

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Código F-AC-DBL-007	Fecha 08-07-2021	Revisión B
Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO		Pág. 1(1)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Willian Andrés Díaz Sánchez Yaritza Paola Osorio Galviz		
FACULTAD	Ingenierías		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería civil		
DIRECTOR	Agustín Armando Macgregor Torrado		
TÍTULO DE LA TESIS	Elaboración del mapa de zonificación preliminar de riesgo por inundación en el casco urbano del municipio de Gonzales, Cesar		
TITULO EN INGLES	Preparation of the flood risk map in the urban area of the municipality of Gonzales, Cesar		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>Este informe tiene como objeto el actualizar del mapa existente de riesgo por inundación en el municipio de Gonzales, Cesar, para lo cual fue necesario la recopilación y análisis de información del sitio en estudio utilizando tecnología de dron en la etapa de topografía, y la implementación del software HEC-RAS para su respectiva modelación, permitiendo así un análisis visual en las zonas de mayor afectación y plantearse posibles soluciones para actuar ante ellos.</p>			
RESUMEN EN INGLES			
<p>The purpose of this report is to update the flood risk map in the municipality of Gonzales, Cesar, for which it was necessary to collect and analyze information from the site under study using drone technology in the topography stage, and the implementation of the HEC-RAS software for their respective modeling, thus allowing a visual analysis in the most affected areas and considering possible solutions to act against them</p>			
PALABRAS CLAVES	Topografía, Dron, Hec-Ras, Modelación		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Topography, Hec – Ras, Drone, Modeling		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 105	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1



Elaboración del mapa de zonificación preliminar de riesgo por inundación en el casco urbano del
municipio de Gonzales, Cesar,

Willian Andrés Díaz Sánchez

Yaritza Paola Osorio Galviz

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Ingeniería Civil

Esp. Agustín Armando Macgregor

23 Marzo del 2022

Índice

	Pág.
Introducción	11
Capítulo 1. elaboración del mapa de zonificación de riesgo por inundación en el casco urbano del municipio de González, cesar.....	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.2 Formulación del problema	14
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo general.....	15
1.3.2 Objetivos específicos	15
1.4 Justificación	15
1.5 Delimitaciones	16
1.5.1 Delimitación Operativa.....	16
1.5.2 Delimitación Temporal	16
1.5.3 Delimitación Conceptual	16
1.5.4. Delimitación Geográfica.....	17
Capítulo 2. Enfoque referencial	19
2.1 Antecedentes históricos	19
2.1.1 Noticias nacionales y locales en Colombia debido al fenómeno de inundación	22
2.2 Marco conceptual.....	30
2.2.1 Modelo hidrológico.....	30
2.2.2 Gestión de riesgo.....	31

2.2.3 Inundación	32
2.2.4 Vivienda.....	32
2.2.5 Fenómeno.....	32
2.2.6 Humedad	33
2.2.7 Vulnerabilidad	33
2.2.8 Hec- Ras.....	33
2.2.9 Cuenca hidrográfica.....	34
2.2.10 Escorrentía	34
2.2.11 Hidrograma	34
2.2.12 Avalancha	35
2.2.13 Precipitación	35
2.2.14 Fenómeno de la niña.....	35
2.2.15. Estación meteorológica.....	35
2.2.16 Desbordamiento	36
2.3 Marco teórico.....	36
2.3.1 Inundaciones	36
2.3.2 Fenómeno de inundación.....	36
2.3.2 Proceso de inundación y su impacto en áreas pobladas.....	37
2.3.3 Metodologías para la prevención	38
2.4 Marco legal	39
Capítulo 3. Diseño metodológico	41

	4
3.1 Tipo de investigación	41
3.2 Población	41
3.3 Muestras.....	41
3.4 Recolección de la información.....	41
3.5 Metodología	42
Capítulo 4. Desarrollo del proyecto	44
4.1 Recopilar material técnico de ayuda para conocer los antecedentes de las zonas a estudiar.....	44
4.1.1 Recopilación de información histórica de la zona con ocurrencia a inundaciones.	44
4.1.2 Evaluación y validación de información	50
4.2 Determinar las características morfológicas de la cuenca de estudio.....	51
4.2.1 Precipitación de la zona	51
4.2.2 Determinación de las áreas de las laderas.....	60
4.2.3 Topografía de la zona de mayor afectación	61
4.3 Evaluar las amenazas, vulnerabilidades y riesgos del área de estudio	62
4.3.1 Encuesta metodológica por amenaza de inundación en el casco urbano del municipio de González, cesar	62
Identificación de la edificación	62
4.3.2 Tabulación resultados de las encuestas	67
4.4 Crear un modelo Hidráulico de la cuenca de estudio.....	73
4.4.1 Procesamiento mediante el software Pix 4D mapper 1.....	74
4.4.2 Tiempo de concentración.....	78

Para el desarrollo de este proyecto se utilizará la ecuación de Kirpich, la cual es frecuentemente usada para el análisis de cuencas a través del método de la Soil

Conservation Service	79
Tiempo de Concentración del Proyecto.	79
4.4.3 Coeficiente de escorrentía.....	79
4.4.4 Construcción del Hidrograma	80
4.4.5 Modelación en el software Hec-Ras y análisis de resultados.....	83
4.4.6 Resultados arrojados por el HEC-RAS.....	87
Conclusiones	97
Recomendaciones	98
Referencias.....	99

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1 Localización del municipio de González, Cesar	17
Figura 2 Quebrada La Loma	18
Figura 3 <i>Evento de granizada en la Calera</i>	23
Figura 4 <i>Inundaciones en la ciudad de Ibagué</i>	24
Figura 5 <i>Afectaciones en locales comerciales en la ciudad de Ibagué</i>	25
Figura 6 <i>Mapa de concentración de las precipitaciones en Colombia</i>	26
Figura 7 <i>Mapa de desabastecimiento de agua en Colombia</i>	27
Figura 8 <i>Falla estructural por deslizamiento en el municipio de Sardinata Norte de Santander</i>	29
Figura 9 <i>Registro histórico de inundaciones en el municipio de González, Cesar</i>	45
Figura 10 <i>Identificación de zonas con probabilidad de inundación en el municipio de González, Cesar</i>	46
Figura 11 <i>Escenarios de Riesgo por inundación entre otros - municipio de González, Cesar</i>	47
Figura 12 <i>Reporte de un evento de inundación en el municipio de González, Cesar</i>	48
Figura 13 <i>Formulación de análisis e identificación de medidas a futuro sobre problemáticas en el municipio de González, Cesar</i>	49
Figura 14 <i>Ficha de las diferentes medidas de reducción de vulnerabilidad en el municipio de González, Cesar</i>	50
Figura 15 <i>Datos hidrometeorológicos</i>	52
Figura 16 <i>Datos de las estaciones a descargar</i>	53
Figura 17 <i>Información a descargar – Día pluviométrico</i>	53

Figura 18 <i>Periodos de retorno Aeropuerto Aguas Claras</i>	57
Figura 19 <i>Curva IDF estación Aeropuerto Aguas Claras</i>	57
Figura 20 <i>Periodos de retorno Brotare</i>	58
Figura 21 <i>Curva idf estación Brotare</i>	58
Figura 22 <i>Periodos de retorno estación Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña</i>	59
Figura 23 <i>Curva idf estación Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña</i>	59
Figura 24 <i>Discriminación de las áreas de drenaje en la zona de estudio</i>	60
Figura 25 <i>Encuesta para estimar la vulnerabilidad formato 1a</i>	63
Figura 26 <i>Clasificación de la edificación</i>	64
Figura 27 <i>Evaluación diagnóstica de la construcción</i>	65
Figura 28 <i>Factores influyentes de las posibles afectaciones</i>	66
Figura 29 <i>Registro fotografico</i>	66
Figura 30 <i>Registro de Observaciones – Bosquejo a mano alzada</i>	67
Figura 31 <i>Tendencia del bien inmueble</i>	68
Figura 32 <i>Ubicación de la vivienda con referencia a la Quebrada La Loma</i>	69
Figura 33 <i>Servicios públicos con los cuales cuenta los inmuebles</i>	70
Figura 34 <i>Parámetro socioeconómico</i>	70
Figura 35 <i>Consecuencias presentes</i>	71
Figura 36 <i>Si han sufrido Inundaciones previas</i>	71
Figura 37 <i>Cota máxima de inundación</i>	72
Figura 38 <i>Causas de las posibles afectaciones</i>	72
Figura 39 <i>Plan de vuelo</i>	73
Figura 40 <i>Ruta de vuelo del drone</i>	74
Figura 41 <i>Chequeo de traslapo en las fotografías</i>	75

Figura 42 <i>Nube de puntos</i>	75
Figura 43 <i>Nube de puntos</i>	76
Figura 44 <i>MDS</i>	77
Figura 45 <i>Perfil del rio</i>	77
Figura 46 <i>Hidrograma triangular</i>	81
Figura 47 <i>Gráfico triangular del Hidrógrama ajustado</i>	83
Figura 48 <i>Trazado de la geometría</i>	84
Figura 49 <i>Ejemplo de sección trazada</i>	85
Figura 50 <i>Condiciones de contorno</i>	86
Figura 51 <i>Corrida del Modelo Hidráulico</i>	86
Figura 52 <i>Ubicación de la quebrada a partir del DMS</i>	87
Figura 53 <i>Velocidades máximas del cauce</i>	88
Figura 54 <i>Sección Pr 0+047 km</i>	89
Figura 55 <i>Sección Pr 0+096 km</i>	89
Figura 56 <i>Sección Pr 0+148 km</i>	90
Figura 57 <i>Sección Pr 0+253 km</i>	90
Figura 58 <i>Sección Pr 0+3210 km</i>	91
Figura 59 <i>Sección Pr 0+859 km</i>	91
Figura 60 <i>Sección Pr 1+074 km</i>	92
Figura 61 <i>Sección Pr 1+647 km</i>	92
Figura 62 <i>Sección Pr 1+663 km</i>	93
Figura 63 <i>Perfil longitudinal del proyecto</i>	93
Figura 64 <i>Variación del cortante</i>	94
Figura 65 <i>Variación del número de froude</i>	94
Figura 66 <i>Resumen de resultados del modelo Hidráulico</i>	95

Figura 67 <i>Plano de zonificación de riesgo por inundación, Hec-Ras</i>	95
Figura 68 <i>Plano de zonificación de amenazas de Gonzales, Cesar</i>	96

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Datos de precipitaciones estación aeropuerto de aguas claras</i>	54
Tabla 2 <i>Datos de precipitaciones estación Brotaré</i>	55
Tabla 3 <i>Datos de precipitaciones estación Universidad Francis</i>	56
Tabla 4 <i>Área de laderas con y sin vegetación</i>	61
Tabla 5 <i>Calculo del coeficiente de escorrentía</i>	80
Tabla 6 <i>Calculo del coeficiente de escorrentía</i>	83

Introducción

El control y el manejo de los cuerpos de agua que se encuentran cerca de una población y la escorrentía que influye en la misma, se han convertido en una prioridad de análisis debido a los eventos de alto riesgo que se pueden presentar como inundaciones, socavaciones, daños estructurales, entre otros. De manera general, los eventos de alta precipitación han ocupado un lugar significativo, dentro de estos fenómenos, debido a que se encuentran asociados con situaciones de alto riesgo para las zonas pobladas. Las crecientes de los cuerpos de agua, los deslizamientos y las situaciones de licuefacción a gran escala; son los eventos de mayor preocupación si no se posee un plan de contingencia. Los eventos anteriores, actúan como el detonante de sucesos actividades que representan gran inseguridad para el normal desarrollo de la vida humana. Este es el caso de muchos municipios que, al no tener un plan de contingencia adecuado, los cuales han sido afectados por inundaciones que ocasionan daños a nivel estructural y agrícola. de los mismos (Americanos, 1991)

Esta situación es de mayor preocupación al no contar con un mapa de zonificación de riesgo, a través del cual se podría controlar dichos sucesos, teniendo de antemano información completa y detallada del terreno. El mapa de zonificación de riesgo es la representación cartográfica donde se sitúa la población, y permite observar la clasificación de los riesgos latentes en el área de análisis.

El mapa de zonificación de riesgo nace de la combinación del mapa de vulnerabilidad y del mapa de amenazas, cada uno de los cuales es el resultado de indicadores e índices específicos. Debido a sus componentes, el mapa de zonificación es una herramienta de análisis fundamental que permite establecer las áreas a intervenir con determinado proyecto

de infraestructura ya sea obras hidráulicas, edificios de salud, construcción de caminos, entre otros. Además de esto, el mapa de zonificación de riesgo es una gran herramienta al momento de prevenir y proyectar situaciones futuras de alto o bajo riesgo, permitiendo realizar ajustes a la gestión del territorio con respecto a las condiciones a considerar.

Considerando que el municipio de González ha sido constantemente afectado por inundaciones, producto de las fuertes lluvias durante la época invernal, y que actualmente no cuenta con un plan de contingencia, en este proyecto proponemos generar el mapa de zonificación de riesgo por inundación en la zona colindante con la quebrada LA LOMA.

Fundamentándonos en la necesidad que tiene la población del municipio de González para el acceso a este tipo de información y analizando la afectación que genera el fenómeno de inundación en la zona de estudio colombiana, en este proyecto proponemos generar paso a paso el mapa de zonificación de riesgo por inundación en el casco urbano del municipio de Gonzales Cesar, Colombia (Municipal, 2014)

Capítulo 1. elaboración del mapa de zonificación de riesgo por inundación en el casco urbano del municipio de González, cesar

1.1 Planteamiento del problema

Posterior al año 2000, los temas referentes al cambio climático han tomado significativa importancia a nivel mundial. El cambio climático es la alteración del clima y la temperatura de la tierra; afecta los ecosistemas, la disponibilidad de agua potable, genera cambios en la producción de alimentos y produce el aumento de fenómenos naturales como inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor (Manos Unidas, 2020)

En Colombia, el fenómeno de la inundación es uno de los efectos más notorios del cambio climático. El IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), a través del Estudio Nacional del Agua, identificó que en el país existen 190.935 Km² con condiciones favorables a la inundación, es decir, aproximadamente el 17% del área continental del territorio nacional (Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático, 2021).

El municipio de Gonzáles, Cesar, no es ajeno a esta realidad, pues en la última década ha presentado una serie de inundaciones asociadas al aumento en el caudal de la quebrada La Loma, originado principalmente por precipitaciones en la zona alta del municipio (IDEAM, 2011). Esta quebrada se origina en la vereda Vijagual y su cauce colinda con la zona urbana del mismo. Las inundaciones han afectado los barrios que se encuentran dentro de la ronda hídrica, ocasionando daños estructurales a bienes inmuebles, pasos vehiculares y peatonales.

De igual manera, el aumento de caudal de la quebrada afecta el área agrícola y pecuaria, en las cuales se han registrado pérdidas de cultivos y animales.

Adicionalmente, en años anteriores realizaron obras que llevo a cabo la alcaldía municipal buscando mejorar las condiciones de vida de sus habitantes. Típicamente, estas construcciones se han realizado sin estudios técnicos previos, por lo que algunas edificaciones han generado cambios en la infiltración y en la escorrentía superficial, provocando variación en las cotas de inundación de varios sectores, aumentando así el riesgo de inundación.

Aunque el municipio de González cuenta dentro de su esquema de ordenamiento territorial (EOT) con un plano denominado “Zonificación preliminar de amenazas”, el cual fue elaborado en el año 2007, éste no se ha actualizado desde hace 15 años. Esto indica que no se tiene a la mano un plan de contingencia actualizado que permita responder ante el inminente peligro de una inundación, pues no se conoce de forma detallada las zonas más riesgosas. La ausencia de una proyección de riesgo, dificulta la implementación de medidas de control sobre las construcciones futuras, puesto que existirían variaciones en las cotas de inundación que muy seguramente incrementarán esta problemática en el municipio.

1.2 Formulación del problema

¿Se podría reducir los niveles de riesgo de inundación en algunas zonas del casco urbano del municipio de González, Cesar al crear un mapa de riesgo mediante análisis de amenaza y vulnerabilidad?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar el mapa de zonificación preliminar de riesgo por fenómeno hidrometeorológico del casco urbano del municipio de González, Cesar, Colombia

1.3.2 Objetivos específicos

Recopilar material técnico de ayuda para conocer los antecedentes de las zonas a estudiar.

Determinar las características morfológicas de la cuenca en estudio para verificar los niveles de inundación de la zona.

Crear un modelo Hidráulico de la cuenca de estudio para analizar los puntos propensos al fenómeno de inundación.

Evaluar las amenazas, vulnerabilidades y riesgos del área de estudio para establecer un plan de acción según corresponda.

1.4 Justificación

Este proyecto pretende generar el mapa de zonificación de riesgo por inundación para el municipio de González, Cesar, a partir de un modelo hidráulico del cauce de la quebrada La Loma, colindante con el casco urbano del municipio.

Para garantizar la confiabilidad del mapa, se realizará un levantamiento topográfico por nube de puntos utilizando un dron DJI Mavic. Los datos recolectados serán procesados a través del software HEC-RAS, a partir del cual se determinarán las zonas con mayor incidencia de inundación.

El proyecto permitirá que se actualice el mapa de “Zonificación preliminar de amenazas”, con lo cual se tendrán medidas de control para el desarrollo de construcciones futuras, y, a su vez, proporcionará las bases para el desarrollo de nuevas medidas de prevención de riesgo.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación Operativa

La elaboración del proyecto se realizará mediante el software especializado HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center y River Analysis System).

1.5.2 Delimitación Temporal

Esta investigación se llevará a cabo en un lapso de tiempo de 4 meses.

1.5.3 Delimitación Conceptual

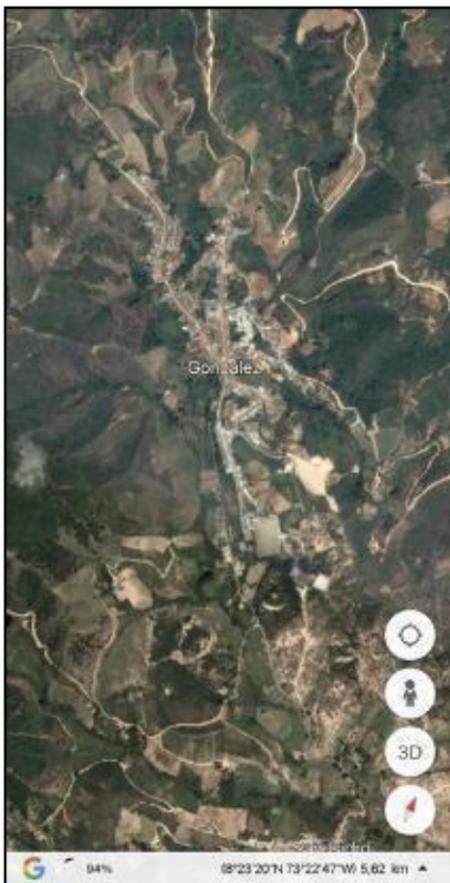
Para el desarrollo del proyecto, se tendrán en cuenta los siguientes conceptos: modelo hidrológico, modelo hidráulico, gestión de riesgo, inundación, vivienda, fenómeno, humedad, vulnerabilidad, HEC-RAS.

1.5.4. Delimitación Geográfica

El proyecto de investigación se realizará en el casco urbano del municipio de González, Cesar, Colombia, situado al nordeste del país. El municipio de González, Cesar limita con el departamento de Norte de Santander y presenta una superficie total de 75,2 km², cuenta con una población total de 6990 habitantes, de los cuales 1316 habitantes se encuentran en la parte urbana del municipio. En la figura 1, se muestra una imagen satelital de la localización del municipio de González, Cesar, Colombia.

Figura 1

Localización del municipio de González, Cesar



Nota. Tomado de Google Earth (2022)

Figura 2*Quebrada La Loma*

Nota. Tomado de Google Earth (2022)

Capítulo 2. Enfoque referencial

2.1 Antecedentes históricos

La construcción de los presentes antecedentes se vincula con cuatro factores de estudio; a saber, la topografía de la zona en estudio, la población, las estructuras que hacen presencia en los puntos a analizar o son colindantes de los mismo y el comportamiento de la ronda hídrica de la quebrada conocida como La Loma.

A partir de esta delimitación se ha realizado una recopilación de información reportada por el Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales (IDEAM, 2011); la base de datos CORE y la base de datos de la biblioteca de la Universidad Nacional de Colombia (Gaviria, 2016). Asimismo, se consultó el material bibliográfico (repositorio institucional) de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña (MARTINEZ, 2016), para conocer los estudios que han incursionado en este campo investigativo y conocer las conclusiones a las cuales estos han llegado.

Con base en esta revisión de la literatura, surgió la siguiente estructura de los antecedentes de la investigación: antecedentes internacionales, antecedentes nacionales y antecedentes locales. Como puede verse, esta amplia perspectiva con la cual se trató el campo de estudio de la elaboración del mapa de zonificación preliminar de riesgo por inundación en el casco urbano del municipio de González, Cesar, permitió realizar una aproximación bastante cercana al tema de investigación.

En la revisión bibliográfica, se reportó una investigación relacionada con la elaboración de mapas de riesgo, titulada “Elaboración de cartografía de riesgo de inundaciones y propuesta de mejora de conservación en la cuenca y reserva MAB de MAB CHIQUITA, provincia de Buenos Aires, Argentina”, llevada a cabo por Juan Pablo Celemín (2009). El objetivo de esta investigación fue el obtener un mapa de riesgo de inundaciones que permitiera clasificar y localizar los diversos niveles de riesgo, considerando elementos físico-ambientales y humanos. El objetivo principal de esta investigación fue plantear una propuesta para optimizar la conservación de manera efectiva, que permita superar los diversos conflictos existentes. En el estudio reportado por Celemín, J.P. (2019), se analizó el comportamiento de las precipitaciones en el periodo de tiempo desde 1931 hasta 1999, obteniendo productos cartográficos de gran interés que permitieron una mejor evaluación de los efectos de las inundaciones en la zona de estudio. Además, los autores utilizaron técnicas y herramientas de la geo informática, modelos digitales de terreno (MDT), sistema de información geográfica (SIG), para crear una cartografía digital y una base de datos que puede actualizarse para así monitorear el comportamiento de las inundaciones.

A partir de esta información los autores concluyeron que el desarrollo de un mapa de riesgo de inundaciones a través del método Multi-Criteria Evaluation (MCE) es de gran ayuda pues permite comparar y combinar por medio de la estandarización diferentes mapas para obtener el producto cartográfico.

