

Apoyo en el seguimiento y control de proyectos de la empresa Alianza Consultora & Ingeniería

S.A.S

Camila Andrea Prieto Bernal

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Civil

Director

Andrés Almeyda Ortiz

Ingeniero civil. Msc en Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental. Msc en Explotación y
seguridad de presas.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a mi familia, quienes siempre han sido una fuente de apoyo a lo largo de este camino académico y son el motor de mi vida. Les agradezco especialmente a mis padres Cristella Bernal y Gonzalo Prieto y a mi hermana Laura Prieto por brindarme su amor incondicional, por todos sus sacrificios y por creer en mí.

A mi pareja Camilo Castellanos y mis amigos Nathalia Quiroz, Nathalia Ardila, Tania Álvarez y Sergio Iglesias. Cada uno de ellos me acompañó durante estos cinco años y fueron mi refugio en los momentos más complejos. Les agradezco por ser un apoyo emocional, por no dejarme desfallecer ante tantas dificultades y por hacer posible que retomara mi vida de mejor manera después de lo sucedido.

A mi director, el profesor Andrés Almeyda, por estar para mí en cualquier momento del día durante estos 4 meses para solucionar mis dudas y ayudarme con todo el proceso que implicó la práctica empresarial. A la empresa Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S por darme la oportunidad de compartir con ellos y brindarme tantos aprendizajes. A los jefes y mis compañeros por confiar en mis capacidades y enseñarme cada una de las cosas que me llevo de esta grata experiencia.

Finalmente, un apartado especial para la profesora Sandra Villamizar, quien no solo me dejó muchos aprendizajes sobre la carrera universitaria, sino que me apoyó durante uno de los momentos más difíciles de mi vida y me dio el empujón que necesitaba para seguir adelante.

Tabla de Contenido

Introducción	13
2. Objetivos.....	15
2.1. Objetivo General.....	15
2.2. Objetivos Específicos.....	15
3. Marco teórico	16
3.1. Descripción de la empresa	16
3.1.1. Misión.....	16
3.1.2. Visión.....	16
3.2. Marco legal	17
3.2.1. Project Management Body of Knowledge (PMBOOK).....	17
3.2.2. Normas Técnicas Colombianas ISO21500.....	17
3.2.3. Normas Técnicas Colombianas ISO9001	17
3.2.4. Normas Técnicas Colombianas ISO10006.....	18
3.2.5. Normas Técnicas Colombianas ISO31000.....	18
3.2.6. Corporación Autónoma de Santander (CAS)	18
3.3. Marco conceptual.....	19
3.3.1. Gestión al cronograma	19
3.3.2. Estudios Básicos de Gestión de Riesgos y Desastres	19
3.3.3. Analytic Hierarchy Process	20
4. Metodología	20

4.1.	Estudios y diseños geotécnicos para la proyección de los colectores y estructuras especiales necesarias para conducir las aguas residuales del municipio de Bucaramanga hacia la PTAR Río de Oro.....	20
4.1.1.	Gestión al cronograma	21
4.2.	Estudio Básico de Gestión de Riesgos y Desastres	23
4.2.1.	Gestión al cronograma	23
4.2.2.	Proyectos adicionales.....	25
5.	Resultados	40
5.1.	Gestión al cronograma para el proyecto PTAR Río de Oro	40
5.2.	Gestión al cronograma para el proyecto EBGRD Jordán	41
5.3.	Proyectos adicionales: estudio básico de amenaza por inundación y socavación para el municipio de Jordán, Santander.....	42
5.3.1.	Estudio básico de amenaza por inundación rural.....	42
5.3.2.	Estudio básico de amenaza por inundación urbano	52
5.3.3.	Estudio básico de socavación.....	53
6.	Conclusiones	57
7.	Recomendaciones	58
	Referencias Bibliográficas	59
	Apéndices.....	61

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Matriz de comparaciones pareadas para el índice de susceptibilidad</i>	31
Tabla 2 <i>Matriz normalizada para el índice de susceptibilidad</i>	32
Tabla 3 <i>Porcentajes de susceptibilidad por insumo</i>	33
Tabla 4 <i>Matriz de comparaciones pareadas para la zonificación de amenaza por inundación</i> .	34
Tabla 5 <i>Matriz normalizada para la zonificación de amenaza por inundación</i>	35
Tabla 6 <i>Valores de socavación para cada sección transversal con un $Tr=100$ años del municipio de Jordán, Santander</i>	54
Tabla 7 <i>Estaciones pluviométricas representativas para el municipio de Jordán, Santander</i>	63
Tabla 8 <i>Datos histograma de precipitación mensual estación La Mesa</i>	63
Tabla 9 <i>Datos histograma de precipitación mensual estación Mamonal</i>	64
Tabla 10 <i>Datos histograma de precipitación mensual estación Santa Isabel</i>	65
Tabla 11 <i>Datos histograma de precipitación mensual estación Curití 2</i>	66
Tabla 12 <i>Datos histograma de precipitación mensual estación Cepitá</i>	68
Tabla 13 <i>Precipitación promedio anual para las estaciones de estudio</i>	69
Tabla 14 <i>Cuantificación de susceptibilidad con base en el histórico de inundación del municipio de Jordán, Santander</i>	71
Tabla 15 <i>Registro histórico de eventos de inundación en el municipio de Jordán, Santander</i> ...	71
Tabla 16 <i>Cuantificación de susceptibilidad con base en las subunidades geomorfológicas del municipio de Jordán, Santander</i>	74
Tabla 17 <i>Cuantificación de susceptibilidad con base en las pendientes del municipio de Jordán, Santander</i>	76

Tabla 18 <i>Cuantificación de susceptibilidad con base en las UGS del municipio de Jordán, Santander</i>	78
Tabla 19 <i>Cuantificación de susceptibilidad con base en la cobertura de tierras del municipio de Jordán, Santander</i>	79
Tabla 20 <i>Clasificación de susceptibilidad por inundación del municipio de Jordán, Santander</i>	80
Tabla 21 <i>Cuantificación de susceptibilidad con base en las isoyetas del municipio de Jordán, Santander</i>	80
Tabla 22 <i>Clasificación amenaza por inundación para el municipio de Jordán, Santander</i>	81
Tabla 23 <i>Valores máximos de caudal para distintos períodos de retorno del municipio de Jordán, Santander</i>	85
Tabla 24 <i>Categorías generales de intensidad en inundaciones</i>	89
Tabla 25 <i>Categorización de la zonificación de amenaza por inundación</i>	90
Tabla 26 <i>Valores del factor de Lacey en función del material presente en el cauce</i>	91
Tabla 27 <i>Factor de corrección en función de la morfometría del tramo</i>	91

Lista de Figuras

Figura 1	<i>Localización del municipio de Jordán con planchas del IGAC</i>	26
Figura 2	<i>Cronograma para el proyecto PTAR Río de Oro</i>	40
Figura 3	<i>Cronograma inicial para el proyecto EBGRD Jordán</i>	41
Figura 4	<i>Cronograma con modificación de recursos para el proyecto EBGRD Jordán</i>	42
Figura 5	<i>Mapa de las unidades hidrográficas del municipio de Jordán, Santander</i>	43
Figura 6	<i>Leyenda del mapa de las unidades hidrográficas del municipio de Jordán, Santander</i>	44
Figura 7	<i>Mapa de isoyetas del municipio de Jordán, Santander</i>	45
Figura 8	<i>Leyenda del mapa de isoyetas del municipio de Jordán, Santander</i>	46
Figura 9	<i>Mapa de isotermas del municipio de Jordán, Santander</i>	47
Figura 10	<i>Leyenda mapa de isotermas</i>	48
Figura 11	<i>Mapa de susceptibilidad por inundación del municipio de Jordán, Santander</i>	49
Figura 12	<i>Leyenda del mapa de susceptibilidad por inundación del municipio de Jordán, Santander</i>	50
Figura 13	<i>Mapa zonificación de amenaza por inundación</i>	51
Figura 14	<i>Leyenda mapa zonificación de amenaza por inundación</i>	52
Figura 15	<i>Leyenda del plano de zonificación de amenaza por inundación urbano</i>	52
Figura 16	<i>Plano de zonificación de amenaza por inundación urbano</i>	53
Figura 17	<i>Socavación en la sección del puente Lengerke en el municipio de Jordán, Santander a través del software HEC-RAS</i>	56
Figura 18.	<i>Cronograma para el proyecto PTAR Río de Oro</i>	61
Figura 19	<i>Cronograma para el proyecto EBGRD Jordán</i>	62
Figura 20	<i>Histograma de precipitación mensual estación La Mesa</i>	64

Figura 21 <i>Histograma de precipitación mensual estación Mamonal</i>	65
Figura 22 <i>Histograma de precipitación mensual estación Santa Isabel</i>	66
Figura 23 <i>Histograma de precipitación mensual estación Curití 2</i>	67
Figura 24 <i>Histograma de precipitación mensual estación Cepitá</i>	69
Figura 25 <i>Modelo digital de elevaciones para el municipio de Jordán, Santander</i>	70
Figura 26 <i>Mapa de Subunidades geomorfológicas discretizadas de origen fluvial del municipio de Jordán, Santander</i>	72
Figura 27 <i>Mapa de subunidades geomorfológicas del municipio de Jordán, Santander</i>	73
Figura 28 <i>Mapa de pendientes del municipio de Jordán, Santander</i>	75
Figura 29 <i>Mapa de las Unidades Geológicas Superficiales del municipio de Jordán, Santander</i>	77
Figura 30 <i>Distribución de la cobertura de tierras en porcentaje del municipio de Jordán, Santander</i>	79
Figura 31 <i>Plano de elementos geomorfológicos del municipio de Jordán, Santander</i>	81
Figura 32 <i>Plano de pendientes en grados del municipio de Jordán, Santander</i>	82
Figura 33 <i>Plano de cartografía base del municipio de Jordán, Santander</i>	83
Figura 34 <i>Plano de cobertura de tierras del municipio de Jordán, Santander</i>	84
Figura 35 <i>Ubicación estaciones IDEAM para el cálculo de los caudales del municipio de Jordán, Santander</i>	86
Figura 36 <i>Coefficientes de Manning seleccionados para el municipio de Jordán, Santander</i>	87
Figura 37 <i>Malla con secciones transversales y elemento de interés para el municipio de Jordán, Santander</i>	87
Figura 38 <i>Cota de inundación urbana para $T_r=100$ años del municipio de Jordán, Santander</i>	88

Figura 39 <i>Velocidades de inundación urbana para $Tr=100$ años del municipio de Jordán, Santander</i>	89
Figura 40 <i>Estribo con proceso de socavación en el municipio de Jordán, Santander</i>	90

Lista de Apéndices

Apéndice A. Gestión al cronograma del proyecto PTAR Río de Oro	61
Apéndice B. Gestión al cronograma del proyecto EBGRD Jordán	62
Apéndice C. Proyectos adicionales: estudio básico de amenaza por inundación y socavación para el municipio de Jordán, Santander.	63

Resumen

Título: Apoyo en el seguimiento y control de proyectos de la empresa Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S*

Autor: Camila Andrea Prieto Bernal**

Palabras Clave: gestión de proyectos, cronograma, recursos humanos, gestión del riesgo.

Descripción: el seguimiento y control de proyectos son fundamentales para dar cumplimiento a los propósitos concertados teniendo en cuenta una gestión eficiente de los recursos disponibles, anticipándose a la mitigación de riesgos y garantizando la calidad de la labor. Por tal motivo, este proyecto tiene como finalidad dar a conocer las actividades realizadas en la empresa Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S a lo largo del periodo comprendido por las prácticas empresariales. Estas actividades contribuyen a la mejora continua en la gestión del cronograma de los proyectos “Estudios y diseños para la proyección de los colectores y estructuras especiales necesarias para conducir las aguas residuales del municipio de Bucaramanga” y “Estudios básicos de amenaza para el municipio de Jordán, Santander”.

Asimismo, garantizan el análisis de las variables como plazos máximos, secuencia y recursos disponibles de las que depende el correcto avance de los proyectos. Del mismo modo, mantener el seguimiento continuo permite identificar los factores de atraso, lo que es determinante para la implementación de medidas correctivas y estrategias de gestión. En este sentido, se enfatiza también en la importancia de la coordinación efectiva del recurso humano y su correcta asignación que en este caso trae consigo la integración del Estudio Básico de Gestión de Riesgos y Desastres (EBGRD) en los apartados correspondientes a la hidrología, climatología, estudios básicos de amenaza por inundación y estudios de socavación.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería civil. Director: Andrés Almeyda Ortiz, Ingeniero civil. Msc en Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental. Msc en Explotación y seguridad de presas.

Abstract

Title: Support the monitoring and control for projects of Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S*

Author(s): Camila Andrea Prieto Bernal**

Key Words: project management, schedule, human resources, risk management.

Description: monitoring and controlling projects are essential to achieve stated purpose considering an efficient management of available resources, anticipating the risks mitigation, and ensuring the work quality. This document summarizes the activities carried out in the company Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S. throughout the internship term. These activities contribute to the continuous improvement in the schedule management of projects "Estudios y diseños para la proyección de los colectores y estructuras especiales necesarias para conducir las aguas residuales del municipio de Bucaramanga" and "Estudios básicos de amenaza para el municipio de Jordán, Santander".

Furthermore, it ensures the analysis of deadlines, sequence, and available resources on which the correct progress of projects depends. Likewise, monitoring allowed to identify delay factors, which is decisive for the implementation of corrective actions and management strategies. In this way, emphasis is also placed on the importance of effective coordination of human resources and their correct assignment, that in this case involves the integration of the Basic Risk and Disaster Management Study (EBGRD) in the sections corresponding to hydrology, climatology, basic flood hazard studies and scour studies.

* Degree Work

** Faculty of Physicomechanical Engineering. Civil Engineering School. Director: Andrés Almeyda Ortiz. Msc. Water Resources and Environmental Sanitation. Msc. Exploitation and Safety of Dams.

Introducción

Durante la etapa de ejecución de las actividades en obras civiles es común que se presenten incongruencias con respecto a lo consignado en la línea base del proyecto estipulada durante su etapa de planeación. Esto se debe a diversas variables y factores impredecibles que generan un impacto negativo sobre el control de tiempos y costos (Assaf & Al-Hejji, 2006). Algunas de las que generan mayor afectación a nivel mundial radican en una planeación y organización ineficiente o gestiones internas inadecuadas. A su vez, el ambiente sociocultural propio de la zona de estudio debe considerarse durante desarrollo del proyecto, ya que las características económicas, sociales, ambientales y políticas no son iguales para todos los contextos (Lozano Serna et al., 2018).

En búsqueda de facilitar la planeación de proyectos, la empresa Alianza Consultora e Ingeniería S.A.S ha optado por hacer uso de Microsoft Project como herramienta para generar cronogramas óptimos y mantener un control del cumplimiento de las actividades. Sin embargo, se ha notado que, a medida que aumenta la cantidad de proyectos y el personal que trabaja en ellos, también aumenta el porcentaje de atraso sobre los mismos.

Los inconvenientes han generado reprocesos y sobrecostos, por lo que, para solucionar las dificultades presentadas, la empresa busca fortalecer la etapa de planeación de sus proyectos. Bajo este principio, se crea la iniciativa del desarrollo de la práctica empresarial haciendo uso del software Microsoft Project que permite la creación de cronogramas con recursos, tiempos, cantidades y actividades predecesoras. Además, se adelantó la especificación de detalles sobre el entorno social propio del proyecto para determinar la ruta crítica y garantizar tiempos de holgura que prevengan los atrasos en caso de presentarse imprevistos.

Asimismo, se destaca la importancia del desarrollo de estudios y diseños geotécnicos para la proyección de los colectores y estructuras especiales necesarias para conducir las aguas

residuales del municipio de Bucaramanga hacia la PTAR Río de Oro, que se encuentran en los corredores adyacentes a ocho (8) de las quebradas que descienden por la escarpa occidental de la meseta de Bucaramanga hacia la vía Chimitá – Café Madrid y posteriormente, descargan a Río de Oro. El desarrollo de este proyecto fue uno de los más decisivos en la empresa pues en Bucaramanga, aproximadamente el 89% de las aguas residuales son vertidas sin los tratamientos convenientes y Río de Oro ha sido utilizado como unas de las vías de evacuación de aguas servidas residenciales e industriales provenientes de los municipios de Piedecuesta, Floridablanca, Girón, Bucaramanga y de la zona industrial de Chimitá. Lo anterior, ha convertido a este corredor hídrico en uno de los más contaminados del país. (Alcaldía de Bucaramanga, 2021).

Del mismo modo, es importante mencionar el proyecto correspondiente a los Estudios Básicos de Gestión de Riesgos y Desastres para el municipio de Jordán, Santander. Especialmente, el desarrollo de los estudios básicos de amenaza por inundación y socavación son cruciales para identificar las áreas susceptibles e implementar las medidas de mitigación necesarias. Además, son clave para la preservación del medio ambiente pues contribuyen a sortear la alteración de los cauces fluviales de la zona como lo es el Río Chicamocha.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Apoyar el proceso de optimización de la gestión al cronograma en los proyectos que actualmente se encuentra desarrollando la empresa Alianza Consultora & Ingeniería S.A.S.

2.2. Objetivos Específicos

Analizar las variables específicas de cada actividad, incluyendo sus plazos máximos, la secuencia en que deben ser realizadas y los recursos disponibles como forma de aprendizaje para la gestión de proyectos.

Identificar un sistema de seguimiento y control para monitorear el avance de cada proyecto en relación con su cronograma, reconociendo factores de atraso y tomando medidas correctivas de manera oportuna.

Verificar la correcta asignación de recurso humano en los equipos de proyecto para una coordinación efectiva entre ellos que permita el cumplimiento del cronograma y representarlo a través de informes escritos.

3. Marco teórico

3.1. Descripción de la empresa

Alianza Consultora e Ingeniería S.A.S, brinda servicios profesionales en las diferentes áreas de la consultoría ambiental, minera, geológica, geotécnica y en procesos de ordenamiento territorial, y está comprometida con la satisfacción de sus clientes a través del cumplimiento de sus requisitos, ofreciéndoles servicios ágiles, confiables, oportunos y de calidad, sustentados en la utilización eficiente y productiva de cada recurso de la empresa, el equipo técnico de trabajo con que cuenta la organización están en constante crecimiento profesional, ético e innovador, y de esta forma mejorar continuamente los procesos y garantizar la calidad de los servicios prestados.

3.1.1. Misión

Alianza Consultora e Ingeniería S.A.S, es una empresa que presta servicios profesionales en las diferentes áreas de la consultoría ambiental, minera, geológica, geotécnica, Gestión del riesgo & en Gestión Territorial, en los sectores de la minería, Construcción y diseño de obras civiles, proporcionando a nuestros clientes tanto a nivel privado como público, soluciones y alternativas en cada uno de nuestros servicios propuestos, asegurándonos de que sus proyectos sean exitosos desde la perspectiva económica y ambiental.

Generando satisfacción y confianza para obtener relaciones comerciales de largo plazo con nuestros clientes, mediante un servicio rápido, eficaz y de soluciones óptimas que rebasen sus perspectivas, con profesionalismo, experiencia y constante desarrollo de nuestro personal.

3.1.2. Visión

Alianza Consultora e Ingeniería S.A.S, es una empresa que proyecta consolidarse para el 2025 como una empresa líder en servicios de competitividad a nivel nacional en la consultoría ambiental, minera, geológica, geotécnica gestión de riesgos, Gestión Territorial, construcción y

diseño de obras civiles, destacándonos por proporcionar soluciones económicas y sostenibles; a nuestros clientes además del cumplimiento de la normatividad y la confiabilidad y solidez de un equipo técnico interdisciplinario.

3.2. Marco legal

Una de las entidades reguladoras a nivel internacional es el Project Management Institute a través del estándar descrito en el Project Management Body of Knowledge, así:

3.2.1. Project Management Body of Knowledge (PMBOOK)

Funciona como un estándar internacional con reconocimiento para la gestión de proyectos, sirviendo como guía para la determinación del alcance del proyecto, los tiempos, costos, riesgos y recursos. Asimismo, instaura políticas, procesos y actividades que garantizan la ejecución de requisitos y disposiciones de calidad para la aplicación de las mejores prácticas en el área (Project Management Institute Inc, 2017).

En cuanto a las normas a nivel nacional se puede mencionar:

3.2.2. Normas Técnicas Colombianas ISO21500

Esta Norma Técnica Colombiana, en adelante (NTC), regula la dirección y gestión de proyectos proporcionando las directrices, las áreas de conocimiento y los procesos relacionados con efectividad y eficacia. Además, establece los conceptos y elementos clave que se deben considerar en la dirección de proyectos, brindando una guía general y estableciendo los principios clave que deben ser considerados. A su vez, es utilizada como una referencia para promover las mejores prácticas dentro de las empresas (ICONTEC, 2015c).

3.2.3. Normas Técnicas Colombianas ISO9001

Regula los sistemas de gestión de la calidad, estableciendo las disposiciones para implementarlos de manera efectiva dentro de las empresas. Se centra en la satisfacción del cliente,

brindando productos y servicios que cumplen con sus requisitos y la normatividad vigente. Además, promueve la mejora continua y la eficacia en los procesos de la organización (ICONTEC, 2015a).

