

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	<small>Documento</small> FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	<small>Código</small> F-AC-DBL-007	<small>Fecha</small> 10-04-2012	<small>Revisión</small> A
	<small>Dependencia</small> DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	<small>Aprobado</small> SUBDIRECTOR ACADEMICO	<small>Pág.</small> 1(1)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	DIANA PATRICIA GÓMEZ ANGARITA SERGIO ANDRÉS CASTAÑEDA GONZÁLEZ		
	FACULTAD DE INGENIERIAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL		
DIRECTOR	ING. MARÍA ANGÉLICA ÁLVAREZ BAYONA		
TÍTULO DE LA TESIS	ESTUDIO DE MITIGACIÓN Y RIESGO HIDROLÓGICO EN LA ZONA NORTE DE LA COMUNA TRES (3) DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>EL PRESENTE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DENOMINADO ESTUDIO DE MITIGACIÓN Y RIESGO HIDROLÓGICO EN LA ZONA NORTE DE LA COMUNA TRES (3) DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER PERMITIRÁ CARACTERIZAR HE IDENTIFICAR ASPECTOS EN LA POBLACIÓN AFECTADA Y LOS FACTORES SIGNIFICATIVOS QUE AFECTAN LA CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES EN EL SUMIDERO Y COLECTORES DISEÑADOS EN EL NUEVO PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO, AYUDANDO A PLANTEAR POSIBLES SOLUCIONES PARA LA COMUNIDAD.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 107	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 35	CD-ROM: 1



VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL OCAÑA N. DE S.
Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088
www.ufpso.edu.co



**ESTUDIO DE MITIGACIÓN Y RIESGO HIDROLÓGICO EN LA ZONA NORTE DE
LA COMUNA TRES (3) DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER**

AUTORES:

**DIANA PATRICIA GÓMEZ ANGARITA
SERGIO ANDRÉS CASTAÑEDA GONZÁLEZ**

Proyecto de grado presentado para obtener el título de ingeniero civil

Director:

ING. MARÍA ANGÉLICA ÁLVAREZ BAYONA.

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA CIVIL

Ocaña, Norte de Santander

Febrero de 2016

Índice

	Pág.
<u>Introducción</u>	
<u>Capítulo 1. Título</u>	1
<u>1.1 Planteamiento del Problema</u>	1
1.1.1 Formulación del Problema	2
<u>1.2 Objetivos</u>	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
<u>1.3 Justificación</u>	3
<u>1.4 Delimitaciones</u>	4
1.4.1 Geográfica	4
1.4.2 Conceptual	5
1.4.3 Temporal	5
1.4.4 Operativa	5
<u>Capítulo 2. Marco Referencial</u>	6
<u>2.1 Marco Histórico</u>	6
<u>2.2 Marco Conceptual</u>	9
<u>2.3 Marco Teórico</u>	17
<u>2.4 Marco Legal</u>	23
<u>Capítulo 3. Diseño Metodológico</u>	41
<u>3.1 Tipo de Investigación</u>	41
<u>3.2 Población</u>	41
<u>3.3 Muestra</u>	41
<u>3.4 Recolección de la Información</u>	42
<u>3.5 Análisis de la Información</u>	42
<u>Capítulo 4. Resultados</u>	43
<u>4.1 Diagnóstico en la zona norte de la comuna tres (3), sobre los registros históricos de precipitación e intensidad que permita caracterizar he identificar aspectos en la población afectada del municipio de Ocaña norte de Santander.</u>	43
4.1.1 Hidrografía Urbana	44
4.1.2 Hidrografía de la comuna 3	45

4.1.3 Microcuencas urbanas de la ciudad de Ocaña Norte de Santander	46
4.1.4 Características climatológicas de la ciudad de Ocaña	48
4.1.5 Riesgos y amenazas por inundación de la comuna No 3 en la Ciudad de	55
4.1.6 Digitalización de las zonas de riesgo en la comuna No3	58
<u>4.2 Analizar los registros históricos de precipitación e intensidad que permitan caracterizar e identificar aspectos en la población afectada.</u>	65
4.2.1 Precipitación en la ciudad de Ocaña a partir de datos climatológicos del IDEAM, método de ISOYETAS	66
4.2.2 Creación del mapa de Isoyetas (cálculo de Precipitación	69
4.2.3 Intensidad de la lluvia	71
<u>4.3 Realizar una modelación de caudales y sedimentación, mediante la utilización del software de sistema de información geográfico (ARCGIS).</u>	72
4.3.1 Delimitación de microcuenca de estudio “Rio chiquito”.	72
4.3.2 Morfometría de la microcuenca del rio chiquito	75
4.3.3 Pendiente media de la microcuenca del rio chiquito	77
4.3.4 Curva Hipsometrica de la microcuenca del rio chiquito	79
4.3.5 Coeficientes de escorrentía	83
4.3.6 Cálculos de cotas máximas de inundación en los periodos de retorno	83
4.4 Plantear posible solución para mejorar las obras Hidráulicas Existentes	87

Conclusiones

Recomendaciones

Referencias Bibliográficas

Apéndice

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Area superficial microcuencas	46
Tabla 2. Rangos de Temperaturas máximas, medias y mínimas en la ciudad de Ocaña	49
Tabla 3. Relación de estación del IDEAM usadas para determinación de variables climáticas en la ciudad de Ocaña y su zona de influencia	52
Tabla 4. Relación de las Áreas con algún tipo de riesgo y/o amenaza por inundación.	60
Tabla 5. Coordenadas planas X, Y de la zona en riesgo y amenaza alta por inundación	61
Tabla 6. Listado de las estaciones, código localización geográfica y elevación, el cual se presentó mediante correo electrónico al IDEAM	65
Tabla 7. Precipitación promedio según las estaciones consultadas	68
Tabla 8. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas periodo 1996-2016	72
Tabla 9. Coordenadas planas del área delimitada de estudio	75
Tabla 10. Pendientes medias de la quebrada san Cayetano y el tejtar	79
Tabla 11. Coeficientes de escorrentía para la ciudad de Ocaña	83

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1. Localización geográfica de la comuna 3 División política de la Ciudad de Ocaña Norte de Santander y límite de la comuna No 3	43
Figura 2. Lugar Geográfico de la confluencia entre el rio tejo y el rio chiquito	44
Figura 3. Mapa Microcuencas urbanas de la ciudad de Ocaña Según el PBOT 2015	47
Figura 4. Impresión de pantalla del SISTEMA EXPERTO del fondo de Adaptación al cambio climático	48
Figura 5. Polígonos de Thiessen para cálculo de la temperatura mina multianual	49
Figura 6. Polígonos de Thiessen para cálculo de la temperatura media multianual	50
Figura 7. Polígonos de Thiessen para cálculo de la Evapotranspiración multianual en la ciudad de Ocaña Norte de Santander	51
Figura 8. Data frem del Geoportal del Proyecto Mapa y fondo de Adaptación al cambio climático con los puntos geográficos donde se localizan las estaciones	52
Figura 9. Mapa Amenazas y riesgos por Inundación en la ciudad de Ocaña construido a partir de la información geográfica oficial del PBOT municipal	54
Figura 10. Interfaz de trabajo o data view del software ArcGIS 10.3 licencia académica con los layers usados para Geoproceso	55
Figura 11. Layer generado a partir de Geoproceso de corte junto con la base de datos o tabla de atributos	56
Figura 12. Resultado y comparación del procesamiento de la información geográfica a nivel de tabla de atributos del Layer de riesgos y amenazas.	57
Figura 13. Resultado del Geoproceso del Layer oficial del PBOT 2015	57
Figura 14. Interfaz de trabajo de ArcGis10.3, digitalización de zonas de riesgos	58
Figura 15. Interfaz de trabajo de ArcGis10.3, digitalización de zonas de riesgos	59
Figura 16. Visualización de las zonas de amenazas y riesgos de inundación en la comuna 3 a partir de una imagen del visor GOOGLE EARTH pro 2016	60
Figura 17. Localización de la zona de riesgo y amenaza alta por inundación en la comuna 3 de la ciudad de Ocaña	63
Figura 18. Mapa de las zonas de riesgos y amenazas por inundación en la comuna No3	64
Figura 19. Interface de trabajo de software para verificación de coordenadas	66
Figura 20. Estaciones del IDEAM creadas a partir de la información espacial de su catalogo	67
Figura 21. Generación de raster de precipitación a partir de la información climatológica de las estaciones activas del IDEAM	69
Figura 22. Isoyetas de precipitación para cálculo de precipitación	70
Figura 23. Mapa de Isoyetas (precipitación promedio anual para el municipio de Ocaña)	71
Figura 24. DEM (modelo Digital de Elevación) a 30*30 de resolución	73
Figura 25. Raster de acumulación de flujos	74

Figura 26. Microcuenca del rio chiquito	76
Figura 27. Mapa de pendientes de la microcuenca del rio Chiquito	77
Figura 28. Interface de trabajo del software SIG ARCGIS una vez realizado el proceso de Interpolación SHP	78
Figura 29. Calculo de áreas entre curvas de nivel con la implementación de software SIG ARCGIS 10.3	80
Figura 30. Mapa de área acumulada por altitud de la microcuenca del rio chiquito	80
Figura 31. Proceso de reclasificación del DEM como parte del proceso del diseño de la curva Hipsometrica.	81
Figura 329. Curva Hipsometrica de la microcuenca del rio chiquito	82
Figura 33. IP, del modelo digital de terreno de la microcuenca del rio chiquito elaborado a partir de las curvas de nivel extraídas de un DEM de 30mtrs de resolución espacial y las curvas de nivel con una equidistancia de 10mtrs	84
Figura 34. Diseño de las secciones transversales con el uso del software SIG ArcGIS 10.3	85
Figura 35. Temática Cotas máximas de inundación calculadas para los periodos de retorno de 25- 100 años modelación Hidrology y HecRas 4.0.	86

Resumen

Los perjuicios provocados por las inundaciones reducen el número de bienes en comunidades y sociedades al destruir todo a su paso, edificaciones, infraestructura y maquinaria, sin contar con las pérdidas de vidas humanas. En ocasiones los efectos de las inundaciones son dramáticos, no sólo en casos particulares a nivel de hogares sino en toda una región, como en el caso de la comuna 3 por donde pasa el colector de aguas del plan maestro agua y alcantarillado de Ocaña donde las fuertes anomalías de precipitación, sumadas a la construcción social del riesgo están impactando la comunidad y los sectores productivos, con pérdidas cuantiosas, evidenciando la necesidad de mejorar la gestión.

Por consiguiente, el presente trabajo tiene como objetivo Determinar los factores significativos que afectan la captación de aguas pluviales en el sumidero y colectores diseñados en el nuevo Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, en la comuna tres (3) de Ocaña, Norte de Santander, el cual por medio de una metodología de investigación aplicada, descriptiva y cuantitativa, recolecto información haciendo un recorrido a lo largo del tramo en estudio y con los datos históricos recolectados se realizó los respectivos cálculos y así obtener resultados que llevaron a dar conclusiones y posibles soluciones al problema de investigación.

Introducción

Las inundaciones representan una seria amenaza para la población e infraestructura de diferentes regiones. Estas se producen por el desbordamiento del flujo de escorrentía superficial, cuando ésta rebasa la capacidad de evacuación del cauce del río.

Asimismo, esta amenaza ha causado miles daños a la propiedad privada, tal como ocurrió durante la época de lluvia en la comuna tres del municipio.

Y es que, hace más de 50 años, en la zona Norte de la comuna tres (3); en época de lluvia, las inundaciones eran eminentes y el agua alcanzaba niveles considerables en las diferentes viviendas, pero sin causar estragos. Sin embargo, desde que se iniciaron los trabajos del nuevo plan maestro de acueducto y alcantarillado, se continúan evidenciando inundaciones y desastres, como se observó el 27 de abril y el 10 de noviembre del 2014.

Por lo tanto, Al ejecutar este proyecto, acarrea un diagnóstico en la zona de interés sobre los registros históricos de precipitación e intensidad, así mismo, permitirá caracterizar e identificar aspectos en la población afectada y los factores significativos que afectan la captación de aguas pluviales en el sumidero y colectores diseñados en el nuevo Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, ayudando a plantear posibles soluciones para la comunidad.

Capítulo 1. Título

Estudio de Mitigación y Riesgo Hidrológico en la Zona Norte de la Comuna Tres (3) de Ocaña, Norte de Santander.

1.1 Planteamiento del Problema

El manejo de aguas residuales y aguas lluvias en Ocaña Norte de Santander, tiene sus primeros indicios en la década de los años cincuenta con la creación del primer sistema de alcantarillado, sin embargo, con el paso del tiempo este sistema presento un evidente deterioro. Por ello la Administración Municipal del año 1993 en cabeza del entonces Alcalde Luis Eduardo Vergel Prada, contrato los servicios de la Empresa HIDROSAN LTDA para que realizara los estudios y recomendaciones al Nuevo Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado. El periodo de tiempo para este proyecto fue fijado para los años comprendidos desde 1994 hasta el año 2018 y estuvo a cargo del coordinador Pablo Emilio Quintero Montaguth.

Sin embargo, la cobertura de servicios de saneamiento básico se vio seriamente afectada y agravada por el aumento de la población debido a la ola de violencia que atravesó el país durante los años 1998 a 2000, lo cual trajo consigo grandes desplazamientos desde las zonas rurales del Sur del Cesar, Sur de Bolívar y de la Provincia, al caso Urbano.

Considerando esta problemática y la culminación del periodo de diseño se hizo necesaria la ejecución de un Nuevo Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado; el cual debía manejar estándares necesarios en cuanto a tecnología y sofisticación. Sin embargo, en el análisis preliminar realizado, se encontró por parte de la comunidad, insatisfacción e indignación por los resultados obtenidos a la fecha.

Además de esta situación, no solo el aumento de la población ha sido un factor desencadene en el desarrollo de esta problemática sino también el cambio climático de los últimos tiempos como lo son el fenómeno de la niña y el niño, con el aumento de las precipitaciones, que sumado a los fenómenos antrópicos tales como cortes indebidos de laderas, tala de árboles, asentamientos en zonas altas de las cuencas sin sistemas de alcantarillado, han traído consigo inestabilidad y remoción de masas, arrastre de sedimentos y la generación de inundaciones tanto de aguas lluvias, residuales y lodos.

Por lo que durante los últimos años, se ha evidenciado que la población que se encuentra ubicada en la Zona Norte de la Comuna Tres (3) de Ocaña, Norte de Santander, ha sido vulnerable a enfermedades respiratorias e/o infecciosas, inestabilidad de las laderas, afectaciones de las viviendas, cierre y deterioro de las vías, colapso del alcantarillado y de estructuras viales, suspensión de servicios públicos de transporte y grandes pérdidas económicas, generando en la comunidad un desmejoramiento en su calidad de vida.

Es por ello, que este proyecto desea plantear posibles factores que mitiguen y ayuden a esta comunidad en la problemática encontrada.

1.1.1 Formulación del Problema

¿Con la identificación de los riesgos hidrológicos causados en la zona Centro Oriente de la comuna tres (3) se mitigaran los daños potenciales generados por las precipitaciones?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Determinar los factores significativos que afectan la captación de aguas pluviales en el sumidero y colectores diseñados en el nuevo Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, en la comuna tres (3) de Ocaña, Norte de Santander.

1.2.2 Objetivos Específicos

Realizar un análisis en la zona norte de la comuna tres (3), sobre los registros históricos de precipitación e intensidad que permita caracterizar he identificar aspectos en la población afectada del municipio de Ocaña Norte de Santander.

Realizar una modelación de caudales y sedimentación, mediante la utilización del software de sistema de información geográfico (ARCGIS) con la extensión SWAT.

Plantear una optimización de las estructuras hidráulicas existentes.

1.3 Justificación

En el municipio de Ocaña - Norte de Santander, actualmente se está ejecutando el proyecto “Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado”, el cual ha generado inconformidad en la comunidad, asegurando no haber obtenido una solución a las necesidades de la población, sino, que al contrario, se ha convertido en un agravante más. La combinación de estos elementos,

contribuyen a realizar un “ESTUDIO DE MITIGACIÓN Y RIESGO HIDROLÓGICO EN LA ZONA NORTE DE LA COMUNA TRES (3) DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER”.

Y es que, hace más de 50 años, en la zona Norte de la comuna tres (3); en época de lluvia, las inundaciones eran eminentes y el agua alcanzaba niveles considerables en las diferentes viviendas, pero sin causar estragos. Sin embargo, desde que se iniciaron los trabajos del nuevo plan maestro de acueducto y alcantarillado, se continúan evidenciando inundaciones y desastres, como se observó el 27 de abril y el 10 de noviembre del 2014.

Teniendo en cuenta, que la obra se ha ejecutado en gran parte en la ciudad, específicamente en esta zona, los barrios continúan con la misma situación, sin ver soluciones mediáticas, llevando a la población a un escenario denigrante e insalubre.

Al ejecutar este proyecto, acarrea un diagnóstico en la zona de interés sobre los registros históricos de precipitación e intensidad, así mismo, permitirá caracterizar e identificar aspectos en la población afectada y los factores significativos que afectan la captación de aguas pluviales en el sumidero y colectores diseñados en el nuevo Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, ayudando a plantear posibles soluciones para la comunidad.

1.4 Delimitaciones

1.4.1 Geográfica: El proyecto se ejecutará en la ciudad de Ocaña, Norte de Santander, en la comuna tres (3) Sur- Oriental Olaya Herrera, donde se encuentra nuestra zona de investigación, la cual está comprendida por los barrios: San Antonio, Libardo Alonso, El Bosque, La Piñuela y Santa Lucia.

1.4.2 Conceptual: Para la elaboración de este proyecto se debe tener claridad en los conceptos de hidrología, hidráulica, mecánica de fluidos, alcantarillado y manejo de diversos software, como el sistema de información geográfico (ARCGIS) que se necesita para la modelación y análisis de recursos hídricos y el software de diseño asistido por computadora (AUTOCAD).

1.4.3 Temporal: Este proyecto se ejecutara en un periodo de 8 a 10 meses, desde el momento de la aprobación de la propuesta.

1.4.4 Operativa: Con el fin de realizar el proyecto se efectuaran visitas y recolección de la información pasada y actual de la zona, e identificación de las estructuras existentes para su posterior evaluación, se realizaran estudios de hidrología, diseño, y mejoramiento en cuanto a acueducto y alcantarillado en base a información histórica y modelos de comprobación estadística.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1 Marco Histórico

Desastres por inundaciones a nivel mundial. Las tendencias a nivel global, muestran como con el paso del tiempo la cantidad de desastres socio-naturales continúa en aumento y lo severo de los desastres de la última década. Aunque en promedio número de víctimas mortales se mantuvo casi constante en la década de los noventa, en los últimos años se reporta un alto número de víctimas, sobre todo en países en desarrollo. Esto puede deberse, al incremento de la población, a la urbanización en áreas con riesgo de desastres y al mayor acceso a información sobre los eventos, aún en lugares remotos.

Áreas inundables en Colombia. Las zonas en Colombia con más riesgos de inundaciones son los Llanos Orientales, las llanuras de los ríos Magdalena y Cauca, la región del Caribe y el departamento del Chocó, (afectado por su cercanía a la Costa del Pacífico donde la precipitación media anual supera los 9.000 mm y la cordillera de los Andes, constituye una barrera que retiene las nubes que se forman en el océano y evita que se trasladen hacia el interior del país). En la llanura del Pacífico, además se presentan inundaciones por efecto de las mareas altas que produce represamiento de los ríos que drenan hacia el Pacífico y hace que se desborden hacia áreas más bajas y planas (Vásquez, 2006).

Las inundaciones en el país coinciden con la temporada de lluvias, y se dan por regiones según el régimen bimodal o mono modal de precipitación, así: en el periodo MAMJ y SON se presentan en las regiones Andina y Caribe, el régimen mono modal Enero a Octubre se presentan

en la región pacífica, y en los llanos Orientales y la Amazonia las lluvias van de Marzo a Julio y nuevamente en Octubre.

Plan Maestro e Inundaciones a nivel local. La empresa encargada de ejecutar las obras del plan maestro y alcantarillado para la ciudad de Ocaña fue seleccionada a través de una licitación pública saliendo favorecido el consorcio Ocaña 026 integrado por un grupo de empresas con experiencia en la ejecución de este tipo de proyectos y con capacidad financiera suficiente que permite asegurar la ejecución de la obra contratada.

El consorcio Ocaña 026 está integrado por hidroproyectos, S.A sucursal Ocaña, ingenieros GF S.A. consical LTDA Y con equipos ING LTDA, representados legalmente por el Ing. Jorge Eduardo García quien también hace las veces de director de obra.

Con el proyecto en ejecución se pretende la construcción de los sistemas maestros del alcantarillado sanitario sobre la margen del río Tejo, interceptores en la margen izquierda y derecha sobre el río Chiquito y el colector pluvial en la Piñuela quebrada del Tejar y quebrada San Cayetano, así como también el colector principal sanitario sobre la quebrada El Hatillo incluida una PTAR en Filipote.

El valor de la inversión asciende a 23.000 millones que incluyen la interventoría y supervisión de la obra que será adelantada por el consorcio Interaguas y el Ministerio de Vivienda ciudad y territorio respectivamente.

El perímetro de servicio que drena hacia el corredor sanitario del río Chiquito no sufre variaciones importantes en cuanto a su expansión urbana, como lo muestran los planos de las áreas tributarias, pues las divisorias de aguas están bien definidas y la limitante zona de servicio propuesta inicialmente dentro del proyecto, está vigente, por el relieve de la ciudad, que no

permite extenderla más, a no ser que se planteen sistemas de rebombeos para agua potable (Consortio 026, 2015).

Así mismo las áreas que drenan al río Chiquito corresponden principalmente a la zona antigua de la ciudad que en algunos casos no permite mayores densificaciones y en otros no ha sido hasta el momento atractiva para densificar, con excepción de algunos desarrollos urbanos de vivienda de interés social sobre áreas que se encuentran dentro del área de expansión del proyecto. Adicionalmente al hacer la revisión se encuentran variaciones importantes en las dotaciones asumidas en 1994 con relación a las que exige la resolución 2320 de 2009, que modifica el RAS, lo que permite contar con un margen de seguridad.

Este sistema fue diseñado desde el puente de San Antonio hasta la carrera 14 y construido desde el sector del Barrio Táculo hasta la carrera 14, como un box coulvert combinado, a partir del perímetro urbano establecido en 1974, en cuyo trayecto recibe el drenaje denominado quebrada del mal nombre (caño seco) de un sistema combinado construido, que recoge las aguas de San Francisco, Villanueva, Jesús Cautivo, Las Mercedes, Carretera Central, entre otros. En la carrera 14 se proyectó y construyó una estructura de separación (aliviadero) de aguas de tiempo seco y lluvias. A partir de esta estructura se proyectó un canal abierto y el interceptor de la margen izquierda, este último conectado al aliviadero donde recibe las aguas negras, construido hasta el puente del barrio el Retiro. En su recorrido el interceptor izquierdo y el canal abierto reciben las aguas del colector que viene del barrio la Rotina.

El río chiquito se inicia donde confluyen los colectores San Cayetano y el Tejar (Puente San Antonio) terminando en la carrera 14. De este colector se tiene un trayecto construido y en funcionamiento en el sector de Tacaloa que se propone aprovechar. Dicho colector será de doble sección para poder cumplir con la capacidad requerida que conduzca a la escorrentía de un

aguacero con un periodo de retorno de diez años. En este colector se plantea una cámara de unión para integrar las llegadas de los colectores San Cayetano y el Tejar al colector río Chiquito.

Este sistema pluvial tiene una longitud de 1.002 metros de los cuales 379 metros están construidos en una sección sencilla de 2.00m x 1.50m y se ha diseñado un refuerzo en secciones rectangulares dobles de 2.35m x 1,70m y 2.35m x 1.80m para el tramo faltante y una sección sencilla de 2.80m x 1.95m y 3.00m x 2.05m correspondientes a la parte de refuerzo del colector existente.

2.2 Marco Conceptual

De acuerdo a los lineamientos establecidos a nivel nacional para la gestión de riesgos desastres de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) se toma como directriz de gestión la ley 1523/2012 la cual define los siguientes conceptos técnicos (Ley 1523 de 2012):

2.2.1 Amenaza. Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

Esto permite tener un panorama general de cómo se encuentra el territorio frente a situaciones internas o externas que pongan en peligro la vida, infraestructura y bienes de la población de forma coordinada con el trabajo en el territorio.

2.2.2 Frecuencia. Consiste en reunir, además de la información disponible sobre las amenazas, la cronología de los desastres ocurridos en el pasado, esta Información se puede obtener de fuentes oficiales o institucionales, con observaciones de campo, con revisión de información científica disponible y de la memoria histórica de la comunidad y de los demás actores del territorio. Los datos obtenidos mediante este análisis, permiten considerar tanto los eventos del pasado como la recurrencia (Oficina de las Naciones Unidas, 2012).

2.2.3 Intensidad. El término hace referencia a la medida cuantitativa y cualitativa de la severidad de un fenómeno en un sitio específico.

2.2.4 Territorio afectado. El territorio es el elemento físico compuesto por las porciones de tierra, los ríos, los mares, golfos, puertos, canales, bahías, entre otros, que se encuentran dentro del territorio, los cuales presentan diferentes afectaciones frente a la ocurrencia de fenómenos amenazantes.

2.2.5 Vulnerabilidad. Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.

La vulnerabilidad es un factor esencial para realizar el análisis de riesgo en el territorio, dado que implica el estudio de los efectos de un fenómeno sobre los elementos y/o

componentes necesarios para el funcionamiento de la sociedad. Esto abarca los aspectos económicos, sociales, ambientales, físicos, políticos e institucionales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).

2.2.6 Factores Físicos. Ubicación y resistencia material de los bienes con relación al evento amenazante.

2.2.7 Factores Ambientales. Corresponden a la manera como la comunidad “explota” los elementos de su entorno natural, debilitándose a sí misma y los ecosistemas y su capacidad para absorber sin traumatismos los diferentes eventos amenazantes.

