

**IMPACTOS QUE GENERA LA INOPERATIVIDAD DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
PLUVIAL EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS HABITANTES EN EL DISTRITO DE
RIOHACHA.**

AUTORES:

CESAR EMEL BARROS NIEVES

MARIA DE JESUS CASTAÑEDA DEL PRADO

RAFAEL RICARDO JIMENEZ BRITO

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EN CONSTRUCCIONES

UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA

RIOHACHA - LA GUAJIRA

2023

**IMPACTOS QUE GENERA LA INOPERATIVIDAD DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
PLUVIAL EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS HABITANTES EN EL DISTRITO DE
RIOHACHA.**

AUTORES:

CESAR EMEL BARROS NIEVES

MARIA DE JESUS CASTAÑEDA DEL PRADO

RAFAEL RICARDO JIMENEZ BRITO

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL: TITULO DE ESPECIALISTA EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

Director:

RUBEN DORIA

INGENIERO CIVIL

MAGISTER EN INGENIERIA CIVIL CON ENFASIS EN RECURSOS HIDRICOS

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EN CONSTRUCCIONES

UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA

RIOHACHA - LA GUAJIRA

2022

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 3 |
| 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 6 |
| 1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO | 7 |
| 1.2.1. Objetivo general: | 7 |
| 1.2.2. Objetivos específicos | 7 |
| 2 JUSTIFICACIÓN | 8 |
| 3 DELIMITACIÓN..... | 11 |
| 3.1 Delimitación Espacial | 11 |
| 3.2 Delimitación Temporal | 11 |
| 3.3 Delimitación De Contenido..... | 11 |
| 4 CAPITULO II: MARCO TEÓRICO | 13 |
| 4.1 Antecedentes de la investigación | 13 |
| 4.1.1 Antecedente de alcantarillado | 13 |
| 4.1.2 Antecedente de evaluación y caracterización de impactos. | 15 |
| 4.2 Fundamentación Teórica | 19 |
| 4.2.1 Drenaje Pluvial | 19 |
| 4.2.2 Evaluación y caracterización de impactos | 22 |
| 5 METODOLOGÍA..... | 27 |
| 5.7 Identificación de variables | 31 |
| 5.7.1 Sistema del alcantarillado:..... | 31 |
| 5.7.2 Evaluación de impactos y calidad de vida de los habitantes: | 32 |

| | | |
|-------|--|----|
| 6 | RESULTADOS | 33 |
| 6.1 | Caracterización del alcantarillado pluvial | 33 |
| 6.1.1 | Relación entre la inoperatividad y los impactos | 34 |
| 6.1.2 | Estado Actual Del Sistema De Alcantarillado Pluvial Existente En El Distrito De Riohacha. | 35 |
| 6.2 | DIAGNÓSTICO DE LAS REDES SUBSUPERFICIALES EXISTENTES | 51 |
| 6.2.1 | Comunas del distrito de Riohacha. | 51 |
| 6.3 | Estudios hidrológicos de las cuencas | 53 |
| | □ Concepto de cuenca hidrográfica..... | 53 |
| | □ Morfometría de cuencas | 54 |
| 6.4 | ESTUDIOS HIDROLÓGICOS..... | 59 |
| 6.5 | CLIMATOLOGÍA..... | 62 |
| 6.6 | PRECIPITACIÓN | 62 |
| 6.7 | PRECIPITACIÓN MEDIA..... | 63 |
| 6.8 | ANÁLISIS DE LLUVIA | 64 |
| 6.9 | NÚMERO DE DÍAS AL MES CON PRECIPITACIÓN | 65 |
| 6.10 | CURVAS DE INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA | 65 |
| 6.11 | PERIODO DE RETORNO COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA | 66 |
| 6.12 | COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA. | 67 |
| 6.13 | TIEMPO DE CONCENTRACION. | 68 |
| 6.14 | INTENSIDAD DE PRECIPITACION..... | 69 |
| 6.15 | CALCULO DE CAUDALES. | 70 |
| 6.16 | CALCULO DE CAUDAL DE LAS CUENCAS..... | 71 |
| 6.17 | CALCULO DE CAUDAL EN REDES SUBSUPERFICIALES. | 72 |

| | |
|---|----|
| 6.18 APLICACIÓN DEL SOFTWARE HCANALES. | 78 |
| 6.19 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS – APLICACIÓN DE LEOPOLD..... | 79 |
| 6.4 RELACIÓN ENTRE INOPERATIVIDAD DEL SISTEMA E IMPACTOS GENERADOS | 83 |
| 7 IMPACTO ESPERADO | 85 |
| 8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES | 87 |
| 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. | 88 |
| 10. ANEXOS..... | 89 |
| 11. BIBLIOGRAFÍA | 90 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clasificación de cuencas de acuerdo con su área..... | 55 |
| Tabla 2. Características de la cuenca de acuerdo con el valor kc..... | 56 |
| Tabla 3. Propiedades de las cuencas de estudio..... | 57 |
| Tabla 4. Clasificación de las cuencas..... | 58 |
| Tabla 5. Características de Localización, Elevación y Periodo de Registro de Estaciones Hidro Meteorológicas..... | 62 |
| Tabla 6. Datos de estación pluviométrica..... | 63 |
| Tabla 7. Características del área de drenaje..... | 67 |
| Tabla 8. Coeficientes de escorrentía..... | 68 |
| Tabla 9. Caudales que aportan las cuencas al sistema de drenaje subsuperficial. | 71 |
| Tabla 10. Colector pluvial José Antonio Galán..... | 72 |
| Tabla 11. Colector Pluvial Che Guevara – Coquivacoa – José Antonio Galán..... | 73 |
| Tabla 12. Colector Pluvial Bocagrande – Virgencita..... | 75 |
| Tabla 13. Colector Pluvial Barrio Arriba..... | 76 |
| Tabla 14 Resultado cálculo de caudal..... | 79 |
| Tabla 15. Matriz de Leopold..... | 80 |
| Tabla 16. Impactos identificados..... | 82 |
| Tabla 17. Cronograma de actividades..... | 87 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Localización del distrito de Riohacha..... | 11 |
| Figura 2. Sistemas de alcantarillado pluvial | 20 |
| Figura 3. Sistema de Alcantarillado Pluvial existente | 37 |
| Figura 4. Ubicación espacial de los Boxcoulverts que hacen parte del sistema de drenaje | 37 |
| Figura 5. Canales abiertos sistema drenaje pluvial | 38 |
| Figura 6. Sistema de drenaje subsuperficial. | 39 |
| Figura 7. Colector 1 Cooperativo – José Antonio Galán..... | 40 |
| Figura 8. Colector 2 Che Guevara – Coquivacoa – José Antonio Galán. | 41 |
| Figura 9. Colector 3 Boca grande-virgencita | 42 |
| Figura 10. Colector mercado viejo – Barrio Arriba..... | 43 |
| Figura 11. Estación virgencita Carrera 7H calle 19 | 44 |
| Figura 12. Estación carrera 7h calle 19..... | 44 |
| Figura 13. Entrada a la estación Carrera 7 con calle 19..... | 44 |
| Figura 14. By pass Carrera 7H calle 19 | 45 |
| Figura 15. Planta estación de bombeo “Virgencita”..... | 45 |
| Figura 16. Estación de bombeo “Virgencita” | 46 |
| Figura 17. Vista en planta del alcantarillado Pluvial de la Calle Ancha (Y) | 47 |
| Figura 18. Avenida circunvalar (carrera 1b con calle 7) | 48 |
| Figura 19. Estación de bombeo barrio arriba. | 48 |
| Figura 20. Estación de bombeo barrio arriba. | 49 |
| Figura 21. Condiciones de la Calle 7 en momentos de lluvia. | 50 |
| Figura 22. Calle 6, Barrio arriba. | 50 |
| Figura 23. Ubicación Espacial de Comunas del Distrito de Riohacha | 53 |

| | |
|---|----|
| Figura 24. Cuencas Hidrográficas Distrito de Riohacha | 58 |
| Figura 25. Precipitaciones mensuales | 64 |
| Figura 26. Precipitación total promedio mensual multianual. Estación Aeropuerto Almirante Padilla. | 64 |
| Figura 27. Curva IDF – Estación Aeropuerto Almirante Padilla DIAGRAMA DE CURVAS | 66 |
| Figura 28. Cálculo de Caudal, Sección Circular | 78 |

DEDICATORIA

Este trabajo de grado va dedicado principalmente a Dios, quien me ha dado la oportunidad de alcanzar un nuevo título para mi vida profesional y a mi familia, que diariamente me inspira y motiva a seguir preparándome.

Dichoso el que halla sabiduría, el que adquiere inteligencia. Porque ella es de más provecho que la plata y rinde más ganancias que el oro. Es más valiosa que las piedras preciosas: ¡ni lo más deseable se le puede comparar!

(Proverbios 3:13-15)

CESAR EMEL BARROS NIEVES.

Esta dedicatoria va dirigida a Dios y a mi familia.

RAFAEL RICARDO JIMENEZ BRITO.

Primeramente, darle gracias a Dios por guiarme y estar a mi lado en todo momento, por enseñarme cada día a no desfallecer al querer lograr un objetivo.

Con todo mi corazón a mi madre, eres la persona que cada día me motiva, me inspira y me ayuda a creer en mí y ser mejor persona. Tu bendición a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien. todo lo que hago es por y para ti.

A mi padrastro (QEPD) por tu apoyo, comprensión y por estar cada vez que te necesite... te quiero en el cielo.

A mis pequeñas bebés (sobrinas-ahijadas) Mareón y Emma, que cada día me hacen más fuerte, me enseñan el verdadero amor de una tía, y a tener el corazón siempre feliz.

Con todo mi cariño a mis hermanos (José Carlos y Carlos José) los amo con mi vida.
Gracias por estar siempre.

Sin duda alguna papaíto gracias por estar con nosotros...

Soy feliz con ustedes, siempre creceré y seré mejor persona por ustedes y para todas las personas que me quieran, mi familia.

¡¡Orgullosa de ser ingeniera civil, ahora especialista en gerencia en construcciones!!

¡¡¡Voy por más!!!

MARIA DE JESUS CASTAÑEDA DEL PRADO.

RESUMEN

Los impactos que genera la inoperatividad del sistema de alcantarillado pluvial en el distrito turístico y cultural de Riohacha, afectan la calidad de vida de los habitantes y todo esto es una problemática muy frecuente cada vez que se presentan lluvias, debido a las faltas de soluciones para el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado existente y a la carencia de este en algunos puntos; Así mismo la baja supervisión y control para el mantenimiento, de tal manera que se pueda conseguir un mejor desarrollo en la ciudad.

No obstante, las viviendas no serían las únicas afectadas por dicho problema, de alguna forma los habitantes de cada sector donde se presenta este inconveniente estarían perjudicados por el estancamiento de aguas la cual le podría acarrear enfermedades infecciosas y reproducción de plagas que tendrían repercusión en su salud.

Debido a esto, el principal objetivo es evaluar los impactos que genera la inoperatividad del sistema de alcantarillado pluvial en el distrito de Riohacha, ya que la función principal de un alcantarillado pluvial es la de manejar, controlar y conducir adecuadamente las escorrentías de las aguas lluvias, para no provocar inundaciones y por ende afectaciones en la calidad de vida.

Dado a lo anterior para poder evaluar los impactos es indispensable conocer el estado actual del sistema de alcantarillado pluvial en el distrito de Riohacha y su funcionamiento al momento de evacuar las aguas lluvias de manera constante, y así tener los criterios para sostener opiniones tales como, su dimensionamiento y falta de capacidad, y de tal forma recomendar aumentar la capacidad del sistema o ampliar la cobertura del sistema pluvial en el distrito, buscando evitar las inundaciones y por ende se pueda garantizar una mejor calidad de vida para los habitantes al momento de los periodos de lluvias.

ABSTRAC

The impacts generated by the inoperability of the storm sewer system in the tourist and cultural district of Riohacha, affect the quality of life of the inhabitants and all this is a very frequent problem when is raining, for to the lack of solutions for the good functioning of the existing sewage system and the lack of it in some points; Likewise, the low supervision and control for maintenance, in such a way that a better development in the city can be achieved..

However, the houses wouldn't be only ones affected by this problem, in some way the habitants of each sector where this inconvenience occurs would be harmed by the stagnation of water which could lead to infectious diseases and the reproduction of pests that would have repercussions on their Health.

For this reason, the main objective is to evaluate the impacts generated by the inoperability of the storm sewer system in the district of Riohacha, for the main function of a storm sewer is to manage, control and properly conduct storm water runoff, so as not to cause flooding and therefore affect the quality of life.

Therefore, in order to evaluate the impacts, it is essential to know the current state of the storm sewer system in the district of Riohacha and its operation at the time of evacuating rainwater constantly, and have the criteria to maintain opinions such as, underdimensioning and lack of capacity, and thus increase the capacity of the system or expand the coverage of the pluvial system in the district, seeking to prevent flooding and guarantee a better quality of life for the inhabitants at the time of the rainy periods.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, debido al proceso acelerado de desarrollo urbano, los sistemas de saneamiento y sistemas de drenaje urbano se han visto afectados por el sobrepaso de su capacidad, especialmente en tiempos de lluvias por efectos de las cantidades de agua pluvial que se reciben de las zonas urbanas impermeables, considerandos en esta situación como una problemática que afecta tanto a nivel nacional como regional y distrital (Aguilar, et al, 2018).

Teniendo en cuenta el acelerado desarrollo urbano, se han evidenciado como consecuencias inundaciones en comunidades menos favorecidas por el hecho de no tener acceso a un sistema de drenaje con capacidad suficiente para descargar aguas de lluvia. Además, se encuentran diferentes problemáticas a causa de esta como es el caso de la degradación ambiental y el calentamiento global que se consideran amenazas principales para el medio ambiente (Baquero & Vanegas, 2018).

Así mismo, además de la incapacidad de los sistemas de drenaje y de los efectos que recibe el medio ambiente, en el ámbito de la construcción de casas, edificios, calles, estacionamientos, entre otros., considerados como espacios modificados por el hombre, ha sido considerado como transformación del entorno natural que ha traído consigo consecuencias como nuevas superficies poco permeables cuyos resultados con mayor cantidad de agua sobre los terrenos y eliminación de causas de las corrientes naturales, es decir, reducción de la capacidad de desalojo de las aguas pluviales y residuales (Yáñez, 2014).

Las consecuencias obtenidas por las lluvias tienen cada vez mayor impacto debido a la incapacidad de filtración del suelo, ya que se ha visto disminuida y por su parte, los escurrimientos de agua han aumentado en pro del desarrollo de las ciudades. Las inundaciones urbanas producto de precipitaciones constituyen un fenómeno que merece respuestas rápidas y eficientes para la creación de sistemas de drenaje capaces de

recolectar, encauzar y disponer adecuadamente los excesos de las aguas pluviales en las diversas localidades (Guerrero, 2014).

Durante la época invernal uno de los males que más se evidencian en la ciudad son las inundaciones, que causan no solo contratiempos a los conductores y peatones, sino que también producen enfermedades (Infobae, 2022); pudiendo esto ser evidenciado en la aplicación de la matriz de Leopold, donde se identifican todos los impactos generados por la inoperatividad del sistema pluvial.

Para lograr esto en el Distrito de Riohacha se necesita una administración para la revisión y operación frecuente en el alcantarillado pluvial existente, esto indicaría cuando se presente algún inconveniente y así resolverlo lo más pronto posible, evitando que se presenten con frecuencia la problemática de escorrentías producto de la lluvia por la falta de mantenimiento y control del sistema de drenaje pluvial, impidiendo así la evacuación de estas aguas que tienden a acumularse causando contaminación y enfermedades, deteriorando la calidad de vida de los habitantes.

Por tal razón el funcionamiento del alcantarillado pluvial es fundamental por su principal función el manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia en forma separada de las aguas residuales. Y llevarla o dejarla en sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de las ciudades.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo urbano tiene gran impacto en la hidrología de las cuencas en donde se lleva a cabo. En particular, se modifican la red de drenaje y el proceso de transformación lluvia-escorrentía. Como consecuencia o fenómeno de la actividad urbanizadora, se ha considerado que los cauces naturales que se conglomeran para formar la red hidrográfica original están alterados en gran magnitud, lo que afecta directamente a la capacidad de desagüe y por tanto se presentan situaciones como las inundaciones.

Tal como lo menciona RCN radio según su publicación del 27 de agosto del 2020, La Guajira como Departamento que posee un relieve y posición geográfica cuyo impacto en el volumen de las precipitaciones es menor, ocho de las doce meses del año representan sequía extrema y altas temperaturas que pueden llegar a los 40°, lo cual, trae consigo consecuencias como las emergencias y afectaciones a las comunidades aledañas a la zona, como lo son los pueblos indígenas. En los cuatro meses restantes se experimenta una temporada de lluvia que genera cierto tipo de incertidumbre en los municipios (Rodríguez, 2020).

Debido a la alteración de los procesos de urbanización se han tenido consecuencias como es el caso de la lluvia escorrentía donde las aguas pluviales han de ser eliminadas de manera rápida y eficaz. Esta situación lleva a que se deba evitar la retención temporal de la infiltración y de la misma manera es necesario que se incremente la velocidad de circulación del agua hacia las partes más bajas de la cuenca (Abellán, 2015).

Las urbanizaciones son determinantes para tener efectos sobre condiciones naturales de una cuenca y su ciclo hidrológico, debido a que repercuten en la modificación de los ambientes naturales, compactando el suelo e impermeabilizándolo hasta el punto de alterar las vías naturales de drenaje y aumentar la cantidad y concentración de contaminantes en el agua. Uno de los problemas, tal vez el más importante y visible, es

la formación de inundaciones localizadas tras eventos de lluvia, por falta de drenajes pluviales (Guerrero, 2014).

Frente a la situación descrita, se han propuesto diversas acciones con la finalidad de hacer frente a los problemas de drenaje de las aguas en los sectores urbanos, puesto que es necesario que exista coherencia y continuidad en los procesos de intervención, principalmente cuando se tienen múltiples agentes, ya que esto mejora la interacción al momento de implementar acciones. Debido al escurrimiento de las aguas en la superficie urbana se ha evidenciado que cada sector sufre consecuencias diversas, por lo cual, es necesario generar sus obligaciones para mitigar los efectos (Villalba, et al, 2019).

Esta situación es frecuente en el Distrito de Riohacha en el cual se ven afectados aproximadamente unos 20 barrios al no poder evacuar las aguas lluvias (Rodríguez, 2020); debido a esto se ve perjudicada la calidad de vida de los habitantes quienes a su vez deben aprender a convivir con las aguas sin drenar, lo que provoca la proliferación de enfermedades infecciosas y reproducción de plagas identificadas como los principales vectores, con los cuales se vería afectada de manera negativa la salud de los habitantes y la calidad ambiental de los diferentes barrios.

En uno de estos sectores se realizó una entrevista por parte de RCN Radio el día 4 de septiembre del 2020 al señor Víctor Acosta, habitante del barrio 15 de Mayo, este expresa que “las lluvias cada vez que llegan acá se forma el caos, la situación es incontrolable porque un jagüey que tenemos cerca se desborda, las casas se inundan y empiezan a llegar además las epidemias que generan enfermedades principalmente en los niños”, esto es solo un ejemplo de las diferentes situaciones presentadas en los diversos barrios del distrito, y aunque otras fuentes diferentes a las lluvias se convierten en protagonistas, se evidencia la inoperancia y/o inexistencia del alcantarillado pluvial (Rodríguez, 2020).

Con mayor claridad en lo planteado, se hace preciso realizar una serie de interrogantes que nos ayuden a acercarnos un poco más a la problemática ya presentada y a identificar posibles respuestas que den solución a esta, caracterizando y evaluando la operatividad

del sistema de alcantarillado pluvial actual, y los impactos en la calidad de vida presentados en la población.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta la afectación que presenta la poca efectividad de la red de desagüe pluvial del distrito sobre la población, se pretende investigar: ¿Qué impactos genera la inoperatividad del sistema de alcantarillado pluvial en la calidad de vida de los habitantes en el Distrito de Riohacha?

Además, se requieren conocer ciertos aspectos que serán facilitadores en el proceso de investigación de esta, entre los cuales están:

- ¿Cómo está estructurado el sistema de alcantarillado pluvial actualmente en el Distrito de Riohacha?
- ¿De qué manera la inoperatividad del alcantarillado pluvial afecta la calidad de vida de los habitantes en el Distrito de Riohacha?

Partiendo de esto, se desean conseguir los objetivos que se muestran a continuación.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1. OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar los impactos que genera la inoperatividad del sistema de alcantarillado pluvial en el distrito de Riohacha.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la estructura del sistema de alcantarillado pluvial actualmente en el Distrito de Riohacha
- Caracterizar los impactos generados por la inoperatividad del alcantarillado pluvial en la calidad de vida de los habitantes del Distrito de Riohacha.
- Demostrar la relación que existe entre el adecuado funcionamiento del alcantarillado pluvial del distrito y la calidad de vida de sus habitantes.

2 JUSTIFICACIÓN

Los sistemas de alcantarillado pluvial se encuentran compuestos por red de conductos, estructuras complementarias y de captación, el objetivo que tienen estos no solo es el manejo, sino también la conducción y el control de aguas pluviales que provienen de cubiertas de edificaciones y se establecen en veredas, calles y avenidas. Además, el contar con este tipo de sistemas tiene como finalidad evitar que las aguas se concentren y/o acumulen debido a que realizan un proceso de drenaje, logrando mayor seguridad y disminuyendo problemáticas como daños materiales o inundaciones (SIAPA, 2014).

En concordancia con lo anterior, los alcantarillados pluviales poseen como principal objetivo llevar a cabo un control y manejo adecuado de las escorrentías de las aguas de lluvia teniendo en cuenta que estas deben estar separadas de las aguas residuales. Así mismo, se encarga de llevar el agua pluvial a sitios en los que no tengan ninguna consecuencia o que no existan daños para la comunidad.

Al momento de dar solución a problemáticas como la inundación en una zona específica y especialmente de tipo urbana, se plantean actuaciones que tienden a restituir de una forma artificial el comportamiento natural existente en la cuenca antes de ser ocupada por la ciudad. Estas actuaciones se dividen en dos categorías, inicialmente las que presentan como principal objetivo el incremento de la capacidad de desagüe en la red de colectores, como sustitución de la red hidrográfica natural y seguido, las que tienden a disminuir la escorrentía con el fin de aumentar la retención e infiltración. Cada una de estas actuaciones requiere de una buena gestión e infraestructura en la medida que presenta relaciones positivas con el servicio urbano para brindar eficiencia (Ocampo, 2014).

En aras de conseguir un ambiente agradable y con gran potencial de desarrollo se hace necesario identificar las causas principales que impiden la consecución de estos, en la actualidad se evidencia la falta de calidad de vida y el lento desarrollo en algunos barrios y/o sectores del distrito de Riohacha, también se observan diversos factores como políticos, sociales y urbanísticos.

En el barrio Cooperativo del distrito los medios recientemente han recogido evidencia de los factores anteriormente mencionados, en donde las aguas lluvias llegan a afectar la movilidad del sector, debido a que su nivel imposibilita el flujo del tráfico vehicular o peatonal en las vías, afectando así las condiciones de traslado (en caso extremo) para la atención de emergencias. De igual forma se ve afectada la salud de los moradores del barrio, pues la concentración de estas aguas genera la proliferación de vectores y malos olores, aumentando el riesgo de enfermedades en toda la población y problemáticas de salud pública, así como lo da a entender en una de las entrevistas realizadas por el periódico La Guajira Hoy, el médico pediatra Jorge Pérez Molina quien es habitante del sector (Ortega, 2021).