3.2.4. Normas Técnicas Colombianas ISO10006

Suministra los lineamientos sobre la gestión de la calidad dentro de los proyectos, enfocándose en aplicar principios y prácticas para mejorar la eficacia y el éxito de estos. Asimismo, se puede aplicar a diversos tipos de proyectos pues no distingue tamaños o complejidades y al ser integrada en la totalidad del proyecto permite la satisfacción del cliente y la calidad de los resultados entregados (ICONTEC, 2015b).

3.2.5. Normas Técnicas Colombianas ISO31000

Proporciona principios, marcos y directrices para la gestión efectiva del riesgo en cualquier tipo de empresa. Esta norma también se enfoca en influir en la evaluación y gestión los riesgos de manera sistemática y preventiva para tomar decisiones basadas en información verídica y mejorar el cumplimiento de los objetivos, anticipándose a posibles situaciones adversas (ICONTEC, 2015d).

3.2.6. Corporación Autónoma de Santander (CAS)

Esta corporación como las demás Corporaciones Autónomas Regionales del país, es una entidad que asume la gestión ambiental a nivel regional. Como organismo es responsable de la administración y conservación de los recursos naturales. A su vez, se encarga de la ejecución de políticas y normativas ambientales en los municipios del área de su jurisdicción.

3.3. Marco conceptual

3.3.1. Gestión al cronograma

Según el Project Management Institute (PMI), los proyectos hacen referencia a procesos con duración determinada y objetivos concretos. Para los proyectos de obras civiles se tienen en cuenta actividades y tareas diferentes durante cada etapa constructiva. El inicio de algunas de estas tareas requiere la completa terminación de sus predecesoras, mientras que otras se pueden hacer en simultaneidad (Project Management Institute Inc, 2017).

Como forma de organización de estas actividades, se plantea la gestión del cronograma que contiene la planificación y secuencia de las tareas para estimar su duración y controlar las variables que causan atrasos e incumplimientos. El contenido debe guardar estrecha relación con la línea base del proyecto y permitir gestionar las variaciones necesarias para garantizar su cumplimiento (Rodríguez & Barrera, 2018).

Una vez constituida la gestión al cronograma, se facilita mantener un seguimiento del proyecto y su mejora continua para identificar riesgos y variaciones respecto al plan. También permite definir tareas que se deban realizar para mitigar los efectos negativos y tomar las acciones correctivas para disminuir gradualmente los porcentajes de atraso.

3.3.2. Estudios Básicos de Gestión de Riesgos y Desastres

Este tipo de estudios permite abordar los riesgos naturales o antropogénicos que pueden afectar a las comunidades del país para recurrir a estrategias de mitigación en respuesta a los posibles desastres. La normatividad que regula y proporciona las directrices para la gestión del riesgo se encuentra dictaminada a través de la Ley 1523 de 2012 “por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones”.

3.3.3. *Analytic Hierarchy Process*

Este método corresponde a una herramienta para la toma de decisiones que dependen de múltiples criterios pues permite realizar una comparación entre las distintas alternativas en función de los factores establecidos, asignándoles pesos relativos según la importancia que se considere para cada caso. También proporciona una metodología para la medición de resultados tanto cualitativos como cuantitativos a través de una escala numérica que cubre todo el espectro de la comparación (Vaidya & Kumar, 2006).

4. Metodología

A través de este apartado se presentan cada una de las actividades desarrolladas durante el transcurrir de la practica empresarial. Por consiguiente, se incluyen los proyectos “Estudios y diseños geotécnicos para la proyección de los colectores y estructuras especiales necesarias para conducir las aguas residuales del municipio de Bucaramanga hacia la PTAR Río de Oro” y “Estudio Básico de Gestión de Riesgos de Desastres para el municipio de Jordán, Santander”.

4.1. Estudios y diseños geotécnicos para la proyección de los colectores y estructuras especiales necesarias para conducir las aguas residuales del municipio de Bucaramanga hacia la PTAR Río de Oro

Para el presente proyecto se desarrolló un cronograma haciendo uso del software Microsoft Project a través del cual se llegó a estimaciones en la duración de cada una de las fases que componían los estudios para los corredores adyacentes a ocho (8) de las quebradas que descienden por la escarpa occidental de la meseta de Bucaramanga hacia la vía Chimitá – Café Madrid y posteriormente, descargan a Río de Oro.

4.1.1. Gestión al cronograma

Como primer acercamiento a las actividades de la empresa, se permitió la planificación del proyecto en dos (2) grandes etapas compuestas por cuatro quebradas cada una. Tras el aprendizaje de la dinámica empresarial y el desarrollo de habilidades propias del software Microsoft Project, se hizo posible la unificación del seguimiento y control de la totalidad del proyecto.

Con base en lo estipulado por la resolución 0330 del 08 de junio de 2017 del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), se solicitaba para el proyecto la determinación de las características físico mecánicas e hidrogeológicas del subsuelo; el diagnóstico de las características de la unidad geológica; las especificaciones del nivel freático y potencial corrosivo de los suelos; los empujes del terreno sobre las tuberías y las estructuras; los estudios de compresión lateral para anclajes y empalmes; la determinación de la máxima deformación admisible; el análisis de estabilidad y diseño geotécnico de las excavaciones, rellenos, vías, pavimentos, taludes y cimentaciones para estructuras; las recomendaciones del sistema constructivo, y alternativas del tipo de cimentación.

Para garantizar el cumplimiento de los requerimientos del consorcio PTAR Río de Oro de forma optimizada, se decidió adjudicar las 4 fases que se detallan a continuación. A su vez, éstas eran divididas en actividades puntuales que propiciaban su correcta ejecución y que facilitaban la asignación del recurso humano.

4.1.1.1. Fase de aprestamiento

En esta fase se recopila la información de estudios realizados previamente en la zona, tal como imágenes satelitales, fotografías aéreas multitemporales, planos, artículos o proyectos de diferentes entidades relacionadas. En general, se realiza una consulta que incluya cualquier información con datos relevantes y se asocie al área de interés.

4.1.1.2. Fase de campo

Incluye el reconocimiento del terreno y del componente regional que predomina en los alrededores de la zona. Esta fase inicia con la caracterización del área de estudio en cuanto a su exploración geológica para identificar y caracterizar la geología a nivel de Unidades de Geología para Ingeniería (UGI), y los elementos geomorfológicos.

También incluye recorridos y estaciones en puntos de interés para la definición de las características geológicas, geomorfológicas y estructurales dentro del área de estudio. Así mismo, la toma de muestras de suelo para su caracterización geomecánica y la exploración geotécnica necesaria para la elaboración de un modelo geológico geotécnico de las laderas y taludes que permita su modelamiento de estabilidad.

4.1.1.3. Fase de laboratorio

Para los corredores adyacentes a las ocho (8) quebradas de estudio se realizaron los sondeos y apiques necesarios para la extracción de muestras como se describió en la fase anterior. Estas muestras fueron sometidas a los ensayos para la determinación del peso húmedo, peso seco, granulometrías, límite líquido, límite plástico y corte directo.

4.1.1.4. Fase de oficina

Consiste en el análisis e interpretación de datos obtenidos durante las fases descritas anteriormente. Durante esta etapa, se realizaron los planos e informes técnicos finales que contienen las diferentes características geológicas, geomorfológicas y los rasgos estructurales predominantes. A través de ellos, se permite generar un modelo geológico-geotécnico acorde con las condiciones naturales y antropogénicas.

4.1.1.5. Estimaciones y cronograma

Las estimaciones en las duraciones de las actividades que componen cada fase fueron suministradas por la consultoría ALICON & ING S.A.S. Se precisa que estas valoraciones se basan en los datos históricos de la empresa durante la realización de proyectos similares y emplearon el método Program Evaluation and Review Technique (PERT) para que posteriormente se facilite su planificación y control.

4.2. Estudio Básico de Gestión de Riesgos y Desastres

Este proyecto tenía como objetivo la determinación de la zonificación de la amenaza por movimiento en masa, inundación y avenidas torrenciales en el municipio de Jordán, Santander. De esta forma, se buscaba construir un insumo propio de esta temática, según las escalas de trabajo establecidas en el Decreto 1076 de 2015, para que sea incorporado en el apartado de gestión de riesgo en la actualización y revisión del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio.

4.2.1. Gestión al cronograma

Para garantizar que se cumplieran los requerimientos, se planteó un cronograma a través de Microsoft Project donde se dividió el proyecto en 4 fases que se detallan más adelante. A su vez, estas eran divididas en actividades puntuales que propiciaban su correcta ejecución y que facilitaban la asignación del recurso humano.

Para determinar la duración de las actividades en el cronograma preliminar, se tuvieron en cuenta los rendimientos de proyectos similares que habían sido desarrollados por la empresa. Cabe destacar que a medida que se realizaba el seguimiento de las actividades, este cronograma se iba actualizando constantemente y ajustándose según las necesidades que se presentaran.

4.2.1.1. Fase de aprestamiento

Durante esta fase se realiza una recopilación de la información secundaria disponible sobre el estado de arte de las características físico-bióticas en el municipio de Jordán. De esta forma, se construye un conocimiento base sobre el área de interés, teniendo en cuenta los documentos y estudios que contengan información relevante.

Así mismo, se seleccionó la documentación suministrada por el municipio y se consultaron diferentes fuentes de información técnica, tanto pública como privada. Por lo tanto, el desarrollo de esta fase es indispensable para iniciar las actividades de campo.

Finalmente, se realizaron mapas preliminares de cartografía base y modelos conceptuales que incluían la geología estructural, unidades geológicas superficiales y geomorfología. Lo anterior tuvo como base la información secundaria recolectada y la interpretación de imágenes satelitales.

4.2.1.2. Fase de campo

A lo largo de esta fase se realiza la exploración geológica necesaria para identificar la geomorfología, las unidades geológicas superficiales, la cobertura de tierras y los usos del suelo. Por medio de visitas de campo se estudia la superficie del terreno, los tipos de suelo y los afloramientos expuestos, lo que permite la caracterización de sus diferentes propiedades y la corrección de los mapas preliminares realizados en la fase anterior. Para el proyecto en específico se tomaron 314 puntos de control distribuidos en las diferentes zonas de trabajo.

4.2.1.3. Fase de laboratorio

En esta fase, las muestras extraídas de los sondeos y apiques realizados en la fase anterior fueron sometidas a los ensayos de laboratorio pertinentes. De esta forma se determinó el peso húmedo, peso seco, granulometrías, límite líquido, límite plástico y corte directo. Además, para

este proyecto se le solicitó a la empresa INGEOTEK B S.A.S la realización de los ensayos de compresión simple para determinar la resistencia de las rocas puesto que ALICON & ING S.A.S quien hace las veces de la consultoría, no contaba con el equipo necesario.

4.2.1.4. Fase de oficina

Se realiza el análisis de los datos obtenidos durante las fases anteriores para ser compiladas en un informe final donde se presenten las diferentes características geológicas, geomorfológicas, estructurales y estratigráficas de la zona de estudio necesarias para definir los mapas de gestión del riesgo.

Este documento técnico también agrupa los resultados e interpretaciones del proyecto en la fase de diagnóstico, junto con los resultados obtenidos en los cálculos de amenaza, vulnerabilidad e índice de riesgo.

4.2.1.5. Estimaciones y cronograma

Las estimaciones en las duraciones de las actividades que componen cada fase fueron suministradas por la consultoría. Se precisa que estas valoraciones se basan en los datos históricos de la empresa durante la realización de proyectos similares y emplearon el método PERT para que posteriormente se facilitara su planificación y control.

4.2.2. *Proyectos adicionales*

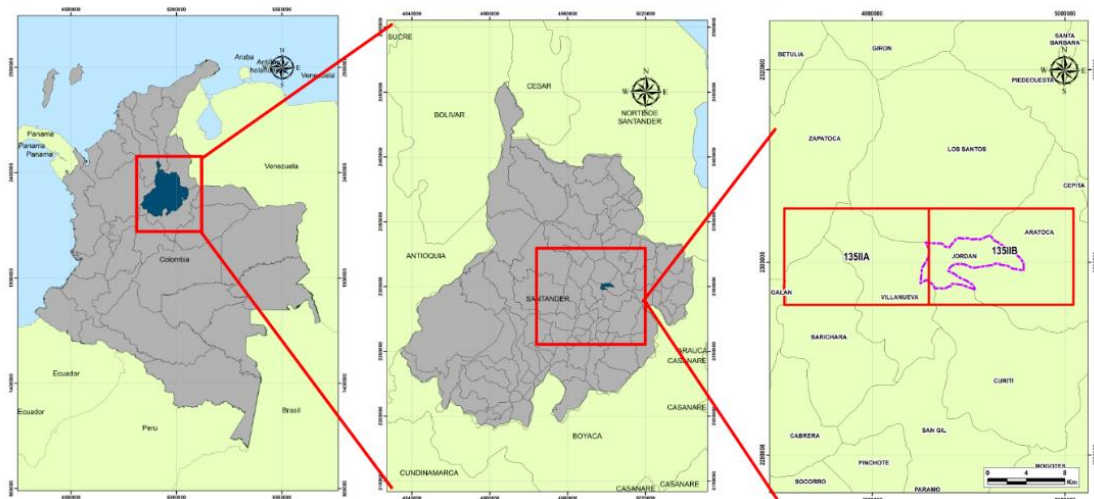
Teniendo en cuenta que para el primer cronograma propuesto no se hacía posible el cumplimiento de los plazos dispuestos por la entidad contratante, se tomó la decisión de asignar a la practicante como el recurso humano para la fase de oficina del proyecto, según las disposiciones para el cumplimiento del tercer objetivo específico planteado. Por lo anterior, se apoyó la elaboración de los estudios hidrológicos y climatológicos necesarios para realizar los estudios básicos de amenaza por inundación y socavación en el municipio de Jordán.

4.2.2.1. Localización

El municipio de Jordán se localiza en la parte centro-oriental del departamento de Santander y pertenece a la Provincia de Guanentá. Limita al norte con Los Santos, por el Oriente con Aratocha, al occidente con Villanueva y por el Sur con Curití como se muestra en la Figura 1. El suelo rural del municipio de Jordán presenta una extensión de 40.23 km² (4022.87 hectáreas) y se encuentra subdividido en cinco (5) veredas conocidas como El Pozo, Monte Grande, El Morro, Besito y El Cuasimo.

Figura 1

Localización del municipio de Jordán con planchas del IGAC



4.2.2.2. Hidrología y climatología

Las unidades hidrográficas hacen referencia al área donde discurren las aguas provenientes de precipitaciones, deshielos o acuíferos hacia un punto de descarga (Aguirre, 2011). Ellas se delimitan por una línea divisoria de las aguas determinada por la altura máxima que divide dos áreas y constituyen la base primordial para el abastecimiento de los acueductos que surten a las poblaciones y veredas.

4.2.2.2.1. Delimitación de las unidades hidrográficas

Las unidades hidrográficas para el municipio se delimitaron mediante un modelo de elevación digital (DEM) del terreno de Alaska Satellite Facility, imagen de radar del satélite ALOS PALSAR., que cuenta con celdas de 12.5 m X 12.5 m, a escala de 1:25.000 y 1:10.000 y se encuentran ubicadas dentro de la subzona hidrográfica No 2403-03 Río Bajo Chicamocha.

Para esta delimitación se hizo uso del software ArcGIS para el que se creó un ráster que demarcaba la dirección del flujo según la pendiente descendente más empinada. Luego, una vez se contaba con un ráster de flujo acumulado se analizó la identificación de redes de arroyos y se asignó el punto de fluidez teniendo en cuenta los cruces de una red de arroyos derivados de la acumulación de flujo. Finalmente, se determinó el área de contribución de cada unidad y su demarcación geográfica.

4.2.2.2.2. Análisis de precipitaciones

La precipitación tiene un papel fundamental dentro de los estudios hidrológicos pues constituye un aspecto relevante en las actividades biológicas y socioeconómicas del área estudiada. Por esta razón, mediante los datos proporcionados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), se realizó el análisis de lluvia, con las estaciones cercana al municipio de Jordán cuyos datos fueran representativos. Se hace la aclaración que no se tuvo en cuenta la estación JORDÁN [24030990] pues no contaba con los datos requeridos.

La caracterización de cada una de las variables se realiza a nivel regional basado en la información histórica anual, registrada en las estaciones que se presentan en la Tabla 7 para identificar el comportamiento climatológico de la zona.

- **Precipitación promedio mensual**

La precipitación media mensual equivale a la doceava parte de la precipitación total anual y hace referencia a un valor promedio de precipitación total en el mes. En el cálculo de la precipitación media mensual se asume la hipótesis que todos los meses llueve la misma cantidad de agua (González & Casallas, 2014). En los Apéndices 5 al 14 se presentan los histogramas de precipitación de las estaciones de interés con su respectiva tabla de datos.

- **Precipitación promedio anual**

Hace referencia a la precipitación total en milímetros a lo largo de un año. Para el presente estudio, fueron utilizados los datos históricos de cinco (5) estaciones meteorológicas ubicadas en la zona circundante al municipio de Jordán. (Ver Tabla 13).

- **Isoyetas**

El mapa de isoyetas para el área rural del municipio de Jordán se presenta en la Figura 7 y su leyenda en la Figura 8, donde se describe la distribución de los valores acumulados de precipitación a lo largo de la extensión territorial. La construcción de este mapa se realizó a través de la herramienta SpLine del software ArGIS en su función regularizada para generar una superficie suave con variación gradual que no se limita a los puntos de muestra.

4.2.2.3. Climatología

Consiste en el estudio de los patrones climáticos en una región específica durante un período de tiempo determinado, permitiendo comprender el clima del municipio, anticipar cambios y tomar medidas de mitigación de los impactos del cambio climático.

- **Isotermas**

Las isotermas se realizaron a través de interpolación de regresiones lineales, tomando en cuenta que los gradientes térmicos que equivalen a los coeficientes de regresión lineal presentan una desviación de estándar menor a 0.03 °C/100m (Chaves & Jaramillo, 1998)

Por lo anterior, se permite generalizar una sola expresión para el cálculo de la temperatura con relación en la altitud, para una misma región. En este caso se hace uso de la ecuación para la región Andina pues a ella pertenece el municipio de estudio. La ecuación lineal usada para temperatura media de la región se muestra en la Ecuación 1 (Chaves & Jaramillo, 1998).

$$T_m (\text{°C}) = 29.35 - 0.0061A \rightarrow \text{Región andina} \quad (1)$$

Donde A es la altura sobre el nivel del mar (msnm).

4.2.2.3. Estudio básico de amenaza por inundación rural

De acuerdo con lo estipulado en el artículo 2.2.2.1.3.2.1.2 del Decreto 1077 de 2015, los estudios básicos de amenaza por inundación rural tienen en cuenta como mínimo los insumos correspondientes a la geomorfología, el modelo de elevación digital del terreno (ver Figura 25), la identificación de las zonas inundables e inundadas y la hidrografía de la zona. Para este estudio en concreto se hizo uso de una metodología de evaluación multicriterio que cuantificaba los elementos en una escala en donde 1 correspondía a los menos susceptibles a episodios de inundaciones y 5 a los más susceptibles.

4.2.2.3.1. Insumos

- **Histórico**

Este insumo caracteriza con un mayor peso a las zonas que han tenido registros de inundaciones durante los datos reportados por el IDEAM para fenómenos de la niña como se muestra en la Tabla 14. También tiene en cuenta los registros históricos propios de la base de datos de DESINVENTAR (Sistema de inventario de efectos de desastres) como se muestra en la Tabla 15, sin embargo, no ha sido georreferenciado puesto que no se contaba con información sobre su ubicación.

Por otra parte, es importante destacar que, tras la revisión de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) del Río Bajo Chicamocha se identificó una zona de influencia que abarca el territorio del municipio de Jordán. No obstante, en la cuenca del Río Bajo Chicamocha, no se encuentra vigente ningún acto administrativo y solo cuenta con un documento técnico denominado “Fase de aprestamiento” elaborado en el año 2019 que no ha sido adoptado oficialmente.

- ***Geomorfología***

Para este insumo, las subunidades que corresponden a los ambientes fluviales son más propensas a inundaciones (ver Figura 26) mientras que los ambientes denudacional, que hacen referencia a aquellas zonas donde los procesos de erosión y meteorización han tenido un impacto significativo en los suelos, son los menos susceptibles por lo que cuentan con menor peso. La zonificación de las unidades geomorfológicas se presenta en la Figura 27 mientras que la cuantificación de los pesos para cada una de ellas se puede observar en la Tabla 16.

- ***Pendientes***

En cuanto a las pendientes, se tuvo en cuenta que, a medida que ellas van aumentando, su probabilidad de inundación va disminuyendo. La zonificación de las pendientes se presenta en la Figura 28 mientras que la cuantificación de los pesos para cada una de ellas se puede observar en la tabla 17.

- ***Unidades geológicas superficiales (UGS)***

Para este insumo se tiene en consideración que los suelos transportados aluviales cuentan con la mayor susceptibilidad a inundaciones mientras que los macizos rocosos no tienden a inundarse con facilidad. La zonificación de las unidades geológicas de superficie se presenta en la

figura 29 mientras que la cuantificación de los pesos para cada una de ellas se puede observar en la tabla 18.

- ***Cobertura de tierras***

Las coberturas más susceptibles a las inundaciones se ubican en los cuerpos de agua y sus alrededores mientras que las más bajas se presentan cerca de las áreas con vegetación alta y densa. Los porcentajes correspondientes a la cobertura de tierra se presenta en la Figura 30 mientras que la cuantificación de los pesos para cada una de ellas se puede observar en la Tabla 19.

