	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 1 de 62

**Estudio Base Del Comportamiento Hídrico De Los Ríos Mulato, Mocoa, Sangoyaco,
Pepino, Taruca Y Taruquita, Como Apoyo Al Sistema De Alertas Tempranas Del
Municipio De Mocoa Putumayo.**

Namibia Y. Caipe

Facultad De Ingeniería Y Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico Del Putumayo

Pasantía

ING. Sorayda Ledezma

11 de noviembre 2020


 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 2 de 62


Tabla De Contenido

Resumen	7
Introducción.....	8
1. Objetivos.....	10
1.1. Objetivo general	10
1.2. Objetivos específicos	10
2. Planteamiento Del Problema.....	11
4. Metodología	21
4.1. Fase 1. Obtener las secciones transversales de las áreas críticas establecidas por el SAT, para conocer el área mojada.	21
4.1.1. Etapa 1 – Campo.....	21
4.1.2. Etapa 2 – Software.....	30
4.2. Fase 2. Determinar los caudales máximos que pueden soportar los puntos críticos en los ríos Mulato, Rumiayaco, Pepino, Sangoyaco, Taruca y Taruquita.....	37
4.3. Fase 3. Realizar el seguimiento y monitoreo de las fuentes hídricas de interés municipal.	40
5. Resultados Y Análisis.....	44
5.1. Río Taruca Y Taruquita (Confluencia).....	44



MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 3 de 62

5.2. Río Mulato	47
5.3. Río Sangoyaco.....	51
5.4. Río Pepino.....	52
5.5. Río Rumiyo.....	53
Conclusiones.....	55
Recomendaciones	57
Referencias Bibliográficas.....	59

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 4 de 62

Lista De Tablas

Tabla 1: Velocidades río Taruca - Sector confluencia (Sensor de nivel) -----	23
Tabla 2: Velocidades río Taruca - Punto crítico No. 1 -----	23
Tabla 3: Velocidades río Taruca - Punto crítico No. 2 -----	24
Tabla 4: Velocidades río Sangoyaco - Punto crítico No. 1 -----	25
Tabla 5: Velocidades río Sangoyaco - Punto crítico No. 2 -----	26
Tabla 6: Velocidades río Mulato - Vía Chontayaco (Sensor de nivel) -----	27
Tabla 7: Velocidades río Mulato - Punto crítico No. 1 -----	27
Tabla 8: Velocidades río Mulato - Punto crítico No. 2 -----	28
Tabla 9: Velocidades río Mulato - Punto crítico No. 3 -----	29
Tabla 10: Velocidades río Rumiayaco (Sensor de nivel) -----	29
Tabla 11: Velocidades río Pepino (Sensor de nivel) -----	30
Tabla 12: Caudales máximos del río Mulato en el punto crítico No.1 -----	40
Tabla 13: Cálculos de caudales máximos del río Taruca en el sensor de nivel -----	44
Tabla 14: Cálculos de caudales máximos del río Taruca en el punto crítico No.1 -----	45
Tabla 15: Cálculos de caudales máximos del río Taruca en el punto crítico No.2 -----	46
Tabla 16: Cálculos de caudales máximos en el río Mulato en el sensor de nivel -----	47
Tabla 17: Cálculos de caudales máximos en el río Mulato en el punto crítico No.1 -----	48
Tabla 18: Cálculos de caudales máximos en el río Mulato en el punto crítico No.2 -----	49
Tabla 19: Cálculos de caudales máximos en el río Mulato en el punto crítico No.3 -----	50



	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 5 de 62

Tabla 20: Cálculos de caudales máximos del río Sangoyaco en el punto crítico No.1 ----- 51

Tabla 21: Cálculos de caudales máximos del río Sangoyaco en el punto crítico No.2 ----- 52

Tabla 22: Cálculos de caudales máximos en el río Pepino en el sensor de nivel ----- 53

Tabla 23: Cálculos de caudales máximos en el río Rumiayaco en el sensor de nivel ----- 54


 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 6 de 62

Lista De Figuras

Figura 1: Registro histórico de desastres naturales en Colombia entre 1920 - 2015.....	16
Figura 2: Perfil del área transversal del río Taruca (Sensor de nivel).....	31
Figura 3: Perfil del área transversal del río Taruca en el punto crítico No.1	32
Figura 4: Perfil del área transversal del río Taruca en el punto crítico No.2	32
Figura 5: Perfil del área transversal del río Sangoyaco en el punto crítico No.1	33
Figura 6: Perfil del área transversal del río Sangoyaco en el punto crítico No.2	33
Figura 7: Perfil del área transversal del río Mulato - Vía Chontayaco (Sensor de nivel).	34
Figura 8: Perfil del área transversal del río Mulato en el punto crítico No.1	34
Figura 9: Perfil del área transversal del río Mulato en el punto crítico No.2	35
Figura 10: Figura 9: Perfil del área transversal del río Mulato en el punto crítico No.3	35
Figura 11: Perfil del área transversal del río Rumiayaco (Sensor de nivel).....	36
Figura 12: Perfil del área transversal del río Pepino (Sensor de nivel).....	36

Lista De Cuadros


CUADRO 1: Ecuaciones para el cálculo de caudales por el método de flotadores. -----	38
CUADRO 2: Ecuaciones para el cálculo de alturas dependiente de caudales en los sensores ---	39

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 7 de 62

Resumen

El presente trabajo tiene como objeto determinar el comportamiento de las fuentes hídricas de los ríos Mulato, Sangoyaco, Taruca, Pepino y Rumiyo a partir del seguimiento y monitoreo con visitas técnicas de campo, con el cual se registró el estado hidrológico de cada una de ellas, en los puntos de interés donde se encuentran los equipos hidrológicos como los sensores de nivel, instalados por la empresa de FERDERMAN Comunicaciones, así mismo, se realizó el levantamiento de información de campo en los llamados “puntos críticos” definidos por el Sistema de Alertas Tempranas del municipio de Mocoa – SAT Mocoa.


Para el cumplimiento de este estudio, se empleó la metodología concretada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, para el cálculo de los caudales mediante el método de flotadores, por ende, haciendo necesario calcular la velocidad y el área correspondiente, el cual se determinó mediante topografía de curvas de nivel establecidas, a través del software de AutoCAD para el trazado de los perfiles del área. Se obtuvieron áreas transversales efectuadas en formato DWG, caudales en los sitios con sensores y puntos críticos el cual definió su relación en estos lugares en formato XLS, y se realizó el trazado de ubicación a través del software ArcMap.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 8 de 62

Introducción


Colombia es un país dotado de una magnífica diversidad: Geológica, geomorfológica, climática, edáfica, biológica y étnica (Hermelín, 2005)¹. No obstante, ciertos beneficios de riqueza ambiental que posee la nación debido a su ubicación geográfica estratégica para lograr dinamizarlos, llegan a convertirse en perjuicios denominados desastres naturales, provocados por los fenómenos climáticos que se llevan a cabo dentro de la troposfera, debido a las condiciones físicas presentadas, por ejemplo, influyen factores de temperatura, presión y humedad principalmente. A través de la evolución de la tierra, estos fenómenos son muy comunes para la transformación de un planeta habitable, sin embargo, se ha provocado su aceleración desmesurada, mediante la intervención inadecuada del ser humano y por ende creando graves pérdidas humanas, económicas y daños ambientales.

El país se caracteriza por contener grandes ríos, los cuales poseen cantidades de litros de agua, estos cuerpos hídricos nacientes en las cabeceras de alta montaña en su mayoría, llegan a representar alto riesgo cuando existe población cercana en las partes medias o bajas de los ríos, y esta comunidad o edificación se encuentra en estado de vulnerabilidad, ya que es susceptible a amenazas como inundaciones, avalanchas y avenidas torrenciales, en periodos con altas tasas de precipitación. Este último fenómeno mencionado se ha efectuado en diferentes lugares del país, algunos de ellos han pasado desapercibidos ya que no generan daño alguno sobre la comunidad, pero otros, se han encargado de generar tragedia a partir de grandes catástrofes naturales.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 9 de 62

En el año 2017 en el municipio de Mocoa, capital del departamento del Putumayo, se desarrolla un evento catastrófico denominado, avenida torrencial, provocando la pérdida de vidas humanas, daños en la infraestructura del municipio y perjuicios ambientales, por el desbordamiento de los ríos Mulato, Mocoa y Sangoyaco, debido a las constantes precipitaciones que saturaron las laderas de alta pendiente, efectuando el flujo de detritos, llevando a cabo el represamiento de estos deslizamientos, posteriormente aumentando los caudales y volumen a causa de la socavación generada, que fue el evento más involucrado en el transporte de material hacia la zona poblada y mayor causante de las pérdidas humanas.

