

Práctica Empresarial en la Corporación Autónoma Regional para la Defensa De La Meseta de Bucaramanga (CDMB), como auxiliar de ingeniería civil en la y Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT)

Autor

Alejandra María Hernández Gutiérrez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Civil

Director

Ludwing Perez Bustos

Ingeniero Civil Magister en Ingeniería

Civil

Tutor Empresarial

Jesús Evelio Sánchez Sánchez

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Fisicomécanica

Escuela de Ingeniería Civil

Programa Académico

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

Con profundo agradecimiento y dedicación, este trabajo de grado está dedicado a las personas que han sido pilares fundamentales en mi vida académica, profesional y personal.

En primer lugar, quiero expresar mi eterna gratitud a mis padres. Su sacrificio, amor incondicional y constante apoyo han sido la luz que me ha guiado en cada paso de este camino. Gracias por creer en mí y por motivarme a alcanzar mis metas con perseverancia y determinación.

A mi familia extendida y amigos cercanos, quienes han estado presentes en cada etapa de mi formación académica, les agradezco por su comprensión, ánimo y palabras de aliento en los momentos difíciles. Su respaldo ha sido fundamental para superar los desafíos y celebrar los logros alcanzados.

A mis profesores y asesores académicos, quienes no solo me han impartido conocimientos, sino que también han sido guías sabias y mentores inspiradores. Gracias por compartir su experiencia y por brindarme las herramientas necesarias para desarrollar este trabajo con rigor y excelencia.

A todas las instituciones, organizaciones y personas que colaboraron de alguna manera en la realización de este proyecto, les doy mi más sincero reconocimiento y agradecimiento. Su contribución ha enriquecido enormemente mi investigación y ha permitido alcanzar resultados significativos.

Finalmente, dedico este trabajo a mí misma, como testimonio de mi determinación y crecimiento personal a lo largo de este proceso.

Que este trabajo de grado no solo sea un documento académico, sino también un reflejo del esfuerzo colectivo y del apoyo incondicional que he recibido. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento y afecto.

Tabla de contenido

1. Introducción.....	11
2. Objetivos	12
2.1 Objetivo General	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3. Empresa.....	13
3.1 Descripción y contexto	13
3.2 Misión	13
3.3 Visión.....	13
3.4 Marco Legal	14
3.5 Naturaleza Jurídica	15
4. Marco Teórico	16
4.1 Mitigación del Riesgo	16
4.2 Inspección Visual	16
4.4 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia IDF sintéticas	16
4.5 Método del paso estándar.....	17
4.6 Gaviones.....	17
4.7 Presupuesto	17
4.8 Análisis de Estabilidad.....	18
4.9 NSR-10	18

4.10 Cuenca hidrográfica	18
4.11 Microcuenca	19
4.12 POMCA	19
4.13 PAC.....	19
5. Metodología.....	20
5.1 Fase de investigación	20
5.2 Planificación.....	20
5.3 Visitas de inspección	20
5.4 Análisis de datos.....	21
5.5 Mitigación del Riesgo	21
5.6 Presupuesto y planificación de proyectos	21
5.7 Actualización de documentación.....	21
5.8 Presentación de resultados y recomendaciones	22
6. Actividades Desarrolladas durante la Práctica Empresarial	23
6.1 Muro Gaviones Río Frío Lagos	23
6.1.1 Barrio Lagos II.....	23
6.1.2 Inspección Visual.....	23
6.1.3 Modelamiento Hidráulico	24
6.1.4 Resultados	25
6.1.4.1 Planos	25

6.1.4.2 Presupuesto.....	26
7. Alcantarillado Rosablanca	29
7.1 Rosablanca	29
7.2 Inspección Visual	29
7.3 Análisis de caudales.....	30
7.4 Resultados	34
7.4.1 Alternativa 1	34
7.4.2 Alternativa 2	36
8. Wetskills	38
8.1 Planteamiento del Problema.....	38
8.2 Microcuenca Río Frío	39
8.3 Metodología	41
8.4 Resultados	42
8.4.1 Risk knowledge (Conocimiento del Riesgo)	43
8.4.2 Monitoring and Warning (Monitoreo y Alerta).....	44
8.4.3 Communication (Comunicación)	48
8.4.4 Responses Capability (Capacidad de respuesta)	49
8.4.4 Upscaling strategy (Estrategia de crecimiento).....	50
9. Conclusiones.....	51
10. Referencias Bibliográficas.....	53

Lista de Ilustraciones

Figura 1 Estructura Organizacional CDMB	14
Figura 2 Socavación del Río Frío de los muros de contención– Fuente: Estudio CDMB.....	23
Figura 3 Planta Inundable – Fuente: Planos Estudio CDMB	24
Figura 4 Diseño por perfiles Río Frío Lagos II – CDMB	25
Figura 5 Plano en planta Río Frío Lagos II – CDMB	26
Figura 6 Presupuesto para Río Frío Lagos II - CDMB	27
Figura 7 Interventoría para Río Frío Lagos II – CDMB	28
Figura 8 Ejemplo APU para Río Frío Lagos II - CDMB	28
Figura 9 Estado actual de la obra de disipación de energía con socavación por paso de flujo) – Fuente: CDMB	29
Figura 10 Áreas Aferentes a las alcantarillas de la vía de la vereda Rosa Blanca. – Fuente: CDMB	30
Figura 11 Periodos de retorno en obras de drenaje vial. Fuente: Tabla 2.8 Manual de Drenajes INVIAS	31
Figura 12 Curvas IDF para Bucaramanga y Floridablanca. Fuente: Manual para el cálculo de alcantarillado MAED-03 EMPAS S.A. E.S.P.....	31
Figura 13 Coeficientes de esorrentía. Fuente: RAS 2017	32
Figura 14 Tiempo de Concentración Tc.....	32
Figura 15 Tiempo de Concentración Tc.....	33
Figura 16 Evaluación Opción estructura rápida escalonada descarga Alcantarilla 1	35
Figura 17 Evaluación Opción estructura rápida escalonada descarga Alcantarilla 2	35
Figura 18 Evaluación Opción estructura rápida escalonada punto final de descarga Alcantarilla 2.....	35
Figura 19 Evaluación Opción estructura rápida escalonada descarga Alcantarilla 3	36
Figura 20 Evaluación Opción Alcantarillado pluvial descarga Alcantarilla 2.1	37

Figura 21 Evaluación Opción Alcantarillado pluvial descarga Alcantarilla 3	37
Figura 22 Microcuenca Río Frío Cundinamarca - CAR	40
Figura 23 Marco de Riesgo, Monitoreo y Emergencias, Basado en el Artículo "Desarrollo de Sistemas de Alerta Temprana"	42
Figura 24 Demanda hídrica de la microcuenca	44
Figura 25 Proceso de recolección de datos	46
Figura 26 Aspectos relevantes para la medición	47
Figura 27 Resumen de Actividades de los Tres Actores a lo Largo del Tiempo	48
Figura 28 Estrategia de Escalamiento o Enfoque WETS-NEXT para el Enfoque Propuesto.....	50

Lista de Tablas

Tabla 1 Cálculo de caudales de diseño para las descargas de las alcantarillas de la vía de la Vereda Rosa Blanca.....	33
Tabla 2 Cálculo de caudales de diseño para las descargas de las alcantarillas 2 y 3 de la vía de la Vereda Rosa Blanca.	34
Tabla 3 Secciones recomendadas a nivel de prediseño para la Opción 1 – Estructuras Rápidas Escalonadas	36
Tabla 4 Potenciales equipos de monitoreo	45
Tabla 5 Visión General del Riesgo y Respuestas Potenciales a Corto, Mediano y Largo Plazo	49

Resumen

Título: Práctica Empresarial en la Corporación Autónoma Regional para la Defensa De La Meseta de Bucaramanga (CDMB), como auxiliar de ingeniería civil en la y Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT) *

Autor: Alejandra María Hernández Gutiérrez**

Palabras Clave: Gestión de riesgo, mitigación, visitas de inspección, fenómenos naturales.

Descripción: En este informe se detallan las actividades realizadas durante la ejecución del trabajo de grado en modalidad de práctica empresarial en la Subdirección de Gestión de Riesgo y Seguridad Territorial de la CDMB; contando con un enfoque principal en el apoyo a la caracterización de fenómenos naturales y amenazas en ciertos sectores bajo la jurisdicción de la corporación. En su ejecución, se participó en proyectos con metas como la conservación de ecosistemas, gobernanza del agua, recursos naturales y áreas protegidas, así como colaborar en el diseño de medidas de mitigación ante posibles amenazas naturales y la recopilación de antecedentes sobre fenómenos naturales previos.

Como aporte al proceso de diseño y recopilación, se realizaron informes, visitas de inspección, georreferenciación de zonas de estudio y elaboración de planos; actividades complementarias que fortalecieron el enfoque integral de la práctica, brindando información de los recursos naturales y el estado ambiental del área de influencia de la CDMB en el Sistema de Normalización y Calidad Ambiental (SINCA).

Esta experiencia formativa fue fundamental para mi desarrollo profesional, vinculando mis conocimientos teóricos y prácticos, preparándome para abordar desafíos futuros en este ámbito con la oportunidad de desarrollar y mejorar habilidades específicas, así como habilidades generales como la comunicación, la colaboración y la resolución de problemas.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Programa académico.

Abstract

Title: Internship at the Corporación Autónoma Regional para la Defensa De La Meseta de Bucaramanga (CDMB), as a civil engineering assistant in the Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial (SURYT)*

Author(s): Alejandra María Hernández Gutiérrez

Key Words: Risk management, mitigation, inspection visits, natural hazards.

Description: This report details the activities carried out during the execution of the undergraduate thesis work in the form of an internship at the Sub direction of Risk Management and Territorial Security of CDMB, focusing primarily on supporting the characterization of natural phenomena and threats in specific sectors under the corporation's jurisdiction. During its execution, participation included projects with goals such as ecosystem conservation, water governance, natural resources, and protected areas, as well as collaborating in the design of mitigation measures against potential natural threats and compiling background information on previous natural phenomena.

As a contribution to the design and compilation process, reports, inspection visits, georeferencing of study areas, and drawing up of plans were conducted; complementary activities that strengthened the comprehensive approach of the internship, providing information on natural resources and the environmental status of the CDMB's area of influence in the Environmental Standardization and Quality System (SINCA).

This formative experience was crucial for my professional development, linking theoretical and practical knowledge, preparing me to tackle future challenges in this field with the opportunity to develop and improve specific skills, as well as general skills such as communication, collaboration, and problem-solving.

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Academic Program.

Director: Ludwing Perez Bustos. Civil Engineer,

1. Introducción

En Colombia, la práctica empresarial es un componente esencial en la formación académica de los estudiantes de carreras relacionadas con la ingeniería, ya que proporciona una experiencia directa en el entorno laboral. Este trabajo de grado tiene como objetivo documentar y analizar la experiencia adquirida durante el período de práctica empresarial, destacando los aprendizajes, habilidades desarrolladas y contribuciones realizadas en el contexto de La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, CDMB; caracterizada por ser una entidad pública autónoma creada para la protección, conservación y manejo de los recursos naturales y el medio ambiente en la región de la Meseta de Bucaramanga, ubicada en el departamento de Santander, Colombia. La CDMB tiene como misión principal asegurar el desarrollo sostenible y la calidad ambiental en su área de influencia a través de la implementación de políticas, proyectos y programas orientados a la gestión integral de los recursos naturales.