4.2.2.3.2. ***Ponderación de factores condicionantes y cálculo del índice de susceptibilidad***

Para calcular el índice de susceptibilidad se recurrió al método Analytic Hierarchy Process (AHP) mediante un análisis de procesos de susceptibilidad por exposición (Toscano & Gérard, 2005), donde tras la realización de la matriz de comparación se obtuvo el índice de importancia correspondiente a cada uno de los insumos descritos anteriormente, esta matriz se presenta en la Tabla 1. Es clave mencionar que el procedimiento desarrollado sigue los lineamientos propuestos por Toscano & Gérard, 2005.

Tabla 1

Matriz de comparaciones pareadas para el índice de susceptibilidad

	Histórico	Geomorfología	Pendientes	UGS	Coberturas	Total	Peso relativo
Histórico	1.00	1.00	3.00	4.00	5.00	14.00	0.33
Geomorfología	1.00	1.00	2.00	4.00	5.00	13.00	0.31
Pendientes	0.33	0.50	1.00	3.00	4.00	8.83	0.21
UGS	0.25	0.25	0.33	1.00	2.00	3.83	0.09
Coberturas	0.20	0.20	0.25	0.50	1.00	2.15	0.05
Total	2.78	2.95	6.58	12.50	17.00	41.82	1

Nota: el grado de importancia de los insumos fue determinado por la consultoría teniendo en cuenta su magnitud durante el suceso de inundación.

Una vez se contaba con la matriz pareada, se procedió a normalizarla por columnas para hallar el peso relativo de cada insumo y la razón de consistencia. Del proceso anterior se obtuvo la matriz que se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2

Matriz normalizada para el índice de susceptibilidad

	Histórico	Geomorfología	Pendientes	UGS	Coberturas	Total	Peso relativo	Razón de consistencia
Histórico	0.36	0.34	0.46	0.32	0.29	1.77	0.35	0.02
Geomorfología	0.36	0.34	0.30	0.32	0.29	1.62	0.32	
Pendientes	0.12	0.17	0.15	0.24	0.24	0.92	0.18	
UGS	0.09	0.08	0.05	0.08	0.12	0.42	0.08	
Coberturas	0.07	0.07	0.04	0.04	0.06	0.28	0.06	
Total						5.00	1	

Se destaca que se trata de una matriz consistente pues su razón de consistencia es menor a 0.1, mientras que, si superase este valor se consideraría inconsistente. Además, se cuantifica el insumo correspondiente a los datos históricos como el de mayor importancia mientras que el factor coberturas de tierra cuenta con menor peso. En la Tabla 3 se presenta el porcentaje de susceptibilidad de acuerdo con los pesos relativos de ocurrencia.

Tabla 3*Porcentajes de susceptibilidad por insumo*

Insumo	Porcentaje
Histórico	0.35
Geomorfología	0.32
Pendientes	0.18
UGS	0.08
Coberturas	0.06

El valor de susceptibilidad se obtuvo mediante la suma algebraica de las capas de susceptibilidad como se presenta en la Ecuación 2.

$$ST = (0.32 \cdot SGMFO) + (0.08 \cdot SHIS) + (0.06 \cdot SCBT) + (0.08 \cdot SUGS) + (0.18 \cdot PEND) \quad (2)$$

Donde ST es la susceptibilidad total del terreno a inundaciones; SGMFO es la susceptibilidad por factores geomorfológicos; SHIS es la susceptibilidad por factores históricos; SCBT es la susceptibilidad por cobertura de la tierra.; SUGS es la susceptibilidad producto de las unidades geológicas superficiales y SPEND es la susceptibilidad por pendientes.

4.2.2.3.3. Zonificación de la susceptibilidad por inundación rural

Teniendo establecida la ponderación de los factores condicionantes y los pesos relativos, se procedió a realizar el cálculo de la Ecuación 2 por medio del software ArGIS. De esta forma se obtuvo el valor de susceptibilidad para cada uno de los factores condicionantes que fueron categorizados en un rango entre 1 y 5 como se presenta en la Tabla 20.

4.2.2.3.4. Zonificación de amenaza por inundación rural

Los procesos de inundación son el resultado de la interacción de factores intrínsecos del terreno que lo predisponen hacia una situación de susceptibilidad y los factores extrínsecos que

son considerados como detonantes pues desencadenan una amenaza. Para el caso concreto, el factor detonante corresponde a la precipitación, lo que como insumo corresponde a las isoyetas como se describe a continuación:

- ***Isoyetas***

La asignación del peso relativo de este insumo se desarrolló haciendo uso de la herramienta para la clasificación en Cortes Naturales de Jenks con el software ArcGIS, para esto se seleccionaron cinco categorías en donde las mayores precipitaciones correspondían a la mayor susceptibilidad de inundación. (Ver Tabla 21).

Ahora bien, tras realizar la matriz de comparaciones pareadas que relaciona el índice de susceptibilidad y el factor detonante, se obtiene la Tabla 4. Además, se tiene en cuenta que la ponderación asignada fue decisión de la consultoría.

Tabla 4

Matriz de comparaciones pareadas para la zonificación de amenaza por inundación

	Susceptibilidad inundación	Factor detonante	Total	Peso relativo
Susceptibilidad inundación	1.00	5	6.00	0.83
Factor detonante	0.20	1.00	1.20	0.17
Total	1.20	6.00	7.20	1

Una vez se contaba con la matriz presentada en la Tabla 4, se procedió a normalizarla por columnas para hallar el peso relativo de cada insumo y la razón de consistencia. Del proceso anterior se obtuvo la matriz que se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5

Matriz normalizada para la zonificación de amenaza por inundación

	Susceptibilidad inundación	Factor detonante	Total	Peso relativo	Razón de consistencia
Susceptibilidad inundación	0.83	0.83	1.67	0.83	0
Factor detonante	0.17	0.17	0.33	0.17	
Total			2.00	1	

Para el cálculo de la zonificación de amenaza por inundación se tuvo en cuenta la Ecuación 3 en donde H_i corresponde a la amenaza por inundación, ST es la susceptibilidad por inundación y FP es el factor detonante por precipitación.

$$H_i = (0.83FP) + (0.17ST) \quad (3)$$

Finalmente, se establecieron los rangos de amenaza baja, media y alta haciendo uso del método de clasificación estándar por cortes naturales de Jenks a través del software ArcGIS. Las entidades se dividieron en clases cuyos límites quedaron establecidos como se muestra en la Tabla 22.

4.2.2.4. Estudio básico de amenaza por inundación urbano

El modelo de amenaza por inundación para el suelo urbano del municipio de Jordán se realizó haciendo uso de un método determinístico con base en los resultados obtenidos en el modelamiento hidráulico. De esta forma, se hace posible determinar la distribución espacial de la inundación, profundidad, velocidad, tiempo de arribo y duración. Para este proceso, se hizo necesario contar con información topográfica detallada en los tramos del cauce y características como sedimentos, rugosidad, condiciones de borde, entre otras.

A su vez, se tuvieron en cuenta los criterios estipulados por entidades oficiales como el IDEAM, el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) y el Servicio Geológico Colombiano (SGC). También, se utilizaron como guía los estudios realizados por el proyecto SUFRI Escuder et al., (2011). Por tanto, para la zonificación de la amenaza por inundación urbana se emplearon los insumos que se presentan a continuación.

4.2.2.4.1. Insumos

- **Geomorfología**

Se realizó la identificación de las subunidades geomorfológicas asociadas a los paisajes aluviales en el suelo urbano del municipio, con especial énfasis en las geoformas de origen denudacional (Ver Figura 31).

- **Pendientes**

Este insumo brinda información sobre las zonas propensas a la ocurrencia de eventos de inundación, como por ejemplo, las zonas de baja pendiente con llanuras cerca a los cauces de redes hídricas. (Ver Figura 32).

- **Cartografía base**

Comprende el levantamiento a partir de la cual se obtienen curvas de nivel con separación de 5 m lo que permite demarcar el área de análisis de los drenajes o cursos de agua que atraviesan el suelo urbano del municipio. (Ver Figura 33).

- **Cobertura de tierras**

Este insumo permite identificar la rugosidad del material y las zonas que tienen una mayor tendencia a retener agua por la superficie de este. (Ver Figura 34).

- **Hidrología**

El río Chicamocha es considerado el curso de agua con mayor influencia en la determinación de la amenaza por inundación para el suelo urbano del municipio de Jordán. Cabe

aclarar que se tuvieron en cuenta la totalidad de las estaciones hidrometeorológicas ubicadas a lo largo del alto, medio y bajo Chicamocha pues influyen directamente dentro del cálculo del caudal para la zona de estudio. Esta estimación se presenta en la tabla 23 que fue tomado del “Informe hidráulico Los Santos”, desarrollado por la consultoría y para el que se tenían en cuenta las estaciones que se muestran en la Figura 35.

4.2.2.4.2. *Elaboración del modelo en el software HEC-RAS*

Se inició con la construcción de la malla producto del modelo digital del terreno (DEM) a partir de la batimetría del río Chicamocha que ascendió a 3 kilómetros divididos en secciones de entre 20 y 30 metros. Por otra parte, se asignaron los valores del coeficiente de rugosidad de Manning, para el cauce se trata de $n=0.1$ pues es un curso importante con sección irregular y rugosa. Para las laderas, se seleccionó $n=0.07$ dado que presenta zonas arbustivas con escasos arbustos y pasto abundante. Se recalca que los valores del coeficiente de Manning fueron asignados por la consultoría según las descripciones de la comisión de campo y se extrajeron de la Figura 36.

Dentro de la definición de las condiciones de contorno, se establecen principalmente la línea central del río, las líneas de banca activa, las trayectorias de flujo y las secciones transversales. De esta misma forma se realiza el modelamiento del puente colgante Lengerke entre las secciones aguas arriba y aguas abajo según las dimensiones obtenidas en el levantamiento topográfico del terreno. Este procedimiento se realizó apoyándose en Villamizar & Guerrero (2021).

De forma adicional, se introducen los datos de caudales para los diferentes periodos de retorno y se indica el tipo de régimen subcrítico para el modelamiento realizado en los escenarios de inundación de las zonas de estudio. En la Figura 37 se presenta la malla con las secciones transversales correspondientes en verde y el puente en negro.

4.2.2.4.3. Resultados hidráulicos

Tras correr el modelo se obtuvieron las cotas de inundación que representan los niveles a partir de los cuales se comienza a presentar las primeras afectaciones en zona urbanas. En la Figura 38 se presentan las cotas de inundación para un periodo de retorno de 100 años.

En la Figura 39 se presentan la velocidad promedio aproximada del movimiento del agua durante un evento de inundación para un periodo de retorno de 100 años. Se aprecia que las mayores velocidades están relacionadas con las zonas correspondientes al eje del drenaje y en las zonas donde el cauce se hace más estrecho.

4.2.2.4.4. Zonificación de amenaza por inundación para el suelo urbano

Se establecieron los rangos de amenaza baja, media y alta para los periodos de retorno de 50 y 100 años, haciendo uso del método de clasificación estándar por cortes naturales de Jenks a través del software ArcGIS. Las entidades se dividieron en clases cuyos límites quedaron definidos como Cruz et al. (2005) determina y se presentan en la Tabla 24. Posteriormente, para la categorización de la zona urbana del municipio de Jordán se realiza una correlación entre las amenazas obtenidas en cada periodo de retorno como se muestra en la Tabla 25.

4.2.2.5. Estudio básico de socavación

El estudio de socavación en cauces es fundamental para comprender y gestionar adecuadamente los riesgos asociados a la erosión en los cuerpos de agua pues ella retira partículas de sedimentos del lecho del cauce, aumentando el riesgo de inundaciones y deslizamientos de tierra (Fasanando, 2018).

Por lo tanto, es indispensable identificar las características de la socavación para evaluar la magnitud del riesgo y tomar medidas preventivas que protejan las áreas vulnerables haciendo uso de obras de mitigación. Para el caso del municipio de Jordán, se busca cuantificar la socavación a

lo largo del cauce del río Chicamocha y especialmente la sección propia del puente colgante Lengerke. Como se puede observar en la Figura 40 obtenida tras el reconocimiento de campo, los estribos del puente ya presentan una erosión notoria.

Para el cálculo de la profundidad de socavación a lo largo del Cauce del río Chicamocha, se hizo uso de la metodología de Lacey que se presenta en la Ecuación 4 (Lacey, 1958). Además, se tuvieron en cuenta los valores correspondientes al caudal y el tirante máximo presente en cada sección transversal para un periodo de retorno $Tr=100$ años según lo estipulado en el artículo 2.6.4.4.2. de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes (CCP14).

$$D_s = 1.35 \cdot \left(\frac{q^2}{f}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

Donde q es el caudal unitario y f es el factor de Lacey para el que se seleccionó $f=4.7$. Se recalca que el valor de este factor fue asignado por la consultoría según las descripciones de la comisión de campo y se extrajo de la Tabla 26.

Ahora bien, para el cálculo de la profundidad de socavación corregida se hizo uso de la Ecuación 5.

$$d_{sa} = D_{sa} - y_{m\acute{a}x} \quad (5)$$

En donde la profundidad de socavación total (D_{sa}) es calculada como se muestra en la Ecuación 6.

$$D_{sa} = k_{sa} \cdot D_s \quad (6)$$

Para esto se tiene que $Y_{m\acute{a}x}$ corresponde al tirante máximo en cada sección transversal y k_{sa} es el factor de ajuste, correspondiendo a 2.0 según las directrices de la consultoría. Para la determinación de la socavación en los estribos del puente colgante Lengerke se hizo uso del

software HEC-RAS teniendo en cuenta un $D_{50}=1.60$ mm, dato extraído de la muestra 1 del sondeo 16 realizado por la consultoría y un valor estimado de 23°C como temperatura media.

5. Resultados

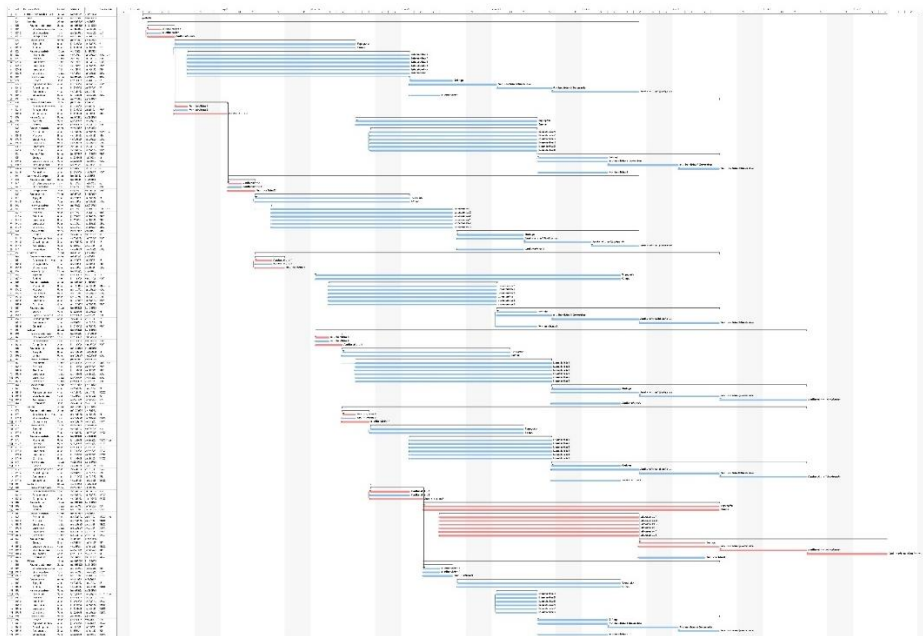
En el siguiente apartado se presentan los resultados obtenidos tras la realización de las disposiciones descritas en la fase metodológica de los dos proyectos realizados durante la práctica empresarial.

5.1. Gestión al cronograma para el proyecto PTAR Río de Oro

En la Figura 2 se presenta el cronograma para el proyecto PTAR Río de Oro en donde se especifica una duración estimada de 37 días. Con esta estimación, se garantizó el cumplimiento del plazo solicitado por el supervisor para el que se tenía planteada la entrega el día 30 de octubre del 2023. Puesto que, se dio inicio al proyecto el día 29 de agosto del 2023 y para el 25 de octubre del mismo año ya se contaba con la totalidad del desarrollo del proyecto.

Figura 2

Cronograma para el proyecto PTAR Río de Oro

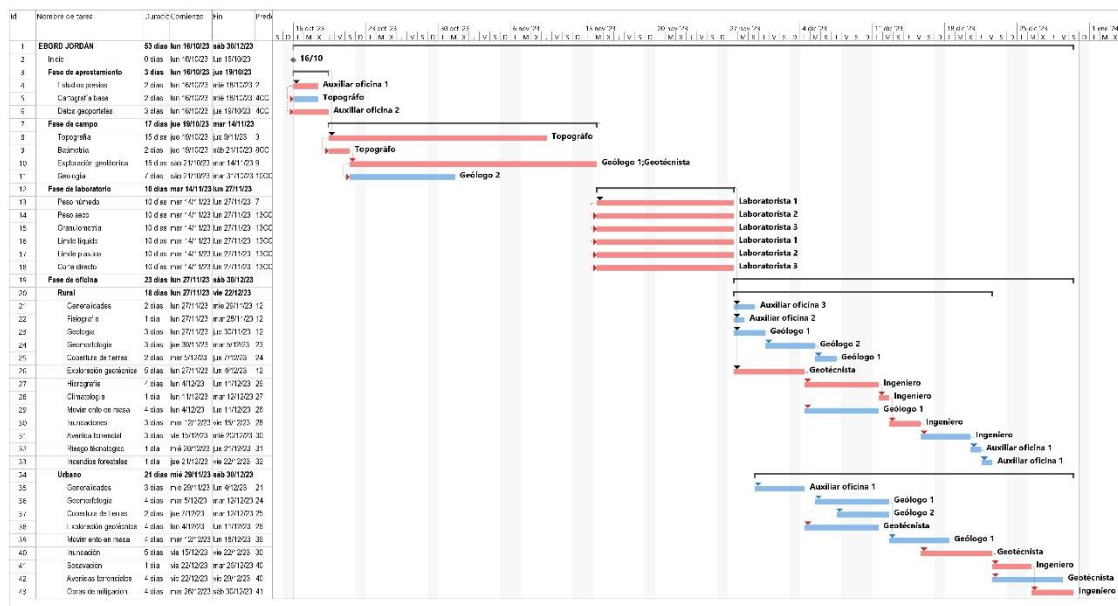


5.2. Gestión al cronograma para el proyecto EBGRD Jordán

En la Figura 3 se presenta el cronograma inicial para el proyecto EBGRD Jordán en donde se especifica una duración estimada de 53 días. Con esta estimación, no se garantizaba el cumplimiento del plazo solicitado por la entidad contratante para el que se tenía planteada la entrega el día 26 de diciembre del 2023. Puesto que, se dio inicio al proyecto el día 16 de octubre del mismo año.

Figura 3

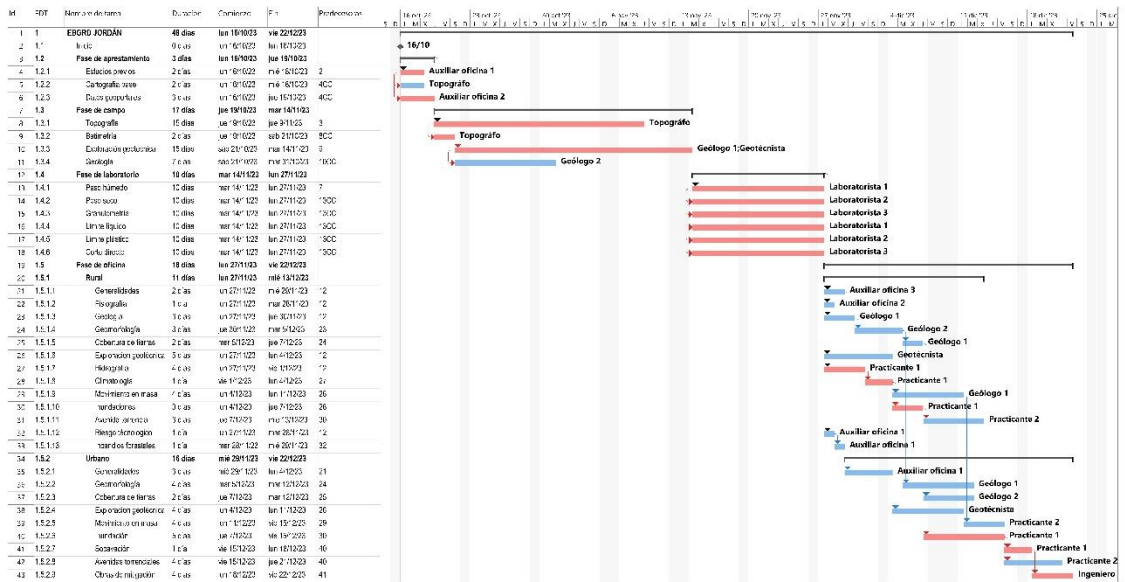
Cronograma inicial para el proyecto EBGRD Jordán



Por lo anterior, se hizo necesario realizar una reasignación del recurso humano del proyecto lo que incluyó la designación de la practicante como personal indispensable para el desarrollo de la fase de oficina del proyecto. Con esta estrategia se garantizó la entrega a la entidad contratante dentro de los plazos dispuestos; pues, se redujo su duración de 53 a 48 días. De esta forma, se concluyó el proyecto el día 22 de diciembre del 2023, 8 días antes de la fecha que se había estimado con anterioridad como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Cronograma con modificación de recursos para el proyecto EBGRD Jordán



5.3. Proyectos adicionales: estudio básico de amenaza por inundación y socavación para el municipio de Jordán, Santander.