A nivel nacional, se encontró un trabajo tipo tesis realizado en la Universidad Nacional de Colombia, el cual lleva como título “Diseño metodológico para la evaluación del riesgo por inundación a nivel local con información escasa”, el cual fue dirigido por la doctora Verónica Botero Fernández y llevado a cabo por Edna Margarita Rodríguez Gaviria

(2016). La finalidad de esta investigación fue desarrollar un conjunto de herramientas para la evaluación del riesgo con énfasis en determinados factores de vulnerabilidad teniendo presente preguntas como: ¿cuál es la información mínima necesaria para analizar y evaluar la amenaza?

Los autores del reporte anterior, resaltan que la información que reposaba en las alcaldías pertenecientes a las zonas de estudio se encontraba incompleta, por lo que la información recolectada a través del conocimiento local fue clave para el desarrollo del proyecto.

Vinculado con los fenómenos de remoción en masa, se encontró una tesis de pregrado realizada por Jessika Julieth Camargo Martínez y José Fernando Becerrera Galvis (2016), con el título “Elaboración del mapa de zonas propensas a fenómenos de remoción en masa en la parte sur-occidente y sur-oriental del área urbana del municipio de Ocaña, Norte de Santander”. Esta investigación se realizó en la universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña (UFPSO), y tuvo como objetivo principal la elaboración de un mapa de riesgos donde se muestran las zonas propensas a fenómenos de remoción en masa. Para lo anterior, de antemano, se validó la información de dichas zonas, georreferenciando sitios específicos, y tabulando la información para actualizar el mapa existente. Como conclusión de este proyecto de investigación, los autores deducen que hasta el año 2011 había en existencia 466 sitios susceptibles a fenómenos de remoción de masa, pero al actualizar el mapa de riesgo se obtuvo una inexistencia del 17,38%, es decir que 81 sitios no se encontraron al momento de hacer las visitas dando a conocer la importancia de la existencia y actualización del mapa de riesgo para cada población.

En la base de datos de la biblioteca de la universidad francisco de paula Santander Ocaña se encontró un de trabajo proyecto de grado con el título de “Actualización del mapa de zonas propensas a fenómenos de remoción en masa en la ciudad de Ocaña, norte de Santander realizada por Wendy Paulyn Osorio Osorio y Angie Paola Julio Fuentes. y tuvo como objetivo general Elaborar la actualización del mapa de las zonas con FRM mediante el software ArcGis® en la ciudad de Ocaña, Norte de Santander. Como conclusión de este proyecto de investigación, los autores deducen que se determinó que el tipo de fenómeno de remoción en masa más recurrente en el municipio de Ocaña es el de tipo deslizamiento trasnacional con 53% y deslizamiento rotacional con un 1%, los fenómenos de tipo caída de suelo con un 30%, también se presentan fenómenos de tipo flujos de tierra y erosión hídrica con un porcentaje bajo de alrededor del 7%.

La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres reportó que durante el año 2012 se presentaron 541 deslizamientos que afectaron 308 municipios en Colombia para “un total 50.078 personas resultaron afectadas durante los derrumbes que dejaron como saldo trágico 57 muertos, 73 heridos, más de 600 viviendas destruidas y 1.078 vías perjudicadas”. De manera más contemporánea lamentablemente se destacan tragedias como las ocurridas en Mocoa en el año 2017 donde se reportó 316 personas muertas de las cuales son 117 menores de edad, 332 personas heridas y 103 desaparecidas.

2.1.1 Noticias nacionales y locales en Colombia debido al fenómeno de inundación

El 11 de febrero del 2022 la revista el espectador Reportan inundación en vía La Calera por desbordamiento de una quebrada y las fuertes lluvias provocaron una inundación en el kilómetro 5 de la vía a La Calera. Durante la tarde de este viernes 11 de febrero, se

registraron fuertes lluvias y granizadas en varios sectores de la capital, que en la vía Bogotá - La Calera provocaron una inundación y la caída de un árbol que generaron problemas de movilidad en el sector.

Figura 3

Evento de granizada en la Calera



Nota. Tomado de revista el espectador vía web.

Los hechos fueron registrados por usuarios de las redes sociales, quienes compartieron videos del desbordamiento de la quebrada La Capilla y las inundaciones que se registran desde el kilómetro cinco de la vía que une a la capital con La Calera, sentido norte - sur. De acuerdo con el último reporte del **Instituto Distrital de Gestión de Riesgos (IDIGER)**, la mayor cantidad de lluvias que se han registrado en la ciudad se concentran en las localidades de Usaquén, Chapinero y Suba. (El Espectador, 2022)

Fuertes lluvias causan inundaciones en 10 barrios de Ibagué así fue titulada la noticia reportada por el periódico del tiempo el 8 de octubre del 2008, Los barrios inundados son: Las Brisas, El Arado, Comfenalco, San Simón, Viveros, Villa Café, La Francia, Ancón y Departamental, entre otros, que reciben ayuda de los organismos de socorro. (El Tiempo, 2018)

Figura 4*Inundaciones en la ciudad de Ibagué*

Nota. Tomado de revista el Tiempo vía web.

Fuertes lluvias causan inundaciones en 10 barrios de Ibagué así fue titulada la noticia reportada por el periódico del tiempo el 8 de octubre del 2008, Los barrios inundados son: Las Brisas, El Arado, Comfenalco, San Simón, Viveros, Villa Café, La Francia, Ancón y Departamental, entre otros, que reciben ayuda de los organismos de socorro. "Ha caído agua toda la noche y en esta zona nadie pudo dormir por miedo al desbordamiento del río Combeima", afirmaron habitantes que residen en el corregimiento Villa Restrepo.

Fabio Arenas reportero del periódico el tiempo llevo a cabo la siguiente noticia el 29 de marzo del 2019, "Aguacero inundó el corregimiento de Gualanday, en la vía Ibagué-Bogotá". (El Tiempo, 2019)

Figura 5

Afectaciones en locales comerciales en la ciudad de Ibagué



Nota. Tomado del periódico (*El Tiempo*, 2019) el Tiempo vía web.

En la mañana de este viernes, una extensa lluvia inundó buena parte de Gualanday, corregimiento del municipio de Coello que está ubicado a media hora de Ibagué, en el Tolima. "Tenemos medio pueblo inundado ya que el agua alcanzó un metro de altura en las casas, con lo que se dañaron neveras y electrodomésticos", afirmó Jhon Céspedes uno de los afectados, también agregó que nunca antes habían vivido una emergencia similar.

Reporte del periódico el pilón hecho que ocurrió el 20 de abril del 2011 en la ciudad de Valledupar, cesar, En el municipio de Gamarra se encuentran inundados el corregimiento de Puerto Capulco, con 118 familias damnificadas y el barrio El Cable, con 85 familias aproximadamente. El corregimiento El Contenido se encuentra incomunicado debido al rompimiento de la vía que lo comunica con la cabecera municipal, la comunidad del corregimiento se encuentra realizando labores de protección con sacos, teniendo en cuenta que el Río trata de romper el muro.

Pese a que en el Departamento del Cesar no se ha presentado un alto índice de lluvias, hasta ahora; el río Magdalena comienza hacer los primeros estragos en los municipios de Gamarra y la Gloria, según lo advirtió el propio IDEAM (Instituto de Estudios Ambientales y de Meteorología). (El Pilon, 2011)

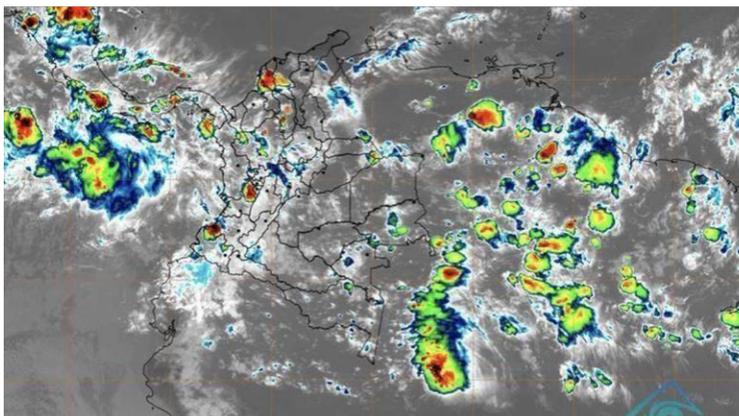
En la cabecera municipal se presentan filtraciones sobre el muro de protección construido en costales en el área del comercio, el Comité Local se encuentra realizando labores de evacuación del agua con una motobomba.

En el municipio de la Gloria se inundó la vereda de Marquetalia y Palomar siendo evacuadas 40 familias, quedando otras familias por evacuar.

Importante: IDEAM advierte sobre incremento de lluvias este fin de semana, Según señaló, este aumento de las lluvias, que se inició en la víspera (jueves) se extenderá hasta el próximo domingo 27 de febrero del 2022 fue la noticia publicada por la revista semana.

Figura 6

Mapa de concentración de las precipitaciones en Colombia



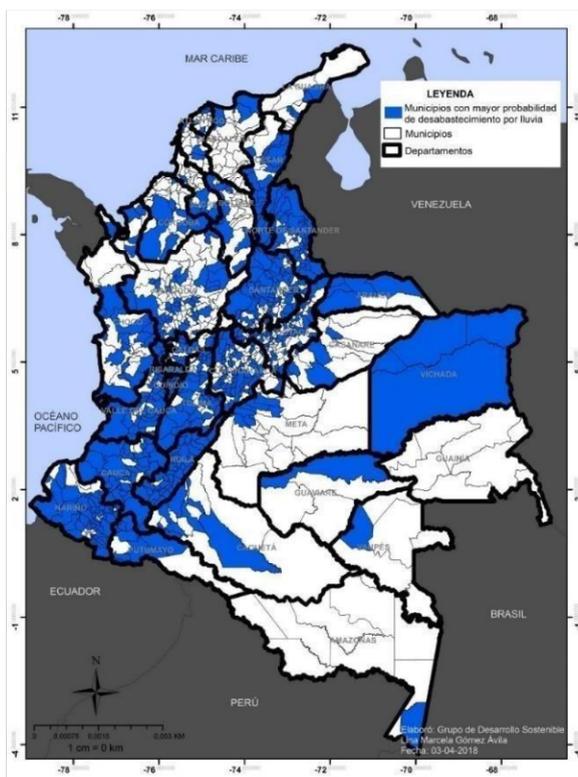
Nota. Tomado de revista la semana vía web.

Las precipitaciones se concentrarán en sectores de la región Pacífica, Andina y Amazonia, y en algunos sectores del centro y sur de las regiones Caribe y Orinoquia.

El Ideam advirtió este viernes sobre el incremento de las lluvias en varias regiones del país, de acuerdo con los modelos de pronóstico de la entidad, por lo que se hizo un llamado especial ante las consecuencias que podría traer esta situación frente a eventuales deslizamientos como los ocurridos recientemente en algunas zonas.

Figura 7

Mapa de desabastecimiento de agua en Colombia



Nota. Tomado por el ministerio de vivienda vía web.

620 municipios colombianos son propensos a presentar desabastecimiento de agua relacionados a las temporadas de lluvia, conforme a un análisis ejecutado por el ministerio de vivienda el lunes 9 de abril de 2018 en Bogotá D. C.

“Realizamos un análisis de los municipios que desde 1998 han sido reportados por la unidad de gestión del riesgo por emergencias relacionadas con la afectación del servicio de acueducto, así como resultados del estudio Nacional del agua para revisar vulnerabilidad hídrica”, aseguro el ministerio de vivienda, ciudad y territorio, Camilo Sánchez “Esta situación es grave porque más de la mitad de los municipios del país cuentan con una alta probabilidad de tener desabastecimiento de agua esto hace que sea urgente estar preparados mediante los planes de emergencia y contingencia que cada una de las empresas de servicios públicos de acueducto debe tener en coordinación con sus respectivos alcaldes”, alegó el ministerio de agua y vivienda. (Semana, 2022)

Estas son algunas de las recomendaciones generales a alcaldes y empresas de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo frente a la temporada de lluvias

- Tener presente los reportes del IDEAM sobre los pronósticos del clima en el territorio.
- En apoyo con la Corporaciones Autónomas Regionales Ambientales, evaluar las condiciones físicas de la cuenca abastecedora para determinar los posibles eventos que puedan causar represamientos, avalanchas o crecientes súbitas.
- Identificar los puntos críticos de amenazas por deslizamientos que se encuentren en el área de influencia de los componentes del sistema de AAA.
- Hacer un diagnóstico de la vulnerabilidad del sistema. De manera preventiva deben realizar análisis de vulnerabilidad de los sistemas de prestación para determinar los posibles riesgos y realizar acciones preventivas como limpieza de bocatomas, obras de mitigación, entre otros.

- Tener actualizado los planes de emergencia y contingencia. Elaborar y/o actualización los Planes de Emergencia y Contingencia, responsabilidad de cada una de las empresas prestadoras, en coordinación con los Consejos Municipales para la Gestión del Riesgo de Desastres, en los respectivos municipios, incluyendo la identificación de fuentes alternas de abastecimiento. (Avila, 2018)

El 25 de agosto del 2021 Oriente noticias TRO hacen la siguiente publicación acerca de inundaciones en el departamento del Norte de Santander. “Durante las últimas 72 horas, los municipios de San Calixto, Villa Caro, Toledo, Tibú, La Esperanza, Ocaña, Santiago, Durania y Sardinata, han resultado afectados por las fuertes lluvias”

Figura 8

Falla estructural por deslizamiento en el municipio de Sardinata Norte de Santander.



Nota. Tomado oriente noticias tro vía web.

Asimismo, el desbordamiento del río Sardinata, está generando inundaciones en zona rural de Tibú. La consejera Departamental, Adriana Carrillo, pide atención ante cualquier

fenómeno ambiental, pues las fuertes lluvias se mantendrían hasta el mes de diciembre. (ON Oriente Noticias, 2021).

2.2 Marco conceptual

A continuación, se definen los conceptos indispensables para el desarrollo del presente trabajo de grado.

2.2.1 Modelo hidrológico

Es una representación abreviada de un sistema complejo llamado prototipo, bajo forma física o matemática. El sistema físico representado, generalmente es la cuenca hidrográfica y cada uno de los componentes del ciclo hidrológico. Y el matemático es la representación del sistema real por una expresión analítica. La base del estudio de la hidrología es la comprensión del ciclo hidrológico, de sus procesos e interrelaciones tanto superficiales y subsuperficiales, y esta comprensión implica “medir”. Si bien los métodos y técnicas de medición de caudales y precipitaciones han evolucionado en el tiempo, también es cierto que otros componentes del ciclo hidrológico no han corrido la misma suerte pues se presentan bajo el suelo. La infiltración, la percolación profunda, el flujo subsuperficial, el flujo subterráneo, entre otros, son procesos que se miden usualmente de manera indirecta y/o remota, lo que conlleva a una fuerte incertidumbre respecto al funcionamiento del ciclo hidrológico. Bajo este marco, los modelos hidrológicos se presentan como una necesidad y una herramienta para conocer mejor el funcionamiento y el comportamiento de los diferentes componentes del ciclo hidrológico. Como consecuencia de ello, los modelos hidrológicos se usan:

- Como herramienta para la gestión y el planeamiento.
- Para una mayor comprensión del rol de los componentes del ciclo hidrológico en una determinada cuenca.
- Para extrapolar potenciales condiciones futuras a partir de condiciones actuales.
- Como base para la modelación de otros procesos, como la calidad de agua y la erosión.

Los modelos hidrológicos son útiles porque permiten predecir los flujos al interior de los sistemas hidrológicos, lo cual es importante en la predicción de inundaciones y fenómenos violentos asociados a los flujos de agua, especialmente en materiales con un alto grado de meteorización. La combinación de estos modelos con predicciones meteorológicas, especialmente con modelos para precipitación, permite modelar el comportamiento del agua en el suelo. En muchos casos, este tipo de modelos son muy sensibles a la evapotranspiración. En estudios climáticos, los procesos superficiales tienen que ser representados adecuadamente.

Si se buscan resultados fiables, la calibración y la validación de modelos hidrológicos es una componente muy importante en la aplicación de este tipo de modelos.

2.2.2 Gestión de riesgo

La gestión del riesgo se define como el proceso de identificar, analizar y cuantificar las probabilidades de pérdidas y efectos secundarios que se desprenden de los desastres, así

como de las acciones preventivas, correctivas y reductivas correspondientes que deben emprenderse. (CRP, 2013)

2.2.3 Inundación

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas. Se trata de una situación en la cual el agua cubre un terreno que normalmente no está cubierto de agua; en pocas palabras, el agua se desborda o cubre tierra que suele estar seca. Las inundaciones pueden ser a locales, cuando afectan una comunidad o área pequeña y de afectación extensa, que pueden abarcar cuencas fluviales enteras y varias comunidades. (IDEAM, 2017)

2.2.4 Vivienda

Es todo local formado por un cuarto o conjunto de cuartos estructuralmente separados e independientes, destinados al alojamiento de uno o más hogares, es el lugar donde se llevan a cabo la gran mayoría de las actividades básicas de la vida diaria, donde se duerme, se come, se guardan las pertenencias y el lugar donde se regresa al final de la jornada. (Defniciones y explicaciones Vol 1, 2005)

2.2.5 Fenómeno

Es el aspecto que las cosas ofrecen ante nuestros sentidos; es decir, el primer contacto que tenemos con las cosas, en lo que denominamos experiencia o conciencia. La misma palabra hace pensar que detrás del fenómeno puede existir una estructura no perceptible directamente. (Oxford University, 2022)

2.2.6 Humedad

Es una variable meteorológica bastante importante debido a que el vapor de agua siempre está presente en nuestro aire. Esté a la temperatura que esté el aire que respiramos, casi siempre tiene algo de vapor de agua. Estamos acostumbrados a ver la humedad sobre todo en los días más fríos de invierno. (MeteorologiaRed, 2009)

2.2.7 Vulnerabilidad

Es el riesgo que una persona, sistema u objeto puede sufrir frente a peligros inminentes, sean ellos desastres naturales, desigualdades económicas, políticas, sociales o culturales. Por ejemplo, las personas que viven en la planicie son más vulnerables ante las inundaciones que las que viven en lugares más altos. (Significados, 2009)

2.2.8 Hec- Ras

Es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis en ríos:

- Modelización de flujo en régimen permanente.
- Modelización de flujo en régimen no permanente.

- Modelización del transporte de sedimentos.
- Análisis de calidad de aguas.

HEC-RAS permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua, por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables. (CursosGis, 2014)

2.2.9 Cuenca hidrográfica

Unidad fundamental de análisis para el desarrollo de los procesos de planificación y administración. Territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que sus aguas dan al mar a través de un río o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. (repositorio cepal, 2013)

2.2.10 Escorrentía

Es una corriente de agua de lluvia que circula sobre la superficie de la tierra cuando rebasa un depósito natural o superficial. La escorrentía también se puede conocer como escurrimiento o aliviadero. (Significados, s.f.)

2.2.11 Hidrograma

Gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica tal como nivel de agua, caudal, carga de sedimentos, entre otros. (Google Arts & Culture, s.f.)

2.2.12 Avalancha

Son fenómenos naturales que se producen cuando una masa considerable de tierra se desprende y se desliza pendiente abajo por las laderas de montes y terrenos escarpados. (Significados, 2008)

2.2.13 Precipitación

Caída de agua desde la atmosfera hacia la superficie terrestre. La precipitación forma parte del ciclo del agua que mantiene el equilibrio y sustento de todos los ecosistemas. (Academia Mexicana de Ciencias, 2007)

2.2.14 Fenómeno de la niña

Es un fenómeno que produce un enfriamiento a gran escala de la temperatura de la superficie del océano en las partes central y oriental del pacifico ecuatorial, además de otros cambios en la circulación atmosférica tropical, a saber, los vientos, la presión y las precipitaciones. (Biodiversidad, s.f.)

2.2.15. Estación meteorológica

Es una instalación destinada a realizar mediciones y observaciones específicas de los diferentes parámetros meteorológicos aplicando la instrumentación adecuada para así poder establecer el comportamiento atmosférico. (S.L., s.f.)

2.2.16 Desbordamiento

Es un aumento de caudal debido a lluvias, pueden ser de dos formas por inundaciones lentas o en llanura se producen sobre terrenos planos que desaguan muy lentamente, cercanos a las riberas de los ríos donde las lluvias son frecuentes o torrenciales. (UNGRD, 2014)

2.3 Marco teórico

2.3.1 Inundaciones

Las inundaciones es uno de los desastres naturales que representa una gran amenaza para el desarrollo social y económico de una región o país, y son producidos en el momento en el que el suelo pierde la capacidad de absorber el agua lluvia y se produce acumulación de agua en grandes cantidades sobre la superficie. Si existe una corriente fuerte de una quebrada o un río, y el volumen de agua sobrepasa el cauce natural y se produce una inundación. (ecoexploratorio, 2008)

2.3.2 Fenómeno de inundación

Una inundación es un fenómeno natural que se presenta en el momento que cuando el nivel del agua de rios, lagunas, lagos y mar, aumenta. Este aumento de los niveles de agua puede llegar a cubrir zonas de tierra que normalmente se encuentran secas u ocupar zonas o áreas que en condiciones normales se encuentran sobre el nivel normal del cuerpo del agua.

Este tipo de amenaza se ha encontrado latente en el transcurso de la historia, dejando a su paso huellas como advertencia para así evitar la ubicación de viviendas en zonas bajas y/o cercanas a los ríos o lugares propensos a inundación, y también para evitar desastres por inundación al momento de presentarse un aumento en el caudal del cuerpo de agua. Una inundación es ocasionada por diversos fenómenos atmosféricos como lo son las ondas tropicales, ciclones tropicales, frentes ríos o estacionarios, que pueden producir lluvias prolongadas o intensas. (eird, 2012)

Otro causal de este fenómeno es la actividad humana en situaciones como la remoción del suelo y cambio de la cubierta vegetal por concreto y pavimento aumentando así la escorrentía, la erosión del suelo y la sedimentación en el cuerpo de agua, la contaminación y eliminación de humedales los cuales trabajan como una gran esponja natural reduciendo la escorrentía. (ecoexploratoio, 2010)

2.3.2 Proceso de inundación y su impacto en áreas pobladas

A nivel mundial, no hay otra amenaza natural que cause mayor pérdida de vidas que las inundaciones sobre las áreas pobladas. Se pueden mencionar principalmente dos razones: la alta frecuencia y la falta de conocimiento de las fuerzas del agua. La mayoría de muertes por inundación se encuentran relacionadas a personas que son atrapados y arrastrados por las corrientes de agua. De acuerdo al National Severe Storm Laboratory, el promedio anual de muertes en E.E. U.U. por inundación es 127 muertes. Cada año las inundaciones cuestan miles de millones de dólares debido a las pérdidas materiales. De hecho 9 de cada 10 declaraciones presidenciales de desastre en E.E. U.U. son relacionadas a inundaciones.

