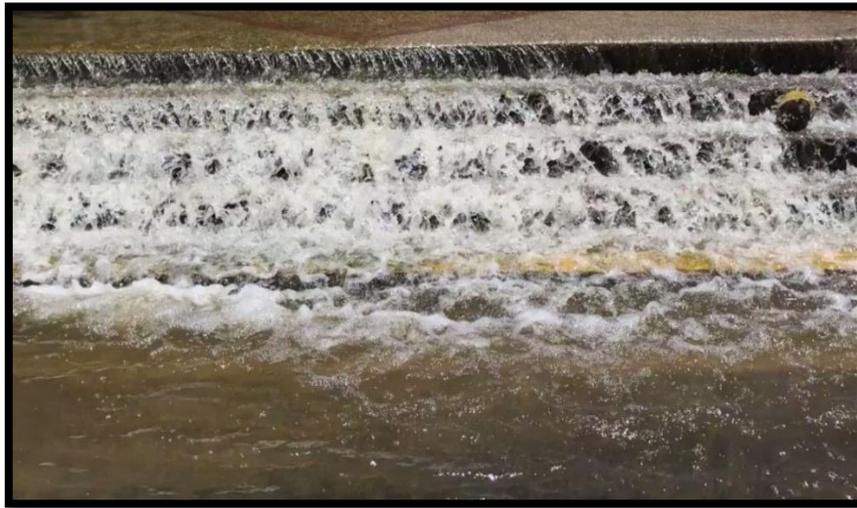


Figura 5. 14: Inundación del Paseo Orinoco en zonas cercanas al Comando Fluvial. (Fuente: Prensa Bolívar, 2018)

De acuerdo a las imágenes y situaciones planteadas anteriormente, se añade, además, la información hidrológica de la zona, con la finalidad de identificar los requerimientos del Sistema de alcantarillado que cobra las necesidades generadas por el estado actual de las alcantarillas, bocas de visita y red de alcantarillado de la zona en general e incluir los aspectos adicionales que se generan como consecuencia de las precipitaciones en la zona.

Para determinar los requerimientos del sistema de alcantarillado adecuado a la zona en estudio, se empleó el Método Racional, el cual se basa en la siguiente formula:

$$Q = C \times I \times A \quad (5.11)$$

Donde:

Q: Caudal (m³/seg)

C: Coeficiente de escorrentía (adimensional)

I: Intensidad de precipitación máxima (lts/seg/Has)

A: Área de la cuenca (m²)

Por lo cual, se tomaron en cuenta los parámetros que se establecen en el método racional, a saber, los siguientes:

1. Tiempo de concentración.
2. Tiempo de retorno.
3. Intensidad de diseño.
4. Área de aporte.

En cuanto al Tiempo de Concentración, se consideraron los valores establecidos en el Manual de Drenajes del Ministerio de Obras Públicas de Venezuela (MOP) emitido en el año 1967, que son las normas generales para la construcción de este tipo de sistemas en el país, que aún se mantienen vigentes; a saber, de acuerdo a los parámetros observados en la siguiente tabla:

Tabla 5. 1: Tiempo Mínimo de Concentración (T_c) de cada elemento del Sistema de drenaje

Elementos	Tiempo mínimo de concentración (T_c)
Brocales, cunetas y sumideros que drenan áreas pavimentadas menores de 2 Hectáreas	5 minutos
Brocales, cunetas y sumideros que drenan áreas pavimentadas mayores de 2 Hectáreas y áreas mixtas (pavimentadas y con vegetación)	10 minutos

Fuente: Manual de Drenajes del Ministerio de Obras Públicas (MOP) (1967)

En tal sentido, de acuerdo a lo señalado por el Manual del MOP, y considerando que el área a cubrir es mixta, es decir, pavimentada y con vegetación, proveniente de las zonas aledañas al Sector Comando Fluvial y al propio Río Orinoco; se considera que el Tiempo Mínimo de Concentración (Tc) por el sistema de drenaje es de 10 minutos.

Por otro lado, en cuanto a los requerimientos del sistema de alcantarillado de la zona analizada, se encuentra el Período de Retorno (Tr), el cual puede identificarse como el tiempo de ocurrencia de un evento; y, en este caso, se emplearán los parámetros considerados en el Manual de Diseño de Drenajes en Vías (2001), dada la localización de la zona analizada. Estas características del Pr, se aprecian en la siguiente tabla:

Tabla 5. 2: Período de Retorno (Tr) para Sistema de drenajes en vías

Elemento de drenaje	Periodo de Retorno (Tr)
Cunetas	5 años
Alcantarillas	10 años
Pontones	10 años
Puentes	50 años

Fuente: Manual de Diseño de Drenajes en Vías (2001)

En tal sentido, dado que, en la presente investigación, se analizó el sistema de alcantarillas, se consideró el Período de Retorno (Tr) de 10 años.

Otro factor a considerar para las necesidades del sistema de alcantarillados, es la Intensidad de diseño (Id), que es el resultado de los elementos identificados anteriormente, es decir, por el Tiempo Mínimo de Concentración (Tc) que de acuerdo con lo señalado en el Manual de Drenajes del Ministerio de Obras Públicas de Venezuela (MOP) emitido en el año 1967, se identificó como de 10 minutos y, por el

Período de Retorno (T_r) que, como se señaló y de acuerdo con el Manual de Diseño de Drenajes en Vías (2001), es de 10 años. En este sentido, estos valores se emplearon para identificar por medio de las Curvas de Duración, Frecuencia e Intensidad de la estación de la Fuerza Aérea Venezolana (FAV) de Ciudad Bolívar como zona de estudio, para identificar el valor de la Intensidad de diseño (I_d), expresado en la siguiente imagen:

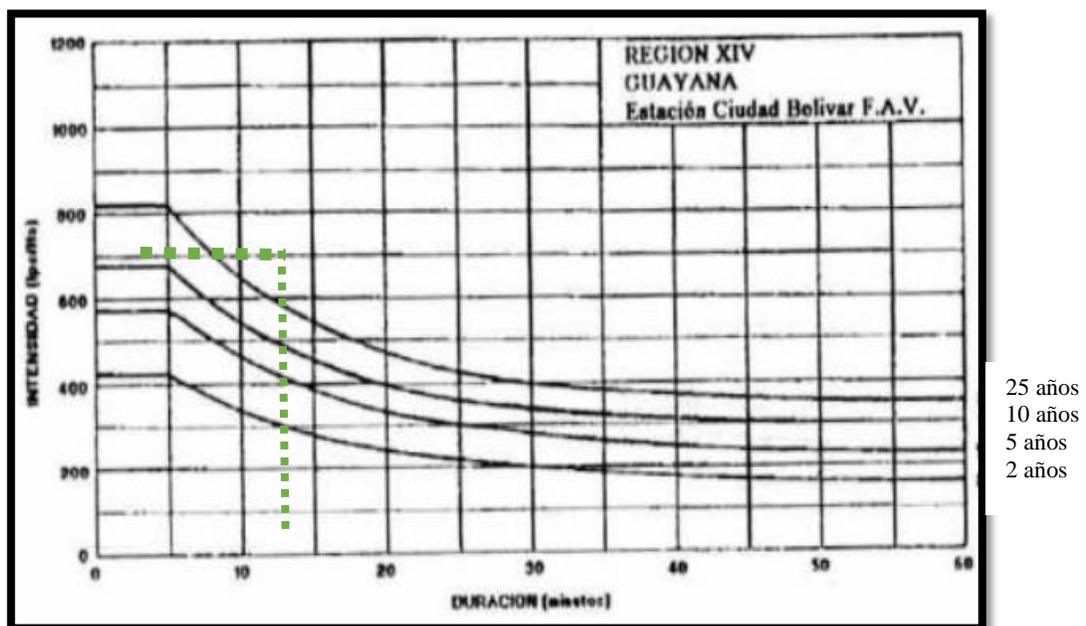


Figura 5. 15: Curva de Intensidad – Frecuencia – Duración (IFD) FAV Ciudad Bolívar. (Fuente: Compendio de Curvas IFD de Venezuela)

En tal sentido, de acuerdo con lo calculado anteriormente en cuanto a Tiempo Mínimo de Concentración (T_c) de 10 minutos y Período de Retorno (T_r) de 10 años; y con la información proporcionada por la Curva IDF, se identificó mediante el trazado de una línea recta (punteada en verde en la imagen anterior), y que arrojó un resultado de Intensidad de diseño (I_d), de 690 lts×seg/ha.