Las inundaciones presentadas en los últimos tiempos en diferentes zonas del distrito de Riohacha, se han generado aparentemente por el incremento del caudal en las cuencas hidrográficas que hacen parte del área aferente a la zona de estudio, siendo este mayor al admisible por el sistema de alcantarillado pluvial existente, ante esto, la administración distrital ha proyectado la gestión de recursos para la ampliación de obras pluviales; de momento no se han iniciado a ejecutar, y las acciones llevadas a cabo manejan un perfil de gestión humanitaria, y disposición de motobombas para evacuar el agua estancada y limpieza parcial del sistema existente, siendo estas, acciones reactivas que aunque bien intencionadas no ayudan corregir la problemática de las inundaciones, tal como registra RCN Radio (Suárez, 2020).

Con base en lo anterior, en este trabajo se pretende mencionar los principales aspectos relacionados con la inoperatividad que presenta el alcantarillado pluvial del Distrito de Riohacha, por tal motivo se ha partido de conocer la estructura y funcionamiento de dicha red de alcantarillado pluvial, evaluar su funcionamiento y ponderar cómo la deficiencia de este puede generar impactos negativos a la población adyacente a ellos.

Este proyecto tiene como finalidad conocer los impactos que se generan sobre la calidad de vida de los habitantes ante la inoperatividad o falta de capacidad del sistema de drenaje para evacuar las aguas lluvias, a su vez saber qué tipos de inconvenientes se han presentado ante escenarios de precipitación, y así mismo realizar recomendaciones

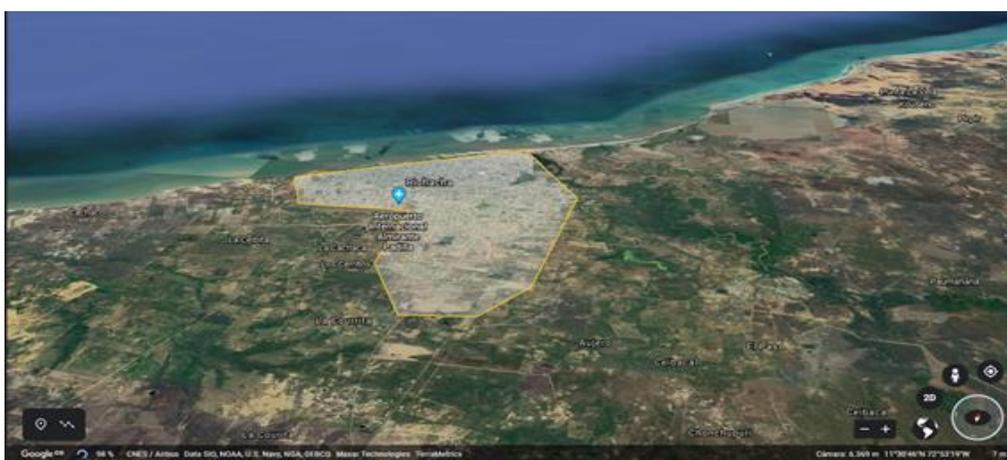
para minimizar los impactos generados sobre el bienestar de las personas y el medio ambiente.

3 DELIMITACIÓN

3.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

La investigación se realizará en toda la cabecera municipal del distrito de Riohacha, que cuenta con una superficie de 3.084 km² y cuyas coordenadas son 11°32'39" N y 72°54'25" O con una altitud de 7 m sobre el nivel del mar.

Figura 1. *Localización del distrito de Riohacha*



Nota. Delimitación Distrito de Riohacha. Adaptada de (Google Earth, 2021)

3.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

El periodo de tiempo que se implementará en esta investigación está comprendido entre el segundo semestre del 2020 y el primer semestre del 2022.

3.3 DELIMITACIÓN DE CONTENIDO

Con la ejecución de la presente investigación se busca indagar cuales son los impactos que afectan la calidad de vida de los habitantes del Distrito debido a la inoperancia del sistema de alcantarillado pluvial.

Cabe resaltar que las conclusiones arrojadas en la presente investigación pertenecen a un ejercicio académico y no deben ser utilizadas como referencia de proyectos

contractuales ni lineamiento de proyecciones administrativas reales futuras dentro del alcance de este.

4 CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1 Antecedente de alcantarillado

Inicialmente las redes de alcantarillado se crearon con la función principal de evacuar las aguas lluvia, en los primeros asentamientos donde se empezó la construcción de ciudades pequeñas, se hizo necesario e indispensable buscar la forma en la que se drenara el agua de lluvia y conseguir que esta no se mantuviera estancada; sin embargo, a partir de allí y teniendo en cuenta que por esta problemática se aumentaron las enfermedades a la población aparecieron otras necesidades (Astu, 2021).

La historia del alcantarillado empieza en la India, Nippur cerca de los 3750 AC entre los centros de Asia menor y de Oriente utilizando conductos de alfarería. Vitoviz (2014) menciona que en la Antigua Grecia se iniciaron los sistemas de alcantarillados en los cuales se implementaron canales rectangulares con cubiertas de losas planas y continuamente empezaron a ser parte del pavimento en las calles, formándose así, las redes de alcantarillados.

Posterior a esto, el 1842 en Hamburgo se implementó un nuevo sistema de alcantarillado considerado “moderno” el cual estaba apegado a las teorías de la época y en el que se incluyeron las condiciones topográficas que tenían en cuenta las necesidades de la población. Esto, trajo consigo un avance significativo teniendo en cuenta que se iniciaron proyectos con base a la población y principios fundamentales y desde 1990 hasta hoy siguen estando vigentes (Vitoviz, 2014).

La Fundación We Are Water (2017) menciona que en el siglo XIX las redes de alcantarillado tuvieron grandes impactos en países debido a situaciones como el surgimiento de enfermedades endémicas y además, puesto que anteriormente no existía un sistema de drenaje para aguas residuales que tuviera resultados positivos. Así, las redes de alcantarillado además de lograr un drenaje de aguas pluviales, también tenía como función proponer criterios técnicos y rigurosos.

Para la mitad del siglo XX debido a que se presentó un crecimiento urbano desacelerado y con ello se obtuvieron consecuencias y déficit a nivel de infraestructura urbana y principalmente en el drenaje de aguas de lluvia, se identificaron problemáticas como la inundación que tuvo gran impacto en la población. A partir de allí, surgieron nuevas acciones o proyectos impulsados en conceptos de hidráulica e hidrología para el medio urbano como es el caso del estado de la lluvia y la transformación lluvia – escorrentía, así como también el comportamiento hidráulico del alcantarillado, trayendo consigo una disciplina considerada como novedosa: hidrología urbana (Cuti, 2018).

Consecuentemente, en los años 80, atendiendo a los cambios o avances a nivel de técnicas y teorías conforme a los fenómenos de cantidad como los caudales, se han inspirado nuevos estudios enfocados en la calidad como la carga contaminante en el proceso de drenaje urbano, este nuevo foco trajo consigo una perspectiva desde el punto de vista ambiental debido a que la falta de un sistema de drenaje urbano eficiente evidenció problemáticas como la contaminación a partir de las aguas que se vierten por la red de alcantarillado y son recibidas por mar o ríos, especialmente en tiempos de lluvia (Domínguez, 2015).

Frente a lo anterior, es pertinente mencionar que en el diseño de nuevos sistemas de alcantarillados la metodología ha presentado cambios significativos y se puede mencionar el sistema de alcantarillado combinado, en los que se llevan a cabo no solo el desalojo de aguas residuales, sino también pluviales; no obstante, actualmente existe la tendencia de infraestructura para que los sistemas se construyan de manera separada debido a la urgente necesidad de cuidar al medio ambiente independientemente de que el alcantarillado combinado tenga menor gasto y mayor facilidad de operar, construir, controlar y mantener. Frente a esta situación, en el Distrito de Riohacha existe un sistema de alcantarillado separado (pluvial) que se distribuye en 4 sectores, los cuales, se han visto afectados por inundaciones.

4.1.2 Antecedente de evaluación y caracterización de impactos.

A nivel mundial se presentan afectaciones directas a la calidad de vida de la población debido a la falta de alcantarillado pluvial, y/o a la inoperancia de este; debido a estas situaciones que se ven recurrentes complicaciones que afectan al ser humano. Un país donde se ve mucho eso es en Costa Rica en Siquirres, Limón. La ausencia de un sistema de alcantarillado con la finalidad de evacuar las aguas pluviales es la causante de enfermedades como el dengue y afectaciones en las viviendas por la pérdida de los enseres cuando se inundan en el barrio Siquirritos, Así lo destacó el informe anual y más en el periodo del 2005-2006 del Ministerio de Salud (Mundial, 2017).

Así mismo, ocurre en Ecuador en algunas provincias que durante la época invernal se evidencian inundaciones que causan no solo contratiempos a los conductores y peatones, si no que afectan de tal manera toda la calidad de vida de los habitantes, debido que algunos sectores las calles son con arenas y con la lluvia se convierten en lodo y al no tener como evacuar afecta constantemente hasta la movilidad en el sector, la ropa toda se daña por la humedad, los enseres de la casa se arruinan e igualmente se producen enfermedades. De igual manera los negocios son totalmente afectados por las condiciones del sector, porque las personas no cruzan la calle por cómo se encuentra en los momentos de lluvia; además los mismos habitantes realizan limpieza para que se vaya el agua acumulada (Beltrán, 2022).

En países como Chile en Villa del Mar y Valparaíso se han evidenciado situaciones problemáticas como es el caso de la inundación en las calles provenientes del inadecuado comportamiento de las personas que habitan en las zonas aledañas y transitan por estas mismas. Según el Departamento de obras Civiles de la Universidad Santa María, la problemática actual se encuentra en el sistema de alcantarillados de aguas pluviales y esto afecta diversas partes del país ya que el sistema de acueducto no está en buenas condiciones y cuando llueve el agua no tiene a donde ir puesto que no

existen cañerías y las que hay no cumplen con la función y objetivo de impermeabilizar terrenos (Rojas, et al, 2014).

A nivel global son muchas las ciudades que sufren inundaciones a causa de la mala proyección o carencia de los sistemas de alcantarillado pluvial que no están en la capacidad de drenar aguas lluvias de gran magnitud de manera correcta. En Latinoamérica los escenarios que se presentan son diversos en materia de servicios de alcantarillado sanitario y pluvial. Las ciudades por su topografía, forma de cómo fue construida y de su crecimiento, son las que vuelven diversos estos escenarios. A esto se le suma un factor de gran importancia como lo es la idiosincrasia de las personas, el cual es fundamental para el buen funcionamiento de los sistemas de alcantarillado pluvial. Las ciudades que más sufren a causa de las inundaciones están ubicadas en América del sur, donde se presentan diferentes tipos de escenarios como ciudades sin drenaje sanitario y pluvial, como en algunas ciudades ubicadas en Brasil y Paraguay que su forma de verter los desechos son mediante las fosas sépticas. El siguiente escenario son ciudades que no tienen alcantarillado sanitario, pero cuentan con uno de drenaje, como en algunas ciudades de Brasil donde el drenaje pluvial presenta mayor capacidad de transporte, ocasionando impactos ambientales negativos. El último escenario son las ciudades que tienen un alcantarillado sanitario, pero carecen de uno pluvial que ocasionan grandes arroyos urbanos como es el caso de Barranquilla.

A nivel nacional, en épocas de invierno, la ciudad de Barranquilla sufre fuertes precipitaciones que provocan grandes arroyos, poniendo en peligro la economía, la vida humana y a su vez paralizan las actividades industriales y comerciales. Las fuertes corrientes de aguas se deben a la topografía particular que presenta la ciudad, al crecimiento acelerado en las zonas altas que reducen las áreas permeables, y a esto se le atribuye la mayor causa que es la carencia de un sistema de alcantarillado pluvial, el cual actualmente está conformado por las diferentes calles que de manera improvisada funcionan como conductoras de las fuertes corrientes.

La carencia de un sistema de drenaje pluvial en la ciudad demuestra la incorrecta administración de los recursos estatales a lo largo del tiempo, lo que indica la baja calidad de vida de los barranquilleros. Sin embargo, esta situación ha mejorado con las últimas administraciones donde han contribuido a construir una ciudad sin arroyos, brindándoles una mejor calidad de vida a sus ciudadanos. Estas obras han recobrado mucha importancia debido al incremento en la calidad de vida de todos los habitantes de la ciudad de manera directa e indirecta. Una de las desventajas que afectaba mucho en la calidad de vida de los habitantes en esta ciudad se producían las inundaciones en los predios públicos y privados, producto de las lluvias con gran intensidad en la zona y fuera de ella (Ayala, Murillo, Lozada, & Pombo, 2017).

En la Región Caribe Colombiana las inundaciones son el desastre natural que ocurre con mayor frecuencia tanto en las zonas urbanas como rurales debido a que ambas son afectadas por la problemática que ha ocasionado la población y a nivel de infraestructura en cuanto a los bienes y servicios. A nivel Departamental, en La Guajira para el año 2010 y en época invernal se produjeron aguaceros fuertes que tuvieron como consecuencia la inundación de más de 14 municipios. Riohacha junto a Maicao, Dibulla, Manaure y Uribía fueron los cinco municipios más afectados por las inundaciones ocasionadas por la temporada de lluvias 2010-2011 (Pérez, et al, 2018). Así mismo, las inundaciones con aguas pluviales acarrearán situaciones problemáticas tanto a corto como a largo plazo, entre las que se pueden encontrar la erosión del suelo, disminución de la calidad del agua, pérdida temporal de espacios y la afectación principalmente en el medio ambiente.

De la misma manera, la presentación de agua estancada crea áreas de reproducción de mosquitos, afectando la salud de los ciudadanos, debido a que causan enfermedades al impactar la calidad del aire con los gases del suelo que se filtran a las viviendas reduciendo los niveles de oxígeno con creación de condiciones que pueden conducir a la dificultad para respirar, dolores de cabeza y cansancio.

Cabe resaltar que las inundaciones y el agua estancada causan daño a las propiedades, reducen el valor de estas, e aumentan la deficiencia en las condiciones de vida de las personas, sumadas a los problemas de salud y a los problemas económicos que acarrea cada situación de pérdida al momento que se presenta una inundación.

A nivel municipal, Riohacha es uno de los municipios de la Guajira más afectados cuando se produce la inundación al momento de lluvias, debido a la falta de alcantarillado pluvial, recientemente ocurrió un fuerte aguacero que cayó sobre este municipio que dejó 32 barrios y 205 familias afectadas, Donde informaron personal administrativo de la capital de la Guajira que la solución es la ampliación del alcantarillado pluvial, y así aplicar las acciones preventivas como la limpieza de rejillas del sistema pluvial en diversas calles, la remoción de residuos del humedal Bocagrande, manjoles y vías canales para disminuir las afectaciones que se desencadenan la temporada de lluvias (Pérez, 2015).

4.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

4.2.1 Drenaje Pluvial

Los sistemas de alcantarillado tienen como finalidad conducir aguas provenientes de precipitaciones pluviales partiendo del lugar en el que se recolecta hasta donde se realiza el proceso de descarga, además, busca la forma de que se realice con el mínimo porcentaje de gastos (Reyes, 2014). Ha de considerarse el Sistema de alcantarillado como un tipo de transporte de líquidos que tiene como objetivo el uso de la energía natural de la mejor manera, dirigido está a verter las aguas en vaídas verticales o cascadas a excepción de aquellos sistemas que se diseñan para terrenos con topografía irregular, los cuales, están obligados a disipar la energía propia de líquidos en movimiento (Rivadeneira, 2012).

En este orden de ideas, el sistema de alcantarillado se encuentra compuesto por un conjunto de tuberías y obras complementarias, siendo estas necesarias para la recepción y evacuación de aguas residuales de la población y la escorrentía superficial como producto de la lluvia. En casos de que no haya o existan este tipo de sistemas de recolección de aguas, las consecuencias serían significativas especialmente para la población, trayendo consigo una diversidad de enfermedades epidemiológicas y aumentando los riesgos de contagio (Ramírez & Ucros, 2018).

4.2.1.1 Alcantarillado

Se conceptualiza el alcantarillado o red de alcantarillado a los sistemas y estructuras de tuberías que se utilizan para realizar el transporte de aguas servidas (sanitario), residuales o aguas de lluvia o alcantarillado pluvial desde el punto en el que se generan hasta el lugar en el que se vierten o se tratan (Duque, 2015). El sistema de alcantarillado tiene diversos funcionamientos, existen redes mixtas, es decir, aquellas que juntan aguas de lluvia y aguas negras, los cuales son fundamentales para las zonas secas y especialmente en épocas poco pluviosas, debido a que los sistemas pluviales pueden tener como consecuencia una diversidad de infecciones.

4.2.1.2 Sistema de drenaje pluvial

4.2.1.2.1 Descripción

El sistema de alcantarillado pluvial tiene como objetivo o función principal manejar controlar y conducir adecuadamente la escorrentía de aguas de lluvia de manera separada a las aguas residuales a fin de llevarlas o establecerlas en sitios donde no tengan consecuencias o inconvenientes para las poblaciones o habitantes. Se considera que el sistema de alcantarillado pluvial se constituye por una serie de conductos y estructuras de captación o complementarias con el fin de que las aguas pluviales sean conducidas y caigan sobre las cubiertas de las edificaciones, calles y avenidas y así evitar que se concentren o acumulen, generando así una forma de seguridad que no causa daños materiales o inundaciones (SIAPA, 2014).

Figura 2. Sistemas de alcantarillado pluvial



Nota. Ilustración de sistema de alcantarillado pluvial. Tomado de (ESTIBAUS, 2018)

4.2.1.2.2 Sistemas De Alcantarillado Pluvial

4.2.1.2.2.1 Alcantarillado Pluvial Particular.

Existen diversos sistemas de alcantarillado pluvial y entre estos se encuentra el de tipo particular, considerado como una red cuyas instalaciones están ubicadas en fincas, predios y edificios en los que logran captar y conducir los escurrimientos pluviales que están dentro de cada uno de estos a fin de disponerles un proceso de infiltración,

detención o retención y a su vez establecer canales o tuberías que cumplan con los límites del predio o propiedad teniendo en cuenta sus condiciones particulares (SIAPA, 2014).

4.2.1.2.2 Alcantarillado Pluvial General Particular.

En continuidad con lo anterior, se pueden encontrar también sistemas de alcantarillados pluviales generales como redes que captan y conducen los escurrimientos de aguas pluviales que se encuentran en áreas comunes como lo son conjuntos habitacionales, deportivos, industriales, centros comerciales, fraccionarios privados o áreas de servicios cuya finalidad es proponer un sistema de infiltración, detención y retención y un canal o tubería que abarque los límites de la propiedad conforme a sus condiciones particulares (SIAPA, 2014).

4.2.1.2.3 Alcantarillado Pluvial Municipal.

Se pueden encontrar también alcantarillados pluviales municipales con el fin de recolectar y conducir las aguas pluviales que están mayormente en ciudades o zonas metropolitanas a fin de disponer estructuras de infiltración, retención o retención y conducir las por medio de tuberías y canales para depositarlas o descargarlas en cuerpos de aguas naturales (SIAPA, 2014).

4.2.1.2.3 Componentes de un alcantarillado pluvial.

Los componentes principales de un sistema de alcantarillado pluvial según su función son los siguientes:

- Estructuras de captación: Son aquellas que están dispuestas para recolectar y transportar aguas por medio de sumideros o coladeras pluviales, su estructura de captación permite la existencia de conexiones domiciliarias en las que el agua de lluvia se vierte en techos y patios. Generalmente, los escurrimientos pluviales son cunetas, vialidades o vados que están en contra de las coladeras pluviales y son encauzados hasta las instalaciones de drenaje pluvial.

- Estructuras de conducción: Se encargan de transportar las aguas que se recolectan por las estructuras de captación para que lleguen a los sitios en los cuales se van a tratar o verter. Estas representan una médula del sistema de alcantarillado que está formado por conductos cerrados y abiertos (canales y tuberías).
- Estructuras de conexión y mantenimiento: Son aquellas que facilitan conexión y mantenimiento de conductos que son parte de la red de alcantarillado, no solo permiten que exista una conexión entre varias tuberías, sino también con diferentes diámetros y materiales; así mismo, cuentan con un espacio suficiente para que los hombres puedan bajar al nivel de tuberías y realicen sesiones de limpieza e inspección en los conductos.
- Estructura de descarga: Son aquellas que se encargan de proteger y mantener libre de obstáculos al sistema de alcantarillados hasta su descarga final, esto permite que se disminuyan los daños que pueden afectar el tramo de tuberías causados por la corriente y en el lugar donde se descarga el sistema.
- Estructuras complementarias: Son aquellas que se utilizan en casos específicos y hacen parte del sistema de alcantarillado pluvial a fin de resolver problemas determinados y son fundamentales para que el sistema funcione, entre estas se encuentran: estructuras de retención, detención, infiltración, filtración, limpieza, remoción y medición.

4.2.1.2.3.1 Disposición final

El proceso de disposición final de las aguas que pasan por el sistema de alcantarillado representa una parte indispensable para el proyecto, la importancia de esta se encuentra en que si no se define con anterioridad a la planificación y construcción del proyecto de las aguas pluviales o residuales las consecuencias pueden causar daños a la sociedad y al medio ambiente o la zona en la que se vierte el agua (SIAPA, 2014).

4.2.2 Evaluación y caracterización de impactos

Entre los diversos impactos que se encuentran de la inadecuada gestión de los sistemas de alcantarillados está la calidad de vida de la población, puesto que las condiciones en

las que habita una persona pueden llenar de placer o aflicción a la sociedad; no obstante, el concepto se caracteriza por ser subjetivo y estar vinculado a procesos de desarrollo como es el caso de la infraestructura y dentro de esta los sistemas de alcantarillado.

En los ambientes rurales donde no existen adelantos o progresos técnicos y la población no cuenta con sistemas además de los naturales, es decir, no tienen sus necesidades básicas satisfechas como en el caso de recursos naturales, los individuos presentan una escasa calidad de vida y no existen relaciones entre estos y las innovaciones tecnológicas, trayendo consigo un ambiente poco saludable que en consecuencia puede afectar las grandes urbes (Urzúa, 2012).

En este orden de ideas, no solo se encuentra la afectación a la calidad de vida del ser humano, también existe un impacto significativo a nivel medio ambiental, pues la inexistencia o ineficacia de los sistemas de alcantarillados afecta y amenaza al futuro del planeta debido a que causa gran contaminación por la cantidad de desechos que se obtienen del proceso de recolección de aguas fluviales.

4.2.2.1 Calidad de Vida

Se conceptualiza la calidad de vida como un “estado” en el que el ser humano presenta satisfacción general proveniente de la ejecución de actividades o potencialidades del mismo. Este concepto tiene tanto perspectivas subjetivas, como objetivas. Desde el abordaje subjetivo se hace énfasis en la sensación de bienestar a nivel psicológico, físico y social, además, se tienen en cuenta las percepciones de seguridad, productividad, salud e intimidad. Desde la visión objetiva se encuentran los bienes materiales, ambiente físico, relaciones, comunidad, sociedad y salud (Bautista, 2017).