Buscando proporcionar una valiosa oportunidad para aplicar los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo del desarrollo como ingeniero civil, este trabajo de grado no solo sirve como un informe de las actividades realizadas, sino que también contribuye a la comprensión de cómo las experiencias prácticas pueden enriquecer la formación profesional y personal del estudiante.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Desarrollar las habilidades necesarias para brindar una adecuada auxiliatura de ingeniería civil en los proyectos vigentes de la Subdirección de Gestión de Riesgo y Seguridad Territorial en la Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

2.2 Objetivos Específicos

Identificar las afectaciones relacionadas con problemáticas de erosión y socavación por medio del acompañamiento, como auxiliar de Ingeniería Civil, en visitas técnicas de Gestión de Riesgo.

Elaborar y revisar informes Técnicos de Gestión del Riesgo, como soportes de las vistas técnicas, para la supervisión de obras en ejecución.

Intervenir en la realización de diseños de conocimiento del riesgo, enfocados a estabilización de taludes (por fenómenos de remoción y masa) o inundación, en apoyo de la Subdirección de Gestión de Riesgo y Seguridad Territorial.

Recopilar y analizar antecedentes de fenómenos naturales (Remoción en masa, Inundación y Avenidas Torrenciales) y obras de mitigación en el área de jurisdicción ambiental, teniendo presente su clasificación

3. Empresa

3.1 Descripción y contexto

En el contexto de práctica empresarial, se busca brindar un apoyo para el estudiante de ingeniería civil por parte La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, CDMB, para el desarrollo de las prácticas empresariales, con el fin de afianzar y adquirir nuevo conocimiento profesional en diferentes áreas relacionadas con actividades de gestión de riesgo, teniendo en cuenta su control y prevención con el territorio ambiental en la Meseta de Bucaramanga, tiene jurisdicción en el los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga, los municipios de la Provincia de Soto Norte y los municipios de El Playón, Lebrija y Rionegro y tiene como responsabilidad principal la gestión ambiental integral en su jurisdicción, incluyendo la conservación de los recursos naturales, el control y prevención de la contaminación, la planificación territorial, la gestión del riesgo y la educación ambiental.

3.2 Misión

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga –CDMB, es un ente corporativo de carácter público, creada por ley, encargada de la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos en materia de ambiente, recursos naturales renovables y cambio climático, aplicando las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento. (CDMB, 2021)

3.3 Visión

En el año 2031, la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB, será una entidad de referencia por su gestión ambiental eficiente y eficaz en su jurisdicción, contribuyendo a la protección de la vida de hoy y garantizando la del mañana. (CDMB,2021)

3.4 Marco Legal

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga -CDMB-, es un ente corporativo autónomo creado por la ley 99 de 1993, de carácter público, que se relaciona con el nivel nacional, departamental y municipal, integrado por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica.

Dotada de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargada por la ley de administrar dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables, y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (CDMB,2021) [2]

Figura 1 Estructura Organizacional CDMB



3.5 Naturaleza Jurídica

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga -CDMB-, es un ente corporativo autónomo creado por la ley 99 de 1993, de carácter público, que se relaciona con el nivel nacional, departamental y municipal, integrado por las entidades territoriales que por Plan de Trabajo de Grado - Hernández August 25, 2023 Page 4 | 13 sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidro geográfica. Dotada de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargada por la ley de administrar dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables, y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (CDMB,2021) [2]

4. Marco Teórico

4.1 Mitigación del Riesgo

Medidas de intervención prescriptiva o correctiva dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente (Ley 1523 de 2012). (PROCEDIMIENTO EJECUCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS, 2021) [7]

4.2 Inspección Visual

La inspección visual es una técnica para detectar defectos a simple vista para asegurar que los equipos funcionan correctamente o que los productos se están fabricando de acuerdo con la especificación. Esto puede incluir inspecciones visuales realizadas en persona o de forma remota utilizando imágenes digitales. (*¿Qué es la inspección visual?* / IBM, s. f.) [8]

4.4 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia IDF sintéticas

Con base en los valores promedio de precipitación máxima en 24 horas y del promedio de días con lluvia al año en cada estación, se construyeron las curvas de Intensidad – Duración – Período de Retorno o Frecuencia (IDF), empleando la metodología propuesta por Vargas R. y Díaz-Granados M., en su trabajo titulado “Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad – Duración – Frecuencia para Colombia”, (Universidad de Los Andes, Santafé de Bogotá, 1998).

Vargas y Díaz-Granados recopilaron información de 250 curvas IDF de diferentes estaciones dentro del territorio colombiano y establecieron coeficientes para las ecuaciones propuestas por Kothyari y Garde para cada región; la ecuación es la siguiente:

$$I = a \frac{T^b}{t^c} M^d N^e P T^f$$

Donde I es la intensidad de lluvia en mm/h, M el promedio de valores máximos anuales de precipitación en mm, N el promedio del número de días con lluvia al año, PT la precipitación media anual en mm, a, b, c, d, e y f son coeficientes cuyos valores fueron hallados mediante correlaciones.

4.5 Método del paso estándar

El flujo gradualmente variado es calculado en el programa HEC-RAS empleando el método del paso estándar, el cuál se caracteriza por ser una de las metodologías más aplicadas para el cálculo tanto de perfiles de flujo en canales prismáticos como en aquellos de geometría variada.

El método consiste en estimar la profundidad del flujo en las diferentes secciones transversales, iniciando a partir de los datos de profundidad conocidos para una sección, que en la mayoría de los casos corresponde a la sección de control.

4.6 Gaviones

Los gaviones son elementos modulares con formas de canastas o jaulas, confeccionadas a partir de redes metálicas en malla, que son llenadas con diferentes tipos de material como piedras de granulometría adecuada y cosidos juntos; su montaje y llenado puede realizarse de forma manual o con equipos mecánicos comunes. Estos forman estructuras destinadas a la solución de problemas geotécnicos, hidráulicos y de control de erosión. (Bolívar Trujillo, s. f.)

4.7 Presupuesto

Se denomina presupuesto de obra a una proyección del costo total de un proyecto de construcción, detallando todos los gastos relacionados con la obra. Es crucial entender qué elementos deben ser

considerados y la forma correcta de cómo calcularlos, para una clara precisión y el incremento en el margen de beneficio que se tenga previsto. Los aspectos más críticos incluyen las dimensiones del proyecto, los materiales requeridos y los tiempos de ejecución.

4.8 Análisis de Estabilidad

El análisis de estabilidad se ejecuta con la determinación para cada punto a través del cual pasa la superficie de falla, del esfuerzo efectivo antes del desembalse o cambio de carga. El esfuerzo efectivo determinado es la presión de consolidación, que determina la resistencia no drenada en dicho punto. (Alva Hurtado, 1994)

4.9 NSR-10

La NSR-10 como una de las guías principales, se refiere a las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, que son un conjunto de normativas técnicas desarrolladas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Estas normas están diseñadas específicamente para guiar y regular el diseño, la construcción y la evaluación de edificaciones en Colombia, con el objetivo principal de garantizar que las estructuras sean capaces de resistir y responder adecuadamente a los efectos de los sismos.

4.10 Cuenca hidrográfica

Unidad geográfica y natural que se define como el área de terreno desde la cual el agua de lluvia, nieve o hielo fluye hacia un único cuerpo de agua, como un río, lago, embalse o mar. En términos más técnicos, una cuenca es la región que drena el agua a través de un sistema fluvial específico hacia un punto de salida común.

4.11 Microcuenca

Subdivisión más pequeña de una cuenca hidrográfica. Se trata de un área de captación de agua que se encuentra dentro de una cuenca mayor y que drena hacia un afluente específico o una pequeña corriente. Es decir, es una unidad básica de gestión en la planificación y conservación del agua que facilita un enfoque más detallado y efectivo en la administración de los recursos hídricos a nivel local.

4.12 POMCA

Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA). Es una herramienta de gestión y planificación integral diseñada para asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos en una cuenca específica. Su propósito principal es coordinar y regular el uso del agua y la gestión del suelo en una cuenca para equilibrar las necesidades ecológicas, económicas y sociales.

4.13 PAC

Plan de Acción Cuatrienal (PAC). Documento estratégico que detalla las acciones a realizar durante un período de cuatro años para alcanzar ciertos objetivos específicos. Este tipo de plan es común en la planificación a mediano y largo plazo para organizaciones, gobiernos o proyectos que requieren una visión a más largo plazo que el tradicional plan anual.

5. Metodología

A continuación, se detalla el enfoque y los procedimientos que se utilizarán para alcanzar los objetivos del proyecto como auxiliar de ingeniería civil para la Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB). Esta parte del proyecto es crucial porque describe cómo se llevó a cabo el proyecto, asegurando un proceso sistemático, riguroso y reproducible.

5.1 Fase de investigación

En función de una correcta contextualización es debido indagar, conocer, documentarse y articularse respecto a la CDMB como entidad, sus objetivos, plan de acción, misión, visión y actividades tanto en desarrollo como propuestas; de igual forma, es necesario indagar, estudiar, comprender y compaginar las leyes/regulaciones medioambientales vigentes en Colombia, relacionándolas con la entidad y el trabajo a desempeñar en función de la comunidad.

5.2 Planificación

Idear, plantear y desarrollar un documento como plan de trabajo que incluya las actividades, tareas, metodología y tiempos estipulados para el cumplimiento de los objetivos previamente definidos.

5.3 Visitas de inspección

Como parte del esquema y en el marco de realización de evaluaciones físicas y visuales en un sitio específico, se tiene el propósito de observar y analizar condiciones, cumplimientos, o cualquier otro aspecto relevante. Estas visitas son fundamentales en la respuesta a las solicitudes, fallos, memorandos y demás artículos de ingreso, con una posterior recolección de datos como evidencia fotográfica, que permita registrar o adicionar información nueva a la zona.

5.4 Análisis de datos

Participar en la investigación, recolección y análisis de de datos históricos sobre fenómenos naturales y proyectos de obras de mitigación a nivel municipal, considerando su categorización, con el propósito de generar informes relevantes como la interpretación de datos de manera significativa para la organización y facilitar la toma de decisiones.

5.5 Mitigación del Riesgo

Se llevó a cabo una cooperación para desarrollar soluciones específicas como medidas de mitigación, siendo estas la instalación de gaviones, una propuesta de sistemas de alcantarillado y la implementación de soluciones geotécnicas adecuadas. Estas surgen tras identificación de riesgos durante las visitas de inspección, con la necesidad de aseguramiento para que cada diseño cumpliera con las normativas y regulaciones vigentes para su ejecución.

5.6 Presupuesto y planificación de proyectos

Como parte de los informes y en respuesta a las problemáticas, se desarrolla la estimación de costos y la planificación temporal, en función a las diferentes propuestas realizadas para la mitigación de riesgos o desarrollo de proyectos en la zona; con esto estipulado, se propone un cronograma de ejecución y se observa la viabilidad del proyecto en términos de los recursos financieros, así como el aporte de las entidades involucradas.