Seguidamente, se calculó el Coeficiente de escorrentía (C) de la zona en estudio, el cual se identifica de acuerdo con lo establecido en el Manual de Drenajes del Ministerio de Obras Públicas de Venezuela (MOP) emitido en el año 1967, que incluye los factores a considerar para el cálculo del mencionado coeficiente; tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5. 3: Coeficientes de Escorrentía según condiciones de las zonas

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA						
Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		>50%	50%>S≥20%	20%>S≥5%	5%>S≥1%	<1%
Sin Vegetación	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, vegetación 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 vegetación	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

Fuente: Manual de Drenajes del Ministerio de Obras Públicas (MOP) (1967)

Es importante destacar que, el Manual de Drenajes del Ministerio de Obras Públicas (MOP) (1967), sostiene que, para zonas con riesgo de incendios, estos coeficientes se incrementan según las siguientes condiciones:

Cultivos: Multiplicar por 1,1.

Hierba, pastos y vegetación ligera, bosques y densa vegetación: Multiplicar por 1,30.

En función de lo señalado en el cuadro anterior, y de acuerdo al cual, la zona analizada se considera en el rubro de vegetación ligera en condiciones permeables, y con una pendiente mínima o despreciable, dado que se encuentra en <1%; el Coeficiente de Escorrentía considerado fue de 0,15.

Por su parte, en la siguiente tabla, se muestran los valores correspondientes a la calzada de la vía de estudio; de acuerdo con el Manual de diseño de drenajes en vías (2001).

Tabla 5. 4: Coeficientes de Escorrentía según el método racional para cada componente

Características de la Superficie	Periodo de Retorno (Años)			
	2	5	10	25
Asfáltico	0,73	0,77	0,81	0,86
Concreto/Techo	0,75	0,80	0,83	0,88

Fuente: Manual de Diseño de Drenajes en Vías (2001)

En este sentido, y, empleando el Período de Retorno identificado anteriormente que fue de 10 años, y considerando que la superficie es Carretera de asfalto, se tiene como Coeficiente de Escorrentía, según el método racional, de 0,81.

Por su parte, y como conveniencia para el cálculo del Método Racional, se presenta el promedio realizado para identificar un solo Coeficiente de Escorrentía para la zona en estudio; para lo cual se emplearon los dos coeficientes obtenidos anteriormente, y también, se incluyó, el factor de mayoración de C1 debido a que es una zona de vegetación ligera; a continuación, se presentan estos cálculos realizados:

$$C_1 = 0,15$$

$$C_2 = 0,81$$

Utilizando el factor de incendio, resultó:

$$C_1 = 0,15 \times 1,3 = 0,195$$

Luego, al promediar ambos Coeficientes, se obtuvo:

$$C_{\text{promedio}} = \frac{0,195 + 0,81}{2} = 0,50$$

El factor restante a considerar, es el Área de Aporte, que se tomó una zona de 0,40 hectáreas. Comprendida por el área urbanizada y de ligera vegetación.

Finalmente, para identificar el caudal de diseño necesario para la red de alcantarillado de la zona estudiada, se consideraron los puntos calculados anteriormente y, se empleó, el Método Racional, con la fórmula descrita anteriormente, que fue:

$$Q = C \times I \times A \quad (4.12)$$

Donde:

C: Coeficiente de escorrentía unificado.

I: Intensidad de precipitación máxima.

A: Área de aporte.

Se procedió al cálculo, resultando lo siguiente:

$$Q = 0,50 \times 690 \text{ lts} \times \text{seg/ha} \times 0,40 \text{ ha} = 138 \text{ lts} \times \text{seg} = 0,138 \text{ m}^3/\text{seg}$$

CAPÍTULO VI

LA PROPUESTA

6.1 Formulación de la propuesta

Para la propuesta del sistema de modelación para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar, se empleó el software Storm Water Management Model (SWMM) en su versión 5.1; que, de acuerdo con Arias y Granado (2019), presenta las siguientes características:

Permite simular precipitaciones de forma continua o un solo evento, evaluando no solo la cantidad sino la calidad del agua en cada tubería siguiendo la evolución del caudal y el nivel de agua. Para poder desarrollar la simulación es necesario dividir el área de estudio en cuencas y especificar el punto de salida de cada una de ellas, también se debe especificar los nodos de conexión donde se unen varias líneas entre sí y los conductos que posee el sistema. (p. 106)

De esta manera, el software permite simular las características del sistema de drenaje, considerando la intensidad de las lluvias, el volumen acumulado, el intervalo de tiempo, el origen de los datos de la lluvia; mientras que, para que el programa informe sobre las conexiones, se deben incluir las cotas de fondos estimadas para los sumideros, además de la profundidad, el área, así como los aportes externos del caudal. Para el caso de las conexiones es necesario introducir cotas de fondo de los sumideros, profundidad, área y aportes externos de caudal. En este sentido, de acuerdo a lo señalado por Arias y Granados (2019, los parámetros principales para los conductos en el proceso de simulación, fueron los siguientes:

1. Altura del conducto respecto a la cota de fondo.
2. Longitud del conducto.
3. Coeficiente de Manning.
4. Geometría de la sección del conducto.
5. Coeficiente de perdidas tanto para la entrada como para la salida del conducto

Por su parte, es conveniente señalar que, el software SWMM, utiliza tres métodos de transporte para las simulaciones, a saber y según lo expone el sitio web del sistema, los siguientes:

1. Modelo de flujo uniforme: relaciona el caudal con el área y el calado en el conducto utilización la ecuación de Manning. Traslada los hidrogramas de entrada en el nodo aguas arriba hasta el nodo final en lapsos de tiempo.
2. Modelo de onda cinemática: trabaja con la ecuación de continuidad junto con la ecuación simplificada de la cantidad de movimiento requiere la pendiente de la superficie del agua y la pendiente de fondo.
3. Modelo de la onda dinámica: requiere las ecuaciones completas unidimensionales de Saint Venant y genera resultados más precisos, suponen la aplicación de la ecuación de continuidad y de cantidad de movimiento en las conducciones y la continuidad de los volúmenes en los nodos.

6.2 Requerimientos de la zona

A continuación, se presenta la información referida a sumideros y tanquillas del del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar:

Tabla 6. 1: Características de los sumideros y tanquillas de la zona

Sumideros y Tanquillas	Área (cm ²)	Profundidad (cm)
S-A	90x90	70
S-B	90x90	68
T-1	85x85	99
T-2	71x72	69
S-1	61x61	19
S-2	50x45	37
S-3	52x47	29

Fuente: Levantamiento del sitio (2022)

Estos sumideros y tanquillas, las cuales se identifican en dos partes, la primera, S-1, S-2 y S-3. La segunda va desde S-A, S-B hasta T-2, ambas divisiones desembocan en el Río Orinoco. Las aguas transportadas en el Sector, se conectan con los respectivos sumideros, identificados en la tabla. A continuación, en la siguiente figura se muestra la identificación de estos sumideros y taquillas en la zona estudiada:

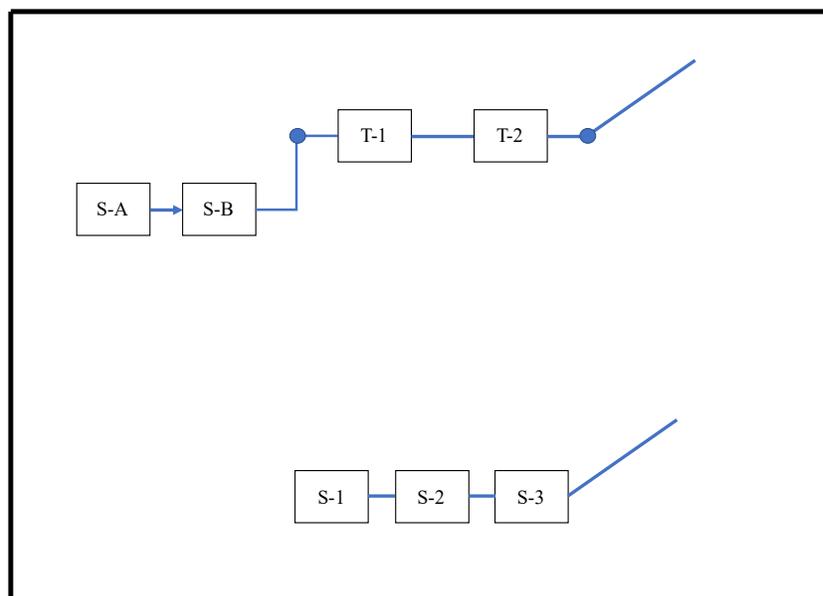


Figura 6. 1: Características de los sumideros y tanquillas del sector. (Fuente: Levantamiento del sitio, 2022)

Posterior a la obtención de los datos presentados anteriormente, se procedió a realizar la simulación, cuyas características y resultados se presentan a continuación:

Datos a introducir en el modelo de simulación propuesto

Tabla 6. 2: Área tributaria para cada sumidero

Sumideros y Tanquillas	Área Tributaria	
	M ²	ha
S-A	75	0,0075
S-B	31,4	0,0314
S-1	99,01	0,9901
S-2	31,7	0,0317
S-3	88,25	0,8825

Fuente: Levantamiento del sitio – Datos de Google Earth (2022)

Tabla 6. 3: Características de los sumideros y tanquillas para la simulación

Sumideros y Tanquillas	Área (cm ²)	Profundidad (cm)	Diámetro de entrada (pulgadas)	Diámetro de salida (pulgadas)
S-A	90x90	70	6"	6"
S-B	90x90	68	6"	6"
T-1	85x85	99	6"	6"
T-2	71x72	69	6"	6"
S-1	61x61	19	4"	4"
S-2	50x45	37	4"	6"
S-3	52x47	29	4"	6"

Fuente: Levantamiento del sitio (2022)

Tabla 6. 4: Coordenadas y altitudes

Sumideros, Tanquillas y Accesorios	Coordenadas		Altitud
	X	Y	m.s.n.m.
S-A	440415,732	898624,242	74,55
S-B	440415,730	898624,240	74,49
S-1	440414,731	898623,238	74,51
S-2	440413,728	898624,244	74,47
S-3	440415,733	898623,240	74,50
T-1	440416,732	898625,242	74,57
T-2	440416,733	898626,243	74,56

Fuente: Levantamiento del sitio – Datos de Google Earth (2022)

Tabla 6. 5: Longitudes de las tuberías

Sumideros, Tanquillas y Accesorios		Longitud de la tubería (m)
Entrada	Salida	
S-A	S-B	3,75
S-B	T-1 - T-2	3,90
S-1	S-2	3,80
S-2	S-3	3,28
S-3	Afluente	5,77
T-1	T-2	3,97
T-2	Afluente	4,01

Fuente: Levantamiento del sitio – Datos de Google Earth (2022)

6.3 Simulación del Proyecto

Una vez identificados los parámetros señalados en las tablas anteriores, se procedió a acceder al software Storm Water Management Model (SWMM) en su versión 5.1; introduciendo la información respectiva, mostrada en cada caso, con las imágenes a continuación:

- Para crear el proyecto (la simulación)

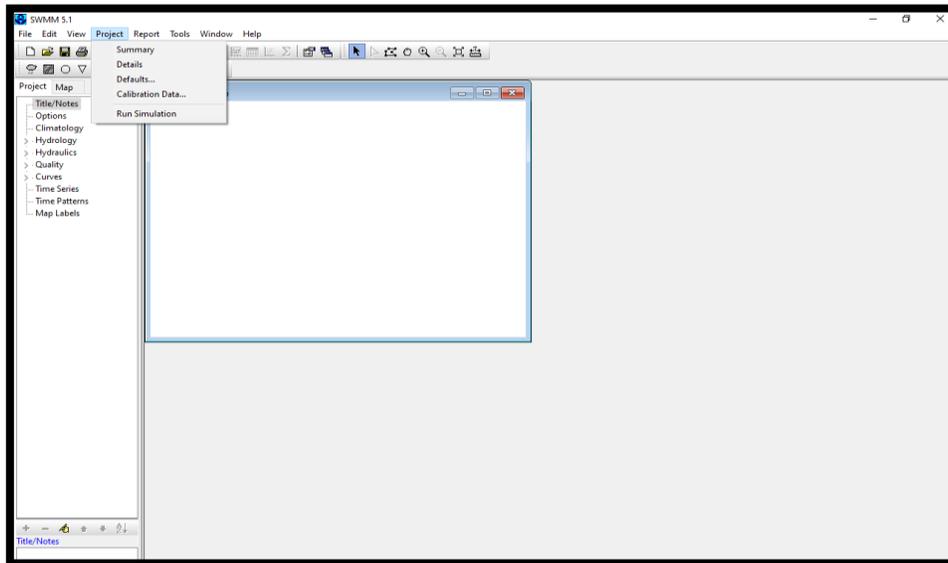


Figura 6. 2: Creación del proyecto de simulación en el SWMM. (Fuente: Storm Water Management Model (SWMM), 2022)

- Se procedió a introducir los valores, dentro de cada ventana del software:

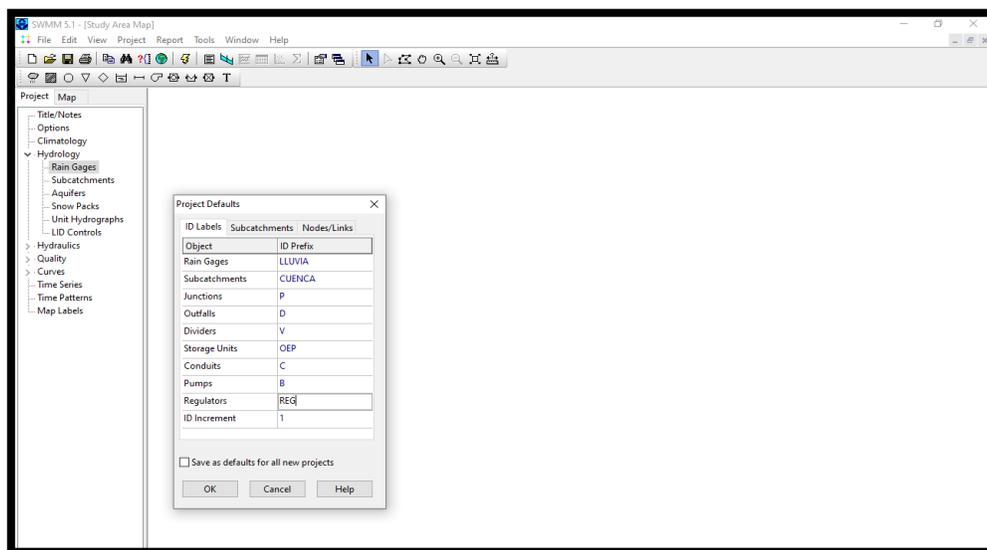


Figura 6. 3: Introducción de los valores del proyecto de simulación en el SWMM. (Fuente: Storm Water Management Model (S WMM,) 2022)

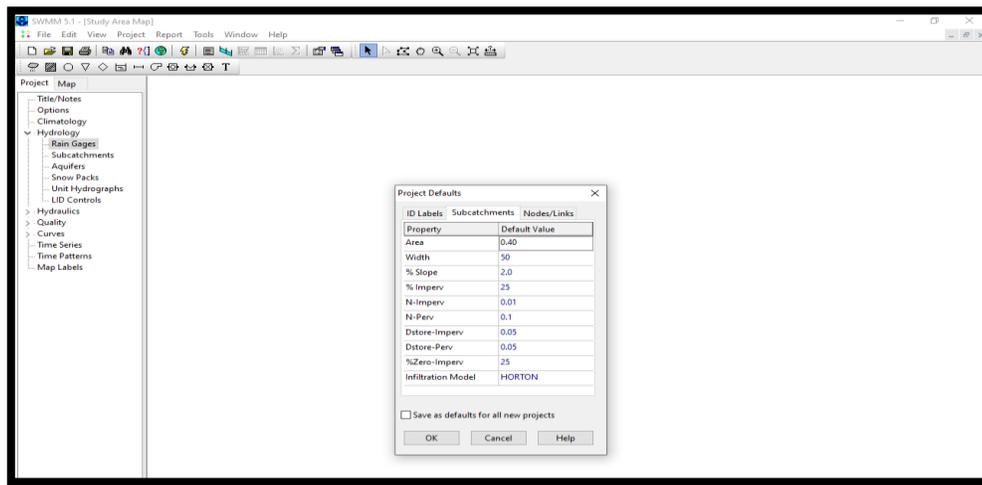


Figura 6.4: Introducción de los valores del proyecto de simulación en el SWMM.
(Fuente: Storm Water Management Model (SWMM), 2022)