Posteriormente al desastre, el municipio se convierte en foco de atención para implantar oficinas de la Unidad Nacional de la Gestión del Riego de Desastres destinado a la formulación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas, entre otros, para el conocimiento, reducción y manejo de los riesgos con el propósito de contribuir a la seguridad y bienestar de las personas y las comunidades (Vásquez, Gómez & Martínez)ⁱⁱ. A partir de este suceso, la UNGRD y la alcaldía de Mocoa se unen para realizar actividades en beneficio del municipio, una de estas actividades se desempeña en el estudio del comportamiento de las fuentes hídricas de interés, en sus puntos críticos y en lugares de monitoreo (equipados con sensores de hidrológicos), para analizar y predecir los caudales en los respectivos puntos de importancia.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 10 de 62


1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Realizar el estudio base del comportamiento hídrico de los ríos Mulato, Rumiyaco, Pepino, Sangoyaco, Taruca y Taruquita, como apoyo al sistema de alertas tempranas del municipio de Mocoa putumayo.

1.2. Objetivos específicos.


- Obtener las secciones transversales de las áreas críticas establecidas por el SAT, para conocer el área mojada.
- Determinar los caudales máximos que pueden soportar los puntos críticos de los ríos Mulato, Rumiyaco, Pepino, Sangoyaco, Taruca y Taruquita.
- Realizar el seguimiento y monitoreo mediante visitas técnicas de las fuentes hídricas a los ríos Mulato, Rumiyaco, Pepino, Sangoyaco, Taruca y Taruquita como apoyo al SAT.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 11 de 62

2. Planteamiento Del Problema


Los fenómenos naturales que han afectado al país son generalmente aquellos de largos temporadas de sequía, dejando como consecuencias, la disminución de bosques, cuerpos de agua y vulnerables a familias que se afectan de forma directa, de igual forma, en zonas húmedas o con altas precipitaciones, se generan grandes desastres, como el año 2011 con la presencia del fenómeno de la niña el cual cubrió cerca del 60% del territorio colombiano y dejó más de 2,4 millones de personas damnificadas, 323 fallecidos, 312 heridos, 66 desaparecidos, 7,450 viviendas destruidas, 298 acueductos y 16 alcantarillados afectados en 28 departamentos y 710 municipios (OPS, 2011)ⁱⁱⁱ. Por otro lado, el país se focalizó en la mitigación de estos riesgos convirtiéndose pionero en América Latina en el desarrollo de una visión integral frente al tratamiento de los riesgos y desastres, lo cual ha permitido una disminución relativa en las pérdidas de vidas; sin embargo, los daños en la propiedad, la infraestructura y los medios de subsistencia siguen en aumento (Mundial, 2012)^{iv}.

No obstante, en ciertos lugares del país, generalmente los que se ubican cercanos a las fronteras o al margen, necesitan dirigirse a la prevención y atención de desastres más óptima e incluso implementar como tal la gestión del riesgo de desastres, debido a la acelerada urbanización en lugares críticos por estar expuestos a amenazas naturales, haciendo de la comunidad expuesta, vulnerable, de acuerdo al tipo de riesgo que pueda presentar y es aún más crítico cuando existen falencias en sectores como salud, educación e infraestructura.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 12 de 62

La situación de Mocoa, municipio del departamento del Putumayo atravesó una situación muy similar a la descrita anteriormente, la población no contaba con una unidad de gestión del riesgo, por este motivo, la ocurrencia del 31 de marzo de 2017 de la avenida torrencial que provocó desbordamiento de las fuentes hídricas del municipio, como lo son el río Mocoa, Mulato, Sangoyaco, Taruca y Taruquita, se generó pérdidas humanas debido a la existencia de sus asentamientos en las rondas hídricas de los ríos mencionados, sin el ejercicio de control alguno con respecto a los predios ocupados, antes de tal hallazgo, debido a la ilegalidad de su ocupación, con lo cual se declaró calamidad pública bajo el decreto 056 de 2017 “sobre la declaración de calamidad pública municipal”, al mismo tiempo se emitió el decreto 601 de 2017 “se declara estado de emergencia económica, social y ecológica en el municipio de Mocoa” debido al estado en que se encontraba el municipio tras el evento ocurrido.

A raíz de este suceso el gobierno nacional estuvo en la obligación, mediante la Ley 1523 de 2012 “Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones”, instalar la Unidad Nacional de la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD en el municipio, con el fin de hacer un respectivo seguimiento, evaluación, planteamiento de estrategias, programas, planes, las adecuadas medidas y acciones a tomar con el objeto de dar a conocimiento y mitigación del riesgo para manejo de desastres, de tal forma que la población se encuentre preparada ante una situación similar, por esto se divulga el 30 de abril de 2017 la


 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 13 de 62

Ordenanza N° 749, por medio del cual se institucionaliza la realización de simulacros en el marco de la Gestión del Riesgo de Desastres en el departamento del putumayo.


Además de la normatividad estricta y obligatoria expuesta, acoge a las siguientes pertinentes debido al riesgo que se encuentra el municipio:

- Resolución 447 del 19 de abril de 2017 de CORPOAMAZONIA “Por medio de la cual, en aplicación del principio de precaución se establece dentro de la categoría de protección y conservación ambiental, el área definida como sector 1 en el "Mapa de delimitación de la avenida torrencial del 31 marzo y 1 de abril de 2017 en el municipio de Mocoa, departamento del Putumayo" para las quebradas Taruca, Taruquita, San Antonio y El Carmen y los ríos Sangoyaco y Mulato.”
- Decreto 599 del 06 de abril del 2017, por medio del cual se decreta declarar la existencia de una situación de Desastre Municipal en el municipio de Mocoa, departamento de Putumayo, por el término de doce (12) meses prorrogables hasta por un periodo igual, previo concepto favorable del Consejo Nacional de para la Gestión del Riesgo.
- Decreto 0068 de 2017 “se ordena una ocupación, se inviste de funciones públicas para su ejecución a un particular en el municipio de Mocoa”.

Este contexto, da paso a la generación de la hipótesis de cómo realizar un análisis hidrológico e hidráulico a partir del levantamiento de información en las fuentes hídricas, para proyectar alturas críticas que pueden llegar las los cuerpos de agua al caso de desbordamiento,

	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 14 de 62

con lo que se pueda activar el SAT a tiempo para la evacuación. Para el óptimo cumplimiento de las actividades a ejecutar la gestión de riesgo municipal, se hace necesario tanto el levantamiento como el procesamiento de información de aquellas cuerpos de agua que represente un riesgo a desbordamientos debido a sus antecedentes y el estado de su ronda hídrica y además establecidos por el Sistema de Alertas Tempranas de la UNGRD, para determinar caudales y alturas críticas cuando haya presencia de precipitaciones moderadas, de tal forma que se pueda proyectar o prever momentos de riesgo, con el fin de activar el SAT en el tiempo apropiado para respectivas medidas de evacuación en el caso de ser necesarias.

	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 15 de 62

3. MARCO TEÓRICO

Los desastres en Colombia causados por origen natural, han tomado gran importancia para el país desde la tragedia de Armero, ocurrida por la erupción volcánica del Nevado del Ruiz en el año de 1985. A partir de este evento, Colombia desarrolla la implementación de metodologías para disminuir y mitigar los desastres que se puedan presentar de acuerdo a la amenaza, vulnerabilidad y riesgos de cada zona del país, ya que los desastres ocurren en cualquier momento y lugar, y especialmente en Colombia en donde las cifras oficiales indican que el 86% de la población está expuesta a una amenaza sísmica alta y media, el 28% a un alto potencial de inundación y el 31% a una amenaza alta y media por movimientos en masa (Lorenzo & Flautero, 2019)^v.

Los desastres naturales registrados a lo largo de la historia de Colombia con mayor impacto, han sido el terremoto de Popayán en 1983, presentando un sismo de 5,5 en la escala de Richter; la erupción del volcán Nevado del Ruiz mencionada con anterioridad, es recordada como la tragedia de Armero, el terremoto en Páez – Cauca en 1994 en escala de Richter un sismo de 6,8; el terremoto en el eje cafetero afectando principalmente a Pereira y Armenia con sismo de 6,2 en la escala de Richter; fenómeno de la niña en años de 2010 a 2011, el cual provocó vendavales, inundaciones, avalanchas y deslizamientos.(Semana sostenible, 2017)^{vi}. A continuación se evidencia una aproximación del número de personas afectadas por los eventos indicados.