En este sentido, se le conoce como calidad de vida a los elementos tanto subjetivos como objetivos que abordan el bienestar social de una persona que abarca la experiencia a nivel individual y comunitario. Conforme a esto, la Organización Mundial de la Salud menciona que cada individuo tiene un lugar o existencia que debe ser integrado en un sistema de valores para el cumplimiento de sus expectativas conforme a sus objetivos

(Aponte, 2015). Comprendiendo lo anterior, la calidad de vida abarca cinco (5) componentes, los cuales son:

- **Físico:** Seguridad física y salud.
- **Material:** vivienda digna y acceso a servicios básicos y medios de transporte
- **Educativos:** desarrollo cognitivo y ampliación de conocimientos de manera individual y colectiva
- **Emocional:** desarrollo del bienestar emocional conforme a su crecimiento y relaciones interpersonales
- **Social:** comunicación e interacción del ser humano con núcleos familiares y sociales.

4.2.2.2 Impactos

Comprendiendo lo anterior, se tiene en cuenta que, debido a la ineficacia y afectación a la calidad de vida de la población, pueden surgir diversos impactos no solo para estos, sino también a nivel social, ambiental y económico comprendiéndose según Ramírez & Rodríguez (2015) de la siguiente manera:

- **El Impacto Social:** vinculado principalmente a la vida en sociedad, grupos de individuos que debe respetar los espacios comunes.
- **El impacto Ambiental:** Hace referencia a los efectos que se producen en el medio ambiente y las modificaciones del entorno natural producidas por obras o actividades civiles. Además, hace referencia a la alteración de manera directa o indirecta por el hombre.
- **El impacto económico:** Se comprende como el efecto resultado de una acción que tiene repercusión en la economía de un país o el mundo.

4.2.2.3 Clasificación y estimación de impactos

4.2.2.3.1 Impactos Generados Por La Inoperatividad Del Alcantarillado Pluvial

Es indispensable identificar aquellos impactos que afectan y/o benefician cualquier tipo de entorno; para ello se realiza y se utiliza una serie de metodologías para la caracterización y

valoración de todos los posibles impactos generados por la inoperatividad del alcantarillado pluvial en los diversos puntos distribuidos en el distrito de Riohacha.

Una vez establecidas las acciones que de forma directa o indirecta influyen en la inoperatividad del sistema y las problemáticas que el mismo genera debido a estas, se deben determinar cuáles son las metodologías óptimas para la identificación de impactos; de acuerdo con las condiciones presentadas en estos sectores y de forma general en el distrito, se decide aplicar para la caracterización y evaluación de los mismos la matriz de Leopold (Causa/efecto).

4.2.2.3.2 Matriz de LEOPOLD

Para la evaluación de causa – efecto de los aspectos que priorizan los impactos como la magnitud y densidad de la naturaleza, se utiliza una matriz LEOPOLD. En Colombia, se define como perjuicio e impacto teniendo en cuenta los componentes de acción que se encuentran afectados, como es el caso del ambiental. La matriz Leopold es el paso inicial para identificar la interacción entre un proyecto y sus problemáticas, opera teniendo en cuenta filas y columnas considerando todos los factores ambientales que puedan estar involucrados (Dellavedova, 2011).

4.2.2.3.3 Tipo de impacto

Según Gómez & Gómez, V. (2013) la evaluación de los impactos se refiere al carácter benéfico o positivo (+), o perjudicial o negativo (-) de estos considerándose de la siguiente manera:

- ✓ **Impacto positivo:** es el resultado de una actividad que genera mejoramiento, amplia utilidad y sostenibilidad.
- ✓ **Impacto negativo:** aquel cuyo efecto se traduce en pérdidas de valor turístico, estético-cultural, socioeconómico, paisajístico, de productividad ecológica, o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión, de la colmatación y otros daños ambientales.

4.2.2.3.4 Calificación de impacto

- ✓ **Magnitud:** se encarga de valorar el impacto y alteración provocada por el grado, escala o extensión. Se refiere a la intensidad de la dimensión, de 1-10 es decir, de menor a mayor, se interpone el signo + para efectos positivos y – para negativos.
- ✓ **Importancia:** es el valor ponderal, peso relativo ubicado en la mitad inferior derecha y se refiere a la relevancia o el impacto en la calidad. Califica en orden creciente de importancia de 1-10 (Gómez & Gómez, V, 2013)

4.2.2.3.5 Evaluación del impacto

Los valores arrojados por las filas conllevan a determinar la incidencia del conjunto o el impacto ambiental, por su parte, si se suman los valores, esta sería la valoración relativa de efecto para las acciones que producen al medio. La matriz se estipula como una herramienta para identificar el impacto ambiental en términos de magnitud e intensidad (Gómez & Gómez, V, 2013).

5 METODOLOGÍA

5.1. Enfoque de la Investigación

El enfoque de la presente investigación es mixto debido a que se basa en la observación material, comprensión de hechos y perspectivas de la problemática a través de la intervención de la población del Distrito de Riohacha. Según Cárdenas (2018) el enfoque mixto busca datos que puedan ser medibles y cuantificables y a la vez aquellos que surgen de la observación con el fin de hacer cumplir los objetivos y explicarlos para mantener relaciones con fenómenos como es el caso de los impactos que produce no contar con alcantarillados eficientes en el Distrito.

5.2. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo correlacional con un enfoque crítico - social debido a la intencionalidad que muestra el objetivo general, ya que con este se desea medir el grado de relación existente entre las variables establecidas.

Paz (2012) menciona que la investigación correlacional se enmarca dentro de la metodología no experimental y su cometido es hallar explicaciones mediante el estudio de relaciones entre variables en marcos naturales, sin que exista la manipulación de las mismas y que este tipo de investigación informa en qué medida un cambio en una variable es debido a la modificación experimentada en otra u otras variables.

5.3. Diseño de Investigación

Comprendiendo el método, tipo y enfoque de la investigación se considera que la presente cuenta con un diseño de investigación evaluativo porque se busca valorar el estado general del alcantarillado pluvial del Distrito de Riohacha. Escudero (2016) considera que la investigación evaluativa es la más implementada en el XXI debido a que ello busca identificar el desarrollo de una situación a fin de analizarla y

posteriormente mejorarla en búsqueda de beneficios, como es el caso de la calidad de vida de los ciudadanos.

5.4. Fuentes de recolección de datos

Las fuentes de recolección de datos utilizadas fueron tanto primarias como secundarias, cada uno de los medios usados brindan conocimiento sobre la problemática o situación problemática y se pueden identificar de tal manera:

- **Fuentes primarias:** son aquellas que se obtuvieron de manera directa con los habitantes del Distrito de Riohacha a través de los instrumentos de recolección pre – elaborados y a partir de ello se desarrollaron los datos estadísticos.
- **Fuentes secundarias:** son aquellas que parten de datos ya elaborados y de investigaciones anteriores para obtener información teórica sobre la problemática.

5.5. Población y Muestra

La muestra representativa a la cual se aplicó el instrumento de la entrevista fue a un total de 2 personas con altos cargos en la empresa ASAA S.A E.S.P en el Distrito de Riohacha, estos fueron:

- Gerente de operaciones, el cual tenía la mayor información sobre el proceso del sistema de alcantarillado, responsabilidades y operaciones frente a la temática.
- Director de Planeación y Proyectos que brindó información sobre la manera en la que se planean los proyectos en el Sistema de alcantarillado Pluvial.

5.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de información

Las técnicas implementadas para llevar a cabo el análisis de datos de la investigación fueron:

- Observación: Representa una de las técnicas más implementadas en las investigaciones para hacer registro visual de manera sistematizada. A partir de la

observación se inició el reconocimiento del problema de estudio (Campos & Martínez, 2012).

- Análisis de documentos: El análisis de documentos o contenido se implementa para identificar algún relato que pueda referirse a la problemática estudiada, con esta se analizan variables o categorías que pueden acercara la investigación a la solución de problemas (Bernete, 2013).
- Entrevistas: Son un instrumento para describir la estructura del sistema de alcantarillado pluvial actualmente en el Distrito por parte de la población, se utilizó una entrevista semiestructurada con la finalidad de obtener datos de primera mano.
- Matriz Leopold: Esta matriz se implementa con el fin de identificar las interacciones existentes partiendo de las actividades del proyecto (columnas). Se consideran los factores que están asociados a las actividades (filas) y se atraviesa una línea que corresponde a columna (acción), fila (factor). Consecuentemente, se marcarán las acciones en las cuadrículas para representar las interacciones y posibles efectos. Consecuentemente, las cuadrículas que representan el impacto posible conllevan a una evaluación individual teniendo en cuenta cada uno de los valores:
 1. Magnitud: se mide de 1 a 10 siendo 10 su máximo alteración que provoca el factor ambiental y 1 la mínima. Se encuentra ubicado en la parte superior de la celda con la línea horizontal. Son preceden de signos (+) positivos o (-) negativos teniendo en cuenta el efecto. En caso de que se encuentren valores positivos en ocasiones puede omitirse el signo (+).
 2. Importancia: es la ponderación o peso relativo que tiene el factor ambiental en el proyecto o sus alteraciones posibles. Se ubica en la parte inferior de la celda con la línea horizontal.

Sin embargo, no se considera que los signos evidencien si el proyecto, acciones o propuestas son positivas o negativas, para ello es necesario recurrir a un promedio aritmético. El valor se obtiene al multiplicar la magnitud con la

importancia de cada casillero. Estas formas estadísticas deben implementarse tanto para filas como para columnas. Se siguió el siguiente procedimiento:

1. Identificación de actividades o acciones principales que pueden probar impacto ambiental en la primera fila de la matriz formando la cabeza de las columnas.
2. Identificación de los impactos ambientales que se asocian a las actividades de la primera columna, formando la cabeza de las filas
3. En cada celda donde hay una intersección entre una actividad y su impacto ambiental colocar una línea horizontal

| |
|--|
| |
| |

4. En el parte superior del triángulo formado por la celda con la línea diagonal, calificar la magnitud del impacto utilizando las tablas de “calificación de la magnitud e importancia”. Nótese que esta calificación debe ser un número negativo para un impacto negativo y positivo para un impacto positivo (rango posible: -10 hasta +10).

| |
|----|
| -5 |
| |

5. En el parte inferior de la celda con la línea horizontal, calificar la importancia del impacto utilizando las tablas de “calificación de la magnitud e importancia”. Nótese que esta calificación siempre es un número positivo (rango posible: +1 hasta +10)

| |
|----|
| -5 |
| 6 |

6. Para determinar el valor del promedio aritmético, cada celda se debe multiplicar las dos calificaciones (rango posible: -100 hasta +100)

$$\begin{array}{|c|} \hline -5 \\ \hline + \\ \hline 6 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline - \\ \hline 30 \\ \hline \end{array}$$

7. Una vez obtenidos los valores para cada celda se procede a determinar cuántas acciones afectan el medio ambiente, desglosándolas en positivas y negativas. De igual forma se determina cuántos elementos del ambiente son afectados, separándolos también en positivos y negativos.
8. Al ser calificadas todas las celdas relevantes, se hace una sumatoria algebraica de cada columna y fila para así poder registrar el resultado en el casillero de Agregación de impactos, indicando así cuán beneficiosa o perjudicial es la acción propuesta y cuán beneficiado o perjudicado es el factor ambiental.
9. Finalmente, si se adicionan por separado los valores de la agregación de impactos tanto para las acciones como para los componentes ambientales, el valor obtenido deberá ser idéntico (representado por el valor de la celda inferior derecha de la matriz). Si el signo de este valor es positivo, todo el análisis producirá un beneficio ambiental. Si el signo es negativo, el mismo análisis será perjudicial.

5.7 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Dentro de la investigación sobre los impactos que genera la inoperatividad del sistema de alcantarillado pluvial en la calidad de vida de los habitantes en el distrito de Riohacha, Se propone analizar las siguientes variables:

5.7.1 Sistema del alcantarillado:

Esta variable es de tipo independiente puesto que evaluaremos su capacidad para afectar las demás. Conoceremos cómo se encuentra conformado actualmente el sistema de alcantarillado pluvial del distrito de Riohacha, si cuenta con una empresa operadora y a su vez, realizaremos un diagnóstico para determinar si este sistema es capaz de evacuar las aguas lluvias en óptimas condiciones al momento de su funcionalidad.

5.7.2 Evaluación de impactos y calidad de vida de los habitantes:

Variable de tipo dependiente puesto a que se ve afectada por la inoperancia del sistema de alcantarillado. Mediante la aplicación de la matriz Leopold, evaluaremos cuáles son los impactos más comunes que se presentan en el distrito de Riohacha debido a las inundaciones y a su vez cómo afectan la calidad de vida de los habitantes.

6 RESULTADOS

En este capítulo se presentará la estructura de alcantarillado pluvial actual del Distrito de Riohacha, permitiendo así conocer la realidad del sistema en mención para evidenciar o demostrar que la inoperancia del sistema pluvial del distrito genera una serie de impactos, los cuales se caracterizaran utilizando como instrumento la herramienta de la matriz de Leopold.

Al estudiar las variables en su conjunto, se puede demostrar la relación que existe entre el inadecuado funcionamiento del alcantarillado pluvial del distrito y la afectación de la calidad de vida de sus habitantes.

6.1 CARACTERIZACIÓN DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL

Debido al cambio climático se han obtenido diferentes retos para el manejo de recursos hídricos en las zonas urbanas. Partiendo de esta situación, el enfoque de la ingeniería debe tener en cuenta la adaptabilidad y con ello formular proyectos hidráulicos puesto que se encuentran problemáticas como las inundaciones urbanas en la gran parte de las urbes de América Latina, evidenciando además del riesgo la escasa infraestructura como en el caso del sistema de drenaje pluvial.

El drenaje pluvial urbano es una variable de vital importancia en el desarrollo de las comunidades, de él depende la discrecionalidad de la vida humana en sus estar cotidiano, en los lugares determinados de una ciudad. Este tiene como fin evitar los daños y las inclemencias de las comunidades por efecto de las lluvias; este debe garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria (DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLADO Y CANAL PARA EL DRENAJE PLUVIAL, 2020).

Para conocer cómo se encuentra conformado el sistema de alcantarillado pluvial de la ciudad de Riohacha, iniciaremos buscando información con la empresa Avanzadas Soluciones de Acueducto y Alcantarillado S.A E.S.P. (ASAA), operadora de los servicios

de acueducto y alcantarillado del distrito. Se hace necesario conocer si la operación del sistema pluvial está dentro de su responsabilidad.

Para el desarrollo de esta investigación es de vital importancia tener información referente a las redes colectoras existentes del sistema pluvial. Si bien es cierto conocemos que en la actualidad hay redes para el transporte de aguas lluvias, pero se desconocen los diámetros y tramos instalados. Le solicitaremos a la empresa de servicios públicos ASAA, dicha información.

Una vez obtenida y conocida la información, se realizará un diagnóstico hidráulico e hidrológico con el objetivo de determinar las magnitudes de caudales que llegan a las redes subsuperficiales y evaluaremos si el sistema existente cumple con su criterio de diseño, además conoceremos si es capaz de evacuar las aguas lluvias de manera eficiente evitando las inundaciones.

Para la elaboración de este diagnóstico, realizaremos las siguientes actividades

- Estudios hidrológicos de las cuencas.
- Diagnóstico climatológico.
- Determinación de caudales de diseño.
- Cálculos para determinar la capacidad de transporte de los colectores

6.1.1 RELACIÓN ENTRE LA INOPERATIVIDAD Y LOS IMPACTOS

Existe una alta relación entre el no funcionamiento de algún sistema y los impactos que esto genera a ciertas áreas o poblaciones en específico, es evidente que toda acción trae consigo una reacción sea esta positiva o negativa, involucrando directa o indirectamente al ser, población o sociedad. La inoperatividad de los sistemas de redes de alcantarillado pluvial trae consigo una relación directa en la calidad de vida de cualquier ciudad siendo esta negativa, debido a los altos impactos generados donde se ven afectadas a gran escala las comunicaciones viales y económicas, la salud, el ambiente y el paisaje.

El no funcionamiento óptimo de las redes de alcantarillado pluvial ocasiona caos al momento de presentarse una precipitación debido a que el nivel de las aguas imposibilita la comunicación de los diferentes sectores, tales como económicos, sociales, de salud, etc. generando afectaciones no solo en las calles, sino también en la salud de los moradores de los diferentes barrios, pues la concentración de estas aguas genera la proliferación de vectores y malos olores, aumentando el riesgo de enfermedades en toda la población y problemáticas de salud pública, así como lo da a entender en una de las entrevistas realizadas por el periódico La Guajira Hoy (anteriormente citada), el médico pediatra Jorge Pérez Molina quien es habitante del sector (Ortega, 2021).

Es importante evidenciar claramente como se encuentran relacionadas tales afectaciones o impactos debido a la inoperatividad del sistema de alcantarillado pluvial en el distrito de Riohacha, para ello se realiza de forma sistemática el estudio en diversos sectores donde se encuentran colectores de aguas lluvias, los cuales muestran las condiciones actuales del sistema e impactos generados, información que servirá para resaltar las diversas problemáticas presentadas en párrafos anteriores de esta investigación mediante noticias, las cuales resaltan como se están viendo afectadas diversas zonas de la ciudad por el indebido funcionamiento de estas redes y colectores de aguas lluvias.

6.1.2 Estado Actual Del Sistema De Alcantarillado Pluvial Existente En El Distrito De Riohacha.

- **Recopilación de información**

Actualmente, el sistema de alcantarillado pluvial del distrito de Riohacha no cuenta con un operador asignado. La operación de este sistema no ha sido priorizada dentro la administración distrital, vemos como muchos de los componentes que conforman dicho sistema, se encuentran en abandono y a falta de mantenimientos que garanticen su óptimo funcionamiento. La responsabilidad del debido funcionamiento del sistema de alcantarillado pluvial de la ciudad está a cargo de la alcaldía distrital, secretaría de infraestructura y servicios públicos.

La empresa ASAA, encargada de prestar los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en la ciudad, estuvo operando las estaciones de bombeo de agua pluvial y realizando limpiezas en las redes colectoras subsuperficiales hasta el año 2018 de manera colaborativa, puesto a que dentro del contrato firmado antes de iniciar con la operación de los sistemas de acueducto y alcantarillado, no se contempló responsabilidad y puesta en marcha del sistema de alcantarillado pluvial, tal como lo indica el anexo N°1.

La empresa ASAA, suministró información de las redes colectoras existentes a través de planos en AutoCAD, en donde se pueden identificar los diámetros de las tuberías instaladas, puntos o lugares de descargas y longitud de los colectores.

La fundación centro de recuperación de ecosistemas acuáticos (CREACUA) en el Informe integrado de caracterización Hidráulica Urbana “adaptación urbana verde frente a inundaciones con el soporte de la modelación matemática y el software model en Riohacha, La Guajira, Colombia” realizado en el año 2014, describen de manera general como se encuentra conformado actualmente el sistema de alcantarillado pluvial de la ciudad

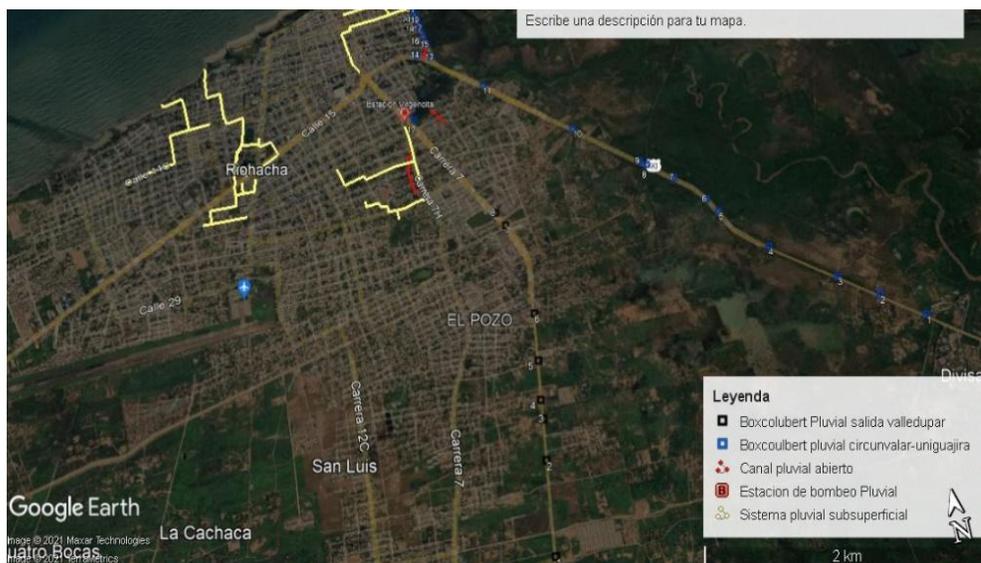
El sistema de alcantarillado pluvial existente en el distrito de Riohacha está compuesto por diferentes componentes definidos como (CREACUA, 2014):

- Boxcoulverts rectangulares.
- Canales construidos en concreto.
- Drenaje pluvial subsuperficial construido en zonas críticas de la ciudad.
- Sistemas de Bombeo de Drenaje de Aguas pluviales (Virgencita y Calle 7 (ancha))
- Calles que actúan como canales provisionales.

Sin embargo, existen otros componentes que suplen las actividades de drenaje pluvial pero no hacen parte del sistema que son:

- Alcantarillado sanitario actual.
- Cuerpos de aguas permanentes y semipermanentes.

Figura 3. Sistema de Alcantarillado Pluvial existente

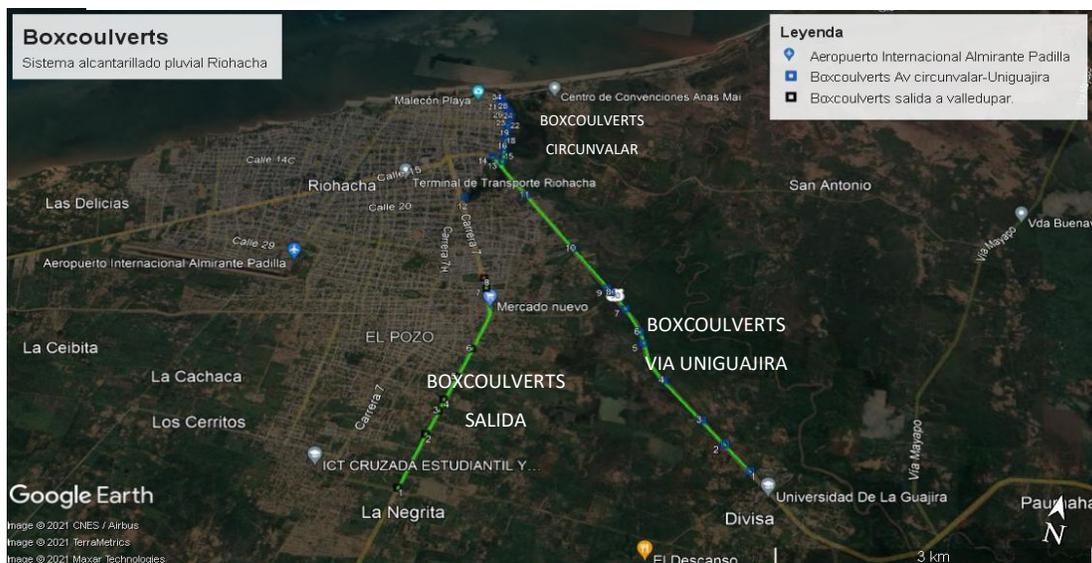


Nota. Sistema de alcantarillado pluvial existente en diversas comunas del distrito de Riohacha. Adaptada de (Google Earth, 2021)

- **Boxcoulverts**

Este componente hace parte del sistema pluvial y se encuentran ubicados en las vías perimetrales a la Universidad de la Guajira (Sur este) y la ciudad de Valledupar (Sur Oeste), en total se identificaron 42 de este tipo, son de geometrías y dimensiones distintas.