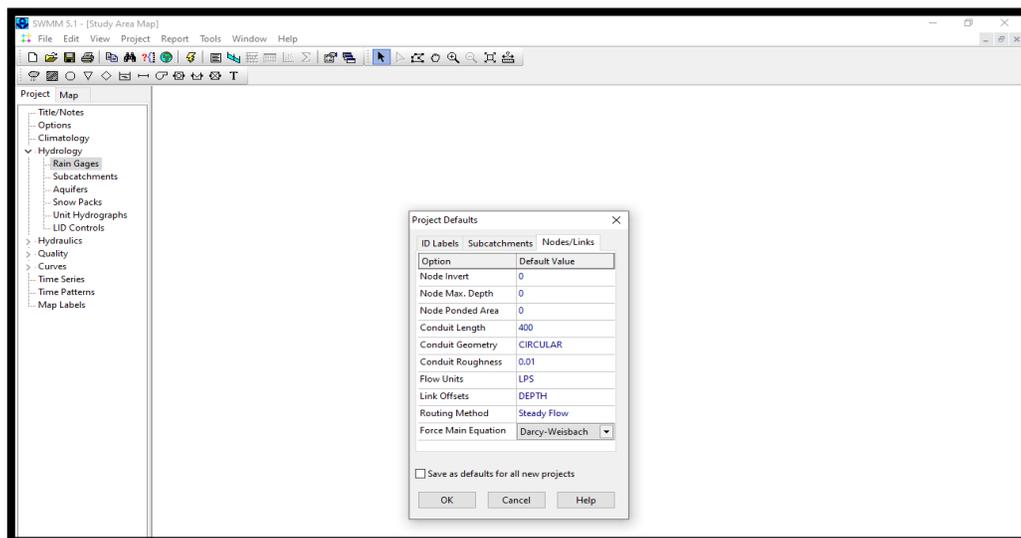


Figura 6. 5: Introducción de los valores del proyecto de simulación en el SWMM.
(Fuente: Storm Water Management Model (SWMM), 2022)

- Luego, se introdujeron las conexiones en el sistema:

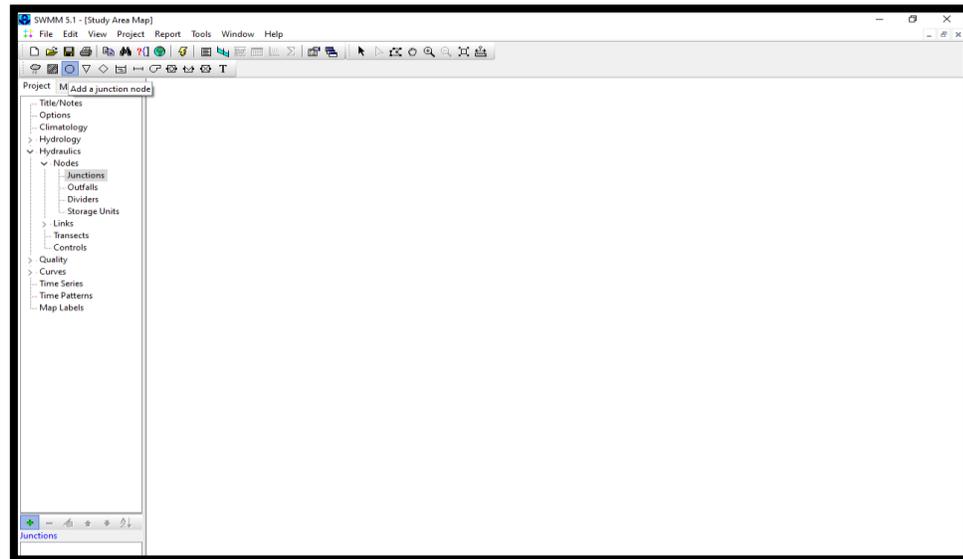


Figura 6. 6: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM.
(Fuente: Storm Water Management Model (SWMM), 2022)

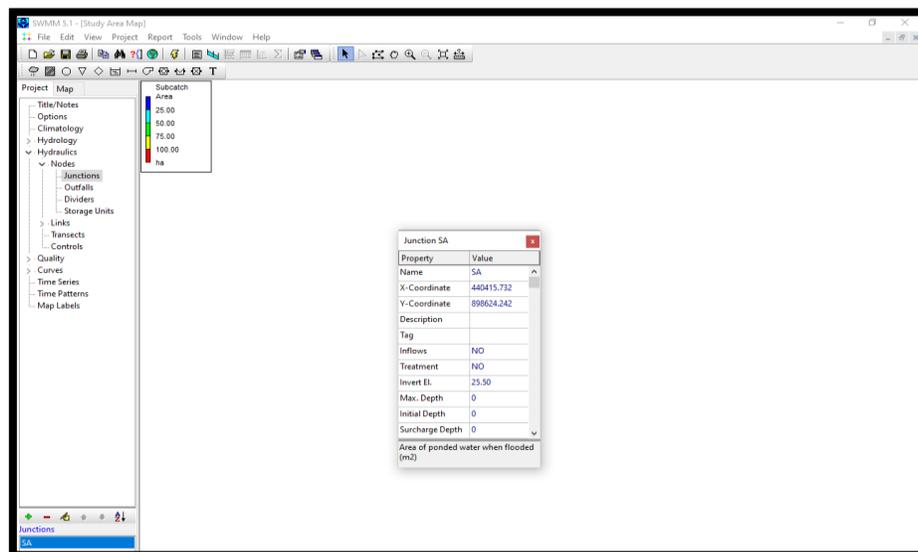


Figura 6. 7: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM.
(Fuente: Storm Water Management Model (SWMM) (2022)

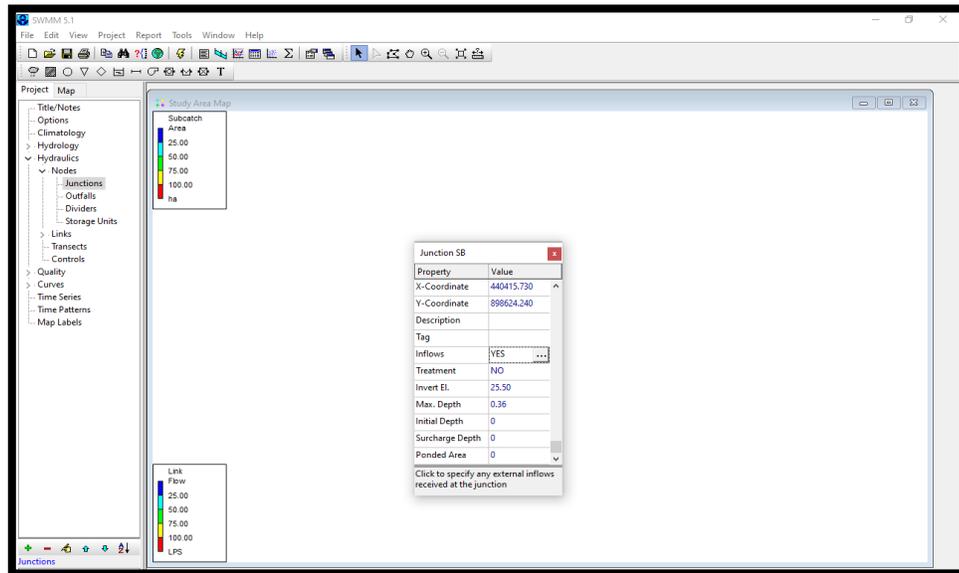


Figura 6. 8: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM.
(Fuente: Storm Water Management Model (SWMM), 2022)