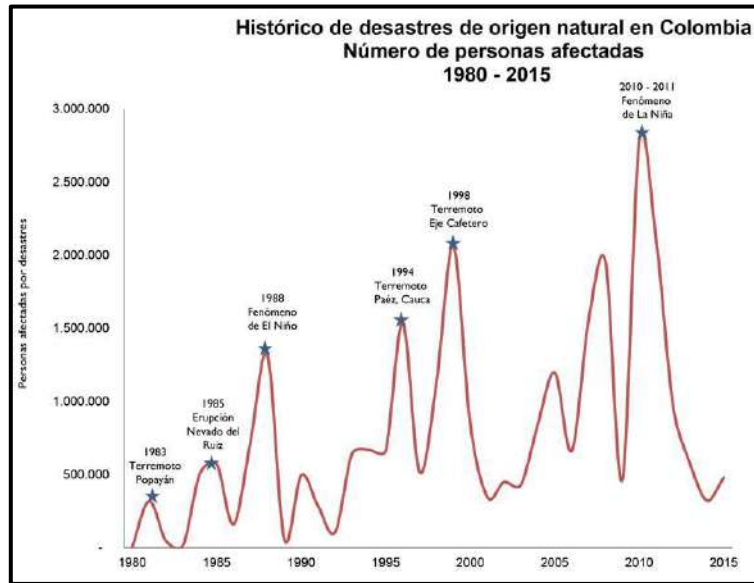
 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 16 de 62


Figura 1: Registro histórico de desastres naturales en Colombia entre 1920 - 2015.



Fuente: Semana sostenible

Debido a la ubicación geográfica de la nación (parte de la amazonia), se presentan constantes precipitaciones que pueden ser variables a lo largo del año, según Prüssmann *et al.* (2017)^{vii}, en el período febrero-junio puede haber, en el futuro, un marcado aumento de la precipitación en el suroccidente (Amazonia boliviana y peruana) y una disminución al norte (Amazonia colombiana y venezolana). Entre julio y noviembre se invierte la distribución, con aumento al norte y disminución al sur. (p. 20), Siendo estos meses los que regularmente se efectúan altas tasas de precipitación en ciertos departamentos que acoge la Amazonía, como lo es el país colombiano.


Su posición en el trópico húmedo bajo la influencia de la Zona de Confluencia Intertropical hace un patrón unimodal en las regiones Amazonía, Orinoquía y en la mayor parte

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 17 de 62

del Caribe, ocasionando que esta zona sea vea fuertemente alterada por la presencia de los fenómenos El Niño y La Niña, lo cual afecta los regímenes de precipitaciones causando eventos de origen hidrometeorológico como sequías, inundaciones, avenidas torrenciales y movimientos en masa, entre otros. (Mundial, 2012)^{viii}

Pocos municipios del país han llevado a cabo inventarios cuidadosos de las zonas de alto riesgo o han realizado estudios apropiados y compatibles para incorporar el riesgo en los planes de ordenamiento territorial, como lo establece la legislación vigente. (Cardona, 2007)^{ix}. Pese a que Colombia se reconoce como pionera en América Latina en el desarrollo de una visión más integral frente al tratamiento de los riesgos y desastres, permitiendo una disminución de las pérdidas de vidas (Mundial, 2012)^x. Lo que ha posicionado a Colombia en el lugar 29 de 191 países del mundo en cuanto a crisis humanitaria con un índice de riesgo alto de 5.4 (INFORM, 2020)^{xi}.


De acuerdo con Duque (2019)^{xii}, de los 1.122 municipios que tiene el país, unos 500 donde habitan cerca de 12 millones de colombianos, están en riesgo de desastres naturales como avalanchas o inundaciones por el cambio climático, por lo que entre 2006 y 2014 uno de cada cuatro colombianos resultó afectado por desastres climáticos con detonantes naturales, como fenómenos hidrogeológicos, conexos a factores antrópicos como la deforestación y el calentamiento global, significa que un total de 12.3 millones de damnificados en dicho período, de los cuales 9.4 se vieron afectados por deslizamientos e inundaciones.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 18 de 62

Se provocan estas catástrofes por el urbanismo descontrolado y sumando la degradación ecológica por intervención inadecuada del hombre en zonas que pueden denominarse críticas para ejercer actividades del ser humano, por ejemplo, el desarrollo de la tala de árboles en las rondas hídricas, en partes altas de las cuencas denominadas “cabeceras de los ríos”. Estas condiciones, conllevó a unos de los desastres extremos más recientes en Colombia.

Las avenidas torrenciales son un tipo de movimientos en masa que se desplazan generalmente por los cauces de las quebradas, llegando a transportar volúmenes importantes de sedimentos y escombros, con velocidades peligrosas para los habitantes e infraestructura ubicados en las zonas de acumulación, de cuencas de montaña susceptible de presentar este tipo de fenómenos. (Caballero, 2011)^{xiii}.

El día viernes 31 de marzo de 2017, a las 11:30 de la noche, Mocoa, capital del departamento de Putumayo, fue sorprendida por la creciente de varias quebradas y de los ríos Mulato, Mocoa y Sangoyaco, avalancha que acabó con la vida de 290 personas, dejó heridas a 332 más, afectó 1.518 familias y produjo la desaparición de aproximadamente 200 habitantes, debido a las constantes precipitaciones y registros históricos manifestados, en solo tres horas acumularon 106 mm en el municipio de Mocoa entre 10 pm y 1 am, constituyéndose en un evento extraordinario integrado de 11.357.000 metros cúbicos de lodo y escombros sobre los barrios del municipio (Decreto 601, 2017)^{xiv}, declarándose a Mocoa en situación de desastre bajo el decreto No. 599 de 2017 “ por el cual se declara la situación de desastre en el municipio de


 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 19 de 62

Mocoa -departamento de Putumayo” y el decreto No. 601 de 2017 “por el cual se declara el Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica en el municipio de Mocoa”

Los desastres naturales y las consecuentes pérdidas sociales, ambientales y económicas han llevado a la creación de la gestión del riesgo, la cual se refiere a las acciones y procesos sociales orientados a minimizar las consecuencias negativas de los desastres, incluidas las actividades posteriores a estos, tales como la rehabilitación y la reconstrucción del territorio.(Domínguez y Lozano, 2014)^{xv}.

Posteriormente al evento, el gobierno nacional instala en el municipio de Mocoa una oficina de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) para cumplir con su función de coordinar, impulsar y fortalecer capacidades para el conocimiento, la reducción del riesgo y el manejo de desastres, y su articulación con los procesos de desarrollo (UNGRD, 2016)^{xvi}, implementando así, junto con el municipio a través de las alcaldía, diferentes metodologías para la prevención y reducción del riesgo, frente a los eventos naturales que generan amenazas para la población.


Uno de los sistemas más importantes que tiene la gestión del riesgo para llevar a cabalidad la prevención, es el Sistema de Alertas Tempranas – SAT Mocoa, teniendo como finalidad principal salvar vidas humanas, reducir o evitar que se produzcan lesiones personales y disminuir al máximo las pérdidas de recursos importantes desde el punto de vista social y económico, a través de la difusión oportuna y adecuada de la información de alerta, esto quiere

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 20 de 62

decir, que debe contarse con el tiempo suficiente para que la población ponga en marcha las acciones necesarias de protección.(UNGRD, 2016)^{xvii}.

Según el boletín No. 256 de la UNGRD (2017)^{xviii}, en Mocoa, la instalación del Sistema de Alerta Temprana, consta de 12 sirenas que están 100% instaladas y en operación con energía solar, el centro de monitoreo y la red de comunicaciones totalmente instalado para hacer el monitoreo de 5 cuencas. De igual forma, este sistema cuenta con sensores hidrológicos para el registro y recopilación de datos generados con respecto al nivel o altura de la lámina de agua en los ríos Mulato, Sangoyaco, Taruca (zona de confluencia), Pepino y Rumiayaco. Estos puntos de ubicación de sensores se convierten para el municipio, en los principales equipos para el monitoreo de las cuencas en especial en lugares críticos definido por el SAT.