2.2.8 Factores Económicos. Corresponden a la disponibilidad de los recursos económicos (pobreza) en una comunidad, así como la utilización de los mismos.

2.2.9 Factores Sociales. Corresponden a los aspectos políticos, organizacionales, institucionales, educativos, y culturales del departamento en su desarrollo histórico, actual y futuro. (Pág., 30-Guía metodológica para la elaboración de Planes Departamentales para la Gestión del Riesgo.

2.2.10 Riesgo: Es la probabilidad de ocurrencia de unas consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

2.2.11 Análisis y evaluación del riesgo. Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación.

2.2.12 Conocimiento del riesgo. Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes y la comunicación para promover una mayor conciencia del mismo que alimenta los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastre.

2.2.13 Gestión del riesgo. Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entendiéndose: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible (Ley 1523 de 2012).

2.2.14 Prevención de riesgo. Medidas y acciones de intervención restrictiva o prospectiva dispuestas con anticipación con el fin de evitar que se genere riesgo. Puede enfocarse a evitar o neutralizar la amenaza o la exposición y la vulnerabilidad ante la misma en forma

definitiva para impedir que se genere nuevo riesgo. Los instrumentos esenciales de la prevención son aquellos previstos en la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, que tienen como objetivo reglamentar el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible.

2.2.15 Desastre. Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, que exige del Estado y del sistema nacional ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción (Ley 1523 de 2012).

2.2.16 Riesgo de desastres. Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad

2.2.17 Adaptación. Comprende el ajuste de los sistemas naturales o humanos a los estímulos climáticos actuales o esperados o a sus efectos con el fin de moderar perjuicios o explotar oportunidades beneficiosas, En el caso de los eventos hidrometeorológicos la Adaptación al Cambio Climático corresponde a la gestión del riesgo de desastres en la medida en

que está encaminada a la reducción de la vulnerabilidad o al mejoramiento de la resiliencia en respuesta a los cambios observados o esperados del clima y su variabilidad.

2.2.18 Cambio climático. Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras.

2.2.19 Inundación. Las inundaciones pueden definirse como la ocupación por el agua de zonas o áreas que en condiciones normales se encuentran secas. Se producen debido al efecto del ascenso temporal del nivel del río, lago u otro. En cierta medida, las inundaciones pueden ser eventos controlables por el hombre, dependiendo del uso de la tierra cercana a los cauces de los ríos (Universidad Nacional Autónoma de Honduras, 2013).

Cada año las inundaciones producen mayores desastres porque el hombre deteriora progresivamente las cuencas y cauces de los ríos y quebradas, deposita en ellos basura, tapona drenajes naturales limitando las ciénagas, aumenta la erosión con talas y quemas, y habita u ocupa lugares propensos a inundaciones. La cantidad de agua que llueve cada año en el país es aproximadamente igual, pero por las razones antes expuestas los daños que producen son cada vez mayores.

La suma de los perjuicios causados anualmente por las inundaciones la convierten en una de las calamidades que producen más pérdidas y deterioro social.

2.2.20 Erosión fluvial. Las aguas pluviales constituyen un agente erosivo de primera magnitud. El agua continental fluye, en gran parte, en forma de ríos que discurren sobre la superficie, o de corrientes subterráneas, desgastando los materiales que hay por donde pasan y arrastrando los restos o sedimentos en dirección hacia las partes más bajas del relieve, dejándolos depositados en diversos lugares, formando terrazas, conos de deyección y, en definitiva, modelando el paisaje.

El agua de las corrientes fluviales puede crear cascadas, grutas, desfiladeros, meandros, cañones, deltas, estuarios, entre otros. En ocasiones inunda determinadas regiones más o menos amplias del territorio causando desastres económicos y víctimas, a pesar de lo cual, los seres humanos casi siempre se han asentado en las márgenes de los ríos, lagos o manantiales, con el fin de garantizar un suministro adecuado de agua (Belmonte, 2012).

2.2.21 La acción erosiva de los ríos. La erosión debida a las aguas corrientes sigue las mismas etapas en que se divide de forma natural el curso de un río. Hay una primera etapa en que la erosión mecánica provocada por el agua y los materiales que arrastra es muy intensa en el curso alto del río. En la segunda etapa, de transporte, la erosión mecánica sigue activa pero empieza a actuar la erosión química. Esta tiene lugar en el curso medio. Finalmente, en el curso bajo predomina la sedimentación de los materiales transportados, la acción mecánica se reduce muchísimo y prácticamente sólo actúa la erosión química (Belmonte, 2012).

La acción erosiva de un río se debe a la energía del agua. Es capaz de arrancar trozos de roca que, al ser arrastrados por la corriente, actúan como un martillo sobre el cauce del río, desprendiendo nuevos fragmentos. Como el cauce no es regular, se suelen producir remolinos que arrastran arenas y gravas, puliendo el fondo del río y creando cavidades.

2.2.22 Estudio hidrológico. Consiste en analizar la operación de un sistema hidrológico y predecir su salida, es decir, realizar un modelo hidrológico. Un modelo, es una aproximación al sistema real; sus entradas y salidas son variables hidrológicas mensurables y su estructura es un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas y las salidas.

Recordemos que un río es una corriente de agua que fluye por un cauce desde las tierras altas a las tierras bajas y vierte en el mar o en una región endorreica (río colector) o a otro río (afluente). Los ríos se organizan en redes. Una cuenca hidrográfica es el área total que vierte sus aguas de escorrentía a un único río, aguas que dependen de las características de la alimentación. Una cuenca de drenaje es la parte de la superficie terrestre que es drenada por un sistema fluvial unitario. Su perímetro queda delimitado por la divisoria o interfluvio.

Los trazados de los elementos hidrográficos se caracteriza por la adaptación o inadaptación a las estructuras litológicas y tectónicas, pero también la estructura geológica actúa en el dominio de las redes hidrográficas determinando su estructura y evolución.

El estudio hidrológico, inicia con el análisis morfométrico de la cuenca, que incluye: la delimitación de la cuenca, la medición del área y la longitud, altura máxima y mínima, índice de compacidad, factor de forma, curva hipsométrica, pendiente media, caracterización de la red de drenaje y el perfil altimétrico del cauce principal, entre otros.

2.2.23 Estimación del caudal. La estimación de caudales asociados a determinados periodos de retorno de diseño es fundamental e muchas aplicaciones de la ingeniería hidráulica. Existen diversas maneras convenientes de medir la cantidad de agua en un arroyo o canal. El método que se emplee dependerá de varios factores (Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, 2013).

- La exactitud del resultado que se necesite;
- La cantidad de agua existente en el arroyo o canal que va a medir;
- El material que puede usar.

2.2.24 Estudio de erosión. La erosión ocurre cuando las partículas de suelo son separadas por las acciones del agua y del viento. El material erosionado queda suspendido en el agua y sedimentará cuando encuentre las condiciones adecuadas (Imeson, 2010).

Los desastres naturales son las causas más dramáticas de la erosión del suelo. Muchas toneladas de suelo pueden ser lavadas y llevadas corriente abajo. Los árboles y las plantas, que mantienen el suelo en el lugar, pueden ser desgarrados por el viento y las aguas de las inundaciones.

En general, el lecho de un río está formado por material no cohesivo de diferente tamaño: arenas, gravas, bolos, etc. En condiciones ordinarias dicho material se encuentra en equilibrio pero, durante las crecidas, cuando el caudal sobrepasa el valor crítico de comienzo de arrastre, las partículas de fondo son transportadas por las aguas y el caudal sólido crece simultáneamente con el líquido.

[2.3 Marco Teórico](#)

2.3.1 Estudio Hidrológico

Los modelos hidrológicos pueden dividirse en dos categorías: físicos y abstractos. Los primeros incluyen modelos a escala y análogos; los modelos a escala, representan el sistema en

escala reducida, tal como un modelo hidráulico del vertedero de una presa; y los modelos análogos, usan otro sistema físico con propiedades similares a las del prototipo.

Los modelos abstractos representan el sistema en forma matemática, es decir, la operación del sistema se describe por medio de un conjunto de ecuaciones que relacionan variables de entrada y salida. Estas variables pueden ser funciones del espacio y del tiempo, y también pueden ser variables probabilísticas o aleatorias, que no tienen un valor fijo en un punto particular del espacio y del tiempo, pero que están descritas a través de distribuciones de probabilidad.¹²

2.3.2 Cuenca Hidrográfica

La cuenca hidrográfica de un río (hasta un punto específico de su trayectoria), de un lago, de una laguna, etc. es el territorio cuyas aguas afluyen hacia ese punto del río, lago, laguna, etc. Aunque las aguas proceden inicialmente de las lluvias, esas aguas afluyentes son tanto las que discurren superficialmente como aquellas que, después de una trayectoria subterránea, emergen y se incorporan al flujo superficial antes del punto de control. También existen las cuencas subterráneas, que se forman cuando el agua se queda atrapada entre los estratos. Estos dos tipos de cuencas tienen límites distintos, que quedan definidos por las divisorias de aguas (Universidad de Piura, 2013).

2.3.3 Divisoria de aguas

Las divisorias de aguas son los límites entre cuencas. Por lo general, como las aguas discurren por gravedad, las cumbres de las serranías serán las divisorias superficiales y son fácilmente identificables en forma directa o en los planos.

2.3.4 Características fisiográficas de una cuenca

Las características de una cuenca y de las corrientes que forman el sistema hidrográfico, pueden representarse cuantitativamente mediante índices de forma y relieve de la cuenca, y de la conexión con la red fluvial. Muchos de los índices son razones matemáticas, por lo que pueden utilizarse para caracterizar y comparar cuencas de diferentes tamaños.

- A. Número de orden de un cauce
- B. Densidad de drenaje
- C. Área
- D. Perímetro
- E. Pendiente de los cauces
- F. Método de las áreas compensadas
- G. Índice de compacidad
- H. Pendiente de la cuenca

2.3.5 Medida de la precipitación

Se han desarrollado gran variedad de instrumentos para obtener información de la precipitación. La información obtenida puede ser de diversa índole; se puede mencionar: la distribución del tamaño de las gotas de lluvia, el tiempo de inicio y de término de la precipitación y la cantidad e intensidad de la precipitación, siendo esta última la que más interesa para la determinación de las tormentas de diseño. La medición de la precipitación se efectúa en las

estaciones pluviométricas, la cuales se clasifican de acuerdo al tipo de instrumento utilizado.

(Universidad de Piura, 2013).

2.3.6 Escorrentía

El caudal, o escorrentía, se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca. Su unidad de medición es en metros cúbicos por segundo (m^3/s) o litros por segundo (l/s).

2.3.7 Estudio Hidráulico

SWAT El SWAT (Soil and Water Assessment Tools) es una herramienta de evaluación de suelo y agua, un modelo que se desarrolló para la gestión de los recursos hídricos y evaluación del suministro del agua y las fuentes de contaminación difusas a lo largo de los ríos.

Este modelo es utilizado en muchos países de mundo, por su amplia variedad de condiciones ambientales que utilizan (Arnold, J; Fohrer, N. 2005). Además, es una herramienta útil para evaluar los cambios ambientales como el uso del suelo y la variabilidad climática.

Divide la cuenca en unidades de respuestas hidrológicas (URH), con base a los tipos de suelos, uso del suelo y características de la pendiente a partir de información espacial (DEM, imágenes de satélite y fotografías aéreas). Esta herramienta a partir de estas URH y datos climáticos (temperatura y precipitación diaria) estiman componentes hidrológicos tales como la

evapotranspiración, escorrentía superficial, velocidad de escurrimiento, flujo de agua subterránea y la producción de sedimentos para cada URH o cuenca.

El SWAT se integra como ArcGis-SWAT es un software de SIG, una herramienta que trabaja como un sistema de base datos georeferenciados que tiene valores numéricos y de texto que se ingresan de manera organizada (Miller, SN; Semmens, DJ; Goodrich, DC; Hernández, M; Miller, RC; Kepner, WG; Guertin, DPM. 2007); el interfaz con los SIG le permite visualizar los mapas y gráficos de salida.

El SWAT es definido por 8 mayores componentes: hidrología, clima, erosión y sedimentación, temperatura del suelo, crecimiento de plantas, nutriente, pesticidas y manejo del suelo (Guertin, DPM. 2007). El presente estudio se va enfocar solo a los componentes de hidrología y sedimentación.

El modelo SWAT ofrece tres métodos para calcular la evapotranspiración: PenmanMonteith, Priestley-Taylor o Hargreaves. La primera es considerada la mejor y el más recomendable, pero requiere de mayores datos como radiación solar, temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento; y la segunda requiere de radiación solar, temperatura del aire, y humedad relativa; y el tercero solamente requiere de temperatura del aire. Los dos últimos métodos tienen la ventaja de necesitar de menos información y se utiliza cuando se presenta datos faltantes (Heuvelmans, G; García-Quijano, JF; Muys, B; Feyen, J; Coppin, P. 2005). La calibración y validación del modelo es un factor clave para reducir la incertidumbre y el aumento en la capacidad de predicción, convirtiéndole en un modelo más eficaz para análisis de información (Blanco, KL; Chaubey, I. 2005). Por lo tanto, la calibración hidrológica es el primer paso en la comprensión del complejo proceso hidrogeológica de la cuenca, su análisis de sensibilidad de los parámetros del modelo ayuda a comprender el comportamiento de la respuesta de la cuenca y sus interacciones.

2.3.8 Estudio de Erosión

Existen, básicamente, seis tipos de erosión originada por el agua en forma natural:

Rainsplash: es la erosión originada por el impacto de la lluvia. Este es el agente erosivo más importante. Las gotas de lluvia que golpean una superficie terrestre descubierta rompen los agregados y remueven las partículas del suelo.

Sheet erosión: es la erosión ocasionada por una extensión de agua. Ocurre a medida que una corriente de agua se mueve sobre la superficie del suelo quitando una capa de suelo delgada y uniforme. Es una forma común y muy significativa de erosión, aunque a menudo resulta imperceptible.

Rill erosión: es la que se produce en la caída escalonada de un terraplén. Un aluvión excesivo y una topografía escarpada o abrupta pueden producir una red de pequeños canales llamados riachuelos o arroyuelos. La investigación demuestra que la erosión causada por estos arroyuelos explica la mayor parte de los sedimentos que son arrastrados pendiente abajo. Pero los arroyuelos son efímeros y pueden eliminarse mediante un buen tratamiento de superficie.

Gully erosión: es la erosión que se origina cuando el agua alcanza velocidades importantes, a partir de grandes pendientes, produciendo verdaderas galerías erosivas. En general, se da en laderas escarpadas.

Streambank erosión: es la erosión producida en las márgenes de las corrientes de agua. Las márgenes de los ríos son particularmente vulnerables a la erosión, especialmente cuando la velocidad del agua que fluye es alta y la resistencia del material de la ribera es baja.

Shore line erosión ó Mass Wasting: es la erosión en las costas marítimas que ocasiona desmoronamientos. Estos desmoronamientos transportan gran cantidad de sedimentos dentro de las corrientes de agua.

En cuanto a las soluciones posibles del problema, en la Figura se puede apreciar que, a medida que pasamos de RAINSPLASH a MASS WASTING, la energía necesaria a poner en juego que demandan estas soluciones son cada vez mayores y, con esto, se produce un aumento en los costos.

2.4 Marco Legal

Las siguientes leyes y decretos que se toman para el presente tratado indican las restricciones o permisos a tener en cuenta para la realización de los estudios en cauces naturales dando a conocer que no hay ningún problema en realizar los análisis en el tramo seleccionado y que el tomar las muestras para los ensayos de suelos no es significativo lo cual no requiere de permisos o consentimientos para tomar el material del río.

Decreto 1541 de 1978

Modificado por el Decreto Nacional 2858 de 1981

Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.

El Presidente de la República en ejercicio de sus facultades constitucionales, en especial de las que le confiere el ordinal 3 del artículo 120 de la Constitución Nacional,

DECRETA:**TÍTULO I****Disposiciones generales****CAPÍTULO ÚNICO**

Artículo 1°.- Para cumplir los objetivos establecidos por el artículo 2 del Decreto-Ley 2811 de 1974, este Decreto tiene por finalidad reglamentar las normas relacionadas con el recurso de aguas en todos sus estados, y comprende los siguientes aspectos:

- 1) El dominio de las aguas, cauces y riberas, y normas que rigen su aprovechamiento sujeto a prioridades, en orden a asegurar el desarrollo humano, económico y social, con arreglo al interés general de la comunidad.
- 2) La reglamentación de las aguas, ocupación de los cauces y la declaración de reservas de agotamiento, en orden a asegurar su preservación cuantitativa para garantizar la disponibilidad permanente del recurso.
- 3) Las restricciones y limitaciones al dominio en orden a asegurar el aprovechamiento de las aguas por todos los usuarios.
- 4) El régimen a que están sometidas ciertas categorías especiales de agua.
- 5) Las condiciones para la construcción de obras hidráulicas que garanticen la correcta y eficiente utilización del recurso, así como la protección de los demás recursos relacionados con el agua.
- 6) La conservación de las aguas y sus cauces, en orden a asegurar la preservación cualitativa del recurso y a proteger los demás recursos que dependan de ella.
- 7) Las cargas pecuniarias en razón del uso del recurso y para asegurar su mantenimiento y conservación, así como el pago de las obras hidráulicas que se construyan en beneficio de los usuarios.

8) Las sanciones y las causales de caducidad a que haya lugar por la infracción de las normas o por el incumplimiento de las obligaciones contraídas por los usuarios.

Artículo 2°.- La preservación y manejo de las aguas son de utilidad pública e interés social, el tenor de lo dispuesto por el artículo 1 del Decreto-Ley 2811 de 1974:

En el manejo y uso del recurso de agua, tanto la administración como los usuarios, sean éstos de agua o privadas, cumplirán los principios generales y las reglas establecidas por el Código Nacional de recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, especialmente los consagrados en los artículos 9 y 45 a 49 del citado Código.

Artículo 3°.- Al tenor de lo dispuesto por los artículos 37 y 38 del Decreto-Ley 133 de 1976, al Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, corresponde asesorar al Gobierno en la formulación de la política ambiental y colaborar en la coordinación de su ejecución cuando ésta corresponda a otras entidades.

La administración y manejo del recurso hídrico corresponde al Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, salvo cuando esta función haya sido adscrita por la ley y otras entidades, en cuyo caso estas entidades deberán cumplir y hacer cumplir las disposiciones de este Decreto, en conformidad con la política nacional y las normas de coordinación que establezca el Instituto Nacional de los Recursos Naturales y del Ambiente, Inderena.(3)

TÍTULO II

Del dominio de las aguas, cauces y riberas.

CAPÍTULO I

Del dominio de las aguas

Artículo 4°.- En conformidad con lo establecido por los artículos 80 y 82 del Decreto-Ley 2811 de 1974, las aguas se dividen en dos categorías: aguas de dominio público y aguas de dominio privado. Para efectos de interpretación, cuando se hable de aguas, sin otra calificación, se deberá entender las de uso público.

Artículo 5°.- Son aguas de uso público:

- a. Los ríos y todas las aguas que corran por cauces naturales de modo permanente o no;
- b. Las aguas que corran por cauces artificiales que hayan sido derivadas de un cauce natural;
- c. Los lagos, lagunas, ciénagas y pantanos;
- d. Las aguas que estén en la atmósfera;
- e. Las corrientes y depósitos de aguas subterráneas;
- f. Las aguas y lluvias;
- g. Las aguas privadas, que no sean usadas por tres (3) años consecutivos, a partir de la vigencia del Decreto-Ley 2811 de 1974, cuando así se declara mediante providencia del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, previo el trámite previsto en este Decreto, y
- h. Las demás aguas, en todos sus estados y formas, a que se refiere el artículo 77 del Decreto-Ley 2811 de 1974, siempre y cuando no nazcan y mueran dentro del mismo predio.

Artículo 6°.- Son aguas de propiedad privada, siempre que no se dejen de usar por el dueño de la heredad por tres (3) años continuos, aquellas que brotan naturalmente y que desaparecen por infiltración o evaporación dentro de una misma heredad.

Artículo 7°.- El dominio que ejerce la Nación sobre las aguas de uso público, conforme al artículo 80 del Decreto-Ley 2811 de 1974, no implica su usufructo como bienes fiscales, sino por pertenecer a ellas al Estado, a éste incumbe el control o supervigilancia sobre el uso y goce que

les corresponden a los particulares, de conformidad con las reglas del Decreto-Ley 2811 de 1974 y las contenidas en el presente Decreto.

Artículo 8°.- No se puede derivar aguas fuentes o depósitos de agua de dominio público, ni usarlas para ningún objeto, sino con arreglo a las disposiciones del Decreto-Ley 2811 de 1974 y del presente reglamento.

Artículo 9°.- El dominio sobre las aguas de uso público no prescribe en ningún caso.

Artículo 10°.- Haya objeto ilícito en la enajenación de las aguas de uso público. Sobre ellas no puede constituirse derechos independientes del fondo para cuyo beneficio se deriven. Por lo tanto, nula toda acción o transacción hecha por propietarios de fundos en los cuales existan o por los cuales corran aguas de dominio público o se beneficien de ellas en cuanto incluyan tales aguas para el acto o negocio de cesión o transferencia de dominio.

Igualmente será nula la cesión o transferencia, total o parcial, del solo derecho al uso del agua, sin la autorización a que se refiere el artículo 95 del Decreto-Ley 2811 de 1974. (3)

CAPÍTULO II

Dominio de los cauces y riberas

Artículo 11°.- Se entiende por cauce natural la faja de terreno que ocupan las aguas de una corriente al alcanzar sus niveles máximos por efecto de las crecientes ordinarias; y por lecho de los depósitos naturales de aguas, el suelo que ocupan hasta donde llegan los niveles ordinarios por efectos de lluvias o deshielo.

Artículo 12°.- Playa fluvial es la superficie de terreno comprendida entre la línea de las bajas de aguas de los ríos y aquellas a donde llegan éstas, ordinarias y naturalmente en su mayor incremento.

Artículo 13°.- Para los efectos de la aplicación del artículo anterior, se entiende por líneas o niveles ordinarios las cotas promedio naturales de los últimos quince (15) años tanto para las más altas como para las más bajas.

Para determinar estos promedios se tendrán en cuenta los datos que suministren las entidades que dispongan de ellos y en los casos en que esta información sea mínima o inexistente se acudirá a las que puedan dar los particulares.

Artículo 14°.- Para efectos de aplicación del artículo 83, letra d) del Decreto-Ley 2811 de 1974, cuando el Instituto Colombiano de Reforma Agraria, Incora, pretenda titular tierras aledañas a ríos, lagos procederá, conjuntamente con el Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, a delimitar las franja o zona a que se refiere éste artículo, para excluir de la titulación.

Tratándose de terrenos de propiedad privada situados en las riberas de ríos arroyos o lagos, en los cuales no se ha delimitado la zona a que se refiere el artículo anterior, cuando por mermas, desviación o desacatamiento de las aguas, ocurridos por causas naturales, quedan permanentemente al descubierto todo o parte de sus cauces o lechos, los suelos que se tendrán como parte de la zona o franja que alude al artículo 83, letra d) del Decreto-Ley 2811 de 1974, que podrá tener hasta treinta (30) metros de ancho.

Artículo 15°.- Lo relacionado con la variación de un río y formación de nuevas islas se regirá por lo dispuesto en el Título V, Capítulo II del Libro II del Código Civil, teniendo en cuenta lo dispuesto por el artículo 83, letra d) del Decreto-Ley 2811 de 1974.

Artículo 16°.- La adjudicación de baldíos excluye la de las aguas que contengan o corran por ellos, las cuales continúan perteneciendo al dominio público.

Artículo 17°.- El dominio privado de aguas reconocido por el Decreto-Ley 2811 de 1974 y por éste reglamento, debe ejercerse en función social, y estará sujeto a las limitaciones y demás

disposiciones establecidas por el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y por este reglamento.(3)

TÍTULO III

De los modos de adquirir derecho al uso de las aguas y sus cauces

CAPÍTULO I

Disposiciones generales

CAPÍTULO II

Usos por ministerio de la ley

Artículo 32°.- Todos los habitantes pueden utilizar las aguas de uso público mientras discurren por cauces naturales, para beber, bañarse, abrevar animales, lavar ropas cualesquiera otros objetos similares, de acuerdo con las normas sanitarias sobre la materia y con las de protección de los recursos naturales renovables.

Este aprovechamiento común deber hacerse dentro de la restricción que estable el inciso 27 del artículo 86 del Decreto-Ley 2811 de 1974.

Artículo 33°.- Cuando se trate de aguas que discurren por un cauce artificial, también es permitido utilizarlos a todos los habitantes para usos domésticos o de abrevadero, dentro de las mismas condiciones a que se refiere el artículo anterior, y siempre que el uso a que se destinen las aguas no exija que se conserven en estado de pureza, ni se ocasionen daños al canal o aquella, o se imposibilite o estorbe el aprovechamiento del concesionario de las aguas.

Artículo 34°.- Para usar las aguas de dominio privado con fines domésticos se requiere:

- a. Que con la utilización de estas aguas no se cauce perjuicio al fundo donde se encuentran;

- b. Que el uso doméstico se haga sin establecer derivaciones, sin emplear máquinas, ni aparatos ni alterar o contaminar el agua en forma que se imposibilite su aprovechamiento por el dueño del predio, y
- c. Que previamente se haya acordado con el dueño del fundo el camino y las horas para hacer efectivo ese derecho.

Artículo 35°.- Los usos de que trata los artículos precedentes, no confieren exclusividad y son gratuitos.(3)

TÍTULO IV

De la explotación y ocupación de playas, cauces y lechos

CAPÍTULO I

Permisos comunes

Artículo 87°.- Las personas interesadas en obtener permisos para extracción de materiales de arrastre de los cauces o lechos de las corrientes, depósitos de aguas deberán presentar solicitud al Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, en la cual se exprese;

- a. Nombre de la corriente o depósito cuyo cauce o lecho se proyecta explotar;
- b. Sector del mismo en donde establecerá la exploración, precisándolo con exactitud;
- c. Clase de material que se pretenda extraer y su destino;
- d. Predios de propiedad particular riberanos al sector del cauce o lecho que se pretende explotar;
- e. Explotación similares, aprovechamientos de aguas, puentes, viaductos y demás obras existentes en la región, que puedan afectarse con la explotación;

- f. Sistema que se empleará en la explotación métodos para prevenir los daños al lecho o cauce, o a las obras públicas o privadas;
- g. Declaración de efecto ambiental;
- h. Los demás que en cada caso se consideren necesarios.