5.7 Actualización de documentación

En función de facilitar procesos con relación a las visitas de inspección o el análisis de datos, se planteó y ejecuto una actualización de la documentación de informes, reportes, memorandos, fallos y demás, que aporten a la base de datos de la corporación.

5.8 Presentación de resultados y recomendaciones

Finalmente, se presentaron las recomendaciones basadas en los informes y documentación recopilados, brindando una visión integral de los riesgos identificados y las soluciones propuestas para cada proyecto desarrollado en conjunto con la entidad.

6. Actividades Desarrolladas durante la Práctica Empresarial

6.1 Muro Gaviones Río Frío Lagos

Estudiar el comportamiento hidráulico del Río Frío, con base en la información disponible del estudio de amenaza previamente ejecutado, analizando los muros de contención proyectados sobre la margen del Río Frío, proponiendo un diseño que mitigue la amenaza por procesos de inundación y erosión lateral de cauce.

6.1.1 Barrio Lagos II

El sector comprendido entre la Calle 48 las carreras 5 y 6 del barrio Lagos II de Floridablanca, se caracteriza por su carácter residencial e institucional, rodeado de tres (3) instituciones educativas, entre ellas dos (2) de educación media y una de educación superior.

6.1.2 Inspección Visual

Los muros de contención del cauce, diseñados y construidos hace más de 20 años, localizados sobre el margen derecho del Río Frío, han sido socavados por el cauce, a tal punto que actualmente han presentado colapsos parciales y varios tramos están en riesgo inminente de caer al cauce, como se muestra en la figura 2.

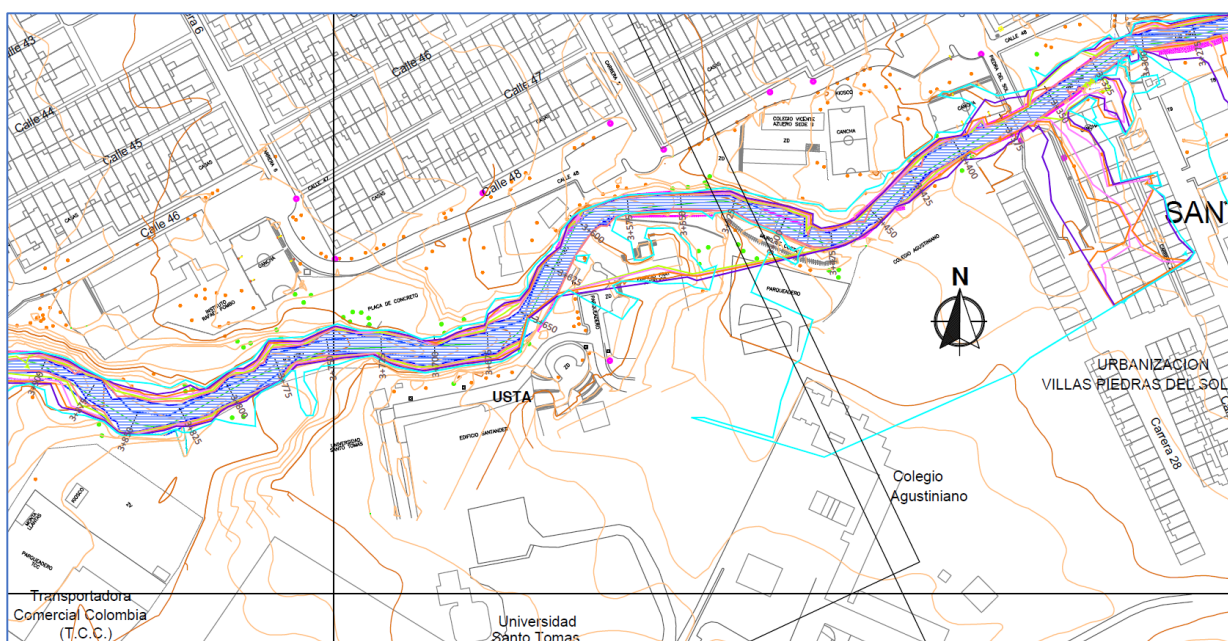
Figura 2 Socavación del Río Frío de los muros de contención– Fuente: Estudio CDMB



6.1.3 Modelamiento Hidráulico

Se realizó el modelamiento hidráulico del Río Frio con la inclusión de muros en gavión sobre ambas márgenes del cauce, verificando que estos tengan una altura suficiente para la contención de las crecientes máximas calculadas, con el objetivo de evaluar su comportamiento y verificar su efecto en la mitigación contra la amenaza por inundación.

Figura 3 Planta Inundable – Fuente: Planos Estudio CDMB



La ilustración tomada de los planos de amenaza por inundación del estudio de la CDMB, muestra en color cian la franja inundable correspondiente a un periodo de retorno de 500 años, la cual se desborda del cauce aguas arriba de la Universidad Santo Tomás de Aquino (USTA) y el Colegio Agustiniiano, a la altura del Barrio Villa Piedra del Sol de Floridablanca, inundando los parqueaderos del costado nororiental de la universidad. Dicha franja inundable, únicamente puede ser controlada con obras de ingeniería a la altura del barrio Villa Piedra del Sol, donde se desborda el cauce.

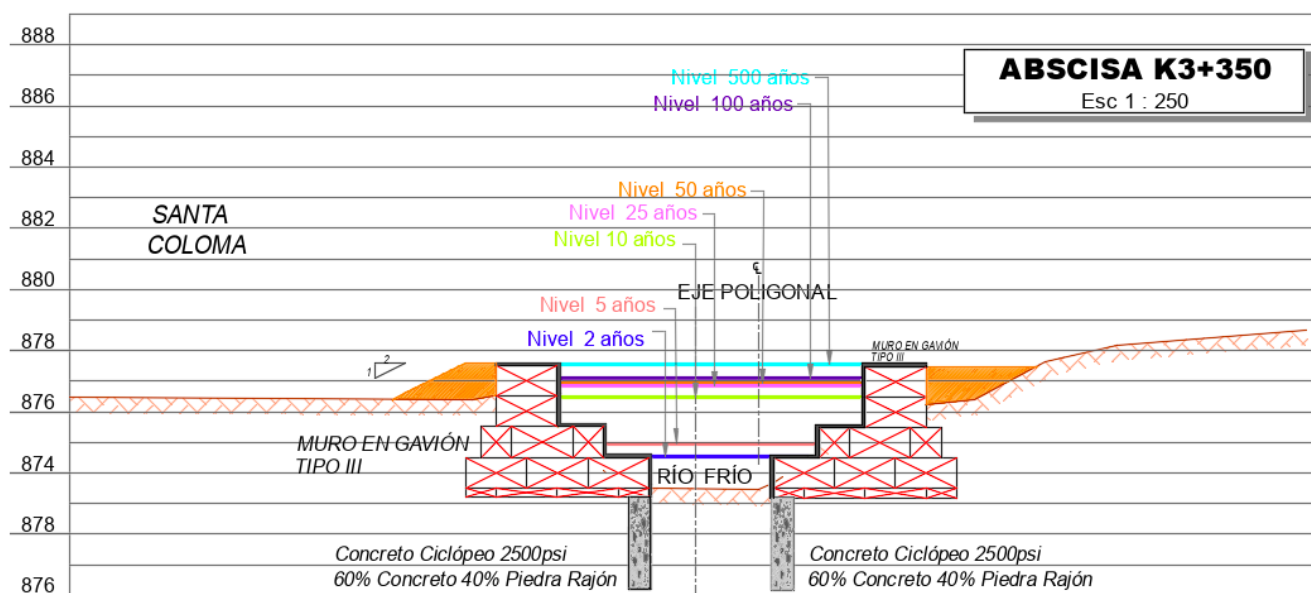
Por otra parte, a la altura del Edificio Fray Angélico de la USTA, es posible la ocurrencia de desbordamiento para crecientes del cauce con periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años, amenaza que puede ser mitigada con la construcción de los muros del presente proyecto.

6.1.4 Resultados

6.1.4.1 Planos

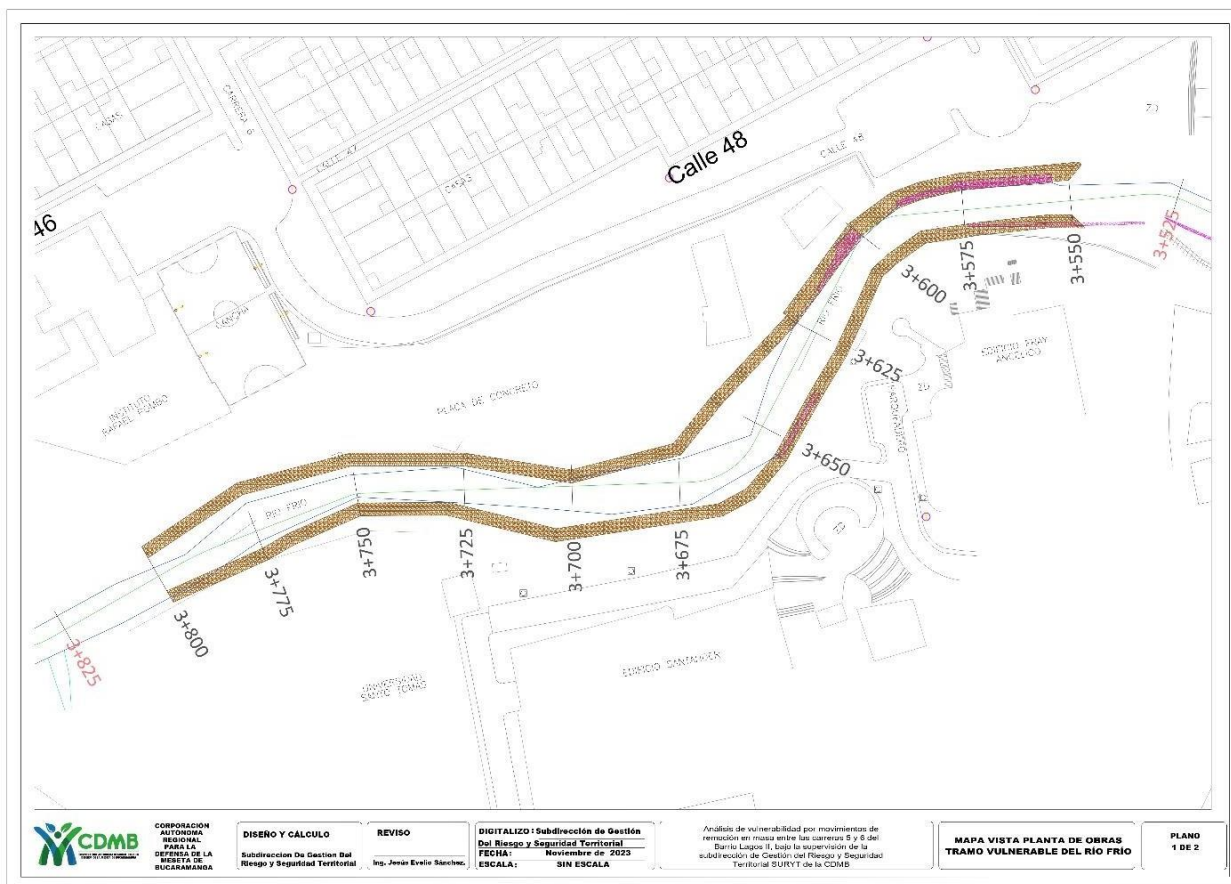
Como parte del estudio se dimensionaron cantidades específicas de gaviones y su tipo, junto con otras especificadas para el muro ciclópeo y el recubrimiento de las secciones; dando paso a una representación visual que permite comprender el diseño y su disposición en cada sección con la elaboración de los planos detallados para cada uno de los perfiles, así como, la zona en planta.