El desarrollo del SAT por avenidas torrenciales en el área urbana y periurbana del municipio de Mocoa permitirá que las autoridades locales y las comunidades que habitan o se desarrollan en zonas en condición de riesgo, conozcan las características de dichos eventos en términos de amenazas y vulnerabilidades, entiendan los diferentes niveles de alerta frente a la ocurrencia y cuenten con los conocimientos respecto a qué acciones desarrollar para reducir sus riesgos y minimizar los efectos negativos, contribuyendo a reducir las pérdidas de vidas, efectos en la salud, pérdidas económicas y ayudando a preservar sus medios de vida y garantizar su desarrollo sostenible (UNRGD y Pontificia Universidad Javeriana, 2018)^{xix}.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 21 de 62

4. Metodología

El presente documento se sujeta a un proceso metodológico cuantitativo y cualitativo, forjado en una metodología fundamentada en estudiar el comportamiento de las fuentes hídricas de los ríos Mulato, Rumiyo, Pepino, Sangoyaco, Taruca y Taruquita, a partir del análisis hidrológico e hidráulico en puntos críticos definidos por el Sistema de Alertas Tempranas de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, lo cual permite un adecuado procedimiento de actuación y activación del sistema de alertas tempranas para la alcaldía del municipio de Mocoa Putumayo, en la secretaría de obras e infraestructura y gestión del riesgo.


El planteamiento se realizará en tres fases de acuerdo con los objetivos propuestos.

4.1. Fase 1. Obtener las secciones transversales de las áreas críticas establecidas por el SAT, para conocer el área mojada.

Para el nexoo de este primer objetivo, se llevó a cabo en dos etapas, la primera de ellas en campo para las pertinentes visitas de las fuentes hídricas y la segunda a través de programas para los respectivos cálculos a las áreas, alturas y caudales correspondientes.

4.1.1. Etapa 1 – Campo

Se realizaron las concernientes visitas a las cuencas, Taruca, Sangoyaco, Mulato, Rumiyo y Pepino respectivamente, registrándose datos de velocidad y coordenadas de cada punto crítico y puntos de ubicación de los sensores hidrológicos, según criterios determinados por el SAT.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 22 de 62

En la fuente hídrica de la quebrada Taruca se tienen establecidos tres puntos de interés, el primero de ellos se ubica en las coordenadas N 1°10'52.39" W 76°40'18.80" con equipamiento de sensor hidrológico en la vereda San Antonio, conocida como la zona de confluencia, lugar donde la población extrae arena como actividad económica. Aproximadamente a 1.48 kilómetros del sensor de nivel, se encuentra el primer punto crítico del río en coordenadas N 1°10'17.67" W 76°39'50.38"; para acceder a esta área crítica, se movilizó por vía carretable, trasladándose posteriormente 90 metros para llegar a la fuente hídrica, donde se tomó la velocidad basado en el método de flotadores, seccionando 10 metros de longitud los cuales se arrojaron los flotadores (naturales) con el fin de contabilizar el tiempo que le llevaba atravesar la respectiva distancia, reiterando el proceso 12 veces para mayor precisión, una vez tomado estos tiempos se efectuó un promedio con el que se procedió a calcular la velocidad superficial, para luego asociarla al factor de fricción correspondiente al tipo de sustrato del río, determinando así la velocidad media de acuerdo a la metodología estipulada por el IDEAM (Ver cuadro No.1).

De igual forma se hizo el levantamiento de coordenadas, tomando una línea de referencia para determinar la sección transversal del cauce del río en el punto crítico, estas coordenadas se tomaron en el talud tanto derecho como izquierdo, con el objeto de relacionarse a la topografía ya definida en las curvas de nivel de equidistancia a 50 centímetros, tomadas por la UNGRD para las cuencas del río Taruca, Sangoyaco (Parte baja) y Mulato.


 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 23 de 62

Tabla 1: Velocidades río Taruca - Sector confluencia (Sensor de nivel)


Velocidad - Taruca					
Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad superficial (m/s)	Velocidad media (m/s)		
10	16	$V_s = D/t$	$V_m = V_s * FF$		
	7.8				
	10.5	0.7565337	0.56740028		
	20				
	13.5				
	9.8				
	7.9				
	25				
	13.9				
	9.1				
	11.9				
SUMA	145.4				
PROMEDIO	13.2181818				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Velocidades río Taruca - Punto crítico No. 1

Velocidad – Taruca (Punto crítico No. 1)			
Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad superficial (m/s)	Velocidad media (m/s)
10	10.54	$V_s = D/t$	$V_m = V_s * FF$
	9.77		
	9.26	1.045114092	0.783835569
	9.71		
	9.7		
	9.61		
	9.86		
	9.53		
	9.39		
	9.22		
	8.94		
9.29			
SUMA	114.82		
PROMEDIO	9.56833333		

Fuente: Elaboración propia.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 24 de 62


El segundo punto de importancia se ubica sobre la misma fuente, sin embargo se encuentra a 800 metros del descrito anteriormente, este tiene coordenadas en N 1° 9'53.57" W 76°39'41.08", ingresando por el tanque de almacenamiento de agua de Barrios Unidos a 107 metros de la vía San Antonio, en esta zona se realizó nuevamente el mismo proceso para calcular la velocidad del agua y tomar las coordenadas del cauce del río, así como en los puntos del río Sangoyaco y Mulato.

Tabla 3: Velocidades río Taruca - Punto crítico No. 2

Velocidad – Taruca (Punto crítico No. 2)			
Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad superficial (m/s)	Velocidad media (m/s)
10	9.6	$V_s = D/t$	$V_m = V_s * FF$
	8.71		
	9.32	0.966417009	0.724812757
	9.77		
	8.42		
	8.74		
	10.32		
	8.75		
	9.23		
	20.8		
	9.23		
	11.28		
SUMA	124.17		
PROMEDIO	10.3475		

Fuente: Elaboración propia.

El río Sangoyaco presenta de la misma manera dos puntos de interés en el barrio “El progreso”, el primero tiene ubicación en las coordenadas N 1° 9'4.06" W 76°39'12.51" aproximadamente a 256 metros aguas arriba de la nueva obra de mitigación (Puente), mismo

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 25 de 62

donde se encuentra el segundo sitio de interés con coordenadas en N 1°9'1.56" W 76°39'4.20" con accesibilidad de vía pavimentada.

Tabla 4: Velocidades río Sangoyaco - Punto crítico No. 1

Velocidad – Sangoyaco (Punto crítico No. 1)			
Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad superficial (m/s)	Velocidad media (m/s)
10	9.42	$V_s = D/t$	$V_m = V_s * FF$
	10.46		
	9.89	0.944212763	0.708159572
	11.6		
	11		
	9.87		
	9.41		
	10.9		
	9.71		
	16.25		
	8.71		
	9.87		
SUMA	127.09		
PROMEDIO	10.5908333		

Fuente: Elaboración propia.



 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 26 de 62

Tabla 5: Velocidades río Sangoyaco - Punto crítico No. 2

Velocidad – Sangoyaco (Punto crítico No. 2)			
Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad superficial (m/s)	Velocidad media (m/s)
10	9.22	$V_s = D/t$	$V_m = V_s * FF$
	9.94		
	10.1	1.020755359	0.765566519
	9.8		
	8.53		
	9.31		
	10.52		
	9.74		
	9.43		
	11.19		
	10.19		
	9.59		
SUMA	117.56		
PROMEDIO	9.79666667		

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se realiza la visita a lugar con equipamiento de sensor de nivel y los tres puntos críticos del río Mulato, con ubicación en coordenadas N 1° 8'44.07" W 76°39'39.55" con acceso al inicio de la placa-huella, finalizando el barrio “Miraflores”, el Segundo punto se encuentra en las coordenadas N 1°8'41.992" W 76°39'2.197" del mismo barrio pero a 867 m aproximadamente del primer punto determinado cercano a la institución educativa “Fray Placido”, y el último lugar se encuentra en las coordenadas N 1° 8'41.87" W 76°39'12.43" a 316 m del anterior con acceso por el barrio “Pablo Sexto bajo”; para reiterar el proceso del cálculo de velocidades y la referencia geográfica a cada extremo del cauce del río Mulato, culminando la etapa de campo con esta Cuenca. A continuación, se aprecian las velocidades de los puntos

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 27 de 62

correspondientes respectivamente, iniciando desde las velocidades registradas en el sensor de nivel del río Mulato.