Artículo 88°.- A la solicitud deberá anexarse el plano del sector del cauce que se proyecte explotar y una memoria indicativa de las características del mismo, con especificaciones tales, que sea posible su localización en cualquier momento.

Artículo 89°.- Recibida la solicitud, el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, dispondrá:

- a. Que a costa del interesado se publique un extracto de la solicitud, por una vez, en el periódico de mayor circulación del Departamento o Municipio correspondiente, con el fin de que quienes se consideren perjudicados con el otorgamiento del permiso puedan hacer valer sus derechos. Dentro de los diez (10) días siguientes a la publicación del aviso, el interesado está en la obligación de entregar al Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, un ejemplar del periódico, a fin de anexarlo al expediente;
- b. Que el interesado publique en aquellos lugares donde hubiere facilidad de transmisión radial, el aviso a que se refiere el literal anterior en dos (2) días;
- c. Que se dé traslado de la solicitud al Personero de Municipio donde se pretenda hacer la explotación para que informe si ésta puede perjudicar los intereses públicos y si el Municipio tiene establecido el impuesto a que se refieren los artículos 1°, inciso c) de la Ley 97 de 1913, y 1°, inciso a) de la Ley 81 de 1915, impuesto que en ningún caso puede ser confiscatorio, con el fin de hacer obligatorio su pago en la correspondiente resolución de permiso, y

- d. Que se suministre los demás datos e informaciones y se practiquen las diligencias que se consideren necesarias para el estudio y decisión de la solicitud.

Artículo 90°.- Transcurridos quince (15) días después de publicado el extracto de la solicitud y cumplidos los demás requisitos a que se refiere el artículo anterior, el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, ordenará que se practique una visita ocular por funcionarios de su dependencia con el fin de estudiar los aspectos de orden técnico y demás circunstancias que permitan determinar la conveniencia o inconveniencia de otorgar el permiso, y para verificar;

- a. La delimitación del sector del cauce que puede ser objeto de explotación;
- b. La clase de material que se puede explotar;
- c. Las obras que se deben construir previamente a la explotación, necesaria para evitar perjuicios, bien sea al lecho o cauce, a los demás recursos naturales renovables o a terceros;
- d. La declaración de efecto ambiental;
- e. La ubicación de las zonas de explotación;
- f. La sección o secciones características del cauce en el sector a explotar y tipo de flujo de la corriente;
- g. La profundidad máxima de la explotación y el cálculo aproximado del volumen que se va a extraer;
- h. Los sistemas permisibles de extracción;
- i. Las zonas de tráfico y almacenamiento de material, y
- j. Las demás circunstancias que el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, considere importantes.

Artículo 91°.- Los permisos que se otorguen para las explotaciones a que se refiere este Capítulo, estarán sujetos a las siguientes condiciones;

- a. Que la explotación se realice solamente dentro de las zonas y hasta las profundidades máximas indicadas por el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena;
- b. Que los sistemas de explotación sean aprobados por el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena,
- c. Que se ocupen las zonas determinadas en la resolución solamente para los fines de la explotación, y
- d. Que se construyan las obras y se cumplan las exigencias técnicas que el Instituto Nacional de los Recursos Naturales y del Ambiente, Inderena, determine para evitar perjuicios a las obras existentes en las márgenes o sobre el cauce, al equilibrio hidrodinámico de la corriente, al cauce, a los demás recursos naturales o a terceros.

Artículo 92°.- Los permisos a que se refieren los artículos anteriores se otorgarán por plazos máximos de diez (10) años, y pueden ser prorrogables, a juicio del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, sin exceder dicho plazo.

Artículo 93°.- Los permisos sobre ocupación y explotaciones de cauces y lechos podrán revocarse por las mismas causales establecidas en el artículo 62 del Decreto-ley 2811 de 1974 y el Título XI, Capítulo II, de este reglamento.

Artículo 94°.- En los lugares en donde no hay un representante del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, los Alcaldes Municipales podrán suspender provisionalmente las explotaciones que puedan causar peligro o perjuicio para las poblaciones, a las obras públicas o privadas, a las aguas y a sus cauces o lechos.

En todo caso, el Alcalde remitirá lo actuado al Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, dentro de los tres (3) días siguientes para quien decida en definitiva.

Artículo 95°.- El encabezamiento y la parte resolutive de las resoluciones que otorgan permiso de explotación de los lechos y cauce de los ríos y lagos se publicará en el **Diario Oficial** o en la "Gaceta Departamental", dentro de los quince (15) días siguientes a la ejecutoria de la respectiva providencia, a costa del interesado, quien dentro de los diez (10) días posteriores a la publicación deberá presentar al Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, dos ejemplares del periódico en el cual se haya efectuado.

Artículo 97°.- Con el fin de garantizar el cumplimiento de lo establecido en la respectiva resolución de permiso de explotación del material de arrastre, el permisionario deberá suscribir a favor del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena. La vigencia de la póliza será por un tiempo igual al del permiso otorgado.

LEY 1523 DE 2012

(abril 24)

Diario Oficial No. 48.411 de 24 de abril de 2012

CONGRESO DE LA REPÚBLICA

Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

EL CONGRESO DE COLOMBIA

DECRETA:

CAPÍTULO I.

GESTIÓN DEL RIESGO, RESPONSABILIDAD, PRINCIPIOS, DEFINICIONES Y SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES.

ARTÍCULO 1o. DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES. La gestión del riesgo de desastres, en adelante la gestión del riesgo, es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

PARÁGRAFO 1o. La gestión del riesgo se constituye en una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo y, por lo tanto, está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población.

PARÁGRAFO 2o. Para todos los efectos legales, la gestión del riesgo incorpora lo que hasta ahora se ha denominado en normas anteriores prevención, atención y recuperación de desastres, manejo de emergencias y reducción de riesgos.

ARTÍCULO 2o. DE LA RESPONSABILIDAD. La gestión del riesgo es responsabilidad de todas las autoridades y de los habitantes del territorio colombiano.

En cumplimiento de esta responsabilidad, las entidades públicas, privadas y comunitarias desarrollarán y ejecutarán los procesos de gestión del riesgo, entiéndase: conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres, en el marco de sus competencias, su ámbito de actuación y su jurisdicción, como componentes del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

Por su parte, los habitantes del territorio nacional, corresponsables de la gestión del riesgo, actuarán con precaución, solidaridad, autoprotección, tanto en lo personal como en lo de sus bienes, y acatarán lo dispuesto por las autoridades.

Gestión del riesgo: Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

12. Intervención: Corresponde al tratamiento del riesgo mediante la modificación intencional de las características de un fenómeno con el fin de reducir la amenaza que representa o de modificar las características intrínsecas de un elemento expuesto con el fin de reducir su vulnerabilidad.

13. Intervención correctiva: Proceso cuyo objetivo es reducir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación, en el sentido de disminuir o reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

14. Intervención prospectiva: Proceso cuyo objetivo es garantizar que no surjan nuevas situaciones de riesgo a través de acciones de prevención, impidiendo que los elementos expuestos sean vulnerables o que lleguen a estar expuestos ante posibles eventos peligrosos. Su objetivo último es evitar nuevo riesgo y la necesidad de intervenciones correctivas en el futuro. La intervención prospectiva se realiza primordialmente a través de la planificación ambiental sostenible, el ordenamiento territorial, la planificación sectorial, la regulación y las especificaciones técnicas, los estudios de prefactibilidad y diseño adecuados, el control y seguimiento y en general todos aquellos mecanismos que contribuyan de manera anticipada a la localización, construcción y funcionamiento seguro de la infraestructura, los bienes y la población.

15. Manejo de desastres: Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la preparación para la respuesta a emergencias, la preparación para la recuperación posdesastre, la ejecución de dicha respuesta y la ejecución de la respectiva recuperación, entendiéndose: rehabilitación y recuperación.

16. Mitigación del riesgo: Medidas de intervención prescriptiva o correctiva dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente.

17. Preparación: Es el conjunto de acciones principalmente de coordinación, sistemas de alerta, capacitación, equipamiento, centros de reserva y albergues y entrenamiento, con el propósito de optimizar la ejecución de los diferentes servicios básicos de respuesta, como accesibilidad y transporte, telecomunicaciones, evaluación de daños y análisis de necesidades, salud y saneamiento básico, búsqueda y rescate, extinción de incendios y manejo de materiales

peligrosos, albergues y alimentación, servicios públicos, seguridad y convivencia, aspectos financieros y legales, información pública y el manejo general de la respuesta, entre otros.

18. Prevención de riesgo: Medidas y acciones de intervención restrictiva o prospectiva dispuestas con anticipación con el fin de evitar que se genere riesgo. Puede enfocarse a evitar o neutralizar la amenaza o la exposición y la vulnerabilidad ante la misma en forma definitiva para impedir que se genere nuevo riesgo. Los instrumentos esenciales de la prevención son aquellos previstos en la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, que tienen como objetivo reglamentar el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible.

19. Protección financiera: Mecanismos o instrumentos financieros de retención intencional o transferencia del riesgo que se establecen en forma ex ante con el fin de acceder de manera ex post a recursos económicos oportunos para la atención de emergencias y la recuperación.

20. Recuperación: Son las acciones para el restablecimiento de las condiciones normales de vida mediante la rehabilitación, reparación o reconstrucción del área afectada, los bienes y servicios interrumpidos o deteriorados y el restablecimiento e impulso del desarrollo económico y social de la comunidad. La recuperación tiene como propósito central evitar la reproducción de las condiciones de riesgo preexistentes en el área o sector afectado.

21. Reducción del riesgo: Es el proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entiéndase: mitigación del riesgo y a evitar nuevo riesgo en el territorio, entiéndase: prevención del riesgo. Son medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. La reducción del riesgo la componen la

intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera.

22. Reglamentación prescriptiva: Disposiciones cuyo objetivo es determinar en forma explícita exigencias mínimas de seguridad en elementos que están o van a estar expuestos en áreas propensas a eventos peligrosos con el fin de preestablecer el nivel de riesgo aceptable en dichas áreas.

23. Reglamentación restrictiva: Disposiciones cuyo objetivo es evitar la configuración de nuevo riesgo mediante la prohibición taxativa de la ocupación permanente de áreas expuestas y propensas a eventos peligrosos. Es fundamental para la planificación ambiental y territorial sostenible.

24. Respuesta: Ejecución de las actividades necesarias para la atención de la emergencia como accesibilidad y transporte, telecomunicaciones, evaluación de daños y análisis de necesidades, salud y saneamiento básico, búsqueda y rescate, extinción de incendios y manejo de materiales peligrosos, albergues y alimentación, servicios públicos, seguridad y convivencia, aspectos financieros y legales, información pública y el manejo general de la respuesta, entre otros. La efectividad de la respuesta depende de la calidad de preparación.

25. Riesgo de desastres: Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad.

26. Seguridad territorial: La seguridad territorial se refiere a la sostenibilidad de las relaciones entre la dinámica de la naturaleza y la dinámica de las comunidades en un territorio en

particular. Este concepto incluye las nociones de seguridad alimentaria, seguridad jurídica o institucional, seguridad económica, seguridad ecológica y seguridad social.

27. Vulnerabilidad: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.

ARTÍCULO 5o. SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES. El Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en adelante, y para efectos de la presente ley, sistema nacional, es el conjunto de entidades públicas, privadas y comunitarias, de políticas, normas, procesos, recursos, planes, estrategias, instrumentos, mecanismos, así como la información atinente a la temática, que se aplica de manera organizada para garantizar la gestión del riesgo en el país.

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

En la realización de este trabajo se utilizará un tipo de investigación aplicada, descriptiva y cuantitativa, de esta manera se utilizarán los datos obtenidos en la recolección de información haciendo un recorrido a lo largo del tramo en estudio además de los datos históricos recolectados y realizar los respectivos cálculos y así obtener resultados que nos llevarán a dar conclusiones y posibles soluciones al problema de investigación.

3.2 Población

A lo largo del tramo en estudio están ubicados los barrios Quebrada El Tejar, Camino Real, La Piñuela-San Antonio, Cuesta Blanca, Promesa de Dios, lo que indica la importancia que tiene este sector de investigación y el aporte que se generaría obtener los resultados de este estudio para la comunidad.

3.3 Muestra

En este proyecto la muestra es el tramo del plan maestro de acueducto y alcantarillado comprendido desde la quebrada el Tejar y el Barrio la Piñuela del Municipio de Ocaña, enfocándose principalmente en factores significativos que afectan la captación de aguas pluviales en el sumidero y colectores diseñados en el nuevo plan maestro de acueducto y alcantarillado.

3.4 Recolección de la Información

La recolección de la información necesaria para la ejecución del proyecto se obtendrá de trabajo en campo y de estudios complementarios que permitirán conocer las variables necesarias para la estimación de la captación de aguas pluviales en el sumidero y colectores diseñados en el nuevo plan maestro de acueducto y alcantarillado.

La información se obtendrá llevando a cabo los siguientes procedimientos:

Para el estudio hidrológico se tomarán los gastos asociados a diferentes periodos de retorno tomándose en cuenta la información de las estaciones hidrométricas de la zona y la que se utilizó para el diseño del Plan Maestro de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.

La información para la modelación hidráulica es la que requiere la extensión SWAT del software de sistema de información geográfico (ARCGIS) y que se obtendrá de la batimetría realizada.

3.5 Análisis de la Información

La información recolectada se procesará en hojas de cálculo Excel para posteriormente introducirla en el software de sistema de información geográfico (ARCGIS) con la extensión SWAT y/o en las ecuaciones o fórmulas necesarias para los estudios hidráulico e hidrológico, esta información se interpretará para los requerimientos de dichos estudios, como por ejemplo con la información se encontrará el caudal que transporta el río, la sección que tiene el río en diversos tramos y el tipo de suelo presente en el río, entre otras variables necesarias para desarrollar los análisis.

Capítulo 4. Resultados

4.1 Diagnóstico en la zona norte de la comuna tres (3), sobre los registros históricos de precipitación e intensidad que permita caracterizar he identificar aspectos en la población afectada del municipio de Ocaña norte de Santander.

Localización geográfica de la comuna No3 de la Ciudad de Ocaña

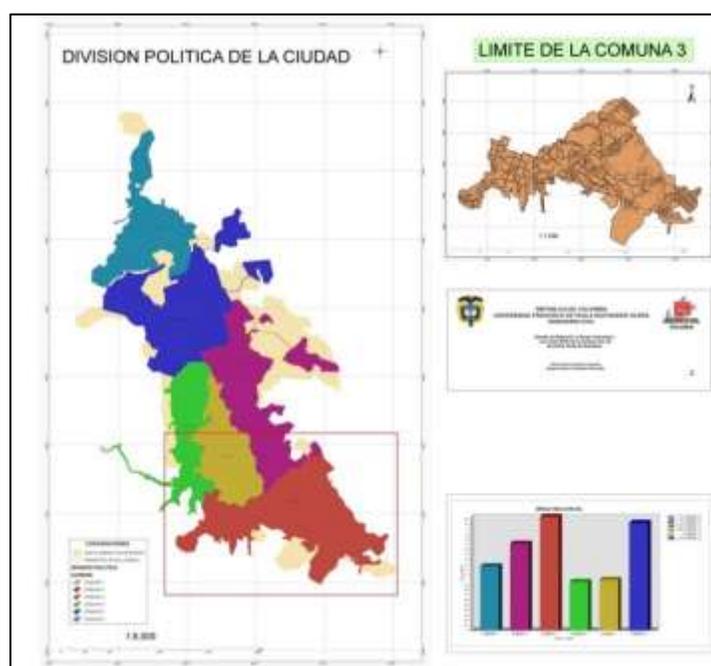


Figura 1. Localización geográfica de la comuna 3 División política de la Ciudad de Ocaña Norte de Santander y límite de la comuna No 3.

Fuente. Autores de la investigación

Según la división política de la ciudad de Ocaña la comuna de mayor superficie es de 2,25km² que corresponde a la comuna No3 la cual es objeto de este estudio y la comuna de menor área superficial es la comuna 4 con 0.96km²

Esta comuna oficialmente está constituida por los barrios:

Camino Real, Santa Lucia, La Piñuela-San Antonio, Gustavo Alayón, La Palmita, Las Mercedes, El Carretero, La Costa, La Favorita, Villa Nueva, La Quinta, San Fermín, El Llanito, La Esperanza, Doce de Octubre, El Bosque, Los Almendros, El Bambo, 26 de Julio, Carbón-Ramal, Cuesta Blanca, Promesa de Dios, Nueva Madrid, La Paz, Belén, Quebrada El Tejar, Las Alcantarillas, Olaya Herrera, Jorge Eliécer Gaitán, la quinta.

Igualmente los sectores: Los Alpes-vía Circunvalar, Carretera Central, Milanés, Urbanización El Molino, El Espinazo, La Luz Polar, Jesús Cautivo, Villa Sur, El Camino, Urbanización Tabachines, Asentamiento humano Tres de Abril, Prado Sur, las Crucecitas, Libardo Alonso, los proyectos urbanísticos Ciudadela Deportiva, Urbanización los Olivos, urbanización los Álamos (PBOT, Revisión, modificación y ajuste. 2015)

4.1.1 Hidrografía Urbana. La red hídrica urbana de la ciudad de Ocaña está compuesta por dos ríos principales el río Tejo y El río Chiquito ambos hacen parte de la cuenca del río Algodonal parte alta el río Chiquito es afluente del río Tejo con el cual confluyen en la coordenada plana X: 1079340.97681, Y: 1404052.37415.

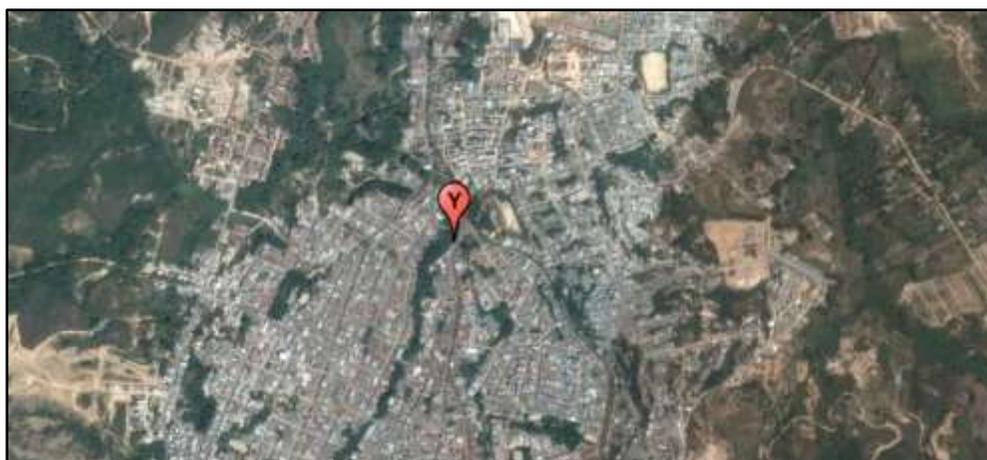


Figura 2. Lugar Geográfico de la confluencia entre el río Tejo y el río Chiquito
Fuente; Google Earth pro

El rio chiquito tiene una longitud total de 4.138233KM2, desde su coordenada de inicio X: 1080093.42093. Y: 1402518.11101. Hasta su coordenada final X: 1080093.42093 Y: 1402518.11101.

4.1.2 Hidrografía de la comuna 3. Con la información geografica oficial del PBOT de Ocaña 2015 en formato SHP se construyo la tematica de hidrografia , donde se digitalizo a partir del mapa base de la ciudad de Ocaña toda la red hidrica de la comuna, las quebradas de esta comuna tributan sus aguas al rio chiquito, lo cual se denomina “sistema del riochiquito” (INFORME RESUMEN Y MEMORIAS PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO 2012).

Este sistema se compone por la denominada quebrada del mal nombre (caño seco) , quebrada el tejar y quebrada san cayetano, los anteriores son los drenajes naturales de mayor importancia en el sistema del rio chiquito ya que estos son los colectores de la aguas negras de esta parte de la ciudad y es en esta zona donde se localiza el desarrollo del plan maestro de alcantarillado de la ciudad, el colector pluvial de la quebrada el tejar se inicia en el limite del perimetro urbano oficial para el año 2015 y termina tributando sus agua al rio chiquito bajo el par de coordenadas planas X: 1080098.786 Y: 1402509.384.

4.1.3 Microcuencas urbanas de la ciudad de Ocaña Norte de Santander. Usando como insumo tecnico la información geografica en formato vectorial Shp, procedente esta del PBOT revision, modificacion y ajuste al 2015 , se elaboro la tematica microcuena urbanas de la ciudad de Ocaña, la cual deja ver de forma clara que la ciudad se divide en cuatro(4) microcuencas siendo las dos de mayor importancia las del rio tejo y chiquito, la microcuena

del río Chiquito es tributaria de la del río Tejo a la cual se drena sus aguas y las de sus drenajes colectores en las coordenadas planas : X: 1079340.97681, Y: 1404052.37415.

La Tabla 1. muestra el área superficial de cada una de las microcuencas, su perímetro o divisoria de aguas y sus coordenadas desde el centroide de cada polígono.

Tabla 1.

Área superficial microcuencas

NOMBRES Y MORFOMETRÍA BÁSICA DE LAS MICROCUENCAS URBANAS				INFORMACIÓN ESPACIAL	
NOMBRE DE LA MICROCUENCA	ÁREA/HA	ÁREA/KM²	PERÍMETRO/KM	COORDENADA X	COORDENADA Y
<i>microcuenca quebrada el tejero</i>	205.968093	2.059681	7.332986	1080801.279	1401946.915
<i>microcuenca río Chiquito</i>	134.026456	1.340265	6.802711	1079802.175	1402797.493
<i>microcuenca río Tejo</i>	749.301155	7.493012	14.972773	1078775.156	1403137.649
<i>microcuenca</i>	156.107788	1.561078	6.035337	1078251.01	1405284.538
<i>microcuenca de río de oro</i>	101.959584	1.019596	4.851145	1078331.969	1406537.819

Fuente. Autores de la Investigación

La microcuenca de mayor área superficial es la correspondiente a la de la quebrada el tejero la cual cubre una gran parte de la comuna N03 con unos 205.96Ha equivalentes a 2.05km

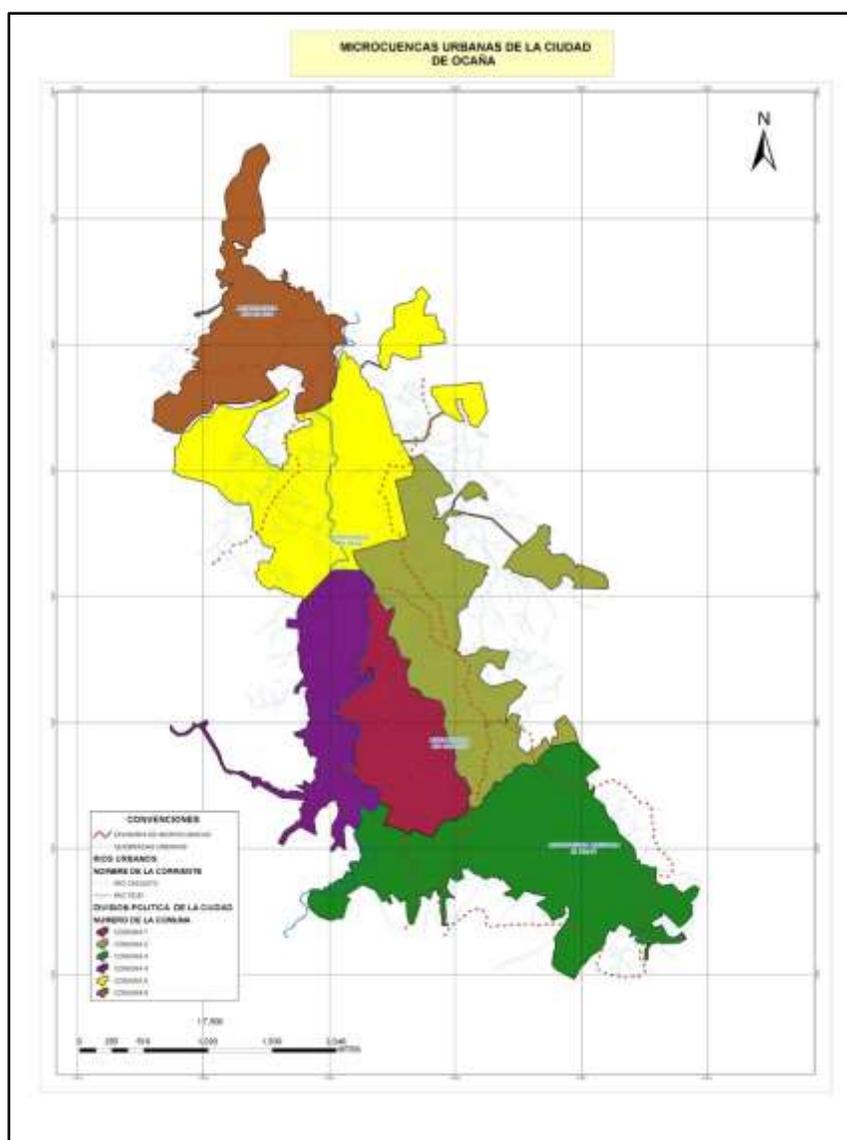


Figura 3. Mapa Microcuencas urbanas de la ciudad de Ocaña Según el PBOT 2015

Fuente; Autores del Proyecto

4.1.4 Características climatológicas de la ciudad de Ocaña. Según el sistema experto del fondo de adaptación climatológico del gobierno nacional de Colombia la Ciudad de Ocaña presenta las siguientes características climatológicas

Precipitación: el análisis multianual de la distribución de la precipitación media que presenta el fondo de adaptación al cambio climático a través del sistema experto plantea que la ciudad de Ocaña presenta una precipitación que oscila de los 900-1100 mm/año.