Los efectos primarios de una inundación son aquellos que se generan en el momento de la inundación “in situ” como, por ejemplo, muertes de animales y seres humanos, daños materiales como por ejemplo donde se destacan afectaciones en estructuras residenciales, problemas sanitarios, pérdidas de cosechas -agricultura- y problemas en drenajes. Los efectos secundarios son los que suceden luego del suceso de inundación como lo son la contaminación de los cuerpos de agua y las enfermedades. Los siguientes efectos, los terciarios, se describen como los efectos que a largo plazo surgen como consecuencia del suceso, tales como la erosión de terrenos y sedimentación del agua, efectos negativos en la economía, disminución del turismo, gastos de reconstrucción, los daños psicológicos a la población por la pérdida de vida y propiedad privada, disminución de la disponibilidad de alimentos por pérdidas en las cosechas y dificultad de transporte.

La actividad económica y el diario vivir se alteran en el momento en que las vías de comunicación e infraestructuras como estructuras eléctricas, carreteras y puentes están dañados. De igual forma, la pérdida de valor de la tierra y la reducción del poder adquisitivo, daños a estructuras y negocios pueden dejar a las comunidades económicamente vulnerables. (ecoexploratoio, 2010)

2.3.3 Metodologías para la prevención

Para la prevención de las inundaciones, las áreas que presenten alto riesgo deben ser identificadas y adecuadas para el manejo adecuado de aguas o en lo posible ser aisladas excluidas de las zonas de viviendas, edificios o asentamientos poblacionales.

También se debe identificar los puntos de mayor relevancia para la protección y el cuidado de los bosques tiene un papel esencial, debido a que estos trabajan como reservorios de agua y de esta manera no se sobrecarga el caudal de los ríos. Además, densas zonas de bosques protegen la ribera de los ríos evitando inundaciones.

Asimismo, para contener y evitar las inundaciones se deben realizar estructuras para la defensa de los asentamientos a orillas de los cuerpos de agua. Si la población se encuentra en una zona propensa a inundaciones y se generan fuertes lluvias, se recomienda evitar la construcción en zonas bajas o cercanas de los ríos o cuencas, se recomienda desplazarse a zonas altas. Es decir, no se deben construir viviendas cercanas a los cuerpos de agua o en zonas bajas, si no hay zonas altas, las construcciones se deben realizar sobre pilotes. Se debe cumplir lo descrito en el plan de prevención de inundaciones. (mi sitio webej, s.f.)

2.4 Marco legal

La base jurídica que estructura el soporte legal del proyecto, está basada en la siguiente normatividad:

- Constitución política de Colombia 1991. En el artículo 79 se consagra que: “todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”

- Ley 1523 de 2012, a través de 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.
- Art.3 Decreto 4147 de 2011, por el cual se crea la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, se establece y estructura.
- Ley 1450 de 2011, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014; capítulo VI Sostenibilidad ambiental y prevención de desastre.
- Decreto 1807 de septiembre 19 de 2014.
- Estudio Nacional de Agua. Por medio del cual se busca dar al país información precisa sobre la distribución local y regional de las condiciones de la sostenibilidad del recurso hídrico y la disponibilidad del agua.
- Documento Conpes 3146 de 2001. Estrategia para consolidar la ejecución del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres PNPAD en el corto y mediano plazo.
- Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres.

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

En este proyecto se utilizará una investigación de tipo descriptivo cuantitativo, ya que la recolección de información se llevará a cabo a través de técnicas cuantitativas tales como encuestas, planos, mapas y fotografías.

3.2 Población

La población que hará parte del desarrollo de la investigación es la comunidad del casco urbano del municipio de González, Cesar en las zonas más susceptibles al fenómeno de inundación debido a la quebrada la Loma.

3.3 Muestras

Las muestras serán en los diferentes barrios que se encuentran propensos a ser afectados por fenómenos de inundación en el casco urbano del municipio de González, Cesar.

3.4 Recolección de la información

La recolección de información se desarrollará mediante las siguientes técnicas:

- ❖ Visitas.

- ❖ Búsqueda de información histórica como el EOT más actualizado del municipio.
- ❖ Registro fotográfico.
- ❖ Encuestas para determinar elementos y población vulnerable.
- ❖ Levantamientos topográficos.

3.5 Metodología

Para lograr cada uno de los objetivos propuestos en este proyecto se plantearon las etapas que serán enunciadas a continuación:

Etapa 1. Investigación de la zona de estudio

En esta etapa se llevará a cabo una recopilación de información histórica de las zonas más afectadas por el fenómeno de inundación a causa de la quebrada la Loma en el municipio de González, Cesar.

Etapa 2. Trabajo de campo

Mediante el trabajo de campo se realizarán visitas, las cuales tienen como objetivo identificar los sitios que históricamente han sido más propensos al fenómeno de inundación y se evaluará su estado actual. Adicionalmente, se realizarán encuestas para identificar el tipo de inundación que se presenta y su efecto en la población. En esta etapa, se realizarán registros fotográficos y levantamiento topográfico de la zona afectada por la quebrada a través de un dron de mapeo.

Etapa 3. Digitalización de información

La información y los datos recolectados se ordenarán de manera digital. La nube de puntos recolectada a través del levantamiento topográfico realizado por el dron, se procesará en el software Pix4Dmapper pro mediante el cual se organizará la información en formato DMS para su posterior análisis.

Etapa 4. Análisis de resultados

La información se analizará a través del software HEC-RAS. Posteriormente, se realizará el mapa de zonificación de riesgo por inundación en donde se pretende especificar las zonas de alto riesgo para la población.

Capítulo 4. Desarrollo del proyecto

Elaboración del mapa de zonificación de riesgo por inundación en el casco urbano del municipio de González, Cesar

Para Elaborar el mapa de zonificación de riesgo por inundación mediante el software Hec-Ras en el casco urbano del municipio de González, Cesar, se desarrolló los diferentes objetivos específicos de acuerdo al diseño metodológico propuesto, que a medida de su elaboración y cumplimiento permitieron llevar a cabo el trabajo de grado, los cuales se presentan a continuación.

4.1 Recopilar material técnico de ayuda para conocer los antecedentes de las zonas a estudiar.

4.1.1 Recopilación de información histórica de la zona con ocurrencia a inundaciones

Para recopilar la información histórica de los sitios con ocurrencias a inundaciones, se realizó una recopilación de información se acudió a la oficina de planeación del municipio de González, cesar en la sección de atención de gestión del riesgo para de esta manera adquirir registros históricos de hechos de inundaciones.

Información histórica de entidades encargadas de la gestión de riesgo: Para el desarrollo de esta actividad, se recurrió a la oficina de gestión del riesgo donde se facilitó vía web el plan municipal para gestión del riesgo y desastres de agosto del 2014. De esta manera

para indagar los sitios que habían sido reportados con inundaciones y la causante de estas en el casco urbano del municipio de González, Cesar. Información que se organizó y se extrajo de del plan municipal todo lo referente a inundaciones en el municipio como se muestra a continuación.

En la figura 9 se puede ver un breve resumen de los eventos de inundación registrados en los últimos años y que han generado afectaciones a los pobladores del casco urbano del municipio de Gonzales, Cesar.

Figura 9

Registro histórico de inundaciones en el municipio de González, Cesar

Registro Histórico de Emergencia y Desastres en el municipio de González.							
Lugar Año 2010-2011	Evento	Afectación por Ola invernal 2010-2011					
		Viviendas		Personas		Otros	
		Destr.	Aver.	Afec.	Filas	Servicios Públicos	Area en riesgo
Puente Cabecera Central (2004)	Inundación		4	1	5		
Bárbura, Culbrita, Toquendama, Chorrón, Paramillo, Mata de fique.	Deslizamiento, Inundación		6		80		100 ha caña, café, plátano cacao, bayo cebolla.
Azicenos-Potrero-El Oso-Monterá-Bujaravita-Quebrada Estancia-Mata Figue-Toquendama-Bárbura-Culebrita-Vijagual, San Cayetano, Salobritos, Bujurama, Cotorreras	Deslizamiento				Comunidad en General	Obstrucción vía por taponamiento, derrumbe y pérdida de la banca vial en varios puntos	100 pollos en San Cayetano.
Corregimiento San Isidro, el Potrero, Mata de Figue y Bárbura.	Deslizamiento				Comunidad en General	Daños en bocatomas y tubería de aducción	
Casco urbano sector filito de Oro			1	1			
Corregimiento Bárbura			1	1			

Corregimiento de Monterá				1	1		
Corregimiento la Floresta				1	1		
San Cayetano, Vijagual, Salobritos	Exceso de lluvia, Deslizamiento			7	30		60 ha café, apio, lulo, maíz, cebolla, plátano, tomate, Bayo, frijol, yuca.
Quebrada Estancia-Mata de Figue, Toquendama, Cerró Azul, Uvita Negra.	Exceso de lluvia, Deslizamiento			9	60		100ha Caña, plátano, frijol, maíz, café.
Cotorreras, Chamizo, Bujurama, San Isidro, Floresta, Pueblo Viejo.	Inundación, Deslizamiento			5	30		50ha Caña, Maíz, Frijol Plátano, Tomate
Potrero, El Oso, Azicenos, San Vicente, Bujaravita, Monterá.	Inundación, Deslizamiento			10	20		30 ha caña, cebolla, Abichea, Alverja.

En la figura 10 se puede observar la ficha de caracterización de zonas susceptibles a problemas de inundación en el casco urbano del municipio de Gonzales, Cesar, esta caracterización se puede encontrar de una forma extensa en el esquema de ordenamiento territorial del municipio (EOT).

Figura 10

Identificación de zonas con probabilidad de inundación en el municipio de González, Cesar

	PLAN MUNICIPAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES – CMGRD. MUNICIPIO DE GONZALEZ	
		pagina 22 de 76
Formulario B. IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO (caracterizar)		
B.1. Identificación de Escenarios de Riesgo según el Criterio de Fenómenos Amenazantes		
Escenarios de riesgo asociados con fenómenos de origen hidrometeorológico	Riesgo por: a) Inundaciones b) Avenidas torrenciales c) Desbordamientos d) Deslizamientos e) Avalanchas f) Colapso estructural en vías g) Epidemia h) Interrupción de servicios esenciales i) Bloqueo de vías	
Escenarios de riesgo asociados con fenómenos de origen geológico	Riesgo por: a) sismo o terremoto, muchas viviendas no cumplen con las normas sismo resistentes b) Remoción en masa c) Fallas geológicas	
Escenarios de riesgo asociados con fenómenos de origen tecnológico	a) Incendios estructurales b) Fugas de gas	
Escenarios de riesgo asociados con fenómenos de origen humano no intencional	a) Fenómenos derivados por aglomeraciones de público b) Accidentes de tránsito c) Incendios forestales	
B.2. Identificación de Escenarios de Riesgo según el Criterio de Actividades Económicas y Sociales		
Riesgo asociado con festividades municipales	Riesgo por: a) Intoxicación con licor adulterado b) Aglomeración masiva de personas c) Uso de artículos pirotécnicos d) Riñas con Armas de fuego y corto Punzantes.	
B.3. Identificación de Escenarios de Riesgo según el Criterio de Tipo de Elementos Expuestos		
Riesgo en infraestructura social	Edificaciones: a) Hospital y/o centros de salud b) Establecimientos educativos c) Alcaldía Municipal f) Templos parroquiales h) Estación de Policía	

A partir de la ficha de caracterización se logró obtener un compendio de las zonas susceptibles a riesgos por fenómenos hidrometeorológicos entre otros, estas zonas se pueden ver en la figura 11.

Figura 11

Escenarios de Riesgo por inundación entre otros - municipio de González, Cesar

	<p>PLAN MUNICIPAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES – CMGRD. MUNICIPIO DE GONZALEZ</p>	 página 24 de 76
<p>características de la topografía del terreno El panorama del riesgo sísmico se completa con la vulnerabilidad de las edificaciones, lo cual depende de la época en que fueron construidos (calidad de los materiales y métodos constructivos), el tipo de estructura, el uso, el estrato socio económico y el mantenimiento, entre otros. En la actualidad, más de la mitad de las manzanas construidas en el municipio corresponden a estratos socio económicos 1 y 2, de donde se infiere una alta vulnerabilidad estructural, principalmente por presentar viviendas</p> <p>Esta situación, junto a los otros factores de vulnerabilidad expuestos, hace que, pese a que la amenaza sísmica en el municipio no es extrema, el riesgo sí lo es para muchos sectores, debido a la vulnerabilidad estructural de las edificaciones.</p>		
<p>Integrantes del CMGRD responsables de elaborar la respectiva caracterización (Formularios 1 a 5):</p>		
<p>ESCENARIO DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES</p>		
<p>En el municipio de González la ocurrencia por incendio forestal incrementa con el fenómeno del niño este se ha puntualizado en sectores como Bujaravita, Boca del monte, Búrbura, Cerro azul debido a las altas temperaturas, prácticas agrícolas y materiales que inciden en la combustión y por lo tanto a la pérdida de bosque natural secundario, rastrojo, pastos y cultivos.</p> <p>De acuerdo al mapa de Cobertura y uso actual de las tierras, la cobertura vegetal existente está conformada por 2.009 hectáreas de bosque natural secundario, rastrojo bajo en 1.361 hectáreas, 2.624 hectáreas en cultivo denso conformado por cultivos de caña panelera, café, plátano, 324 hectáreas en cultivos de cebolla, tomate, frijol, 603 hectáreas en rastrojos y bosques y 330 hectáreas en tierras eriales los cuales son susceptibles a incendio forestal con la tendencia de incendios rastrojos seguidos en menor proporción de copa.</p>		
<p>Integrantes del CMGRD responsables de elaborar la respectiva caracterización (Formularios 1 a 5):</p>		
<p>ESCENARIO DE RIESGO POR INUNDACIONES Y VENDAFALES</p>		
<p>Las inundaciones son eventos que se producen como resultado de lluvias intensas y continuas que ocurren con gran rapidez alcanzando grandes velocidades y aumento del caudal que producen corrientes que arrastran o afectan lo que encuentran a su paso. Debido a la riqueza hídrica pero que está a su vez es intervenida por la construcción de viviendas en el área de llanura de inundación como lo son la quebrada la loma en la cabecera municipal y las quebradas Culebrita, Búrbura, Montera que atraviesan el municipio incrementa la amenaza por inundación.</p> <p>Además cuando se presentan altas precipitación incrementa las fuerzas de los vientos por lo cual se ha registrado la ocurrencia de vendavales afectando diversos sectores de la cabecera municipal, veredas y corregimientos del municipio de González.</p>		

En la figura 12 se puede observar la descripción de uno de los eventos reportados por la oficina de gestión del riesgo y evaluado por la ficha de caracterización planificada por los organismos en el esquema de ordenamiento territorial.

Figura 12

Reporte de un evento de inundación en el municipio de González, Cesar

1.5. CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ESCENARIO DE RIESGO POR INUNDACIONES Y VENDA VALES		
Formulario 1. DESCRIPCIÓN DE SITUACIONES DE DESASTRE O EMERGENCIA ANTECEDENTES		
SITUACIÓN No. 1	Ante las lluvias intensas presentadas por efectos del fenómeno de la Niña, inundaciones en la cabecera municipal debido a la quebrada la loma, represamiento en la vereda Tequendama, riesgo por inundación en corregimientos la culebrita, Búrbura, Montera por quebradas del mismo nombre, también se presenta pérdida de cultivos por las fuertes lluvias en sectores como la floresta. Acompañada de los fuertes vientos se han registrado vendavales afectando varias familias.	
1.1. Fecha: periodo 2010-2011 Octubre 2012.	1.2. Fenómeno(s) asociado con la situación; Precipitaciones por encima de lo normal, lluvia durante periodos prolongados generaron pérdida de techos y debilitamiento de viviendas debido a los vendavales en el barrio Cristo Rey, el cementerio y corregimiento San Isidro. Represamiento en la vereda Tequendama, e inundaciones en sectores como el puente la plaza donde ha deteriorado las viviendas ubicadas en las márgenes de la quebrada la Loma.	
1.3. Factores que favorecieron la ocurrencia del fenómeno: Construcción de viviendas y establecimiento en las áreas de llanura de inundación de las quebradas, deforestaciones de la franja protectora de las fuentes hídricas, obstrucción de las quebradas con basuras que favorecen el represamiento y la no circulación de la corriente.		
1.4. Actores involucrados en las causas del fenómeno: La comunidad en General, La Administración Municipal, CMGRD, CORPOCESAR.		
1.5. Daños y pérdidas presentadas: (describir de	En las personas: 1 persona lesionada y más de 200 familias afectadas.	
	En bienes materiales particulares: Avería de Viviendas.	
	En bienes materiales colectivos:	
Fecha de: Elaboración SEPTIEMBRE 2012	Fecha de: Actualización AGOSTO 2014	Elaborado por: CMGRD

En la figura 13 se puede observar la ficha técnica formulada en el esquema de ordenamiento territorial, con la cual se analiza y se identifica zonas que pueden presentar problemáticas ante cualquier de los riesgos que se puedan generar el municipio, esperando generar una alerta temprana que permita estimar medidas correctivas a futuro.

Figura 13

Formulación de análisis e identificación de medidas a futuro sobre problemáticas en el municipio de González, Cesar

Formulario 3. ANÁLISIS A FUTURO E IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS DE INTERVENCIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGO		
3.1. ANÁLISIS A FUTURO		
<p>Los asentamientos humanos ubicados en márgenes de quebradas que atraviesan el municipio, requieren tratamientos tanto de relocalización como de mejoramiento integral a través de obras de protección contra inundaciones. No obstante una de las políticas debe ser la recuperación de la zona de ronda hídrica, con el fin de evitar la ocurrencia de catástrofes que pueden comprometer la vida y los bienes de estas poblaciones. Por otra parte la eliminación de la cobertura vegetal en ladera, realizada para adecuar tierras de cultivos y / o construcción de viviendas, ha venido ocasionando que las aguas de escorrentía arrastren gran cantidad de sedimentos hacia estos cauces, presentándose colmatación en zonas de baja pendiente. Esto trae consigo que en temporadas invernales puedan ocasionarse inundaciones.</p>		
3.2. MEDIDAS DE CONOCIMIENTO DEL RIESGO		
3.2.1. Estudios de análisis del riesgo:	3.2.2. Sistemas de monitoreo:	
<ul style="list-style-type: none"> a) Diagnóstico de emergencia. b) Elaborar mapas de amenaza y riesgo por inundación. c) Caracterización de las fuentes de abastecimiento de los acueductos rurales y urbano d) Elaborar estudios de reubicación de asentamientos en zonas de riesgo. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Monitoreo permanente de los puntos críticos. b. Pronósticos y alertas del IDEAM. 	
3.2.1. Medidas especiales para la comunicación del riesgo:	<ul style="list-style-type: none"> a) Programa de Capacitación comunitaria. b) Visitas domiciliarias. c) Programas radiales. 	
3.3. MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO – INTERVENCIÓN CORRECTIVA (riesgo actual)		
	Medidas Estructurales	Medidas no Estructurales
3.3.1. Medidas de reducción de la amenaza:	<ul style="list-style-type: none"> a) reforestación en cercanías a los cuerpos hídricos. b) Obras de estabilización de taludes en los puntos críticos de las vías municipales. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Incorporación de la zonificación de amenaza por inundación en el EOT con la respectiva reglamentación de uso del suelo.

En la figura 14 se puede ver una ficha técnica donde se encuentra un listado de las diferentes medidas que se contemplan en el EOT del municipio para desarrollar actividades encaminadas en la reducción de la vulnerabilidad de áreas donde existe una probabilidad de sufrir afectaciones por alguno evento. En el EOT se puede encontrar la totalidad de información planteada por los organismos encargados de identificar, analizar y proyectar dichas medidas de futuras intervenciones.

Figura 14

Ficha de las diferentes medidas de reducción de vulnerabilidad en el municipio de González, Cesar

		b) Realizar programa de sensibilización, capacitación y divulgación a la comunidad en general, para la prevención y atención de este tipo de fenómenos.
3.3.2. Medidas de reducción de la vulnerabilidad:	<ul style="list-style-type: none"> a) Aplicación de la normatividad del Ordenamiento territorial b) Reubicación de viviendas localizadas en zonas de ronda de quebradas. c) Infraestructura y viviendas nuevas construidas bajo la normativa vigente para la protección de inundaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Diseñar e implementar el Sistema de Alertas Tempranas (SAT). b) Incremento del comportamiento de autoprotección en la comunidad.
3.3.3. Medidas de efecto conjunto sobre amenaza y vulnerabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> a) Capacitación y organización comunitaria. b) Fortalecimiento del sistema educativo. 	
3.3.4. Otras medidas:		
	Medidas Estructurales	Medidas no Estructurales
3.4.1. Medidas de reducción de la amenaza:	<ul style="list-style-type: none"> a) Conservar zonas protectoras a través de procesos de reforestación, recuperación. b) Corrección de cauces. 	a) Restringir la frontera ganadera y agrícola.
3.4.2. Medidas de reducción de la vulnerabilidad:	<ul style="list-style-type: none"> a) Desarrollo de las zonas de alta amenaza en inundación (no ocupadas) con usos y prácticas adecuados. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Divulgación pública sobre las condiciones de riesgo. b) Control de áreas inestables. c) Reglamentos de no construcción en zonas de ronda hídrica.
3.4.3. Medidas de efecto conjunto sobre amenaza y	Identificar de acciones para mitigar los impactos del cambio climático que estimula irregularidad de caudales hídricos en la	

4.1.2 Evaluación y validación de información

Para realizar la evaluación y validación de la información se llevó a cabo visitas a en los diferentes barrios del municipio los cuales se registran afectados por el fenómeno de inundación y de esta manera se verifica que los barrios con mayor afectación son aquellos los cuales hacen parte de la ronda hídrica del cauce de la quebrada LA LOMA., inicialmente se

realizó un análisis del mapa de “Zonificación preliminar de amenazas del municipio de González, cesar”, a partir de dicho análisis se logró identificar que este fue elaborado en el 2007 y no presenta ninguna actualización de las inundaciones presentadas desde ese año hasta tiempo real. Por lo cual fue necesario realizar una serie de vuelos con un DRON DJ MAVIC 3, para la obtención de la ortofoto de los diferentes barrios los cuales hacen parte del cauce de la quebrada la LOMA y así poder georreferenciar en forma precisa los diferentes puntos históricos los cuales se ven afectados por el fenómeno de inundaciones.