Tabla 6: Velocidades río Mulato - Vía Chontayaco (Sensor de nivel)

Velocidad – Mulato			
Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad superficial (m/s)	Velocidad media (m/s)
10	10.93	$V_s = D/t$	$V_m = V_s * FF$
	11.8		
	11.98	0.908940671	0.681705503
	11.77		
	14.28		
	12.22		
	8.7		
	9.6		
	9.54		
	9.47		
	10.73		
SUMA	121.02		
PROMEDIO	11.00181818		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Velocidades río Mulato - Punto crítico No. 1

Velocidad – Mulato			
Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad superficial (m/s)	Velocidad media (m/s)
10	8.74	$V_s = D/t$	$V_m = V_s * FF$
	6.14		
	7.88	1.27172531	0.95379398
	6.97		
	7.21		
	7.24		
	7.68		
	10.2		
	6.27		
	13.2		

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 28 de 62

	6.14		
	6.69		
SUMA	94.36		
PROMEDIO	7.86333333		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Velocidades río Mulato - Punto crítico No. 2

Velocidad – Mulato			
Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad superficial (m/s)	Velocidad media (m/s)
10	11.86	$V_s = D/t$	$V_m = V_s * FF$
	13.37		
	6.79	1.10721535	0.83041152
	5.41		
	8.52		
	8.56		
	7.24		
	9.2		
	7.83		
	6.5		
	13.6		
	9.5		
SUMA	108.38		
PROMEDIO	9.03166667		

Fuente: Elaboración propia


 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 29 de 62

Tabla 9: Velocidades río Mulato - Punto crítico No. 3


Velocidad – Mulato			
Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad superficial (m/s)	Velocidad media (m/s)
10	6.58	$V_s = D/t$	$V_m = V_s * FF$
	15.23		
	7.71	1.0063737	0.754780275
	9.24		
	14.26		
	9.24		
	8.52		
	8.83		
	9.09		
	10.75		
	10.68		
	9.11		
SUMA	119.24		
PROMEDIO	9.93666667		

Fuente: Elaboración propia

Con anterioridad se visitó las cuencas del río Rumiayaco y pepino, el día 30 de julio de 2020, junto con al equipo técnico de FEDERMAN Comunicaciones, mientras se realizaba el proceso de mantenimiento para los sensores de nivel en dichas fuentes. En las tablas 10 y 11, se aprecian velocidades registradas para las respectivas fuentes de agua.

Tabla 10: Velocidades río Rumiayaco (Sensor de nivel)

Velocidad – Rumiayaco			
Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad superficial (m/s)	Velocidad media (m/s)
10	17.6	$V_s = D/t$	$V_m = V_s * FF$
	5.6		
	10.8	1.268742791	0.951557093
	4.9		
	6.3		

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 30 de 62

	7.8		
	5		
	5.2		
	9.1		
	4.2		
	10.2		
SUMA	86.7		
PROMEDIO	7.881818182		

Fuente: Elaboración propia


Tabla 11: Velocidades río Pepino (Sensor de nivel)

Velocidad – Pepino			
Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad superficial (m/s)	Velocidad media (m/s)
10	8.74	$V_s = D/t$	$V_m = V_s * FF$
	6.14		
	7.88		
	6.97		
	7.21		
	7.24		
	7.68		
	10.2		
	6.27		
	13.2		
	6.14		
	6.69		
SUMA	94.36	1.27172531	0.95379398
PROMEDIO	7.86333333		

Fuente: Elaboración propia

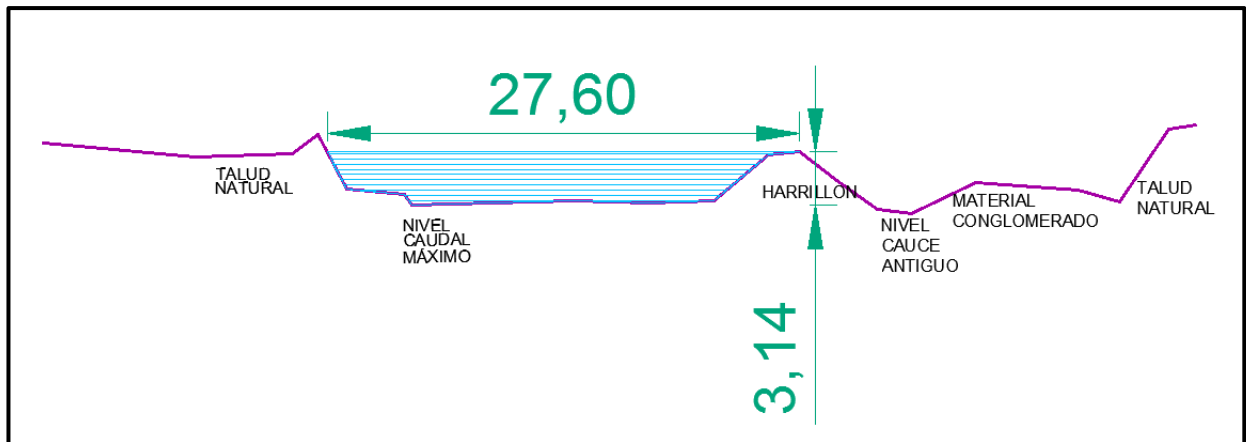
4.1.2. Etapa 2 – Software

Una vez levantada la información de campo, se inició el registro de coordenadas referenciadas en sistema MAGNA – SIRGAS Colombia Oeste, conforme a la zona para el departamento del Putumayo, tomados con la aplicación: Mobile Topographer y UTM Geo Map,

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<p>MACROPROCESO: MISIONAL</p>	<p>F-INV-043</p>
	<p>PROCESO: INVESTIGACIÓN</p>	<p>Versión: 01</p> <p>Fecha: 08-04-2018</p>
	<p>FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA</p>	<p>Página 31 de 62</p>

se insertaron los datos en el programa de Excel, en el libro de “yoffrecat – Auto CAT”, con el fin de realizar la exportación de estos datos al programa de AutoCAD, ubicando cada punto en la topografía levantada por el municipio y la gestión de riego, en las curvas de nivel de equidistancia a 50 cm, se trazó una línea recta y perpendicular de acuerdo a las coordenadas y, sobre esta línea se proyectan las cotas proporcionadas en cada curva de nivel, según a la altura en que se encuentran, es decir, generando ejes en “x” para distancias al corte de cada curva y “y” para las cotas a la altura correspondiente, de esta manera se realizó el levantamiento del perfil del área transversal de los puntos críticos. A continuación, se presentan los perfiles levantados en las cuencas equipadas con sensor (Taruca y Mulato) y en sus puntos críticos:

Figura 2: Perfil del área transversal del río Taruca (Sensor de nivel).



Fuente: Elaboración propia.


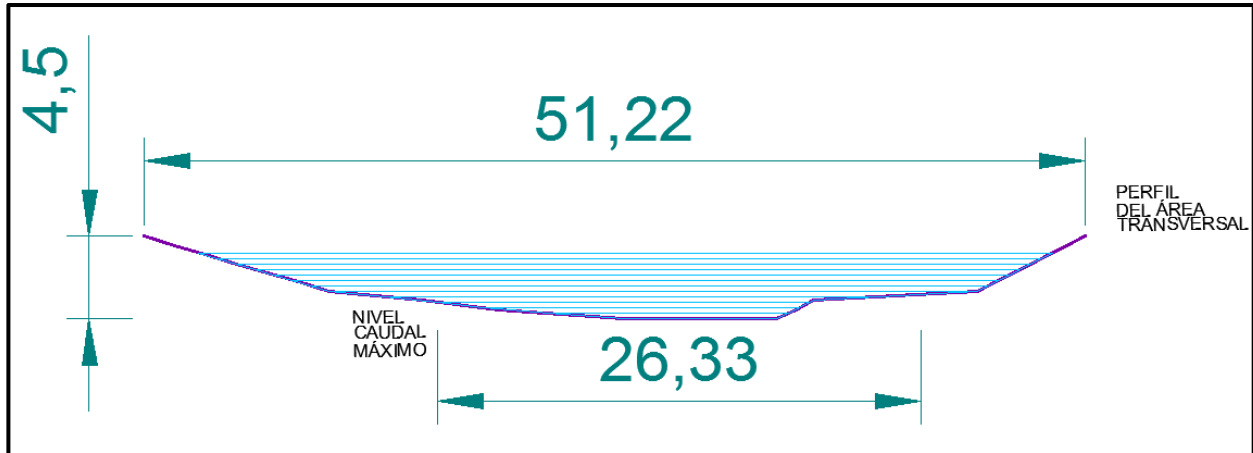
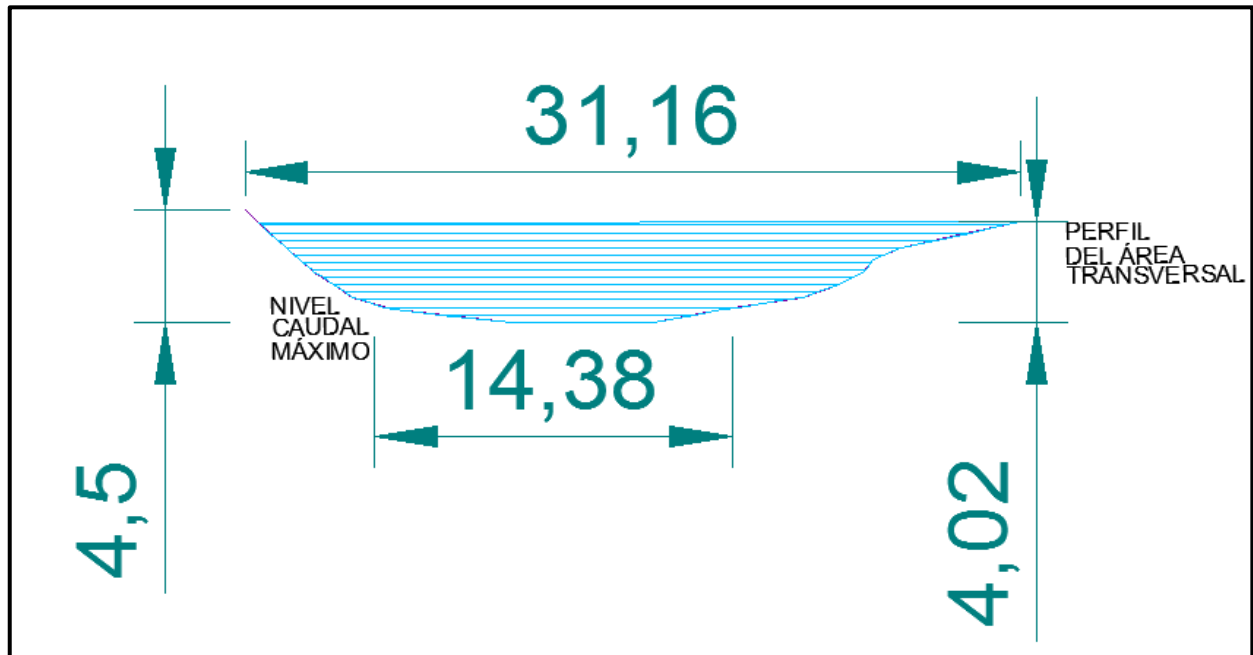
 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 32 de 62