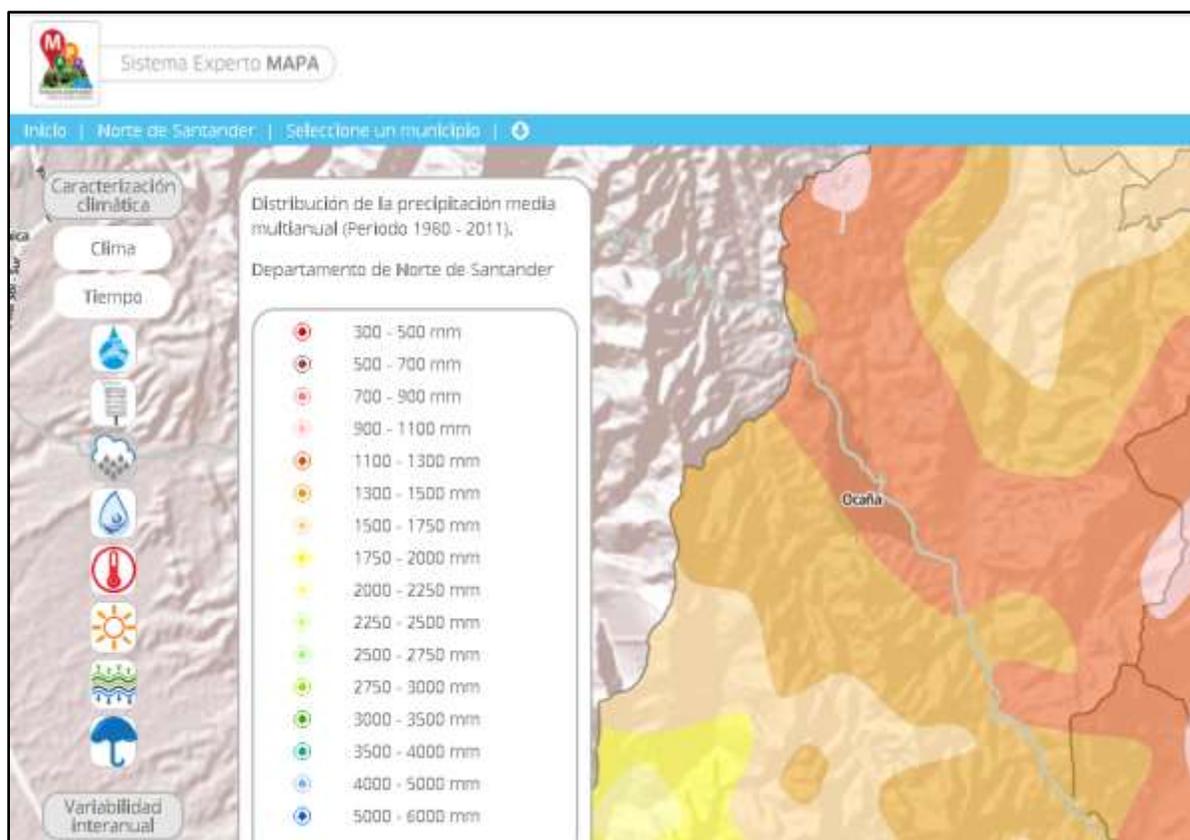


Figura 4. Impresión de pantalla del SISTEMA EXPERTO del fondo de Adaptación al cambio climático

Fuente. Fondo de Adaptación al cambio climático – proyecto Mapa Corpoica 2016

Temperaturas: para el caso de la variable temperatura el fondo de adaptación división magnitud en tres altas, medias y bajas de forma multianual usando series de tiempo de 25 años con la información que registran las estaciones climáticas del IDEAM

Tabla 2.

Rangos de Temperaturas máximas, medias y mínimas en la ciudad de Ocaña

MAXIMAS	MEDIA	MINIMAS
22-24°C	20-22°C	16-18°C

Fuente. Fondo de Adaptación al cambio climático – proyecto Mapa Corpoica 2016

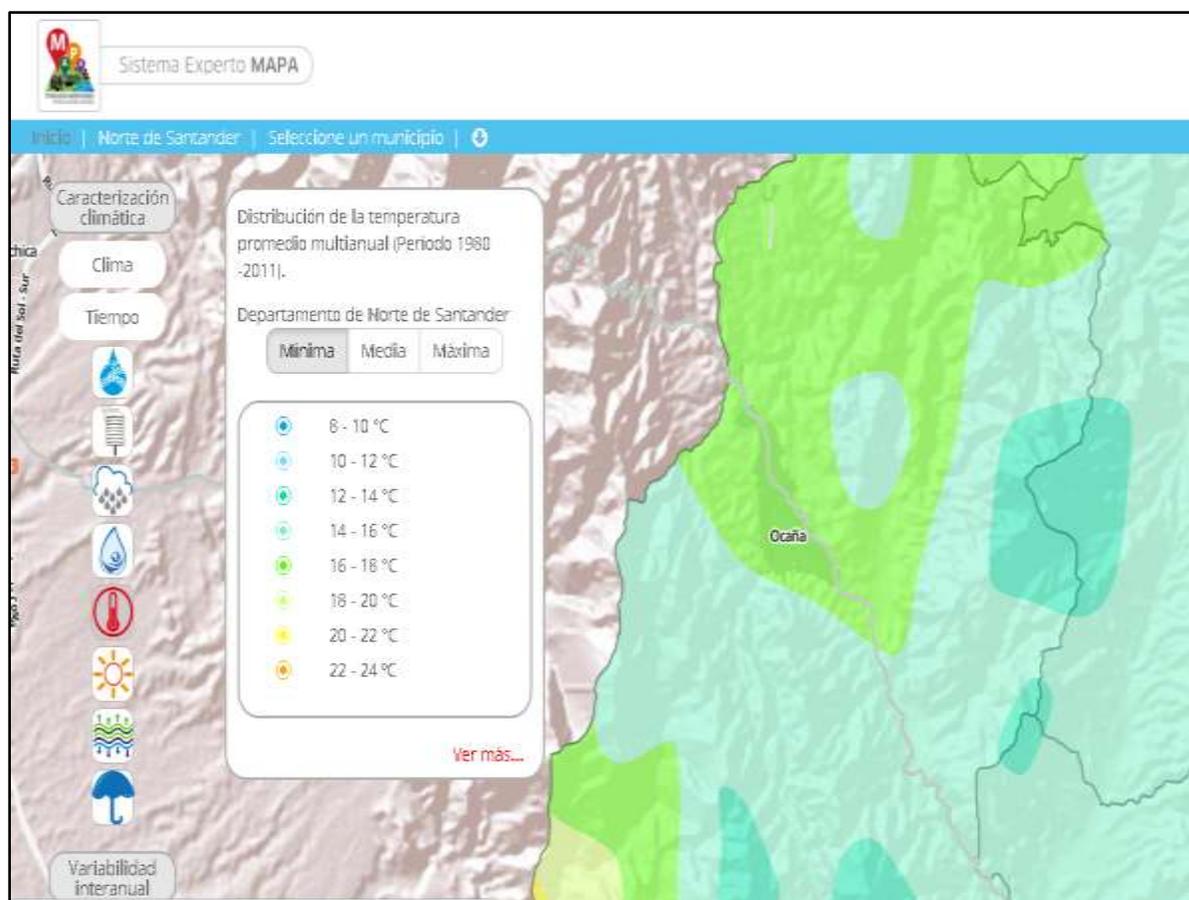


Figura 5. Polígonos de Thiessen para cálculo de la temperatura media multianual

Fuente. Fuente. Fondo de Adaptación al cambio climático – proyecto Mapa Corpoica 2016

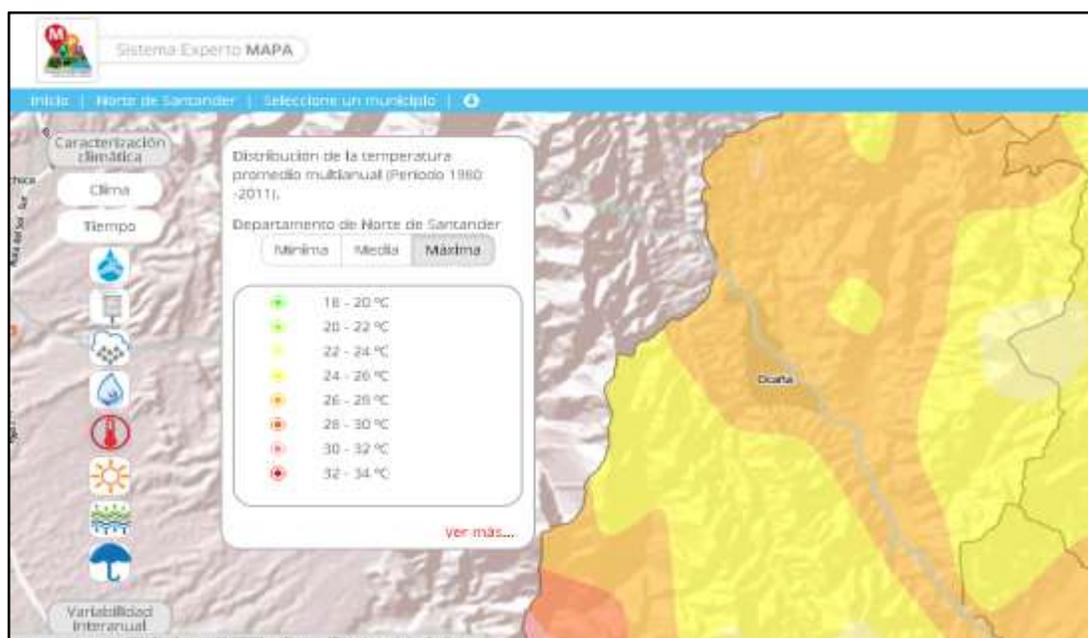
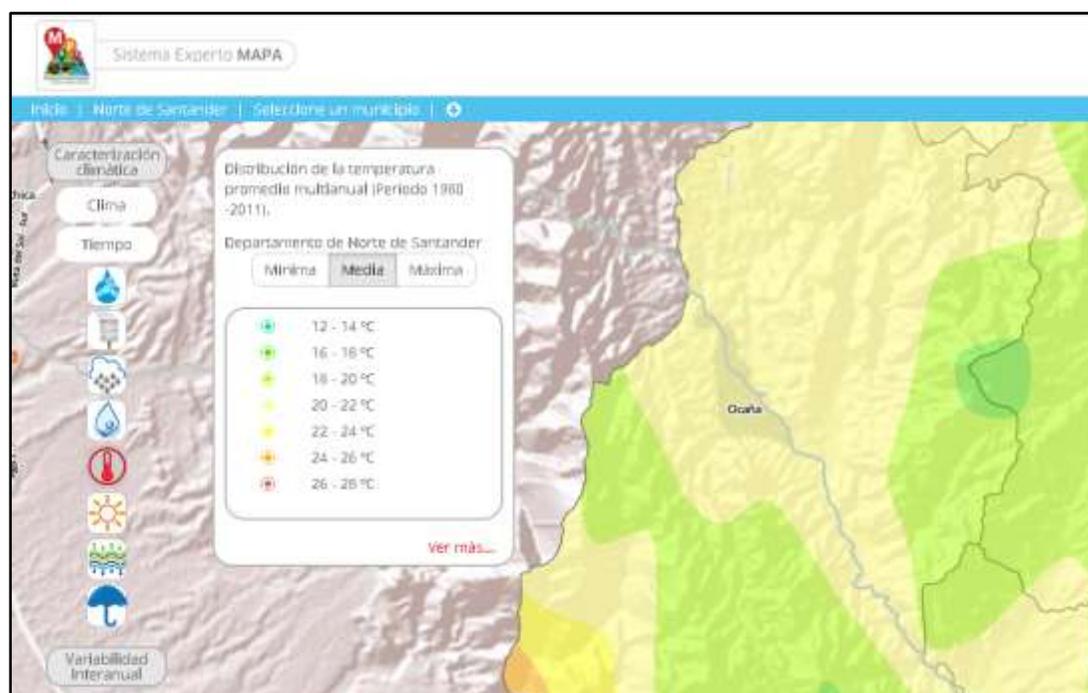


Figura 6. Polígonos de Thiessen para cálculo de la temperatura máxima multianual

Fuente. Fuente. Fondo de Adaptación al cambio climático – proyecto Mapa Corpoica 2016

Evapotranspiración, en esta característica climática la Ciudad de Ocaña presta oscilaciones de los 1200mm a 1400mm/año

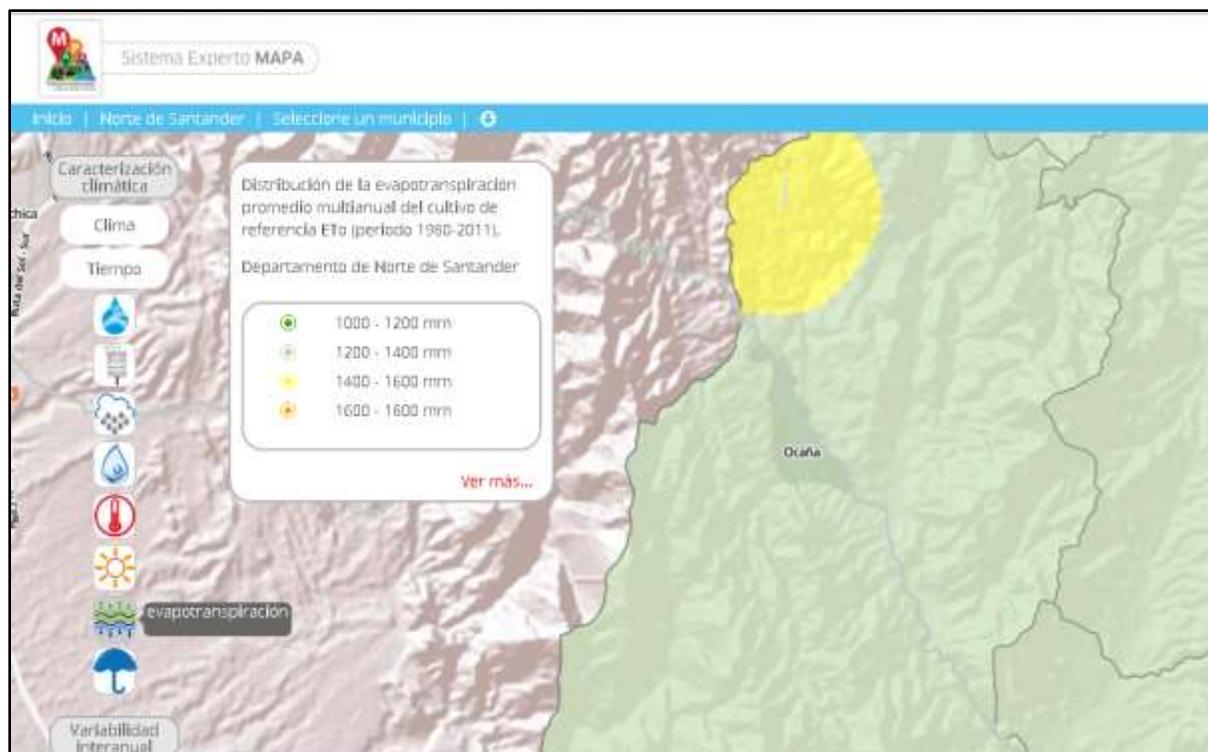


Figura 7. Polígonos de Thiessen para cálculo de la Evapotranspiración multianual en la ciudad de Ocaña Norte de Santander

Fuente. Fuente. Fondo de Adaptación al cambio climático – proyecto Mapa Corpoica 2016

La siguiente tabla muestra la relación de la estaciones meteorológicas del IDEAM activas y las cuales fueron usadas para el estudio climatológico de esta zona por parte del fondo de Adaptación al cambio climático.

Tabla 3.

Relación de estación del IDEAM usadas para determinación de variables climáticas en la ciudad de Ocaña y su zona de influencia

Lugar de ubicación	Tipo de estación	Código Estación	Longitud	Latitud	Elevación
Aguas calaras	Climatológica principal	1605501	73° 21' 27"	8° 18' 52"	1435
UFPSO	Climatológica Ordinaria	1605510	73° 19' 19"	8° 14' 16"	1150
<u>Otare</u>	Pluviométrica	1605017	73° 25' 23"	8° 24' 5"	1545
Montecitos (Mun. La palaya)	Pluviométrica	1605026	73° 14' 46"	8° 11' 56"	1400
La Playa de Belén	Climatológica ordinaria	1605506	73° 14' 5"	8° 13' 1"	1500

Fuente. IDEAM, catálogo de estaciones activas

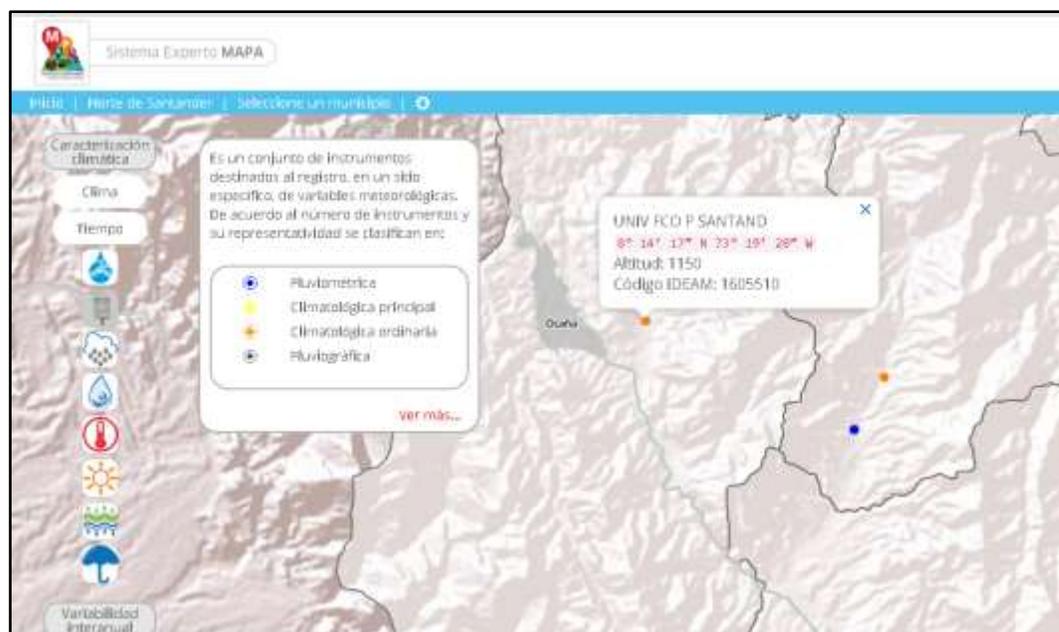


Figura 8. Data from the Geoportal of the Project Map and background of Adaptation to climate change with the geographic points where the stations are located

Según el plan municipal de la gestión del riesgo del municipio de Ocaña la ciudad de este municipio cuenta con una topografía accidentada la cual trae consigo una carencia de los lugares aptos para la construcción de unidades de viviendas familiares, lo que ha dado origen en muchos casos a la creación de asentamientos urbanos subnormales, el mismo plan de gestión del riesgo tiene identificado el escenario por fenómenos de Origen hidrometeorológicos , clasificando como riesgo a las márgenes hídricas del río tejo y el río chiquito.

Históricamente periodo 2007 – 2011 en Ocaña durante los periodos de la anomalía climática de la niña se presentó un incremento de las precipitaciones en la ciudad los que desencadenó en un incremento en los caudales de los río tejo y chiquito y de las quebradas tributarias de estos.

A continuación se presenta el mapa de riesgos y amenazas urbanas (Inundaciones) de la ciudad de Ocaña el cual se construyó a partir de la información geográfica oficial del PBOT , el cual permite observar las zonas de mayor riesgo a inundaciones y contextualizar la situación de la comuna No 3 objeto del presente estudio.

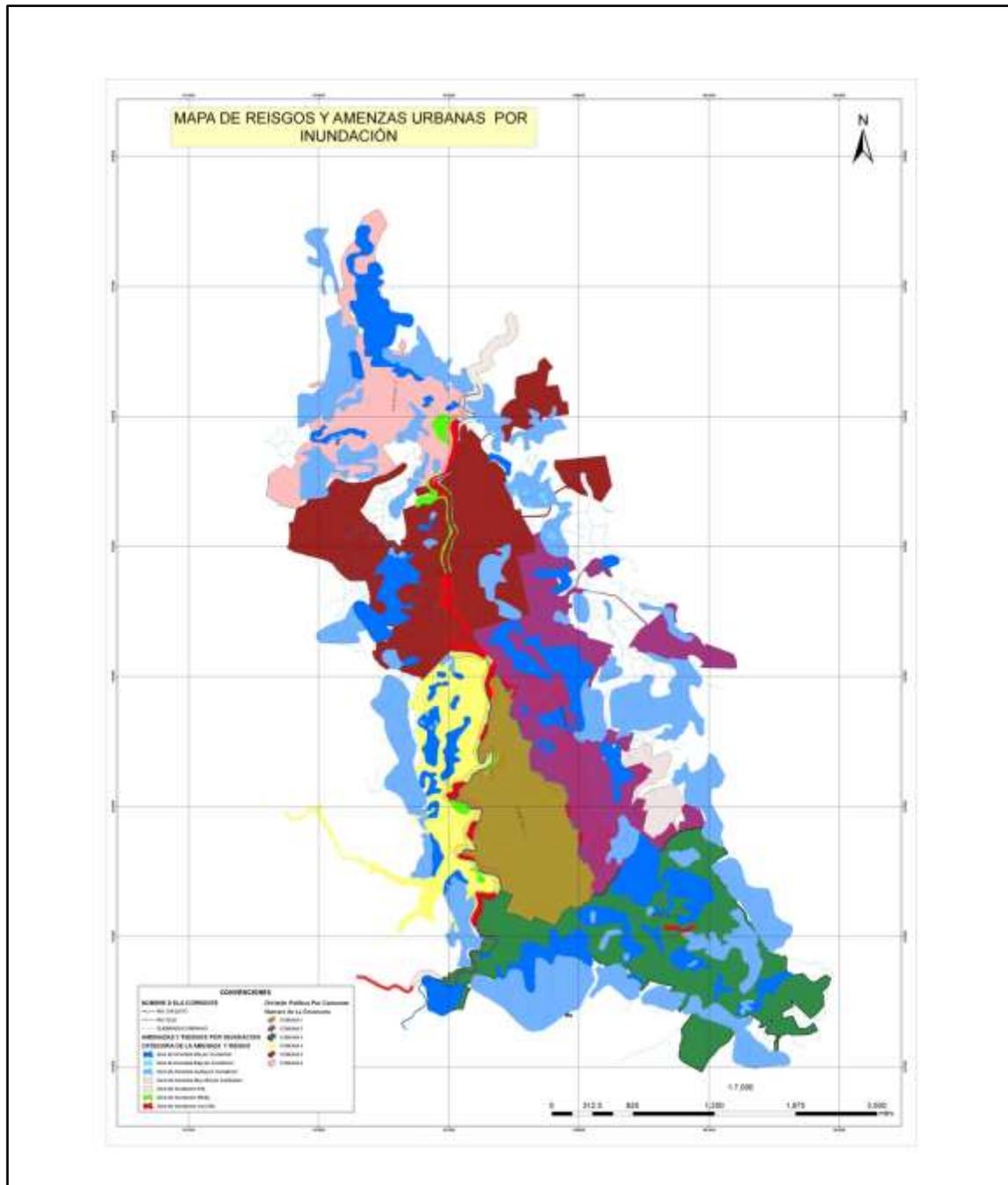


Figura 9. Mapa Amenazas y riesgos por Inundación en la ciudad de Ocaña construido a partir de la información geográfica oficial del PBOT municipal

Fuente. Autores de la Investigación

4.1.5 Riesgos y amenazas por inundación de la comuna No 3 en la Ciudad de Ocaña.

Para realizar la identificación de las zonas de riesgo y amenazas de inundación en la comuna tres se realizó un trabajo de Geoproceso de los archivos vectoriales tipo SHP que contenían la información geográfica oficial de la ciudad de Ocaña Norte de Santander, sobre la plataforma SIG de código propietario ARCGIS10.3 licencia académica de la universidad francisco de paula Santander Ocaña, el primer Geoproceso usado fue un clíper o corte usando los layers “capa” de riesgos y amenazas por inundación y la capa de división política por comunas y de esta manera extraer la información correspondiente únicamente de la comuna en estudio.