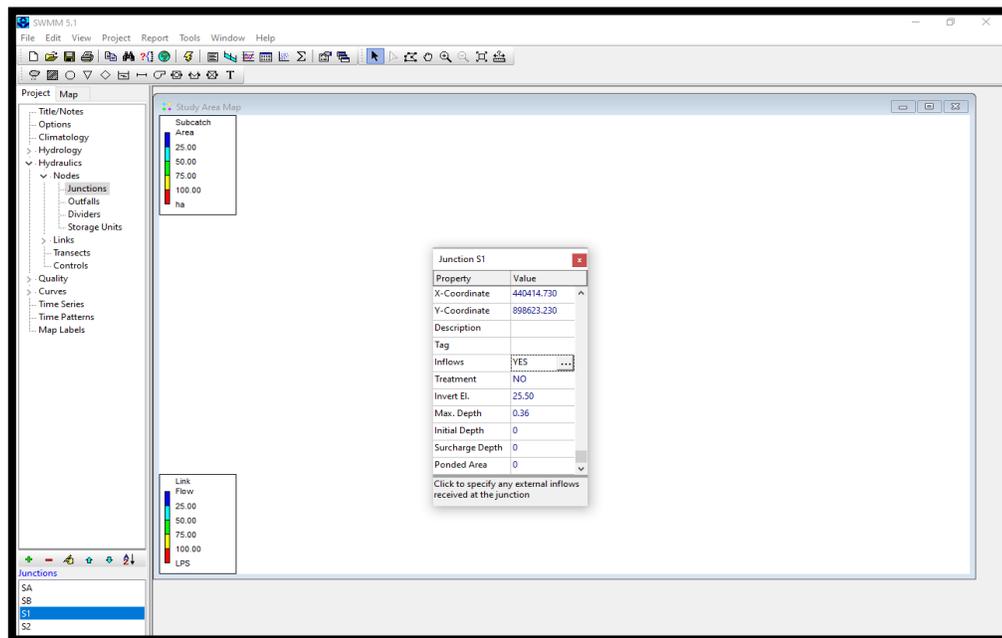


Figura 6. 9: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM.
(Fuente: Storm Water Management Model (SWMM), 2022)

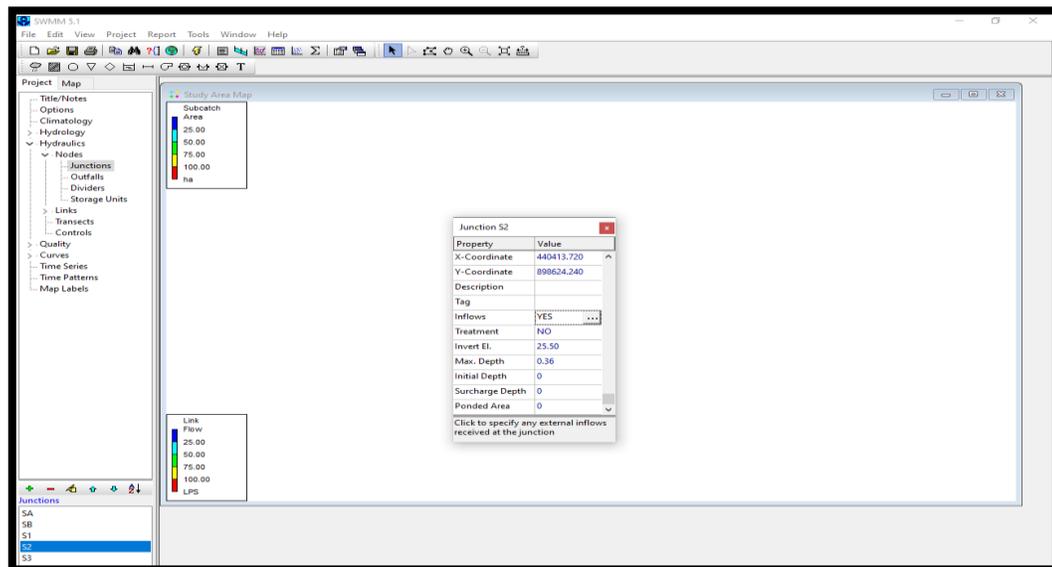


Figura 6. 10: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM. (Fuente: Storm Water Management Model (SWMM), 2022)

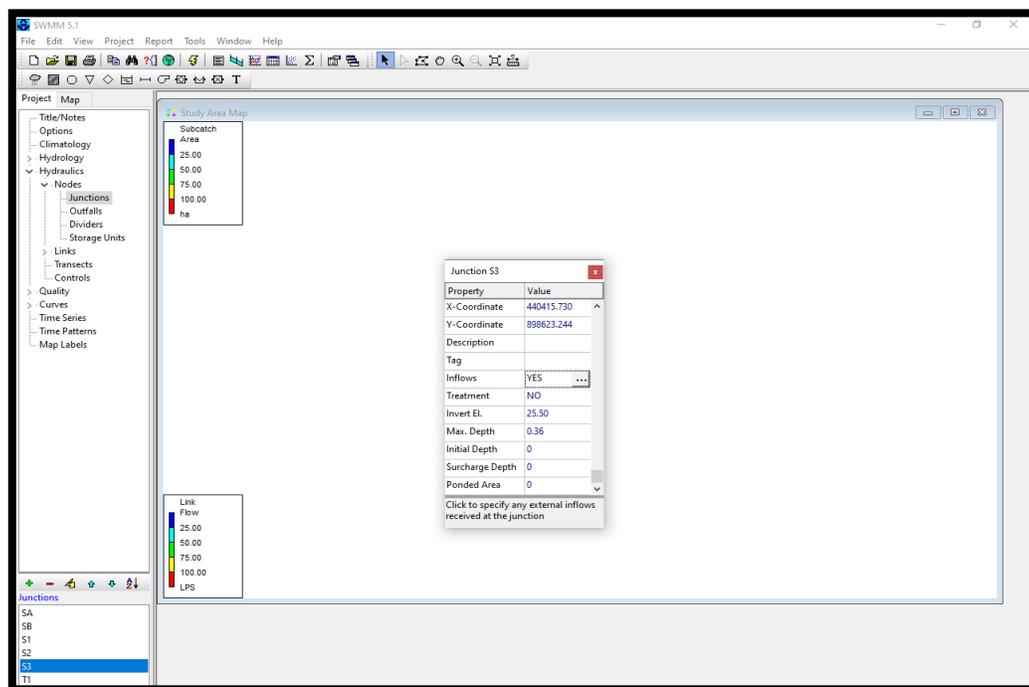


Figura 6.11: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM. (Fuente: Storm Water Management Model (SWMM), 2022)

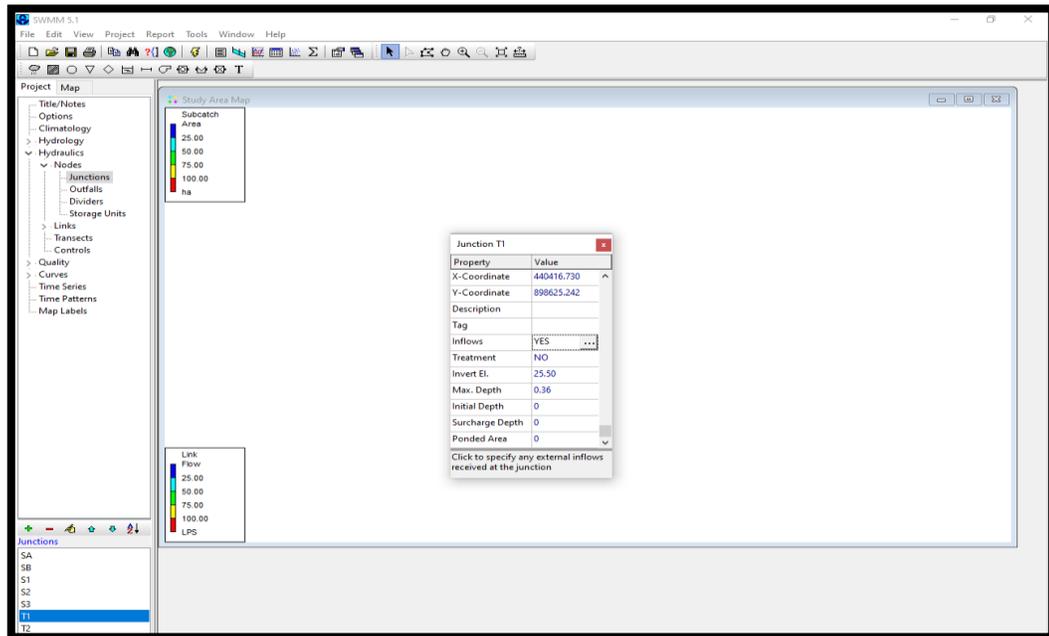


Figura 6. 12: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM.
Fuente: Storm Water Management Model (SWMM), 2022)