Figura 4 Diseño por perfiles Río Frío Lagos II – CDMB



Como se mencionó anteriormente, no sólo con el propósito de visualizar el proyecto permitiendo la realización de ajustes o cambios en su fase de diseño, estos planos facilitan la estimación de los costos de construcción al proporcionar detalles precisos sobre las dimensiones y distribución del espacio.

Ilustración 5 Plano en planta Río Frío Lagos II – CDMB



En la figura observamos también un plano que quedará como documento para la referenciación de la medida de mitigación que se va a tomar atendiendo al fallo

6.1.4.2 Presupuesto

Siguiendo el debido proceso y contemplando no sólo el costo de materiales, mano de obra y demás, se desarrolló como parte del fallo impuesto, un presupuesto general para el proyecto Río Frío en Lagos II. Esto con una explicación clara del concepto, cantidades, unidades y sus valores, así como un desglosamiento más detallado en los APU para cada sección, se detallan los valores asociados a la ejecución de esta obra de mitigación.

Figura 6 Presupuesto para Río Frío Lagos II - CDMB

OBJETO: CONSTRUCCION DE OBRA PARA MITIGAR FENOMENOS POR INUNDACION					
FORMULARIO DE CANTIDADES APROXIMADAS DE OBRA Y PRECIOS					
ITEM	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
SECCION PRIMERA					
1,20	REPLANTEO, CONTROL Y MEDICION DE OBRA	2,00	MES	\$ 9.763.189,00	\$ 19.526.378,00
1,40	Desmonte de Gaviones de cuerpo 2.00 x 1.00 x 1.00	0,00	M3	\$ 4.905,00	\$ -
1,50	RETIRO DE BASURAS, ESCOMBROS Y SOBRANTES (AL BOTADERO AUTORIZADO)	0,00	M3	\$ 72.364,00	\$ -
SUBTOTAL					\$ 19.526.378,00
SECCION SEGUNDA					
2,1A2	PROFUNDIDAD	2010,00	M3	\$ 44.317,00	\$ 89.077.170,00
2.4.1	SUMINISTRO, CONFORMACION Y COMPACTACION DE MATERIAL SELECCIONADO	0,00	M3	\$ 131.551,00	\$ -
SUBTOTAL					\$ 89.077.170,00
SECCION TERCERA					
3,7B	CONSTRUCCIÓN GAVIONES EN MALLA ELECTROSOLDADA DE (2.0X1.0X1.0 metros)	3375,00	M3	\$ 354.530,00	\$ 1.196.538.750,00
3,7C	CONSTRUCCIÓN GAVIONES EN MALLA ELECTROSOLDADA DE (0.30X1.0X2.0 metros)	472,50	M3	\$ 225.508,00	\$ 106.552.530,00
3.1B	Ciclopedo=65% Concreto 3500Psi y 35% Rajon de piedra	1050,00	M3	\$ 621.770,00	\$ 652.858.500,00
3,10	Suministro y colocación de Recubrimiento en concreto de 3500 psi de E=10 cm	1500,00	M2	\$ 453.205,00	\$ 679.807.500,00
SUBTOTAL					\$ 2.635.757.280,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 2.744.360.828,00
ADMINISTRACIÓN				23%	\$ 631.202.990,44
IMPREVISTOS				1%	\$ 27.443.608,28
UTILIDADES				6%	\$ 164.661.649,68
A.I.U					\$ 823.308.248,40
SUBTOTAL BASICO OBRAS					\$ 3.567.669.076,40
IVA/UTILIDAD				19%	\$ 31.285.713,4400
VALOR TOTAL OBRAS IVA INCLUIDO					\$ 3.598.954.789,84
VALOR AJUSTE ESTUDIOS Y DISEÑOS					\$ 20.000.000,00
IVA ESTUDIOS Y DISEÑOS				19%	\$ 3.800.000,00
VALOR TOTAL AJUSTE ESTUDIOS Y DISEÑOS					\$ 23.800.000,00
VALOR TOTAL BASICO PROYECTO					\$ 3.622.754.789,84
ADMINISTRACIÓN FIDUCIARIA				5%	\$ 181.137.739,00
INTERVENTORIA				7%	\$ 253.592.835,00
VALOR TOTAL DEL PROYECTO (OBRA + INTERVENTORIA)					\$ 4.057.485.363,84

7. Alcantarillado Rosablanca

Estudiar el comportamiento y estado de tres alcantarillas de la vía terciaria de la Vereda Rosa Blanca que conecta con la carretera Bucaramanga - Pamplona, las cuales presentan procesos erosivos sobre los taludes receptores de las aguas lluvias de la vía.

7.1 Rosablanca

El sector comprendido entre la Calle 48 las carreras 5 y 6 del barrio Lagos II de Floridablanca, se caracteriza por su carácter residencial e institucional, rodeado de tres (3) instituciones educativas, entre ellas dos (2) de educación media y una de educación superior.

7.2 Inspección Visual

El recorrido comienza situándose en el Punto 1, donde se presenta un deslizamiento generado por erosión superficial de las aguas lluvias provenientes de la alcantarilla de la vía terciaria, aguas abajo de la descarga de la estructura rápida escalonada (Ver figura 9).

Figura 9 Estado actual de la obra de disipación de energía con socavación por paso de flujo) – Fuente: CDMB



Con lo evidenciado en las características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del sector, además de lo visto en la inspección realizada junto con la Alcaldía de Floridablanca, los terrenos que comprenden la zona son propensos a deslizamientos masivos y formación de socavones profundos, por lo cual los flujos concentrados de agua provenientes de las alcantarillas de la vía veredal Rosa Blanca, erosionan fácilmente el terreno, generando cárcavas de gran profundidad y deslizamientos concentrados, que de no ser controlados pueden terminar generando movimientos en masa de mayor magnitud.

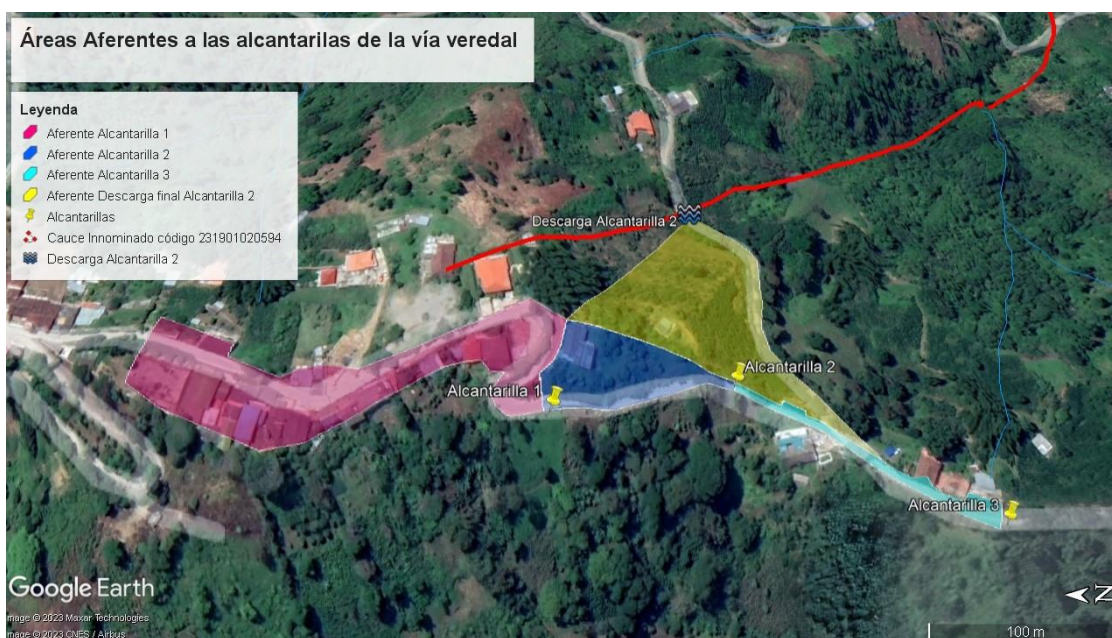
La inestabilidad del terreno presentada en las franjas de descarga de las 3 alcantarillas visitadas en la vía de la Vereda Rosa Blanca, generan además de una problemática por la pérdida de los cultivos, una amenaza para las viviendas localizadas en las laderas inferiores.

7.3 Análisis de caudales

Como apoyo técnico al municipio, se realiza un análisis de los caudales aportantes a las alcantarillas de la vía de la Vereda Rosa Blanca.

En la figura 10 se presenta la delimitación de las áreas aferentes de las alcantarillas visitadas, con las cuales se calculan los caudales de diseño de las estructuras de descarga.

Figura 10 Áreas Aferentes a las alcantarillas de la vía de la vereda Rosa Blanca. – Fuente: CDMB



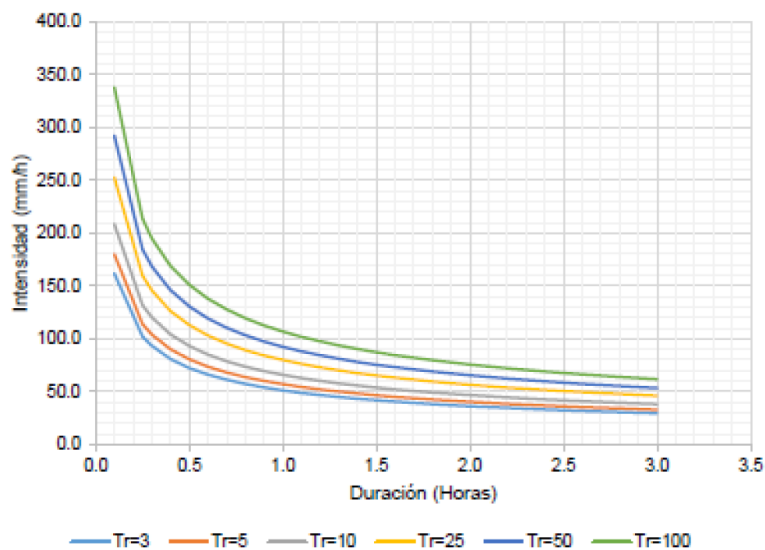
De acuerdo con el Manual de drenaje para carreteras del INVIAS, las alcantarillas de la vía terciaria de la Vereda Rosa Blanca, deben diseñarse para eventos de precipitación correspondientes a un periodo de retorno de 10 años (Ver figura 11).