4.2 Determinar las características morfológicas de la cuenca de estudio

Para conocer las características morfológicas de la quebrada la loma del municipio de González, cesar se realiza la siguiente recolección de información:

4.2.1 Precipitación de la zona.

La información necesaria para el cálculo de la escurrimiento correspondiente a la zona de estudio se extrajo de la página del IDEAM en la cual se encuentra plasmada la información recolectada por los puestos de control a nivel nacional.

Para el presente trabajo de grado esta información se obtuvo de diferentes puntos de control ubicado en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, (corregimiento de Aguas Claras y brotare, universidad francisco de paula Santander Ocaña).

- **Información obtenida de la página del IDEAM:** se descarga y se organiza para su fácil análisis y procesamiento esto con el objetivo de encontrar el dato máximo de precipitación en la zona y la curva IDF.

- **Descarga de los datos Hidrometeorológicos.** Se accede a la página web del IDEAM en consulta y descarga de datos Hidrometeorológicos, luego se ingresa la fecha que se necesite para este proyecto fue del 1 de enero del 2000 al 31 de diciembre del 2021 (ver figura 15), se selecciona la ubicación de la estación (departamento y municipio) y de esta forma nos muestra los puntos que presentan estación Hidrometeorológicos (ver figura 15) y para proceder a descargar la que se requiere (ver figura 15).

Figura 15

Datos hidrometeorológicos

Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos

Consultar Descargar Información Especial Recursos

Periodo

Fecha Inicial: 01/01/2000

Fecha Final: 31/12/2021

Serie de Tiempo y Frecuencia

Estándar Especial (decadal/multianual)

Parámetro: PRECIPITACION

Variable:

Lista Completa Listado abreviado

	Descripción
<input type="radio"/>	Precipitación acumulada 10 minutos
<input type="radio"/>	Precipitación total horaria
<input type="radio"/>	Días con lluvia $\geq 0,1$ mm
<input checked="" type="radio"/>	Día pluviométrico (convencional)
<input type="radio"/>	Precipitación total diaria (automática)

Nota. Datos obtenidos de la base de datos del IDEAM.

Figura 16

Datos de las estaciones a descargar.

Datos Estación

Departamento: Norte de Santander ▼

Municipio: Ocaña ▼

<input type="checkbox"/>	Código	Nombre	FechaIni
<input checked="" type="checkbox"/>	16055010	AEROPUERTO AGUAS CL...	1999-12-31
<input checked="" type="checkbox"/>	16050170	BROTARE [16050170]	1999-12-31
<input checked="" type="checkbox"/>	16055100	UNIVERSIDAD FRANCIS...	1999-12-31

Nota. Datos obtenidos de la base de datos del IDEAM.

Figura 17

Información a descargar – Día pluviométrico

Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos

Consultar Descargar Información Especial Recursos

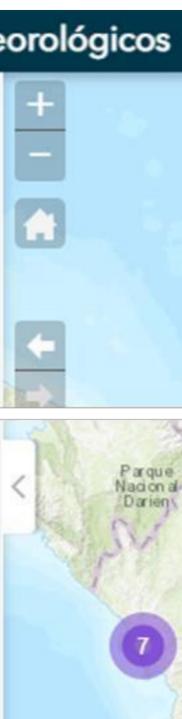
Periodo: 01/01/2000-31/12/2021

Día pluviométrico (convencional) - AEROPUERTO AGUAS CLARAS [16055010] - Estandard X

Día pluviométrico (convencional) - BROTARE [16050170] - Estandard X

Día pluviométrico (convencional) - UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER [16055100] - Estandard X

Descargar Agregar Otros Limpiar



Nota. Datos obtenidos de la base de datos del IDEAM.

- **Tabulación de Datos obtenidos del IDEAM:** Se procede a la tabulación de los datos descargados del IDEAM para obtener el dato máximo de precipitación de cada estación y obtener las curvas IDF y periodos de retorno.

- **Tabla de máximos estación aeropuerto de aguas claras:** Con los datos crudos obtenidos en la página web del IDEAM, se organizan en tablas (año, máximos y la fecha) y de esta manera se obtiene el dato máximo para cada estación.

Tabla 1

Datos de precipitaciones estación aeropuerto de aguas claras

ESTACION NUMERO 16055010		
AEROPUERTO AGUAS CLARAS		
AÑO	MAXIMOS	FECHA
2000	50,1	22/05/2000
2001	33	18/05/2001
2002	50	23/08/2002
2003	50	22/10/2003
2004	50	23/05/2004
2005	12,3	6/12/2005
2006	53,5	17/09/2006
2007	58,4	17/10/2007
2008	98,5	16/02/2008
2009	70	3/03/2009
2010	41,4	8/11/2010
2011	66	24/04/2011
2012	42,8	24/06/2012
2013	42,2	20/04/2013
2014	52	10/05/2014
2015	48,3	17/11/2015
2016	53,6	15/11/2016
2017	67,8	11/10/2017
2018	61,3	3/09/2018
2019	48,7	9/04/2019
2020	60,8	14/10/2020
2021	61,5	2/08/2021

Nota. Tomado de la página web del IDEAM modificado por autores

- **Tabla de máximos estación de brotare:** Con los datos crudos obtenidos en la página web del IDEAM, se organizan en tablas (año, máximos y la fecha) y de esta manera se obtiene el dato máximo para cada estación.

Tabla 2*Datos de precipitaciones estación Brotare*

ESTACION NUMERO 16050170		
BROTARE		
AÑO	MAXIMOS	FECHA
2000	77,8	22/05/2000
2001	136	23/01/2001
2002	50	7/10/2002
2003	231	15/07/2003
2004	43,5	15/04/2004
2005	83	12/07/2005
2006	48,7	21/10/2006
2007	52,5	20/10/2007
2008	53,5	28/04/2008
2009	36,5	11/06/2009
2010	61,3	30/07/2010
2011	50,7	21/04/2011
2012	50,4	4/05/2012
2013	11,8	25/12/2013
2014	10,8	24/09/2014
2015	9,7	18/05/2015
2016	20,8	15/11/2016
2017	50,7	13/07/2017
2018	47,5	21/05/2018
2019	57,2	22/09/2019
2020	50,4	6/09/2020
2021	48,2	25/06/2021

Nota. Tomado de la página web del IDEAM modificado por autores.

- **Tabla de máximos estación de la Universidad Francisco de Paula Santander:** Con los datos crudos obtenidos en la página web del IDEAM, se organizan en tablas (año, máximos y la fecha) y de esta manera se obtiene el dato máximo para cada estación.

Tabla 3

Datos de precipitaciones estación Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

ESTACION NUMERO 16055100		
U. FRANCISCO DE PAULA SANTANDER		
AÑO	MAXIMOS	FECHA
2000	88,6	21/09/2000
2001	43,5	16/05/2001
2002	50,5	18/09/2002
2003	54,8	2/10/2003
2004	44,7	9/10/2004
2005	60	8/05/2005
2006	45,2	18/11/2006
2007	51,2	17/10/2007
2008	69,6	1/11/2008
2009	48,1	20/05/2009
2010	76,8	24/05/2010
2011	80,1	22/04/2011
2012	44,4	9/08/2012
2013	85,1	10/08/2013
2014	121,5	10/12/2014
2015	44,8	2/11/2015
2016	42,9	29/04/2016
2017	58,7	20/04/2017
2018	78,7	5/09/2018
2019	63,9	17/10/2019
2020	48,7	16/11/2020
2021	60,1	25/06/2021

Nota. Tomado de la página web del IDEAM modificado por autores.

- **Curvas IDF de cada estación hidrometeorológicos.** Se obtiene los datos máximos de cada estación y de esta manera generar las curvas IDF y los periodos de retorno.
- **Curva IDF y periodos de retorno estación aeropuerto de Aguas Claras.** Se realiza la tabulación de los datos descargados de la página del IDEAM de los cuales nos arroja que el dato máximo de precipitaciones es de 98,1 en el año 2008 el 16 de febrero.

En la figura 18 se puede ver, la tabulación para la construcción de la curva IDF de la estación Aeropuerto Aguas Claras.

Figura 18

Periodos de retorno Aeropuerto Aguas Claras

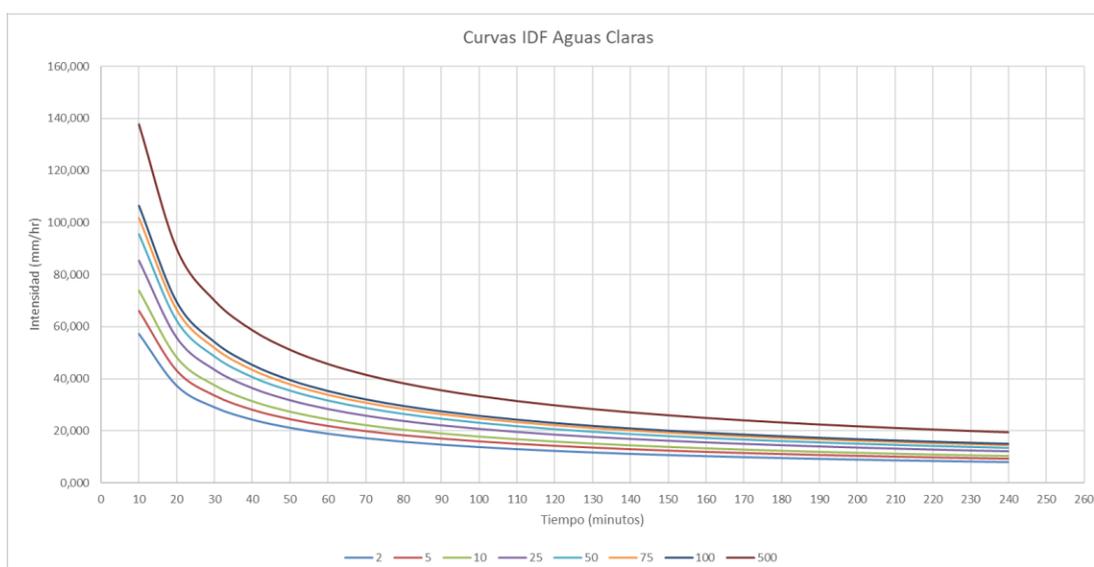
Periodo de retorno	$Y_i = -\ln\left(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right)$	$\bar{x} = u + Y_i \cdot \beta$	$F_{(x,\mu,\beta)} = e^{-\left(\frac{x-\mu}{\beta}\right)^{\frac{1}{\alpha}}}$	$X_{(x,\mu,\beta)} = 1.13 \cdot \bar{x}$
2	0,367	50,631	0,500	57,2
5	1,500	64,889	0,800	73,3
10	2,250	74,329	0,900	84,0
25	3,199	86,256	0,960	97,5
50	3,902	95,104	0,980	107,5
75	4,311	100,247	0,987	113,3
100	4,600	103,887	0,990	117,4
500	6,214	124,183	0,998	140,3

Nota. Periodos de retorno obtenida tabulación de los datos del IDEAM.

En la figura 19 se encuentra las curvas IDF de la estación Aeropuerto de Aguas Claras, localizado en el municipio de Ocaña Norte de Santander.

Figura 19

Curva IDF estación Aeropuerto Aguas Claras



Nota. Curva IDF obtenida tabulación de los datos del IDEAM.

- **Curva IDF y periodos de retorno estación de Brotare.** Se realiza la tabulación de los datos descargados de la página del IDEAM de los cuales nos arroja que el dato máximo de precipitaciones es de 231 en el año 2003 el 15 de julio.

En la figura 20 se puede ver, la tabulación para la construcción de la curva IDF de la estación Brotare.

Figura 20

Periodos de retorno Brotare

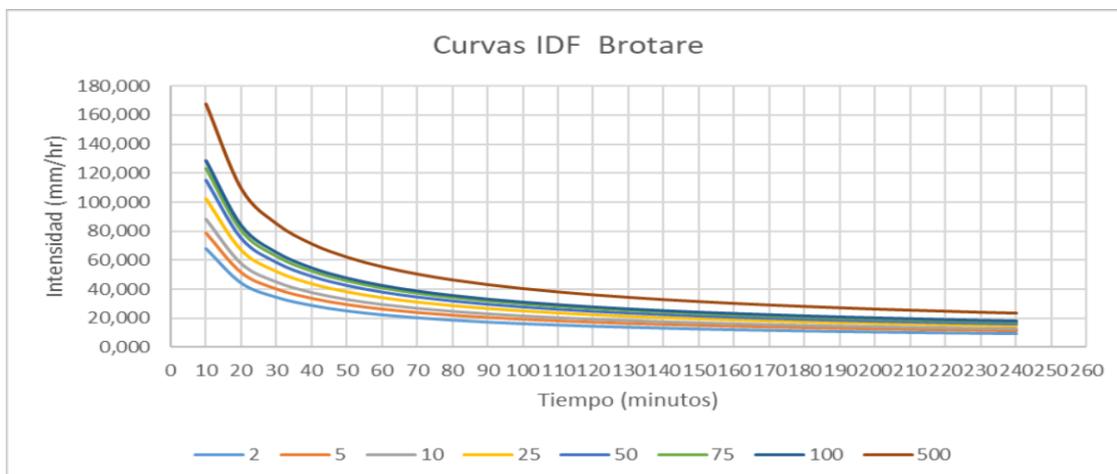
Periodo de retorno	$Y_i = -\ln\left(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right)$	$x = u + Y_i \cdot \beta$	$F_{(u,\beta)} = e^{-x}$	$X_{(u,\beta)} = 1.13 \cdot X$
2	0,367	50,558	0,500	57,1
5	1,500	92,106	0,800	104,1
10	2,250	119,615	0,900	135,2
25	3,199	154,372	0,960	174,4
50	3,902	180,156	0,980	203,6
75	4,311	195,144	0,987	220,5
100	4,600	205,751	0,990	232,5
500	6,214	264,896	0,998	299,3

Nota. Periodos de retorno obtenida tabulación de los datos del IDEAM.

En la figura 21 se encuentra las curvas IDF de la estación Brotare localizado en el municipio de Ocaña Norte de Santander.

Figura 21

Curva idf estación Brotare



Nota. Curva IDF obtenida tabulación de los datos del IDEAM.

- **Curva IDF y periodos de retorno estación de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.** Se realiza la tabulación de los datos descargados de la página del IDEAM de los cuales nos arroja que el dato máximo de precipitaciones es de 97,1 en el año 2014 el 10 de diciembre. En la figura 22 se puede ver, la tabulación para la construcción de la curva IDF de la estación Brotare.

Figura 22

Periodos de retorno estación Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

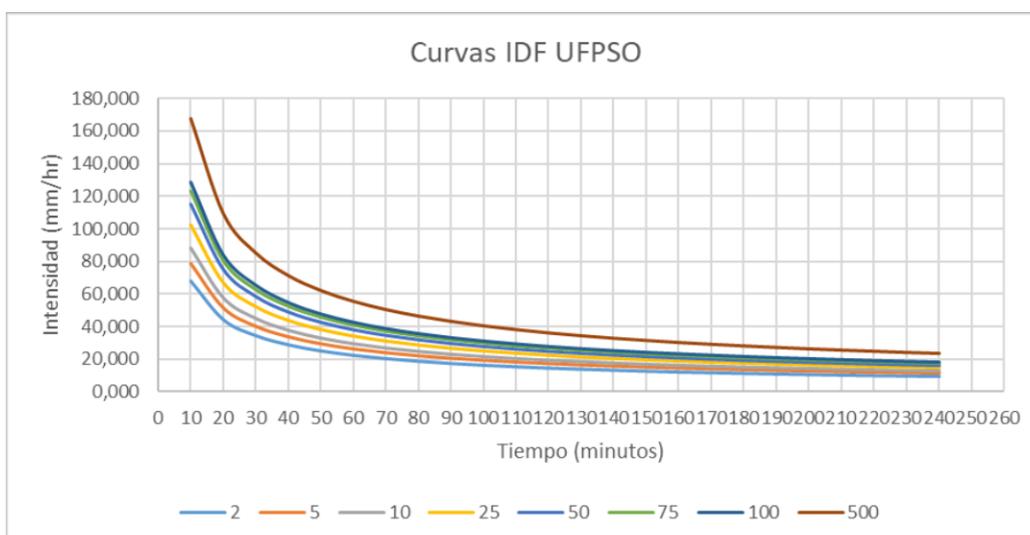
Periodo de retorno	$Y_i = -\ln\left(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right)$	$\bar{x} = u + Y_i \cdot \beta$	$F_{(x, \mu, \beta)} = e^{-\left(\frac{x-\mu}{\beta}\right)^{\alpha}}$	$\bar{X}_{(1000)} = 1.13 \cdot \bar{X}$
2	0,367	58,039	0,500	65,6
5	1,500	72,866	0,800	82,3
10	2,250	82,684	0,900	93,4
25	3,199	95,087	0,960	107,4
50	3,902	104,289	0,980	117,8
75	4,311	109,638	0,987	123,9
100	4,600	113,423	0,990	128,2
500	6,214	134,530	0,998	152,0

Nota. Periodos de retorno obtenida tabulación de los datos del IDEAM.

En la figura 23 se encuentra las curvas IDF de la estación Brotare localizado en el municipio de Ocaña Norte de Santander.

Figura 23

Curva idf estación Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña



Nota. Curva IDF obtenida tabulación de los datos del IDEAM

En la recolección de datos se obtuvo información de las estaciones meteorológicas significativas en la zona, las cuales son las que se encuentran ubicadas en Brotare, Universidad Francisco de Paula Santander – Ocaña y Aeropuerto Aguas Claras, siendo esta última seleccionada como mejor opción para el análisis de precipitación de la zona debido a la cercanía al área en estudio.

4.2.2 Determinación de las áreas de las laderas.

Con la herramienta GOOGLE EARTH se realizó la determinación de las áreas de las laderas colindantes con el cauce de la quebrada LA LOMA. Se marcan dichas áreas con diferentes colores como se muestra en la figura 22 y de esta manera Google Earth nos arroja el dato del área de cada sección marcada, luego estos datos se tabulan con las descripciones de laderas con vegetación, laderas sin vegetación y zonas urbanas y así conocer el área de la zona de estudio (ver tabla 4)

Figura 24

Discriminación de las áreas de drenaje en la zona de estudio



Nota. Tomado de Google Earth modificado por autores.

Tabla 4*Área de laderas con y sin vegetación*

DESCRIPCIÓN		
	Kilómetro 2	Hectárea
Laderas derechas sin vegetación	0,00	0,00
Laderas derechas con vegetación	0,11	10,70
Laderas izquierda sin vegetación	0,00	0,00
Laderas izquierda con vegetación	0,30	30,20
Zona urbanizada	0,0757	7,57
Laderas con vegetación	0,4090	40,9
Laderas sin vegetación	0,0000	0,00
Zona urbanizada	0,0757	7,57

Nota. Tomado de Google Earth modificado por autores.

4.2.3 Topografía de la zona de mayor afectación

Debido a la extensión del terreno, numerosos detalles topográficos necesarios para el procesamiento de datos y la situación social del área en estudio, se optó un sistema de recolección de datos que facilitara una nube de puntos densa en el menor tiempo posible. Actualmente se cuenta con una estación total topcon de serie 3000w y un dron DJ mavic 3, de los cuales se escogió este último debido a su versatilidad y rapidez en la recolección de datos.

El levantamiento topográfico se realiza a través del dron DJ Mavic 3 propiedad del arquitecto Felipe Navarro el cual en conjunto con el ingeniero Steven Sepúlveda brindan acompañamiento y asesoría para una adecuada operatividad en el momento de la recolección de datos y el procesamiento de los mismos.

El levantamiento se inicia teniendo en cuenta que el despegue del dron debe ser en una cota de elevación superior al del terreno en estudio. Se genera el enlace del celular con el dron mediante el joystick, teniendo este instalado la aplicación Pix4Dmapper para así cargar el plan de vuelo que se pudo haber programado con anterioridad o la zona de campo si es el caso y se programa el vuelo a una cota de 60 mts por encima de la cota máxima del área en estudio. Esto se hace para que el dron no tenga obstáculos en el momento de la recolección de datos.

El tiempo que tarda en realizar el vuelo es de 15 minutos el cual la carga de una batería es suficiente. Se inicia a las 3:40 pm y se termina la recolección de datos topográficos de la zona a las 3:55 pm.

4.3 Evaluar las amenazas, vulnerabilidades y riesgos del área de estudio

Se desarrolló un “Encuesta metodológica por amenaza de inundación en el casco urbano del municipio de González, Cesar, que permitió la toma de datos en el lugar de análisis y de esta manera identificar la vulnerabilidad de esta zona a fenómeno de inundaciones.

4.3.1 Encuesta metodológica por amenaza de inundación en el casco urbano del municipio de González, Cesar

La encuesta se encuentra estructurada de la siguiente manera:

Identificación de la edificación. En esta primera sección, se identificó los datos básicos de identificación, el barrio, la fecha de visita, la dirección de la vivienda teniendo en cuenta la nomenclatura que maneja la empresa CENS, así como las coordenadas que se tomó

en campo para la respectiva geo referenciación. (norte, este, cota), la tenencia del bien y el tipo de revisión que se realizó (exterior, parcial, completo). Ver figura 25.

Figura 25

Encuesta para estimar la vulnerabilidad formato 1a




ENCUESTA METODOLOGICA POR AMENAZA DE INUNDACION EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, CESAR

FECHA: DD: MM: AA:

PARTE 1 IDENTIFICACION DE LA EDIFICACION

1.1 BARRIO	1.2 DIRECCION - KDX
<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3 COORDENADAS:

ESTE:	NORTE:	COTA:
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.4 TIPO DE IDENTIFICACION:

REVISION	<input type="text"/>
EXTERIOR	<input type="text"/>
PARCIAL	<input type="text"/>
COMPLETA	<input type="text"/>

1.6 TENENCIA DEL BIEN:

PROPIETARIO	<input type="text"/>
ARRENDATARIO	<input type="text"/>
OTRO	<input type="text"/>

Nota: Formato 1.