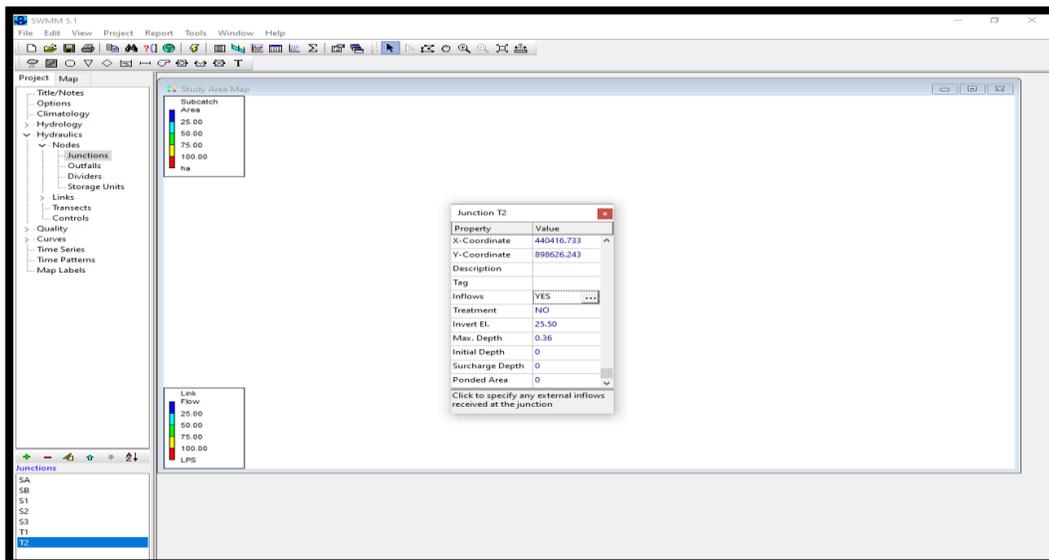


Figura 6. 13: Introducción de los nodos del proyecto de simulación en el SWMM.
(Fuente: Storm Water Management Model (SWMM), 2022)

- Posteriormente, se ingresa al sistema, los parámetros para las conexiones y nodos, y se rueda el programa, tal como se evidencia en la siguiente figura:

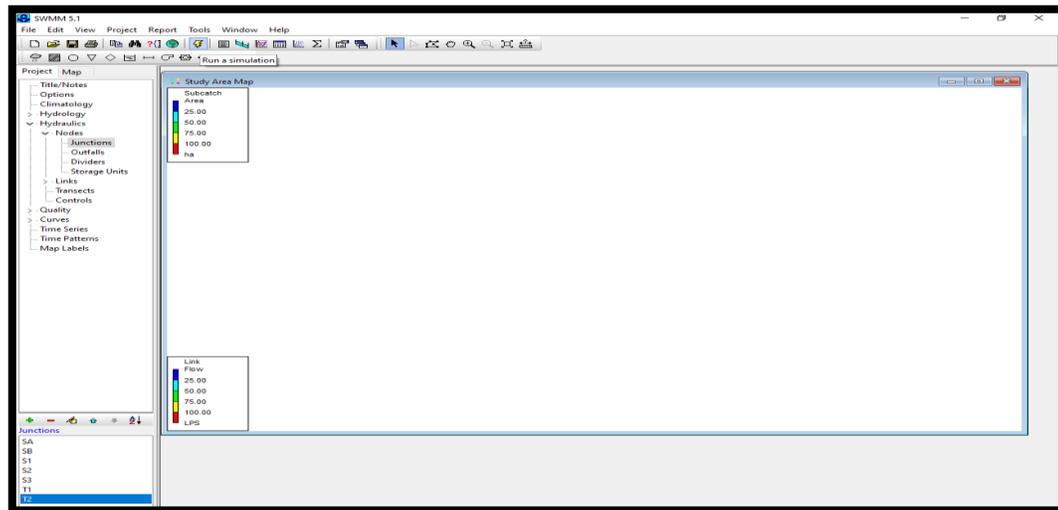


Figura 6. 14: Simulación del Proyecto en el SWMM. (Fuente: Storm Water Management Model (SWMM), 2022)

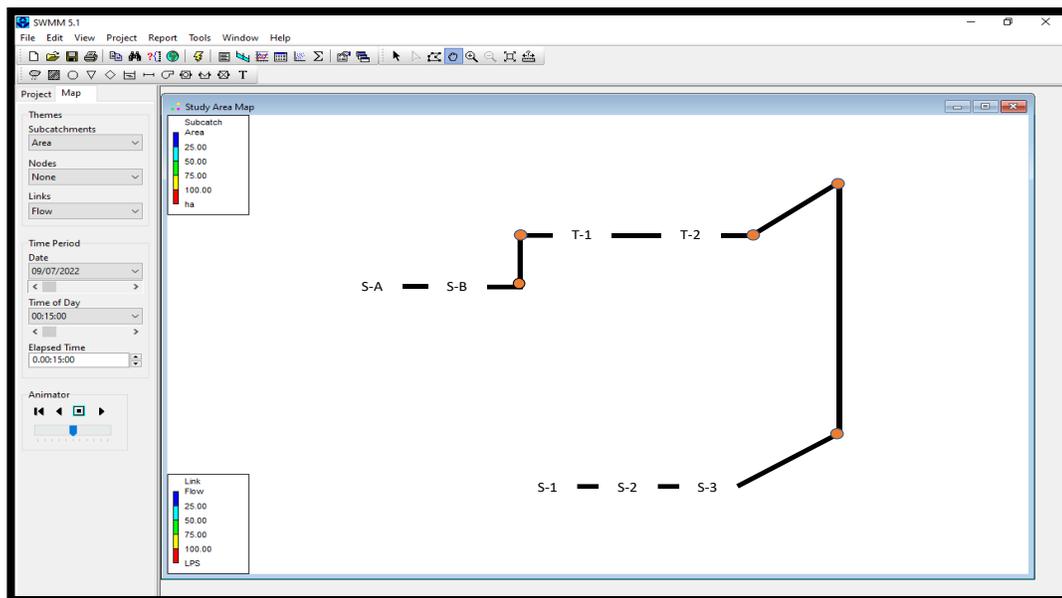


Figura 6. 15: Proyecto de simulación en el SWMM. (Fuente: Storm Water Management Model (S WMM), 2022)