Figura 3: Perfil del área transversal del río Taruca en el punto crítico No.1



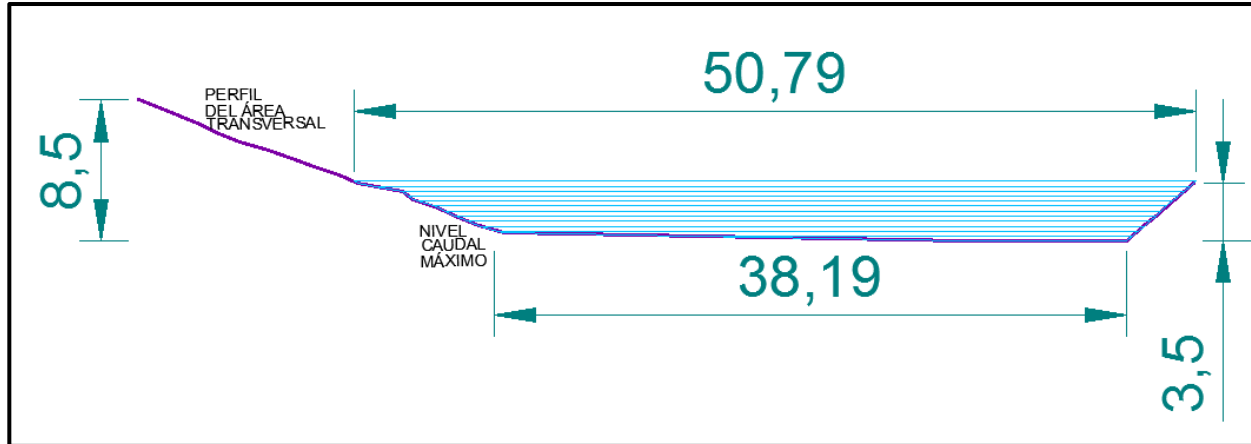
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4: Perfil del área transversal del río Taruca en el punto crítico No.2



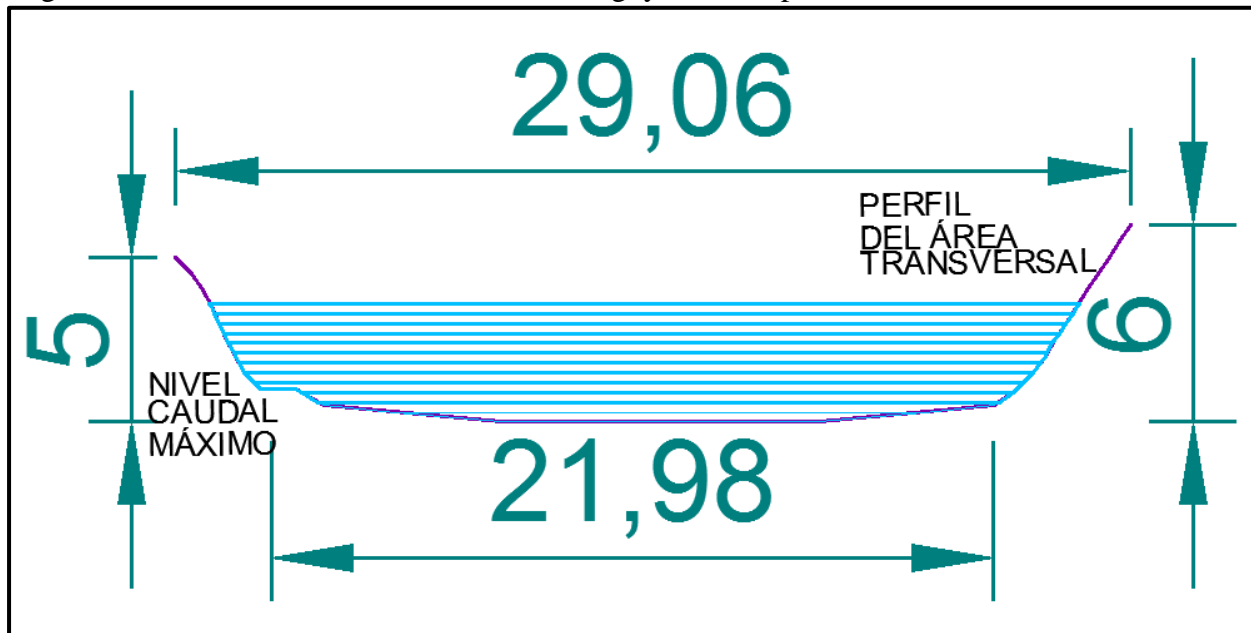
Fuente: Elaboración propia

Figura 5: Perfil del área transversal del río Sangoyaco en el punto crítico No.1



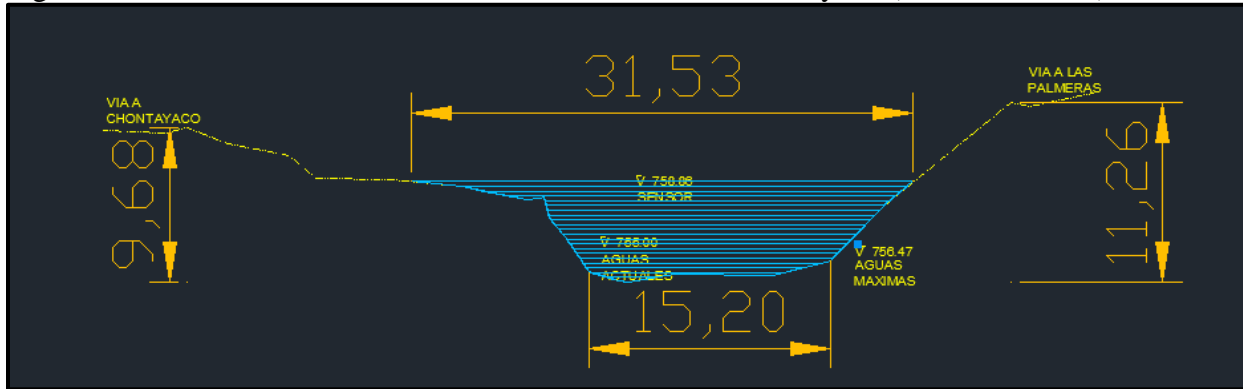
Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Perfil del área transversal del río Sangoyaco en el punto crítico No.2