Clasificación de la edificación. Se inspecciona el uso de la vivienda (comercial, residencial, institucional, salud pública, salud privada, gubernamental, educación, parqueaderos) ubicación de la vivienda la (esquinera, medianera, aislada), material predominante de la vivienda, estado de la construcción, servicios públicos básicos con los que debería contar la vivienda, como lo son, energía eléctrica, alcantarillado, acueducto, gas, teléfono. En esta sección se especificó el parámetro socio económico (la vivienda era habitada o no y el número de personas que la habitan). Ver figura 26

Figura 26

Clasificación de la edificación

PARTE 2. CLASIFICACION DE LA EDIFICACION	
2.1 USO PREDOMINANTE: INSTITUCIONAL GUBERNAMENTAL SALUD PUBLICA SALUD PRIVADA RESIDENCIAL COMERCIO EDUCACION PARQUEADEROS OTROS	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.3 MATERIAL PREDOMINANTE DE LA VIVIENDA BLOQUE O LADRILLO TAPIA PISADA TABLA OTRO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.4 ESTADO DE LA CONSTRUCCION: COMPLETA INCOMPLETA EN CONSTRUCCION NO CONSTRUIDO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.5 SERVICIOS PUBLICOS EN LA EDIFICACION: ALCANTARILLADO AGUAS SERVIDAS AGUAS LLUVIAS ACUEDUCTO LUZ TELEFONO GAS	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.2 UBICACION DE LA VIVIENDA: ESQUINERA MEDIANERA AISLADA	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	CUAL _____
2.6 PARAMETRO SOCIOECONOMICO: HABITADA NO HABITADA	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	NUMERO DE HABITANTES: <input type="text"/>

Evaluación y diagnóstico de daños de la edificación. En esta sección se indaga la causa de daños en la vivienda (asentamientos, movimientos de tierra, inundaciones, sismos, fallas estructurales), las consecuencias referentes a esos daños, inundaciones previas y la altura de estas, tipo de afectaciones de la vivienda a la hora de inundarse (humedades pisos y paredes, pérdida de alimentos, difícil acceso agua potable, acumulación de residuos sólidos, pérdida de cosechas).

Se indaga cuales áreas considerables se pueden inundar (carreteras, red de alcantarillado, viviendas, conductos de abastecimiento de agua), posibilidad de inundarse en un futuro, posibles factores más influyen en las posibles afectaciones que pudieran sufrir usted y su familia. Ver figura 27,28.

Figura 27

Evaluación diagnóstica de la construcción

PARTE 3. EVALUACION Y DIAGNOSTICO DE DANOS DE LA EDIFICACION			
3.1 CAUSA DE DAÑOS PRESENTES:			
ASENTAMIENTOS	<input type="checkbox"/>		
MOV. DE TIERRA	<input type="checkbox"/>		
SISMOS	<input type="checkbox"/>		
INUNDACIONES	<input type="checkbox"/>		
FALLAS ESTRUCT.	<input type="checkbox"/>		
3.2 CONSECUENCIAS PRESENTES:			
SIN DANOS	<input type="checkbox"/>		
HUMEDADES	<input type="checkbox"/>		
EMPOZAMIENTOS	<input type="checkbox"/>		
FISURAS	<input type="checkbox"/>		
GRIETAS	<input type="checkbox"/>		
OTRAS	<input type="checkbox"/>		
3.3 INUNACIONES PREVIAS:			
SE HA INUNDADO	<input type="checkbox"/>		
NO SE HA INUNDADO	<input type="checkbox"/>		
ALTURA DE INUNDACION (M)	<input type="checkbox"/>		
PERIODOS DE LLUVIAS	<input type="checkbox"/>		
FECHA/PERIODICIDAD (MES)	<input type="checkbox"/>		
3.4 TIPO DE AFECTACIONES AL INUNDARSE:			
INUNDACION DE LA VIVIENDA	<input type="checkbox"/>		
HUMEDAD EN EL PISO Y LAS PAREDES	<input type="checkbox"/>		
PERDIDA DE ALIMENTOS	<input type="checkbox"/>		
DIFICIL CONSUMO DE AGUA POR CONTAMINACION	<input type="checkbox"/>		
PERDIDAS DE ANIMALES PRODUCTIVOS O DOMESTICOS	<input type="checkbox"/>		
PERDIDA DE COSECHAS	<input type="checkbox"/>		
CONTAMINACION DE LOS ALIMENTOS	<input type="checkbox"/>		
DERRUMBE PARCIAL O TOTAL DE LA VIVIENDA	<input type="checkbox"/>		
PERDIDA DE ENSERES DOMESTICOS	<input type="checkbox"/>		
MUERTE POR AHOGAMIENTO	<input type="checkbox"/>		
ACUMULACION DE BASURA O DESECHOS SOLIDOS	<input type="checkbox"/>		
3.5 ¿PODRIA SENALAR QUE AREAS CONSIDERA USTED QUE SE PUEDEN INUNDAR?			
CARRETERAS	<input type="checkbox"/>	RED	<input type="checkbox"/>
REDES ELECTRICAS	<input type="checkbox"/>	ALCANTARILLADO	<input type="checkbox"/>
CONDUCTOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	<input type="checkbox"/>	LINEAS FERREAS	<input type="checkbox"/>
OTRAS (GAS, COMUNICACIONES)	<input type="checkbox"/>	VIVIENDAS	<input type="checkbox"/>
		INSTALACIONES COMUNITARIAS	<input type="checkbox"/>
3.6 ¿CONSIDERA POSIBLE QUE EN EL FUTURO USTED Y SU FAMILIA PUEDAN SER AFECTADOS AS POR ALGUNA INUNDACION POR INTENSAS LLUVIAS			
SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
NO SABE	<input type="checkbox"/>		

Figura 28

Factores influyentes de las posibles afectaciones

3.7 DE LOS SIGUIENTES FACTORES, ¿CUALES SON LOS QUE MAS INFLUYEN EN LAS POSIBLES AFECTACIONES QUE PODERAN SUFRIR USTED Y SU FAMILIA?	
RELIEVE, UBICACION DE SU VIVIENDA	<input type="checkbox"/>
EN UNA ZONA BAJA	<input type="checkbox"/>
CERCANIA DE SU VIVIENDA AL CURSO DE UN RIO, PLANO DE INUNDACION O ANTIGUO CAUCE DE UN RIO MAL ESTADO DE LA VIVIENDA	<input type="checkbox"/>
CERCANIA A PRESAS Y/O CANALES DE DRENAJE PLUVIAL	<input type="checkbox"/>
ACUMULACION DE DESECHOS DOMESTICOS Y ESCOMBROS EN AREAS DE LA COMUNIDAD	<input type="checkbox"/>
CONSTRUCCIONES Y/O MODIFICACIONES ARQUITECTONICAS QUE MAXIMIZAN LA INTENSIDAD DE LA INUNDACION	<input type="checkbox"/>
MAL ESTADO DE LA VIVIENDA	<input type="checkbox"/>
CARENCIA O DIFICULTADES CON EL ABASTO DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMAN	<input type="checkbox"/>
ESTADO DE REDES DE DRENAJE PLUVIAL (INEXISTENTES, INSUFICIENTES, TUPIDAS)	<input type="checkbox"/>
ESTADO DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO (INEXISTENTES, INSUFICIENTES, TUPIDAS)	<input type="checkbox"/>

Registro fotográfico y observaciones. Para finalizar, en esta sección se encuentra un registro fotográfico que refleja las condiciones en las que se encuentra el punto georeferenciado y algunas observaciones que los encuestados nos expresaron, también se registra a mano alzada un pequeño dibujo de la cercanía de la vivienda al cauce de la quebrada LA LOMA. Ver figura 29 Y 30.

Figura 29

Registro fotografico



Figura 30

Registro de Observaciones – Bosquejo a mano alzada



4.3.2 Tabulación resultados de las encuestas

La población que se encuentra bajo una posible amenaza a sufrir afectaciones por inundaciones es de 15 inmuebles, de las solo 9 aceptaron que se aplicara la encuesta las otras 6 manifestaron no estaban de acuerdo, aunque se manifestó que era para un proyecto de carácter académico donde se pretendía evaluar la susceptibilidad de los habitantes antes posibles inundaciones en el sector de estudio.

Luego de la recopilación de información mediante la aplicación de las encuestas, las cuales se aplicaron a 4 barrios (Caol 1, Carretero, La Plaza y El Comercio) del municipio de González, Cesar , se llevan a cabo 9 viviendas encuestadas por dos factores ,uno personas que son las viviendas que se encuentran cerca al cauce de la quebrada la loma y dos estuvieron de acuerdo en dejar aplicar la encuesta el cual se le hizo conocimiento para que se realizaba

esta que era con fines educativos, se quiere resaltar que algunos habitantes del sector estuvieron en desacuerdo para la aplicación de esta (las encuestas mencionadas se encuentran en el anexo 1).

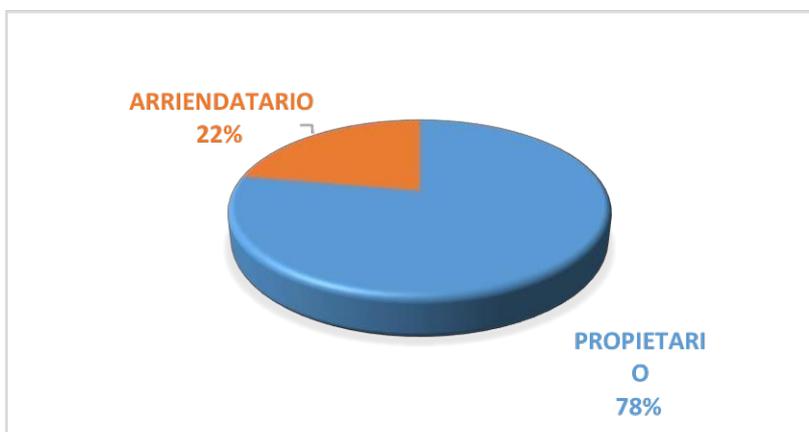
De acuerdo a la recolección de los datos correspondientes a las encuestas para la identificación de elementos vulnerables se llega a las siguientes conclusiones:

De la aplicación de las encuestas se debe mencionar que, si se presenta vulnerabilidad y riesgo por inundación en esta zona del cauce de la quebrada la loma, según lo expresado por los habitantes de esta sus viviendas ya se han visto afectado por inundación y aciertan que en temporada de lluvias pueden llegar a sufrir las consecuencias que tare consigo el fenómeno de inundación.

- **Tendencia del bien inmueble:** Al aplicar la encuesta se puede mostrar que un 78% de las personas las cuales hacen parte de la ronda hídrica de la quebrada la loma son propietarios de estas viviendas un 22% pagan arriendo.

Figura 31

Tendencia del bien inmueble

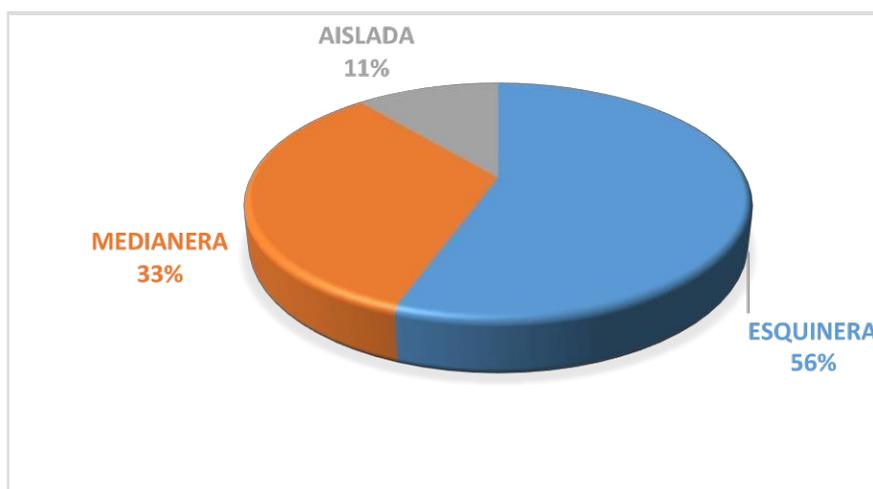


Nota. El gráfico muestra los inmuebles en estado de arrendamiento

- **Ubicación de la vivienda.** se logró evidenciar que de las 9 viviendas encuestadas un 56% son esquineras, un 11% aisladas y un 33% medianeras, estos nos permiten concluir que la ubicación de estas las hace vulnerables a riesgos por inundación.

Figura 32

Ubicación de la vivienda con referencia a la Quebrada La Loma.

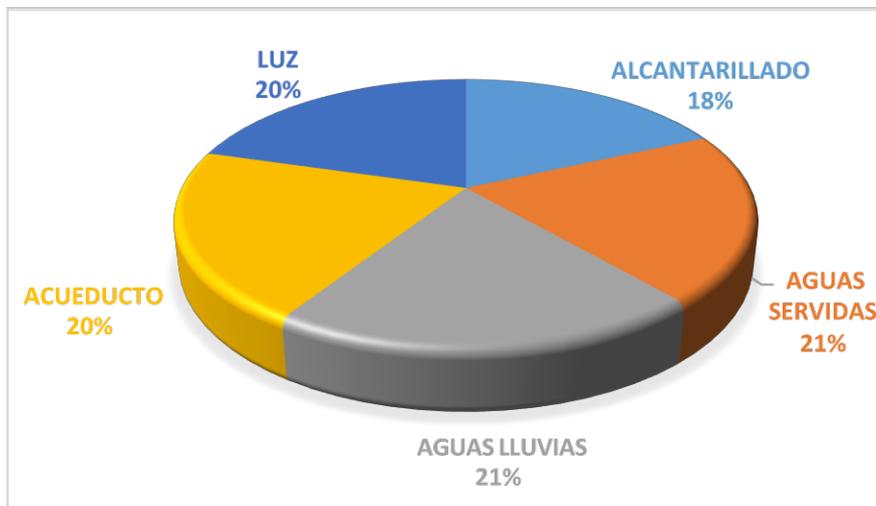


Nota. El gráfico muestra la cantidad de viviendas pertenecientes a una ubicación.

- **Servicios públicos:** Las viviendas de este sector cuentan con luz 20%, alcantarillado 18%, acueducto 20%, aguas lluvias 21% y aguas servidas 21%, se hace constar que las personas que habitan estas viviendas cuentan con los servicios esenciales para calidad de vida.

Figura 33

Servicios públicos con los cuales cuenta los inmuebles



Nota. La grafica muestra los servicios públicos con los que cuenta el inmueble.

- **Parámetro socioeconómico.** El 89% de las viviendas se encuentra habitadas y son de uso residencial, el 11% arrojado de no habitado es de uso comercial exactamente un billar “BILLARES CHARLES “.

Figura 34

Parámetro socioeconómico

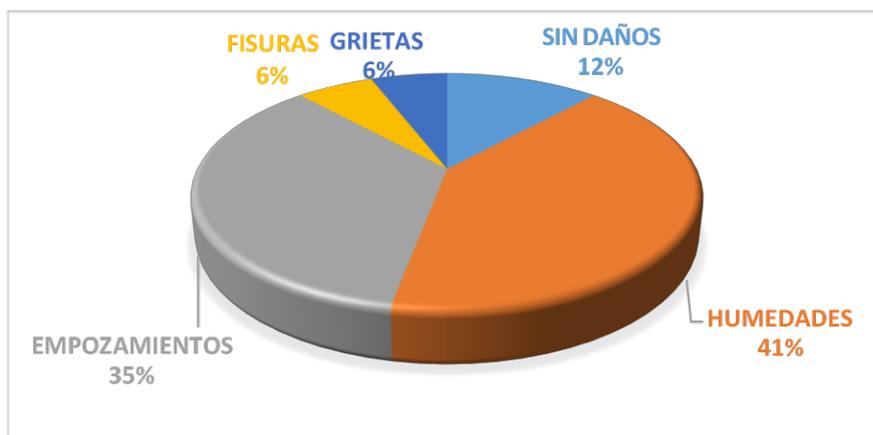


Nota. La grafica nos muestra si la vivienda se encuentra habitada.

- **Consecuencias presentes.** Al presentarte el fenómeno de inundación en el municipio de González, Cesar una de las consecuencias más relevante para estas viviendas es las humedades con un 41%, se presentaron otras como empozamientos con 35%, fisuras y grietas de un 6% y un 12% no sufrieron daños.

Figura 35

Consecuencias presentes



Nota. La grafica muestra los daños resultados de las inundaciones.

- **Inundaciones previas.** El 89% de las viviendas a las cuales se le aplico la encuesta afirmo que se han inundado por esta razón se tomó la decisión de realizar este proyecto ya que son vulnerables a este fenómeno.

Figura 36

Si han sufrido Inundaciones previas

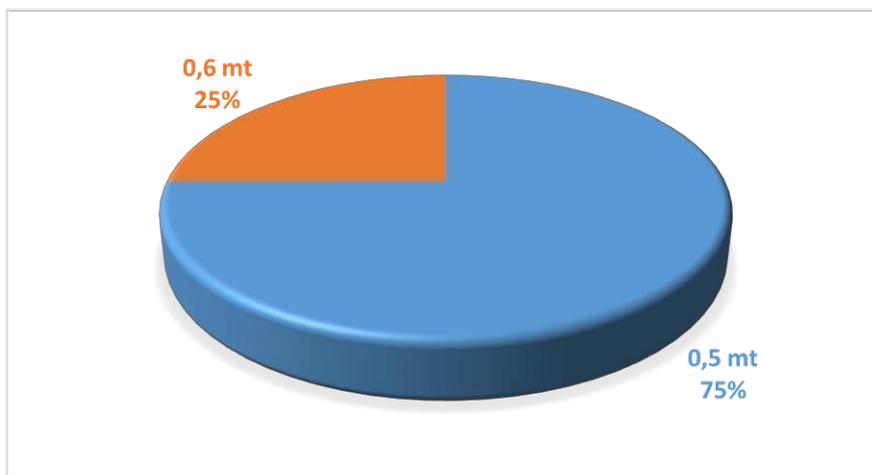


Nota. La grafica muestra las viviendas que han presentado inundaciones.

- **Altitud de inundación.** La altura máxima que se han inundados la mayoría de estas viviendas es del 0.5m con un porcentaje de 75 y el 25% restante se ha inundado en a 0.6m.

Figura 37

Cota máxima de inundación

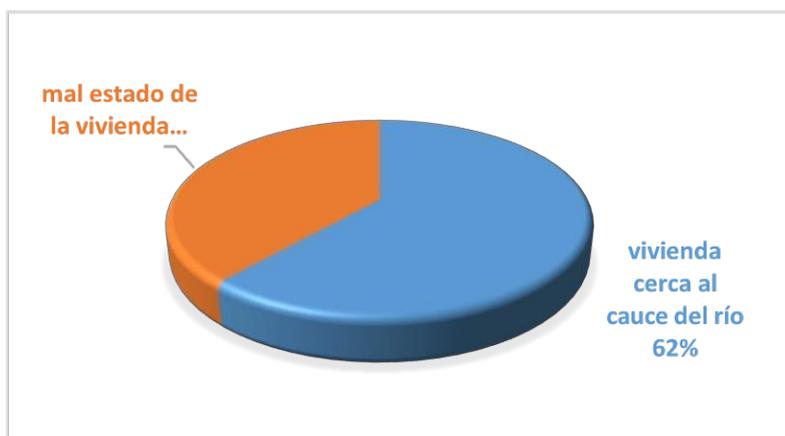


Nota. La grafica muestra la altura de inundación presente en las viviendas.

- **Causales de la afectación.** La cercanía de las viviendas a la quebrada LA LOMA es la mayor causal a que estas sean vulnerables a inundarse, teniendo en cuenta que un 38% se debe al mal estado de las viviendas.

Figura 38

Causas de las posibles afectaciones



Nota. La grafica muestra las causas principales de la afectación en vivienda.

4.4 Crear un modelo Hidráulico de la cuenca de estudio

Al finalizar la recolección de información, se trazaron planes de vuelo fotogramétricos con el fin de obtener imágenes aéreas que cubrieran las áreas de interés del proyecto.

Para el desarrollo de los vuelos se hizo uso de un equipo de vuelo no tripulado, comúnmente conocidos como Drone, propiedad del arquitecto Felipe Navarro, con las siguientes características dron dj Mavic 3.

La planificación de los vuelos se llevó a cabo con el uso de la app, la cual permitió configurar el polígono sobre el cual se desarrollaría cada levantamiento fotogramétrico. En la figura 39 se puede observar el plan de vuelo sobre la quebrada LA LOMA.

Figura 39

Plan de vuelo



Nota. La grafica muestra el polígono trazado para el vuelo del dron

El tiempo que tarda en realizar el vuelo es de 15 minutos el cual la carga de una batería es suficiente y la extensión del polígono se inicia a las 3:40 pm y se termina la recolección de datos topográficos de la zona a las 3:55 pm, el número de fotos promedio del vuelo está cerca de las 300, las cuales eran almacenadas por el drone y los datos de este son guardados y extraídos en una memoria SD para su posterior procesamiento.

4.4.1 Procesamiento mediante el software Pix 4D mapper 1.

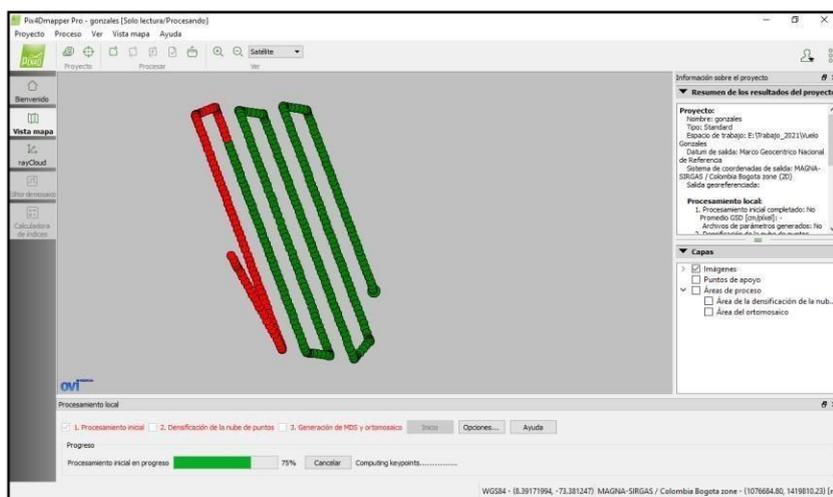
Estas fotos se cargan al software Pix 4D mapper 1 para el procesamiento de datos, es automático y dura de 12 a 24 horas dependiendo de la densidad de la nube de puntos y el rendimiento del computador.