Figura 4. Ubicación espacial de los Boxcoulverts que hacen parte del sistema de drenaje

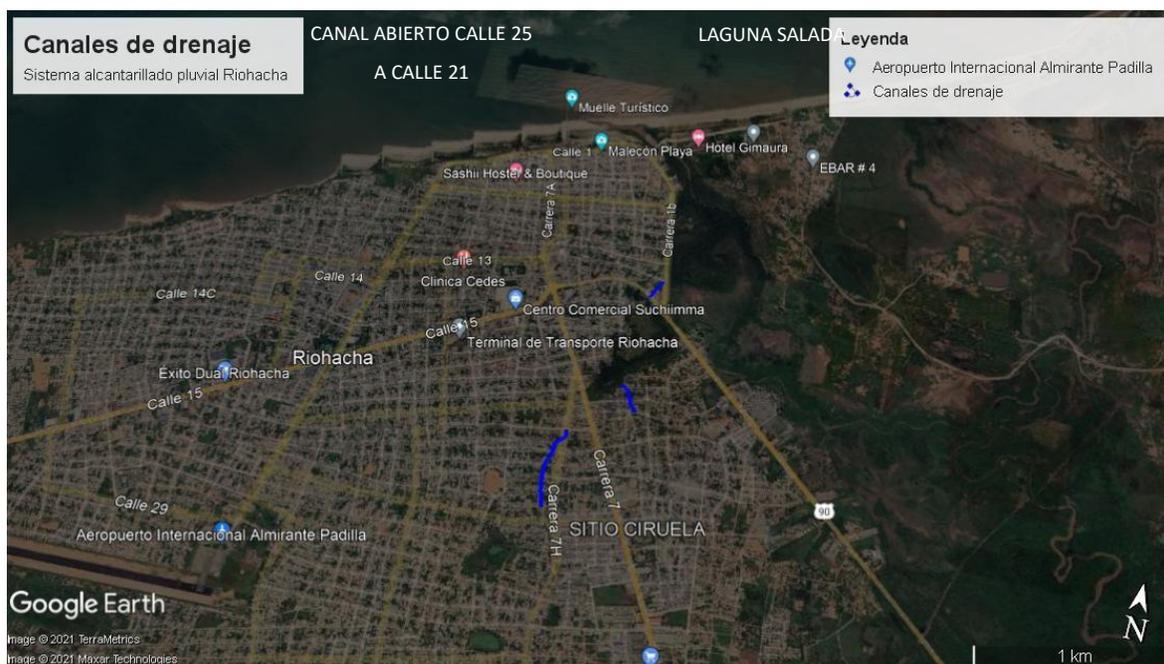


Nota. Boxculverts del sistema de drenaje ubicados en sectores del distrito. Adaptada de (Google Earth, 2021)

- **Canales de drenaje.**

En total son 3 los canales de drenajes y en su momento fueron construidos como contingencia debido a que en las zonas no se contaba con un sistema de drenaje pluvial. Uno de estos canales se encuentra ubicado en un perímetro bastante poblado y a su vez pasa por el interior de varias viviendas. Tenemos el canal abierto del barrio Cuellar (comprendido desde la calle 25 a la calle 21 con Cra 8) y los canales de entrada y salida hacia la laguna salada.

Figura 5. Canales abiertos sistema drenaje pluvial



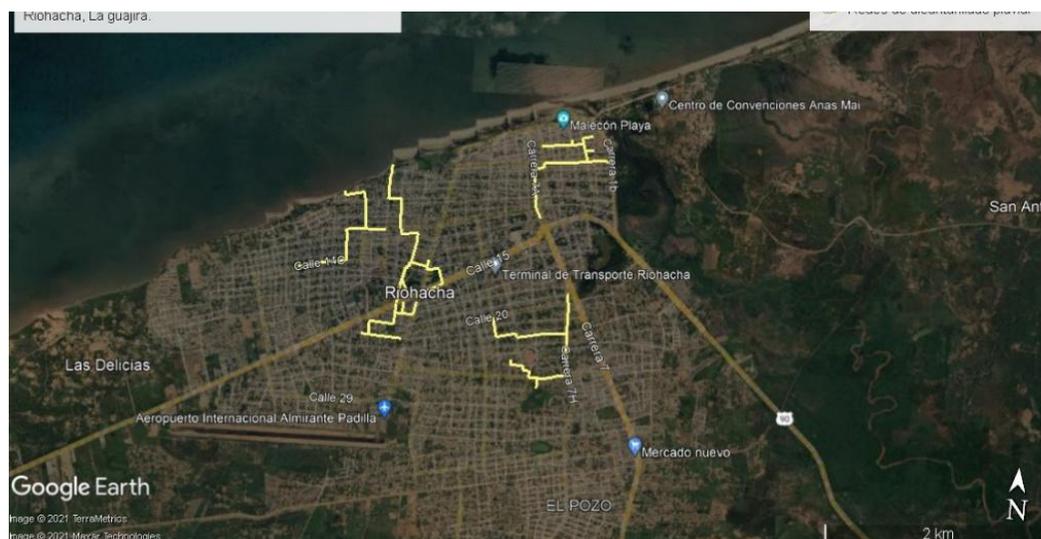
Nota. Canales de drenajes de aguas lluvias. Adaptada de (Google Earth, 2021)

- **Drenaje pluvial subsuperficial construido en zonas críticas de la ciudad**

En cuanto al sistema de drenaje pluvial subsuperficial existente, no se encontró información detallada de cómo se encuentra. A su vez fue difícil dirigirnos hacia algún ente debido a que este no cuenta con un operador asignado. Sin embargo, la empresa avanzadas soluciones de acueducto y alcantarillado (ASAA S.A E.S.P), operadora de los

servicios de acueducto y alcantarillado de la ciudad, suministro los planos de las redes que hasta ahora componen el alcantarillado pluvial del distrito.

Figura 6. Sistema de drenaje subsuperficial.



Nota. Sistema colector pluvial existente en el distrito de Riohacha. Adaptada de (Google Earth, 2021)

Consolidada esta información tenemos que el sistema está conformado por 4 colectores principales de la siguiente manera:

- *Colector Cooperativo – José Antonio Galán:* Este colector comienza en el barrio cooperativo y recoge gran parte de las aguas lluvias que circulan por los barrios, Édison Deluque, Nuevo horizonte, 12 de octubre, Jorge Pérez, La Ñapa, Marbella, José Antonio galán. Las aguas se recolectan sentido sur-norte y vierten directamente al mar caribe. Inicia en tubería PVC con diámetro de 12” y finaliza en tubería de cemento en 32”.

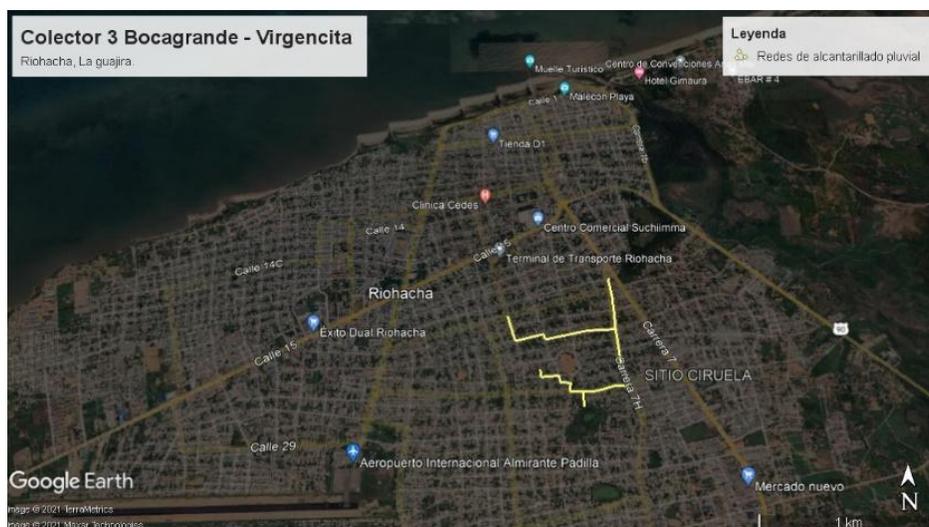
Figura 7. Colector 1 Cooperativo – José Antonio Galán



Nota. Adaptada de (Google Earth, 2021)

- *Colector Cheguevara - Coquivacoa – José Antonio Galán:* Este colector inicia en la Calle 21 con carrera 20, barrio Che Guevara en tubería nova fort de 12”, conecta 27” en la Calle 18 con carrera 16 y continua hasta el mar caribe. Transporta en su mayoría aguas lluvias de los barrios San francisco, Libertador, Paraíso, Padilla y José Antonio Galán. Su punto de vertimiento es en el mar caribe y finaliza tubería nova fort de 60”.

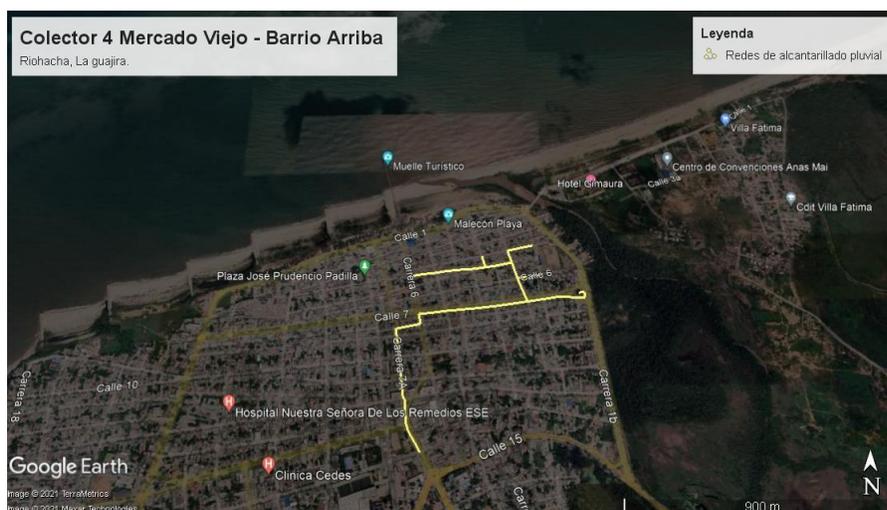
Figura 9. Colector 3 Boca grande-virgencita



Nota. Adaptada de (Google Earth, 2021)

- Colector Mercado viejo - Barrio Arriba: Este último colector inicia en la carrera 7 con calle 14 en un diámetro de 18" y continua hacia la calle 7 para finalmente entregar las aguas a la estación de bombeo barrio arriba. El colector recoge las aguas lluvias del mercado viejo, parte del Barrio Abajo, San Martín de Porres y Barrio Arriba para ser entregadas a la estación de bombeo en 48".

Figura 10. Colector mercado viejo – Barrio Arriba.



Nota. Adaptada de (Google Earth, 2021)

- **Sistema de bombeo de aguas pluviales.**

El sistema pluvial del distrito de Riohacha cuenta con 2 estaciones de bombeo para el manejo de aguas lluvias.

1. Estación de bombeo “Virgencita”

Se encuentra ubicada en la Carrera 7h con Calle 19, barrio Las villas. Su función principal es bombear las aguas que llegan del colector subsuperficial Bocagrande. Fue construida en el 2009, consta de una estación y un boxculvert que atraviesa la carrera 7, vía que conduce al mercado viejo.

Esta estación desde que fue construida cumple con su propósito de diseño, sin embargo, su funcionamiento no es eficiente tal como lo menciona uno de los ediles de la comuna 6 Loreto Ortiz en una entrevista realizada por redacción la guajira hoy “No cesan las querellas porque realmente no se ve el buen funcionamiento de esta estructura. El distrito no le está invirtiendo los recursos necesarios para que eso opere de manera adecuada. Cuando llueve se combinan tanto las aguas lluvias como las aguas negras”. (Celedón, 2018).

Figura 11. Estación virgencita Carrera 7H calle 19



Nota. Estación colapsada en temporada de lluvias. Tomada de (Celedón, 2018)

Figura 12. Estación carrera 7h calle 19



Nota. Estación de bombeo en temporada seca. Fuente propia.

Figura 13. Entrada a la estación Carrera 7 con calle 19.



Nota. Entrada a la estación de bombeo. Fuente propia.

Figura 14. By pass Carrera 7H calle 19



Nota. By pass construido al lado de la estación, cuyo fin es de transportar el excedente de agua que no logra ingresar. Fuente propia.

- **Especificaciones de la estación**

- Q max/ejercicio: Bomba I: 680 lts/seg, Bomba II: 185 lts/seg.
- Cota de toma al pluvial subterráneo: -0.72 msnm;
- Cota de toma superficial cámara de entrada: 2.29 msnm
- Cota de entrega (batea boxculvert via al mercado): 1.45 msnm.
- Numero de bombas de operación: 2.

1. **Geometría**

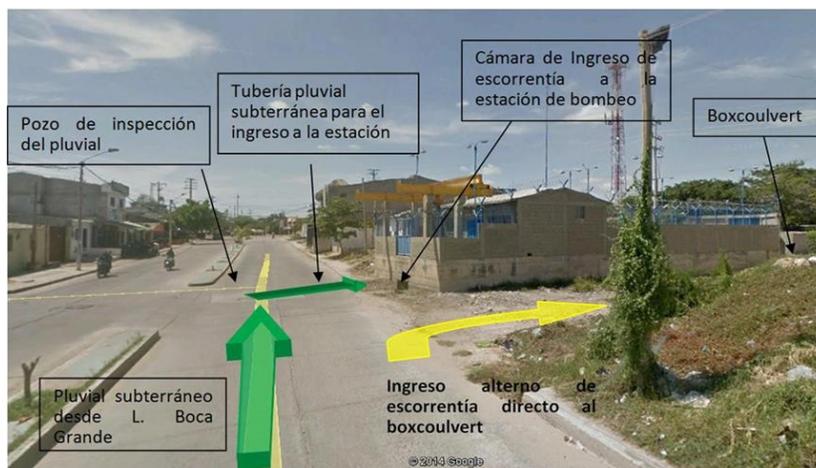
Figura 15. Planta estación de bombeo “Virgencita”



Nota. Vista en planta de la estación de bombeo “Virgencita” (CREACUA, 2016)

2. Suplemento fotográfico descriptivo.

Figura 16. Estación de bombeo “Virgencita”



Nota. La flecha verde indica la entrada del sistema subsuperficial a la estación de bombeo, mientras que la amarilla muestra el ingreso por gravedad hacia la derivación (By pass). Ambas vierten al mismo punto. (CREACUA, 2016).

- **Situación actual de la estación**

Según información suministrada por la empresa Avanzadas Soluciones de Acueducto y Alcantarillado S.A E.S.P (ASAA), compañía operadora de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado del distrito de Riohacha, opero de manera colaborativa la estación de bombeo ya que esta obra no ha sido entregada ante la gobernación o la alcaldía distrital y genera afectación al sistema sanitario en las temporadas de lluvias, así como lo manifiesta el gerente general de la empresa asaa William García en la nota publicada por guajira hoy “ Las aguas lluvias afectan el alcantarillado sanitario por lo que es necesario intervenir la obra, poniéndola a funcionar y manteniéndola. Como empresa no podemos esperar a que se entregue, siempre estamos atentos para que la problemática de aguas lluvias no se agudice” a su vez reconoce que la estación no tiene la suficiente capacidad para lidiar con la cantidad de agua lluvia que llegan a la misma. (Ceeledon, 2018).

Estación de bombeo “barrio arriba”.

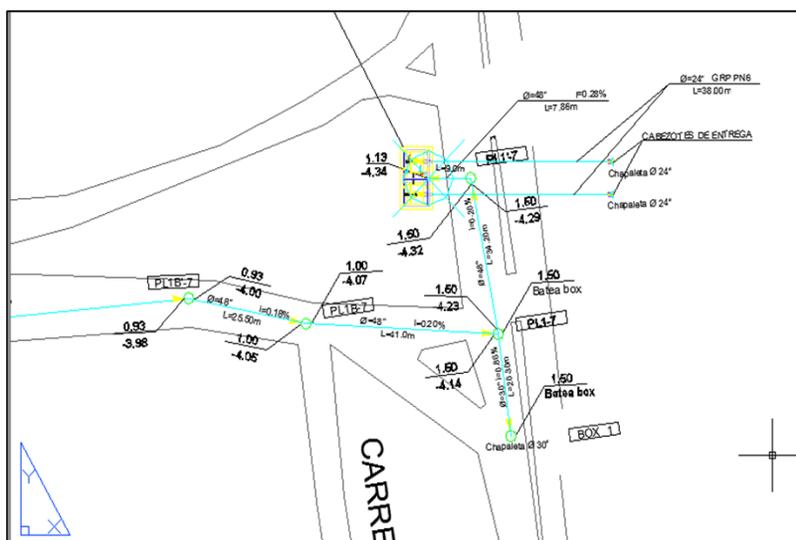
Se encuentra ubicada en la avenida circunvalar de la ciudad, más exactamente en la carrera 1b con calle 7, barrio Arriba. Su función principal es bombear las aguas que llegan del colector subsuperficial mercado viejo – barrio arriba. Fue construida en el 2010, consta de una única estación y vierte directamente al río ranchería.

Especificaciones.

- Q max/ejercicio: Dos (2) Bombas de 680lts/seg, 185 lts/seg.
- Cota de toma al pluvial subterráneo: -4.34 msnm;
- Altura Dinámica Total de la Bomba: 6 metros.
- Consumo teórico de energía: Bomba I y II: 75 caballos.

1. Geometría

Figura 17. Vista en planta del alcantarillado Pluvial de la Calle Ancha (Y)



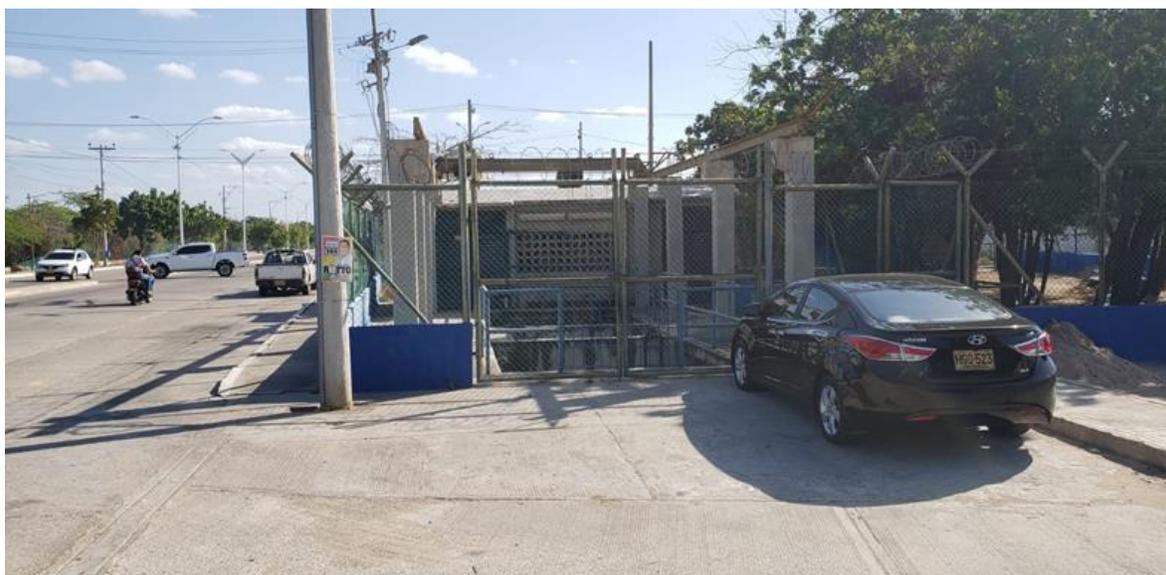
Nota. Tomada de (CREACUA, 2016)

Figura 18. Avenida circunvalar (carrera 1b con calle 7)



Nota. Fotografía tomada desde la avenida circunvalar (carrera 1b con calle 7).

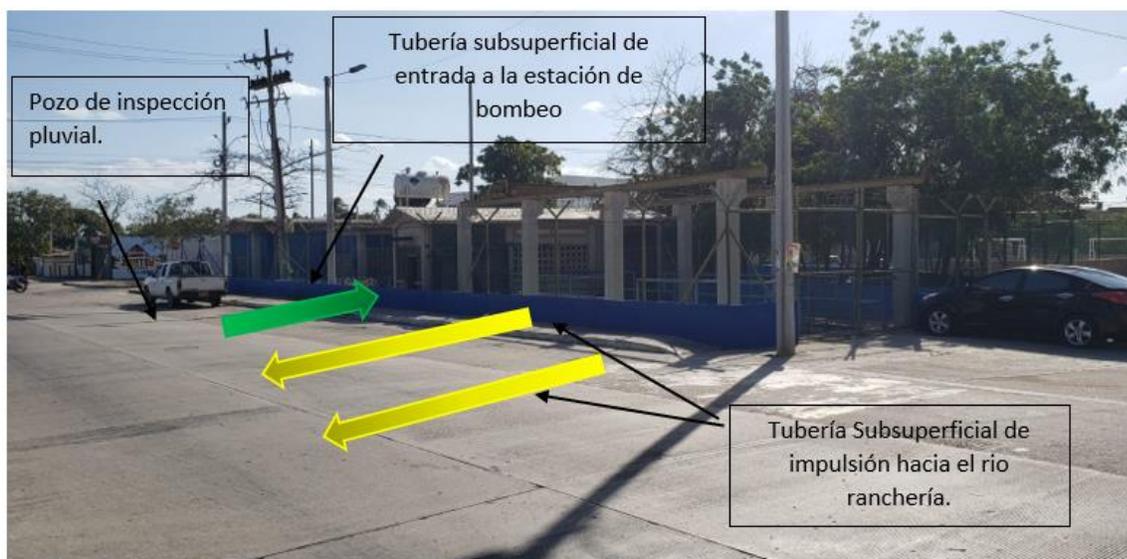
Figura 19. Estación de bombeo barrio arriba.



Nota: Fotografía tomada desde la Calle 7.

Suplemento fotográfico descriptivo

Figura 20. Estación de bombeo barrio arriba.



Nota. Tomado de (ASAA).

Situación actual de la estación.

Esta estación se encuentra en condiciones similares a la estación virgencita, no cuenta con un operador asignado, carece de mantenimiento operativo y no está diseñada para evacuar con completa eficiencia la cantidad de agua que llega hasta ella ya que, por su localización en el punto más bajo de la ciudad, recibe todas las aguas lluvias de barrios aledaños.

Figura 21. Condiciones de la Calle 7 en momentos de lluvia.



Nota. Calle 7 (ancha) cerca a la estación de bombeo, sistema colapsado en temporada de lluvias. Tomado de (Caracol Radio Barranquilla, 2021)

Figura 22. Calle 6, Barrio arriba.



Nota. Calle 6, barrio arriba. Calle colindante estación de bombeo en temporadas de lluvias. Tomado de (Bermudez, 2016).