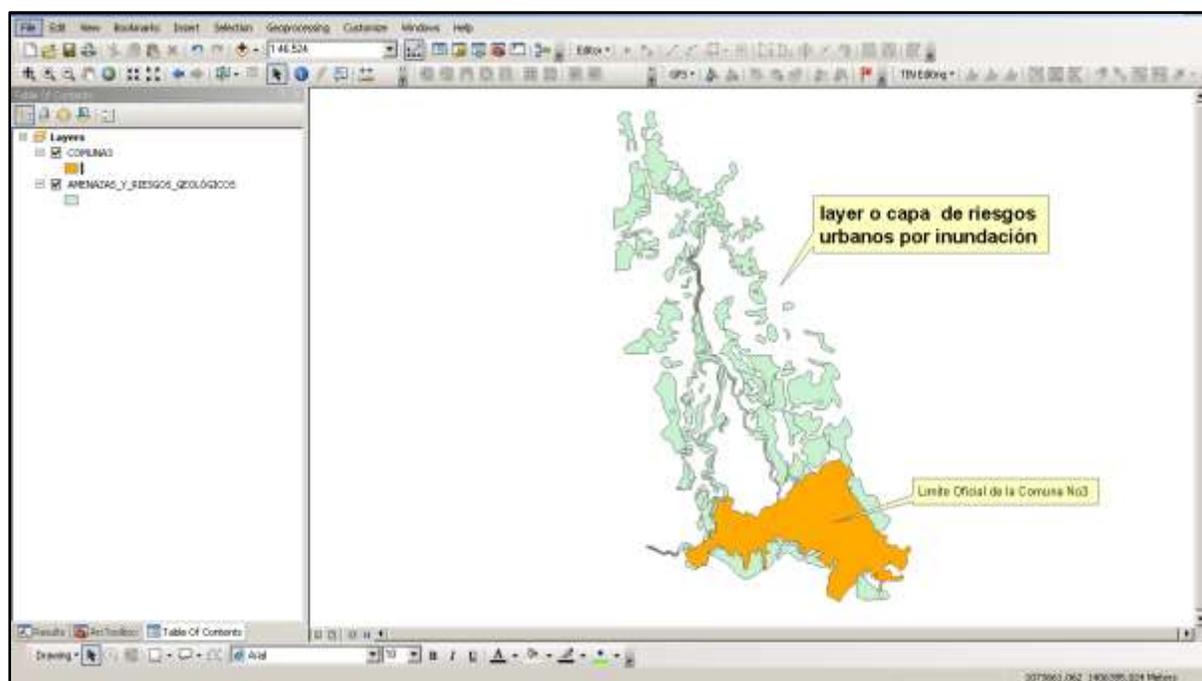


Figura 10. Interfaz de trabajo o data view del software ArcGIS 10.3 licencia académica con los layers usados para Geoproceso

Fuente. Autores de la investigación

Como resultado se obtuvo un Layer o capa nueva con la información de riesgos y amenazas únicamente de la comuna No3, y su base de datos a partir de la cual se realizó el análisis de riesgo correspondiente

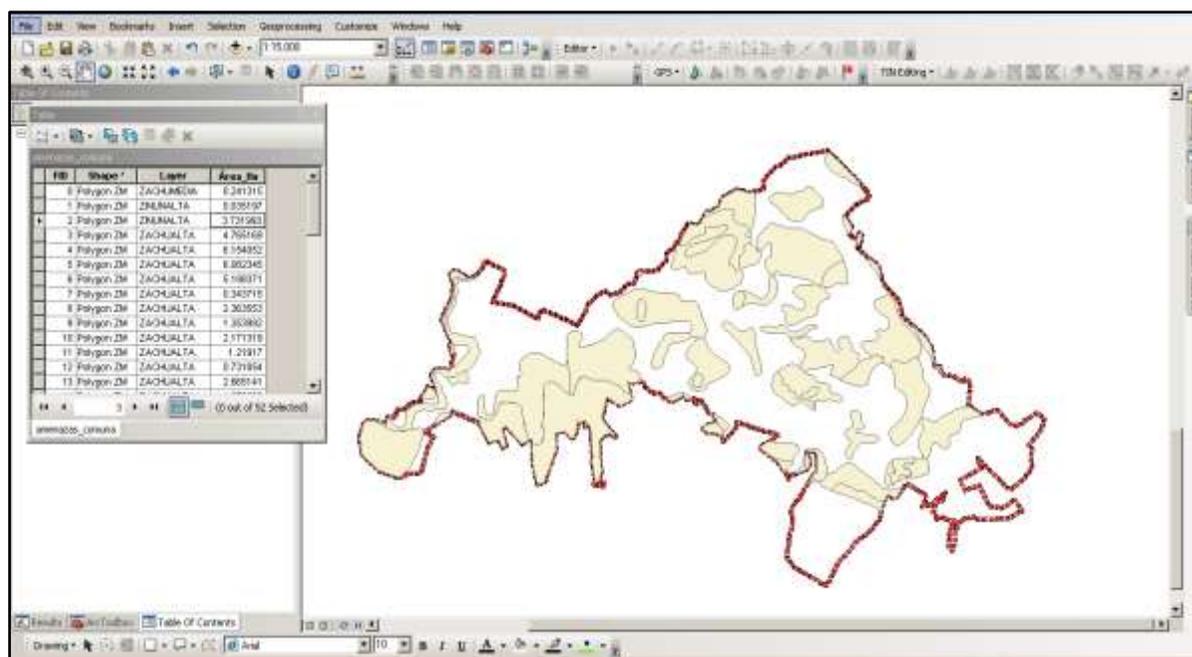


Figura 11. Layer generado a partir de Geoproceso de corte junto con la base de datos o tabla de atributos

Fuente. Autores de la investigación

Posterior a este proceso se realizó uno nuevo denominado Dissolve, el cual buscaba unificar la información espacial de la capa por categorías y mejorar la base de datos de la comuna

The figure shows two screenshots of a GIS software interface. The left screenshot displays a table with 21 rows, each representing a polygon with its ID, shape, layer name, and area. The right screenshot displays a table with 4 rows, representing hazard zones with their ID, shape, layer name, and area.

ID	Shape	Layer	Area Ha
0	Polygon 2M	ZACHUMESA	0.241315
1	Polygon 2M	ZONALTA	0.035187
2	Polygon 2M	ZONALTA	3.731983
3	Polygon 2M	ZACHALTA	4.785189
4	Polygon 2M	ZACHALTA	6.154052
5	Polygon 2M	ZACHALTA	6.082545
6	Polygon 2M	ZACHALTA	5.188521
7	Polygon 2M	ZACHALTA	0.343715
8	Polygon 2M	ZACHALTA	2.383553
9	Polygon 2M	ZACHALTA	1.383992
10	Polygon 2M	ZACHALTA	2.171259
11	Polygon 2M	ZACHALTA	1.21917
12	Polygon 2M	ZACHALTA	0.731884
13	Polygon 2M	ZACHALTA	2.685141
14	Polygon 2M	ZACHALTA	1.976333
15	Polygon 2M	ZACHALTA	0.943471
16	Polygon 2M	ZACHALTA	6.425222
17	Polygon 2M	ZACHALTA	5.52185
18	Polygon 2M	ZACHALTA	3.214188
19	Polygon 2M	ZACHALTA	1.983081
20	Polygon 2M	ZACHALTA	0.239077
21	Polygon 2M	ZACHALTA	0.262191

ID	Shape	Layer	AREA
0	Polygon 2M	ZONA DE AMENAZA POR INUNDACION ALTA	55.399889
1	Polygon 2M	ZONA DE AMENAZA POR INUNDACION MEGA	37.007032
2	Polygon 2M	ZONA DE INUNDACION ALTA	3.76719
3	Polygon 2M	ZONA DE INUNDACION MUY ALTA	1.031725

Figura 12. Resultado y comparación del procesamiento de la información geográfica a nivel de tabla de atributos del Layer de riesgos y amenazas.

Fuente. Autores de la investigación

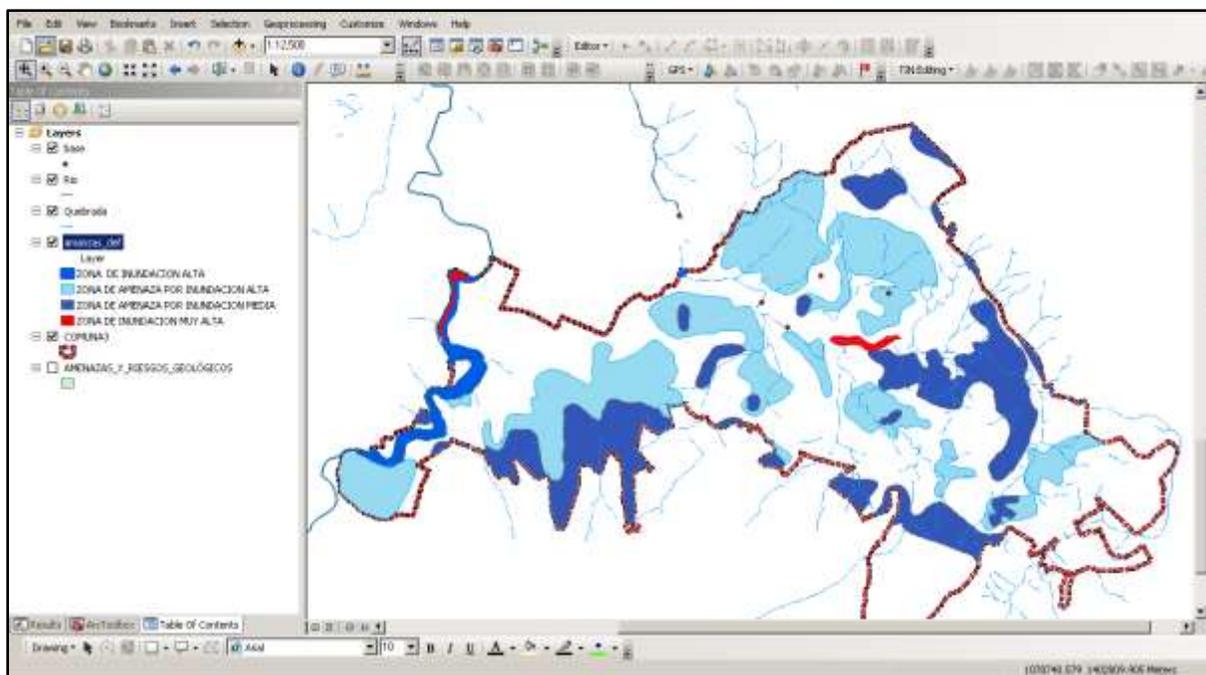


Figura 13. Resultado del Geoproceso del Layer oficial del PBOT 2015

Fuente. Autores de la investigación

Seguido a estos dos Geoproceso se importó el plano base oficial de la ciudad de Ocaña en formato Dwg , con lo cual se pudo visualizar mejor cuales son los barrios más afectados por esta clasificación de riesgos y amenazas, para realizar esta actividad técnica se re proyectado el archivo DWG a un sistema proyectado Magna sirgas Colombia Bogotá para no presentar problemas de incompatibilidad de geolocalizacion con las capas SHP.

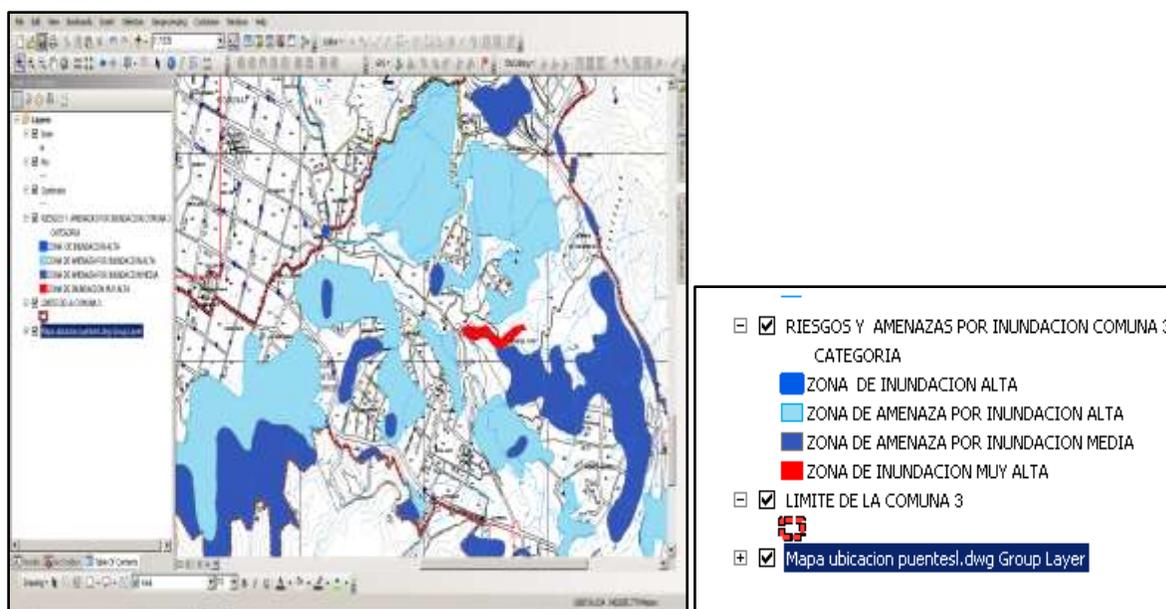


Figura 14. interfaz de trabajo con el plano base oficial de la ciudad de Ocaña y la capa vectorial formato SHP de riesgos y amenazas por inundación de la comuna No3

Fuente. Autores de la investigación

4.1.6 Digitalización de las zonas de riesgo en la comuna No3. A partir del plano base de la ciudad de Ocaña fueron digitalizadas las manzanas que presentan riesgo y amenazas por inundación según las diferentes categorías encontradas en el mapa de riesgos y amenazas del PBOT del municipio.

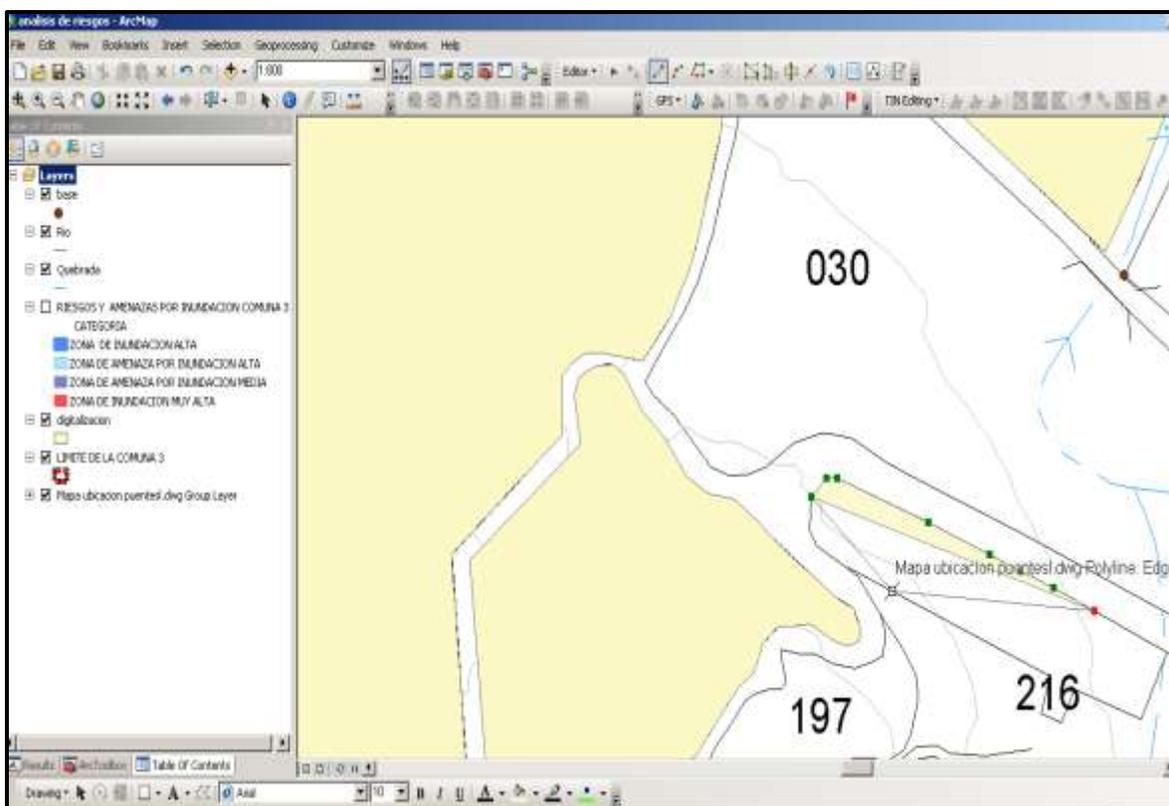


Figura 15. Interfaz de trabajo de ArcGis10.3, digitalización de zonas de riesgos

Fuente. Autores de la investigación

El software SIG permitió establecer que en la comuna No 3 existen cuatro categorías de amenazas y riesgos de inundación las cuales son relacionadas en el siguiente cuadro informativo en el cual se calcularon las áreas de esas zonas y estadísticas de análisis

Tabla 4 Relación de las Áreas con algún tipo de riesgo y/o amenaza por inundación de la comuna No 3 de la Ciudad de Ocaña Norte de Santander.

Tabla 4.

Relación de las Áreas con algún tipo de riesgo y/o amenaza por inundación.

RELACION DE LAS CATEGORIAS DE RIESGOS Y AMENZAS POR INUNDACION EN LA COMUNA No.3	
CATEGORIA	AREA/HA
ZONA DE AMENAZA POR INUNDACION ALTA	55.399869
ZONA DE AMENAZA POR INUNDACION MEDIA	37.007032
ZONA DE INUNDACION ALTA	3.76719
ZONA DE INUNDACION MUY ALTA	1.031729
TOTAL	97.20582

Fuente. Autores de la investigación

En la comuna No3 existe un total de 97.20 Ha bajo riesgo constante de inundación ya sea de clase alta, media o muy alta según el PBOT revisión al 2015 esto representa en términos de porcentajes con relación al área superficial de la comuna estaríamos hablando de 43.21% de su área en condiciones de riesgos y amenaza por inundación



Figura 16. Visualización de las zonas de amenazas y riesgos de inundación en la comuna 3 a partir de una imagen del visor GOOGLE EARTH pro 2016

Fuente Google Earth 2016

1080146.73	1402151.66
1080146.73	1402151.66
1080146.73	1402151.66
1080146.73	1402151.66
1080146.73	1402151.66

Fuente. Autores de la investigación.

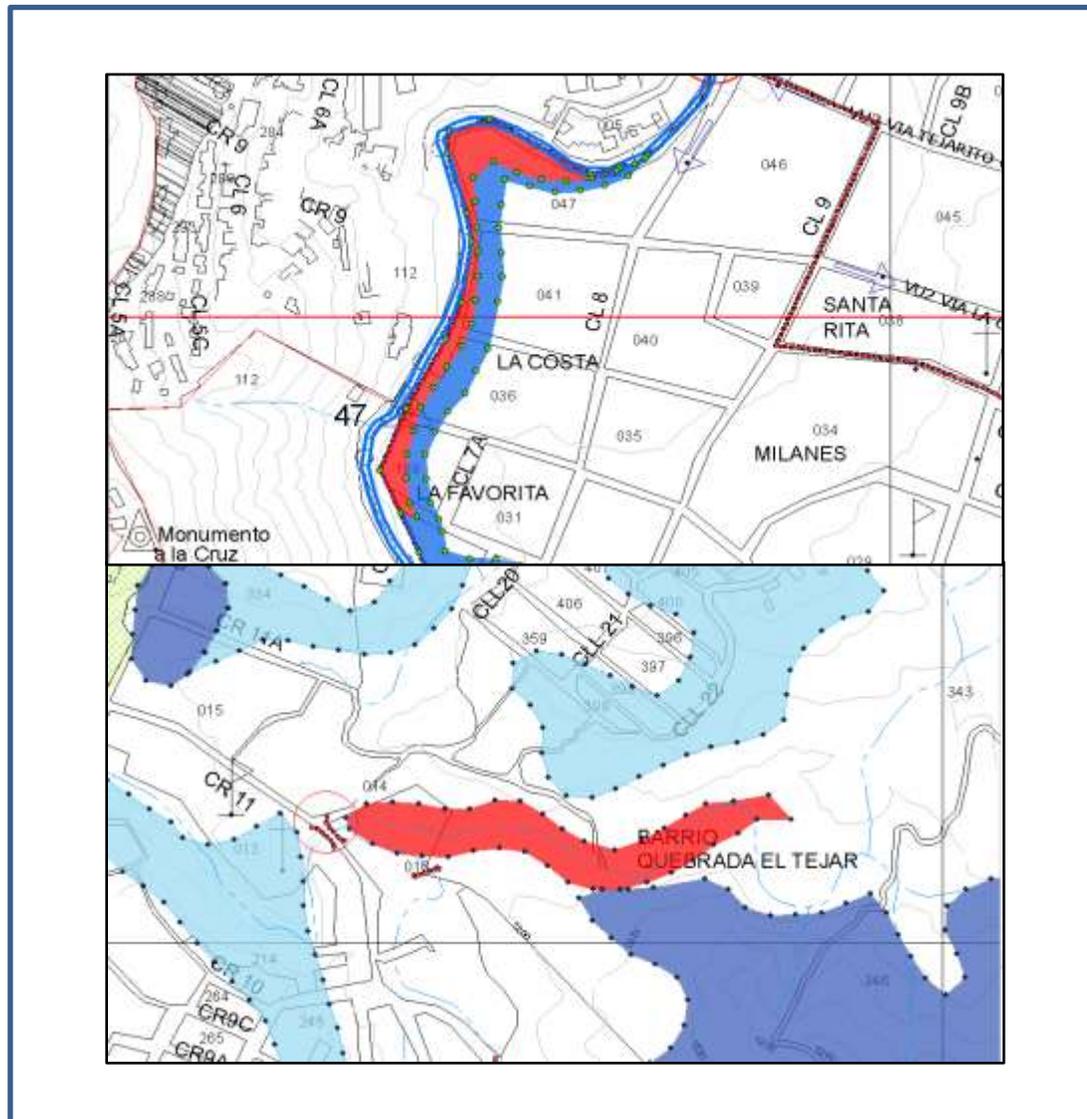


Figura 17. Localización de la zona de riesgo y amenaza alta por inundación en la comuna 3 de la ciudad de Ocaña

Fuente. Autores de la investigación

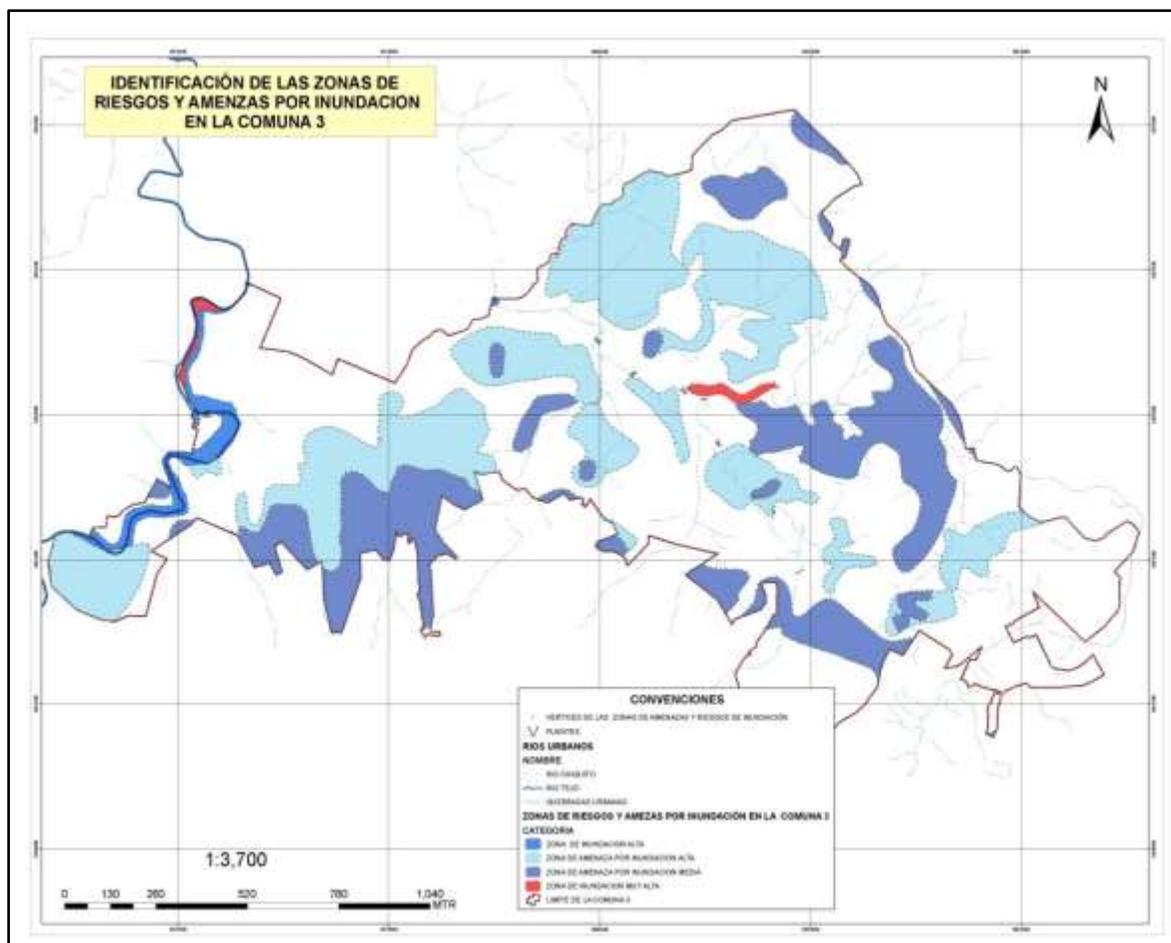


Figura 18. Mapa de las zonas de riesgos y amenazas por inundación en la comuna No3

Fuente. Autores de la investigación

[4.2 Analizar los registros históricos de precipitación e intensidad que permitan caracterizar e identificar aspectos en la población afectada.](#)

Para el desarrollo de este objetivo se procedió a solicitar al IDEAM según el catálogo de las estaciones activas los registros históricos de los últimos 20 años y se procesó esta información para generar la base de datos de temperaturas, precipitaciones y de esta manera realizar los cálculos de intensidad

Los registros solicitados al IDEAM corresponden a las siguientes estaciones:

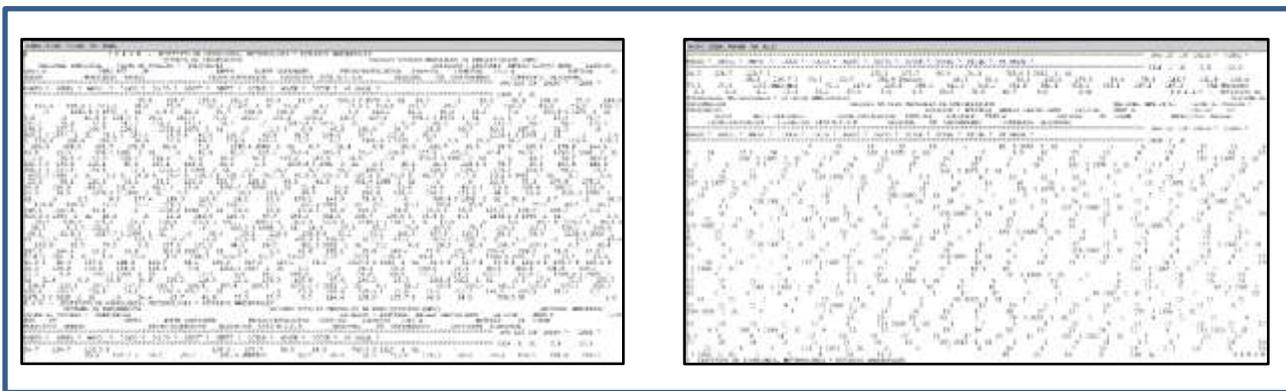
Tabla 6.