Para la obtención del orto mosaico mediante esta herramienta se divide en 3 etapas.

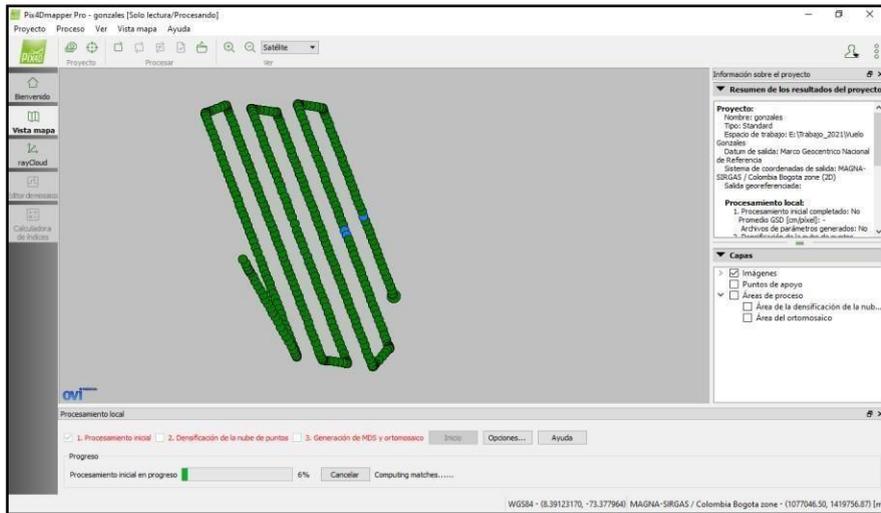
Procesamiento inicial: en el orden en que están tomadas las fotografías y teniendo en cuenta el tiempo y plan de vuelo, se organizan generando traslajos entre ellas relacionando los puntos en común y corrigiendo a la par si estos no calzan.

Figura 40

Ruta de vuelo del drone

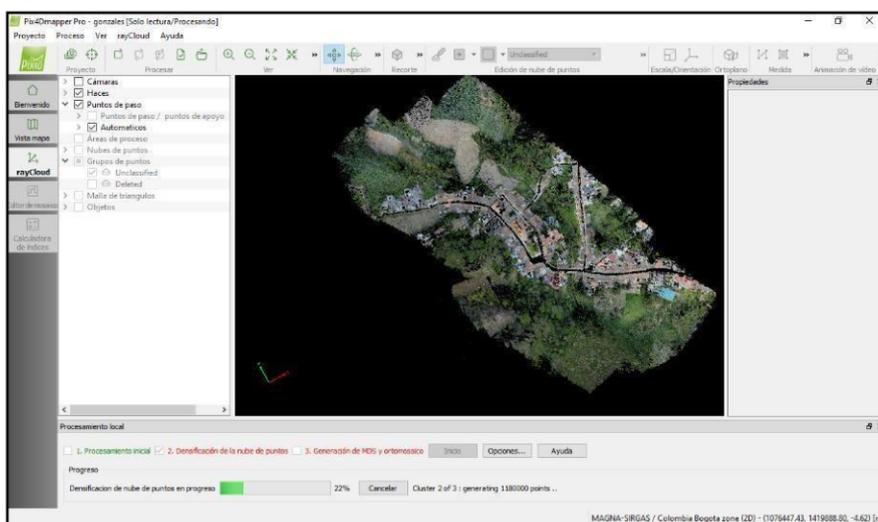


Nota: Tomado de Pixel4Dmapper pro.

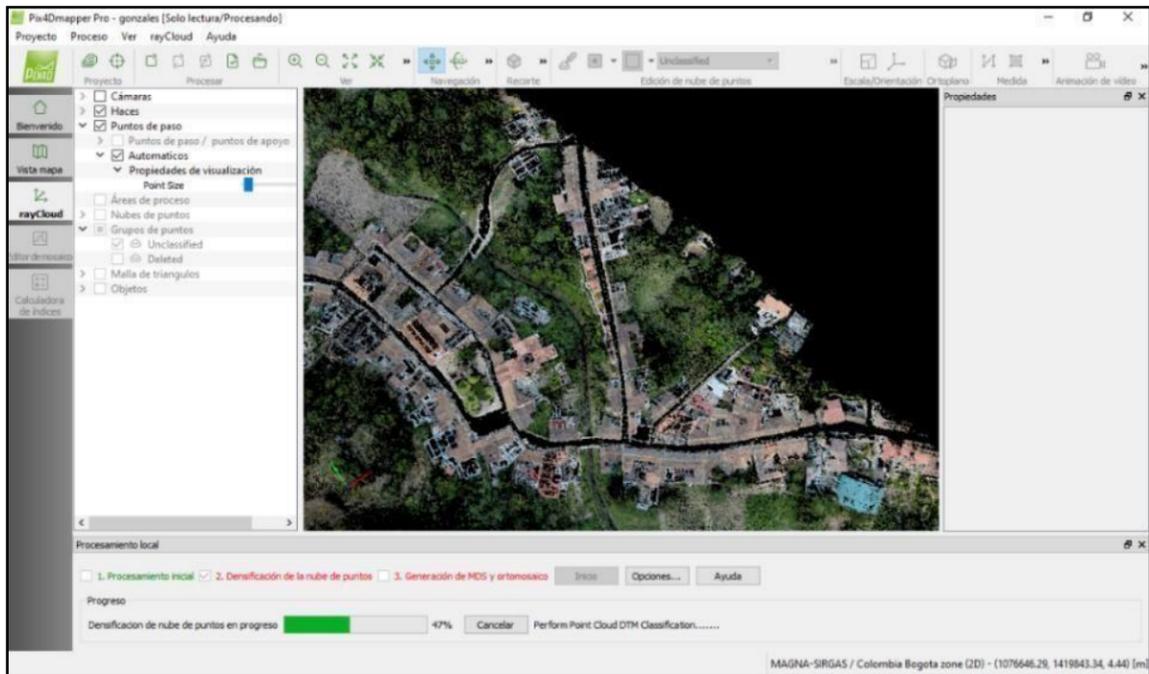
Figura 41*Chequeo de traslapo en las fotografías*

Nota: Tomado de Pixel4Dmapper pro.

Nube de puntos y malla: al tener las fotografías organizadas generando un conglomerado de las mismas y teniendo en cuenta la altura de vuelo, el software genera una nube de puntos q son tomados a un centímetro de distancia uno del otro, permitiendo esto una nube de puntos considerablemente densa y una malla de mayor confiabilidad al momento de análisis.

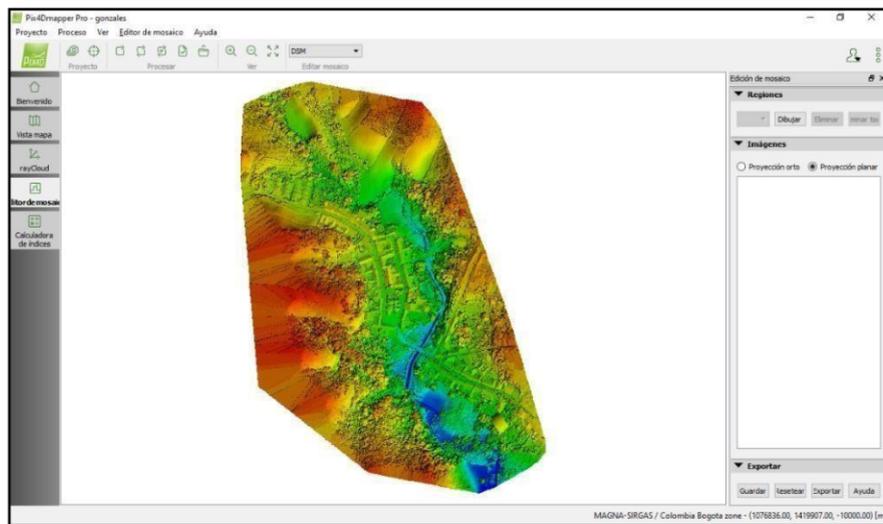
Figura 42*Nube de puntos*

Nota: Tomado de Pixel4Dmapper pro.

Figura 43*Nube de puntos*

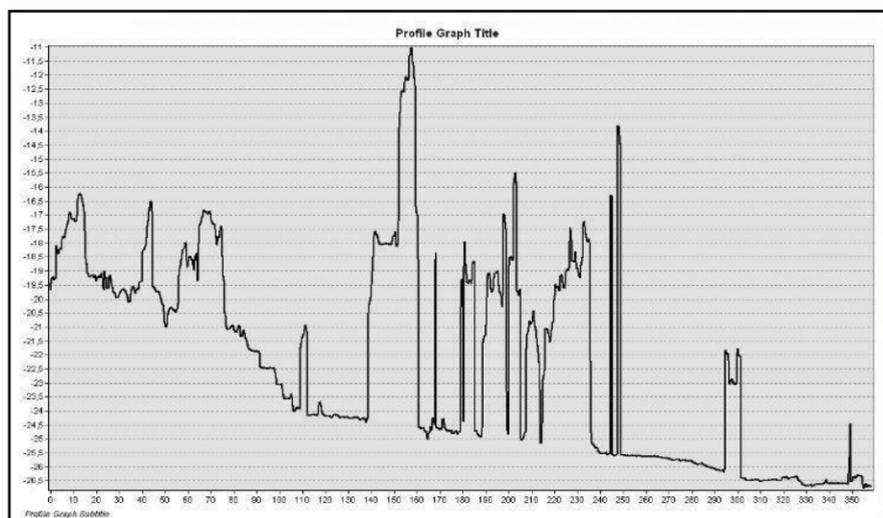
Nota: Tomado de Pixel4Dmapper pro.

Orto mosaico y MDS: de manera conjunta las fotografías como los puntos nos dan una ubicación y elevación a una distancia de centímetro de punto a punto obteniendo datos más detallados con un margen de error reducido obteniendo así un conglomerado de fotografías unificado y organizado llamado ortofoto u orto mosaico el cual se aprecia como una fotografía de todo el terreno detallando su relieve. Y a la par se genera un conglomerado de la información digital llamado Modelo digital de superficie o MDS, que es el archivo que nos permite realizar el estudio y análisis del terreno para la finalidad que necesitamos en el actual proyecto.

Figura 44*MDS*

Nota: Tomado de Pixel4Dmapper pro.

A partir de los puntos de elevación que se generaron en la zona de la cuenca del río en la lámina de agua, se determina la pendiente de la misma.

Figura 45*Perfil del río*

Nota. Tomado de Pixel4Dmapper pro.

Una vez procesada toda la información obtenida con el drone, se procede a generar el Hidrógrama, para de este tener los valores de caudal para el respectivo modelamiento en el software Hec-Ras.

Generalmente se utiliza el método racional para la evaluación de cuencas, este método tiene una limitante en la cual puede ser aplicado a cuencas con áreas entre los 2.5 km² a 10Km², la cuenca del proyecto de estudio sobrepasa este rango por lo cual será analizado por el método de la Soil Conservation Service (SCS)

4.4.2 Tiempo de concentración

Se define como el tiempo que demora una partícula de agua desde la parte más alta de la cuenca hasta la salida de la misma.

A continuación, se muestran las fórmulas utilizadas con frecuencia en el análisis de cuencas hidrográficas.

- **Formula de Kirpich: Resultado en minutos**

$$T_c = 3.97 * \left[\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right]$$

Donde:

L: Longitud del cauce

S: Pendiente media.

Formula del ministerio de obras públicas (M.O.P.T), Resultado en horas

$$T_c = 0.3 * \left[\frac{L}{S^{1/4}} \right]^{0.77}$$

- **Formula de Bransby Williams. Resultado en minutos**

$$T_c = 14.6 * L * A^{-0.1} * S^{-0.2}$$

Para el desarrollo de este proyecto se utilizará la ecuación de Kirpich, la cual es frecuentemente usada para el análisis de cuencas a través del método de la Soil Conservation Service.

Tiempo de Concentración del Proyecto.

$$T_c = 0.0078 * \left[\frac{2050 ft^{0.77}}{0.008^{0.385}} \right] = 17.04 \text{ min}$$

4.4.3 Coeficiente de escorrentía

Definido como la relación entre la máxima rata a la cual el caudal fluye hacia afuera de la cuenca para una tormenta dada y la rata de volumen promedio a la cual cae la lluvia sobre la cuenca durante la duración de la lluvia, este coeficiente es función de.

- Forma de la superficie de la cuenca
- Características del terreno (Vegetación, tipo de suelo)
- Almacenamiento y otras características de determinación.

Debido a las condiciones predominantes del área en estudio, se descarta el método racional pues no cumple con la condición de área para este; por tal razón se opta por un método que nos permita obtener los datos necesarios para el proceso requerido de una forma

veraz y confiable. En base a esto se ha tomado la decisión de realizar los cálculos a partir del método del Hidrógrama sintético, el cual permite tener una idea aproximada de una cuenca pequeña con precipitaciones cortas y homogéneas, se puede utilizar algunas fórmulas empíricas que, basándose en características físicas de la cuenca en estudio, proporcionan una idea del resultado. Entre las muchas aproximaciones que se encontraron, vamos a referirnos de manera resumida a la del S. C. S (Soil Conservation Service) y la de Temez (1987, en Ferrer, 1993).

Para el proyecto se utilizó el método de la soil conservation service, en la siguiente tabla se puede ver el resumen de los resultados del cálculo del coeficiente de escorrentía.

Tabla 5

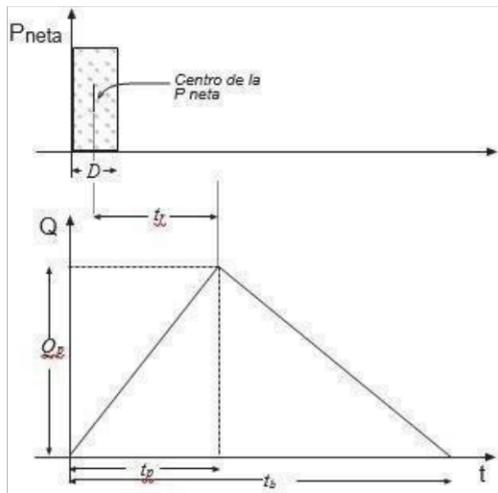
Cálculo del coeficiente de escorrentía

SUB CUENCA	Descripcion	Area (Ha)	% Area	CN (II)	%Area*C N(II)	CN (II)
1	Ladera con Vegetacion	40.9	0.84	60	50.62926	64.06
2	Ladera sin Vegetacion	0	0.00	58	0	
3	Zona Residencial	7.57	0.16	86	13.4314	

4.4.4 Construcción del Hidrograma

La forma del Hidrograma se esquematiza como un triángulo, lo que nos proporciona los parámetros fundamentales del Hidrograma.

El tiempo base (tb), el caudal de punta (Qp), y el tiempo en el que se produce la punta (tp). En la figura se señalan la duración de la precipitación neta (D) y el tiempo de retardo o respuesta (tr).

Figura 46*Hidrograma triangular*

Nota. Tomado de hidrología superficial III, pag5

Para esquematizar el Hidrógrama como un triángulo se necesitamos las coordenadas de punta de este (caudal de punta y tiempo de punta) y la abscisa del punto final o tiempo base. Para estos valores se deben aplicar las siguientes expresiones:

Tiempo de la punta (horas):

$$t_p = 0,5 \times D + t_r \approx 0,5 \times D + 0,6 \times t_c \quad \text{Tiempo base (horas):}$$

$$t_b = 2.67 \times t_p$$

Caudal de la punta (m^3 / seg): 3

$$Q_p = \frac{P \cdot A}{1,8 \cdot t_b}$$

t_p = tiempo de la punta (horas)

D = Duración de la precipitación neta (horas)

t_r = tiempo de retardo, Lag (horas) t_c = tiempo de concentración (horas) t_b = tiempo base (horas)

Q_p = Caudal de la punta (m^3 / seg)

P = precipitación neta (mm)

A = superficie de la cuenca (km^2)

El primer fragmento de la expresión se obtiene observando la figura; y el segundo se basa en que empíricamente se promedia que el log es aproximadamente el 60% del tiempo de concentración.

El coeficiente 2,67 de la ecuación es una proposición empírica que muestra que en promedio el descenso es 1,67 veces mayor que la crecida, Si este factor es mayor, el tiempo base será mayor y la caudal punta menor. (SALAS, 2006)

Hidrograma triangular.

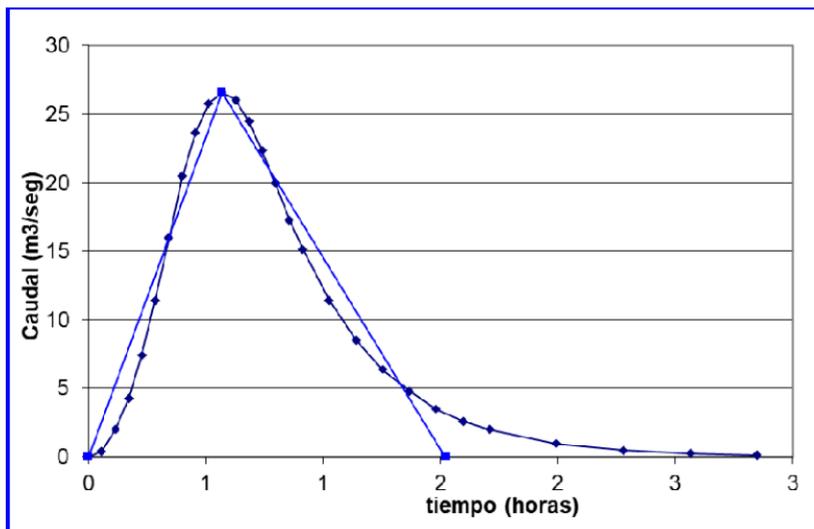
Para el cálculo del Hidrograma triangular se trabajó con las curvas IDF de la estación del aeropuerto Aguas Claras, sobre el cual se estimó una precipitación 100 mm/h para el tiempo de concentración estimado a partir de la ecuación de Kirpich el cual es de 17.04 min.

En la siguiente tabla se puede ver el resumen de los cálculos para la construcción del Hidrograma triangular del proyecto.

Tabla 6*Cálculos del Hidrograma triangular*

Datos de entrada			Cálculos	
Long cauce=	2132	Ft	Pendiente=	0.0205 m/m
Cota max=	1358.9	Ft	<i>(Fórmula tiempo conc. de la norma 5.2-IC)</i>	
Cota min=	1315.28	Ft	t conc=	0.21 Horas
Superficie=	1.42	km2	tiempo punta=	0.57 horas
Precipitación=	51.3157	mm	tiempo base=	1.52 horas
Duración P neta=	0.885	horas	Caudal de la punta=	26.60 m ³ /seg.
Pe	5.13	Cm		
Nc(III)	80.39			
Precipitación evento=	10	Cm		

En la figura 47 se puede ver el Hidrógrama triangular ajustado

Figura 47*Gráfico triangular del Hidrógrama ajustado*

4.4.5 Modelación en el software Hec-Ras y análisis de resultados

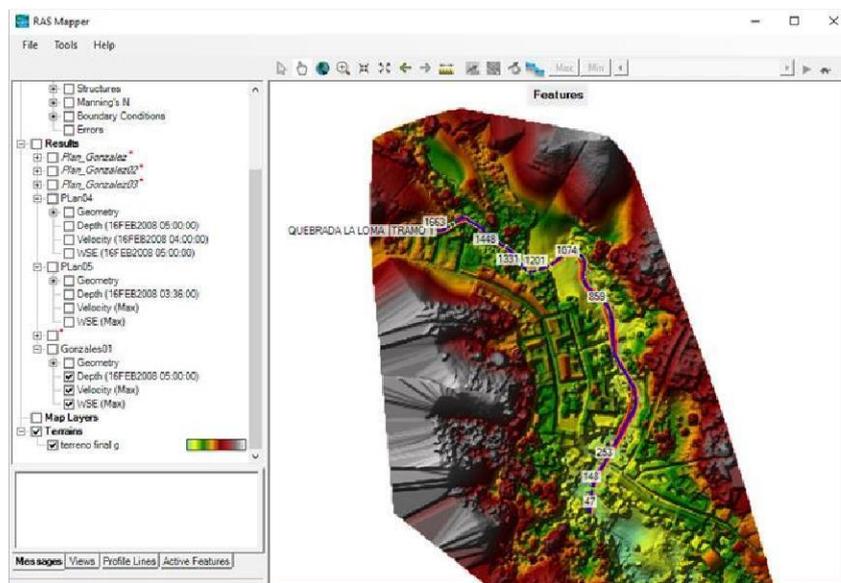
El método utilizado es de gran relevancia ya que facilita tanto la toma como el procesamiento de datos reduciendo de manera considerable los costes de mano de obra permitiendo resultados en tiempo récord.

El sistema de recolección de datos topográficos a través de la tecnología de dron permite una nube de puntos de mayor densidad permitiendo detalles que en un levantamiento topográfico convencional tardaría meses. Teniendo la información necesaria a través de la topografía, información de la máxima precipitación registrada en la zona, y las zonas de mayor influencia por medio de las encuestas; se procede a realizar una modelación del área de estudio trazando una geometría del cauce presente en la quebrada la loma. Se realiza el modelamiento con el software HEC-RAS 5.0.7.

Trazado de la geometría del terreno. Se comienza el modelamiento en HEC-RAS realizando un nuevo proyecto y se carga a este el MDS en el cual se dibuja la geometría del terreno trazando el cauce, desbordamiento y secciones a estudiar de la QUEBRADA LA LOMA.