6.2 DIAGNÓSTICO DE LAS REDES SUBSUPERFICIALES EXISTENTES

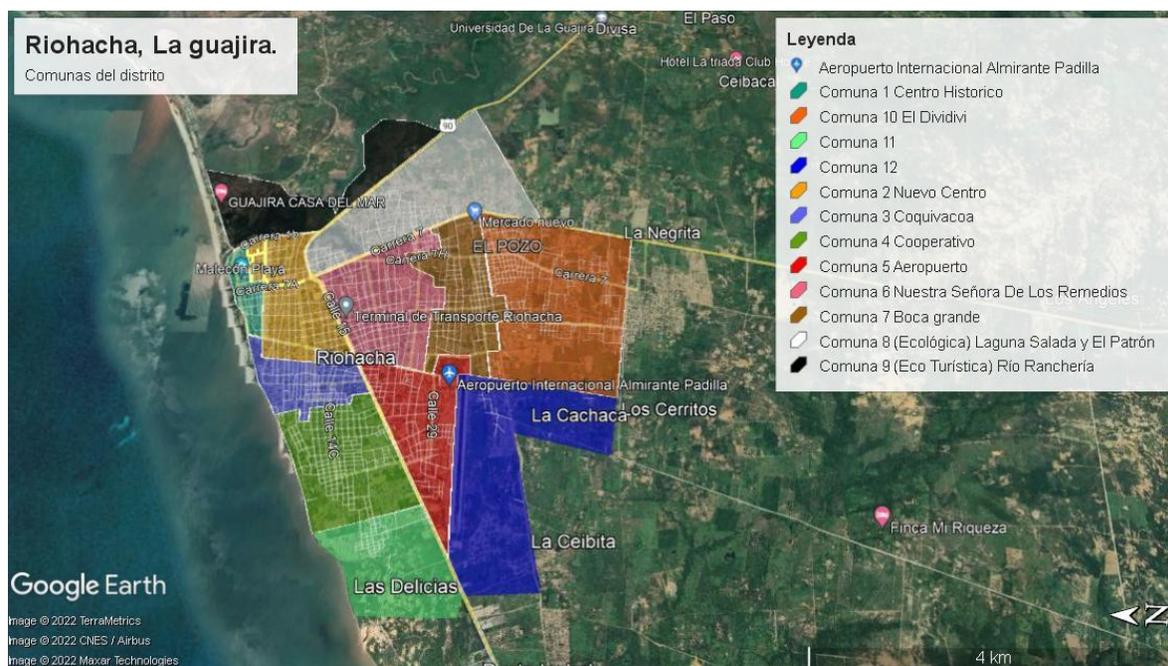
6.2.1 Comunas del distrito de Riohacha.

El municipio de Riohacha cuenta con un aproximado de 250.000 habitantes ubicados en la zona urbana, su extensión territorial es de 3.120 km² y se encuentra compuesto por 12 comunas que integran los siguientes barrios (Desastres, 2019):

- Comuna 1 (Centro Histórico): Centro, Barrio Arriba, Barrio Abajo, Urbanización El Faro.
- Comuna 2 (Nuevo Centro): San Martín de Porres, Los Remedios, El Acueducto, El Libertador, Urbanización El Tatal.
- Comuna 3 (Coquivacoa): Coquivacoa, Padilla, José Antonio Galán, Urbanización Sol Tropical, Urbanización Terrazas de Coquivacoa, Paraíso, Guapuna, Las Mercedes, Luis Antonio Robles, Mediterráneo I y II, Coquivacoa.
- Comuna 4 (Cooperativo): 12 de octubre, Urbanización Marbella, Nuevo Horizonte, Urbanización Portal de Comfamiliar, Cooperativo Nuevo Faro, La Ñapa, Edinson Deluque Pinto, Urbanización Manantial, Urbanización Majayura I y II, Jorge Pérez.
- Comuna 5 (Aeropuerto Almirante Padilla): Cactus I Y II, Che Guevara, Las Tunas, Caribe, San Martín de Loba, Matajuna, Aeropuerto, La Paz, Nazareth.
- Comuna 6 (Nuestra Señora De Los Remedios): Obrero, 20 de julio, San Francisco, Rojas Pinilla, La Loma, Nuestra Señora de los Remedios, José Arnoldo Marín, Calancala, Las Villas, Entre Ríos, Los Médanos, El Progreso, Luis Eduardo Cuellar, Villa Tatiana, Kepiagua.

- Comuna 7 (Boca Grande): La Cosecha, Boca Grande, Los Nogales, San Judas, El Comunitario, Los Olivos, Divino Niño, La Esperanza, 15 de mayo, Comfamiliar 2000, Simón Bolívar, Eurare, Bugarvilla.
- Comuna 8 (Ecológica Laguna Salada y El Patrón): Camilo Torres, María Eugenia Rojas, Ranchería, Villa Laura, Urbanización Villa Armando, Urbanización Bella Vista, Urbanización Solmar, Buenos Aires, Los Cerezos, 7 de agosto, Urbanización Pareigua, Claudia Catalina, Pilar Del Río, Urbanización Wuetapia.
- Comuna 9 (Eco – Turística Río Ranchería): Urbanización Villa Comfamiliar, Urbanización Villa Del Mar, Urbanización Villa Tatiana, Villa Fátima.
- Comuna 10 (El Dividivi): Ciudadela El Dividivi, Los Almendros, Los Loteros, Villa Sharin, Urbanización La Floresta, Hugo Zúñiga, Urbanización San Judas Tadeo, Urbanización San Isidro, Villa Yolima, Villa Jardín, 31 de octubre, Urbanización la Mano de Dios, Las Mercedes, Nuevo Milenio, Urbanización Villa Aurora, Urbanización Taguaira, La Lucha, La Luchita La Provincia.
- Comuna suburbana 11 (Nuevo Horizonteg): Zona suburbana.
- Comuna suburbana 12 (Nazareth): Nuevo Milenio.

Figura 23. Ubicación Espacial de Comunas del Distrito de Riohacha



Nota. Distribución de comunas en el distrito turístico y cultural de Riohacha, La Guajira. Adaptado de (Google Earth, 2021).

6.3 Estudios hidrológicos de las cuencas

- **Concepto de cuenca hidrográfica**

Una cuenca u hoya hidrográfica se puede definir como una zona que se encuentra en la superficie terrestre donde se realiza un proceso de drenaje de las aguas caídas por precipitación a través de sistemas fluviales con el fin de formar un cauce principal para contar con un solo punto de evacuación, es decir, que drena sus aguas al mar o a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago. Desde la perspectiva de evacuación, existen dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas. Las primeras tienen como punto de salida los límites de la cuenca y generalmente están representadas por un lago; en las segundas, el punto de salida está ubicado en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar.

Una cuenca hidrográfica es considerada como un rasgo fundamental en el paisaje que se encuentra delimitada por la línea de las cumbres, denominadas divisoria de aguas,

cuyo proceso de formación está determinado por la erosión fluvial y el transporte y/o deposición de sedimentos. Una cuenca hidrográfica hace referencia exclusivamente a las aguas superficiales, pero se encuentra asociado a cada una de éstas debido a que existe una cuenca subterránea, cuya forma en planta es semejante a la superficial, pero que recibe el nombre de cuenca hidrológica. La superficie terrestre debe considerarse entonces para una cuenca hidrográfica como impermeable, para excluir las aguas subterráneas y los acuíferos (Aguilar, et al, 2012).

- **Morfometría de cuencas**

Las características físicas de una cuenca poseen una relación significativa con el comportamiento de los caudales que transitan por ella; no obstante, la escasa información cartográfica que se tiene, hace que el encontrar esa relación no sea una tarea sencilla y que por lo tanto su uso en estudios hidrológicos sea limitado, por otra parte no se puede garantizar que toda la información morfométrica de las cuencas utilizadas para el estudio se pueda obtener en una misma escala, lo cual aumenta el grado de incertidumbre sobre la confiabilidad de los parámetros. (Morfometría de cuencas) (Aguilar, et al, 2012).

- **Parámetros Asociados A La Forma De La Cuenca**

La forma de la cuenca tiene intervención es fundamental para el hidrograma de descarga de una determinada corriente, especialmente en los eventos de avenidas máximas, de tal manera que, las cuencas de igual área, que tienen una forma diversa, generan hidrogramas diferentes. Parece claro que existe una alta probabilidad en la determinación de una cuenca por medio de sus parámetros y las características de la red de drenaje. Por esta razón se han buscado relaciones de similitud geométrica entre las características medias de una cuenca y de su red de canales con esas de otras cuencas.

La forma de la cuenca condiciona la velocidad del escurrimiento superficial. Para cuencas de igual superficie y formas diferentes se espera un comportamiento hidrológico también diferente. La medición de los factores de forma de una cuenca se realiza por

medio de una metodología que permite cubrir dos objetivos. El primero, es que permite comparar la forma de la cuenca con figuras geométricas conocidas; el segundo, es que permite comparar los resultados de las mediciones, los cuales son adimensionales, con los obtenidos en otras cuencas en las que se puede tener más información histórica de su comportamiento hidrológico.

- **Área (A).**

Se define como un tipo de proyección horizontal de la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía que se dirige directa o indirectamente a un mismo cauce natural. Es correspondiente a la superficie delimitada por la divisoria de aguas en la zona de estudio; esto normalmente se expresa en km². Este valor es fundamental debido a que un error en su medición tiene consecuencias en sus resultados, por lo que se hace necesario realizar mediciones contrastadas para tener total confianza en este valor. (Cardona, 2012).

Tabla 1. Clasificación de cuencas de acuerdo con su área

| TAMAÑO DE CUENCA | |
|--|----------------------|
| TAMAÑO DE LA CUENCA EN Km² | CLASIFICACIÓN |
| < 25 | MUY PEQUEÑA |
| 25 A 250 | PEQUEÑA |
| 250 A 500 | INTERMEDIA- PEQUEÑA |
| 500 A 2500 | INTERMEDIA - GRANDE |
| 2500 A 5000 | GRANDE |
| > 5000 | MUY GRANDE |

Fuente: (Riohacha, 2022)

- **Perímetro (P)**

Es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros. (Cardona, 2012)

- **Longitud de la cuenca (L)**

Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (estación de aforo) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca. (Cardona, 2012)

- **Ancho de la cuenca (B):**

Se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L); se designa por la letra B de forma que (Cardona, 2012):

$$B = \frac{A}{L}$$

Donde:

A: superficie de la cuenca en km².

L: longitud de la cuenca en km.

- **Coefficiente de compacidad (k_c)**

También conocido por el nombre de Coeficiente de Compacidad, este coeficiente relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de una cuenca teórica circular de igual área; estima por tanto la relación entre el ancho promedio del área de captación y la longitud de la cuenca (longitud que abarca desde la salida hasta el punto topográficamente más alejado de ésta).

Tabla 2. Características de la cuenca de acuerdo con el valor k_c

| VALORES DE k _c | FORMA |
|---------------------------|---------------------------------------|
| 1.00 – 1.25 | Redonda a oval redonda |
| 1.25 – 1.50 | De oval redondo a oval oblonga |
| 1.50 – 1.75 | De oval oblonga a rectangular oblonga |

$$Cg = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Donde:

Cg=coeficiente de Graveluis.

P= perímetro de la cuenca en km.

A= superficie de la cuenca en km²

La razón para usar la relación del área equivalente a la ocupada por un círculo es porque una cuenca circular tiene mayores posibilidades de producir avenidas superiores dadas su simetría. Sin embargo, este índice de forma ha sido criticado pues las cuencas en general tienden a tener la forma de pera (Ibáñez, et al, 2011).

- **Localización de las cuencas de estudio.**

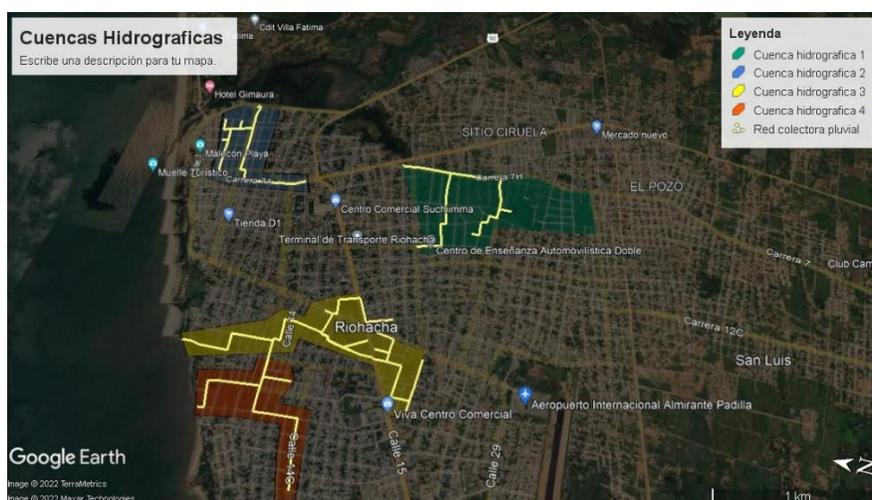
A continuación, se relaciona tabla donde se describen las propiedades de las cuencas de estudio.

Tabla 3. Propiedades de las cuencas de estudio

| CUENCAS HIDROGRAFICAS | UBICACIÓN | POLIGONO | AREA (KM 2) | PERIMETRO (KM) | LONGUITUD (KM) | ANCHO (KM) | COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Kg) |
|-----------------------|-----------------|--|-------------|----------------|----------------|------------|--------------------------------|
| CUENCA 1 | COMUNA 6 Y 7 | De la calle 21 a la 37. | 0.72 | 4 | 1.35 | 0.53 | 1.33 |
| | | Entre carreras 7h, 10b, 11, 11a, 12a y 12b | | | | | |
| CUENCA 2 | COMUNA 1 Y 2 | De la calle 5 a la 14a | 0.35 | 3 | 0.85 | 0.41 | 1.44 |
| | | Desde la carrera 1b hasta la 7 | | | | | |
| CUENCA 3 | COMUNA 2, 3 Y 5 | Desde la calle 21 hasta la calle 1. | 0.47 | 4.37 | 1.5 | 0.31 | 1.80 |
| | | De la carrera 15 a la 18. | | | | | |
| CUENCA 4 | COMUNA 3 Y 4 | Desde la calle 12c a la 1. | 0.29 | 3.17 | 0.8 | 0.36 | 1.66 |
| | | Entre carreras 25, 21, 16 y 15 | | | | | |

Fuente: Realizado por el autor.

Figura 24. Cuencas Hidrográficas Distrito de Riohacha



Nota: Adaptada de (Google Earth, 2021).

De acuerdo con los resultados obtenidos en la anterior tabla, podemos clasificar las cuencas como:

Tabla 4. Clasificación de las cuencas

| CUENCA | AREA (KM2) | CLASIFICACIÓN |
|---------------|-------------------|----------------------|
| CUENCA 1 | 0.72 | MUY PEQUEÑA |
| CUENCA 2 | 0.35 | MUY PEQUEÑA |
| CUENCA 3 | 0.47 | MUY PEQUEÑA |
| CUENCA 4 | 0.29 | MUY PEQUEÑA |

Fuente: Realizado por el autor

Es importante mencionar que, para determinar el área de las cuencas de estudio, solo se consideró lo demarcado en los planos de las redes existentes, debido a que son las zonas en donde más se evidencias inundaciones cuando se presentan lluvias.

6.4 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

La hidrología se define como una ciencia que abarca los fenómenos naturales que se encuentran relacionados con el ciclo hidrológico. Este diseño tiene como finalidad la interpretación y cuantificación de estos fenómenos para proporcionar un soporte a estudios, proyectos y obras de ingeniería hidráulica, de infraestructura y de medio ambiente. (Fattorelli & Fernández, 2011). La tecnología digital y su desarrollo han permitido alcanzar niveles superiores de confiabilidad y ser un elemento fundamental para estudios y proyectos en pro de controlar y manejar el agua. Entre las diferentes aplicaciones globales de los diseños hidrológicos se encuentran:

- ✓ Diseño de obras hidráulicas.
- ✓ Dimensionado de embalses y sus estructuras.
- ✓ Estudios de impacto ambiental.
- ✓ Diseño de desagües pluviales urbanos.
- ✓ Diseño de estructuras viales (puentes, alcantarillas...).
- ✓ Estudios de áreas inundables y riesgo de inundaciones.
- ✓ Estudios de las crecientes.
- ✓ Estudios de disponibilidad hídrica y de sequías.
- ✓ Pronósticos de escurrimientos en cuencas navales y pluviales.
- ✓ Pronósticos hidrológicos en tiempo real y sistemas de alerta temprana de crecientes.
- ✓ Estudios de transporte de sedimentos.

El diseño hidrológico se propone como principal objetivo la recolección de datos para su posterior análisis y procesamiento a través de medios matemáticos o estadísticos con el fin de transformar los datos en información confiable que tenga como consecuencia una propuesta de solución a problemas de ingeniería. (Fattorelli & Fernández, 2011). En el diseño hidrológico la recolección de datos de manera histórica es indispensable para conocer el comportamiento local y regional de los procesos hidrometeorológicos. Toda esta información ha permitido que se realicen extrapolaciones estadísticas y se puedan verificar modelos matemáticos. Es decir, la información hidrológica tiene una

caracterización como “real” en cuanto a los eventos y esto es fundamental en los estudios.

La hidrología y meteorología han implementado procesos variados en tiempo y espacio y utilizan redes de medición para obtener información eficaz y confiable, si bien, los primeros cuentan con series de tiempo y espacios como muestras, las mediciones suelen estar sujetas a lugares o estaciones. Ante esto, son diferentes las imágenes que brindan precisión sobre la medición y distribución del espacio, por lo cual, son fundamentales los datos hidrológicos y hidrometeorológicos para el ordenamiento de recursos, en especial los hídricos.

Buenos registros históricos de eventos naturales constituyen un capital de gran valor, así, su preservación y permanente actualización es fundamental. Las redes de medición de estos fenómenos naturales resultan prioritarias en este contexto y su adecuada planificación, instalación, mantenimiento y operación, deben ser de prioridad para cualquier gobierno provincial, regional o nacional. (Fattorelli & Fernández, 2011)

La medición ordenada y sistemática de lluvias y caudales, se ha realizado desde fines del siglo XIX en diversos países, sobre todo, a partir del momento en que se inició el tratamiento estadístico de las variables hidrológicas. No obstante, en esas primeras mediciones, no existía el criterio de red, sino la necesidad local o regional de contar con información para la ejecución de obras, planes o programas de uso del agua o soporte agrícola-ganadero. (Fattorelli & Fernández, 2011)

El objeto de las redes de monitoreo hidrometeorológico es obtener una muestra representativa en espacio y tiempo de una variable determinada.

En hidrología, se trabaja con eventos naturales irrepetibles registrados en períodos de tiempo cortos, a diferencia de otras ciencias que trabajan con registros que se pueden reproducir por experimentación. (Fattorelli & Fernández, 2011)

La estadística trata del ordenamiento y computación de los datos registrados de una muestra. La probabilidad, por otro lado, es el cálculo o medida de la posibilidad de

ocurrencia de valores iguales a los de la muestra. En otras palabras, la estadística es la ciencia de la obtención y análisis de los datos de las poblaciones, mientras que la probabilidad es la teoría matemática que estudia la relación que existe en una población o muestra, entre el número de casos favorable (a un determinado suceso) y el número total de casos posibles. En hidrología fundamentalmente se trabaja con series de tiempo definidas como un evento natural de determinada magnitud registrado a través del tiempo en forma discreta o continua. (Fattorelli & Fernández, 2011)

Existen varios tipos de datos usados en la hidrología:

- ✓ Datos históricos de eventos naturales registrados cronológicamente en forma discreta o continua. Son series de tiempo producto de observaciones y que se pierden si no se registran en el momento de su ocurrencia. A este tipo pertenecen la gran mayoría de los datos hidrológicos e hidrometeorológicos.
- ✓ Levantamiento de datos hidrológicos en áreas, como por ejemplo profundidad y calidad de aguas subterráneas, infiltración o sedimentación en ríos. Son datos de campo que se toman esporádicamente y no necesariamente, en forma secuencial.
- ✓ Medidas en laboratorio, como lo son conductividades hidráulicas o calidad de aguas.

Registro simultáneo de un evento (lluvia-caudal) en dos localidades geográficas diferentes, durante un determinado período de tiempo (generalmente 4 ó 5 años) usados para transferir información o correlacionar datos con propósitos diversos, como lo son análisis de caudales (Fattorelli & Fernández, 2011).

En el diseño hidrológico es siempre necesario conocer la probabilidad de ocurrencia de eventos de determinadas magnitudes, para lo cual se debe tener en cuenta al momento de realizar el análisis de las redes subsuperficial existentes.

6.5 CLIMATOLOGÍA

El diagnóstico climatológico para el presente análisis se realiza a partir de información secundaria, la cual corresponde a los registros históricos de la estación Pluviométrica Almirante Padilla, del IDEAM — Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. Estas estaciones son de tipo CP y CO que respectivamente corresponden a Climatológica Principal y Climatológica Ordinaria.

Tabla 5. Características de Localización, Elevación y Periodo de Registro de Estaciones Hidro Meteorológicas

| CÓDIGO | TIPO DE ESTACION | NOMBRE DE LA ESTACION | SUB CUENCA | MUNICIPIO | DEPTO | COORDENADAS | ELEVACIÓN m.s.n.m. | PERIODO DE REGISTRO |
|--------------|------------------|-------------------------------|--------------|-----------|------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| 15065 010 | S P | AEROPUERTO ALMIRANTE PADILLA. | AY. ZONGO | RIOHACHA | LA GUAJIRA | 11,31 N- 72,75 W | 4 | 1991-2021 |

Fuente: IDEAM - Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales.

6.6 PRECIPITACIÓN

Se entiende por precipitación las formas del agua, en estado líquido o sólido, que cae de las nubes hasta llegar a la tierra. El volumen se mide en milímetros, que a su vez equivale a 1 litro de agua por metro cuadrado (1 Proyecto: construcción de las obras de protección contra inundaciones de la estación de bombeo de las aguas residuales en la urbanización lomas de trupillo mediante construcción de vía canal (avenida 70) del distrito de Riohacha departamento de La Guajira. El estudio de las precipitaciones es básico dentro de cualquier estudio hidrológico regional, para cuantificar los recursos hídricos, puesto que constituyen la principal (en general la única) entrada de agua a una cuenca.