Los proyectos adicionales realizados durante el desarrollo de la práctica empresarial se dividieron en el estudio básico de amenaza por inundación tanto para el suelo rural como para el suelo urbano del municipio de Jordán y el estudio básico de socavación.

5.3.1. Estudio básico de amenaza por inundación rural

5.3.1.1. Unidades hidrográficas

Tras la determinación del área de contribución de cada unidad hidrográfica y su demarcación geográfica, se obtuvo el mapa presentado en la Figura 5 con su respectiva leyenda presentada en la Figura 6.

Figura 5

Mapa de las unidades hidrográficas del municipio de Jordán, Santander

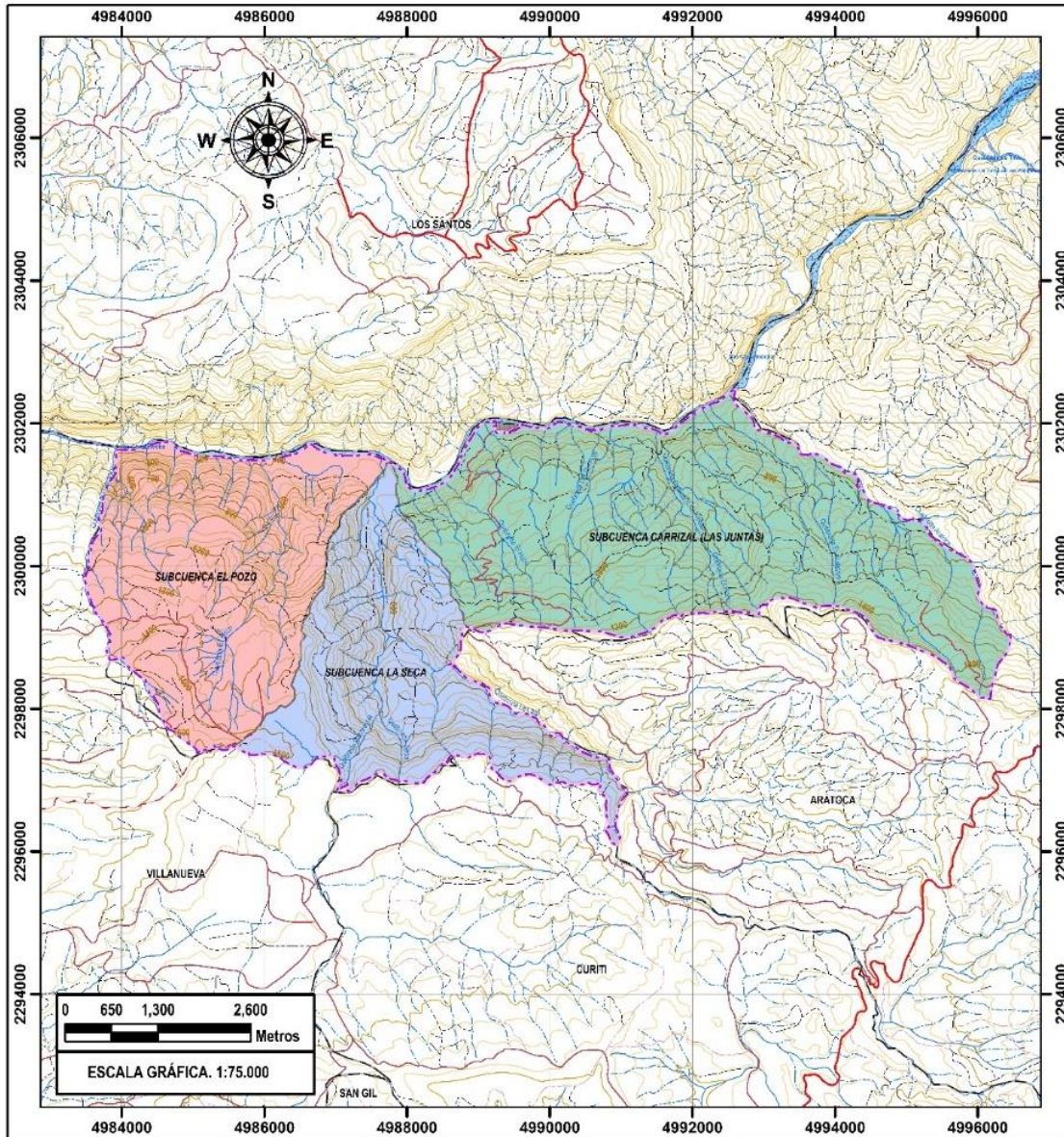





Figura 6

Leyenda del mapa de las unidades hidrográficas del municipio de Jordán, Santander

LEYENDA MAPA DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS			
COLOR	NOMBRE DE LA UNIDAD	ÁREA (ha)	PORCENTAJE
	La Seca	977.44 ha	24.33 %
	Carrizal	1896.50 ha	47.10 %
	El Pozo	1150.50 ha	28.57 %
ÁREA TOTAL DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS		4026.47 ha	100.00 %

5.3.1.2. Isoyetas

Para el municipio de Jordán, se obtuvo el mapa de isoyetas que se presenta en la Figura 7 y su leyenda en la Figura 8. Estas están comprendidas en un rango entre los 931.49 y 1207.68 mm. Los valores de precipitación aumentan de manera general desde el occidente hacia el oriente, presentando una mayor precipitación sobre la vereda El Cuásimo y la parte baja de la vereda Monte Grande y precipitación media en las veredas Besito y El Morro. Las menores precipitaciones se presentan en las veredas El Pozo y la parte alta de la vereda Monte Grande.

Figura 7

Mapa de isoyetas del municipio de Jordán, Santander

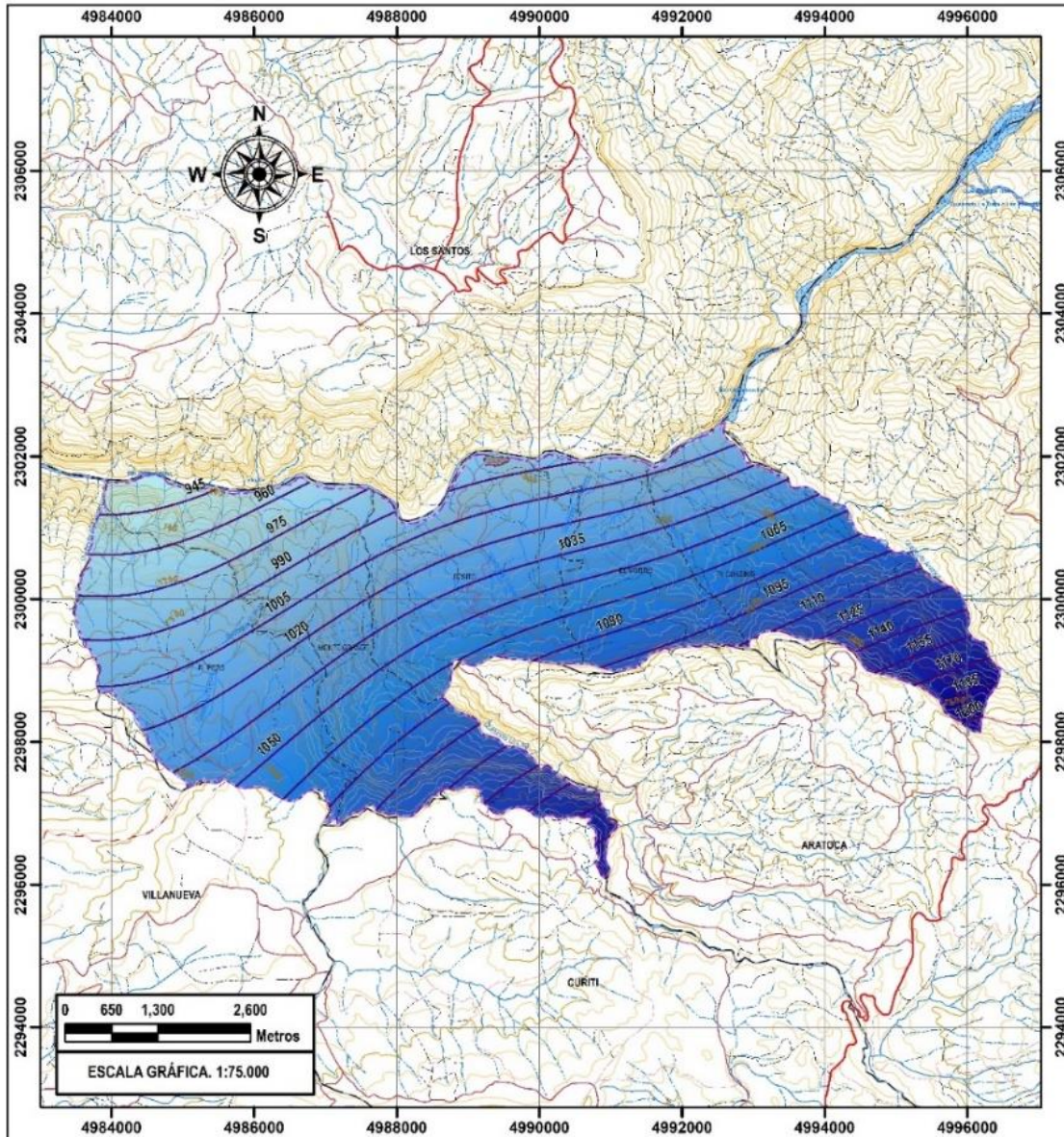

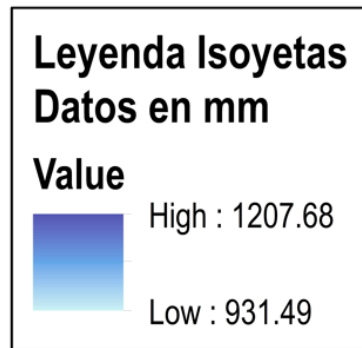


Figura 8

Leyenda del mapa de isoyetas del municipio de Jordán, Santander

LEYENDA MAPA DE ISOYETAS PARA PRECIPITACIÓN PROMEDIO TOTAL ANUAL	
COLOR	DESCRIPCIÓN
	Isoyeta

**5.3.1.3. Isotermas**

A través del estudio climatológico se obtuvo el mapa de isotermas que se presenta en la Figura 9 y su leyenda en la Figura 10. Se observa que la zona norte del municipio de Jordán presenta temperaturas más altas que la zona sur, estas temperaturas se encuentran en un rango entre los 18 °C y 27 °C.

Figura 9

Mapa de isotermas del municipio de Jordán, Santander

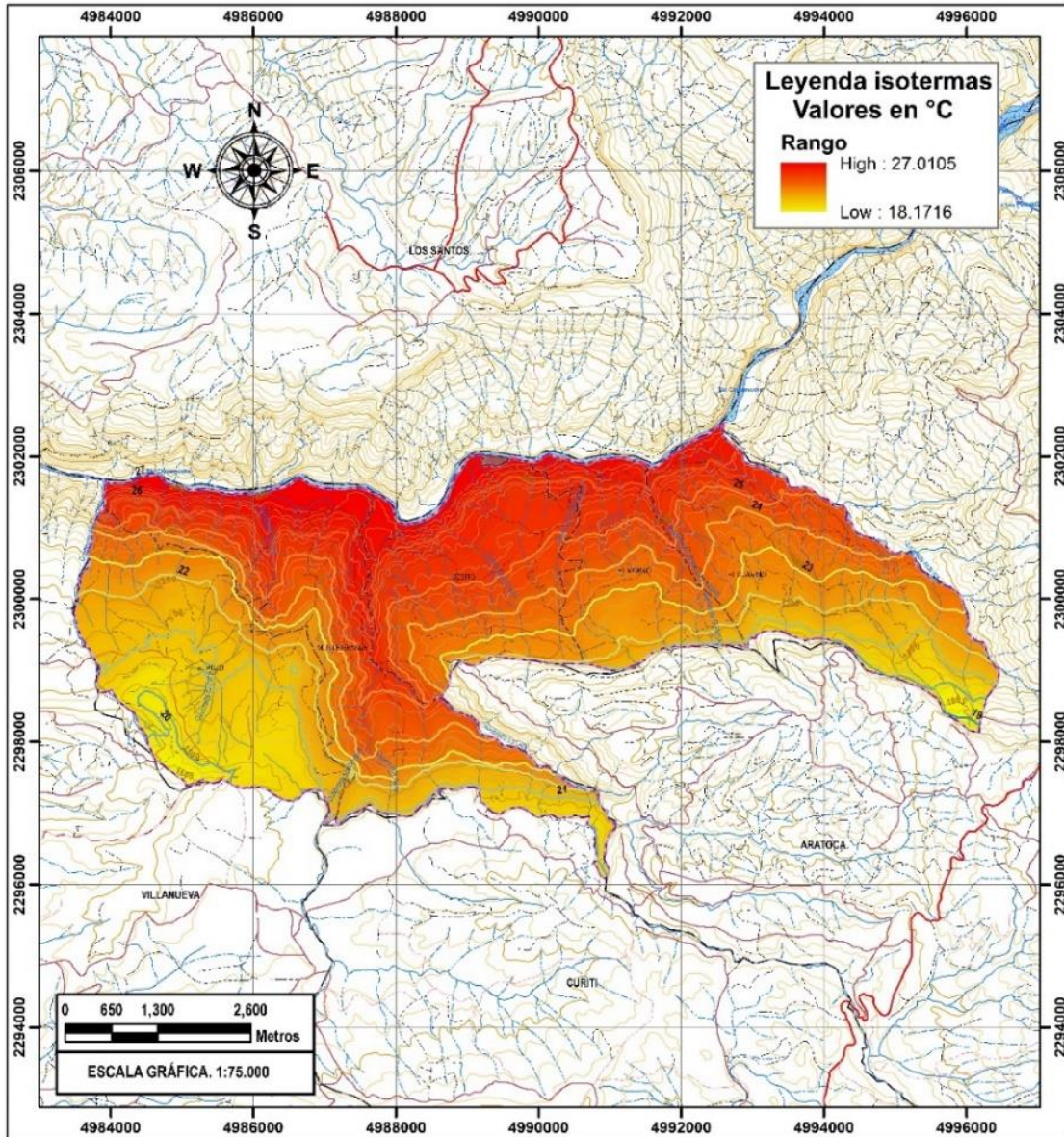


Figura 10*Leyenda mapa de isothermas***5.3.1.4. Susceptibilidad por inundación rural**

Tras la determinación de la susceptibilidad por inundación se obtuvo el mapa de susceptibilidad por inundación para el suelo rural del municipio de Jordán que se puede observar en la Figura 11 y su leyenda en la Figura 12. De lo anterior se puede afirmar que, en el municipio de Jordán existe un predominio de la susceptibilidad baja con un área de 3369.82 ha, equivalentes al 83.77%. Por su parte, la susceptibilidad media presenta un área de 566.85 ha, iguales al 14.09%. Finalmente, la susceptibilidad alta abarca una extensión de 86.20 ha, equivalentes al 2.14% del suelo rural del municipio de Jordán.

Figura 11

Mapa de susceptibilidad por inundación del municipio de Jordán, Santander

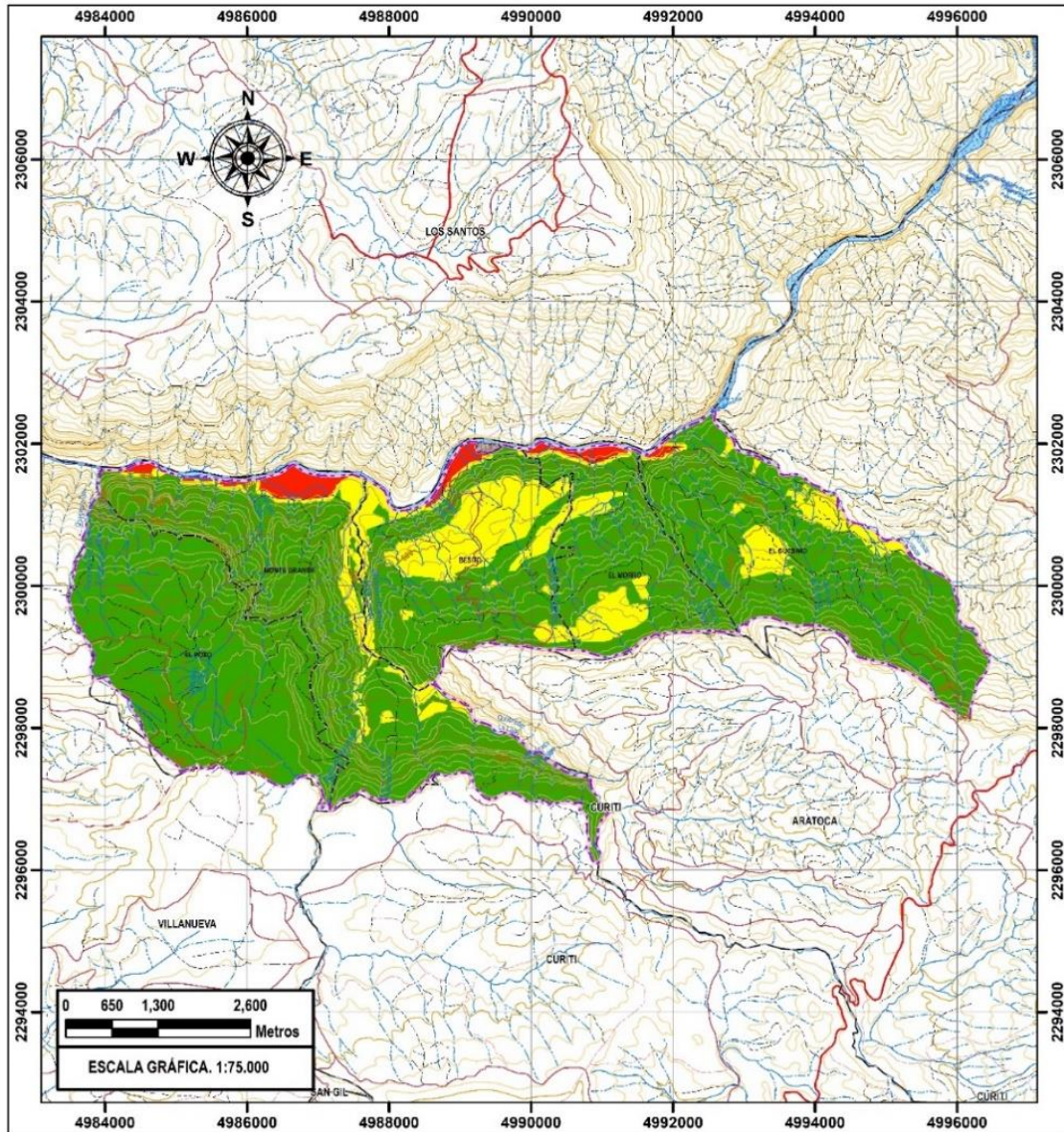





Figura 12

Leyenda del mapa de susceptibilidad por inundación del municipio de Jordán, Santander

LEYENDA MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR INUNDACIÓN			
Color	Descripción	Área (ha)	Porcentaje
	Baja	3369.82 ha	83.77 %
	Media	566.85 ha	14.09 %
	Alta	86.20 ha	2.14 %
Area total de Susceptibilidad por Inundación		4022.87 ha	100.00 %

5.3.1.5. Zonificación de amenaza por inundación rural

Como resultado, se obtuvo el mapa de zonificación de amenaza por inundación que se presenta en la Figura 13 donde se observa una amenaza baja con una extensión de 3651.35 ha, equivalentes al 90.76%. La amenaza media presenta un área de 281.89 ha, correspondientes al 7.01% y la amenaza alta un área de 89.64 ha, iguales al 2.23% del suelo rural del municipio de Jordán. Estos porcentajes también se presentan en la Figura 14.