Figura 11 Periodos de retorno en obras de drenaje vial. Fuente: Tabla 2.8 Manual de Drenajes INVIAS

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS) ¹
Cunetas	5
Zanjas de Coronación ²	10
Estructuras de Caída ²	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Para el cálculo de las precipitaciones se utilizan las curvas Intensidad Duración Frecuencia – IDF recomendadas por la Empresa Pública de Alcantarillado de Santander EMPAS S.A. E.S.P.

Figura 12 Curvas IDF para Bucaramanga y Floridablanca. Fuente: Manual para el cálculo de alcantarillado MAED-03 EMPAS S.A. E.S.P.



En la Tabla se presentan los coeficientes de escorrentía recomendados por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2017, los cuales se utilizan para el análisis de los modelos lluvia – escorrentía en el cálculo de caudales.

Ilustración 13 Coeficientes de escorrentía. Fuente: RAS 2017

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0,90
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0,90
Vías adoquinadas	0,85
Zonas comerciales o industriales	0,90
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0,75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre estos	0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0,30
Laderas sin vegetación	0,60
Laderas con vegetación	0,30
Parques recreacionales	0,30

Posteriormente se calculan los tiempos de concentración de cada área aferente a los puntos de interés, correspondiente al tiempo en el cual se concentra la mayor cantidad de precipitación sobre toda el área aferente, durante un evento de la lluvia de diseño. Para esto se utilizan varias ecuaciones y se toma su promedio, con el cual se calculará el valor de intensidad de precipitación que será tomado de las curvas IDF de la figura 12. En la figura 14 se presenta el cálculo de los Tiempos de Concentración.

Figura 14 Tiempo de Concentración Tc

PUTO MÁS BAJO	A	L	Cota Inicial	Cota Final	Delta H	S	Tiempo de Concentración Tc (horas)					
	Km ²	Km	msnm	msnm	m	m/m	Glandotti	Ven Te Chow	Temez	California	Kirpich	Tc Promedio
Alcantarilla 1	0.006605	0.283	1695.00	1674.00	21.00	0.0742	0.204	0.280	0.188	0.181	0.068	0.184
Alcantarilla 2	0.002533	0.085	1685.00	1660.00	25.00	0.2941	0.082	0.083	0.058	0.106	0.016	0.069
Descarga Final Alcantarilla 2	0.010291	0.210	1685.00	1618.00	67.00	0.3190	0.110	0.145	0.114	0.103	0.031	0.101
Alcantarilla 3	0.000939	0.166	1660.00	1640.00	20.00	0.1205	0.104	0.170	0.115	0.150	0.038	0.115

Teniendo en cuenta la poca extensión de las áreas aferentes a las alcantarillas, se espera una distribución homogénea de la precipitación; por tanto, el método más adecuado para el cálculo de los caudales de diseño es el método racional, cuyos resultados se resumen en la Tabla 1, con base en los demás parámetros calculados.

Tabla 1 Cálculo de caudales de diseño para las descargas de las alcantarillas de la vía de la Vereda Rosa Blanca

Punto	Área Aferente Km ²	Intensidad Precipitación mm/h	Coefficiente de escorrentía C	Caudal de diseño T = 10 años m ³ /s	Caudal de diseño T = 10 años L/s
Alcantarilla 1	0.006605	160.30	0.85	0.25	249.99
Alcantarilla 2	0.002533	228.2	0.60	0.10	96.34
Descarga Final Alcantarilla 2	0.010291	207.3	0.35	0.21	207.41
Alcantarilla 3	0.000939	195.7	0.85	0.04	43.39

Así mismo, se observan otras posibles alternativas a la situación continuando con el cierre de las Alcantarillas 1 y 2, diseñando para el flujo de agua por medio de la Descarga Final Alcantarilla 2 y la Alcantarilla 3.

En este caso también se calculan los tiempos de concentración de cada área aferente a los puntos de interés, correspondiente al tiempo en el cual se concentra la mayor cantidad de precipitación sobre toda el área aferente, durante un evento de la lluvia de diseño. Para esto se utilizan varias ecuaciones y se toma su promedio, con el cual se calculará el valor de intensidad de precipitación que será tomado de las curvas IDF de la figura 12. En la figura 15 se presenta el cálculo de los Tiempos de Concentración.

Figura 15 Tiempo de Concentración Tc

PUNTO MÁS BAJO	A Km ²	L Km	CotaIniclal msnm	CotaFinal msnm	DeltaH m	S m/m	Tiempo de Concentración Tc (horas)					
							Glandotti	Ven Te Chow	Temez	California	Klrplch	Tc Promedio
Descarga Final Alcantarilla 2	0,00776	0,11	1685	1618	67	0,319	0,079	0,096	0,070	0,080	0,019	0,069
Alcantarilla 3	0,010077	0,525	1695,00	1640,00	55,00	0,1048	0,200	0,372	0,282	0,158	0,096	0,222

Por la poca extensión de las áreas aferentes a las alcantarillas, se espera una distribución homogénea de la precipitación; el método más adecuado para calcular los caudales de diseño es el racional, cuyos resultados se resumen en la Tabla 2, según los demás parámetros calculados.

Tabla 2 Cálculo de caudales de diseño para las descargas de las alcantarillas 2 y 3 de la vía de la Vereda Rosa Blanca.

Punto	Área Aferente Km ²	Intensidad Precipitación mm/h	Coefficiente de escorrentía C	Caudal de diseño T = 10 años m ³ /s	Caudal de diseño T = 10 años L/s
Descarga Final Alcantarilla 2	0,007758	132,7	0,35	0,10	100,09
Alcantarilla 3	0,010077	155	0,8	0,35	347,10

7.4 Resultados

7.4.1 Alternativa 1

Consiste en un canal abierto de sección rectangular similar al existente en la Alcantarilla 1, con pendientes mínimas y gradas acomodadas a las pendientes del terreno, el cual debe continuarse hasta realizar la descarga de las aguas lluvias bien sea sobre un cuerpo hídrico, o en un terreno de pendiente baja o moderada, que no sea susceptible a sufrir de procesos erosivos por flujos de escorrentías concentradas.

Las secciones de estos canales rápidos escalonados, se dimensionan con base en los caudales de diseño calculados en la ilustración.

Para realizar un diseño detallado de este tipo de sistema, se requiere una topografía en planta y perfil del terreno, de acuerdo con el alineamiento que se proyecte, desde la alcantarilla de la vía veredal hasta el punto de descarga. No obstante, de la ilustración 16 a la ilustración 19, se calculan las secciones mínimas de los canales para la opción de la estructura rápida escalonada, con lo cual, en la ilustración 14 se resumen las secciones para cada punto de descarga.

Figura 16 Evaluación Opción estructura rápida escalonada descarga Alcantarilla 1



Figura 17 Evaluación Opción estructura rápida escalonada descarga Alcantarilla 2

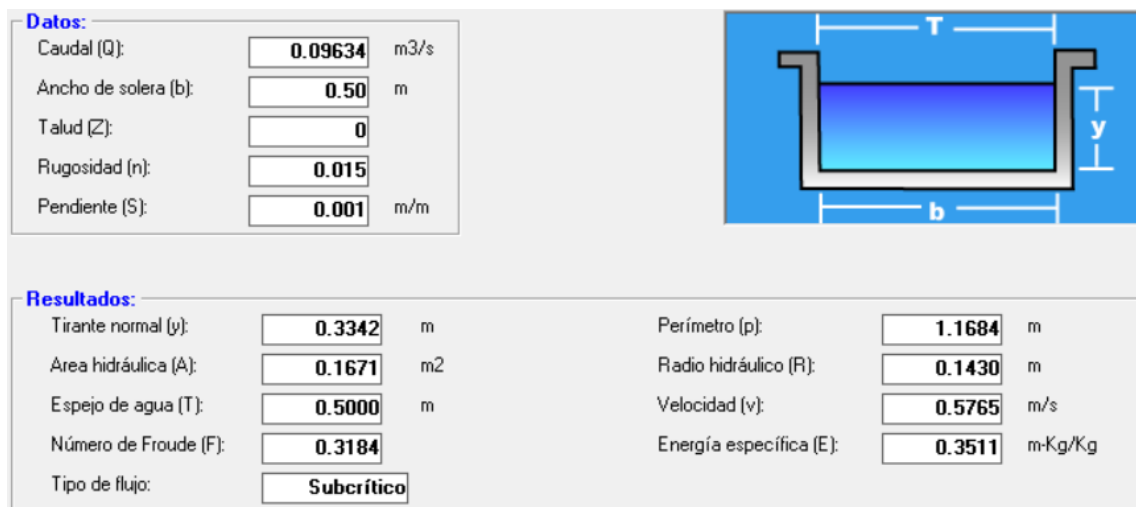


Figura 18 Evaluación Opción estructura rápida escalonada punto final de descarga Alcantarilla 2



Figura 19 Evaluación Opción estructura rápida escalonada descarga Alcantarilla 3

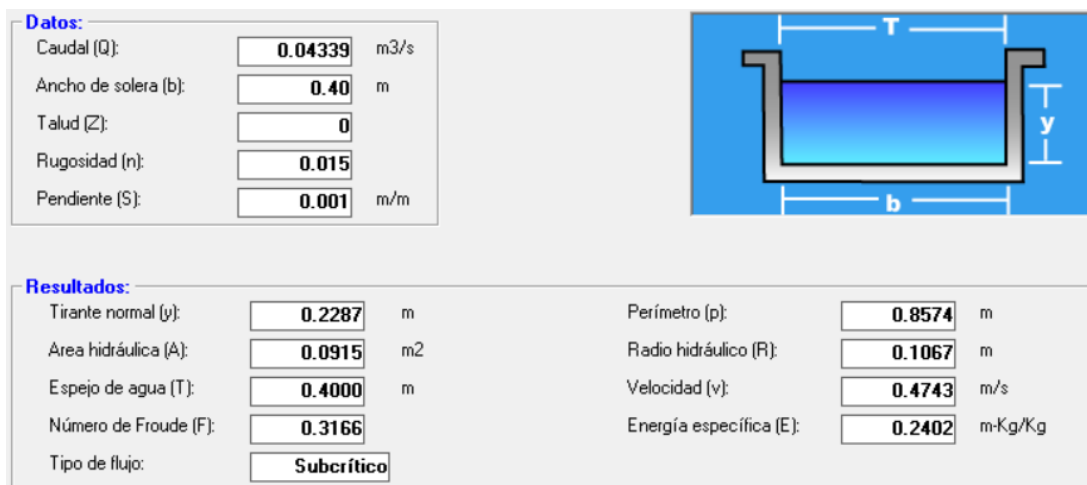


Tabla 3 Secciones recomendadas a nivel de prediseño para la Opción 1 – Estructuras Rápidas Escalonadas

PUNTO	Base (m)	Altura (m)
Alcantarilla 1	0.70	0.70
Alcantarilla 2	0.50	0.50
Descarga Final Alcantarilla 2	0.60	0.60
Alcantarilla 3	0.40	0.40

7.4.2 Alternativa 2

Consiste en realizar un canal abierto de sección rectangular similar al propuesto en la Alternativa 1 – Opción 1 con pendientes mínimas y gradas acomodadas a las pendientes del terreno, el cual debe continuarse hasta realizar la descarga de las aguas lluvias bien sea sobre un cuerpo hídrico, o en un terreno de pendiente baja o moderada, que no sea susceptible a sufrir de procesos erosivos por flujos de escorrentías concentradas.