Tabla 6. Datos de estación pluviométrica

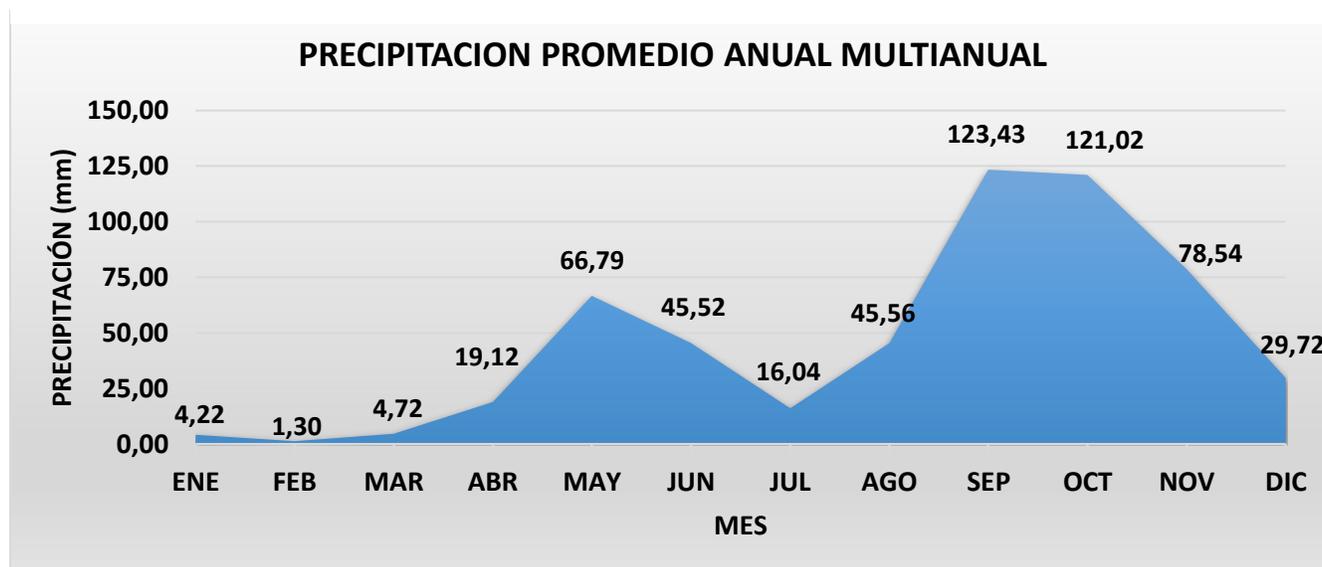
| DATOS ESTACION PLUVIOMETRICA | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|---------|-------|-----------|-----------|--------|--------|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------------|
| Estación: | 15065010 | | | Ubicación | Latitud= | | 1131 N | | Elevación= | | 4 msnm | | |
| Denominación: | APTO ALM PADILLA | | | | Longitud= | | 7255 W | | | | | | |
| Ciudad: | Riohacha | | | | | | | | | | | | |
| DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm) | | | | | | | | | | | | | |
| AÑO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | VALOR ANUAL |
| 1990 | 4.40 | 4.50 | 6.30 | 26.50 | 75.90 | 42.90 | 17.50 | 51.90 | 131.10 | 149.50 | 170.30 | 35.60 | 716.40 |
| 1991 | 0.00 | 0.00 | 3.30 | 0.00 | 10.30 | 11.40 | 1.30 | 39.60 | 73.70 | 94.40 | 95.60 | 3.10 | 332.70 |
| 1992 | 0.40 | 4.90 | 0.00 | 1.40 | 57.60 | 128.70 | 0.30 | 0.50 | 130.90 | 16.10 | 21.20 | 0.00 | 362.00 |
| 1993 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.70 | 247.50 | 24.80 | 10.20 | 28.70 | 160.60 | 2.10 | 142.40 | 0.00 | 627.00 |
| 1994 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 32.00 | 18.70 | 0.00 | 0.00 | 25.20 | 78.80 | 164.40 | 92.50 | 0.00 | 411.64 |
| 1995 | 0.00 | 0.00 | 34.00 | 27.00 | 28.70 | 69.30 | 16.50 | 174.70 | 203.50 | 204.40 | 0.07 | 0.10 | 758.27 |
| 1996 | 0.30 | 0.00 | 5.10 | 0.00 | 45.30 | 16.40 | 11.10 | 66.10 | 122.10 | 180.70 | 61.20 | 21.20 | 529.50 |
| 1997 | 5.60 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 4.30 | 112.60 | 7.40 | 0.00 | 284.90 | 166.10 | 5.80 | 0.00 | 588.20 |
| 1998 | 0.00 | 11.30 | 0.00 | 34.50 | 58.30 | 62.20 | 29.40 | 37.70 | 102.50 | 162.00 | 11.10 | 171.70 | 680.70 |
| 1999 | 7.60 | 0.70 | 0.00 | 31.60 | 20.50 | 103.20 | 2.90 | 58.60 | 186.20 | 306.60 | 99.50 | 108.20 | 925.60 |
| 2000 | 66.90 | 4.20 | 0.80 | 0.00 | 3.50 | 0.00 | 24.20 | 14.60 | 188.90 | 71.70 | 63.40 | 8.70 | 446.90 |
| 2001 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 229.90 | 18.00 | 6.40 | 40.20 | 85.10 | 126.40 | 138.60 | 14.90 | 659.80 |
| 2002 | 1.90 | 0.00 | 0.00 | 32.30 | 76.00 | 200.80 | 0.00 | 7.50 | 119.00 | 123.90 | 0.00 | 107.10 | 668.50 |
| 2003 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40.10 | 9.90 | 4.60 | 0.00 | 53.90 | 115.00 | 161.10 | 120.50 | 22.00 | 527.10 |
| 2004 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 89.10 | 0.20 | 42.30 | 22.00 | 0.00 | 113.00 | 0.00 | 0.00 | 266.60 |
| 2005 | 5.40 | 4.10 | 0.00 | 17.30 | 102.40 | 171.00 | 13.20 | 27.20 | 93.50 | 215.30 | 102.50 | 20.10 | 772.00 |
| 2006 | 4.20 | 0.10 | 0.00 | 80.60 | 34.80 | 64.40 | 51.60 | 12.70 | 113.10 | 182.70 | 48.30 | 8.00 | 600.50 |
| 2007 | 0.00 | 0.00 | 35.10 | 18.50 | 138.30 | 18.20 | 16.20 | 179.40 | 181.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 587.10 |
| 2008 | 1.10 | 0.00 | 0.00 | 90.20 | 5.10 | 7.50 | 13.30 | 123.00 | 180.50 | 282.70 | 92.00 | 32.70 | 828.10 |
| 2009 | 1.30 | 7.10 | 27.40 | 0.00 | 171.90 | 51.10 | 0.00 | 6.80 | 111.20 | 56.90 | 108.90 | 17.20 | 559.80 |
| 2010 | 0.00 | 0.00 | 22.30 | 7.60 | 96.50 | 130.70 | 140.90 | 168.00 | 401.00 | 106.10 | 338.50 | 148.90 | 1560.50 |
| 2011 | 23.10 | 0.90 | 2.40 | 4.70 | 199.60 | 102.40 | 28.10 | 28.00 | 323.00 | 196.80 | 475.00 | 187.70 | 1571.70 |
| 2012 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 19.10 | 115.40 | 36.00 | 5.40 | 73.40 | 48.40 | 251.00 | 23.10 | 0.50 | 573.80 |
| 2013 | 0.00 | 0.00 | 6.40 | 0.00 | 16.10 | 7.70 | 3.00 | 25.50 | 145.50 | 180.40 | 46.80 | 0.00 | 431.40 |
| 2014 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 43.10 | 86.20 | 43.50 | 59.80 | 27.90 | 260.50 |
| 2015 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.40 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 69.40 | 53.70 | 14.90 | 13.10 | 152.00 |
| 2016 | 0.50 | 0.00 | 0.50 | 68.30 | 55.90 | 0.00 | 24.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 149.50 |
| 2017 | 0.00 | 0.00 | 0.70 | 17.90 | 15.50 | 46.70 | 16.70 | 48.40 | 35.10 | 39.80 | 49.60 | 1.00 | 271.40 |
| 2018 | 7.80 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 13.10 | 10.20 | 3.00 | 8.00 | 31.60 | 110.10 | 11.00 | 0.00 | 196.80 |
| 2019 | 0.00 | 1.60 | 0.00 | 0.00 | 189.90 | 7.90 | 2.50 | 6.00 | 38.30 | 17.90 | 1.80 | 0.00 | 265.90 |
| 2020 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.10 | 5.40 | 1.20 | 51.80 | 76.10 | 65.80 | 81.20 | 1.10 | 288.90 |
| 2021 | 2.90 | 0.00 | 6.10 | 31.10 | 0.70 | 1.80 | 24.50 | 35.50 | 33.10 | 27.40 | 37.80 | 0.20 | 201.10 |

Fuente: (IDEAM, s.f.)

6.7 PRECIPITACIÓN MEDIA

La precipitación media mensual fue tomada teniendo en cuenta los registros históricos presentados en la ciudad. Estos registros datan del año 1990 hasta el 2021.

Figura 25. Precipitaciones mensuales



Fuente: Realizado por el autor.

Figura 26. Precipitación total promedio mensual multianual. Estación Aeropuerto Almirante Padilla.

| CIUDAD | RIOHACHA | | ESTACIÓN | 15065010 | ELEVACIÓN | 4 | M.S.N.M | LATITUD | 1131 N | | | |
|--------------|----------|------|--------------|-------------------|-----------|--------|---------|----------|--------|-------|-------|--------|
| DEPARTAMENTO | LA | | DENOMINACIÓN | AEROPUERTO | PERIODO | 1990 - | 2021 | LONGITUD | 7255 | | | |
| | GUAJIRA | | | ALMIRANTE PADILLA | | | | | W | | | |
| ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ANUAL |
| 4.22 | 1.30 | 4.72 | 19.12 | 66.79 | 45.52 | 16.04 | 45.56 | 123.43 | 121.02 | 78.54 | 29.72 | 555.97 |

Nota: La precipitación total promedio anual multianual del área de estudio es de 556 mm.

Fuente: Realizada por el autor.

6.8 ANÁLISIS DE LLUVIA

El régimen de precipitación en la ciudad de Riohacha presenta dos épocas considerables de verano. La primera se da entre los meses de diciembre y abril. Por otro lado, la segunda se presenta entre los meses de junio y agosto.

Realizando el análisis en temporada de invierno, una se presenta en el mes de mayo y la otra entre septiembre y noviembre. El mes con el pico más elevado de precipitación es septiembre, mientras que el mes de febrero es el más seco.

En el año 2010 y 2011 se registraron precipitaciones totales anuales superiores a 1500 mm, solo en el año 2010, se obtuvieron registros de 1560.5 mm y para el 2011 el resultado fue de 1571.7 mm, siendo estos valores, los más grandes registrados entre 1990 y 2014. El dato más alto obtenido antes del año 2010 fue en el 1999 donde se registró lluvias totales anuales de 925.6 mm. Los años 2010 y 2011 registraron un incremento del 58% respecto al año 1999, esto debido al fenómeno de La Niña.

6.9 NÚMERO DE DÍAS AL MES CON PRECIPITACIÓN

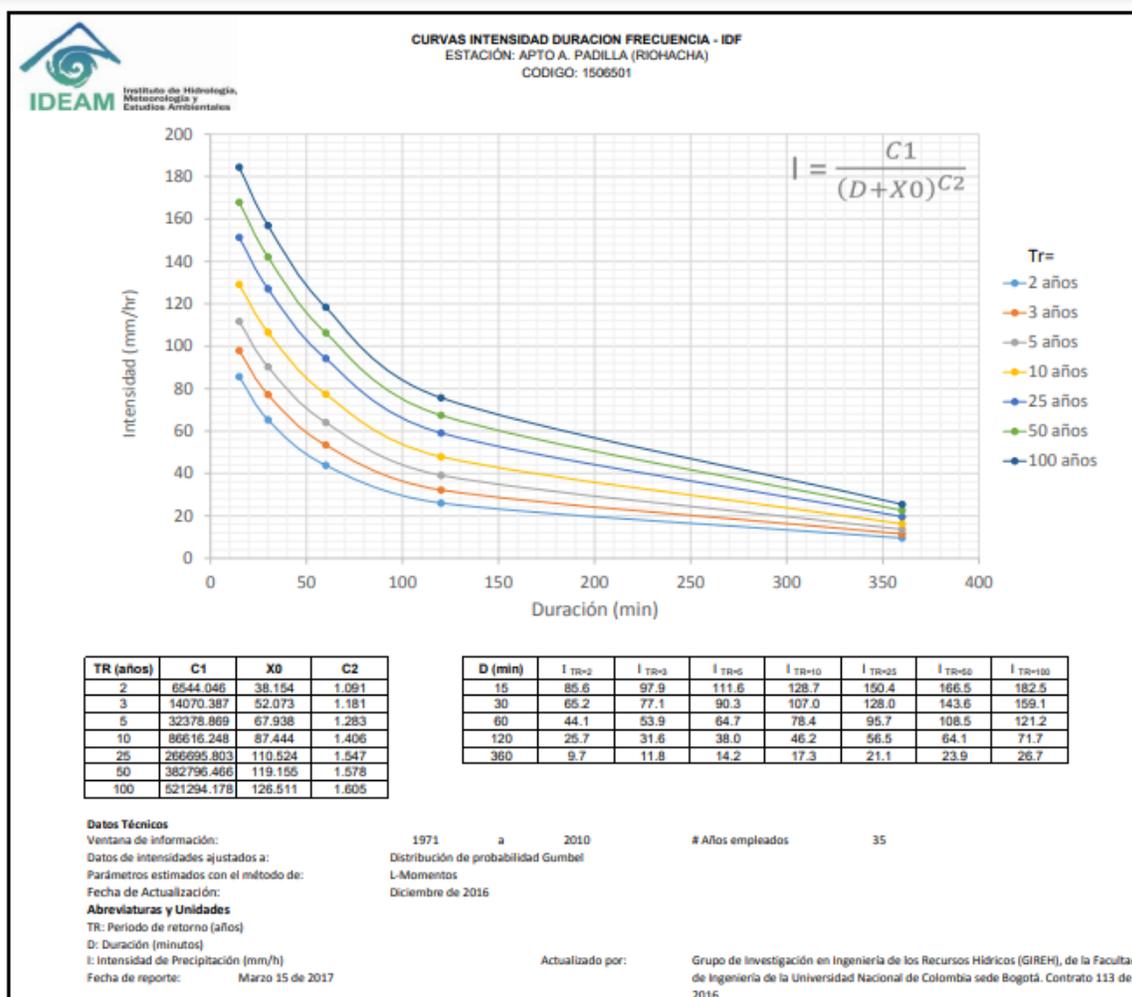
El año 2010 registró 136 días con lluvia, mientras que el año 2011 registro 104 días, siendo los valores más altos en el periodo 1990-2014. El registro más alto obtenido antes de 2010 fue en el año 2005 donde se registró un total anual de 94 días con lluvia. Los años 2010 y 2011 registraron un incremento del 69% respecto al año 2005 debido al fenómeno de La Niña.

6.10 CURVAS DE INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA

El RAS 2000 define que las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos (RAS 2000- Título D4.3.3).

La estación Aeropuerto Almirante Padilla está localizada en la ciudad de Riohacha y cuenta con curvas IDF realizadas por el IDEAM (Figura 26), que de acuerdo con el nivel de complejidad del sistema determinado por RAS 2000 esta curva se realizó con información pluvio-gráfica local.

Figura 27. Curva IDF – Estación Aeropuerto Almirante Padilla DIAGRAMA DE CURVAS



Fuente: Tomada de (IDEAM, s.f.)

6.11 PERIODO DE RETORNO COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

Según recomendaciones del RAS 2000, el periodo de retorno de diseño deberá determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, al tráfico vehicular, al comercio, a la industria, etc. Por lo tanto, la selección del periodo de retorno está asociada con las características de protección e importancia del área de estudio y el valor que se adopte debe estar justificado.

Tabla 7. Características del área de drenaje

| Características del área de drenaje | Mínimo (años) | Aceptable (años) | Recomendado (años) |
|--|---------------|------------------|--------------------|
| Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 Ha. | 2 | 2 | 3 |
| Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 Ha | 2 | 3 | 5 |
| Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 Ha | 2 | 3 | 5 |
| Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 Ha | 5 | 5 | 10 |
| Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores de 1000 Ha * | 1 0 | 25 | 25 |
| Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 ha | 2 5 | 25 | 50 |

*Parte revestida a 10 años, más borde libre a 100 años

FUENTE: RAS 2000.

De acuerdo con la Tabla anterior, el periodo de retorno recomendado para este análisis sería de 5 años, sin embargo, al suponer que la estructura de estudio fue diseñada con un nivel de complejidad alto por ser un sistema de recolección pluvial y se quiere incrementar el grado de protección, se adoptó un periodo de retorno de 10 años.

6.12 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.

El coeficiente de escorrentía, C, es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía. En su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos retardadores de la escorrentía. De igual manera, debe incluir consideraciones sobre el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y las disposiciones legales locales sobre uso del suelo. El valor del coeficiente C debe ser estimado tanto para la situación inicial como la futura, al final del periodo de diseño (Ministerio de Vivienda, 2016).

El RAS 2000 recomienda los valores de coeficiente de escorrentía presentados en la Tabla 9.

Tabla 8. Coeficientes de escorrentía

| TIPO DE SUPERFICIE | C |
|---|-----------|
| Cubiertas | 0.75-0.95 |
| Pavimentos asfálticos y superficies de concreto | 0.70-0.95 |
| Vías adoquinadas | 0.70-0.85 |
| Zonas comerciales o industriales | 0.60-0.95 |
| Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras | 0.75 |
| Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos | 0.60-0.75 |
| Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines | 0.40-0.60 |
| Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados | 0.45 |
| Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios | 0.60 |
| Laderas con vegetación | 0.30 |
| Laderas sin vegetación | 0.60 |
| Parques recreacionales | 0.20-0.35 |

Fuente: (MINISTERIO DE VIVIENDA , 2016)

Para el desarrollo de este análisis, tomaremos como coeficiente de escorrentía el dato correspondiente a tipo de superficie residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados cuyo valor es de 0.45.

6.13 TIEMPO DE CONCENTRACION.

El tiempo de concentración está compuesto por el tiempo de entrada y el tiempo de recorrido en el colector. El tiempo de entrada corresponde al tiempo requerido para que la escorrentía llegue al sumidero del colector, mientras que el tiempo de recorrido se asocia con el tiempo de viaje o tránsito del agua dentro del colector. Como existe una

relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad; es decir, a mayor duración disminuye la intensidad, entonces se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración (Villegas, 2014).

Para calcular el tiempo de concentración se adopta la fórmula de Kirpich, editada en 1940, desarrollada a partir de la información del SCS, en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.40; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.20; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto para flujos en cunetas.

La fórmula de Kirpich establece la siguiente relación:

$$T_c = 0.01947L^{0.77}S^{-0.385}$$

Donde:

L: Longitud del cauce principal, desde aguas arriba hasta la salida en m.

S: pendiente media ponderada del cauce principal, o pendiente promedio de la cuenca en m/m.

Tc: tiempo de concentración de la hoya hidrográfica, en minutos.

Según RAS 2000 el tiempo de concentración mínimo en pozos iniciales es 10 minutos y máximo 20 minutos, por lo tanto, se asume un tiempo promedio de 15 minutos con el cual se determina la intensidad de la precipitación.

6.14 INTENSIDAD DE PRECIPITACION

Según el Ras 2000, la intensidad de precipitación que debe usarse en la estimación del caudal pico de aguas lluvias corresponde a la intensidad media de precipitación dada por las curvas IDF para el periodo de retorno de diseño definido con base en lo establecido en el literal D.4.4.3.4 (curvas intensidad – duración – frecuencia), y una duración equivalente al tiempo de concentración de la escorrentía, cuya estimación se define en

el literal D.4.4.3.4.3 (Cálculo de la intensidad de precipitación y el tiempo de concentración).

Los valores de intensidad dados por las curvas IDF corresponden a valores puntuales representativos de áreas relativamente pequeñas. En la medida en que las áreas de drenaje consideradas se hacen más grandes, la intensidad media de la lluvia sobre éstas se reduce debido a la variabilidad espacial del fenómeno de precipitación. Con ayuda de la figura 26 (curva IDF), el tiempo de concentración promedio asumido de 15 minutos y el periodo de retorno de 10 años, se determina que la intensidad es igual a 128.7 mm/h.

6.15 CALCULO DE CAUDALES.

Para la estimación del caudal de transporte en las redes existentes, se puede utilizar el método racional, el cual calcula el caudal pico de aguas lluvias con base en la intensidad media del evento de precipitación con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de escorrentía. La ecuación del método racional es:

$$Q = 2,78C * i * A$$

Donde:

Q: Caudal de diseño

C: Coeficiente de escorrentía

i: Intensidad de precipitación

A: Área de drenaje

De acuerdo con el método racional, el caudal pico ocurre cuando toda el área de drenaje está contribuyendo, y éste es una fracción de la precipitación media bajo las siguientes suposiciones:

- ✓ El caudal pico en cualquier punto es una función directa de la intensidad i de la lluvia, durante el tiempo de concentración para ese punto.
- ✓ La frecuencia del caudal pico es la misma que la frecuencia media de la precipitación.

- ✓ El tiempo de concentración está implícito en la determinación de la intensidad media de la lluvia por la relación anotada en el punto 1 anterior.

El método racional es adecuado para áreas de drenaje pequeñas hasta de 700ha. Cuando son relativamente grandes, puede ser más apropiado estimar los caudales mediante otros modelos lluvia escurrentía que representen mejor los hietogramas de precipitación e hidrográmas de respuesta de las áreas de drenaje y que eventualmente tengan en cuenta la capacidad de amortiguamiento de las ondas dentro de la red de colectores. En estos casos, es necesario justificar el método de cálculo. (MINISTERIO DE VIVIENDA , 2016)

6.16 CALCULO DE CAUDAL DE LAS CUENCAS

Para el cálculo de los caudales de las cuencas, se ha considerado un (C) coeficiente de escurrentía de 0.45, correspondiente a una zona residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados.

Después de revisar minuciosamente el análisis hidrológico del sistema, se pudo definir los caudales aportantes de cada una de las cuencas que conforman el área de estudio mediante la ecuación del método racional.

En la tabla 10, se determinan los caudales que aportan las cuencas al sistema de drenaje subsuperficial.

Tabla 9. Caudales que aportan las cuencas al sistema de drenaje subsuperficial.

| | CUENCA HIDROGRAFIC A | UBICACIÓN (COMUNAS) | AREA CUENCA (HA) | COEFICIENTE ESCORRENTI A | INTENSIDA D (mm/h) | CAUDAL (M3/Seg) |
|----------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---|-------------------------------|----------------------------|
| 1 | CUENCA 1 | 6 y 7 | 71.6 | 0.45 | 128.7 | 11.53 |
| 2 | CUENCA 2 | 1 y 2 | 35.4 | 0.45 | 128.7 | 5.70 |
| 3 | CUENCA 3 | 2, 3 y 5 | 47.0 | 0.45 | 128.7 | 7.57 |
| 4 | CUENCA 4 | 3 y 4 | 28.6 | 0.45 | 128.7 | 4.60 |

Fuente: Realizada por el autor.

6.17 CALCULO DE CAUDAL EN REDES SUBSUPERFICIALES.

Para realizar el cálculo de caudal de transporte sobre las redes subsuperficiales existentes del sistema de alcantarillado pluvial, como primera medida fue necesario consolidar la información de los planos suministrados por la empresa ASAA en una plantilla, en donde se relaciona el tipo de tubería, longitud de cada tramo por colector, pendientes de instalación y los diámetros, quedando de la siguiente manera:

- **Colector Cooperativo – José Antonio Galán:**

Tabla 10. Colector pluvial José Antonio Galán

| COLECTOR PLUVIAL JOSE ANTONIO GALAN | | | | | |
|-------------------------------------|-----------|--------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| | TUBERIA | PENDIENTE % (s) | DISTANCIA (m) | DIAMETRO (") | DIAMETRO (m) |
| 1 | NOVA FORT | 0.41 | 56.40 | 18 | 0.4572 |
| 2 | NOVA FORT | 0.43 | 41.30 | 18 | 0.4572 |
| 3 | NOVA FORT | 0.50 | 61.00 | 18 | 0.4572 |
| 4 | NOVA FORT | 0.75 | 38.00 | 18 | 0.4572 |
| 5 | NOVA FORT | 0.20 | 57.31 | 24 | 0.6096 |
| 6 | NOVA FORT | 0.23 | 100.50 | 24 | 0.6096 |
| 7 | NOVA FORT | 0.22 | 53.60 | 24 | 0.6096 |
| 8 | NOVA FORT | 0.23 | 67.30 | 24 | 0.6096 |
| 9 | NOVA FORT | 0.33 | 102.40 | 24 | 0.6096 |
| 10 | NOVA FORT | 0.30 | 64.00 | 24 | 0.6096 |
| 11 | NOVA FORT | 0.25 | 60.75 | 24 | 0.6096 |
| 12 | NOVA FORT | 0.31 | 41.40 | 24 | 0.6096 |
| 13 | NOVA FORT | 0.27 | 72.00 | 24 | 0.6096 |
| 14 | NOVA FORT | 0.41 | 81.00 | 24 | 0.6096 |
| 15 | NOVA FORT | 0.38 | 75.60 | 24 | 0.6096 |
| 16 | NOVA FORT | 0.21 | 50.00 | 30 | 0.762 |
| 17 | NOVA FORT | 0.30 | 48.10 | 30 | 0.762 |
| 18 | NOVA FORT | 0.31 | 61.00 | 30 | 0.762 |
| 19 | NOVA FORT | 0.34 | 70.00 | 30 | 0.762 |
| 20 | NOVA FORT | 0.38 | 62.00 | 30 | 0.762 |
| 21 | NOVA FORT | 0.27 | 35.50 | 48 | 1.2192 |
| 22 | NOVA FORT | 0.30 | 43.50 | 48 | 1.2192 |
| 23 | NOVA FORT | 0.22 | 40.20 | 48 | 1.2192 |
| 24 | NOVA FORT | 0.21 | 48.80 | 48 | 1.2192 |
| 25 | NOVA FORT | 0.25 | 43.14 | 48 | 1.2192 |
| 26 | NOVA FORT | 0.27 | 24.90 | 48 | 1.2192 |
| 27 | NOVA FORT | 0.28 | 30.30 | 48 | 1.2192 |

| | | | | | |
|----|-----------|------|-------|----|--------|
| 28 | NOVA FORT | 0.31 | 43.60 | 48 | 1.2192 |
| 29 | NOVA FORT | 0.35 | 35.00 | 48 | 1.2192 |
| 30 | NOVA FORT | 0.45 | 21.30 | 48 | 1.2192 |

Fuente: Realizada por el autor.