Figura 48

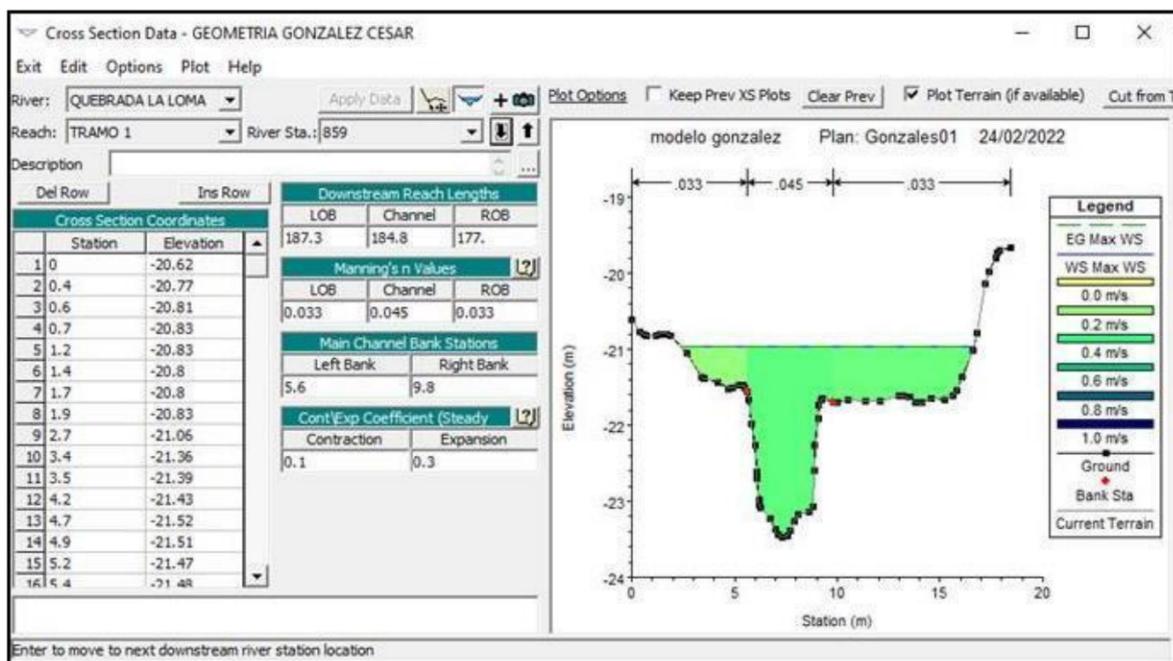
Trazado de la geometría



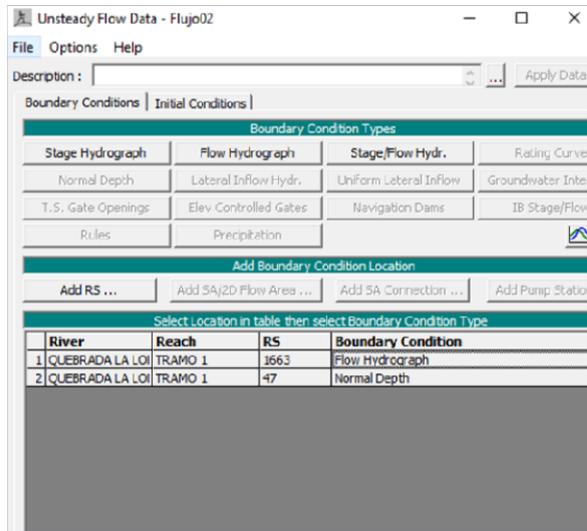
Revisión de secciones. Luego se revisan las secciones para verificar que no aparezcan datos en blanco o cero que quiere decir que el corte trazado se salió del terreno y puede ocurrir el que el programa no lo reconozca y arroje esos valores, se introduce los valores de Manning predominantes de la zona los cuales fueron $n= 0.032$, $n= 0.038$.

Figura 49

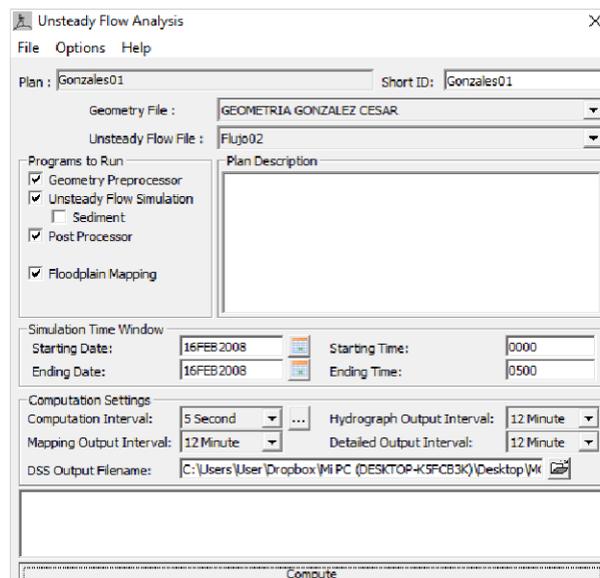
Ejemplo de sección trazada



Condiciones de contorno. Creamos las condiciones de contorno las cuales trabajamos fueron las inestables, aguas arriba se introducen los valores de caudal (tabla 6) y el tiempo en que se realizó que fue de 12 segundos, se introduce la fecha en que se generó el dato máximo recolectado por la estación meteorológica el cual fue el 18 de febrero del 2008, para aguas abajo se introduce la pendiente del terreno la cual fue de 0.008.

Figura 50*Condiciones de contorno*

Finalización de la modelación. Después de ingresar los datos que solicita el software Hec-Ras, se corre para obtener la información deseada.

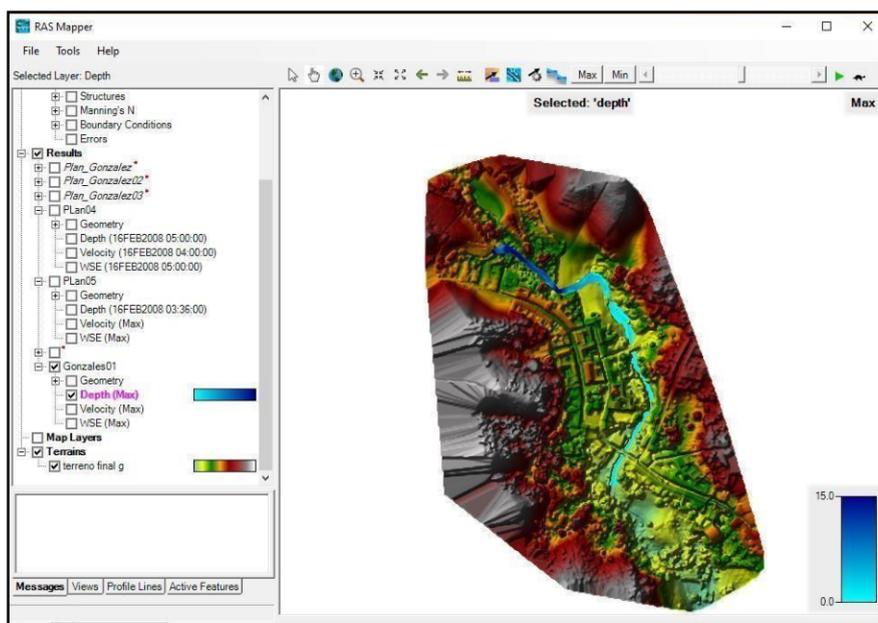
Figura 51*Corrida del Modelo Hidráulico*

4.4.6 Resultados arrojados por el HEC-RAS

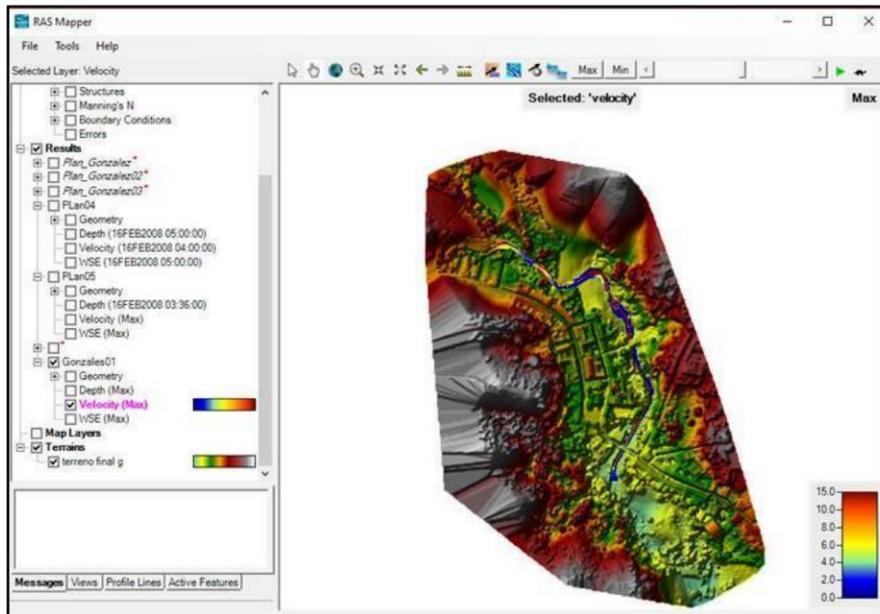
Finalmente, terminado el proceso de ejecución del programa se procede a revisar los resultados arrojados por el software Hec Ras. Inicialmente se puede ver las manchas de inundación generadas en el proyecto a partir del plan corrido; es claro ver que existen algunas zonas con mayor problemática debido a la topografía con la cual cuenta parte del municipio de Gonzales Cesar; en la figura 52 se puede ver el resultado de las zonas de inundación.

Figura 52

Ubicación de la quebrada a partir del DMS



Posteriormente se puede observar sobre la planta del proyecto la distribución de velocidades generadas a partir del paso del evento por cada una de las secciones de trabajo; en la figura se puede ver la distribución de velocidades del proyecto.

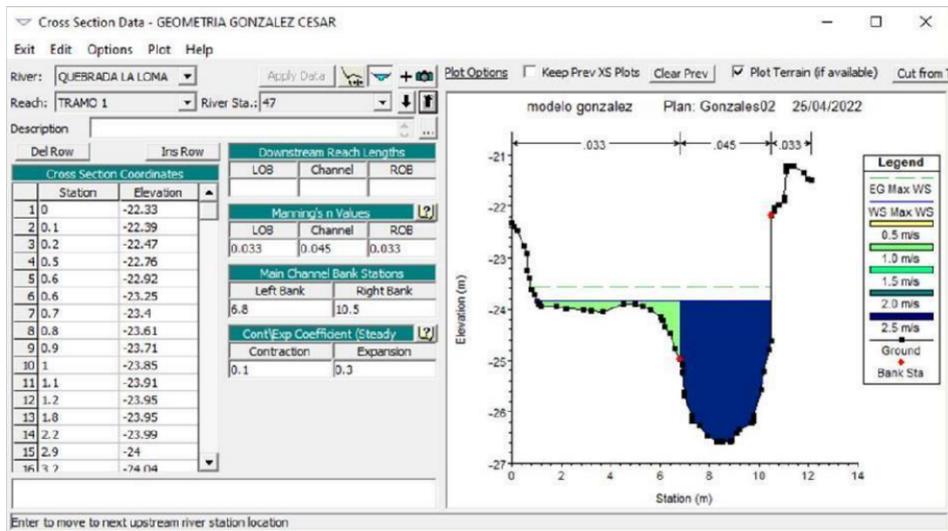
Figura 53*Velocidades máximas del cauce*

De forma particular el software permite revisar cada una de las secciones corridas, en las cuales se puede identificar los perfiles de velocidad generados por el paso del evento a través de cada una de ellas; en las figuras 52 a 53 se puede ver cada uno de las secciones evaluadas en el proyecto.

En la figura 54 se puede ver que existen velocidades máximas de 2.5 km /h en algunos sectores, así como velocidades mínimas de 0.5 km/h en los sectores de menor profundidad; de igual forma se puede ver que la lámina máxima de agua es de 2.5 m

Figura 54

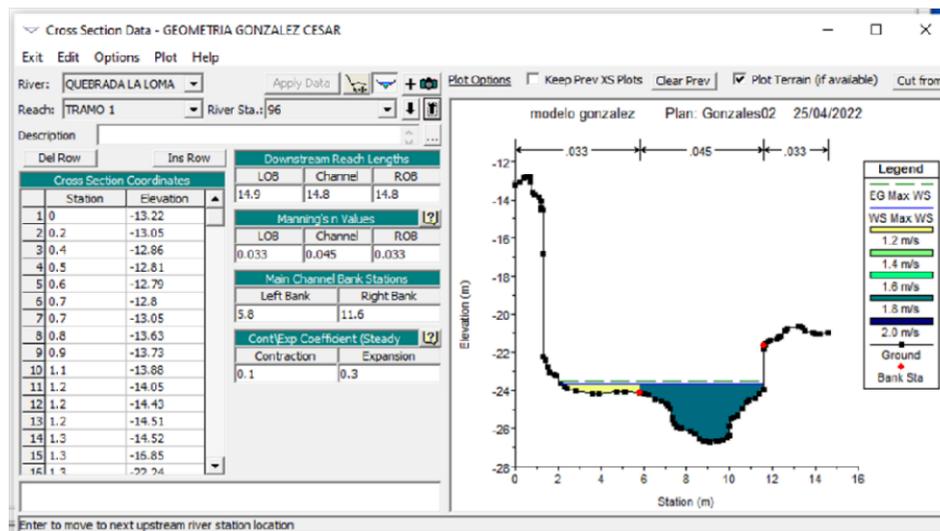
Sección Pr 0+047 km



En la figura 55 se puede ver que existen velocidades máximas de 2.5 km /h en algunos sectores, así como velocidades mínimas de 0.5 km/h en los sectores de menor profundidad; de igual forma se puede ver que la lámina máxima de agua es de 2.2 m

Figura 55

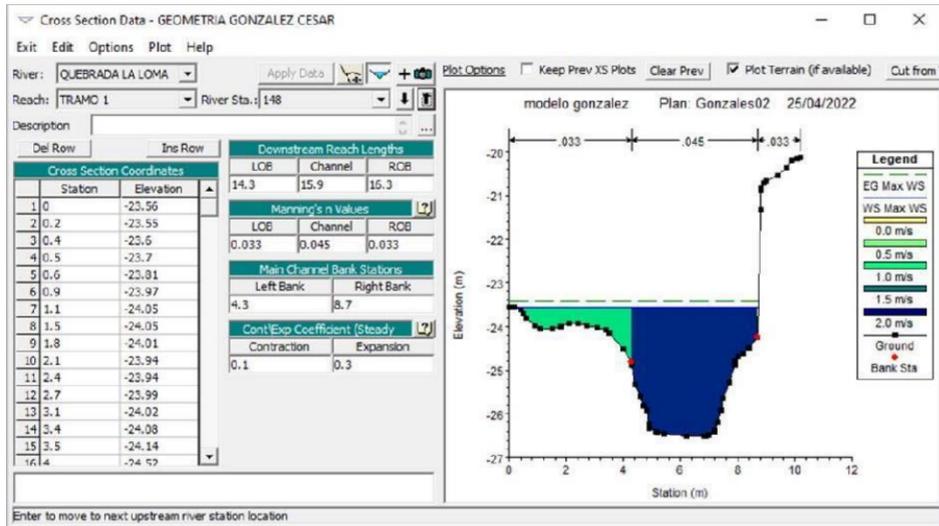
Sección Pr 0+096 km



En la figura 56 se puede ver que existen velocidades máximas de 2.5 km /h en algunos sectores, así como velocidades mínimas de 0.5 km/h en los sectores de menor profundidad; de igual forma se puede ver que la lámina máxima de agua es de 2.5 m.

Figura 56

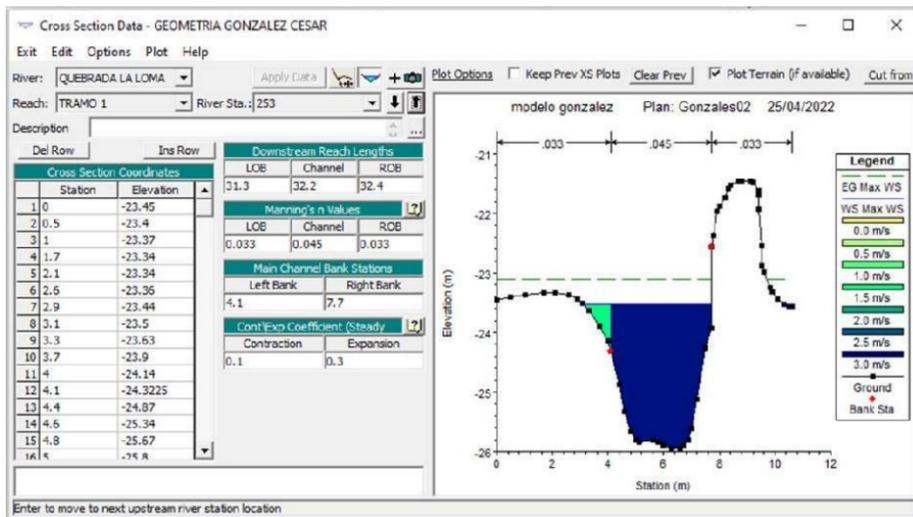
Sección Pr 0+148 km



En la figura 57 se puede ver que existen velocidades máximas de 3.0 km /h en algunos sectores, así como velocidades mínimas de 0.5 km/h en los sectores de menor profundidad; de igual forma se puede ver que la lámina máxima de agua es de 2.5 m

Figura 57

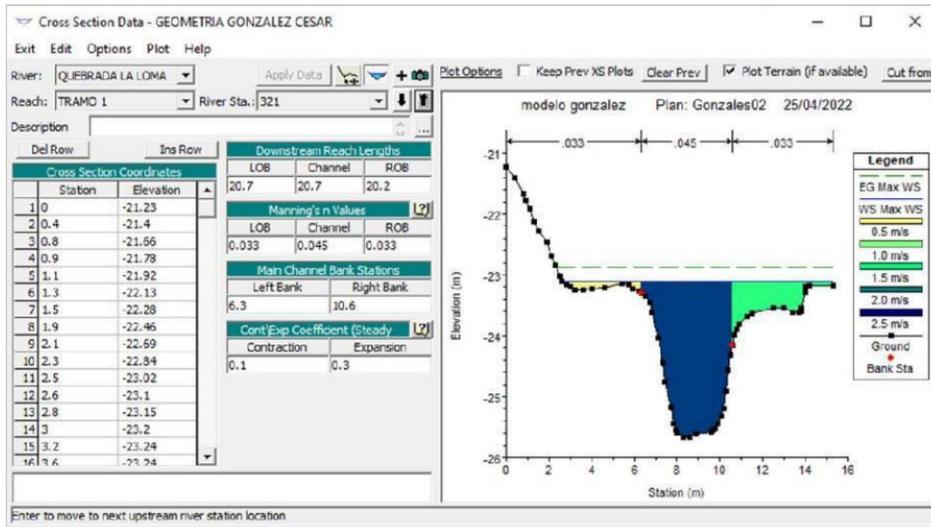
Sección Pr 0+253 km



En la figura 58 se puede ver que existen velocidades máximas de 2.5 km /h en algunos sectores, así como velocidades mínimas de 0.5 km/h en los sectores de menor profundidad; de igual forma se puede ver que la lámina máxima de agua es de 3.0 m

Figura 58

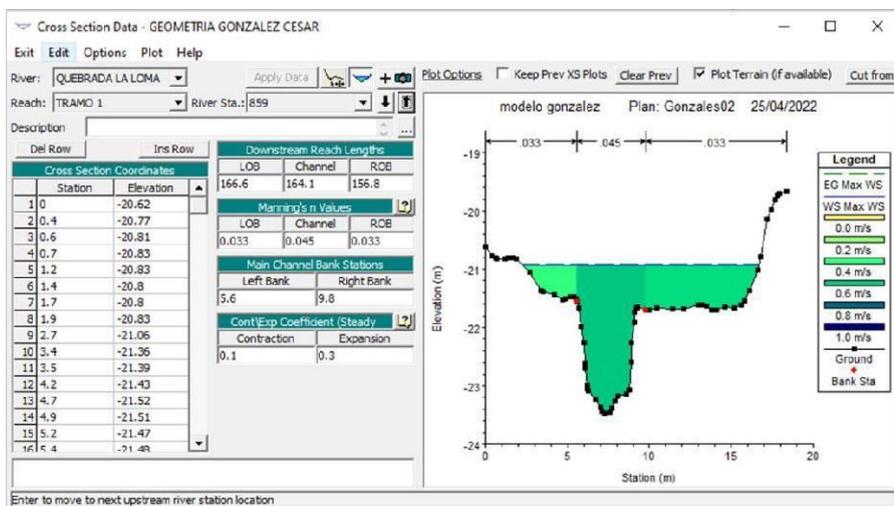
Sección Pr 0+3210 km



En la figura 59 se puede ver que existen velocidades máximas de 0.4 km /h en algunos sectores, así como velocidades mínimas de 0.2 km/h en los sectores de menor profundidad; de igual forma se puede ver que la lámina máxima de agua es de 2.5 m.