Las secciones de estos canales rápidos escalonados, se dimensionan con base en los caudales de diseño calculados en la figura 20.

Para realizar un diseño detallado de este tipo de sistema, se requiere una topografía en planta y perfil del terreno, de acuerdo con el alineamiento que se proyecte, desde la alcantarilla de la vía veredal hasta el punto de descarga. No obstante, de la figura 20 a la figura 21, se calculan las secciones mínimas de los canales para la opción de la estructura rápida escalonada.

Figura 20 Evaluación Opción Alcantarillado pluvial descarga Alcantarilla 2.1

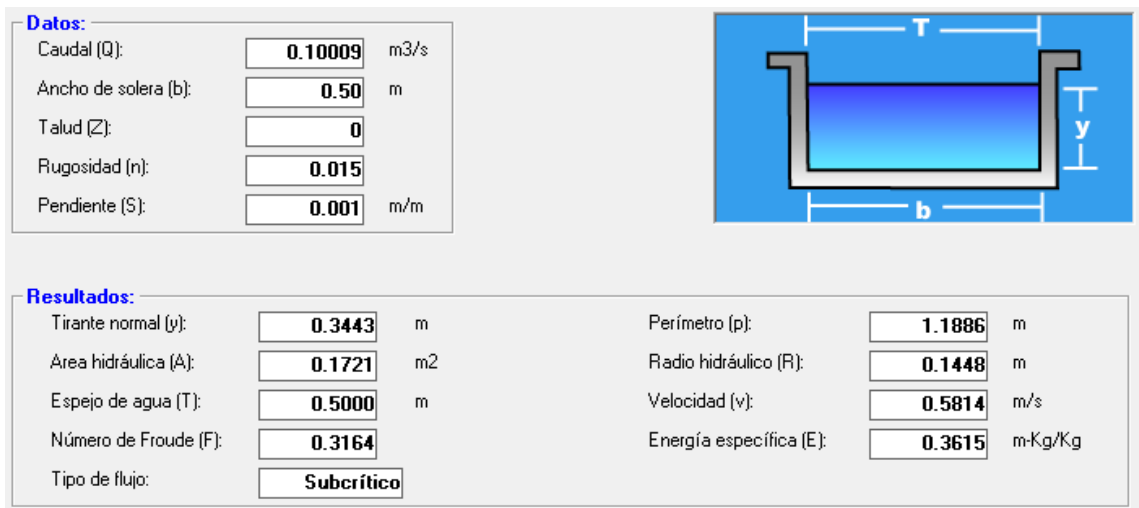
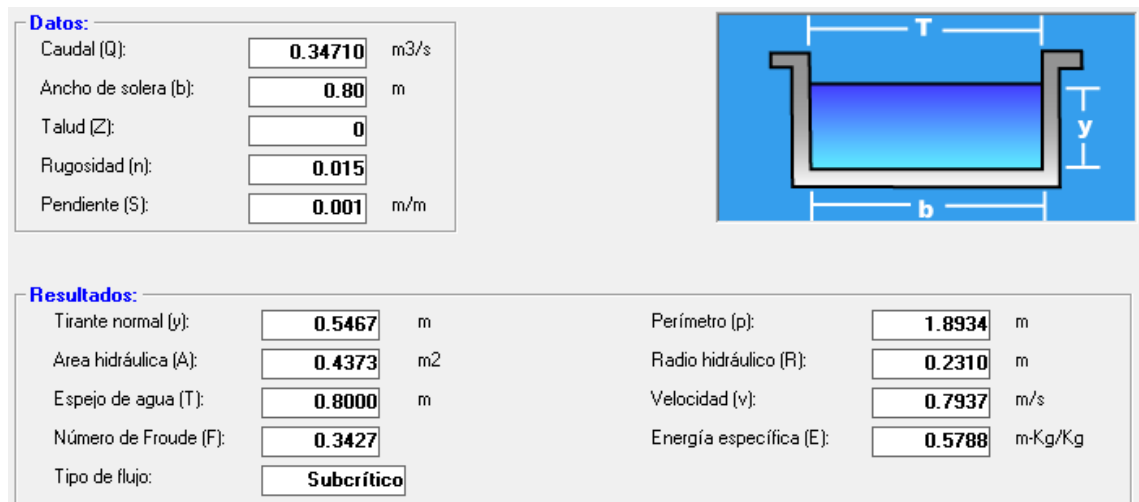


Figura 21 Evaluación Opción Alcantarillado pluvial descarga Alcantarilla 3



8. Wetskills

Durante dos semanas, el reto Wetskills funcionó como un programa intensivo en Cartagena, estudiantes y jóvenes profesionales del agua con diferentes antecedentes trabajaron juntos para encontrar soluciones integradas a los desafíos relacionados con el agua. Se puso a prueba el entusiasmo y la energía para que pudieran presentar las soluciones y exposiciones más creativas e inspiradoras.

Los participantes trabajan en casos relacionados con el agua, presentados por varias organizaciones colombianas e internacionales en el sector de la sostenibilidad hídrica. Durante estas dos semanas, recibieron una formación intensiva en pensamiento innovador, desarrollo personal y habilidades de presentación. Su objetivo final era presentar la mejor solución y exposición durante el congreso de ACODAL, donde fueron evaluados por un jurado internacional de expertos de alto nivel.

8.1 Planteamiento del Problema

Colombia es un país con un gran potencial hídrico, pero presenta diferentes problemas con respecto a la correcta gestión de los recursos hídricos. Esto ocurre a nivel nacional, especialmente en la cuenca Magdalena-Cauca, que es la zona más poblada del país. Dentro de esta área se encuentra el río Bogotá, de gran importancia para el país debido a las actividades económicas que allí se desarrollan. En la cuenca se desarrollan diversas actividades productivas, que son muy importantes para la población, pero requieren el uso de recursos hídricos. En este caso, se seleccionó la microcuenca del río Frío con el objetivo de generar una estrategia para la correcta gestión de la alta demanda de recursos hídricos en la zona y sus afectaciones a la calidad. Para abordar el problema, se identificarán los factores que afectan el recurso hídrico con el fin de formular alternativas sostenibles para el uso del agua.

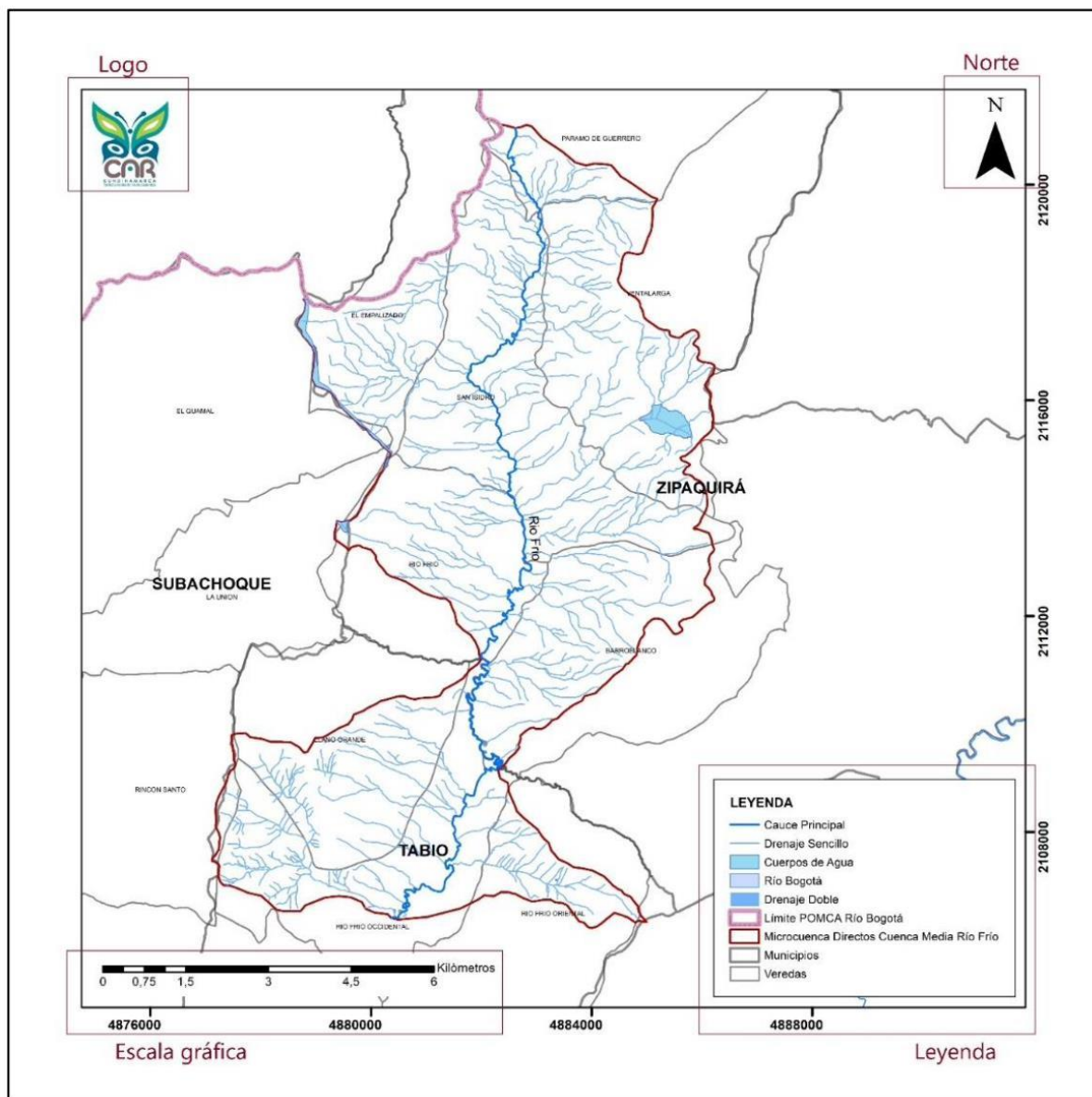
¿Cómo podría la CAR generar una estrategia para la correcta gestión de las problemáticas en la microcuenca del río Frío?

Primero, se identificarán los principales problemas en la microcuenca con respecto al uso del agua para analizar los factores que causan estos problemas. Luego, se propondrán soluciones enmarcadas en el desarrollo sostenible para los problemas identificados, teniendo en cuenta los factores socioeconómicos y ambientales del territorio. Se promoverán las actividades enmarcadas en los planes ya formulados para el territorio y, si es necesario, se propondrán actividades alternativas para ser implementadas con las comunidades de la zona.