Este colector, cuenta con una distancia total de 1.63 kilómetros. Inicia en 18" y finaliza entregando sus aguas al mar caribe en un diámetro de 48".

- **Colector Che Guevara - Coquivacoa – José Antonio Galán**

Tabla 11. Colector Pluvial Che Guevara – Coquivacoa – José Antonio Galán

| COLECTOR PLUVIAL CHEGUEVARA – COQUIVACOA – JOSE A GALAN (MATADERO). | | | | | |
|--|----------------|------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | TUBERIA | PENDIENTE % (s) | DISTANCIA (m) | DIAMETRO (") | DIAMETRO (m) |
| 1 | NOVA FORT | 0.11 | 57.31 | 10 | 0.254 |
| 2 | NOVA FORT | 0.60 | 100.50 | 12 | 0.3048 |
| 3 | NOVA FORT | 0.60 | 53.60 | 12 | 0.3048 |
| 4 | NOVA FORT | 0.60 | 67.30 | 12 | 0.3048 |
| 5 | NOVA FORT | 0.92 | 102.40 | 12 | 0.3048 |
| 6 | NOVA FORT | 0.62 | 64.00 | 12 | 0.3048 |
| 7 | NOVA FORT | 0.93 | 60.75 | 16 | 0.4064 |
| 8 | NOVA FORT | 0.75 | 38.00 | 16 | 0.4064 |
| 9 | NOVA FORT | 0.90 | 56.00 | 16 | 0.4064 |
| 10 | NOVA FORT | 0.70 | 53.50 | 16 | 0.4064 |
| 11 | NOVA FORT | 0.71 | 77.50 | 16 | 0.4064 |
| 12 | NOVA FORT | 0.84 | 62.50 | 16 | 0.4064 |
| 13 | NOVA FORT | 0.55 | 59.82 | 18 | 0.4572 |
| 14 | NOVA FORT | 0.75 | 67.50 | 18 | 0.4572 |
| 15 | NOVA FORT | 0.75 | 67.50 | 18 | 0.4572 |
| 16 | NOVA FORT | 0.45 | 190.00 | 18 | 0.4572 |
| 17 | NOVA FORT | 0.21 | 70.70 | 24 | 0.6096 |
| 18 | NOVA FORT | 0.25 | 47.62 | 24 | 0.6096 |
| 19 | NOVA FORT | 0.42 | 49.40 | 24 | 0.6096 |
| 20 | NOVA FORT | 0.41 | 50.56 | 24 | 0.6096 |
| 21 | NOVA FORT | 0.47 | 25.40 | 24 | 0.6096 |
| 22 | NOVA FORT | 0.44 | 76.90 | 24 | 0.6096 |
| 23 | NOVA FORT | 0.52 | 441.00 | 24 | 0.6096 |
| 24 | NOVA FORT | 0.29 | 88.07 | 27 | 0.6858 |
| 25 | NOVA FORT | 0.59 | 80.95 | 27 | 0.6858 |
| 26 | NOVA FORT | 0.57 | 65.44 | 27 | 0.6858 |

| | | | | | |
|----|-----------|------|--------|----|--------|
| 27 | NOVA FORT | 0.33 | 58.85 | 30 | 0.762 |
| 28 | NOVA FORT | 0.33 | 48.41 | 30 | 0.762 |
| 29 | NOVA FORT | 0.33 | 68.80 | 30 | 0.762 |
| 30 | NOVA FORT | 0.34 | 55.57 | 30 | 0.762 |
| 31 | NOVA FORT | 0.65 | 240.00 | 30 | 0.762 |
| 32 | NOVA FORT | 0.87 | 27.50 | 32 | 0.8128 |
| 33 | NOVA FORT | 0.24 | 57.60 | 32 | 0.8128 |
| 34 | NOVA FORT | 0.20 | 66.50 | 32 | 0.8128 |
| 35 | NOVA FORT | 0.32 | 51.50 | 32 | 0.8128 |
| 36 | NOVA FORT | 0.29 | 60.00 | 32 | 0.8128 |
| 37 | NOVA FORT | 0.67 | 29.60 | 32 | 0.8128 |
| 38 | NOVA FORT | 0.33 | 11.05 | 32 | 0.8128 |
| 39 | NOVA FORT | 0.08 | 69.00 | 36 | 0.9144 |
| 40 | NOVA FORT | 0.09 | 75.00 | 36 | 0.9144 |
| 41 | NOVA FORT | 0.21 | 96.90 | 36 | 0.9144 |
| 42 | NOVA FORT | 0.23 | 94.70 | 36 | 0.9144 |
| 43 | NOVA FORT | 0.19 | 25.82 | 45 | 1.143 |
| 44 | NOVA FORT | 0.12 | 42.21 | 45 | 1.143 |
| 45 | NOVA FORT | 0.06 | 76.45 | 45 | 1.143 |
| 46 | NOVA FORT | 0.05 | 72.00 | 48 | 1.2192 |
| 47 | NOVA FORT | 0.06 | 44.71 | 48 | 1.2192 |
| 48 | NOVA FORT | 0.07 | 52.16 | 48 | 1.2192 |
| 49 | NOVA FORT | 0.11 | 42.36 | 48 | 1.2192 |
| 50 | NOVA FORT | 0.07 | 18.15 | 48 | 1.2192 |
| 51 | NOVA FORT | 0.30 | 555.00 | 48 | 1.2192 |
| 52 | NOVA FORT | 0.08 | 78.35 | 54 | 1.3716 |
| 53 | NOVA FORT | 0.06 | 78.05 | 54 | 1.3716 |
| 54 | NOVA FORT | 0.06 | 45.80 | 54 | 1.3716 |
| 55 | NOVA FORT | 0.06 | 60.59 | 60 | 1.524 |
| 56 | NOVA FORT | 0.09 | 72.84 | 60 | 1.524 |
| 57 | NOVA FORT | 0.13 | 59.85 | 60 | 1.524 |
| 58 | NOVA FORT | 0.10 | 47.63 | 60 | 1.524 |
| 59 | NOVA FORT | 0.07 | 64.62 | 60 | 1.524 |
| 60 | NOVA FORT | 0.29 | 24.30 | 60 | 1.524 |

Fuente: Realizada por el autor.

Este colector, cuenta con 60 tramos de tubería que suman una distancia total de 4.75 kilómetros. Inicia en 10" y finaliza entregando sus aguas al mar caribe, cerca al matadero municipal en 60" de diámetro.

- **Colector Boca grande - Virgencita:**

Tabla 12. Colector Pluvial Bocagrande – Virgencita

| COLECTOR PLUVIAL BOCAGRANDE - VIRGENCITA | | | | | |
|---|----------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|
| | TUBERIA | PENDIENTE % (s) | DISTANCIA (m) | DIAMETRO (") | DIAMETRO (m) |
| 1 | NOVA FORT | 0.59 | 70.90 | 12 | 0.3048 |
| 2 | NOVA FORT | 0.24 | 54.00 | 12 | 0.3048 |
| 3 | NOVA FORT | 0.35 | 71.40 | 14 | 0.3556 |
| 4 | NOVA FORT | 0.35 | 30.70 | 16 | 0.4064 |
| 5 | NOVA FORT | 0.36 | 90.00 | 16 | 0.4064 |
| 6 | NOVA FORT | 0.38 | 94.00 | 16 | 0.4064 |
| 7 | NOVA FORT | 0.34 | 111.60 | 16 | 0.4064 |
| 8 | NOVA FORT | 0.25 | 43.00 | 18 | 0.4572 |
| 9 | NOVA FORT | 0.22 | 36.00 | 20 | 0.508 |
| 10 | NOVA FORT | 0.35 | 88.70 | 20 | 0.508 |
| 11 | NOVA FORT | 0.36 | 78.70 | 20 | 0.508 |
| 12 | NOVA FORT | 0.37 | 100.00 | 20 | 0.508 |
| 13 | NOVA FORT | 0.20 | 59.50 | 20 | 0.508 |
| 14 | NOVA FORT | 0.22 | 58.20 | 20 | 0.508 |
| 15 | NOVA FORT | 0.25 | 77.30 | 20 | 0.508 |
| 16 | NOVA FORT | 0.30 | 101.30 | 24 | 0.6096 |
| 17 | NOVA FORT | 0.27 | 75.20 | 24 | 0.6096 |
| 18 | NOVA FORT | 0.72 | 47.50 | 36 | 0.9144 |
| 19 | NOVA FORT | 0.61 | 28.00 | 39 | 0.9906 |
| 20 | NOVA FORT | 0.61 | 54.20 | 42 | 1.0668 |
| 21 | NOVA FORT | 0.61 | 56.10 | 42 | 1.0668 |
| 22 | NOVA FORT | 0.61 | 87.00 | 42 | 1.0668 |
| 23 | NOVA FORT | 0.61 | 65.60 | 42 | 1.0668 |
| 24 | NOVA FORT | 0.61 | 29.90 | 42 | 1.0668 |
| 25 | NOVA FORT | 0.57 | 77.80 | 45 | 1.143 |
| 26 | NOVA FORT | 0.53 | 89.50 | 48 | 1.2192 |
| 27 | NOVA FORT | 0.56 | 65.60 | 48 | 1.2192 |
| 28 | NOVA FORT | 0.60 | 68.10 | 48 | 1.2192 |
| 29 | NOVA FORT | 0.60 | 66.00 | 48 | 1.2192 |
| 30 | NOVA FORT | 0.50 | 137.50 | 51 | 1.2954 |
| 31 | NOVA FORT | 0.50 | 146.00 | 51 | 1.2954 |
| 32 | NOVA FORT | 0.50 | 70.00 | 51 | 1.2954 |

Fuente: Realizada por el autor.

Colector, con 32 tramos de tubería que suman una distancia total de 2.33 kilómetros. Inicia en 12" y finaliza entregando sus aguas a la estación de bombeo virgencita en 51" de diámetro.

- **Colector Mercado viejo - Barrio Arriba:**

Tabla 13. Colector Pluvial Barrio Arriba

| COLECTOR PLUVIAL BARRIO ARRIBA | | | | | |
|--------------------------------|-----------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| | TUBERIA | PENDIENTE (s) | DISTANCIA (m) | DIAMETRO (") | DIAMETRO (m) |
| 1 | NOVA FORT | 0.71 | 76.30 | 10 | 0.254 |
| 2 | NOVA FORT | 0.52 | 51.35 | 10 | 0.254 |
| 3 | NOVA FORT | 0.68 | 37.06 | 12 | 0.3048 |
| 4 | NOVA FORT | 0.68 | 27.62 | 12 | 0.3048 |
| 5 | NOVA FORT | 1.15 | 87.40 | 12 | 0.3048 |
| 6 | NOVA FORT | 0.62 | 46.43 | 14 | 0.3556 |
| 7 | NOVA FORT | 0.46 | 41.81 | 14 | 0.3556 |
| 8 | NOVA FORT | 0.34 | 105.95 | 14 | 0.3556 |
| 9 | NOVA FORT | 0.45 | 61.14 | 16 | 0.4064 |
| 10 | NOVA FORT | 0.40 | 44.37 | 18 | 0.4572 |
| 11 | NOVA FORT | 0.30 | 29.67 | 18 | 0.4572 |
| 12 | NOVA FORT | 0.30 | 13.60 | 18 | 0.4572 |
| 13 | NOVA FORT | 0.30 | 39.32 | 18 | 0.4572 |
| 14 | NOVA FORT | 0.30 | 15.54 | 18 | 0.4572 |
| 15 | NOVA FORT | 0.25 | 39.55 | 18 | 0.4572 |
| 16 | NOVA FORT | 0.25 | 12.32 | 18 | 0.4572 |
| 17 | NOVA FORT | 0.25 | 54.00 | 24 | 0.6096 |
| 18 | NOVA FORT | 0.26 | 86.26 | 24 | 0.6096 |
| 19 | NOVA FORT | 0.30 | 60.07 | 24 | 0.6096 |
| 20 | NOVA FORT | 0.29 | 79.73 | 27 | 0.6858 |
| 21 | NOVA FORT | 0.32 | 29.15 | 27 | 0.6858 |
| 22 | NOVA FORT | 0.28 | 93.88 | 30 | 0.762 |
| 23 | NOVA FORT | 0.28 | 41.28 | 30 | 0.762 |
| 24 | NOVA FORT | 0.18 | 64.81 | 30 | 0.762 |
| 25 | NOVA FORT | 0.86 | 20.30 | 30 | 0.762 |
| 26 | NOVA FORT | 0.34 | 102.06 | 33 | 0.8382 |
| 27 | NOVA FORT | 0.21 | 91.74 | 33 | 0.8382 |
| 28 | NOVA FORT | 0.32 | 58.06 | 36 | 0.9144 |
| 29 | NOVA FORT | 0.30 | 60.85 | 36 | 0.9144 |
| 30 | NOVA FORT | 0.31 | 60.14 | 39 | 0.9906 |
| 31 | NOVA FORT | 0.31 | 66.15 | 39 | 0.9906 |

| | | | | | |
|----|-----------|------|-------|----|--------|
| 32 | NOVA FORT | 0.31 | 59.43 | 39 | 0.9906 |
| 33 | NOVA FORT | 0.24 | 61.80 | 48 | 1.2192 |
| 34 | NOVA FORT | 0.18 | 94.60 | 48 | 1.2192 |
| 35 | NOVA FORT | 0.18 | 25.50 | 48 | 1.2192 |
| 36 | NOVA FORT | 0.20 | 41.00 | 48 | 1.2192 |
| 37 | NOVA FORT | 0.20 | 34.20 | 48 | 1.2192 |
| 39 | NOVA FORT | 0.28 | 7.86 | 48 | 1.2192 |

Fuente: Realizada por el autor.

Este colector cuenta con 39 tramos de tubería que suman una distancia total de 2.02 kilómetros. Inicia en 10" y finaliza entregando sus aguas a la estación de bombeo barrio arriba en 48" de diámetro.

Una vez conocida esta información tomaremos los diámetros finales de cada colector, los cuales son los encargados de entregar las aguas transportadas a lo largo del sistema y calcularemos su caudal máximo de transporte o descarga a través del software HCANALES, programa diseñado para calcular caudales en canales y estructuras hidráulicas. Obtenidos estos datos, realizaremos una comparación y determinaremos si el diseño de estos colectores es capaz de evacuar el volumen de agua que entregan las cuencas hidrográficas identificadas.

6.18 APLICACIÓN DEL SOFTWARE HCANALES.

Figura 28. Cálculo de Caudal, Sección Circular

Cálculo del caudal, sección circular

Lugar: RIOHACHA, LA GUAJIRA Proyecto: IMPACTOS QUE GENERA LA
Tramo: COLECTOR PLUVIAL BOCA Revestimiento:

Datos:

Tirante (y): 0.97 m
Diámetro (d): 1.2954 m
Rugosidad (n): 0.015
Pendiente (S): 0.005 m/m



Resultados:

Caudal (Q): 2.6668 m³/s Velocidad (v): 2.5193 m/s
Área hidráulica (A): 1.0585 m² Perímetro mojado (p): 2.7095 m
Radio hidráulico (R): 0.3907 m Espejo de agua (T): 1.1236 m
Número de Froude (F): 0.8287 Energía específica (E): 1.2935 m-Kg/Kg
Tipo de flujo: Subcrítico

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 20:10 10/3/2022

Nota. Adaptado de Software HCANALES

Para el cálculo del caudal, este software requiere de información como tirante hidráulico (y) que es el resultado de la división entre el área hidráulica y el ancho de la superficie del agua, el diámetro (d) de la tubería que lo conocemos por la información suministrada en los planos, el coeficiente de rugosidad (n) que es igual a 0.015 por el tipo de material (pvc) y la información de la pendiente (p) del tramo que se pretende modelar, también suministrado por los planos.

Con esto, tenemos:

Tabla 14 Resultado cálculo de caudal .

| | COLECTOR | DIAMETRO FINAL (") | DIAMETRO FINAL (M) | TIPO TUBERIA | PENDIENTE FINAL % | TIRANTE (y) | RUGOSIDAD | CAUDAL (Q) M3/SEG |
|---|--|--------------------|--------------------|--------------|-------------------|-------------|-----------|-------------------|
| 1 | BOCA GRANDE - VIRGENCITA | 51 | 1.2954 | PVC | 0.5 | 0.97 | 0.015 | 2.67 |
| 2 | MERCADO VIEJO - BARRIO ARRIBA | 48 | 1.2192 | PVC | 0.2 | 0.91 | 0.015 | 1.43 |
| 3 | CHEGUEVARA - COQUIVACOA - JOSE A GALAN | 60 | 1.524 | PVC | 0.29 | 1.14 | 0.015 | 3.13 |
| 4 | COOPERATIVO - JOSE A GALAN | 48 | 1.2192 | PVC | 0.28 | 0.91 | 0.015 | 1.69 |

Fuente: Realizado por el autor.

6.19 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS – APLICACIÓN DE LEOPOLD

A continuación, se presenta resultados de aplicación de la matriz de Leopold en los diferentes sectores anteriormente mencionado, quienes son el centro de estudio de esta investigación y ayudan a identificar claramente y con mayor exactitud los impactos generados por la no operatividad del sistema de alcantarillado pluvial existente en el distrito de Riohacha, la guajira.

Tabla 15. Matriz de Leopold

| | | COMUNAS: 1 y 2 - BARRIO ARRIBA - 3, 4 Y 5 MATADERO - 6 Y 7 - BO CAGRANDE | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------------------------------|---|--------------------------------------|----------------------|------------------------|--------------|---------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|------------------------|---------------|------|-----|------|--|
| | | ACCIONES | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COMPONENTES | FACTORES AMBIENTALES | | FALLA OPERACIONAL DEL | DESGARSA DE EFIDENTE | ALTERACION DE FLUJO DE | INUNDACIONES | LLOUVES | ACUMULACION DE BASURAS Y | PROMEDIOS POSITIVOS | PROMEDIOS NEGATIVOS | PROMEDIO ARITMETICO | IMPACTO POR SUBCOMPONENTE | IMPACTO POR COMPONENTE | IMPACTO TOTAL | | | | |
| | | | AL CANTILLADO PUVY | DISTRITAL | AGUA SUBTERRANEA | | | RESIDUOS SOLIDOS | | | | | | | | | | |
| MEDIO NATURAL | CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS | SUELO | EROSIÓN | M | -2 | -6 | -8 | -5 | -1 | 0 | 6 | -64 | -96 | -171 | | | | |
| | | | CALIDAD DEL SUELO | M | -1 | -2 | -9 | -5 | 8 | -4 | 1 | 5 | | | | -32 | | |
| | | AGUA | CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL | M | -3 | -3 | -2 | -5 | 3 | -4 | 1 | 5 | | | | -38 | | |
| | | | CALIDAD DE AGUA SUBTERRANEA | M | -3 | -1 | -3 | -3 | 3 | -1 | 1 | 5 | | | | -18 | | |
| | | ATMOSFERA | CALIDAD DEL AIRE (OLORES) | M | -2 | | | -5 | | -6 | 0 | 3 | | | | -19 | -19 | |
| | | | | I | 1 | | | 1 | | 2 | | | | | | | | |
| | CONDICIONES BIOLÓGICAS | FLORA | ÁRBOLES | M | | | | -4 | 10 | | 1 | 1 | 46 | 89 | 93 | | | |
| | | | ARBUSTOS | M | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | | 3 | 1 | 43 | | | | | |
| | | FAUNA | ANIMALES TERRESTRES | M | -4 | 2 | 1 | 4 | 4 | | 0 | 3 | -9 | | | | 4 | |
| | | | INSECTOS | M | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 4 | 0 | 13 | | | | | |
| MEDIO HUMANO | SOCIO - CULTURAL | USO DE LA TIERRA | CALIDAD DE ESPACIOS ABIERTOS | M | -5 | 5 | -10 | -1 | -8 | 1 | 4 | -27 | -90 | -823 | | | | |
| | | | RESIDENCIAL | M | -8 | -5 | -2 | -10 | 1 | 2 | 0 | 5 | | | | -31 | | |
| | | | COMERCIO | M | -8 | -5 | -2 | -10 | -1 | -6 | 0 | 6 | | | | -32 | | |
| | | RECREACIÓN | SENDEROS PEATONALES | M | -9 | -2 | | -10 | | -6 | 0 | 4 | | | | -33 | -56 | |
| | | | PARQUES | M | -9 | -2 | | -10 | 4 | -6 | 1 | 4 | | | | -23 | | |
| | | AFECTOS CULTURALES | PATRONES CULTURALES (ESTILO DE VIDA) | M | -5 | -5 | | -10 | 5 | -10 | 1 | 4 | | | | -70 | -194 | |
| | SALUD Y SEGURIDAD | | M | -9 | -5 | | -9 | 2 | -10 | 1 | 4 | -124 | | | | | | |
| | FACILIDADES Y ACTIVIDADES HUMANAS | ESTRUCTURAS | M | -1 | -4 | -4 | -10 | -1 | | 0 | 5 | -20 | -183 | -222 | | | | |
| | | RED DE TRANSPORTE | M | -6 | -8 | -3 | -10 | -6 | | 0 | 5 | -105 | | | | | | |
| | | REDES DE SERVICIOS | M | -6 | | | -8 | -5 | | 0 | 3 | -58 | | | | | | |
| | | SALINIZACION DE RECURSOS HÍDRICOS | M | | -5 | -6 | | | | 0 | 2 | -44 | | | | | | |
| | RELACIONES ECOLÓGICAS | | INSECTOS VECTORES DE ENFERMEDADES | M | -8 | -2 | | -10 | -10 | -9 | 0 | 5 | -183 | -222 | -222 | | | |
| | | | SALINIZACION DEL TERRENO | M | 5 | -5 | -8 | 5 | 4 | 5 | 0 | 3 | -33 | | | | | |
| | | | AUMENTO DEL ÁREA ARBUSTIVA | M | 5 | 4 | 1 | 3 | 10 | | 3 | 0 | 38 | | | | | |
| | | | M | 5 | 4 | 1 | 3 | 10 | | 3 | 0 | 38 | | | | | | |
| | | | M | 5 | 4 | 1 | 3 | 10 | | 3 | 0 | 38 | | | | | | |
| PROMEDIOS POSITIVOS | | | | 0 | 4 | 0 | 3 | 10 | 1 | 15 | | | | | | | | |
| PROMEDIOS NEGATIVOS | | | | 15 | 17 | 11 | 19 | 8 | 13 | | 83 | | | | | | | |
| PROMEDIO ARITMETICO | | | | -151 | -115 | -112 | -298 | 59 | -206 | | -823 | | | | | | | |

Fuente: Realizado por el autor

6.19.1 Interpretación de los resultados – matriz de Leopold

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de las sumatorias totales, las cuales reflejan la opinión de quienes evalúan, es posible concluir los aspectos:

- ✓ Las acciones que más impactos negativos generan son: las inundaciones y la acumulación de residuos sólidos.
- ✓ Los componentes que reciben mayor impacto son: el socio – cultural, especialmente la salud y seguridad de la comunidad, y las relaciones ecológicas debido al aumento de insectos vectores de enfermedades.
- ✓ Por último, la calificación global del estudio de impactos es -823, al ser un valor negativo, indica que el escenario presentado, está siendo perjudicial para el ambiente y la comunidad, por lo cual se recomienda ejecutar las acciones necesarias para disminuir o eliminar la problemática presentada.