Listado de las estaciones, código localización geográfica y elevación, el cual se presentó mediante correo electrónico al IDEAM

Lugar de ubicación	Tipo de estación	Código Estación	Longitud	Latitud	Elevación
Aguas calaras	Climatológica principal	1605501	73° 21' 27"	8° 18' 52"	1435
UFPSO	Climatológica Ordinaria	1605510	73° 19' 19"	8° 14' 16"	1150
Otare	Pluviométrica	1605017	73° 25' 23"	8° 24' 5"	1545
Montecitos (Mun. La palaya)	Pluviométrica	1605026	73° 14' 46"	8° 11' 56"	1400
La Playa de Belén	Climatológica ordinaria	1605506	73° 14' 5"	8° 13' 1"	1500

Fuente. Autores de la investigación

Por parte del IDEAM se recibió la siguiente información en formato de texto separado por comas el cual registra el comportamiento climático de la serie de tiempo de los últimos 20 años.



The image displays two side-by-side screenshots of a text-based data file. The text is dense and appears to be a comma-separated list of data points, likely representing climate records over a 20-year period. The data is organized into columns, though the specific values are difficult to discern due to the small font and high density of the text.

Fuente. IDEAM 2016

Una vez procesado los datos de las estaciones se crearon las bases de datos con cada estación para luego ser procesadas en el software SIG y mediante el método de Isoyetas calcular las características climatológicas de la ciudad de Ocaña

4.2.1 Precipitación en la ciudad de Ocaña a partir de datos climatológicos del IDEAM, método de ISOYETAS

Para crear las estación en el SOFTWARE SIG se verificaron las coordenadas en el software libre MAGNA pro beta 3 del IGAC, y se exportaron en formato SHP

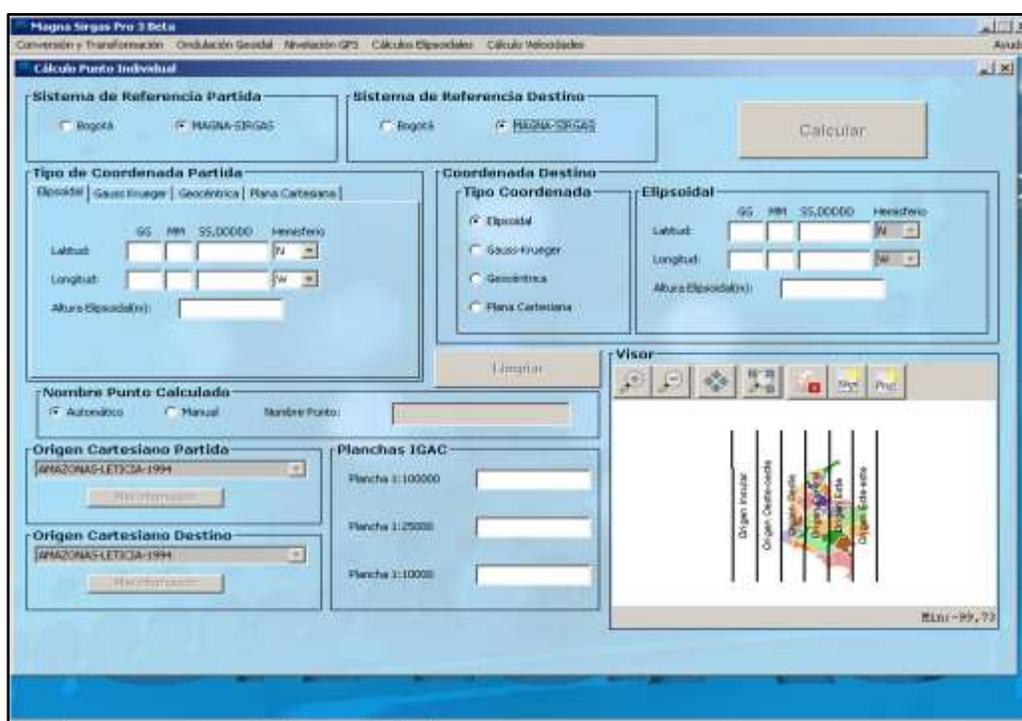


Figura 19. Interface de trabajo de software para verificación de coordenadas

Fuente. Autores

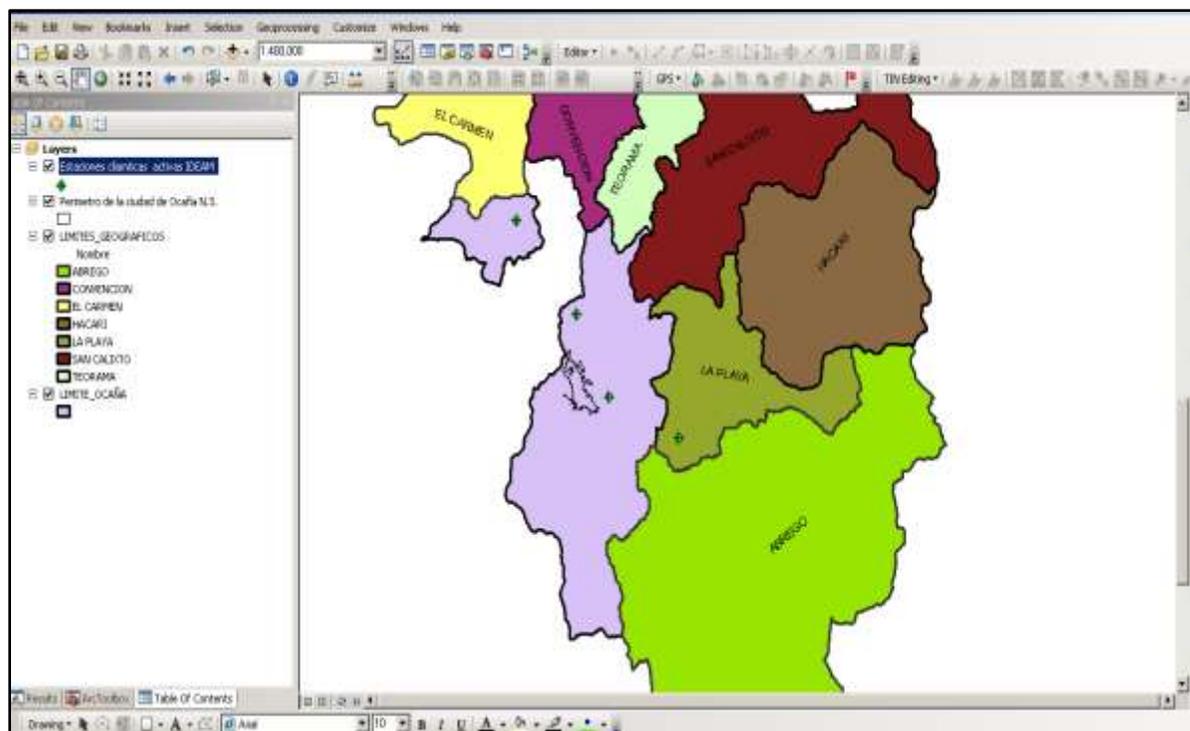


Figura 20. Estaciones del IDEAM creadas a partir de la información espacial de su catalogo

Fuente. Autores de la investigación

Luego se ingresó la información espacial de las estaciones y los ponderados de los datos climáticos obtenidos de los archivos de IDEAM con las series climáticas de los últimos 20 años.

Tabla 7.

Precipitación promedio según las estaciones consultadas

<i>ESTACIONES METEREOLÓGICAS ACTIVAS DEL IDEAM</i>			<i>PRECIPITACION MEDIA MULTIANUAL SERIE DE TIEMPO 20 AÑOS</i>															
<i>ubicación</i>	<i>TIPO</i>	<i>codigo</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>AL TU RA</i>	<i>EN ER O</i>	<i>FE BR ER O</i>	<i>M AR ZO</i>	<i>A B R I L</i>	<i>M A Y O</i>	<i>JU NI O</i>	<i>JU LI O</i>	<i>AG OS TO</i>	<i>SEPT IEMB RE</i>	<i>OC TU BR E</i>	<i>NOVI EMB RE</i>	<i>DICI EMB RE</i>	<i>PRO MED IO</i>
<i>aguas claras</i>	Climatológica Principal	1605501	1079316.04	1411267.81	1435	17.49	17.17	25.25	108.3	138.	88.52	82.9	133.94	226.02	226.02	66.94	21.09	1072.77
<i>ufpso</i>	Climatológica Ordinaria	160551	1083249.15	1402795.27	1150	17	15.4	22.29	80	136.5	88.4	81.3	132.5	225.5	225.5	66	22	1091
<i>otare</i>	Pluviométrica	1605017	1072078.16	1420871.75	1545	26.87	21.55	52.87	104.2	109.86	77.48	82.6	95.95	155.54	154.4	93.87	92	1017
<i>la playa</i>	pluviométrica	1605026	1091614.05	1398510.42	1400	7.59	14.7	21.91	76.19	96.72	49.76	37.4	87.62	146.65	143.67	66.03	23.2	771.5

Fuente. Autores de la investigación.

4.2.2 Creación del mapa de Isoyetas (cálculo de Precipitación). Una vez se procesaron los datos climáticos de precipitación se procedió a la creación del mapa de Isoyetas para el cálculo de la precipitación. Usando el método de interpolación Raster dentro del software SIG ARCGIS 10.3 denominado Spline, de esta manera se obtuvo el raster de precipitación.

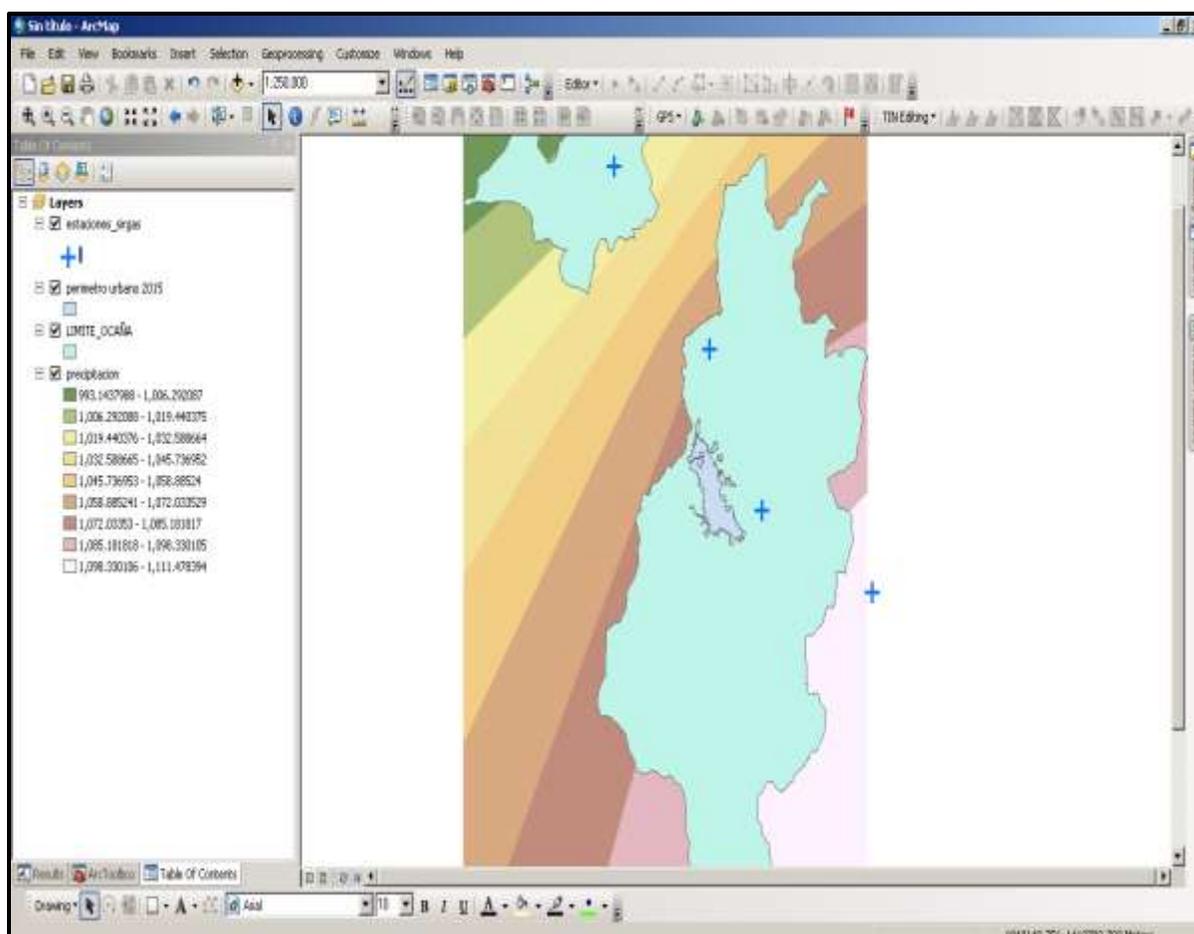


Figura 21. Generación de raster de precipitación a partir de la información climatológica de las estaciones activas del IDEAM

Fuente. Autores de la investigación

A partir de este raster de precipitación se generaron las Isoyetas de precipitación promedio anual para el Municipio de Ocaña Norte de Santander

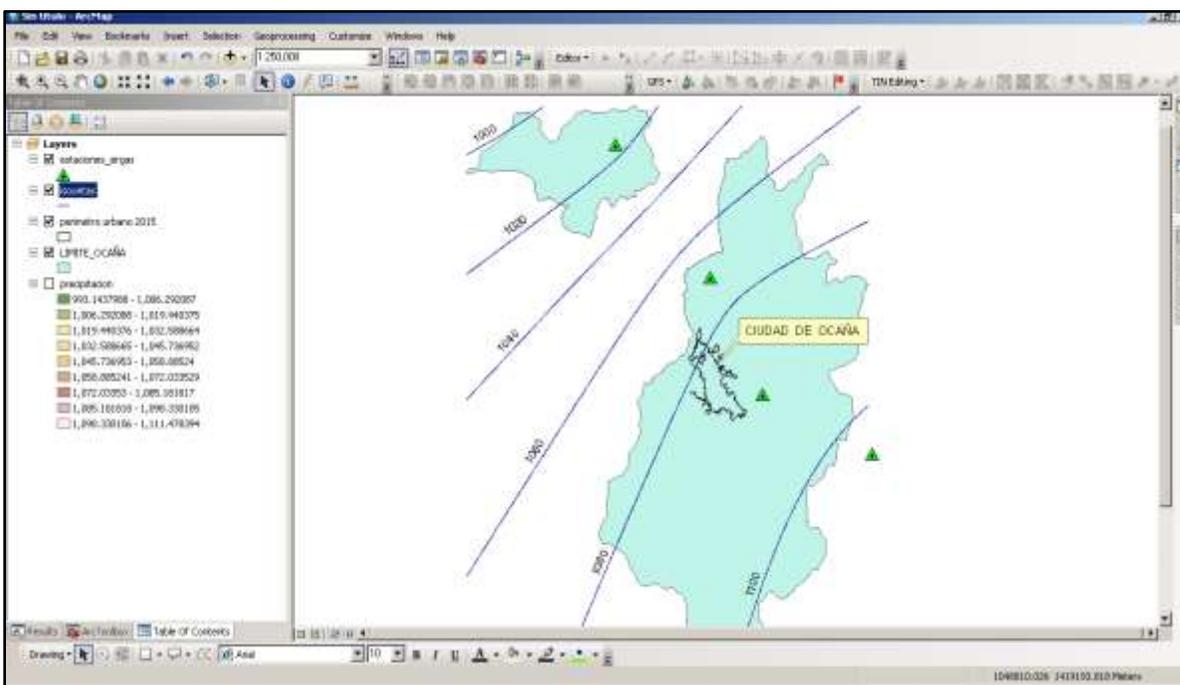


Figura 22. Isoyetas de precipitación para cálculo de precipitación

Fuente, Autores de la investigación.

Según el mapa de Isoyetas que se generó para el municipio de Ocaña, el municipio presenta un rango de precipitación que oscila entre 993 – 1111 mm/año, para el caso urbano del municipio esta presenta unos de 1080-1100mm/año como se puede apreciar en el mapa de Isoyetas para la ciudad de Ocaña Norte de Santander.

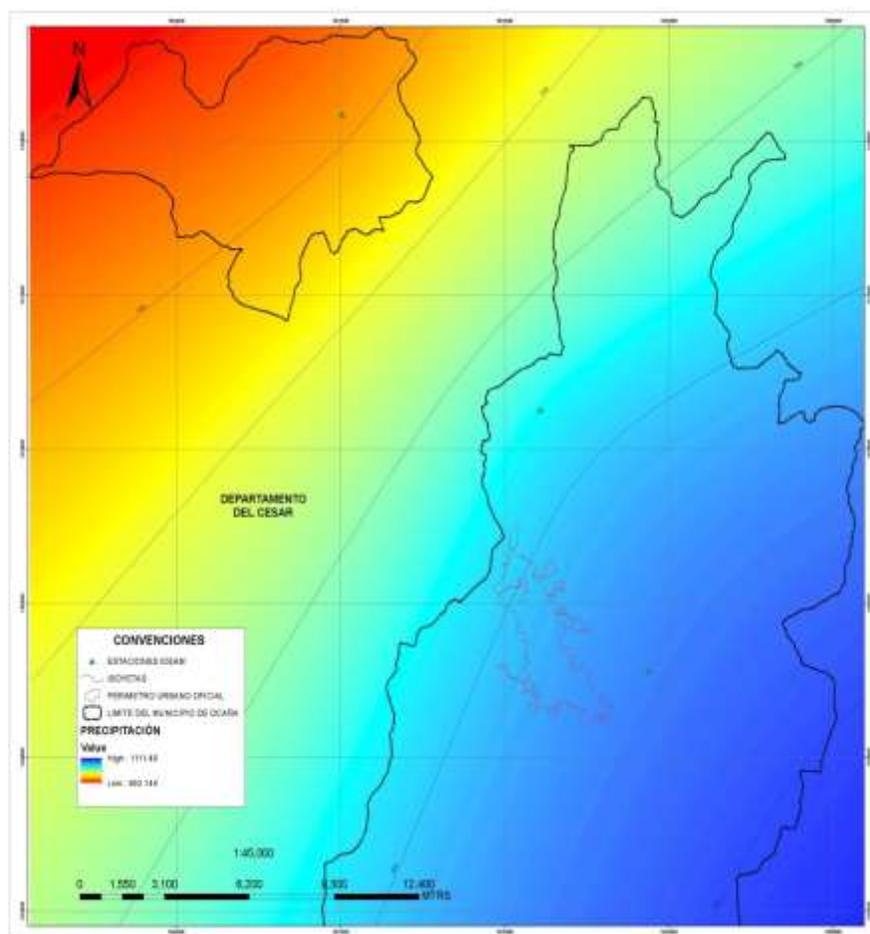


Figura 23. Mapa de Isoyetas (precipitación promedio anual para el municipio de Ocaña)

Fuente. Autores de la Investigación.

4.2.3 Intensidad de la lluvia. Para determinar la intensidad de la lluvia se aplicó la metodología de las curvas IDF, para tal efecto se escogido la estación del aeropuerto de aguas claras dado la confiabilidad de los datos como base para realizar los cálculos. Los datos se reportan desde 1196 hasta el primer semestre del 2016, y la proximidad a la ciudad de Ocaña aproximadamente 7 km.

Con la información pluviograficos de la estación se seleccionaron un total de 83 aguaceros, los cuales fueron considerados los de mayor intensidad y de mayor duración, para de forma posterior elaborar los gráficos correspondientes a cada uno para de esta manera interpolar los valores de la precipitación acumulada, mediante la aplicación del método de interpolación Geostatístico KRIGING en el software SIG ARCGIS 10.3.

Tabla 8.

Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas periodo 1996-2016

FECHA DEL PROCESO	05/05/2016	AEROPUERTO DE AGUAS CLARAS		MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER								
CODIGO DE LA ESTACION	1605501											
X	1079316.04											
Y	1411267.81											
ELEVACION	1435											
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
MEDIOS	8	17	18.6	34	30	32.3	30	45.6	28.9	33.8	19.5	13.5
MAXIMOS	57.5	70	55	73.4	55.7	72	67	81.3	56.6	77.3	35.7	56.8
MINIMOS	10	12.3	11.5	15.76	13	19	19.7	15.9	13.7	23.6	16.7	23

Fuente. Autores de la investigación

[4.3 Realizar una modelación de caudales y sedimentación, mediante la utilización del software de sistema de información geográfico \(ARCGIS\).](#)

4.3.1 Delimitación de microcuenca de estudio “Rio chiquito”. Para realizar la delimitación de la microcuenca del rio chiquito se usó la herramienta hidrology del software SIG ARCGIS 10.3 se llevó a cabo la delimitación de la microcuenca del rio chiquito para calcular las características morfométricas de esta y a partir de esta información realizar la modelación de caudales y características sedimentarias de la misma.

Paso 1. Descarga de un modelo digital de elevación a 30 mtrs de resolución. El cual se gestionó a través de la página oficial del servicio geológico de los estados unidos. Para poder realizar la delimitación de la microcuenca del rio chiquito se reprojecto el DEM desde su sistema de referencia Geográfico WGS 84 al sistema proyectado correspondiente a Ocaña Norte de Santander según lo establecido por el IGAC en el marco geocéntrico nacional.

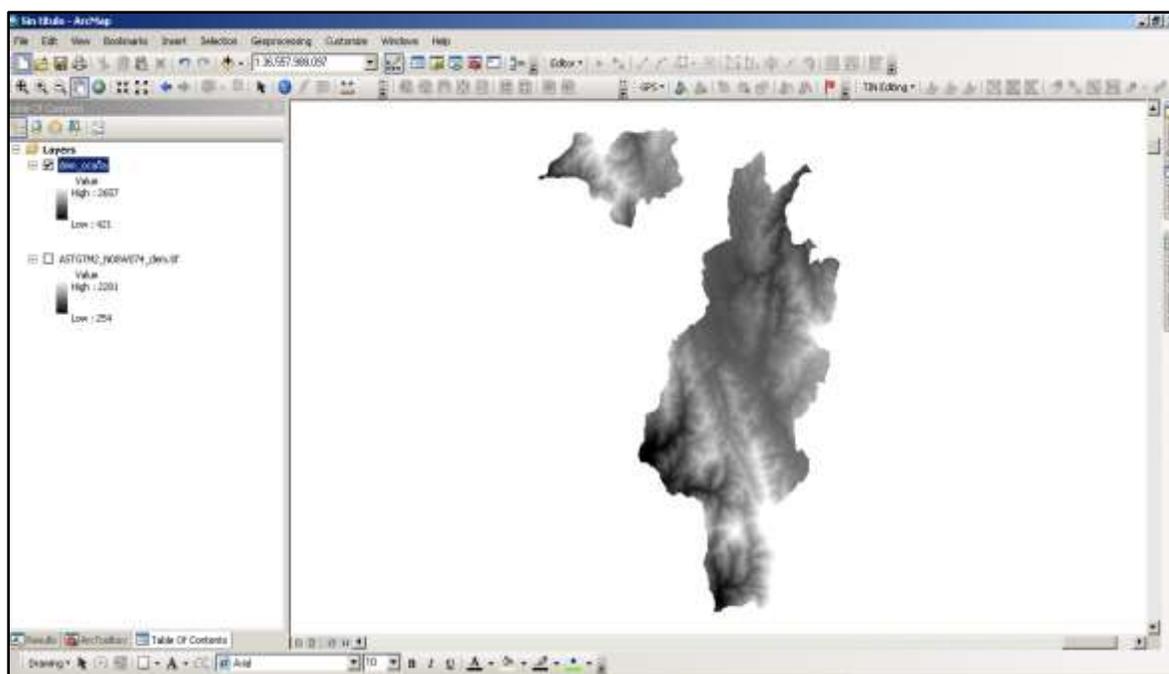


Figura 24. DEM (modelo Digital de Elevación) a 30*30 de resolución

Fuente. Autores de la investigación

Paso 2. Mejora de la información Raster del DEM. Para evitar las pérdidas de información en la imagen de escala de grises del DEM se generó un DEM obteniendo como resultado un nuevo modelo denominado fill el cual busca corregir los errores que todo modelo digital de elevación presenta al momento de la descarga y a partir de este fill se genera el raster de dirección de flujo del municipio de Ocaña

Paso3. Generación de la dirección de flujos y acumulación. Con el uso de la herramienta hidrology se generó el Raster de dirección de flujos del municipio de Ocaña Norte de Santander y luego el raster de acumulación de flujos.