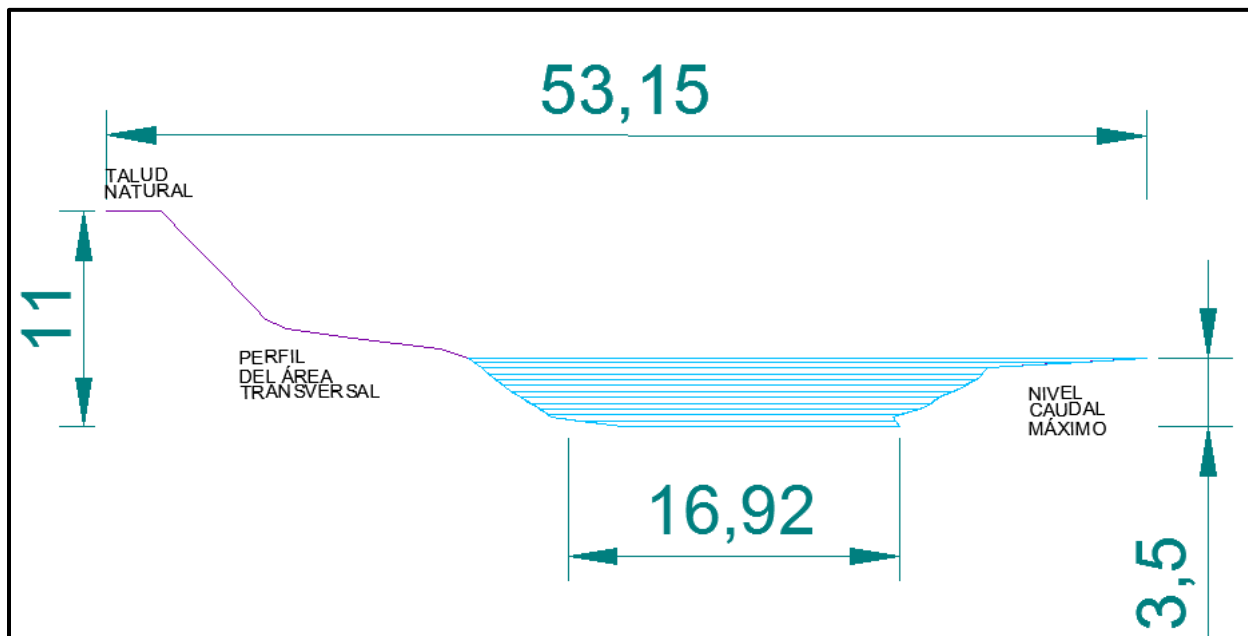
Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Perfil del área transversal del río Mulato - Vía Chontayaco (Sensor de nivel).



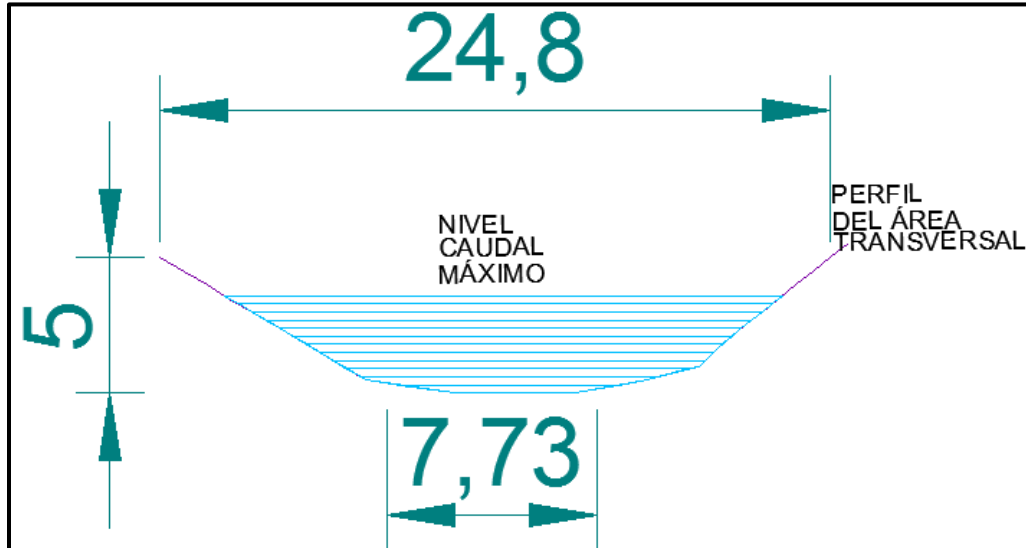
Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Perfil del área transversal del río Mulato en el punto crítico No.1



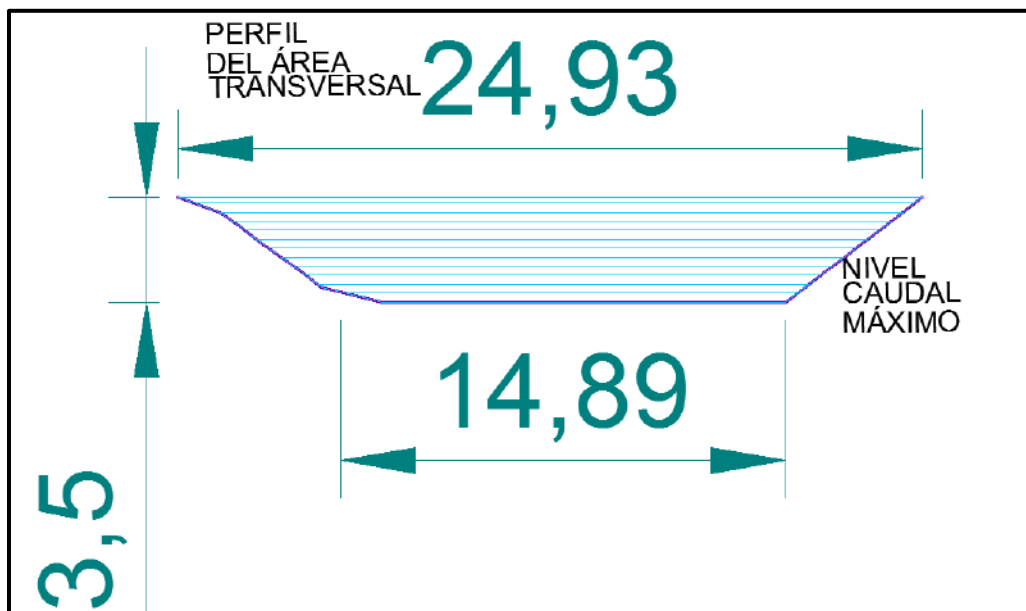
Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Perfil del área transversal del río Mulato en el punto crítico No.2



Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Figura 9: Perfil del área transversal del río Mulato en el punto crítico No.3



Fuente: Elaboración propia


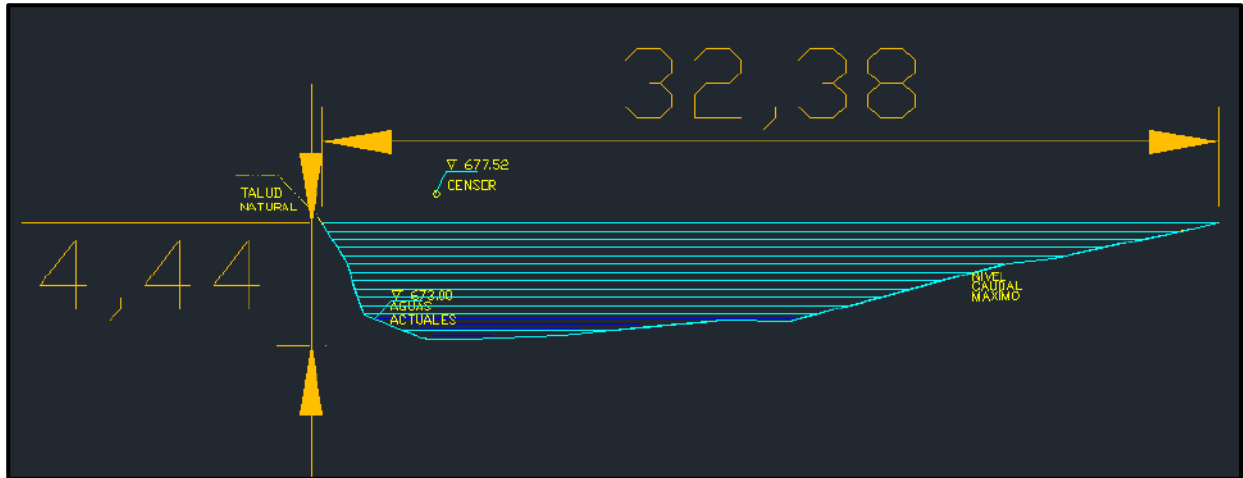
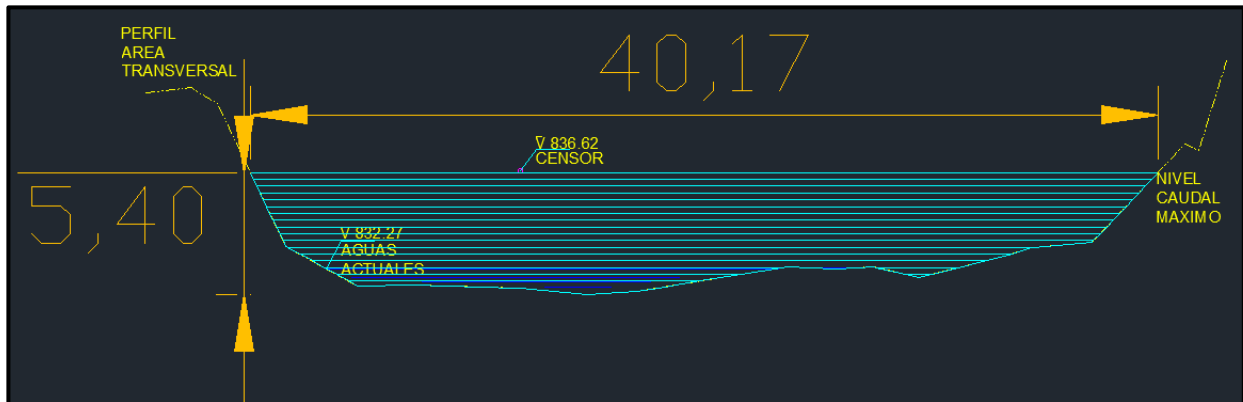
 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	<p>MACROPROCESO: MISIONAL</p>	<p>F-INV-043</p>
	<p>PROCESO: INVESTIGACIÓN</p>	<p>Versión: 01</p> <p>Fecha: 08-04-2018</p>
	<p>FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA</p>	<p>Página 36 de 62</p>