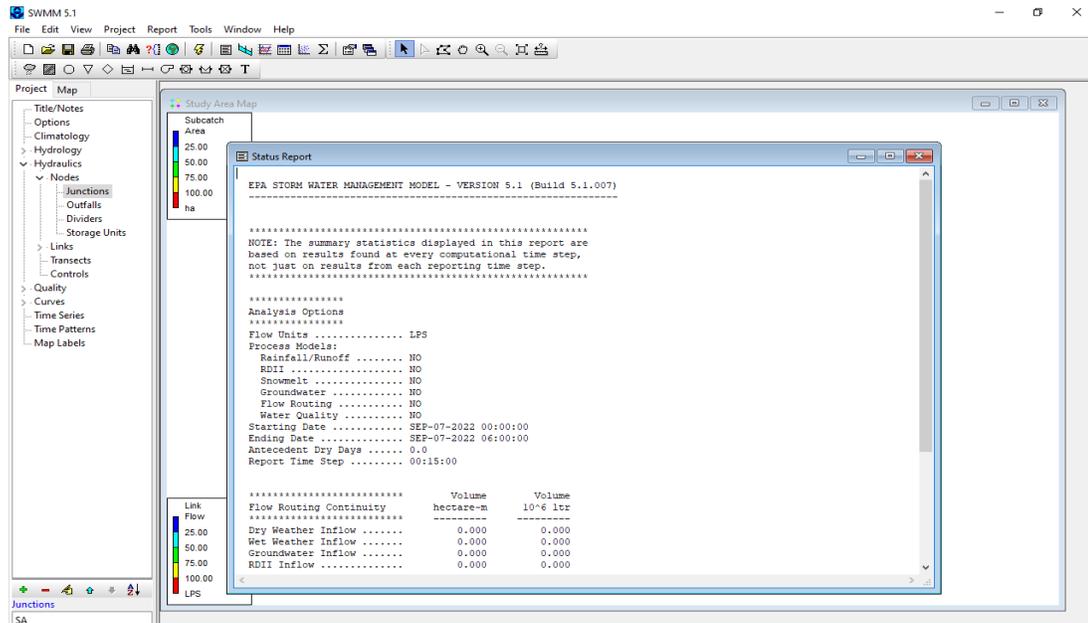


Figura 6. 16: Reportes estadísticos del proyecto de simulación en el SWMM. (Fuente: Storm Water Management Model (SWMM), 2022)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. En relación a la estructura del sistema de alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar; se evidenció que en el sector analizado se descargan todas las aguas residuales al Río Orinoco a través de seis puntos aguas abajo y otro punto que está aguas arriba de la Toma del Acueducto; además de que se observó la obstrucción de bocas de visitas y de algunos sumideros, desbordamiento de cloacas en las zona y en comunidades aledañas conectadas a la misma red de alcantarillado de la zona evaluada; de las cuales también se efectúa el vertido de aguas residuales hacia al afluente del Río.
2. Por su parte en cuanto a las necesidades para escurrimiento y drenaje del alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar; se concluye la necesidad del tratamiento y mejora del Sistema de alcantarillado y drenaje de la zona; dado que, como se ha observado en diversas crecidas del Río Orinoco, siendo la más reciente la del año 2018 y, dado el alto riesgo de inundación de las zonas aledañas; por el taponamiento masivo de los distintos canales de desagüe, lo que, a su vez, acarreó un contraflujo de corriente que por la presión de la misma; rebasó la capacidad de absorción del sistema de la red de drenaje y alcantarillado; derivando en su colapso y ante la imposibilidad de evacuación de los excesivos volúmenes de agua provenientes del Río, se originaron anegamientos totales y masivos; tanto en la zona del Paseo Orinoco, como en las comunidades aledañas.

3. En este mismo sentido, en cuanto a las características del sistema de drenaje urbano dual para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar; al analizar los datos recolectados en la zona y realizar los cálculos, dado que el área a evaluada es calificada como mixta, es decir, pavimentada y con vegetación proveniente de las zonas aledañas al Sector Comando Fluvial y al propio Río Orinoco, de acuerdo con la normativa aplicable a la construcción de sistema de drenajes y alcantarillados en Venezuela; por lo que el Tiempo Mínimo de Concentración (T_c) requerido por el sistema de drenaje es de 10 minutos; mientras que, el Período de Retorno (T_r) de 10 años; debido a que se trata del componente de alcantarillas dentro de todo el sistema de drenaje y alcantarillado.

4. Igualmente, de acuerdo al Tiempo Mínimo de Concentración (T_c) de 10 minutos y Período de Retorno (T_r) de 10 años; y con la información proporcionada por las Curvas de Duración, Frecuencia e Intensidad (Curva IDF) de la estación de la Fuerza Aérea Venezolana (FAV) de Ciudad Bolívar la para la zona se identificó un resultado de Intensidad de diseño (I_d), de 690 $\text{Its} \times \text{seg/ha}$; mientras que, empleando el Período de Retorno identificado de 10 años, y considerando que la superficie es Carretera de asfalto, se obtuvo como Coeficiente de Escorrentía, según el método racional, un 0,81; al cual se multiplicó por el factor de riesgo de incendio debido a que es una zona de vegetación ligera, para posteriormente y realizado el promedio entre ambos resultados, se obtuvo un Coeficiente Promedio de Escorrentía de 0,50.

5. Finalmente, y como resultado de la simulación y/o la modelación del Sistema de alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar; se empleó el Software Storm Water Management Model (SWMM) en su versión 5.1; el cual permitió la identificación de los nodos,

direcciones de fluidos y capacidades de las tuberías en el sistema de alcantarillado propuesto; las cuales son de 4" y 6"; de acuerdo a las diferentes localizaciones de los nodos y de extensiones comprendidas en mínimos de 3,28 m hasta los 5,77 m; con cada medida especificada para las diferentes zonas y/o tramos de la red de alcantarillado simulada mediante el software.

Recomendaciones

1. Es remendable el análisis, rediseño o reestructuración del sistema de alcantarillado del Paseo Orinoco, especialmente, en el área del Comando Fluvial; debido a que no solo se manifiestan inconsistencias en cuanto a su diseño y características para soportar toda la red de drenaje de aguas servidas que se encuentran interconectadas con este tramo del referido Paseo; sino con el fin de redireccionar los vertidos de estas aguas al Rio Orinoco, por cuanto generan un impacto negativo en la composición química del agua en el afluente.
2. Es indispensable, realizar el mantenimiento periódico a las bocas de visitas, tanquillas y sumideros de todo el Paseo Orinoco, especialmente en el Sector del Comando Fluvial y las comunidades aledañas; a fin de que puedan soportar, sin colapsar, todos los vertidos de agua que se originan por la actividad residencial, comercial y de la misma institución pública que se encuentra en la zona.
3. Se recomienda realizar comparaciones entre los cálculos realizados y los resultados obtenidos en el presente estudio; con otros métodos o modelos para identificar las características precisas que debe cumplir el Sistema de alcantarillado en la zona evaluada y contribuir así, a la mejora en este componente del proceso de diseño y gestión urbanística en la Ciudad.
4. Se recomienda analizar la modelación del Sistema de alcantarillado del Sector Comando Fluvial del Paseo Orinoco, realizada en el presente estudio, por medio del software Storm Water Management Model (SWMM) en su versión 5.1; a fin de identificar aquellos detalles que pueden contribuir con la mejora del sistema de drenaje, alcantarillado y disposición de aguas residuales no solo en la zona, sino en la localidad bolivarense.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F.** (2012). El proyecto de investigación: guía para su elaboración. Venezuela; Editorial Episteme.
- Arias, M. y Granados, L.** (2019). Estudio del comportamiento del sistema de drenaje pluvial de la UCAB Guayana mediante modelo de simulación hidráulica. Puerto Ordaz - Venezuela; Universidad Católica Andrés Bello.
- Castaldo, B y Nowak, C.** (2018). Propuesta de un sistema de drenaje vial para el tramo situado entre la Avenida Intercomunal de la Tahona y la Calle del Cagilon, Municipio Baruta, Estado Miranda. Caracas- Venezuela; Universidad Nueva Esparta.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).** Sitio Web. Disponible en: <https://www.cepal.org/es>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y Banco Interamericano de Desarrollo (BID).** Proceso Regional de las Américas en el Foro Mundial del Agua. (2018). Documento en línea. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/informe_regional_america_latina_y_caribe.pdf
- Contraloría General de la República Bolivariana de Venezuela. (2010).** Actuación coordinada en el Sistema Nacional de Control Fiscal para evaluar los problemas ambientales y el deterioro de las relaciones ecológicas en la cuenca del río más importante de cada Entidad Federal. Documento en línea. Disponible en: http://www.cgr.gob.ve/pdf/informes/especiales/2010/INFORME_CUENCAS.pdf

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (1999). Gaceta Oficial N° 36.860, publicada el 30 de diciembre de 1999.

Fonarellas, L. y Bolaños, E. (2012). Metodología para construir perfiles de peligro fitosanitario. Costa Rica; Editorial IICA.