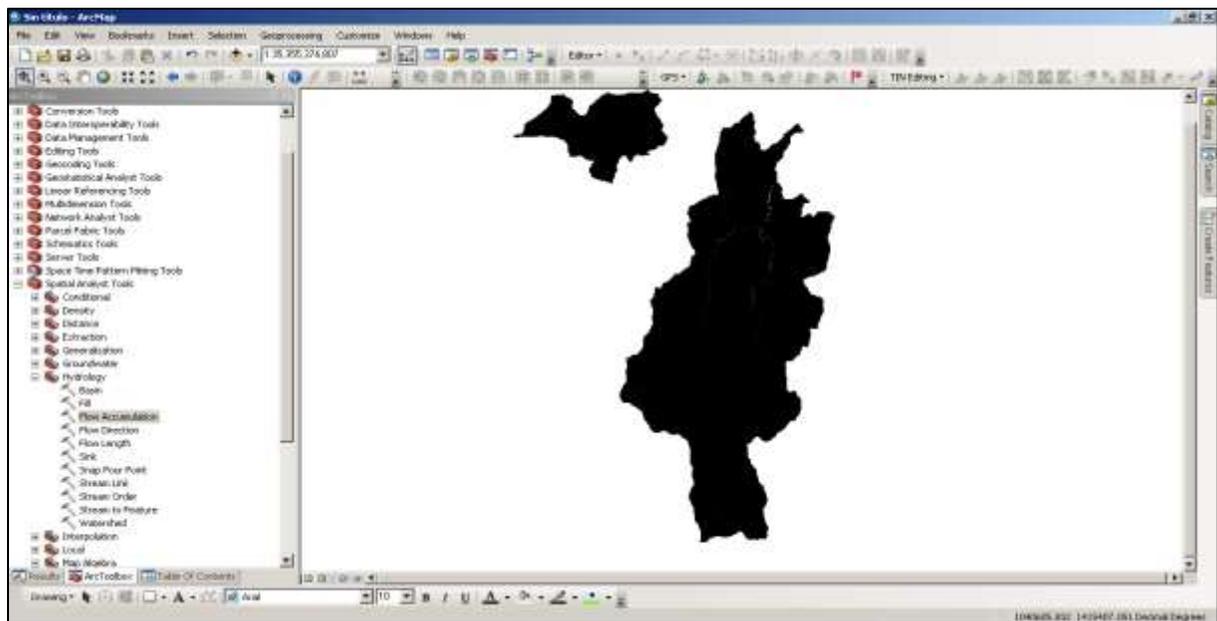
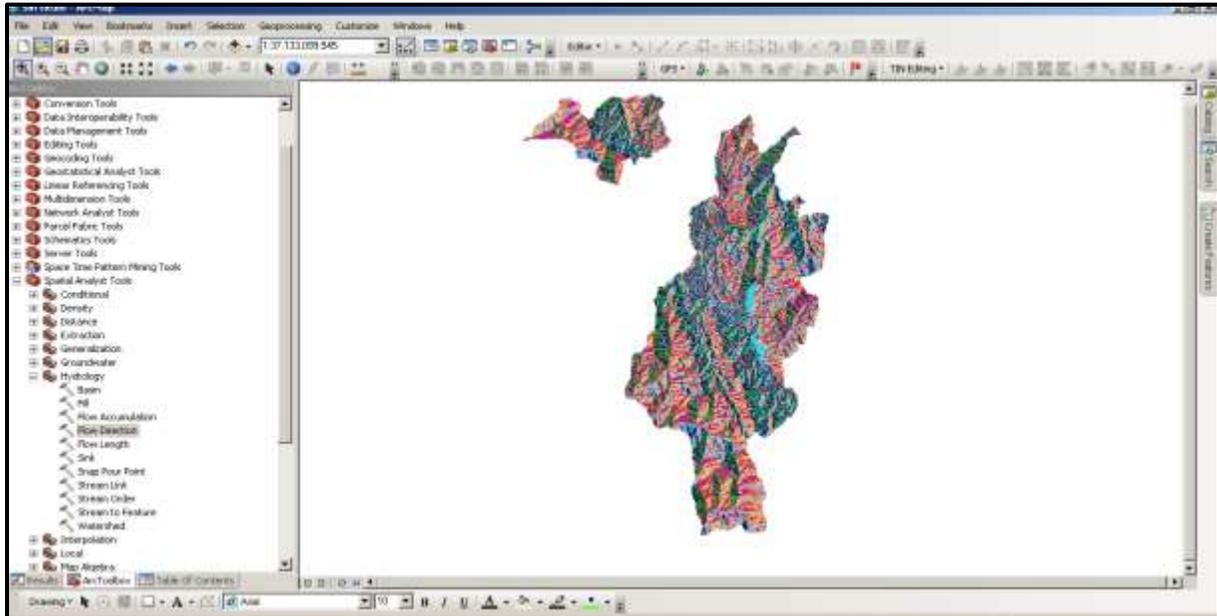


Figura 25. Raster de acumulación de flujos

Fuente. Autores

4.3.2 Morfometría de la microcuenca del río chiquito. Como resultado de este proceso se obtuvo el polígono de la microcuenca del río chiquito se pudieron calcular las siguientes características morfométricas

Área superficial: 138.49Ha

Área superficial: 1.38km²

Perímetro de la microcuenca: 7.10km

En la siguiente temática se presenta el límite de la microcuenca del río chiquito y su localización con respecto del límite de la comuna No3, fue digitalizada también un área específica de estudio y análisis a partir de las coordenadas planas que se presentan en la tabla 9.

Tabla 9.

Coordenadas planas del área delimitada de estudio

<i>LUGAR</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>
EL BOSQUE	1080494.777	1402115.42
LA PIÑUELA	1080397.757	1402205.14
SANTA LUCIA	1080614.354	1402299.26
LIBARDO ALONSO	1080868.566	1402238.6
INICIO RIO CHIQUITO	1080094.591	1402516.5

Fuente. Autores de la investigación.

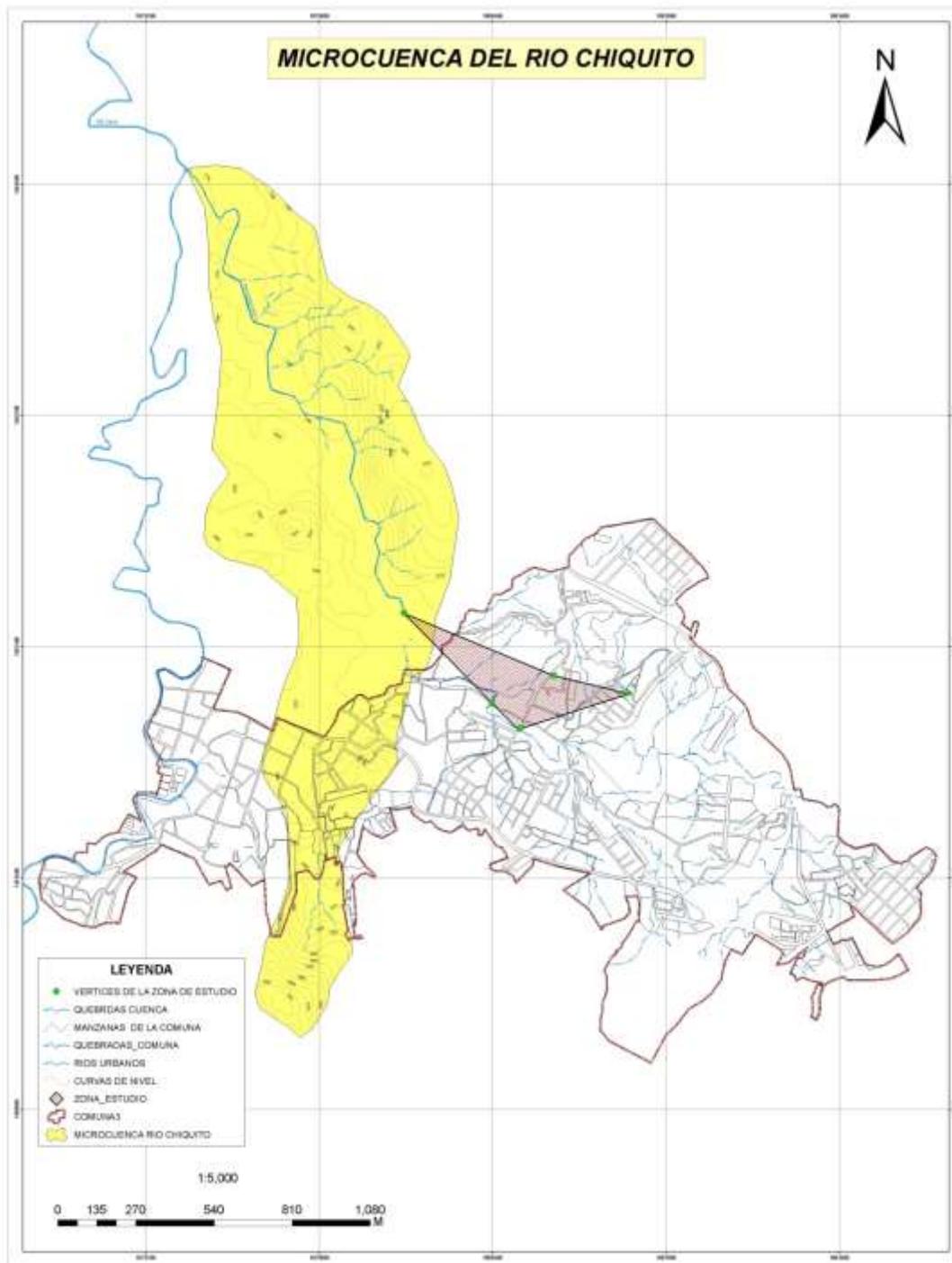


Figura 26. Microcuenca del río chiquito

Fuente. Autores

4.3.3 Pendiente media de la microcuenca del rio chiquito. Para este cálculo se aplicó el método Horton mediante el uso del software SIG ARCGIS 10,3 licencia academia de la universidad francisco de Paula Santander Ocaña mediante el siguiente proceso

Creación del mapa de pendientes de la microcuenca del rio chiquito



Interpolación del mapa de pendientes y el polígono de la microcuenca



Determinación de la pendiente media

El mapa de pendientes de la microcuenca determinó que la microcuenca del rio chiquito que los rangos pendientes que oscilan en los rangos del 0 hasta 86%, siendo el lugar de mayor pendiente el denominado cerro cristo rey

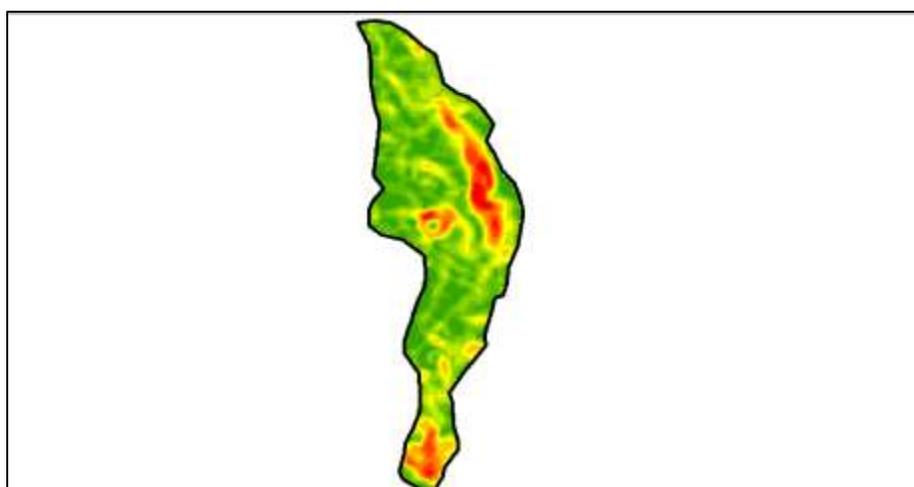


Figura 27. Mapa de pendientes de la microcuenca del rio Chiquito
Fuente. Autores de la investigación.

Una vez se obtuvo el mapa de pendiente o el SLOP , se procedió a interpolar este archivo junto con el vector de polígono de la microcuenca del rio chiquito

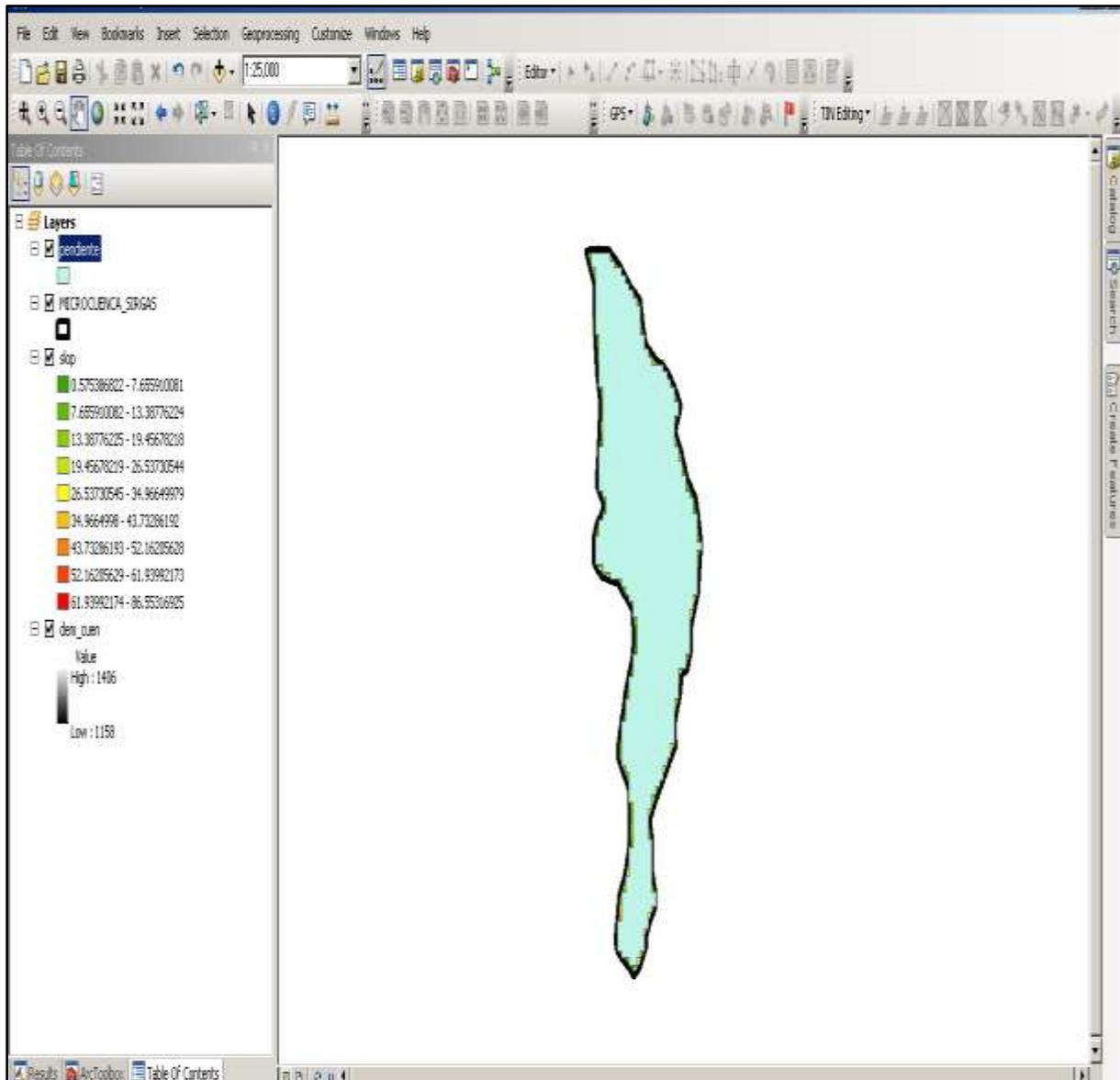


Figura 28. Interface de trabajo del software SIG ARCGIS una vez realizado el proceso de Interpolación SHP

Fuente. Autores de la Investigación

Se calculó entonces que la microcuenca del río chiquito presenta una pendiente media de:

20.53 %

Quebrada	Pendiente media %
El tejar	23
San Cayetano	21

Bajo el mismo procedimiento se calcularon las pendientes medias de la quebrada el tejar y quebrada san Cayetano, las cuales son ambas tributarias del río chiquito.

Tabla 10.

Pendientes medias de la quebrada san Cayetano y el tejar

Fuente. Autores de la investigación

4.3.4 Curva Hipsométrica de la microcuenca del río chiquito. La curva Hipsométrica es la representación gráfica del relieve que presenta una cuenca o microcuenca para el objeto de esta investigación se generó la curva Hipsométrica de las microcuencas del río chiquito, la quebrada el tejar y la quebrada san Cayetano mediante el siguiente procedimiento:

- Se marcaron o delimitaron sub zonas de las microcuencas siguiendo curvas de nivel cada 10mtrs.
- Con la ayuda del Software SIG ARCGIS 10.3 versión académica de la universidad francisco del paula Santander Ocaña se determinaron las áreas parciales de estos contornos
- Se calcularon las áreas acumuladas de las porciones de las microcuencas

- Se determinó el área acumulada que se localiza sobre cada altitud de contorno

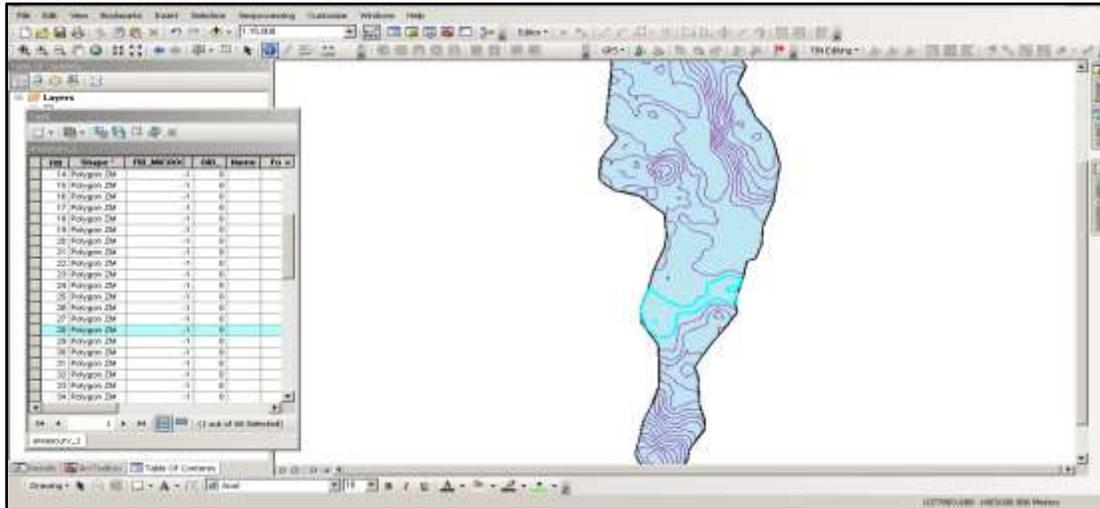


Figura 29. Calculo de áreas entre curvas de nivel con la implementación de software SIG ARCGIS 10.3

Fuente. Autores de la investigación.

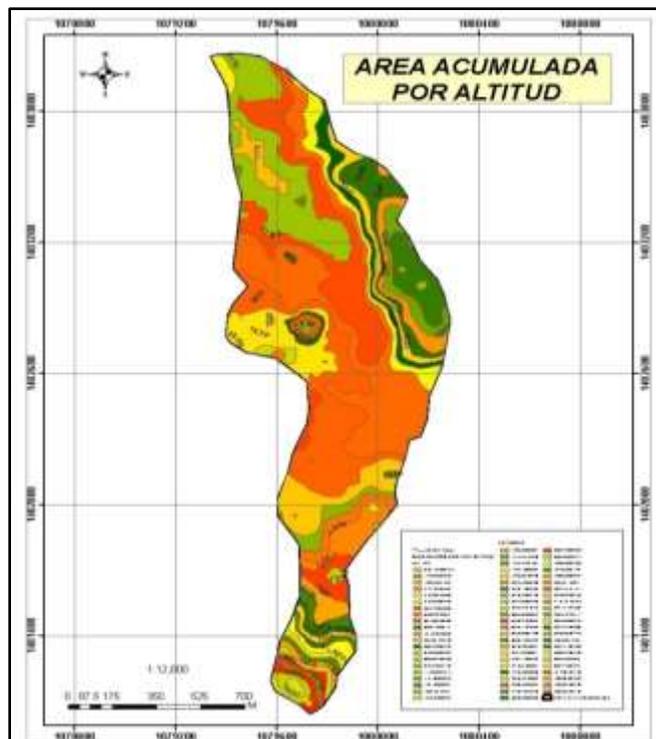


Figura 30. Mapa de área acumulada por altitud de la microcuenca del río chiquito

Fuente: autores de la investigación

Según sthreiler la curva Hipsométrica de una cuenca o microcuenca hidrográfica permite conocer la estabilidad que esta presenta o sea es el indicador del estado del equilibrio dinámico de la cuenca, para obtenerla mediante uso de SIG se reclasifico el DEM (modelo digital de elevación de la microcuenca del rio chiquito).

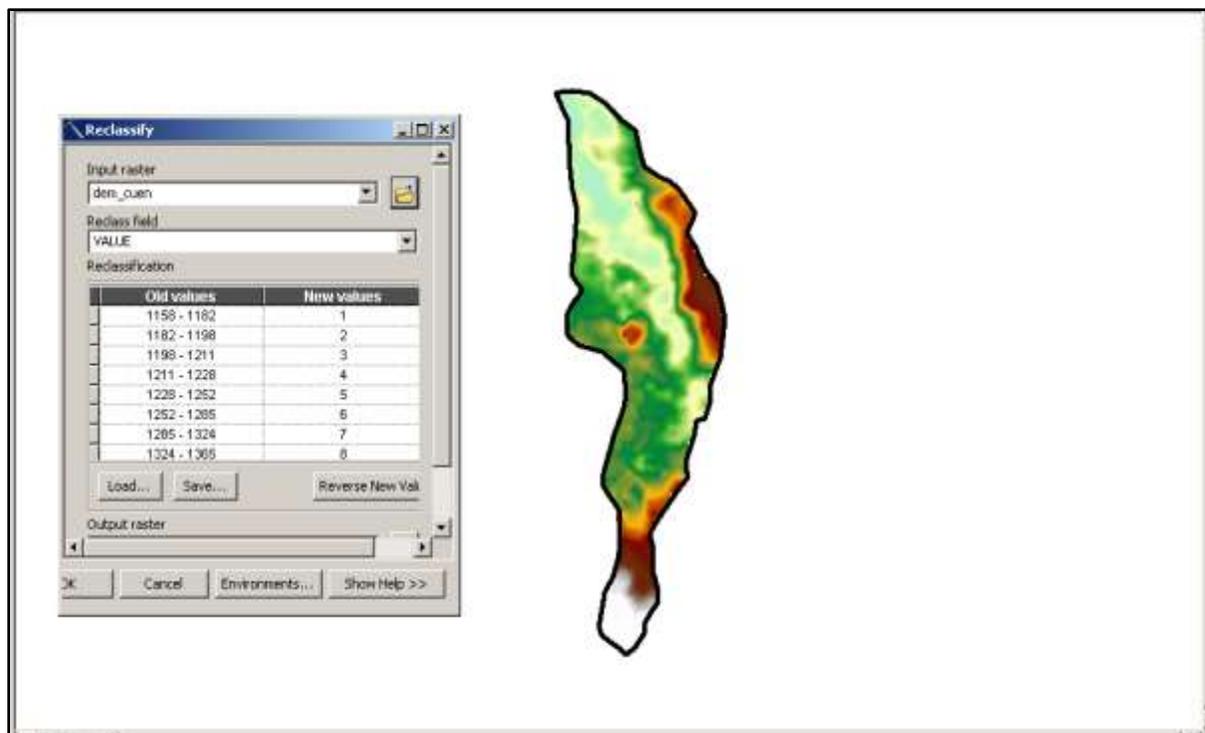


Figura 31. Proceso de reclasificación del DEM como parte del proceso del diseño de la curva Hipsométrica.

Fuente. Autores de la investigación.

Obteniendo de esta forma una estadística zonal de la microcuenca en formato DBF la cual fue esportada a un documento Excel para generar la gráfica de la curva Hipsométrica

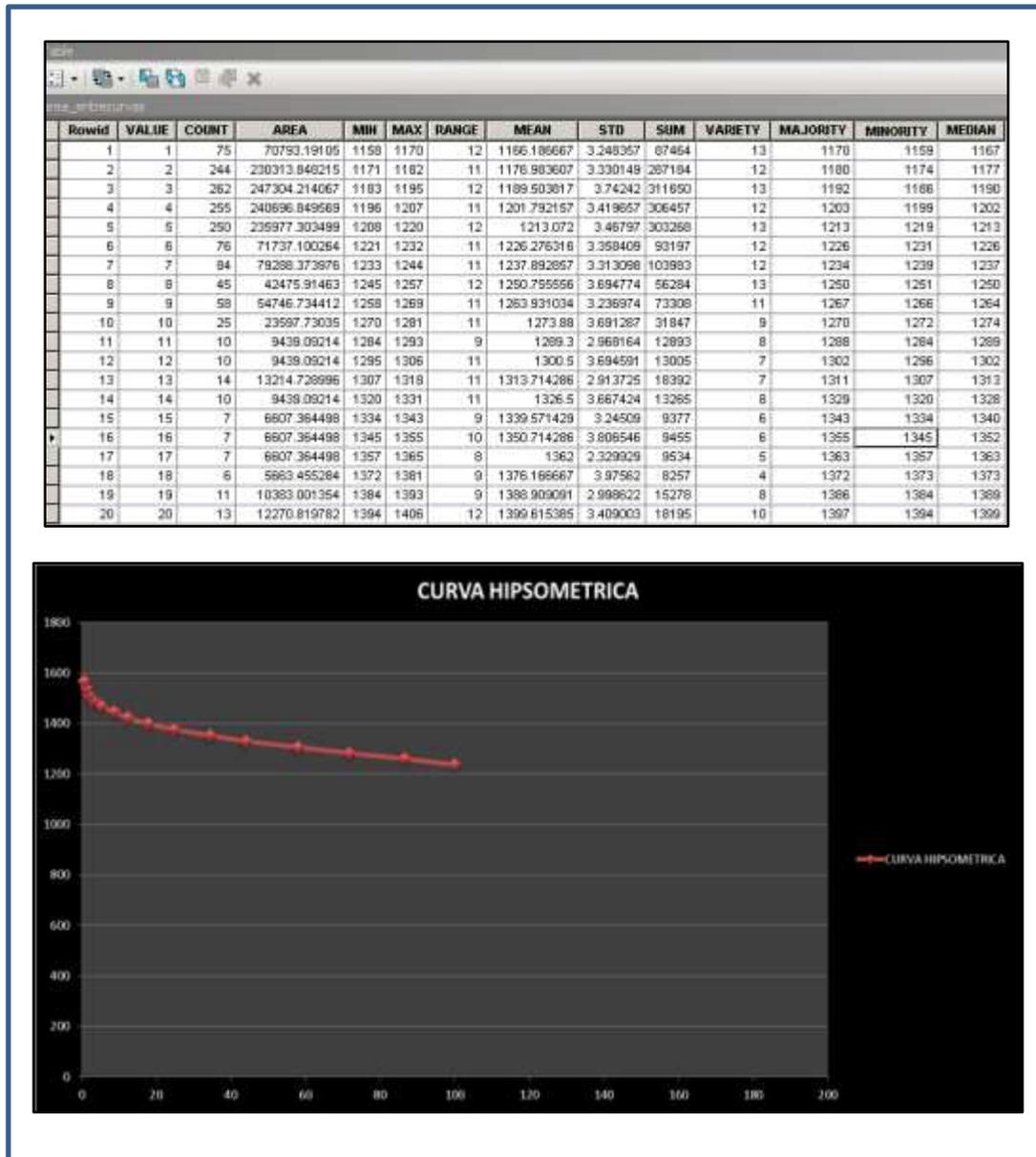


Figura 32. Curva Hipsométrica de la microcuenca del río Chiquito.