6.19.2 Impactos identificados

Detalladamente se presentan los resultados obtenidos de la identificación de impactos en la zona de estudio de la situación problema, sumado a esto, se establece en cada elemento si el impacto es positivo o negativo

Tabla 16. Impactos identificados

| IMPACTOS IDENTIFICADOS | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---|--|--|-----------------|---------------------------|------------------------|---------------|
| COMPONENTES | | FACTORES AMBIENTALES | | DESCRIPCIÓN | PROMEDIO ARITMÉTICO | TIPO DE IMPACTO | IMPACTO POR SUBCOMPONENTE | IMPACTO POR COMPONENTE | IMPACTO TOTAL |
| MEDIO NATURAL | CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS | SUELO | EROSIÓN | Cambio en las susceptibilidad a la erosión y variación de la estabilidad del terreno | -64 | NEGATIVO | -96 | -171 | |
| | | | CALIDAD DEL SUELO | Cambio en las propiedades físicoquímicas del suelo | -32 | NEGATIVO | | | |
| | | AGUA | CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL | Cambio en las características físicoquímicas y/o bacteriológicas de las aguas y cambio en el régimen del drenaje superficial y subterráneo | -38 | NEGATIVO | -56 | | |
| | | | CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA | | -18 | NEGATIVO | | | |
| | ATMOSFERA | CALIDAD DEL AIRE (OLORES) | Cambio en la concentración de gases en el aire | -19 | NEGATIVO | -19 | | | |
| | CONDICIONES BIOLÓGICAS | FLORA | ÁRBOLES | Aumento en la cobertura herbácea y boscosa | 46 | POSITIVO | 89 | | |
| | | | ARBUSTOS | | 43 | POSITIVO | | | |
| | | FAUNA | ANIMALES TERRESTRES | Modificación de hábitats terrestres y comedores biológicos | -9 | NEGATIVO | 4 | | |
| | | | INSECTOS | Aumento poblacional de insectos | 13 | POSITIVO | | | |
| | MEDIO HUMANO | SOCIO-CULTURAL | USO DE LA TIERRA | CALIDAD DE ESPACIOS ABIERTOS | Cambio del paisaje por cobertura vegetal | -27 | NEGATIVO | -90 | |
| RESIDENCIAL | | | | Afectación de viviendas en su estructura y cambio en el valor del suelo | -31 | NEGATIVO | | | |
| COMERCIO | | | | Cambio en el valor del suelo y cambio en la oferta y demanda de bienes y servicios locales | -32 | NEGATIVO | | | |
| RECREACIÓN | | | SENDEROS PEATONALES | Cambio del paisaje por cobertura vegetal | -33 | NEGATIVO | -56 | | |
| | | | PARQUES | Cambio de la calidad paisajística | -23 | NEGATIVO | | | |
| AFECTOS CULTURALES | | | PATRONES CULTURALES (ESTILO DE VIDA) | Cambio en la dinámica socio-cultural | -70 | NEGATIVO | -194 | | |
| | | | SALUD Y SEGURIDAD | Aumento de enfermedades y disminución en la salud integral y familiar | -124 | NEGATIVO | | | |
| FACILIDADES Y ACTIVIDADES HUMANAS | | | ESTRUCTURAS | Modificación en las estructuras existentes | -20 | NEGATIVO | -183 | | |
| | | | RED DE TRANSPORTE | Cambio en el estado de la red vial y aumento de riesgo de accidentes | -105 | NEGATIVO | | | |
| | | REDES DE SERVICIOS | Alteración en la demanda de servicios públicos | -58 | NEGATIVO | | | | |
| RELACIONES ECOLÓGICAS | | SALINIZACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS | Cambio en las características físicoquímicas y/o bacteriológicas de las aguas | -44 | NEGATIVO | -222 | -222 | | |
| | | INSECTOS VECTORES DE ENFERMEDADES | Aumento de criaderos de insectos vectores de enfermedades | -183 | NEGATIVO | | | | |
| | | SALINIZACIÓN DEL TERRENO | Cambio en las propiedades físicoquímicas del suelo | -33 | NEGATIVO | | | | |
| | | AUMENTO DEL ÁREA ARBUSTIVA | Aumento en la cobertura herbácea y boscosa | 38 | POSITIVO | | | | |
| PROMEDIO ARITMÉTICO | | | | | -823 | | | | |

Fuente: Realizado por el autor.

6.4 RELACIÓN ENTRE INOPERATIVIDAD DEL SISTEMA E IMPACTOS GENERADOS

Realizado el estudio para conocer el estado actual del sistema de alcantarillado pluvial del distrito de Riohacha, se pueden observar las condiciones desde su administración hasta su operación, se evidencia la consecuencia de un subdimensionamiento del sistema, lo cual hace parte de los roles del operador de la red, quien cumpla las etapas del proceso administrativo tal como la planificación, organización, dirección y el control, y de igual forma actúe frente a las diversas situaciones de su funcionamiento.

El sistema de alcantarillado pluvial actualmente cuenta con una capacidad receptiva de caudal Q de 2.67 m^3/s para la cuenca 1, 1.43 m^3/s para la cuenca 2, 3.13 m^3/s para la cuenca 3 y 1.69 m^3/s para la cuenca 4, Tal como se evidencian en la tabla 14, donde se muestra el cálculo del caudal de los colectores existentes del presente trabajo investigativo. Teniendo en cuenta los caudales anteriormente en mención y revisados los caudales aportados por las cuencas, se observa como la demanda es mucho mayor que la capacidad receptiva en cada colector en las diferentes cuencas, tal como se observa en la Tabla 10 “caudales que aportan las cuencas al sistema de drenaje subsuperficial”.

De acuerdo a lo anterior, se evidencia que el sistema actual no satisface las necesidades de las cuencas, generando así problemáticas que incluyen inundaciones, proliferación de vectores, dificultades en la movilidad vehicular, cierre de comercios, inasistencia a centros de educación etc.

Además, debido a las problemáticas ambientales y sociales asociadas a la inoperatividad del alcantarillado pluvial del distrito de Riohacha, se realizó una caracterización cualitativa de los impactos generados por la inoperatividad del alcantarillado pluvial existente en los diversos sectores del distrito, utilizando el método de la matriz de Leopold, la cual facilita evaluar los impactos ambientales de una forma ágil y práctica. Y dentro de la matriz, se evidencian los impactos con mayor presencia debido al no funcionamiento adecuado del sistema de alcantarillado pluvial, predominando en esta, las inundaciones y la acumulación de residuos sólidos; de igual forma se evidencia en esta matriz que el componente mayormente afectado es el sociocultural, en especial la salud y la seguridad de la

comunidad, y las relaciones ecológicas por el aumento de vectores, transmisores de enfermedades, tal como se menciona en la interpretación de los resultados de esta matriz en el capítulo 8.

Finalmente, teniendo en cuenta los resultados, es clara la forma en cómo se relacionan la inoperatividad del sistema de alcantarillado pluvial y los impactos generados a la comunidad, sirviendo esto como base para dar solución de fondo a un problema que está tras la búsqueda de soluciones desde hace muchos años.

7 IMPACTO ESPERADO

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente y pueden generar afectación en la calidad de vida de una población. El crecimiento urbano desacelerado es la causa principal de esta problemática ya que se producen alteraciones y/o modificaciones en los causes naturales que conforman las redes de drenaje de las cuencas hidrográficas y por ende se afecta directamente la capacidad de descarga, lo que genera problemas de inundaciones.

Los sistemas de alcantarillado son una parte muy importante de la infraestructura hidráulica de una población, ya que son los encargados de transportar las aguas residuales o los escurrimientos pluviales, hasta un lugar de disposición o tratamiento (Lara, 2014).

El alcantarillado pluvial tiene como su principal función el manejo, control y conducción adecuada de la esorrentía de las aguas de lluvia en forma separada de las aguas residuales. Y llevarla o dejarla en sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de las ciudades (SIAPA, 2014).

El crecimiento urbano desacelerado y la falta de controles administrativos en contra de las urbanizaciones vulnerables que luego son legalmente constituidas, obligan a la administración distrital a realizar inversiones en pro de mejorar el desarrollo y calidad de vida de los habitantes. La cobertura del sistema de alcantarillado pluvial del distrito de Riohacha no supera el 40%, un problema más que se suma a la no operación del mismo, en la actualidad existen muchos barrios que no cuentan con sistemas de drenaje para la evacuación de aguas lluvias.

Mediante la aplicación de la matriz de Leopold, se espera evaluar y dar a conocer cuáles son los factores ambientales más relevantes que afectan la calidad de vida de los habitantes del distrito de Riohacha. A su vez, se realizará un diagnóstico de

las condiciones actuales del sistema de alcantarillado pluvial con el fin de identificar las fallas que imposibilitan su correcta operatividad de drenaje, siendo esta una de las principales causantes del deterioro de la calidad de vida de los habitantes.

Con esta investigación se espera dar a conocer la importancia que tienen los sistemas de drenaje pluvial dentro de una ciudad. En el distrito de Riohacha no se cuenta con un sistema óptimo y eficiente capaz de evacuar las aguas lluvias, como tampoco existe una entidad o empresa encargada de operar las redes actuales y estaciones de bombeo pluvial. Con la información obtenida del diagnóstico sobre lo existente, descrita en el numeral 8.1 del presente proyecto investigativo, la administración distrital puede tomar acciones preventivas y correctivas en los puntos más relevantes del sistema que minimizarían de manera directa los impactos negativos generados por inundaciones.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- El sistema de alcantarillado que actualmente se tiene en el distrito de Riohacha, no es eficiente al momento de evacuar las aguas lluvias debido a que se encuentra en estado de abandono y ya cumplido su periodo de diseño este no es capaz de transportar el volumen de las aguas lluvias en la actualidad.
- La calidad de vida de los habitantes del distrito de Riohacha, es afectada a causa de las inundaciones y proliferación de vectores que se producen por la inoperatividad del sistema de alcantarillado pluvial.
- El distrito de Riohacha no cuenta con una empresa o entidad que se encargue de la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado pluvial.
- La infraestructura del sistema actual no se encuentra en óptimas condiciones, por lo que se recomienda realizar mantenimientos periódicos preventivos que ayuden a evacuar las aguas lluvias en el menor tiempo posible.
- Para evitar las inundaciones en temporada de lluvias, se debe aumentar la cobertura del sistema de alcantarillado pluvial en el distrito de Riohacha, ya que existen barrios que no cuentan con sistemas de drenaje pluvial.
- Se recomienda contratar o delegar una empresa de servicios públicos encargada de la planificación, organización, dirección y control del sistema de alcantarillado pluvial del distrito de Riohacha.

10. ANEXOS

Anexo 1. Oficio emitido por la empresa Asaa donde se consta la no operación del sistema de alcantarillado pluvial del distrito de Riohacha.



Carrera 7 No. 21-15
PBX: 728 6950
Riohacha - Colombia

EL SUSCRITO GERENTE DE OPERACIONES DE LA SOCIEDAD AVANZADAS SOLUCIONES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO S.A. E.S.P. – SIGLA ASAA S.A. E.S.P.-

CERTIFICA QUE:

Conforme al contrato que rige **LAS ESTIPULACIONES QUE RIGEN LA OPERACIÓN, REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO**, suscrito entre el Distrito de Riohacha y la empresa Aguas de la Guajira, hoy ASAA S.A. E.S.P., en su cláusula primera se definen los SERVICIOS como *“el conjunto de iniciativas y operaciones que tiene que realizar el Operador para abastecer Agua Potable a los usuarios, recolectar sus Aguas Residuales y evacuar éstas últimas en las condiciones establecidas en este documento”*.

De esta manera, nuestro contrato de operación dispone que la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado, éste último referido al alcantarillado sanitario, se refiere expresamente a la recolección y evacuación de aguas residuales.

Por ende, en virtud del alcance dado a la palabra *servicios*, se tiene que el objeto del que trata el Contrato de Operación en su cláusula segunda, está referido a la prestación **SÍ Y SOLO SÍ**, de los servicios de acueducto y alcantarillado sanitario-*no pluvial*-en la ciudad de Riohacha. Es así como, toda actividad, mantenimiento, y operación del servicio de alcantarillado pluvial se encuentra en **cabeza del Distrito de Riohacha**.

La presente certificación se expide a los cuatro (4) días del mes de Febrero de dos mil veintidós (2022), dirigida a los integrantes del proyecto de Grado **"IMPACTOS QUE GENERA LA INOPERATIVIDAD DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS HABITANTES EN EL DISTRITO DE RIOHACHA"** de la especialización de GERENCIA DE CONSTRUCCIONES, de la Universidad de la Guajira; Señores CESAR BARROS, RAFAEL JIMENEZ BRITO y MARIA CASTAÑEDA DEL PRADO.

Atentamente,

ALVARO ÁVILA DURAN
Gerente de Operaciones



11. BIBLIOGRAFÍA

- Abellán, A. (2015). Los impactos en el ciclo del agua pluvial. SudSostenible. <http://sudsostenible.com/los-impactos-de-urbanizacion-en-el-ciclo-del-agua-pluvial/>
- Aguilar, Campos, Espinoza, Morrachimo, & Silva. (2012). Características físicas de cuencas hidrograficas . Perú.
- Aguilar, L. Y., Calderón, A., & Medina, D. L. (2018). Análisis comparativo de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) caso de estudio carrera 4 y carrera 5 entre calles 68 y 71, sector Chapinero alto, Bogotá, Colombia.
- Aponte, V. C. (2015). Calidad de vida en la tercera edad. Ajayu Órgano de Difusión Científica del Departamento de Psicología UCBSP, 13(2), 152-182.
- Astu. (2021). ¿Cuándo se construyeron las primeras alcantarillas de la historia? Eulimp. <https://desatascoseulimp.com/cuando-se-construyeron-las-primeras-alcantarillas-de-la-historia/>
- Ayala, C., Murillo, M., Lozada, B., & Pombo, A. (2017). Análisis de los efectos del costo y beneficio en la canalización del arroyo de la calle 84 en la ciudad de Barranquilla. Revista Espacios, 10
- Baquero, L., & Vanegas, W. (2018). Optimización del sistema de alcantarillado pluvial de la carrera doce entre las calles sexta y primera en el municipio de Chía-Cundinamarca, diseñando un tanque de tormenta, con el fin de minimizar inundaciones.
- Bautista, L. M. (2017). La calidad de vida como concepto. Revista ciencia y cuidado, 14(1), 5-8. <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/cienciaycuidado/article/view/803>

- Beltrán, J. (2022). Seis provincias sufren los primeros efectos de la época invernal. Primicias. <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/seis-provincias-anormal-epoca-lluvias/>
- Bermúdez, Y. (1 de Mayo de 2016). La Guajira Hoy. Obtenido de <https://laguajirahoy.com/featured/las-inundaciones-en-villa-fatima-no-dan-espera.html>
- Bernete, F. (2013). Análisis de contenido. Conocer lo social: estrategias y técnicas de construcción y análisis de datos, 221-263.
- Campos, G., & Martínez, N. E. L. (2012). La observación, un método para el estudio de la realidad. Xihmai, 7(13), 45-60.
- Caracol Radio Barranquilla. (2021). Caracol Radio . Obtenido de https://caracol.com.co/emisora/2021/08/25/riohacha/1629927019_941714.html
- Cárdenas, J. (2018). Investigación cuantitativa. Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo. https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/22407/Manual_Cardenas_Investigaci%c3%b3n.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Cardona, B. L. (2012). Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas. Guatemala.
- Ceeledon, N. R. (2018). La Guajira Hoy. Obtenido de <https://laguajirahoy.com/featured/a-duras-penas-estacion-de-bombeo-de-aguas-lluvias-en-riohacha.html>
- CREACUA, J. E. E. (2016). ADAPTACIÓN URBANA VERDE FRENTE A INUNDACIONES CON EL SOPORTE DE LA MODELACION MATEMATICA Y EL SOFTWARE MODCEL EN RIOHACHA, LA GUAJIRA COLOMBIA. Riohacha, La Guajira .

Cuti M, K. A. (2018). Drenaje pluvial urbano en la localidad de Espinar, Provincia de Espinar, Region Cusco. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. https://www.academia.edu/36858777/UNIVERSIDAD_NACIONAL_DE_SAN_AGUSTIN_DE_AREQUIPA_FACULTAD_DE_INGENIERIA_CIVIL_ESCUELA_PROFESIONAL_DE_INGENIERIA_CIVIL

Dellavedova, M. (2011). Guía metodológica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental. La Plata.

Domínguez, M. C. (2015). La contaminación ambiental, un tema con compromiso social. Producción+ limpia, 10(1), 9-21. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100001

Duque, N. (2015). Metodología para el diseño optimizado de redes de alcantarillado. Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/13046/u713875.pdf?sequence=1>

Escudero, T. (2016). La investigación evaluativa en el Siglo XXI: Un instrumento para el desarrollo educativo y social cada vez más relevante. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa. Relieve, 22 (1). https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/118001/RELIEVEv22n1_4.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ESTIBAUS. (2018). Estibaús. Obtenido de Estibaús: http://www.estibaús.info/?p=9230&langswitch_lang=es

Fattorelli, S., & Fernández, P. (2011). Diseño Hidrológico. Zaragoza, España.

Gómez, D., & Gómez, M. T. (2013). Evaluación de impacto ambiental. Mundi-Prensa Libros.

Google Earth. (2021). Google Earth. Obtenido de Google Earth: <https://earth.google.com/web/search/riohacha/@11.52541856,-72.90116669,22.13287887a,11238.40332865d,35y,-9.69520174h,52.64688388t,0r/data=CigiJgokCTdKCYtliDRAETRKCYtliDTAGUFYDE4DmiBAIYpLjAuGeVfA>

Guerrero, M. (2014). Control de inundaciones empleando los sistemas de drenaje sostenible como herramienta para la planificación urbana en el municipio de Turbaco (Master's thesis, Universidad del Norte).

Ibáñez, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (2011). Morfología de las cuencas hidrológicas.

Infobae. (2022). Emergencia invernal: fuertes lluvias causan inundaciones y deslizamientos en Cartagena. <https://www.infobae.com/america/colombia/2022/11/06/emergencia-invernal-fuertes-lluvias-causan-inundaciones-y-deslizamientos-en-cartagena/>

LARA, G. M. (2014). PROBLEMÁTICA DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO. MEXICO.

MINISTERIO DE VIVIENDA . (2016). REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS 2000. Obtenido de https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo_d.pdf

Morales, F. (2012). Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa. Recuperado el, 11, 2018. https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.ucipfg.com%2FRepositorio%2FMSCG%2FPractica_independiente%2FUNIDAD1%2FTipos%2520de%2520investigaci%25C3%25B3n.docx&wdOrigin=BROWSELINK

- Mundial, B. (2017). El saneamiento inadecuado y la falta de acceso a agua limpia afectan a millones de personas en todo el mundo. World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2017/08/28/millionsaround-the-world-held-back-by-poor-sanitation-and-lack-of-access-to-cleanwater>.
- Ortega, E. J. (2021). La Guajira Hoy . Obtenido de <https://laguajirahoy.com/riohacha/moradores-del-cooperativo-solicitan-al-alcalde-solucionar-problema-de-desague-por-lluvias.html>
- Pérez, J. I., Nardini, A., & Zuñiga, Y. P. (2018). Identificación Multiatributo de Tipologías de Viviendas Vulnerables a Inundaciones en Riohacha, La Guajira-Colombia. *Información tecnológica*, 29(5), 187-202.
- Pérez, J. L. (2015). Academia. Obtenido de https://www.academia.edu/27756368/ADAPTACION_FRENTE_A_INUNDACIONES_EN_RIOHACHA_LA_GUAJIRACOLOMBIA_EL_PLAN_ELABORADO_POR_EL_PROYECTO_MODCEL_
- Ramírez, D. M., & Rodríguez, R. R. (2015). Estudio de impacto social: antecedentes y línea base para San Fernando, Tamaulipas. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM*, 25(1), 111-130.
- Ramírez, P., & Ucros, A. (2018). Diseño del sistema de saneamiento básico de aguas residuales de los sectores El Socorro y Charco Colorado en el municipio de San Luis de Sincé, en el departamento de Sucre. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/732/Ram%C3%ADrez%20Guzm%C3%A1n%20Paola%20-%202018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Reyes, M., & Rubio, J. (2014). Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias. Universidad Católica de Colombia. Bogotá DC.

- Rivadeneira, J. (2012). Diseño de alcantarillados pluviales del barrio la "la campiña del Inca". Canton, Quito, Provincia de Pichincha.
- Rodríguez, A. J. (2020). RCN Radio. Obtenido de <https://www.rcnradio.com/colombia/caribe/critico-panorama-dejan-lluvias-en-la-guajira>
- Rojas, O., Mardones, M., Arumí, J. L., & Aguayo, M. (2014). Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. *Revista de Geografía Norte Grande*, (57), 177-192.
- SIAPA. (2014). Criterios y Lineamientos Técnicos para factibilidades. Alcantarillado pluvial. https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_pluvial.pdf
- Suárez, A. J. (2020). RCN Radio . Obtenido de <https://www.rcnradio.com/colombia/mas-de-200-familias-damnificadas-por-invierno-en-riohacha-reciben-ayudas-humanitarias>
- Torres, A. (2014). Producción de conocimiento desde la investigación crítica. *Nómadas*, (40), 69-83. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-75502014000100005
- Villalba, G. A., Curto, F. A., Malegni, N. J., & Linfante, A. F. (2019). Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible como herramienta para resolver problemas de inundaciones urbanas. *Experiencias en Costa Esmeralda. Aqua-LAC*, 11(2), 39-49.
- Urzúa, A., & Caqueo-Urizar, A. (2012). Calidad de vida: Una revisión teórica del concepto. *Terapia psicológica*, 30(1), 61-71.
- Vitoviz, J. (2014). Historia del acueducto. *Academia Edu.* https://www.academia.edu/9592356/HISTORIA_DEL_ACUEDUCTO

We Are Water. (2017). Aguas negras, el rastro de nuestra historia.
https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia_281141

Yáñez, E. (2014). Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa. Universidad Privada del Norte.
<https://core.ac.uk/download/pdf/43680337.pdf>