Gruber, F. y Rodríguez H. (2013). Estudio de sistemas de drenaje urbano sustentables como complemento para la gestión de aguas pluviales. Caso de estudio. Ciudad Guayana – Venezuela; Universidad Católica Andrés Bello.

Guillén, N. (2013). Formulación de Propuestas para la adecuación de Pavimento y sistema de recolección de aguas de lluvia en el área de estacionamiento de la empresa Resimon. Perú: Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

Heinemann, K. (2019). Introducción a la metodología de la investigación empírica en las ciencias empíricas. España; Padiotribo.

Hurtado de la Barrera, J. (2012). Metodología de la investigación. Venezuela; Quirón Ediciones.

Joya, N. (2021). Modelación y diseño de un sistema de alcantarillado pluvial en el Municipio de Uribia, La Guajira. Colombia; Universidad de los Andes.

Ley Orgánica de Ordenación del Territorio de Venezuela. (1983). Gaceta Oficial Extraordinaria N° 3.238, publicada el 11 de agosto de 1983.

Ley Orgánica de Modelación Urbanística de Venezuela. (1987). Gaceta Oficial N° 36.868, publicada el 16 de diciembre de 1987.

Maldonado, J. (2018). Metodología de la investigación social. Colombia; Ediciones de la U.

Manual de Drenaje del Ministerio de Obras Públicas de Venezuela. (1967).

Moya, D. (2010). Metodología del diseño del Drenaje Urbano. Ambato-Ecuador.

Normas Generales para el proyecto de Alcantarillados de la República Bolivariana de Venezuela. (1999). Gaceta Oficial Extraordinaria 5.318, publicada el 6 de abril de 1999.

Normas sanitarias para el proyecto, construcción, ampliación, reforma y mantenimiento de las instalaciones sanitarias para desarrollos urbanísticos. (1989). Gaceta Oficial Extraordinario N°4103.

Pacheco, K. (2019). Modelamiento Y diseño del sistema de alcantarillado sanitario, utilizando la metodología del CEPIS en el Centro Poblado Compañía Baja, Distrito Sivia, Provincia Huanta, Región Ayacucho. Universidad San Ignacio de Loyola. Perú.

Palacio, Á. (2011). Acueducto, cloacas y drenajes: Criterios para el diseño hidráulico de instalaciones sanitarias en desarrollos urbanos. Caracas - Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.

Pereda, A. y Terán, S. (2016). Propuesta de medidas estructurales de drenaje concebidas con criterios de sustentabilidad ambiental para optimizar la gestión del agua de lluvia en el campus de la UCAB Guayana, mediante modelos de simulación hidrológicas. Puerto Ordaz - Venezuela; Universidad Católica Andrés Bello (UCAB).

Pizarro, J. (2013). Guía de cálculo del uso consuntivo, demanda de agua de riego y cálculo del caudal de diseño. Morales-San Martín.

Rodríguez, C. (2012). Calidad de cuerpos de agua: Municipios Heres y Caroní del estado Bolívar, Venezuela Marzo - abril 2010. Revista Universidad, Ciencia y Tecnología.

Sierra, R. y Caballero, E. (2021). Selección de lecturas de Metodología de la Investigación Educativa. Cuba; Pueblo y Educación.

Torres, E. (2013). Apuntes de clase sobre hidrología urbana. España; Editorial de la Pontificia Universidad Javeriana.

Triviños, M. (2015). Investigación Aplicada. España; Editorial EDITEX.

Torres, R. Céleri, F. Cisneros, J. y Feyen, P. (2015). Análisis de la distribución espacial de lluvia en Cuencas de Montaña.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO – 1/6

TÍTULO	PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MODELACIÓN PARA EL ALCANTARILLADO DEL PASEO ORINOCO, SECTOR COMANDO FLUVIAL EN CIUDAD BOLÍVAR – ESTADO BOLÍVAR
---------------	---

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
CARMEN ALICIA RIVERO RIVERO	CVLAC: 27.015.699 E MAIL: carmenalicia110899@gmail.com
VÍCTOR ALEJANDRO MÁRQUEZ ARCIA	CVLAC: 27.366.245 EMAIL:victoralejandromarquezarcia@gmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

- Alcantarillado
- Comando Fluvial
- Propuesta
- Storm Water Management Model

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO – 2/6

ÀREA y/o DEPARTAMENTO	SUBÀREA y/o SERVICIO
Departamento de Ingeniería Civil	Instalaciones Sanitarias

RESUMEN (ABSTRACT):

El objetivo general de la presente investigación fue proponer un sistema de modelación para el alcantarillado del Paseo Orinoco, Sector Comando Fluvial en Ciudad Bolívar – estado Bolívar. Para lo cual se realizó una investigación de tipo propositiva, con diseño de campo y apoyo documental; empleando las técnicas de observación directa y las listas de cotejo como instrumento; además de utilizar el software de simulación hidráulica, por medio del SWMM 5.1 para realizar la modelación del sistema de alcantarillado. Se concluye que en el sector analizado se descargan todas las aguas residuales al Río Orinoco a través de seis puntos aguas abajo y otro punto que está aguas arriba de la Toma del Acueducto; además de que se observó la obstrucción de bocas de visitas y de algunos sumideros, desbordamiento de cloacas en las zonas y en comunidades aledañas conectadas a la misma red de alcantarillado. En cuanto a los cálculos para las necesidades del sistema de alcantarillado, se identificó un Tiempo Mínimo de Concentración (T_c) de 10 minutos y Período de Retorno (T_r) de 10 años; y con la información proporcionada por las Curvas de Duración, Frecuencia e Intensidad (Curva IDF) de la estación de la Fuerza Aérea Venezolana (FAV) de Ciudad Bolívar para la zona se identificó un resultado de Intensidad de diseño (I_d), de 690 lts×seg/ha; y se obtuvo como Coeficiente Promedio de Escorrentía un 0,50. Finalmente, y como resultado de la simulación y/o la modelación del Sistema de alcantarillado; por medio del Software Storm Water Management Model (SWMM); se identificaron los nodos, direcciones de fluidos y capacidades de las tuberías en el sistema de alcantarillado propuesto; las cuales son de 4” y 6”; de acuerdo a las diferentes localizaciones de los nodos y de extensiones comprendidas en mínimos de 3,28 m hasta los 5,77 m.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO – 3/6**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Enylus Coromoto Rondón Véliz	ROL	CA	AS	TU(x)	JU
	CVLAC:	10.942.520			
	E_MAIL	enylus510@gmail.com			
	E_MAIL				
Echeverría Coa, Beatriz Carolina	ROL	CA	AS	TU	JU(x)
	CVLAC:	21.013.748			
	E_MAIL	echeverriabcc92@gmail.com			
	E_MAIL				
Edgard Martin Márquez Fernández	ROL	CA	AS	TU	JU(x)
	CVLAC:	8.030.911			
	E_MAIL	edgardmarquez25@gmail.com			
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2022	11	25
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO – (4/6)

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
PROYECTO VICTOR Y CARMEN.doc	. MS.word

ALCANCE

ESPACIAL: PASEO ORINOCO, SECTOR COMANDO FLUVIAL EN CIUDAD BOLÍVAR – ESTADO BOLÍVAR.

TEMPORAL: 10 AÑOS.

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO: INGENIERO CIVIL

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO: PREGRADO O POST-GRADO

ÁREA DE ESTUDIO: INSTALACIONES SANITARIAS

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD DE ORIENTE

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO - 5/6

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda "SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009".

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE	
SISTEMA DE BIBLIOTECA	
RECIBIDO POR	<i>Martínez</i>
FECHA	5/8/09
HORA	5:20

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolanos
JUAN A. BOLANOS CUNELLE
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Telesinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO – 6/6**DERECHOS**

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado (Vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009)

“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario “

AUTOR**Márquez Victor****C.I 27.366.245****AUTOR****Rivero Carmen****C.I 27.015.699****TUTOR****Enylus Rondón****C.I 10.942.520****JURADO****Beatriz Echeverria****C.I 21.013.748****JURADO****Edgard Márquez****C.I 8.030.911****POR LA COMISIÓN DE TESIS**