Figura 59

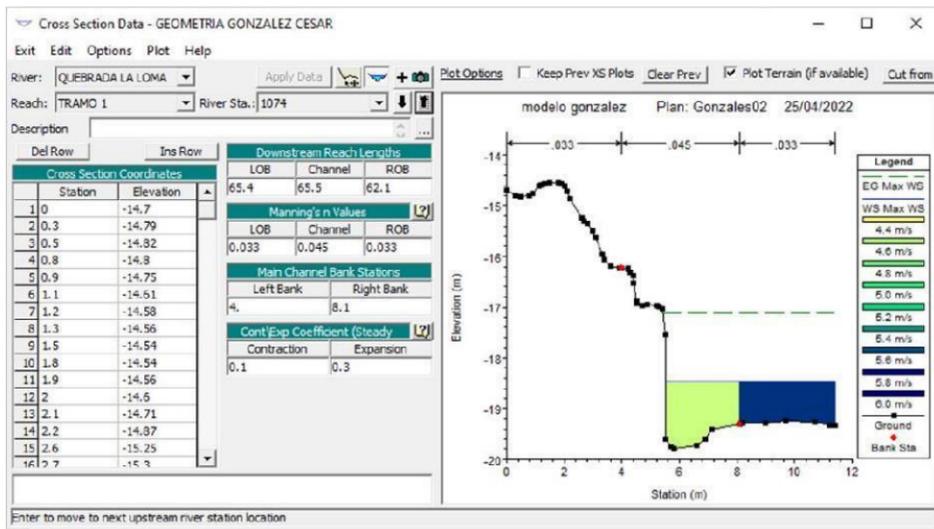
Sección Pr 0+859 km



En la figura 60 se puede ver que existen velocidades máximas de 5.5 km/h en algunos sectores, así como velocidades mínimas de 0.5 km/h en los sectores de menor profundidad; de igual forma se puede ver que la lámina máxima de agua es de 1.5 m

Figura 60

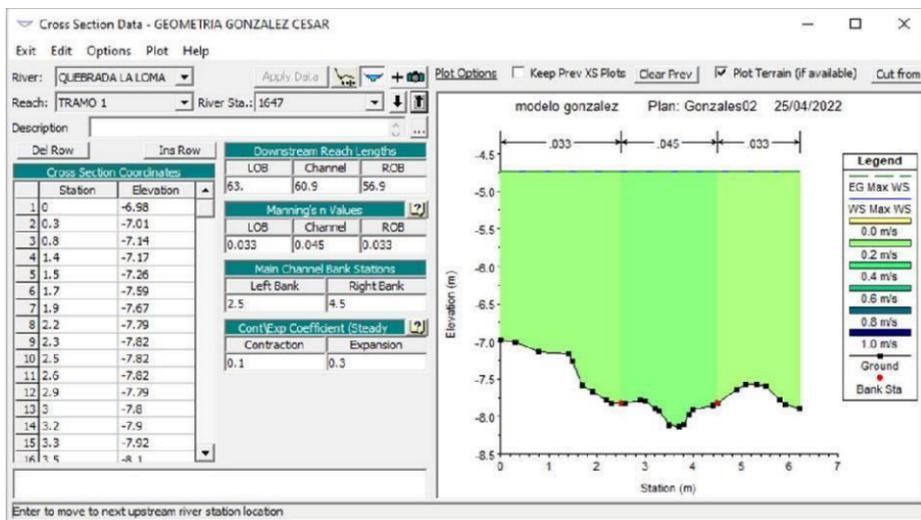
Sección Pr 1+074 km



En la figura 61 se puede ver que existen velocidades máximas de 0.5 km/h en algunos sectores, así como velocidades mínimas de 0.2 km/h en los sectores de menor profundidad; de igual forma se puede ver que la lámina máxima de agua es de 4.5 m

Figura 61

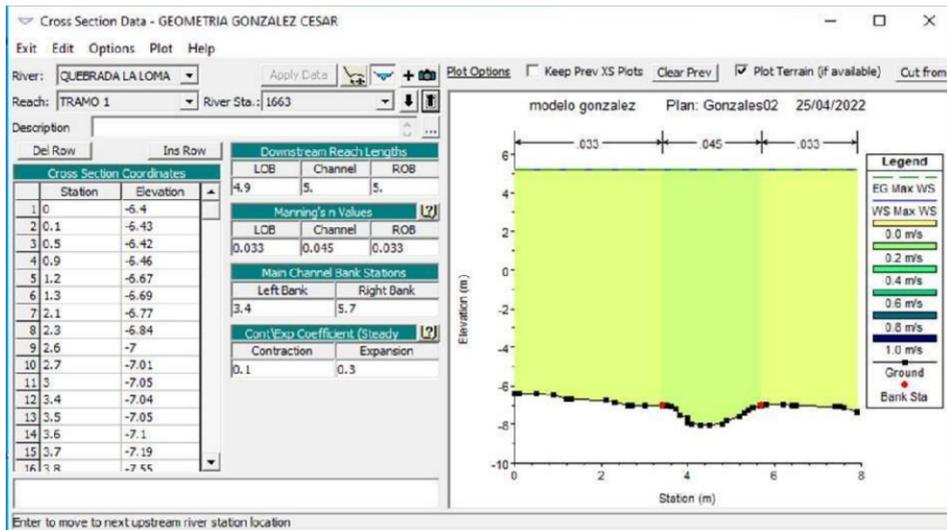
Sección Pr 1+647 km



En la figura 62 se puede ver que existen velocidades máximas de 0.5 km/h en algunos sectores, así como velocidades mínimas de 0.2 km/h en los sectores de menor profundidad; de igual forma se puede ver que la lámina máxima de agua es de 6.0 m.

Figura 62

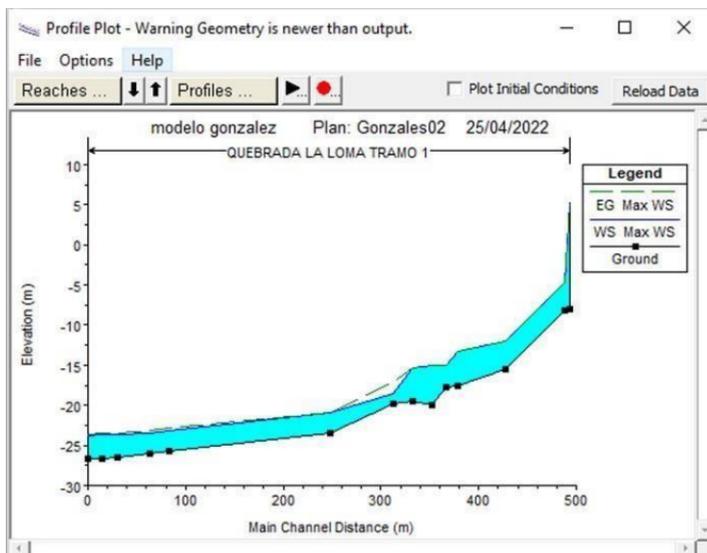
Sección Pr 1+663 km



De igual forma entre los resultados arrojados por el programa se encuentran entre otros el perfil longitudinal en el cual se puede ver el comportamiento del evento a través del proyecto, en la figura 63 se puede ver el perfil longitudinal del proyecto.

Figura 63

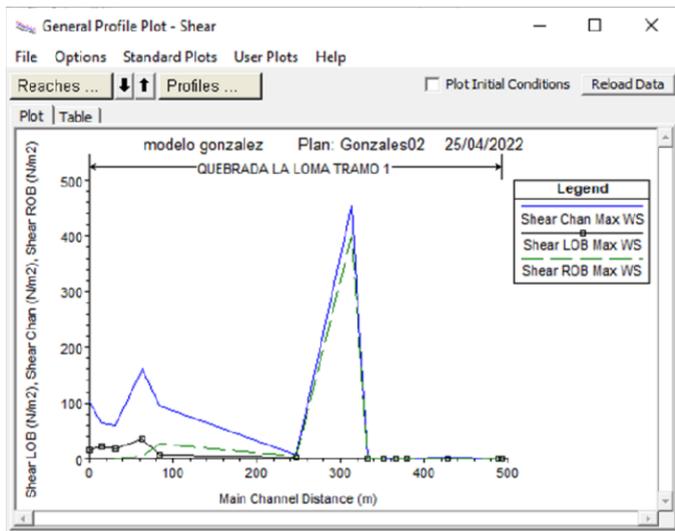
Perfil longitudinal del proyecto



En la figura 64 se puede ver el comportamiento del cortante a través del proyecto, donde se es claro observar que existen algunos sectores donde el cortante adopta valores máximos para posteriormente mantenerse estable entre valores cercanos a los 100 N/m^2 .

Figura 64

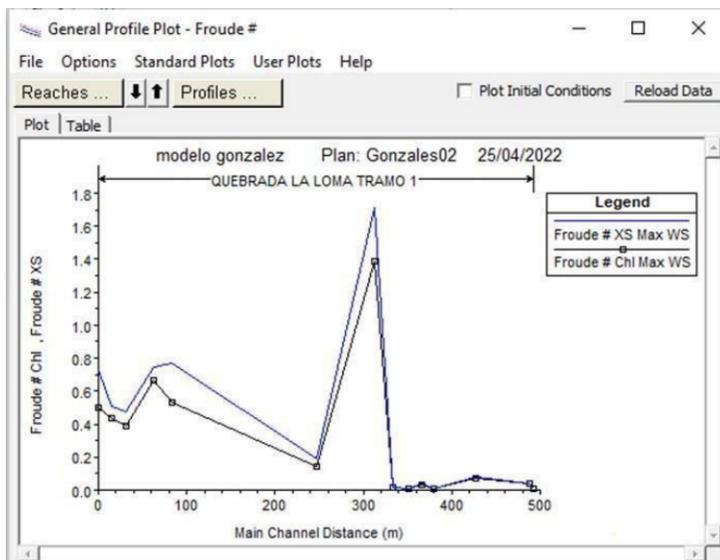
Variación del cortante



En la figura 65 se puede ver como es la variación del número de froude en el proyecto donde es claro ver que gran parte del recorrido se realiza bajo el régimen de flujo subcrítico, pero existen sectores donde el comportamiento es súper crítico.

Figura 65

Variación del número de froude



En la figura 66 se puede observar un resumen general de los resultados obtenidos del modelo hidráulico.

Figura 66

Resumen de resultados del modelo Hidráulico

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables User Tables Locations Help

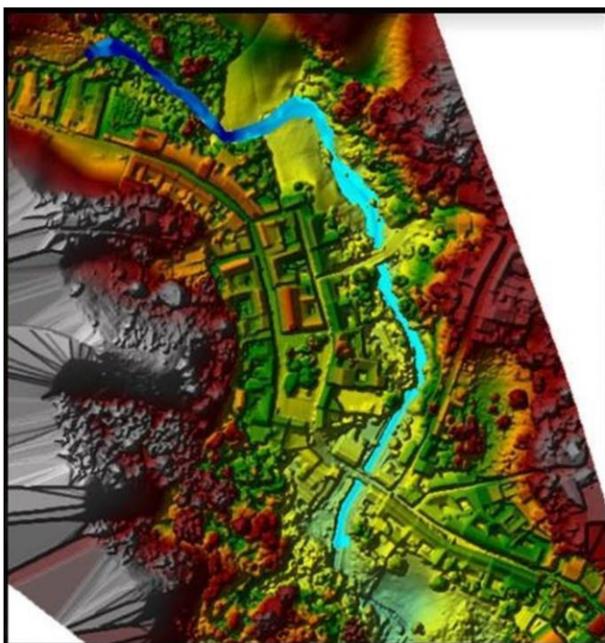
HEC-RAS Plan: Gonzales02 River: QUEBRADA LA LOMA Reach: TRAMO 1 Profile: Max WS

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
TRAMO 1	1663	Max WS	6.25	-8.05	5.24		5.24	0.000001	0.09	97.26	7.90	0.01
TRAMO 1	1647	Max WS	3.45	-8.13	-4.73		-4.73	0.000026	0.23	17.91	6.20	0.04
TRAMO 1	1448	Max WS	4.52	-15.43	-12.06		-12.05	0.000127	0.35	13.86	7.02	0.07
TRAMO 1	1290	Max WS	0.61	-17.50	-13.22		-13.22	0.000000	0.03	22.53	5.76	0.00
TRAMO 1	1249	Max WS	4.15	-17.80	-15.00		-15.00	0.000026	0.16	21.30	8.15	0.03
TRAMO 1	1201	Max WS	1.64	-19.89	-15.01		-15.01	0.000001	0.05	35.29	10.10	0.01
TRAMO 1	1139	Max WS	2.64	-19.50	-15.36		-15.36	0.000003	0.08	36.85	11.40	0.01
TRAMO 1	1074	Max WS	27.94	-19.79	-18.47	-18.08	-17.11	0.063500	4.54	5.50	5.90	1.39
TRAMO 1	859	Max WS	7.95	-23.47	-20.93		-20.91	0.000600	0.61	13.86	14.44	0.14
TRAMO 1	321	Max WS	20.81	-25.66	-23.11		-22.87	0.007774	2.27	10.20	12.66	0.53
TRAMO 1	253	Max WS	20.79	-25.94	-23.52		-23.10	0.014360	2.90	7.34	4.88	0.66
TRAMO 1	148	Max WS	20.80	-26.51	-23.57		-23.41	0.004061	1.85	12.05	8.43	0.39
TRAMO 1	96	Max WS	20.80	-26.69	-23.65		-23.49	0.005634	1.83	11.84	9.45	0.44
TRAMO 1	47	Max WS	20.80	-26.58	-23.85	-24.61	-23.58	0.008081	2.35	9.58	9.50	0.50

Finalmente Procedemos a la elaboración del mapa de zonificación de riesgo por inundación en el casco urbano del municipio de González, Cesar mediante la imagen generada con el modelamiento realizado en el software HEC-RAS.

Figura 67

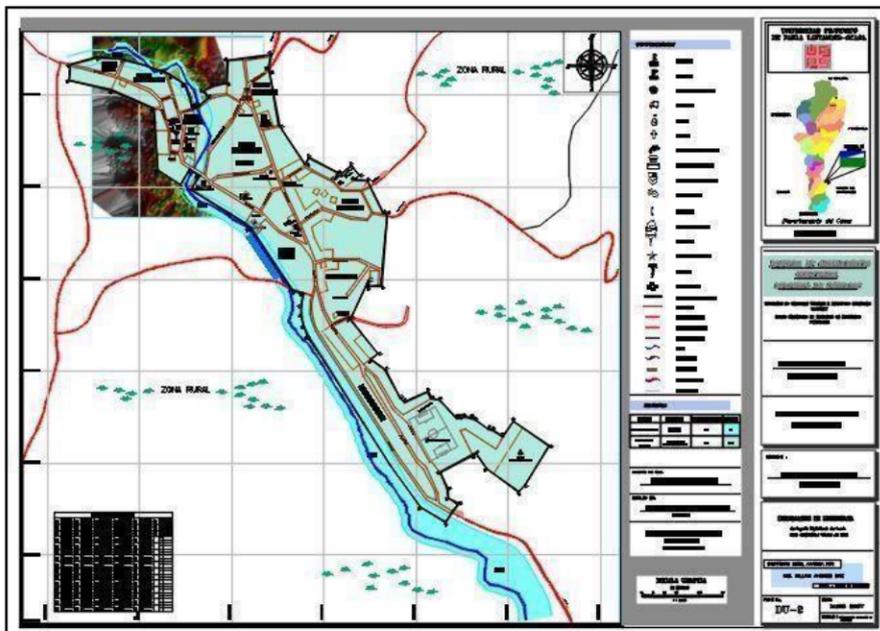
Plano de zonificación de riesgo por inundación, Hec-Ras



En la figura 68 se puede ver el resultado de la modelación, súper puesto sobre el mapa de zonificación de riesgos por inundación que existe en el municipio de Gonzales Cesar.

Figura 68

Plano de zonificación de amenazas de Gonzales, Cesar



Conclusiones

En la recopilación y actualización de zonas propensas a riesgo por inundación en el lapso comprendido entre enero del 2000 a diciembre del 2021 se evaluaron 4 barrios los cuales se ven afectados por el cauce de la Quebrada La Loma del municipio de González, Cesar, en donde se identificaron los sitios más propensos a sufrir problemas asociados a inundación.

En el desarrollo de la investigación, a partir del modelo hidrológico de la cuenca de estudio se generó el mapa de zonificación de riesgo por fenómeno hidrometeorológico y se dedujo que las zonas más propensas a sufrir riesgo por inundación son aquellas comprendidas antes y después de la zona del canal.

En la aplicación de las encuestas se evidenció que las comunidades eran conscientes que estaban ubicados en una zona vulnerable a riesgo de inundación debido a la cercanía de sus viviendas y cultivos al cauce de la quebrada, pero justifican que debido a sus condiciones económicas y no ubicarse en otro lugar del municipio se exponen a esas condiciones de riesgo.

Mediante el vuelo realizado con el dron y el software ArcGIS® se logró identificar la zona en estudio y se generó el Modelo digital de superficie MDS el cual se utilizó para modelar en el software Hec-Ras y de esta manera conocer las zonas con riesgo de inundación y realizar nuestro mapa de zonificación a través del cual generar una herramienta fundamental para realizar el seguimiento por las diferentes entidades de la gestión del riesgo a cada una de las zonas que presentan este fenómeno en el municipio de González.

Recomendaciones

Durante la aplicación de las encuestas a la población vulnerable a riesgo de inundación necesita que las entidades de gestión del riesgo municipales, brinden mayor acompañamiento, visitas técnicas y más apoyo a la comunidad.

Se recomienda a la entidad de gestión de riesgo y a la oficina de planeación municipal sensibilizar y educar a la población afectada por el fenómeno de inundación.

Se recomienda que las entidades de gestión del riesgo y la oficina de planeación municipal, mejoren la información técnica, debido que cuando se recolecto información de estas entidades, la información era poca, imprecisa y de escasa utilidad para el desarrollo de la investigación.

Se recomienda claridad en las imágenes obtenidas, para que al momento de realizar el traslapo de las mismas en ArcGIS®, se perciba con mayor facilidad os detalles.

Referencias

- Academia Mexicana de Ciencias*. (3 de Julio de 2007). Obtenido de <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/ediciones-antiores/77-vol-58-num-3-julio-septiembre-2007/agua/117-el-agua-en-la-atmosfera>
- Avila, L. M. (09 de Abril de 2018). *ministerio de vivienda*. Obtenido de <https://minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/620-municipios-del-pais-con-probabilidad-de-desabastecimiento-de-agua-por-temporada-de-lluvias>
- Biodiverciudad. (s.f.). *Biodiverciudad*. Obtenido de <https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/biodiverciudad/el-fenomeno-de-la-nina#:~:text=La%20Ni%C3%B1a%20es%20el%20t%C3%A9rmino,ecuatoriales%20del%20Océano%20Pac%C3%ADfico%20Tropical>.
- CRP. (2013). *CRUZ ROJA*. Obtenido de https://www.cruzroja.org.py/gestion_riesgo#:~:text=La%20gesti%C3%B3n%20del%20riesgo%20se,reductivas%20correspondientes%20que%20deben%20emprenderse.
- CursosGis*. (2014). Obtenido de <https://www.cursosgis.com/que-es-hec-ras-y-para-que-sirve/>
- Defniciones y explicaciones Vol 1*. (2005). Obtenido de https://www.inec.gob.pa/Aplicaciones/POBLACION_VIVIENDA/notas/def_vol1.htm#:~:text=VIVIENDA%3A&text=%2D%20Un%20conjunto%20de%20cuartos%20o,personas%20o%20a%20una%20sola%20persona.
- ecoexploratoio*. (2010). Obtenido de ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/inundaciones/que-son-las-inundaciones/#prettyPhoto

ecoexploratorio. (2008). Obtenido de ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/inundaciones/que-son-las-inundaciones/

eird. (2012). Obtenido de eird:

(eird.org/fulltext/ABCDesastres/teoria/preguntas/inundaciones.htm)

El Espectador. (11 de Febrero de 2022). Reportan inundacion en la via La Calera por desbordamiento de quebrada La Capilla. Chapinero, La Calera, Colombia.

El Pilon. (20 de Abril de 2011). Inundaciones en varios municipios del Cesar. Gamarra, Colombia.

El Tiempo. (08 de Octubre de 2018). Fuertes lluvias causan inundaciones en 10 barrios de Ibague. Ibague, Tolima, Colombia.

El Tiempo. (29 de Marzo de 2019). Aguacero inundo el corregimiento de Gualanday en la via Ibague-Bogota. Ibague, Tolima, Colombia.

Gaviria, E. M. (2016). *Diseño metodológico para la evaluación*. Medellín.

Google Arts & Culture. (s.f.). Obtenido de

<https://artsandculture.google.com/entity/m03lcq7?hl=es>

IDEAM. (2011). *SIAC*. Obtenido de

<http://www.siac.gov.co/documents/670372/31372033/InundacionCesar.pdf/3d5bdd1d-9fa0-4a8f-a247-b2be3b0a77c5>

IDEAM. (2017). *AMENAZAS*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/amenazas-inundacion>

Instituto Distrital de Gestion de Riesgo y Cambio Climatico. (2021). *Instituto Distrital de Gestion de Riesgo y Cambio Climatico*. Obtenido de Instituto Distrital de Gestion de Riesgo y Cambio Climatico: <https://www.idiger.gov.co/rinundacion>

Manos Unidas. (1 de 1 de 2020). *Manos Unidas*. Obtenido de https://www.manosunidas.org/observatorio/cambio-climatico?gclid=CjwKCAjwq9mLBhB2EiwAuYdMtRuaBPO-v_9lfrNvvIw956SmdZ33UVXEGBfajnj4vKNCIVKU93vJMRoCtqkQAvD_BwE

MARTINEZ, J. J. (2016). *Repositorio Institucional UFPSO Seccional Ocaña*. Obtenido de <http://repositorio.ufpso.edu.co/xmlui/handle/123456789/939>

MeteorologiaRed. (2009). Obtenido de <https://www.meteorologiaenred.com/la-humedad.html#:~:text=La%20humedad%20es%20una%20variable,algo%20de%20vapor%20de%20agua>.

mi sitio webej. (s.f.). Obtenido de sites.google.com/site/misitiowebej/inundaciones/que-podemos-hacer-para-reducir-los-efectos-de-las-inundaciones

ON Oriente Noticias. (25 de Agosto de 2021). *Lluvia causan desastres en Norte de Santander*, págs. <https://noticias.canaltro.com/lluvias-causan-desastres-en-norte-de-santander/>.

Oxford University. (2022). Obtenido de <https://languages.oup.com/google-dictionary-es/>

repositorio cepal. (2013). Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepositorio.cepal.org%2Fbitstream%2Fhandle%2F11362%2F36817%2FS2014205_es.pdf&clen=2007715&chunk=true](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepositorio.cepal.org%2Fbitstream%2Fhandle%2F11362%2F36817%2FS2014205_es.pdf&clen=2007715&chunk=true)

S.L., P. I. (s.f.). *pce iberica*. Obtenido de pce iberica: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/que-estacion-meteorologica.htm>

SALAS, L. y. (2006). *Nueva metodología para el análisis de la variable Intensidad Máxima Anual de Presipitación*. Obtenido de http://www.magrama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_20_16_tcm7-46345.pdf

Semana. (25 de Febrero de 2022). *Importante: Ideam advierte sobre incremento de lluvias este fin de semana*, págs. <https://www.semana.com/nacion/articulo/importante-ideam-advierte-sobre-incremento-de-lluvias-este-fin-de-semana/202211/>. Obtenido de <https://www.semana.com/nacion/articulo/importante-ideam-advierte-sobre-incremento-de-lluvias-este-fin-de-semana/202211/>

Significados. (s.f.). Obtenido de <https://www.significados.com/escorrentia/#:~:text=La%20escorrent%C3%ADa%20es%20una%20corriente,conocer%20como%20escurrimiento%20o%20aliviadero.>

Significados. (2008). Obtenido de <https://www.significados.com/avalancha/#:~:text=Las%20avalanchas%20son%20fen%C3%B3menos%20naturales,tal%2C%20proviene%20del%20franc%C3%A9s%20a valanche.>

Significados. (2009). Obtenido de <https://www.significados.com/vulnerabilidad/#:~:text=Vulnerabilidad%20es%20el%20riesgo%20que,vulnerabilidad%20deriva%20del%20lat%C3%ADn%20vulnerabilis.>

UNGRD. (2014). Obtenido de <http://gestiondelriesgo.gov.co/snigrd/pagina.aspx?id=144>