Figura 13

Mapa zonificación de amenaza por inundación

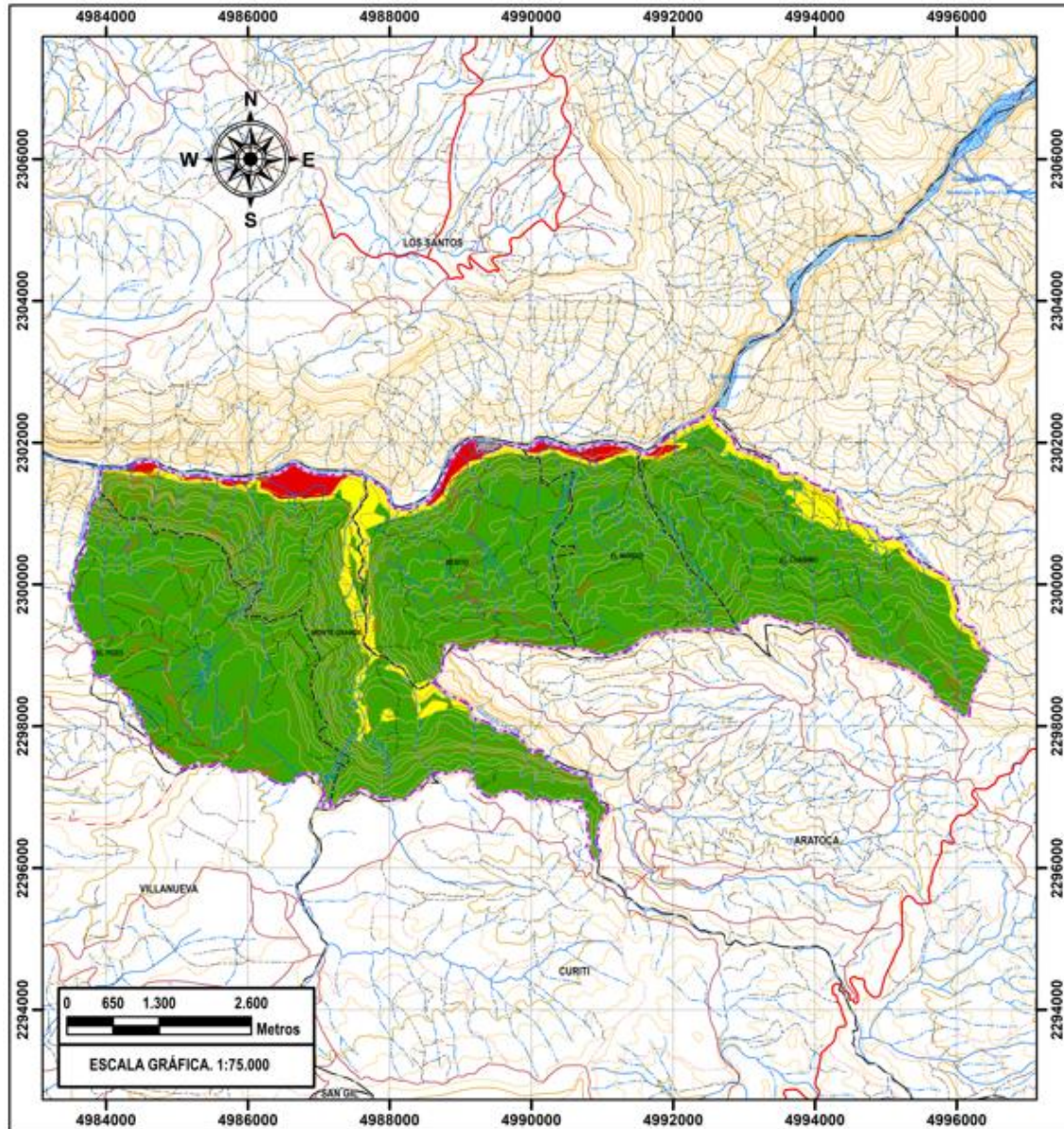


Figura 14

Leyenda mapa zonificación de amenaza por inundación

LEYENDA MAPA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN					
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	POSIBLES DAÑOS	RECOMENDACIONES	ÁREA (ha)	PORCENTAJE
BAJA	Zonas con probabilidad baja de ocurrencia de inundaciones. Corresponde a geoformas altas o muy altas dispuestas por encima de valles de inundación y fuera de cauce, con densidad de drenaje baja, superficies con pendientes altas, asociados a geoformas de tipo ladera muy inclinada o de origen estructural, con coberturas altas con gran densidad con muy buena capacidad de escurrimiento y absorción.	Afectación en coberturas de tierras naturales, agrícolas y territorios artificializados, daños en redes de acueducto y alcantarillado, redes eléctricas y de telecomunicaciones, pérdida parcial de la movilidad vehicular.	Mantener un buen control de escorrenría de aguas superficiales	3651.35 ha	90.76 %
MEDIA	Zonas con probabilidad media de ocurrencia de inundaciones. Corresponde a geoformas medias a altas, de origen fluvial como terrazas de acumulación, con alta densidad de drenaje. Cobertura de tierras bajas que ayudan a la protección del suelo frente a la erosión, cauces principalmente de orden intermedio, que pueden presentar eventos de inundación.	Afectación en coberturas de tierras naturales, agrícolas y territorios artificializados, daños en redes de acueducto y alcantarillado, redes eléctricas y de telecomunicaciones, pérdida parcial de la movilidad vehicular, daños en elementos no estructurales, pérdida de la habitabilidad de las viviendas, pérdida parcial de la movilidad vehicular.	Mantener un buen control de escorrenría de aguas superficiales y realizar estudios detallados para planear obras para la prevención de inundaciones en zonas con elementos expuestos.	281.89 ha	7.01 %
ALTA	Zonas con una alta probabilidad de ocurrencia de inundaciones. Corresponde a geoformas principalmente fluviales con alturas bajas a medias respecto al cauce, con gran probabilidad de inundarse o anegarse, de bajas pendientes asociadas a depósitos aluviales de cauces principales, con poca cobertura de tierra y que presentan antecedentes de ocurrencia de inundaciones.	Afectación en coberturas de tierras naturales, agrícolas y territorios artificializados, daños en redes de acueducto y alcantarillado, redes eléctricas y de telecomunicaciones, pérdida parcial de la movilidad vehicular, morbilidad y mortalidad de seres humanos, colapso total de cubiertas, elementos estructurales y no estructurales, pérdida de la habitabilidad de las viviendas, pérdida total de la movilidad vehicular.	Realizar estudios detallados para plantear obras de mitigación y control de erosión fluvial en zonas con elementos expuestos.	89.64 ha	2.23 %
ÁREA TOTAL ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN				4022.87 ha	100.00 %

5.3.2. Estudio básico de amenaza por inundación urbano

5.3.2.1. Zonificación de amenaza por inundación urbano

De acuerdo con los parámetros anteriormente mencionados, se presenta la leyenda del mapa de zonificación de amenaza por inundación para el suelo urbano del municipio de Jordán en la Figura 15 y el plano en la Figura 16. En este plano se presenta una amenaza baja para el 100% del suelo urbano que representa 3.60 ha.

Figura 15

Leyenda del plano de zonificación de amenaza por inundación urbano

LEYENDA DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN DEL SUELO URBANO						
COLOR	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	POSIBLES DAÑOS	RECOMENDACIONES	ÁREA (ha)	PORCENTAJE
BAJA	BAJA	Zonas con probabilidad baja de ocurrencia de inundaciones. Corresponde a geoformas altas por encima de valles de inundación y cerca de cauces, con densidad de drenaje baja, superficies con pendientes altas, asociados a geoformas de tipo ladera inclinada o de origen estructural, con coberturas altas de gran densidad con muy buenas capacidad de escurrimiento y absorción.	Afectación en coberturas de tierras naturales, agrícolas y territorios artificializados, daños en redes de acueducto y alcantarillado, redes eléctricas y de telecomunicaciones, pérdida parcial de la movilidad vehicular.	Mantener un buen control de escorrenría de aguas superficiales,	3.60 ha	100.00 %
ÁREA TOTAL DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN					3.60 ha	100.00 %

Figura 16

Plano de zonificación de amenaza por inundación urbano



5.3.3. Estudio básico de socavación

5.3.3.1. Socavación en las secciones transversales

En la Tabla 6 se presentan los valores de socavación obtenidos para cada sección transversal tras la implementación de la metodología de Lacey para los caudales y tirantes

máximos obtenidos del modelamiento en el software HEC- RAS para un periodo de retorno de 100 años.

Tabla 6

Valores de socavación para cada sección transversal con un $Tr=100$ años del municipio de

Jordán, Santander

Sección transversal	Caudal total (m ³ /s)	Tirante máximo (m)	Ancho lámina agua (m)	Ds (m)	Dsa (m)	Hs (m)
1654	1627.5	9.79	66.63	6.78	13.57	3.78
1590	1627.5	10.11	56.51	7.57	15.14	5.03
1542	1627.5	9.16	55.92	7.63	15.25	6.09
1504	1627.5	8.95	66.45	6.8	13.59	4.64
1471	1627.5	9.04	87.31	5.67	11.33	2.29
1443	1627.5	9	102.19	5.1	10.2	1.2
1410	1627.5	9.69	118.06	4.63	9.27	-0.42
1373	1627.5	10.11	122.69	4.52	9.03	-1.08
1343	1627.5	10.69	117.65	4.64	9.29	-1.4
1317	1627.5	10.41	90.59	5.53	11.06	0.65
1279	1627.5	10.26	83.75	5.83	11.65	1.39
1239	1627.5	10.18	93.3	5.42	10.84	0.66
1201	1627.5	9.4	55.45	7.67	15.34	5.94
1162	1627.5	8.92	55.31	7.68	15.36	6.44
1123	1627.5	9.92	65.43	6.87	13.73	3.81
1083	1627.5	9.81	77.1	6.16	12.31	2.5
1033	1627.5	9.49	71.13	6.5	12.99	3.5
984	1627.5	10.24	68.27	6.68	13.35	3.11
947	1627.5	10.99	64.09	6.96	13.93	2.94
904	1627.5	10.78	60.19	7.26	14.52	3.74
857	1627.5	11.42	58.57	7.39	14.79	3.37

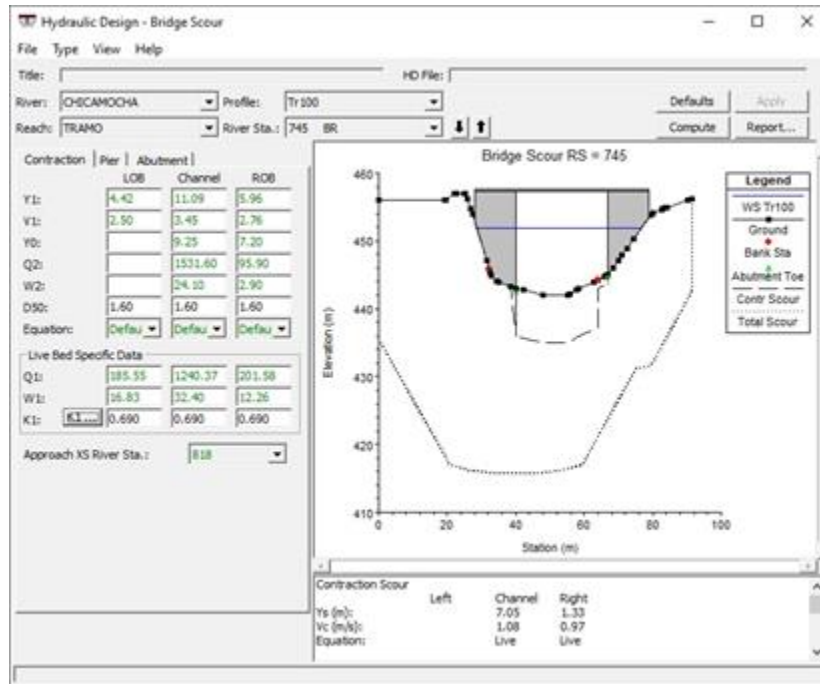
818	1627.5	12.25	61.5	7.16	14.31	2.06
791	1627.5	11.95	52.57	7.95	15.89	3.94
741	1627.5	11.71	56.88	7.54	15.08	3.37
715	1627.5	12.5	65.95	6.83	13.66	1.16
695	1627.5	12.43	62.58	7.07	14.15	1.72
661	1627.5	13.22	62.4	7.09	14.18	0.96
624	1627.5	13.01	82.05	5.91	11.81	-1.2
588	1627.5	12.74	69.07	6.62	13.25	0.51
553	1627.5	12.42	73.57	6.35	12.7	0.28
524	1627.5	12.21	72.61	6.41	12.81	0.6
486	1627.5	11.93	74.71	6.29	12.57	0.64
448	1627.5	11.66	75.15	6.26	12.52	0.86
410	1627.5	11.4	78.28	6.09	12.19	0.79
368	1627.5	11.18	85.98	5.72	11.45	0.27
321	1627.5	10.31	68.08	6.69	13.38	3.07
274	1627.5	9.6	64.13	6.96	13.92	4.32
230	1627.5	10.26	71.26	6.49	12.98	2.72
188	1627.5	9.98	78.53	6.08	12.16	2.18
152	1627.5	9.68	75.45	6.25	12.49	2.81
116	1627.5	9.38	77.34	6.14	12.29	2.91
85	1627.5	8.99	75.75	6.23	12.46	3.47
48	1627.5	8.58	73.65	6.35	12.69	4.11

5.3.3.2. Socavación en los estribos del puente Lengerke

En la Figura 17 se presentan los resultados obtenidos para la socavación en los estribos del puente Lengerke y el cauce del río Chicamocha para esta sección transversal. Lo anterior, se visualiza a través de la herramienta Hydraulic Design – Bridge Scour propia del ambiente del software HEC-RAS.

Figura 17

Socavación en la sección del puente Lengerke en el municipio de Jordán, Santander a través del software HEC-RAS



6. Conclusiones

A través del desarrollo de la práctica empresarial, se destaca la importancia del seguimiento y control de proyectos para garantizar su ejecución exitosa producto de la estructuración de la secuencia de actividades necesarias para cumplir los objetivos. Asimismo, apoyarse en el software Microsoft Project facilitó la identificación de dependencias entre tareas, la asignación eficiente del recurso humano y la estimación en los plazos de cada fase.

Del mismo modo, llevar un control diario en los avances que se realizaban por actividad, permitió identificar a tiempo las posibilidades de atrasos que se presentaban bien sea por factores propios de la empresa o ajenos a ella. Además, sortear los imprevistos a tiempo, haciendo uso de medidas de mitigación, concede la facultad de adaptación y ajuste de estrategias en pro de la eficiencia y optimización de los proyectos.

Por otra parte, se pudo observar la importancia de la realización de estudios básicos de amenaza para el municipio de Jordán, pues si bien presenta una zonificación de amenaza baja en su suelo urbano, a nivel rural cuenta con una zonificación de amenaza alta alrededor de los principales cauces de drenajes y una amenaza media para las áreas aledañas donde se encuentran confinadas las planicies de inundación y diferentes niveles de terrazas. De igual manera, se precisa el acotamiento y protección de las riberas del cauce del río Chicamocha y los drenajes de menor dimensión, pues no solo es esencial desde el punto de vista ecosistémico, sino también de la gestión del riesgo, teniendo en cuenta que su ocupación reduce la exposición a la amenaza ante este tipo de eventos.

Finalmente, se recalca la magnitud de socavación a la que pueden verse sometidos los estribos del puente Lengerke haciendo imprescindible el desarrollo de obras de mitigación que prevengan la debilitación de los soportes o el colapso de la estructura.

7. Recomendaciones

Durante la elaboración de los cronogramas para los proyectos, se recomienda garantizar tiempos de holgura que permitan sortear los eventos que no han sido considerados a lo largo de su planeación dado que, durante la etapa de ejecución se está sujeto a un sinnúmero de incertidumbres. Un ejemplo concreto se presentó durante el desarrollo del Estudio Básico de Gestión de Riesgos de Desastres para el municipio de Jordán pues no se tomó en consideración la caída del geoportal del IDEAM indispensable en la obtención de datos hidrológicos. Lo anterior, causó un atraso significativo en los plazos que se habían estipulado pero pudo ser sorteado gracias a los tiempos de holgura que se incluyeron en la fase predecesora (fase de laboratorio) que está incluida en la ruta crítica.

Referencias Bibliográficas

- Aguirre, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista virtual REDESMA*, 5, 11–12.
- Alcaldía de Bucaramanga. (2021). *Plan de desarrollo municipal Bucaramanga 2020-2023*.
- Assaf, S. A., & Al-Hejji, S. (2006). Causes of delay in large construction projects. *International Journal of Project Management*, 24(4), 349–357.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.11.010>
- Chaves, B., & Jaramillo, Á. (1998). Regionalización de la temperatura del aire en Colombia. *Cenicafé*, 3.
- Cruz, E., Castro, M., Íbarra, J., Blanco, M., Herrera, M., Montes, E., Neumann, A., Rueda, E., & Saavedra, C. (2005). *Inundaciones fluviales. Mapas de amenaza. Recomendaciones técnicas para su elaboración*.
- Escuder, I., Morales, A., Castillo, J., & Perales, S. (2011). *SUFRI Methodology for pluvial and river flooding risk assessment in urban areas to inform decision-making*.
- Fasanando, J. (2018). Dimensionamiento hidráulico y estructural de la defensa ribereña en la margen izquierda del Río Mayo en la localidad de Shanao – Lamas – Región San Martín. *Universidad Nacional de San Martín Tarapoto - Perú*.
- González, O. C., & Casallas, I. M. (2014). *Hoja metodológica del indicador Anomalía de precipitación . 1*.
- ICONTEC. (2015a). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-ISO 9001:2015 SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD*.
- ICONTEC. (2015b). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-ISO 10006:2015 Gestión de la Calidad, Directrices para la calidad en la gestión de proyectos*.

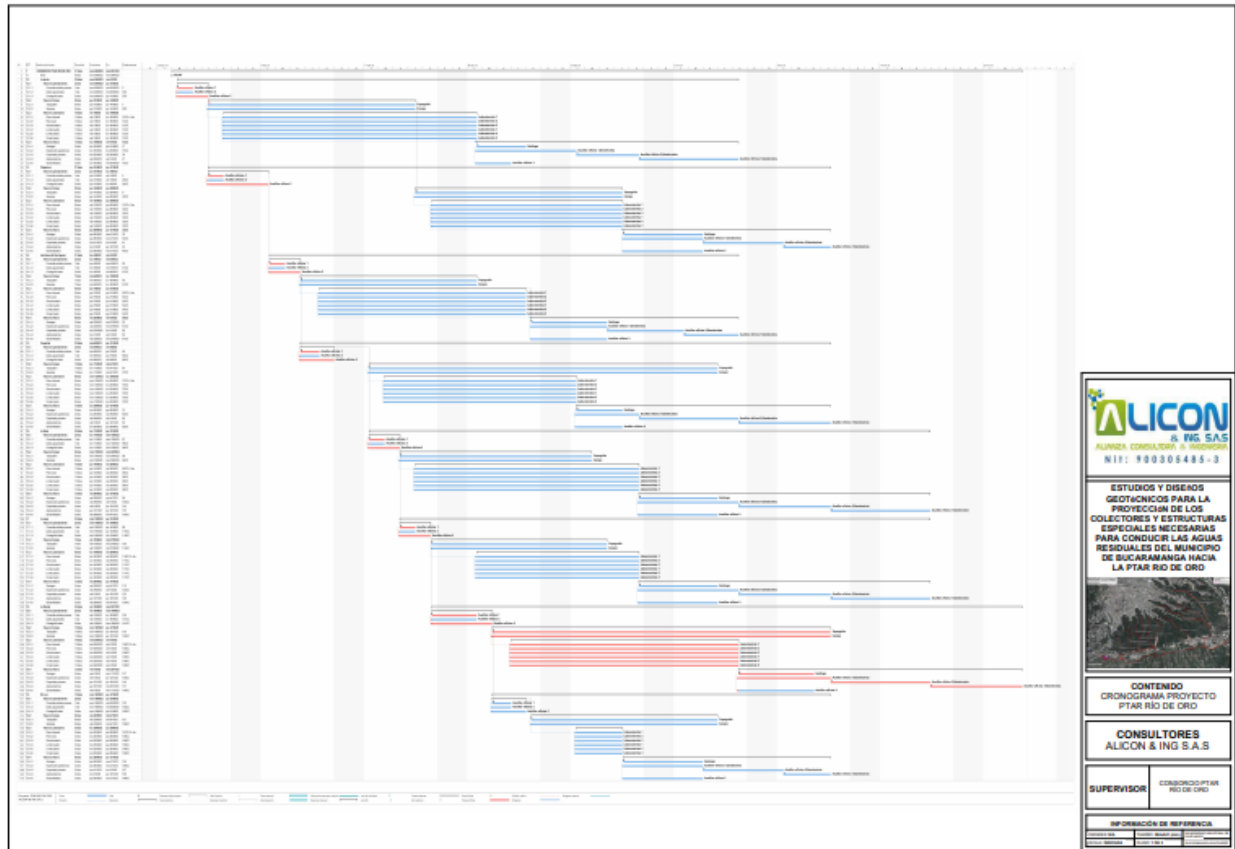
- ICONTEC. (2015c). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-ISO 21500:2015 Guía para la gestión de proyectos.*
- ICONTEC. (2015d). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-ISO 31000:2015. Gestión del riesgo. Principios y directrices.*
- Oliveras, J. (2016, febrero 22). *Como seleccionar el coeficiente de rugosidad de Manning en cauces naturales.* HidrojING.
- Ortega, E. (2011). *Cálculo de la socavación. Método de Lacey.* .
- Project Management Institute Inc. (2017). *Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, (Guía del PMBOK®) (6a ed.)*.
- Rodríguez, R., & Barrera, J. (2018). *Elaboración de procedimiento para la gestión de cronograma en obras civiles.*
- Toscano, H., & Gérard, B. (2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores.*
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1–29.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- Villamizar, S., & Guerrero, J. (2021). *Manual RAS Mapper. Modelamiento de inundaciones.* . *Universidad Industrial de Santander.*

Apéndices

Apéndice A. Gestión al cronograma del proyecto PTAR Río de Oro

Figura 18.

Cronograma para el proyecto PTAR Río de Oro



Apéndice C. Proyectos adicionales: estudio básico de amenaza por inundación y socavación para el municipio de Jordán, Santander.