8.2 Microcuenca Río Frío

La microcuenca del río Frío, ubicada en el departamento de Cundinamarca, abarca un área de 71,35 km² con un perímetro de 56,62 km; ver Figura 14. El cauce principal de la microcuenca es de orden 5 y tiene un Índice de Densidad de Drenaje (Dd) de 4,19 km/km², lo que indica una red de drenaje bien desarrollada. La microcuenca está compuesta por los municipios de Zipaquirá (78,14% de la población), Tabio (12,92%) y Subachoque (8,94%). La microcuenca es adecuada para sistemas de pastoreo intensivo y cultivos transitorios semi-intensivos, especialmente en las llanuras. Aproximadamente el 34,64% de la microcuenca, es decir, 2.472,51 ha, está cubierta por bosques y áreas seminaturales. Se han identificado nueve tipos de coberturas naturales, incluyendo bosques densos, fragmentados, de galería y ribereños. En términos de fauna, se han registrado 79 especies de aves, 23 especies de mamíferos, 8 especies de reptiles, 7 especies de anfibios y 3 especies de peces en la microcuenca. Además, están presentes 17 especies de fauna endémica, lo que resalta la singularidad y fragilidad del ecosistema.

Figura 22 Microcuenca Río Frío Cundinamarca - CAR



Las principales actividades económicas en la microcuenca incluyen agroindustrias lácteas, cultivos de hortalizas, papas, pastos y ganadería de doble propósito. La zona también alberga la zona carbonífera de Tabio-Río Frío-Carmen de Carupa y cinco minas activas de materiales de construcción, que contribuyen significativamente a la economía local. El diagnóstico determinó que el Índice de Uso del Agua (WUI) está en la categoría de "Alto", lo que indica una alta presión sobre el recurso hídrico. De manera similar, el Índice de Vulnerabilidad a la Escasez de Agua (WSVI) también está categorizado como "Alto", reflejando

una demanda que supera el suministro de agua disponible. La microcuenca enfrenta varios problemas ambientales debido a la intervención humana, como la reducción de coberturas naturales debido a la expansión agrícola, una mala gestión del suelo, pastoreo intensivo, deforestación de bosques nativos, sistemas de riego inadecuados y actividades mineras. Estos factores contribuyen a la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad. Además, la región está expuesta a riesgos naturales y antropogénicos, como deslizamientos de tierra, inundaciones, flujos torrenciales y incendios forestales, con altas amenazas provenientes de fenómenos naturales y asentamientos humanos en riesgo. La precipitación en la microcuenca se monitorea mediante una estación en Zipaquirá, con registros que varían entre 600 mm y 900 mm anuales. La zona con menor precipitación se encuentra al norte, aumentando hacia el sur. La evaporación mensual promedio es más alta en marzo (97,19 mm) y más baja en junio (84,03 mm). La variabilidad del viento es limitada, pero influye en la dispersión de los incendios forestales.

8.3 Metodología

La metodología empleada para este estudio involucró un enfoque integral. Comenzó con una fase de investigación bibliográfica para reunir conocimientos y perspectivas existentes sobre el tema, utilizando la literatura proporcionada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Posteriormente, se realizaron entrevistas con expertos, en particular con la Dra. Lina Marrugo, una experta en gobernanza y aspectos sociales, para obtener perspectivas y conocimientos valiosos en el campo. Luego se llevó a cabo una sesión de lluvia de ideas para generar ideas y estrategias innovadoras. El marco aplicado en este estudio se basó en los informes "Desarrollando Sistemas de Alerta Temprana: Una Lista de Verificación" y "Red de monitoreo comunitario del clima - Guía para su implementación", los cuales ayudaron a estructurar el proceso de investigación y asegurar un enfoque sistemático en el estudio.

Figura 23 Marco de Riesgo, Monitoreo y Emergencias, Basado en el Artículo "Desarrollo de Sistemas de Alerta Temprana"



8.4 Resultados

Se propone un plan de monitoreo participativo integrado en un proceso iterativo, con el objetivo de crear conciencia en la comunidad y establecer respuestas que se implementen tanto a nivel comunitario como en diversos niveles de gobernanza. Este enfoque permite una comprensión profunda del sistema, aborda los desafíos fundamentales y desarrolla una estrategia de gestión del agua a largo plazo. Se sugiere seguir un plan de cuatro pasos:

- Conocimiento del riesgo
- Monitoreo y alerta
- Comunicación
- Capacidad de respuesta

En este plan, tres tipos principales de participación comunitaria son clave para el éxito:

- Monitoreo comunitario,
- Participación de institutos de conocimiento, y
- Monitoreo colaborativo automatizado con la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

Este enfoque colaborativo entre las comunidades, las autoridades locales y las agencias de gestión de recursos hídricos permite la verificación de datos, el intercambio de conocimientos y aborda la falta de datos. Además, puede ayudar a establecer canales de comunicación efectivos para compartir información y coordinar respuestas a los riesgos relacionados con el agua. Al promover la apropiación comunitaria de los procesos de identificación de riesgos hídricos, se pueden desarrollar soluciones sostenibles que aborden las necesidades y vulnerabilidades específicas de la comunidad, lo que conduce a prácticas de gestión del agua más resilientes y adaptativas. Los pasos se detallarán a continuación, con ejemplos de los Países Bajos.

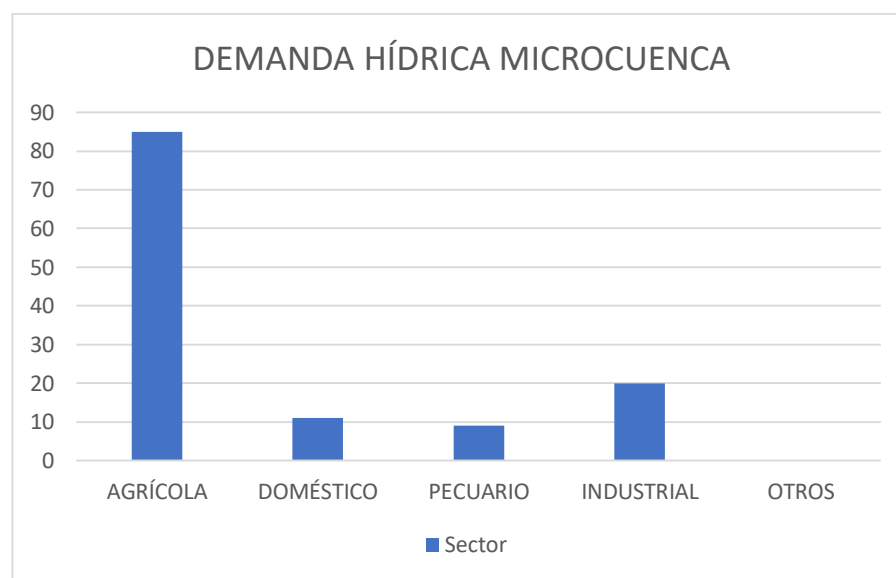
8.4.1 Risk knowledge (Conocimiento del Riesgo)

Desarrollar un plan de monitoreo implica varios pasos clave para garantizar una evaluación efectiva de riesgos y capacidades de alerta temprana. El primer paso es realizar una evaluación integral de riesgos para identificar áreas críticas propensas a inundaciones, escasez de agua y calidad del agua dentro de la microcuenca del río Frío. Esta evaluación debe involucrar la recolección de datos sobre eventos históricos de inundaciones, tendencias de disponibilidad de agua y parámetros de calidad del agua a través de consultas comunitarias, recolección de datos y análisis. La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca ya ha analizado la microcuenca del río Frío, deduciendo los siguientes riesgos:

- **Inundaciones:** Se observa que varias partes del territorio tienen una alta susceptibilidad a inundaciones (94,85 ha, 37,53%), mientras que la susceptibilidad media cubre 32,87 ha (13,01%) del área, y las áreas de baja susceptibilidad tienen una extensión ligeramente mayor de 125 ha (49,46%).
- **Problemas de calidad del agua:** La calidad del agua del río Frío está moderadamente contaminada debido a la contaminación orgánica derivada de actividades antropogénicas en la cuenca, especialmente la descarga de aguas residuales agrícolas, ganaderas y domésticas.
- **Escasez de agua:** La presión de demanda de agua en la microcuenca es alta en comparación

con el suministro disponible, lo que indica que los sistemas de agua superficial están alcanzando su límite para satisfacer las demandas. Algunas de las causas de esta escasez de agua son: La variabilidad natural del clima, especialmente el fenómeno de El Niño; junto con la alta demanda de agua en los sectores agrícola, doméstico, ganadero e industrial. La figura 24 proporciona una visión general de los diferentes usuarios de agua en la microcuenca del río Frío.

Figura 24 Demanda hídrica de la microcuenca



8.4.2 Monitoring and Warning (Monitoreo y Alerta)

El siguiente paso es diseñar un plan de monitoreo que detalle los parámetros de monitoreo, la frecuencia de recolección de datos, las partes responsables y los protocolos de comunicación para cada área de riesgo. Para las inundaciones, se pueden implementar sistemas de monitoreo como medidores de nivel de agua en ríos y herramientas de sensores de lluvia para rastrear los niveles de agua y predecir posibles eventos de inundación. El monitoreo de la escasez de agua puede involucrar la medición del uso del agua, los niveles de precipitación y las capacidades de almacenamiento para evaluar la disponibilidad de agua y las tendencias de demanda. En términos de calidad del agua, los parámetros de monitoreo podrían incluir la toma y análisis regular de muestras de fuentes de agua en busca de contaminantes, así como la implementación de sensores de calidad del agua en tiempo real.

- **Parámetros del monitoreo:** Las ideas potenciales para equipos de medición por parámetro se encuentran en la Tabla 4, y se han subdividido en mediciones in-situ y ex-situ, dependiendo de la lejanía del lugar de muestreo y la disponibilidad. Se recomienda involucrar a un experto en la selección y adquisición del equipo de medición.

Tabla 4 Potenciales equipos de monitoreo

Parameter	Possible measurement methods		Why
	In-situ	Ex-situ	
pH	For pH one could use: Litmus tests or (pH paper) In the Netherlands, oftentimes Eijkelkamp is used to procure measurement tools: they have measurement equipment that measures: pH, temperature, electrical conductivity, and dissolved oxygen, but such a pH sensor can be quite sensitive.	For exact measurements, it is recommended to take samples and test these in the laboratory.	Monitoring the acidity or alkalinity of water, important for aquatic life and agricultural use.
Dissolved Oxygen (OD)	Another option is the HI 9829 MEDIDOR MULTIPARAMETROS (HANNA INSTRUMENTS) For some Nitrates quicksticks can be used		Assessing the quality of aquatic habitat and the health of organisms in the water.
Electrical Conductivity			Indicating the concentration of minerals and salts, relevant for the quality of drinking and agricultural water.
Nitrate/ Phosphate			Detecting contamination from agricultural fertilizers and wastewater to prevent eutrophication.
Fecal Coliforms	Not applicable		Evaluating fecal contamination of water, important for public health.
Water clarity	Secchi disk	Not applicable	Shows the total salt content in the water. The higher the conductivity, the higher the salt content.
Water level	Automated loggers (sensors)		Is crucial for monitoring flood risk, managing water resources, and assessing environmental conditions.
Precipitation	Automated weather station/ Rain gauges		Is essential for understanding and predicting weather patterns, managing water resources, and

		assessing the impact of climate change.
Groundwater level	Piezometers	Is important for monitoring water availability, assessing aquifer health, and ensuring sustainable water resource management.