Fuente. Autores

Según la curva Hipsométrica de la microcuenca del río Chiquito esta es una microcuenca con alto potencial erosivo.

4.3.5 Coeficientes de escorrentía. Para el este cálculo se usó como base teórica la información presentada en las memorias técnicas del plan maestro de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Ocaña los cuales sirvieron para que HIDROSAN realizara los cálculos para el PMA de esta zona de la ciudad

Tabla 11. Coeficientes de escorrentía para la ciudad de Ocaña

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PARA OCAÑA	
TIPO DE AREA	COEFICIENTE
Zonas comerciales	0,85
Desarrollos residenciales multifamiliares con predominio de zonas duras	0,7
Desarrollos residenciales unifamiliares con predominio de zonas duras	0,7
Desarrollos residenciales unifamiliares con predominio de jardines	0,55
Desarrollos residenciales multifamiliares rodeadas de jardines	0,45
Zonas verdes y cementerios	0,25
Laderas protegidas con vegetación	0,3
Laderas carentes de vegetación	0,6

Fuente. Plan Maestro de Alcantarillado

4.3.6 Cálculos de cotas máximas de inundación en los periodos de retorno de 25-50-100 años

Microcuenca del rio chiquito. Por medio del software HECRAS 4.0 y el software SIG ARCGIS 10.3 versión académica de la universidad francisco de paula Santander Ocaña para el procedimiento se generaron primero los modelos de terreno denominados TIN para los cuales se usaron como insumo el modelo digital de elevación terrestre a una resolución de 30*30mtrs sobre el TIN se crearon las secciones transversales que luego fueron exportadas al software HEC RAS 4.0

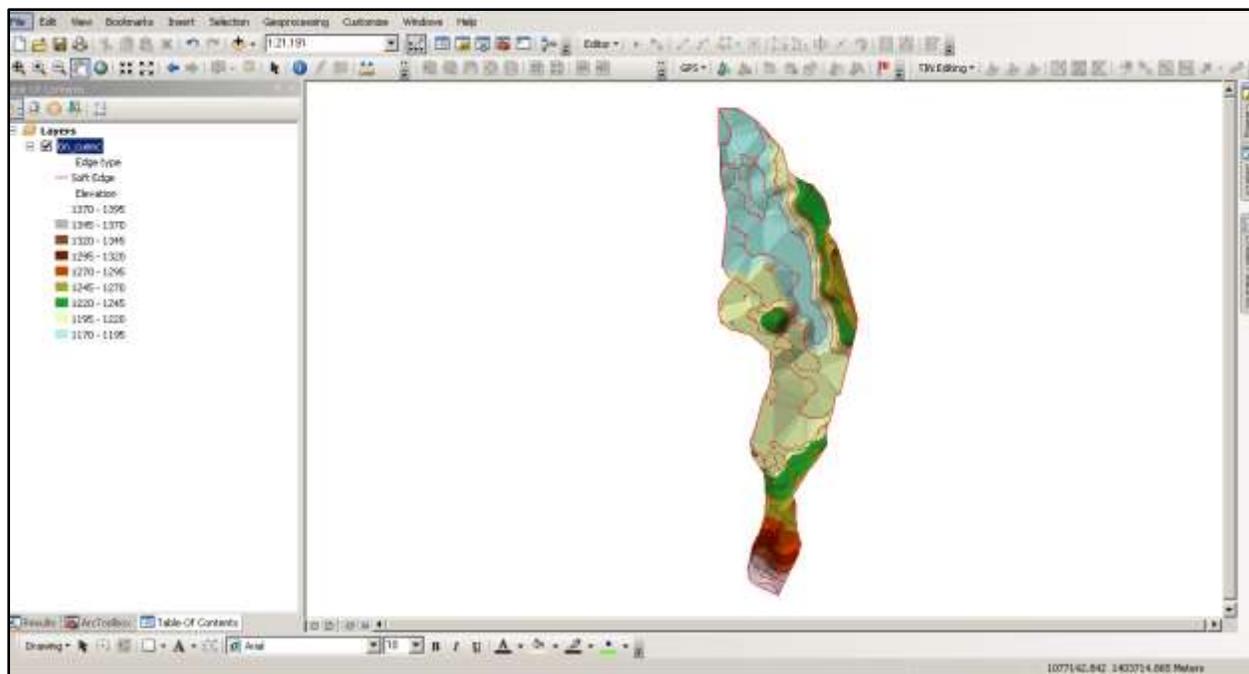


Figura 33. IP, del modelo digital de terreno de la microcuenca del río chiquito elaborado a partir de las curvas de nivel extraídas de un DEM de 30mtrs de resolución espacial y las curvas de nivel con una equidistancia de 10mtrs.

Fuente. Autores de la investigación.

Se procedió a diseñar las secciones transversales del río para exportar los archivos a HECRAS 4.0, los archivos que se exportaron al HecRas 4.0 fueron los siguientes:

- Geometría del cauce principal “río chiquito”
- Condiciones de flujo

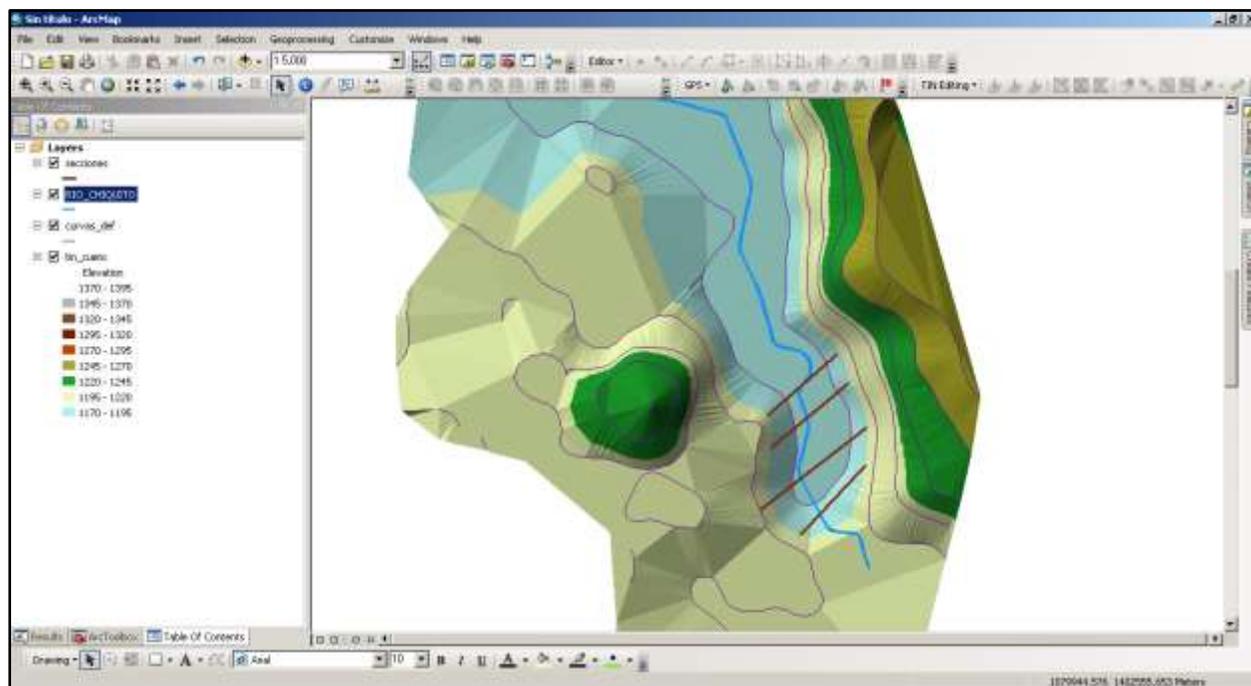


Figura 34. Diseño de las secciones transversales con el uso del software SIG ArcGIS 10.3

Fuente. Autores de la investigación.

Luego de obtener los datos de modelación se calculó la cota máxima de inundación basados en el decreto No 1449 de 1977 para determinación de la cota máxima de inundación según los trabajos en campo realizados por el IDEAM y las determinaciones del RAS 2000 para cálculos de periodo de retorno.

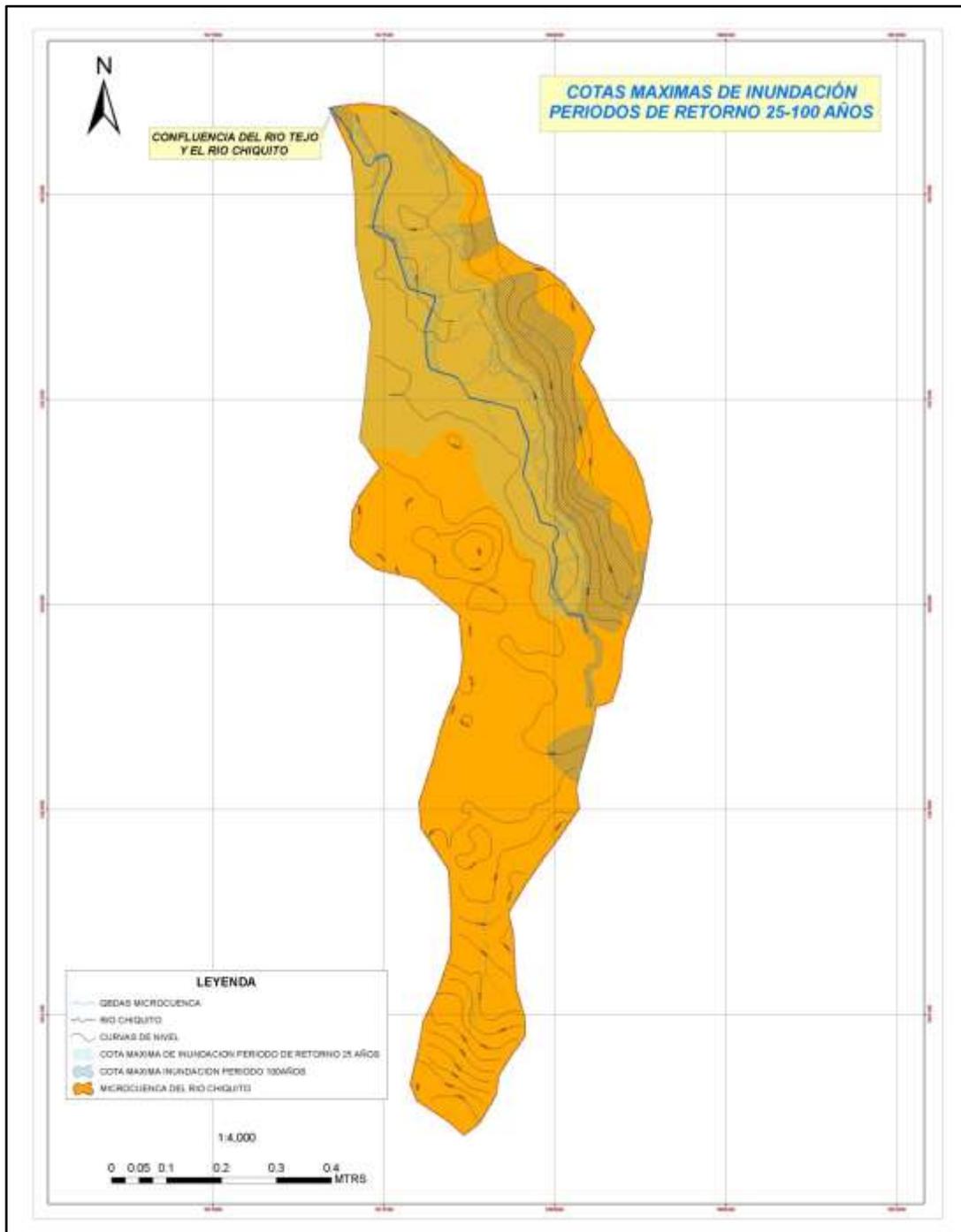


Figura 35. Temática Cotas máximas de inundación calculadas para los periodos de retorno de 25-100 años modelación Hidrology y HecRas 4.0.

Fuente. Atores de la investigación.

4.4 Plantear una optimización de las estructuras hidráulicas existentes.

Según los resultados obtenidos mediante el estudio hidrológico previo en el cual se analizaron los datos climáticos de precipitaciones durante los últimos 20 años, datos provenientes del Instituto de Estudios Meteorológicos y Estudios Ambientales IDEAM, se puede inferir que las obras hidráulicas construidas para el plan maestro de alcantarillado su base hidrológica fue un estudio con series de tiempo de 10 años, según lo reportan las memorias técnicas del plan maestro de alcantarillado de la Ciudad de Ocaña.

Por lo anterior en los diseños para la capacidad hidráulica de los colectores del río chiquito no se tuvieron en cuenta los datos de precipitación que se han presentado después del año 2010, se ha presentado de forma constante y cíclica cada año en el territorio ocañero, esto significa que las precipitaciones de los últimos 10 años han venido incrementando al igual que la población urbana de la ciudad, las coberturas o usos del suelo en la cuenca del río chiquito también han cambiado, las variables anteriormente mencionadas influyen directamente sobre la escorrentía que se genere en cada uno de los colectores, poniendo a capacidad a las obras hidráulicas.

Sería recomendable que se realizaran obras de ampliación del box Coulvert, ya que es de suponer que las variables como el peso específico del agua aumenta, debe ser modificado el ancho de la bahía, el alto de la tapa del Box en términos generales rediseñar su estructura de acuerdo a nuevas series de datos, el diseño del desarenador debería ser modificado también para aumentar su capacidad.

Conclusiones

A continuación se presentan las conclusiones determinadas a partir del desarrollo del presente estudio:

La comuna número 3 se encuentra en riesgo y amenaza constante de inundación, debido que los suelos desde el punto de vista hidrológico, las fuertes precipitaciones, la topografía de la zona y la ubicación geográfica de la zona (zona baja de la microcuenca) son potenciales detonantes de procesos de inundación, lo anterior unido al hecho innegable que la población de la comuna no mantienen buenas prácticas culturales en el manejo de basuras y residuos sólidos en general, lo cual a pesar de la fuerte inversión económica en el desarrollo del plan maestro de alcantarillado, hace a la comuna altamente vulnerable a procesos de inundación por obstrucción de los colectores y drenajes naturales.

Los registros históricos solicitados al IDEAM, los cuales fueron entregados en formato de texto permitieron analizar la intensidad de la precipitación para posteriormente realizar los periodos de retorno, el cálculo de los caudales de la microcuenca y las cotas de inundación para los respectivos periodos de retorno a 25-100 años. El modelo que se corrió sobre el software HECRAS 4.0 no estableció áreas de inundación a los 50 años de retorno.

Se estableció de acuerdo a las características morfométricas de la microcuenca del río chiquito que esta es una cuenca con alto potencial de erosión y sedimentación demostrado mediante la curva Hipsométrica generada a partir de las curvas de nivel y las áreas entre

curvas para las diferencias altitudinales, se determinaron también las cotas de inundación dejando claro que la zona baja de la microcuenca es la más susceptible a inundaciones.

Recomendaciones

Como lo demuestra la curva Hipsométrica de la cuenca hidrográfica, esta es una área con alto potencial sedimentario, esto debido a sus características morfométricas, este potencial sedimentario hace que la acumulación del caudal se presente de mayor manera en las curvaturas de los cauces naturales no solo en la corriente del río Chiquito si no en los colectores que tributan sus aguas a esta corriente. Por lo anterior se hace necesario que se intervengan estas zonas con mayor presencia de sedimentación, retirando estos sedimentos de forma periódica para prevenir posibles ocurrencias de inundaciones ya que en la zona de protección denominada Ronda del río se han asentado numerosas familias colocando en riesgo sus vidas y sus bienes materiales.

Las afectaciones del canal del río Chiquito en las losas y juntas está generando que el agua ingrese por estas grietas, lo que potencialmente puede aumentar los procesos erosivos del suelo lo cual se da como proceso natural en todo suelo.

Los autores de este proyecto recomiendan que se realicen nuevamente los estudios hidrológicos e hidráulicos del plan maestro para poder optimizar el sistema hidráulico, lo anterior se basa en que el diseño hidráulico del plan maestro se realizó con estimaciones de series de tiempo en las cuales no se presentó de forma tan marcada el denominado fenómeno de la Niña o sea no se incluyeron los datos de precipitación del año 2010, año en el cual fueron conocidos los daños causados por la ola invernal, dado que el fenómeno de la Niña es un incremento importante en las precipitaciones de la zona, el no tener en cuenta estos datos previo al cálculo de la capacidad de obras hidráulicas causara probablemente que los diseños

no cuenten con la eficiencia para el manejo de las lluvias que se presenten en un momento determinado

Se recomienda que se diseñen planes de educación sobre riesgos y amenazas de inundación a la población que se encuentra asentada sobre la zona baja de la microcuenca y de las quebrada el tejero y san Cayetano, estos planes y programas deben educar a los habitantes de la zona sobre como conservar en buen estado las obras hidráulicas construidas por el plan maestro de alcantarillado, la conservación de los suelos de protección del recurso hídrico.

El uso de software como SIG , y los software específicos como HecRas son fundamentales para el desarrollo del proyectos de carácter ingenieril, por esta razón es de mucha importancia que se le brinden capacitaciones constantes a los futuros ingenieros civiles.

Es recomendable que sea realizado un trabajo de grado para el rediseño del plan de acueducto de alcantarillado de la ciudad de Ocaña , no porque este se encuentre mal diseñado, sino porque las variables del diseño original han cambiado y por ende se afecta la capacidad de conducción del agua proveniente de cada uno de los colectores y del rio chiquito.

Referencias

Arnold, J; Fohrer, N. (2005). SWAT 2000: capacidades actuales y oportunidades de investigación en modelado de cuencas aplicada. *Procesos hidrológicos* 19 (3): 563-572

Belmonte, Carlos. (2012). Monitoreo de la calidad del agua del rio caoní en el sector de puerto quito - provincia de pichincha. Recuperado de: [internet:http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/363/1/Monitoreo%20de%20la%20calidad%20del%20agua%20del%20rio%20Caon%C3%AD%20en%20el%20sector%20de%20Puerto%20Quito%20-%20Provincia%20de%20Pichincha](http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/363/1/Monitoreo%20de%20la%20calidad%20del%20agua%20del%20rio%20Caon%C3%AD%20en%20el%20sector%20de%20Puerto%20Quito%20-%20Provincia%20de%20Pichincha)

Blanco, KL; Chaubey, I. (2005). Los análisis de sensibilidad, calibración y validaciones de un multisitio y el modelo multivariable SWAT. *JAWRA Diario de los recursos hídricos de América Asociación* 41 (5): 1077-1089

Consortio Ocaña 026

Heuvelmans, G; García-Quijano, JF; Muys, B; Feyen, J; Coppin, P. (2005). Modelización del agua equilibrar con SWAT como parte de la evaluación de impacto del uso del suelo en un estudio del ciclo de vida escenarios de reducción de emisiones de CO2. *Procesos hidrológicos* 19 (3): 729-748

Imeson, Antón. (2014). La Erosión del Suelo. Recuperado de: http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/booklets/B1_Booklet_Final_ES.pdf

Ley 1523/2012. (2012). Recuperado de: <http://www.ifrc.org/docs/idrl/1057ES.pdf>

Miller, SN; Semmens, DJ; Goodrich, DC; Hernández, M; Miller, RC; Kepner, WG; Guertin, DPM. (2007). La herramienta de evaluación de cuencas geoespacial automatizado. *Ambiental Modelización y software* 22 (3): 365-377

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Anexo Gestión del Riesgo Guía técnica para la formulación de POMCAS. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/cuencas-hidrograficas/Anexo-Gestion-del%20Riesgo-Guia-tecnica-para-la-formulacion-de-POMCAS.pdf>

Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú. (2013). Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. Recuperado de: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf

Oficina de las Naciones Unidas. (2014). Conocimiento y evaluación del riesgo. Recuperado de: <http://www.eird.org/vivir-con-el-riesgo/capitulos/ch2-section3.pdf>

Universidad Nacional Autónoma de Honduras. (2015). Conozcamos sobre inundaciones. Recuperado de: <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Febrero2006/CD-2/pdf/spa/doc14901/doc14901-b.pdf>

Universidad de Piura. (2013). Estudio Hidrológico. Recuperado de: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_19_147_6_72.pdf

Apéndices

Apéndice 1. Matriz de riesgo

PROBABILIDAD	5	10	15	20	25
	4	8	12	16	20
	3	6	9	12	15
	2	4	6	8	10
	1	2	3	4	5
IMPACTO					

Valores para determinación del nivel del riesgo

VALORES		ANALISIS DE RIESGOS		
1	INSIGNIFICANTE	RIESGO ALTO	(17 - 25)	ROJO
2	BAJO	RIESGO MEDIO	(10 - 16)	NARANJA
3	MEDIO	RIESGO BAJO	(1 - 9)	VERDE
4 A 5	ALTO			

Apéndice 2. Cuadro de mitigación y riesgo hidrológico del norte de la comuna tres de Ocaña norte de Santander

CUADRO DE MITIGACION Y RIESGOS EN LA ZONA NORTE DE LA COMUNA 3 DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER							
TIPO DE RIESGO	RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO	AMENAZA	NIVEL	MITIGACION	
						ACCION CORRECTIVA	ACCION PREVENTIVA
HIDROLOGICO	inundacion	3	5	15	MEDIO	No deforestar los margenes de la microcuenca ni laderas cercanas.	No realizar construcciones en las areas cercanas a la microcuenca, tener activo un plan de emergencia, tener un sistema hidraulico o colectores en optimas condiciones, realizar rogramas de cuidado y forestacion en los margenes de la microcuenca.
	crecida repentina	2	5	10	MEDIO	hacer efectivo el plan de gestion y riesgos del municipio y no permitir asentamientos urbanos en los lados de la microcuenca	tener activo un sistema de alarma temprana al momento de percibir una crecida
	aludes torrenciales	1	5	5	BAJO	tener un buen manejo de residuos solidos	no arrojar material ni escombros en las areas de inundacion de la
	erosion y sedimentacion	5	5	25	ALTO	determinar la eficiencia del desarenador existente y optimizarlo si es necesario, realizarle mantenimiento frecuente a las obras hidraulicas en el sector	realizar estudios morfometricos a la microcuenca para determinar su grado erosivo y de sedimentacion
	desbordamiento de la microcuenca	3	5	15	MEDIO	realizar jornadas de limpieza en las partes altas y bajas de la microcuenca	realizar un nuevo estudio hidrológico en la zona para realizar los rediseño necesarios en las obras hidraulicas ya existentes
	sequia	1	1	1	BAJO	tener en cuenta que se debe respetar el caudal ecologico en la microcuenca	no desviar el cauce de la microcuenca en tiempo de verano
GEOLOGICO	deslizamientos	3	5	15	MEDIO	no construir ni vivir en zonas con pendientes altas y desprotegidas	tener en cuenta las zonas con alto potencial de deslizamientos establecidos en el PBOT.
	movimientos en masa	2	3	6	BAJO	reforestacion de zonas con pendientes desprotegidas las cuales pueda erosionar las llluvias	tener restringido el asentamiento urbano en las partes altas de las laderas
	avalancha	2	5	10	MEDIO	establecer sistemas de alarmas en las zonas altas para alertar a la comunidad minutos antes de una avalancha	realizar estudios hidrológicos y geológicos para determinar periodos de retorno en cuanto a una avalancha
SOCIO - ECONOMICO	crisis social	4	5	20	ALTO	tener planes de contingencia en caso de emergencias	capacitaciones a la comunidad sobre primeros auxilios y prevencion de desastres
	traumas psicologicos	2	4	8	BAJO	monitoreo de los estados animicos de la comunidad	realizar jornadas de salubridad en el sector periodicamente
	perdida de bienes individuales (vehiculos, enseres, vivienda, etc.)	3	5	15	MEDIO	tener estructuras particulares en las viviendas capaces de impedir pequeños eventos	tener en optimas condiciones los sistemas hidrosanitarios y electricos de las viviendas
	perdida de bienes colectivos (infraestructura vial, servicios publicos, etc.)	3	5	15	MEDIO	revisar las obras comunales para ver que deficiencias tienen en caso de una eventualidad e inmediatamente comunicarla	revisar con la comunidad las areas con potenciales de eventos en el PBOT y en los planes de gestion y riesgo del municipio y comunicar cualquier eventualidad a la oficina correspondiente para tomar medidas acerca de la eventualidad y salvaguardar las obras de la comunidad
BIOLOGICO	brotos de enfermedades epidemicas	2	2	4	BAJO	mantenerse alejado lo mas posible a aguas contaminadas por cuasa de inunaciones	tener controlado el sector con todas las vacunas necesarias y obligatorias del pais para salvaguardar la comunidad en caso de una inundacion
	plagas de insectos	4	5	20	ALTO	realizar jornadas de fumigacion en temporadas de invierno	mantenerse en alarma en temporadas de invierno