Tabla 7

Estaciones pluviométricas representativas para el municipio de Jordán, Santander

CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORÍA	FECHA_INST	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD
24020130	CURITÍ 2	PM	15/11/1973	1626	5.60	-73.07
24020150	MAMONAL	PM	15/10/1979	1408	6.58	-73.11
24040050	SANTA ISABEL	PM	15/11/1973	1300	6.64	-73.20
24060050	LA MESA	PM	15/1/1973	1460	6.76	-73.09
24030300	CEPITA	PM	15/08/1958	600	6.75	-72.98

Tabla 8

Datos histograma de precipitación mensual estación La Mesa

Mes	Precipitación (mm)		
	Mínima	Promedio	Máxima
ENE	2.0	24.40	105.00
FEB	1.2	44.88	125.00
MAR	2.0	64.52	141.10
ABR	18.0	95.39	210.00
MAY	14.4	111.21	231.00
JUN	7.0	70.34	177.00
JUL	7.7	73.08	143.00
AGO	13.0	84.71	211.00
SEPT	14.6	99.36	205.00
OCT	14.0	120.91	260.00

NOV	18.5	73.46	179.90
DIC	2.0	32.92	150.00
ANUAL	114.4	895.2	2138.0

Figura 20

Histograma de precipitación mensual estación La Mesa

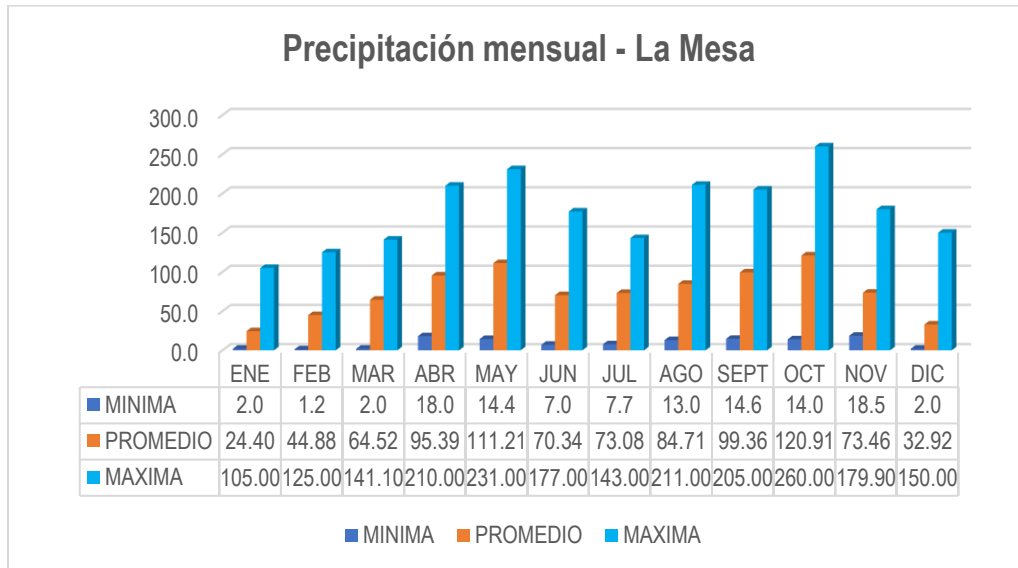


Tabla 9

Datos histograma de precipitación mensual estación Mamonal

Mes	Precipitación (mm)		
	Mínima	Promedio	Máxima
ENE	0.5	18.15	54.00
FEB	3.0	29.01	83.00
MAR	1.0	76.86	191.00
ABR	34.0	119.23	238.00
MAY	64.6	160.66	270.00
JUN	46.0	129.89	296.00
JUL	59.0	141.40	278.00

AGO	0.1	137.28	328.00
SEPT	47.4	128.02	253.00
OCT	54.6	141.52	255.00
NOV	8.8	80.54	172.00
DIC	2.0	38.17	115.00
ANUAL	321.0	1200.7	2533.0

Figura 21

Histograma de precipitación mensual estación Mamonal

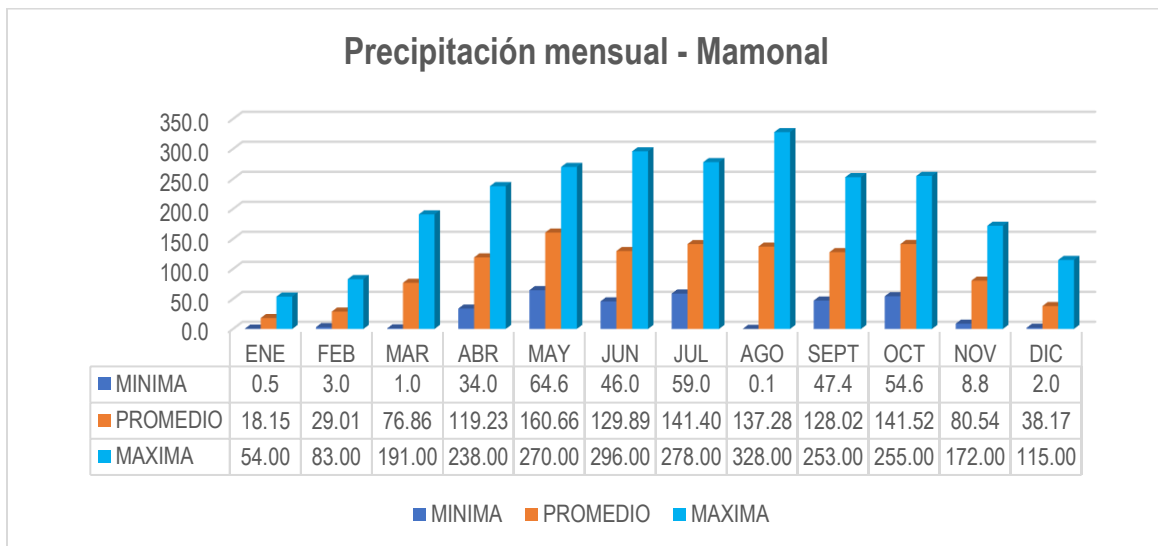


Tabla 10

Datos histograma de precipitación mensual estación Santa Isabel

Mes	Precipitación (mm)		
	Mínima	Promedio	Máxima
ENE	1.0	32.00	83.00
FEB	2.0	47.23	172.00
MAR	4.0	82.79	225.00
ABR	20.0	127.35	328.00

MAY	53.0	137.39	230.00
JUN	34.0	91.44	230.00
JUL	32.0	91.90	189.00
AGO	19.0	105.49	252.20
SEPT	46.0	122.53	216.00
OCT	46.0	147.59	309.00
NOV	26.0	90.00	208.00
DIC	5.0	42.53	129.00
ANUAL	288.0	1118.2	2571.2

Figura 22

Histograma de precipitación mensual estación Santa Isabel

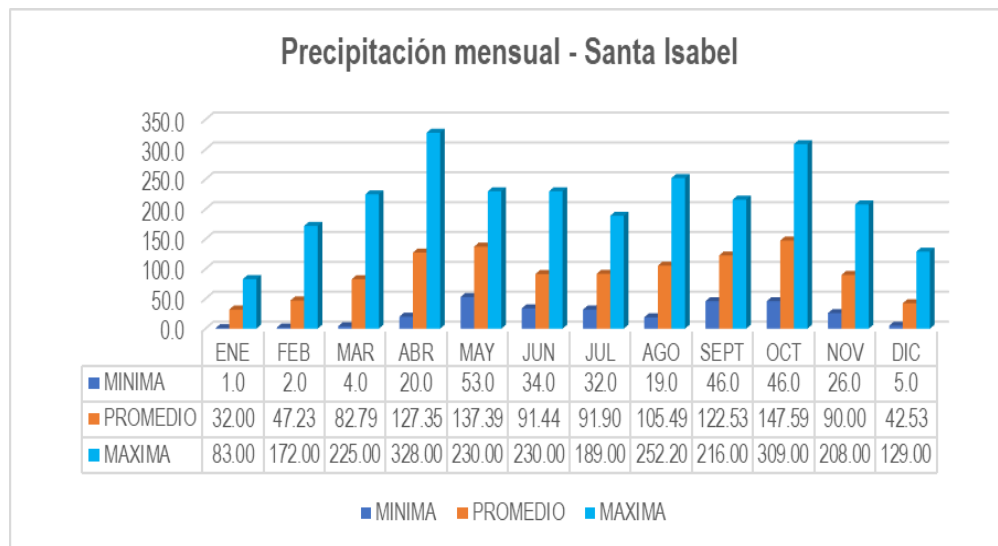


Tabla 11

Datos histograma de precipitación mensual estación Curití 2

Mes	Precipitación (mm)		
	Mínima	Promedio	Máxima
ENE	2.0	22.57	78.00

FEB	3.0	40.56	117.00
MAR	2.0	71.69	208.00
ABR	36.9	150.67	508.00
MAY	31.0	189.33	421.00
JUN	48.0	173.64	554.00
JUL	55.8	175.87	377.00
AGO	49.0	172.16	333.00
SEPT	52.6	155.80	365.00
OCT	33.0	162.84	607.00
NOV	16.2	87.22	163.20
DIC	1.1	35.25	112.00
ANUAL	330.6	1437.6	3843.2

Figura 23

Histograma de precipitación mensual estación Curití 2

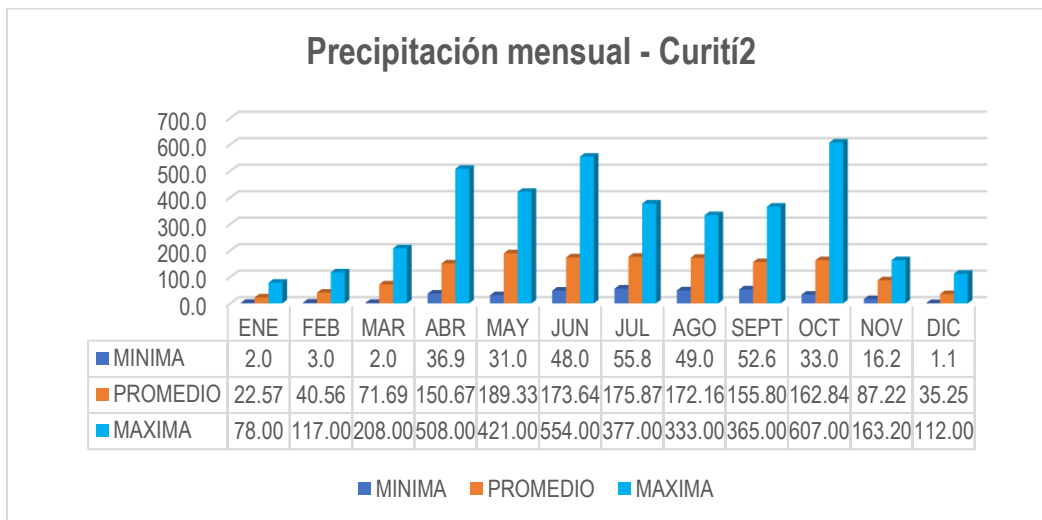


Tabla 12*Datos histograma de precipitación mensual estación Cepitá*

Mes	Precipitación (mm)		
	Mínima	Promedio	Máxima
ENE	2.0	72.91	303.00
FEB	2.0	93.79	377.00
MAR	13.0	162.51	377.00
ABR	41.0	186.35	497.00
MAY	20.0	159.52	389.00
JUN	1.4	88.06	238.00
JUL	3.0	94.02	1063.00
AGO	2.0	96.93	589.00
SEPT	13.0	120.23	545.00
OCT	26.0	180.60	478.00
NOV	18.0	146.44	417.00
DIC	2.0	86.65	315.00
ANUAL	143.4	1488.0	5588.0

Figura 24

Histograma de precipitación mensual estación Cepitá

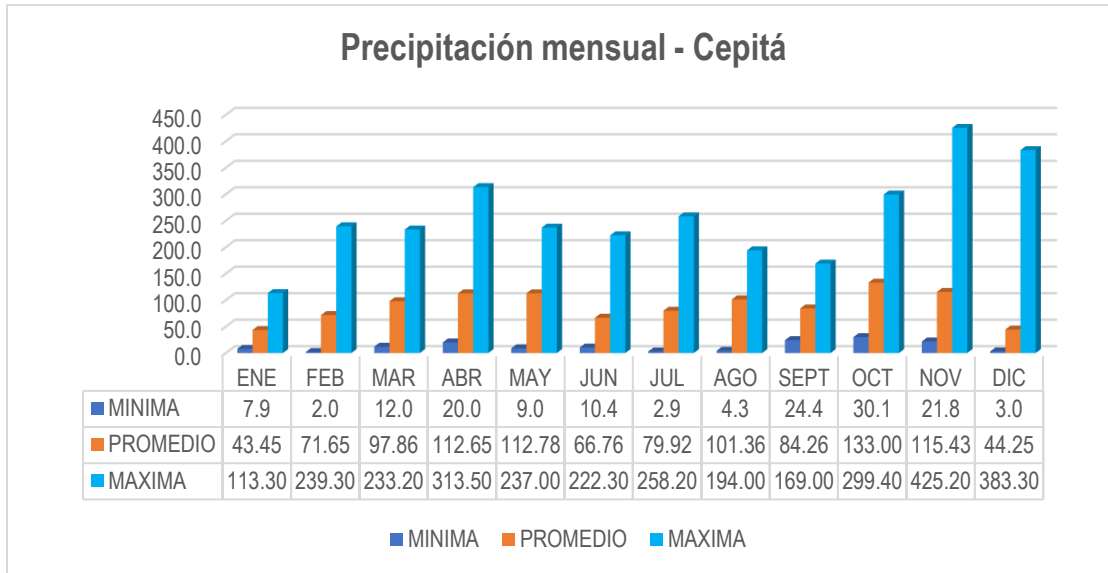


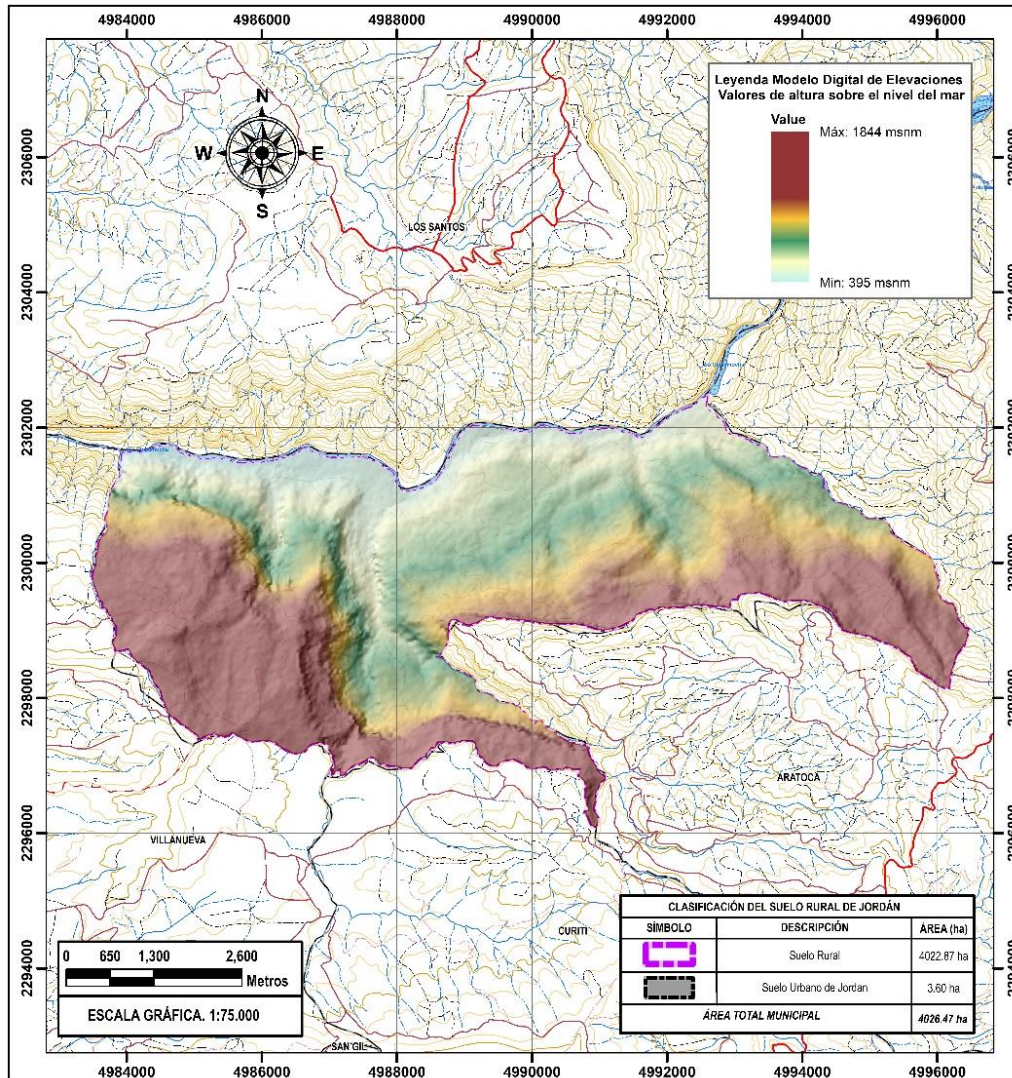
Tabla 13

Precipitación promedio anual para las estaciones de estudio

Estación	Coordenadas		Precipitación	Periodo
	Latitud	Longitud	promedio anual (mm)	
Curití 2	5.60	-73.07	121.66	1974-2022
Mamonal	6.58	-73.11	100.31	1987-2022
Santa Isabel	6.64	-73.20	94.80	1974-2022
La Mesa	6.76	-73.09	75.48	1974-2022
Cepitá	6.75	-72.98	92.28	2001-2021

Figura 25

Modelo digital de elevaciones para el municipio de Jordán, Santander



Nota. Alaska Satellite Facility. Imagen extraída de radar del satélite ALOS PALSAR.

Tabla 14

Cuantificación de susceptibilidad con base en el histórico de inundación del municipio de

Jordán, Santander

Descripción	Peso
Zonas con registro de inundación	5
Zonas sin registro de inundación	1

Tabla 15

Registro histórico de eventos de inundación en el municipio de Jordán, Santander

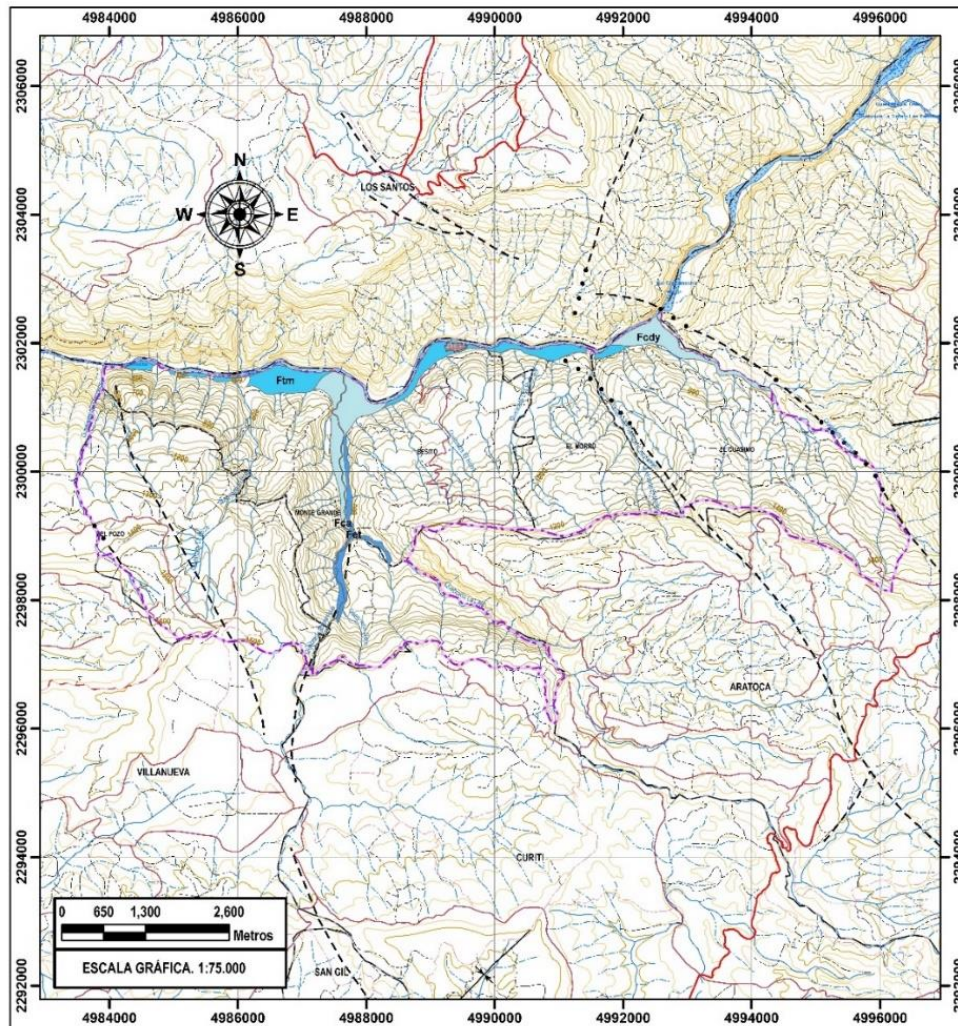
SERIAL	EVENTO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	FECHA	COMENTARIOS
1952-0021	INUNDACIÓN	Santander	Jordán	15/05/1952	Desbordamiento producto del río Chicamocha





Nota: adaptado de la base de datos de DesInventar [Portal web]