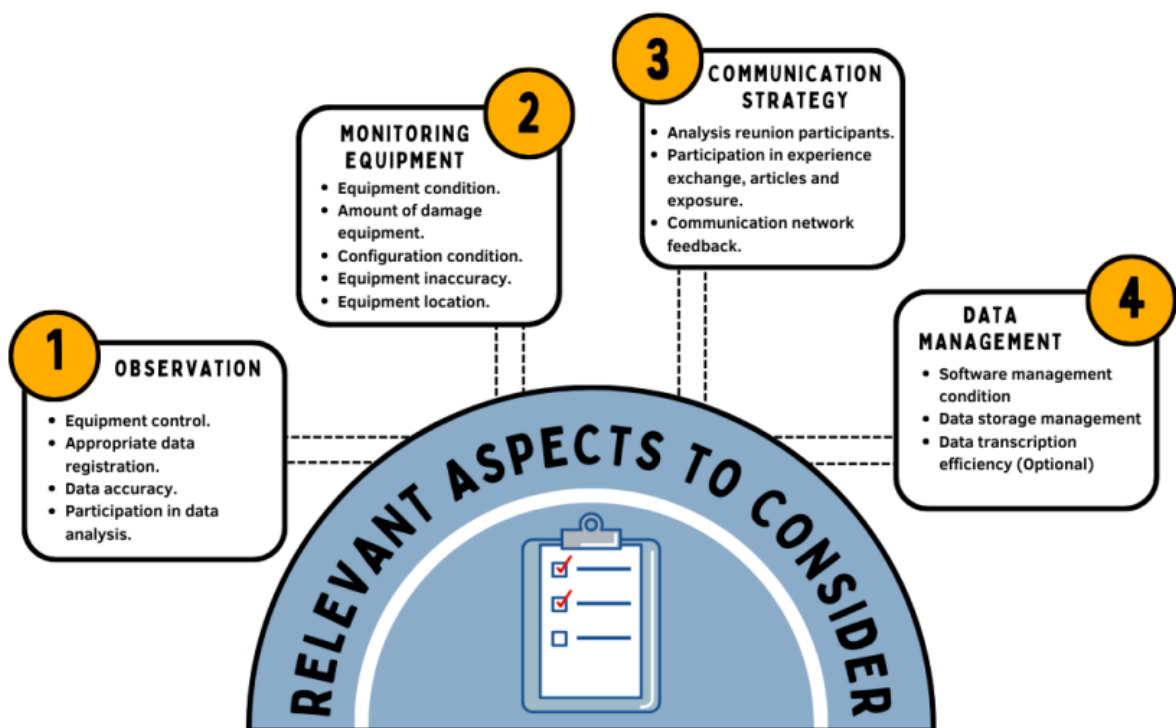
- Frecuencia y ubicación de la recolección de datos:** Una mayor frecuencia y cobertura en la recolección de datos permite un análisis más detallado. No obstante, considerando las capacidades financieras y la lejanía de la microcuenca, se requieren decisiones estratégicas en cuanto a la frecuencia y la ubicación de la recolección de datos.
- Almacenamiento de datos:** Una forma de obtener un software amigable e intuitivo para la recolección de datos por parte de las comunidades es el uso de Google Forms. Se crea un formulario para registrar los datos geográficos y paramétricos de la persona que está registrando un punto de datos. Posteriormente, Google Sheets sirve como la base de datos para estos formularios. Google proporciona la facilidad de vincular estas dos aplicaciones.

Figura 25 Proceso de recolección de datos



- **Aspectos a considerar en el monitoreo:** Se pueden emplear diferentes metodologías de evaluación para esto, tales como la comparación de datos recolectados de la comunidad y la universidad, visitas de campo, entrevistas o encuestas. Para el “equipo de monitoreo”, el proceso es más sencillo: el técnico facilitador debe analizar el correcto funcionamiento del equipo.

Figura 26 Aspectos relevantes para la medición



- **Recursos:** Una parte importante del sistema de monitoreo participativo es delimitar el proyecto en términos financieros y el marco temporal relacionado. El presupuesto debe ser preciso y realista para estipular las características del equipo, como la obsolescencia planificada, el consumo de energía y las recomendaciones para su uso.

rápido (inundaciones) y desastres de inicio lento (escasez de agua y baja calidad del agua), ya que cada uno requiere un tipo de respuesta diferente.

8.4.4 Responses Capability (Capacidad de respuesta)

El plan de monitoreo participativo se centra en los problemas de calidad y cantidad del agua. Utilizar los datos estandarizados recolectados ayudará a las comunidades y a las autoridades a tomar decisiones informadas sobre la gestión del agua. En este sentido, es importante desarrollar un plan de preparación y respuesta ante desastres para los riesgos identificados (inundaciones, calidad del agua y escasez de agua), como se puede observar en la tabla 5.

Tabla 5 Visión General del Riesgo y Respuestas Potenciales a Corto, Mediano y Largo Plazo

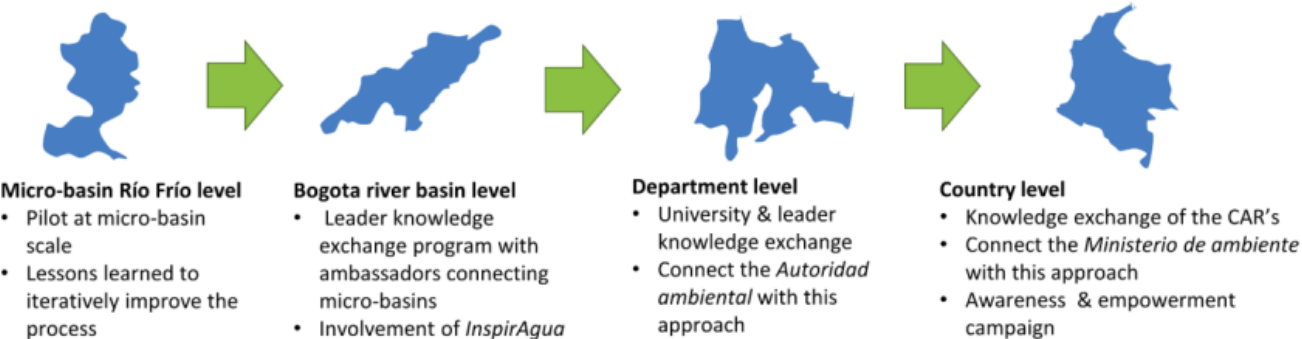
Risk	Short-term responses	Mid-term responses	Long-term responses
Floods	Evacuation, define safe locations in the community Emergency relief Search and rescue Emergency flood-barriers	Community awareness programs Infrastructure upgrades Natural Flood Management: NbS Flood risk Mapping	Integrated Flood Management Floodplain Zoning & Land-use planning
Contamination	Temporary Water Supply Water filters	Community outreach programs Research contamination causes, also upstream of the micro-basin	Land-Use Planning Pollution Prevention Policies
Water shortage	Water Conservation Measures/Rainwater harvesting Emergency Water Supply Water Rationing	Infrastructure Upgrades Drought Contingency Planning - Assess possibilities for Groundwater usage Water Recycling and Reuse	Integrated Water Resource Management Water Efficiency Regulations

8.4.4 Upscaling strategy (Estrategia de crecimiento)

La implementación de esta estrategia implica varios pasos para incluir a diferentes partes interesadas con intereses ambientales y gubernamentales; véase la figura 28 y los pasos descritos a continuación.

Figura 28 Estrategia de Escalamiento o Enfoque WETS-NEXT para el Enfoque Propuesto

Upscaling (Wets-next):



9. Conclusiones

La integración en el trabajo y las funciones de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) ha brindado valiosas oportunidades, experiencias y perspectivas en la gestión de riesgos y la protección ambiental. La participación en proyectos dedicados a la caracterización de eventos naturales y a la adopción de medidas preventivas resalta la importancia de la entidad en la salvaguarda de ecosistemas y en la protección de comunidades vulnerables; así como, la influencia y colaboración con profesionales de otros países para la solución a problemáticas específicas como el manejo y la caracterización del agua.

En el proyecto de Muros de Gaviones para Río Frío, el modelamiento hidráulico del cauce arroja que las estructuras proyectadas evitan el desbordamiento del Río Frío y frenan el avance de la línea de erosión. También Se recomienda la ejecución de las obras proyectadas, teniendo en cuenta el mal estado de los muros existentes, con evidente riesgo de colapso por la socavación ejercida por el cauce de Río Frío, de modo que se mitigue la amenaza por inundación identificada.

En referencia a lo visto en Rosablanca, se realizaron visitas técnicas de acompañamiento y se identificaron afectaciones de erosión en los terrenos adyacentes a las alcantarillas visitadas, siendo susceptibles por flujos concentrados de escorrentía, también se clasifican como amenaza alta por remoción en masa según los mapas de amenaza del POMCA Lebrija Alto; por esto mismo, se recomienda al Municipio de Floridablanca adelantar las acciones necesarias para garantizar el adecuado manejo de las aguas lluvias de la vía.

Se elaboraron y se revisaron los informes técnicos de gestión del riesgo en lo que respecta a cada uno de los proyectos (Muros de Gaviones para Río Frío, Rosablanca Y manejo de la microcuenca de Río Frío), anexándolos respectivamente a la base de datos de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) para su futura

consulta y respectivo uso.

Como parte de la propuesta generada para el manejo de la microcuenca de Rio Frío, se plantea un plan de monitoreo participativo integrado en un proceso iterativo, que crea conciencia en la comunidad y responde a ser implementado a nivel comunitario y en diversos niveles de gobernanza. Este enfoque permite una comprensión profunda del sistema, aborda los desafíos fundamentales y el desarrollo de una estrategia de gestión del agua a largo plazo. También se proyecta una estrategia de escalamiento de 4 pasos: Microcuenca, Cuenca, Nivel Departamental y Nacional, donde se busca contar con el apoyo de la comunidad y de diferentes instituciones gubernamentales (locales, departamentales y nacionales) para establecer una estrategia efectiva de escalamiento para el proyecto.

10. Referencias Bibliográficas

Alva Hurtado, J. (1994). *ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES*. Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado 9 de febrero de 2024, de

https://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo02_a.pdf

Bolivar Trujillo, R. E. (s. f.). Gaviones. En *Gaviones*. Departamento de Diseño, Investigación e Innovación (DRIM). Recuperado 9 de marzo de 2024, de [https://gaviones.co/wp-](https://gaviones.co/wp-content/uploads/2019/08/4.-GAVIONES.pdf)

[content/uploads/2019/08/4.-GAVIONES.pdf](https://gaviones.co/wp-content/uploads/2019/08/4.-GAVIONES.pdf)

Hernández, A., Koenders, L., Avendaño, C., & Matera, R. (2024). INFORMED-DECISION MAKING THROUGH A PARTICIPATIVE MONITORING SYSTEM IN THE RÍO FRÍO MICROBASIN.

En *WETSKILLS*.

Hernandez, A., & Leal, E. (2023). AMENAZA RÍO FRÍO. En *Barrio Lagos II Entre Carreras 5 y 6*.

Wetskills Water Challenges - Wetskills-Colombia 2024. (2024, 2 julio). Wetskills Water Challenges.

<https://wetskills.com/event/wetskills-colombia-2024/>