<https://www.desinventar.net/DesInventar/>

Figura 26

Mapa de Subunidades geomorfológicas discretizadas de origen fluvial del municipio de Jordán, Santander

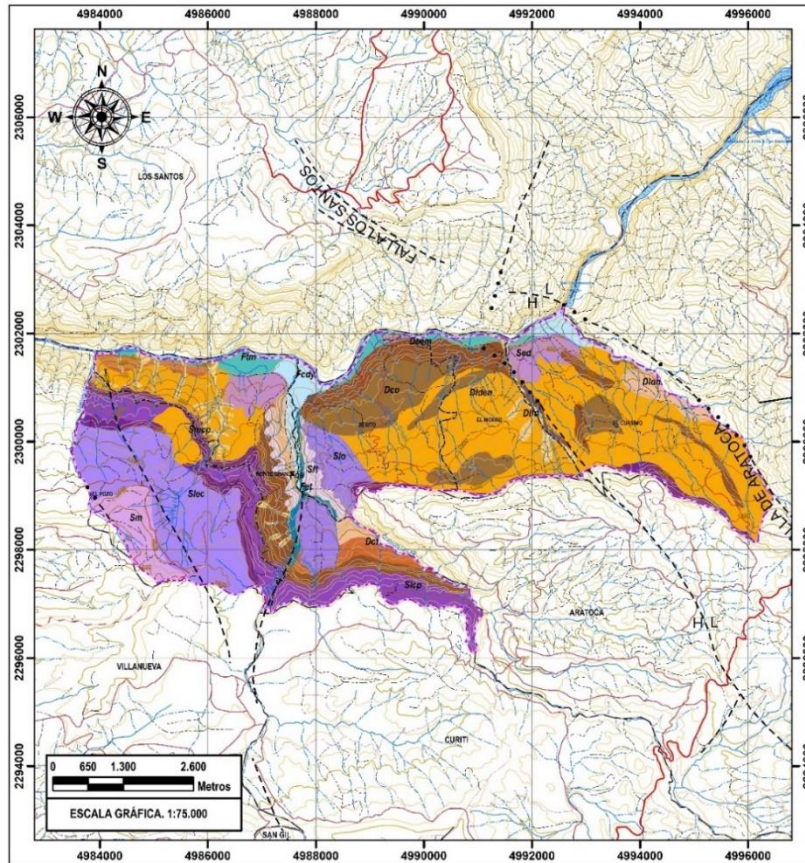


LEYENDA MAPA DE SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE ORIGEN FLUVIAL					
AMBIENTE	SÍMBOLO	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	ÁREA (ha)	PORCENTAJE
FLUVIAL Y LAGUNAR		Fca	Cauce Actual	9.70 ha	4.13 %
		Fcdy	Cono de Deyección	108.30 ha	108.29 %
		Fet	Escarpe de Terraza	25.50 ha	25.50 %
		Ftm	Terraza Media	91.68 ha	91.68 %
ÁREA TOTAL DE SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE ORIGEN FLUVIAL				235.18 ha	100.00 %

Nota: suministrado por ALICON & ING S.A.S

Figura 27

Mapa de subunidades geomorfológicas del municipio de Jordán, Santander



LEYENDA MAPA DE SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS					
AMBIENTE	SÍMBOLO	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	ÁREA (ha)	PORCENTAJE
DENUDACIONAL		Dco	Coluvión	307.66 ha	7.65 %
		Dct	Cono de Talus	83.76 ha	2.08 %
		Deem	Escarpe de erosión mayor	403.18 ha	10.02 %
		Dlden	Ladera Denucada	1267.30 ha	31.50 %
		Dldf	Lobulo de Flujo de Detritos	108.60 ha	2.70 %
		Dlon	Ladera Ondulada	107.37 ha	2.67 %
FLUVIAL Y LAGUNAR		Fca	Cauce Actual	9.70 ha	0.24 %
		Fcdy	Cono de Deyección	108.30 ha	2.69 %
		Fet	Escarpe de Terraza	25.50 ha	0.63 %
ESTRUCTURAL		Ftm	Terraza Media	91.68 ha	2.28 %
		Sed	Espolones Denucados	131.79 ha	3.28 %
		Sft	Faceta triangular	68.66 ha	1.71 %
		Slo	Lomos de obturación	184.89 ha	4.60 %
		Slcp	Ladera Contrapendiente de Cuesta	304.58 ha	7.57 %
		Slec	Ladera Estructural de Cuesta	496.85 ha	12.35 %
		Sm	Maseta Estructural	126.46 ha	3.14 %
	Smcp	Escarpe de Meseta	196.60 ha	4.89 %	
ÁREA TOTAL DE SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS				4022.87 ha	100.00 %

Nota: suministrado por ALICON & ING S.A.S

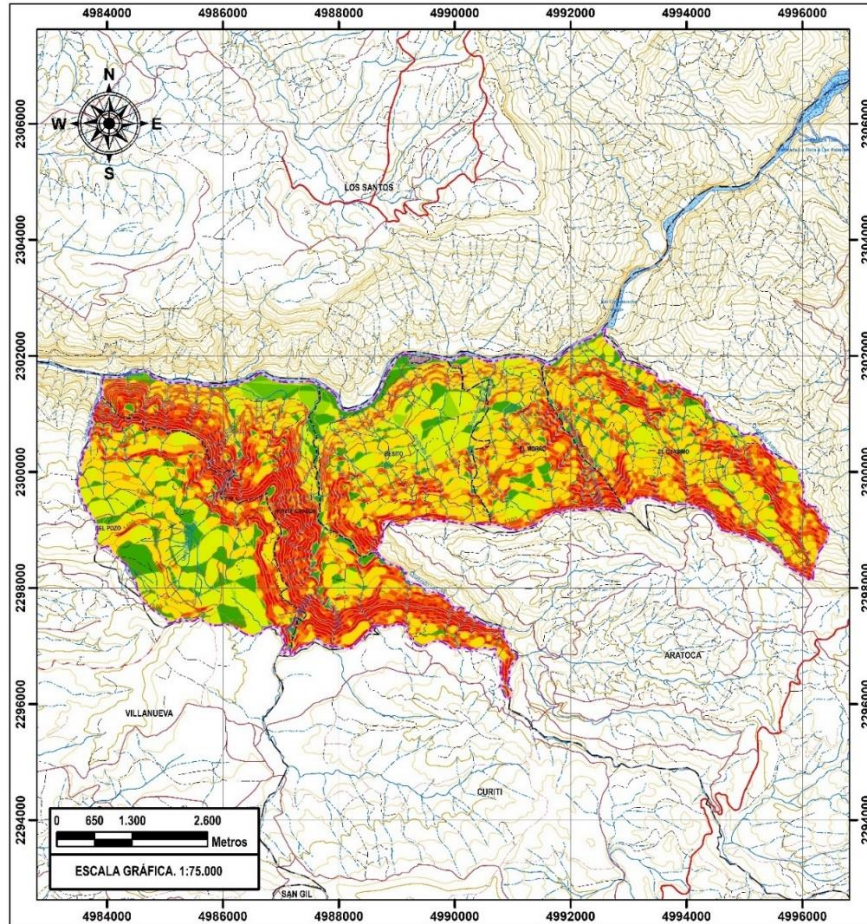
Tabla 16

Cuantificación de susceptibilidad con base en las subunidades geomorfológicas del municipio de Jordán, Santander

Subunidades geomorfológicas	Calificación
Cauce actual	5
Terraza media	3
Coluvión	2
Ladera ondulada	2
Escarpe de terraza	2
Cono de talus	1
Escarpe de erosión mayor	1
Ladera denudada	1
Lóbulo de flujo de detritos	1
Cono de deyección	1
Espolones denudados	1
Faceta triangular	1
Lomos de obturación	1
Ladera contrapendiente de cuesta	1
Ladera estructural de Cuesta	1
Meseta Estructural	1
Escarpe de meseta	1

Figura 28

Mapa de pendientes del municipio de Jordán, Santander



LEYENDA MAPA DE PENDIENTES EN PORCENTAJE					
COLOR	RANGO (%)	DESCRIPCIÓN	ID	ÁREA (ha)	PORCENTAJE
	0 - 3	Ligeramente plana	1	351.26 ha	8.73 %
	3 - 7	Ligeramente inclinada	2	91.62 ha	2.28 %
	7 - 12	Moderadamente inclinada	3	108.17 ha	2.69 %
	12 - 25	Inclinada	4	634.60 ha	15.77 %
	25 - 50	Empinada	5	1335.62 ha	33.20 %
	50 - 57	Muy empinada	6	296.73 ha	7.38 %
	57 - 75	Escarpada	7	538.28 ha	13.38 %
	> 75	Fuertemente escarpada	8	666.60 ha	16.57 %
SUMA TOTAL DE PENDIENTES				4022.87 ha	100.00 %

Nota. Suministrado por ALICON & ING S.A.S

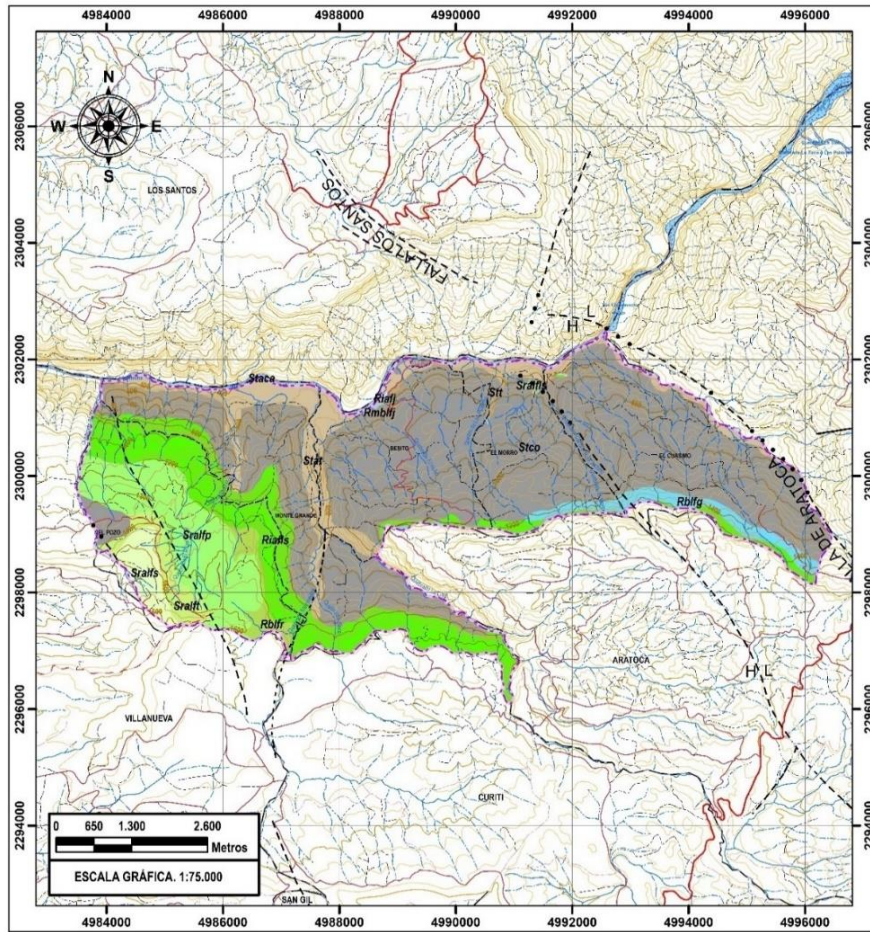
Tabla 17

Cuantificación de susceptibilidad con base en las pendientes del municipio de Jordán, Santander

Descripción	Peso
Ligeramente plana	5
Ligeramente inclinada	4
Moderadamente inclinada	3
Inclinada	2
Empinada	2
Muy empinada	1
Escarpada	1
Fuertemente escarpada	1

Figura 29

Mapa de las Unidades Geológicas Superficiales del municipio de Jordán, Santander



LEYENDA MAPA DE UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES						
ORIGEN	TIPO	COLOR	ETIQUETA	DESCRIPCIÓN	ÁREA	PORCENT
Suelos transportados de depósitos aluviales	Aluviones recientes y de cauce activo.		Staca	Suelo transportado aluvial de cauce activo	1.77 ha	0.04 %
	Terrazas aluviales		Stat	Suelo transportado aluvial de terrazas	352.20 ha	8.75 %
Suelos transportados de depósitos de gravedad o ledera.	Depósitos de Talus		Stt	Suelo transportado de talus	13.26 ha	0.33 %
	Depósito Coluviales.		Stco	Suelo transportado coluvial	2293.12 ha	57.00 %
Derivadas de la roca in situ	Suelo residual		Sraflf	Suelo residual arcillo limoso de la Formación Tablazo	86.56 ha	2.15 %
			Srafls	Suelo residual arcillo limoso de la Formación Simití	84.10 ha	2.09 %
			Sraflp	Suelo residual arcillo limoso de la Formación Paja	381.28 ha	9.48 %
			Sraflfs	Suelo residual arcillo limoso de la Formación Los Santos	5.78 ha	0.14 %
	Suelo residual		Rmbfj	Roca muy blanda lodolita de la Formación Jordán	657.62 ha	1.13 %
			Rblfr	Roca blanda lodolita de la Formación Rosablanca	55.80 ha	1.39 %
			Rblfj	Roca blanda lodolita de la Formación Jordan	0.29 ha	0.01 %
			Rblfg	Roca blanda lodolita de la Formación Girón	107.27 ha	2.67 %
			Riafs	Roca intermedia arenisca de la Formación Los Santos	637.96 ha	15.86 %
			Riafj	Roca intermedia arenisca de la Formación Jordán	2.18 ha	0.05 %
SUMA TOTAL DE UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES					4022.87 ha	100.00 %

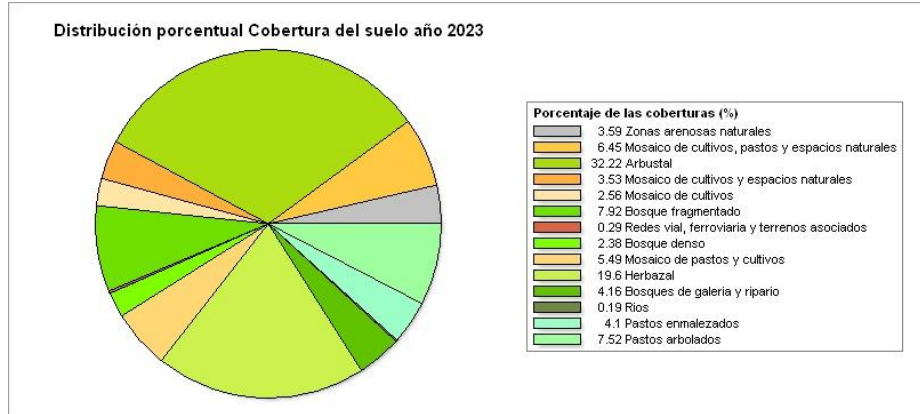
Nota. Suministrado por ALICON & ING S.A.S

Tabla 18*Cuantificación de susceptibilidad con base en las UGS del municipio de Jordán, Santander*

Subunidades geomorfológicas	Calificación
Suelo transportado aluvial de cauce activo	5
Suelo transportado aluvial de terrazas	3
Suelo transportado de talus	1
Suelo transportado coluvial	1
Suelo residual arcillo limosos de la Formación Tablazo	1
Suelo residual arcillo limosos de la Formación Simití	1
Suelo residual arcillo limosos de la Formación Paja	1
Suelo residual arcillo limosos de la Formación Los Santos	1
Roca muy blanda lodolita de la Formación Jordán	1
Roca blanda lodolita de la Formación Rosablanca	1
Roca blanda lodolita de la Formación Jordán	1
Roca blanda lodolita de la Formación Girón	1
Roca intermedia arenisca de la Formación Los Santos	1
Roca intermedia arenisca de la Formación Jordán	1

Figura 30

Distribución de la cobertura de tierras en porcentaje del municipio de Jordán, Santander



Nota. Suministrado por ALICON & ING S.A.S

Tabla 19

Cuantificación de susceptibilidad con base en la cobertura de tierras del municipio de Jordán, Santander

Descripción	Peso
Ríos	5
Pastos enmalezados	4
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	4
Bosque de galería y ripario	4
Mosaico de cultivos	3
Mosaico de pastos y cultivos	3
Pastos arbolados	3
Mosaico de cultivos y espacios naturales	3
Herbazal	3

Bosque fragmentado	2
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	2
Arbustal	2
Redes viales, ferroviarias y terrenos asociados	2
Zonas arenosas naturales	2
Bosque denso	1

Tabla 20






Clasificación de susceptibilidad por inundación del municipio de Jordán, Santander

Índice de susceptibilidad	Clase de susceptibilidad
1.13 - 2.55	Baja
2.55 - 2.89	Media
2.89 - 4.36	Alta

Tabla 21

Cuantificación de susceptibilidad con base en las isoyetas del municipio de Jordán, Santander

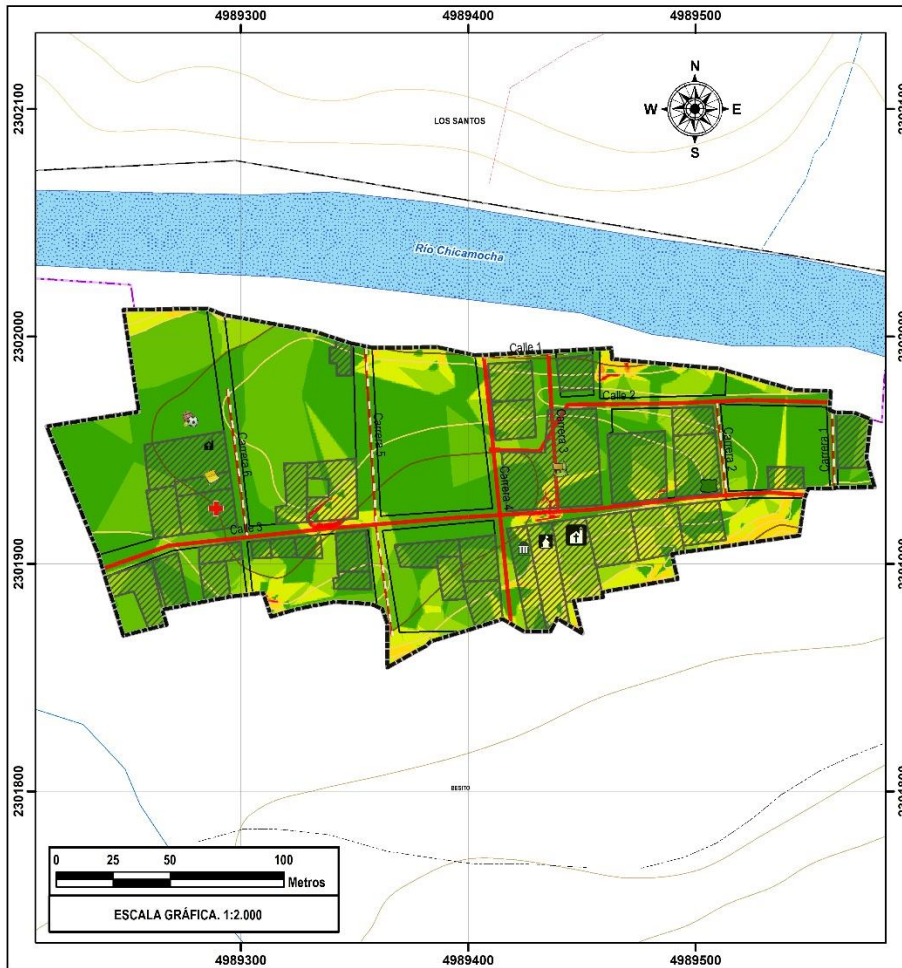
Precipitación promedio anual (mm)	Calificación
931.49-989.75	1
989.75-1029.67	2
1029.67-1069.59	3
1069.59-1119.21	4
1119.21-1207.68	5









LEYENDA DE ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS DEL SUELO URBANO						
AMBIENTE	TIPO	COLOR	NOMENCLATURA	ELEMENTO	ÁREA (ha)	PORCENTAJE
Antropogénico	Intervención antrópica sobre el terreno		Aoi	Obras de ingeniería	1.54 ha	42.87 %
			Alella	Ladera explanadas con llenos antrópicos	0.30 ha	8.22 %
			Alex	Laderas explanadas	1.13 ha	31.27 %
Denudacional	A partir de la inclinación de ladera		DlIpai	Laderas ligeramente planas a inclinadas	0.50 ha	13.83 %
			Dliae	Laderas inclinadas a empinadas	0.14 ha	3.81 %
SUMA TOTAL DE LAS AREAS DE ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS					3.60 ha	100.00 %

Nota. Suministrado por ALICON & ING S.A.S

Figura 32

Plano de pendientes en grados del municipio de Jordán, Santander

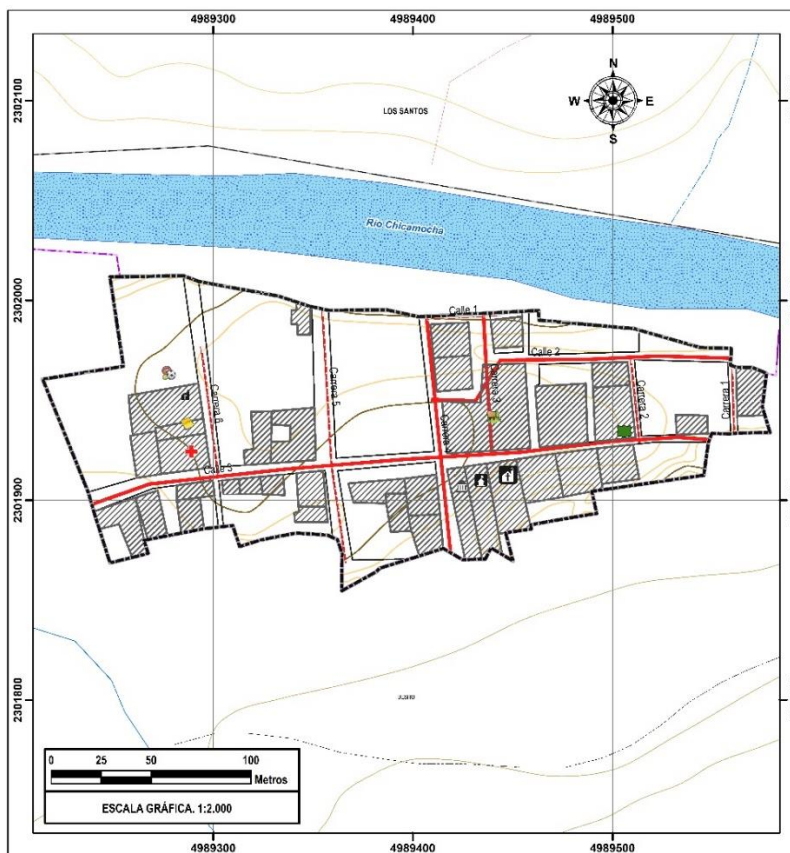


LEYENDA DE PENDIENTES EN GRADOS DEL SUELO URBANO					
COLOR	INCLINACIÓN (GRADOS)	DESCRIPCIÓN	ID	ÁREA (ha)	PORCENTAJE
	0° - 1.72°	Ligeramente plana	1	1.68 ha	46.79 %
	1.72° - 4.00°	Ligeramente inclinada	2	0.95 ha	26.38 %
	4.00° - 6.84°	Moderadamente inclinada	3	0.54 ha	14.91 %
	6.84° - 14.04°	Inclinada	4	0.33 ha	9.20 %
	14.04° - 26.57°	Empinada	5	0.08 ha	2.24 %
	26.57° - 29.68°	Muy empinada	6	0.004 ha	0.11 %
	29.68° - 36.78°	Escarpada	7	0.005 ha	0.14%
	> 36.78°	Fuertemente escarpada	8	0.01 ha	0.23 %
SUMA TOTAL DE PENDIENTES				3.60 ha	100.00 %

Nota. Suministrado por ALICON & ING S.A.S

Figura 33

Plano de cartografía base del municipio de Jordán, Santander




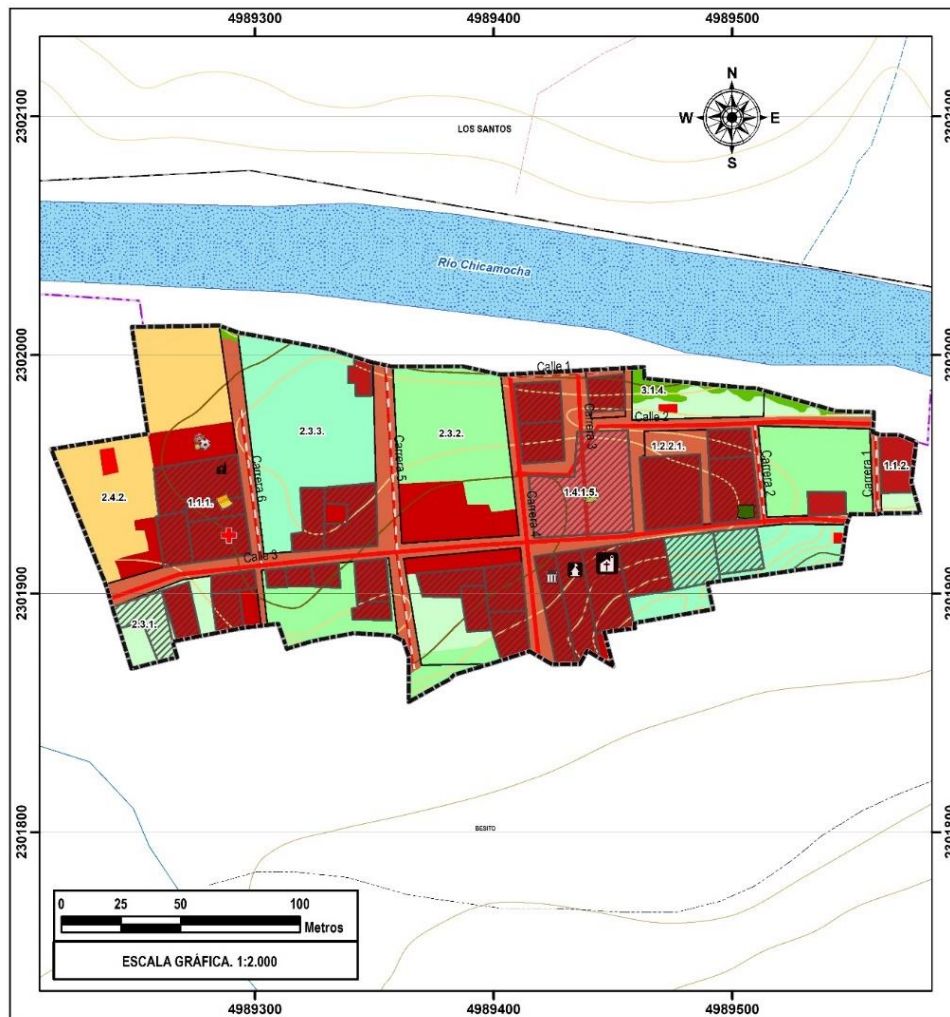









CLASIFICACIÓN DEL SUELO URBANO DE JORDAN		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ÁREA (ha)
	Suelo Urbano de Jordan	3.60 ha

Figura 34

Plano de cobertura de tierras del municipio de Jordán, Santander



LEYENDA DE COBERTURA DE TIERRAS DEL SUELO URBANO					
TIPO DE COBERTURA	COLOR	ETIQUETA	NOMBRE	ÁREA (HA)	PORCENTAJE
Territorios artificializados		1.1.1.	Tejido urbano continuo	1.10 ha	30.66 %
		1.1.2.	Tejido urbano discontinuo	0.07 ha	2.02 %
		1.2.2.1.	Red vial y territorios asociados	0.63 ha	17.50 %
		1.4.1.5.	Parques urbanos	0.15 ha	4.07 %
Territorios agrícolas		2.3.1.	Pastos limpios	0.21 ha	5.95 %
		2.3.2.	Pastos arbolados	0.54 ha	15.09 %
		2.3.3.	Pastos enmalezados	0.53 ha	14.67 %
		2.4.2	Mosaico de pastos y cultivos	0.32 ha	8.80 %
Bosques y áreas seminaturales		3.1.4	Bosque de galería y ripario	0.04 ha	1.25 %
SUMA TOTAL DE ÁREAS DE COBERTURA DE TIERRAS				3.60 ha	100.00 %

Nota. Suministrado por ALICON & ING S.A.S

Tabla 23

Valores máximos de caudal para distintos períodos de retorno del municipio de Jordán, Santander

Periodo de retorno (años)	Caudal máximo (m ³ /s)
2	624.7
5	893.2
10	1070.9
25	1295.5
50	1462.1
100	1627.5
500	2009.6

Nota. Suministrado por ALICON & ING S.A.S

Figura 35

Ubicación estaciones IDEAM para el cálculo de los caudales del municipio de Jordán, Santander

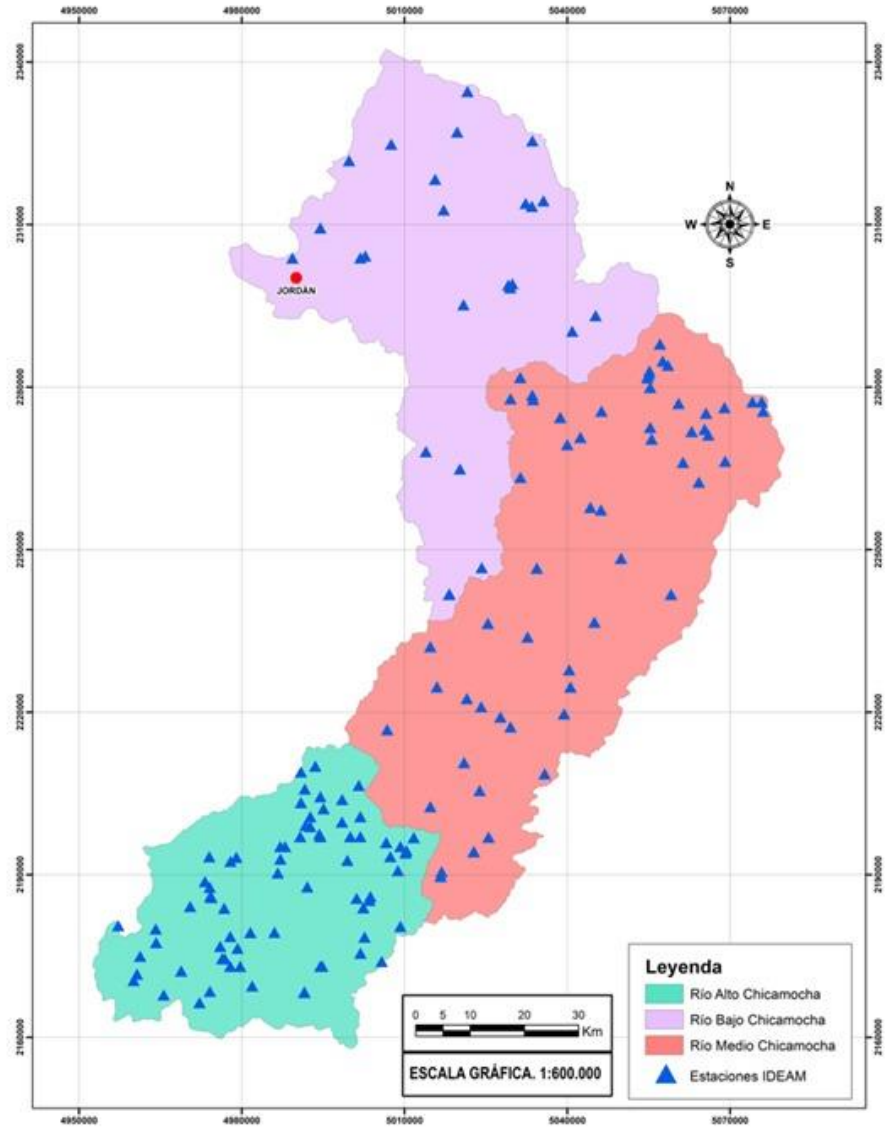


Figura 36

Coefficientes de Manning seleccionados para el municipio de Jordán, Santander

Descripción de la corriente	Mínimo	Normal	Máximo
A Cauces naturales			
A.1 Cursos secundarios (ancho de la superficie libre en crecida < 30 m)			
<i>A.1.1 Cursos en planicies</i>			
- Limpios, rectos, sin fallas ni pozos	0,025	0,030	0,033
- Rectos con algunas piedras y pastos	0,030	0,035	0,040
- Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos	0,033	0,040	0,045
- Meandros con algunas piedras y pastos	0,035	0,045	0,050
- Meandros con muchas piedras	0,045	0,050	0,060
- Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0,050	0,070	0,080
- Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral	0,075	0,100	0,150
<i>A.1.2 Cursos montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecida</i>			
- Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0,030	0,040	0,050
- Cauce de cantos rodados, con grandes rocas	0,040	0,050	0,070
A.2 Cursos en planicies inundadas			
<i>A.2.1 Zonas de pastos, sin arbustos</i>			
- Pasto corto	0,025	0,030	0,035
- Pasto alto	0,030	0,035	0,050
<i>A.2.2 Zonas cultivadas</i>			
- Sin cultivo	0,020	0,030	0,030
- Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica	0,025	0,035	0,045
- Cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiológica	0,030	0,040	0,050
<i>A.2.3 Zonas arbustivas</i>			
- Escasos arbustos y pasto abundante	0,035	0,050	0,070
- Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal)	0,035	0,050	0,060
- Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa)	0,040	0,060	0,080
- Arbustos medianos a densos durante la parada invernal	0,045	0,070	0,110
- Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa	0,070	0,100	0,160
<i>A.2.4 Zonas arbóreas</i>			
- Saucos densos, temporada invernal	0,110	0,150	0,200
- Terreno claro con ramas sin brotes	0,030	0,040	0,050
- Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes	0,050	0,060	0,080
- Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas	0,080	0,100	0,120
- Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas	0,100	0,120	0,160
A.3 Cursos importantes (ancho de la superficie libre en crecida > 30 m)			
En este caso, los valores del coeficiente <i>n</i> son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor,			
- Sección regular sin rocas ni arbustos	0,025		0,060
- Sección irregular y rugosa	0,035		0,100

(Oliveras, 2016)

Figura 37

Malla con secciones transversales y elemento de interés para el municipio de Jordán, Santander

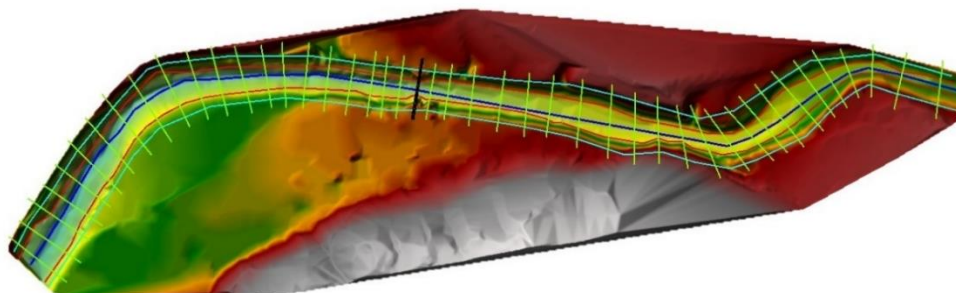


Figura 38

Cota de inundación urbana para $T_r=100$ años del municipio de Jordán, Santander

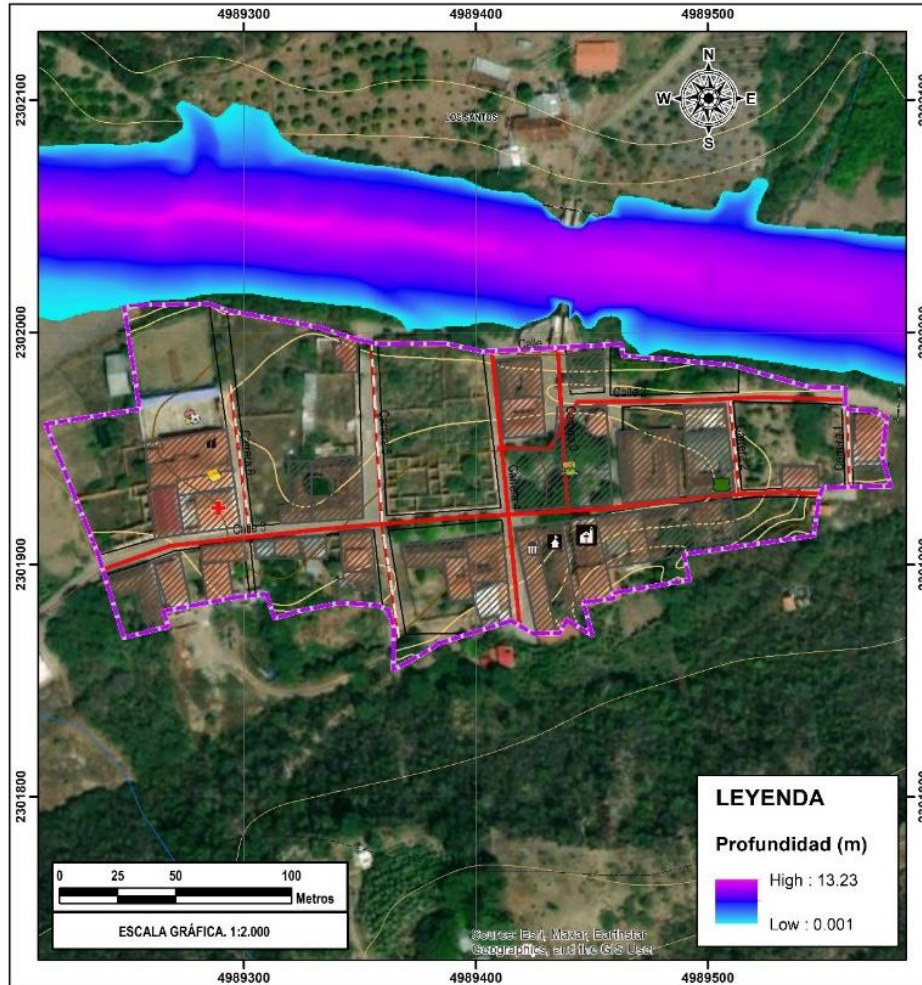


Figura 39

Velocidades de inundación urbana para $Tr=100$ años del municipio de Jordán, Santander

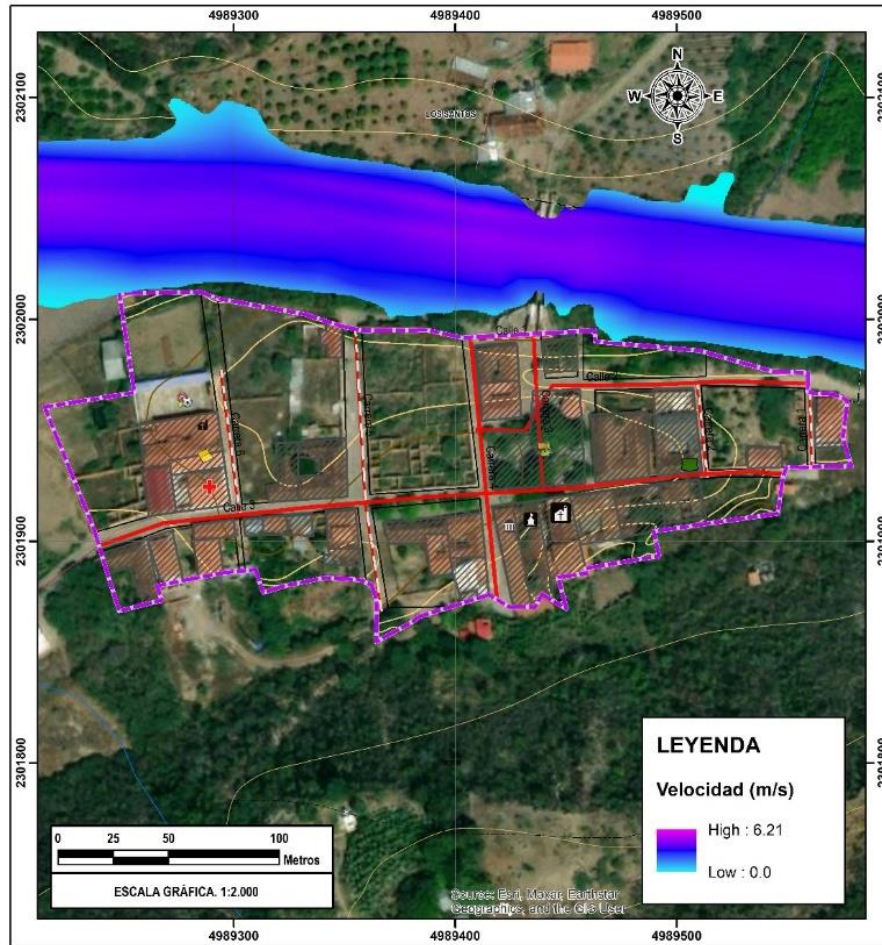


Tabla 24

Categorías generales de intensidad en inundaciones

Categorización de la amenaza	Altura lámina de agua H, inundaciones estáticas (m)	Relación H*V, inundaciones dinámicas (m²/s)
Alta	$H \geq 1.0$	$H*V \geq 0.5$
Media	$0 < H < 1.0$	$H*V < 0.5$
Baja	$H \approx 0$	$H*V \approx 0$

Tabla 25

Categorización de la zonificación de amenaza por inundación

		Periodo de retorno (100 años)		
		ALTA	MEDIA	BAJA
Periodo de retorno (50 años)	ALTA	Alta	Alta	Alta
	MEDIA	Alta	Media	Media
	BAJA	Alta	Media	Baja

Figura 40

Estribo con proceso de socavación en el municipio de Jordán, Santander



Nota. Suministrado por ALICON & ING S.A.S

Tabla 26*Valores del factor de Lacey en función del material presente en el cauce*

Material	Valor de f
Rocas masivas (diámetro 70 cm)	40
Rocas	38
Pedrones y lajas	20
Piedras y lajas	6
Piedras pequeñas y gravas gruesas	4.7
Arenas gruesas	1.52
Arenas medianas	1.3
Limos estándar	1
Limos finos	0.5

(Ortega, 2011)

Tabla 27*Factor de corrección en función de la morfometría del tramo*

Morfometría	k_{sa}
Tramo recto/curvas moderadas	1.5
Ángulos rectos/curvas pronunciadas	2.0
Agua arriba de las pilas	2.0
Agua arriba de deflectores	2.5

(Ortega, 2011)