Figura 11: Perfil del área transversal del río Rumiayaco (Sensor de nivel).




Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Perfil del área transversal del río Pepino (Sensor de nivel).



Fuente: Elaboración propia

En los sitios equipados con sensores de nivel, se realizó el levantamiento de los perfiles a través de la estación topográfica, previamente levantado por la alcaldía municipal desde la instalación del SAT en 2017, aunque se actualizan los perfiles en periodos de cada seis meses, anualmente o en casos especiales que lo ameriten de inmediato.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 37 de 62


Como se observa en las anteriores figuras, se determinó el área de acuerdo a la altura, la cual se estableció cada 30 cm hasta encontrar la altura del sensor o en rebose de los jarillones o taludes naturales, en caso de los sitios con ausencia de equipos. El área calculada obedece parcialmente al proceso matemático estipulado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, definido como el ancho (W) por las profundidades, en este caso, las alturas a 30cm hasta en nivel de rebose del perfil y con el programa AutoCAD que tiene la capacidad de realizar dicho cálculo.

Una vez se obtuvo las áreas de los cauces de las cuencas hídricas correspondientes a estudiar, se inició con el proceso del cálculo de caudales a diferentes niveles y caudales máximos.

4.2. Fase 2. Determinar los caudales máximos que pueden soportar los puntos críticos en los ríos Mulato, Rumiyo, Pepino, Sangoyaco, Taruca y Taruquita.

En esta fase se tuvo como referencia las mediciones hidrométricas establecidas por el Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales – IDEAM, adoptando las mediciones para la estimación de caudales de las fuentes, mediante el aforo con flotadores para el presente estudio.


Después de obtener los datos de velocidad y el cálculo de áreas en cada una de las secciones transversales de las cuencas en sus puntos críticos y puntos equipados con sensor, se efectuaron en el programa de Excel para aplicar diferentes fórmulas y comandos con el objeto de

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 38 de 62

establecer el caudal. La metodología que establece el IDEAM se basa en obtener el área transversal midiendo el ancho del efluente, luego dividir en secciones y medir la profundidad en cada una de ellas para obtener el área transversal promedio, medir y marcar una distancia conocida a lo largo del canal; colocar suavemente sobre la superficie del agua un elemento flotante en el canal y simultáneamente activar el cronómetro; medir el tiempo transcurrido hasta que el objeto termine de recorrer la distancia asignada. Repetir este proceso varias veces y calcular el promedio. El objeto flotante no se debe dejar caer ni arrojar sobre la corriente, por cuanto esto le imprimiría una velocidad que afecta la medición (Pag. 12, 2007). De igual forma, se acoge el cálculo de las velocidades para cada flotador de acuerdo al recorrido del flujo, posteriormente aplicando el coeficiente de fricción para velocidad media, en este caso con un valor de 0.75, de acuerdo al sustrato de las fuentes. Se evidencia en el siguiente cuadro las ecuaciones aplicadas para el cálculo requerido en cada caso:

CUADRO 1: Ecuaciones para el cálculo de caudales por el método de flotadores.

Ecuación	Descripción
$V = X / t$ EC. (1)	Donde, V = velocidad superficial, m/s X = longitud recorrida por el elemento flotante, m t = tiempo de recorrido del elemento flotante, s
$A = W \times (H_i)$ EC. (2)	Donde, A= Área del canal, m ² W= ancho del canal, m H _i = Altura (determinadas para este caso a 30cm)
$Q = V \times A$ EC. (3)	Donde, Q = caudal, m ³ /s V = velocidad superficial, m/s A = área transversal promedio, m ²

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 39 de 62


Fuente: IDEAM, modificado por el presente estudio.

Una vez se realizó el cálculo de los caudales en los puntos críticos se estimó con respecto a la altura crítica a la que puede soportar el cauce antes de provocar algún tipo de desbordamiento y por ende un desastre, de acuerdo a las secciones transversales definidas independientemente. Una vez se obtuvo este cálculo, se procedió al planteamiento de una nueva incógnita en los puntos críticos dependientes de sensores de nivel, con la finalidad de relacionar los caudales máximos de acuerdo a la altura registrada por el sensor en el siguiente punto crítico de la misma fuente. Este procedimiento se obtuvo a través del replanteamiento de la ecuación para determinar caudales (ver cuadro No. 1), despejando la ecuación (3):

CUADRO 2: Ecuaciones para el cálculo de alturas dependiente de caudales en los sensores

Ecuación	Descripción
EC. (2)	Donde, A = área, m L = lados (Ancho x Alto), m
Q = Vel x An x h EC. (3)	Donde, Q= Caudal Máximo, m Vel= Velocidad, m/s H = Altura (determinadas para este caso a 30cm)
H= Q x An x Vel EC. (4)	Donde, H= Altura en el punto crítico, m. Q= Caudal en el sensor, m ³ /s An= Ancho del área transversal del punto crítico, m. Vel= Velocidad estimada en el punto crítico, m.

Fuente: Elaboración propia.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 40 de 62

En la tabla No. 10 se observa como ejemplo la cuenca del río Mulato en su punto crítico No. 1, el procedimiento realizado en el programa de Excel para el cálculo de caudales:


Tabla 12: Caudales máximos del río Mulato en el punto crítico No.1

Nº	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad media (m/s)	Caudal del punto crítico No1 (m ³ /s)
1	0.3	4.5413	0.953793981	4.331464604
2	0.6	9.6702		9.22337855
3	0.9	15.2772		14.5713014
4	1.2	21.2905		20.30675074
5	1.5	27.5854		26.31078847
6	1.8	34.177		32.59781687
7	2.1	42.0119		40.07069733
8	2.4	48.3335		46.10020136
9	2.7	55.7951		53.21703052
10	3	63.4607		60.52843366
11	3.3	72.0143		68.68680585
12	3.5	78.6114		74.97908012

Fuente: Elaboración propia

4.3.Fase 3. Realizar el seguimiento y monitoreo de las fuentes hídricas de interés municipal.


Se realizó las respectivas visitas de acuerdo a los requerimientos de los días que dispuso la UNGRD junto con el equipo técnico de FEDERMAN comunicaciones, encargado del mantenimiento del SAT (Estaciones sonoras, Estaciones meteorológicas, sensores de nivel o hidrológicos, servidores y la central SAT – Mocoa). Al efectuar las visitas a los sensores de nivel con el acompañamiento de profesionales de la UNGRD (Geólogo, arquitecto), de FEDERMAN comunicaciones (ingeniero físico, ingeniero electrónico) y de la alcaldía municipal (Ingeniero Ambiental), se determinaron características ambientales de las cuencas.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 41 de 62

En estas visitas se efectuaron procedimientos hidráulicos para la obtención de velocidades debajo de los sensores de nivel, usando la metodología del IDEAM como se aprecia en el Cuadro No. 1 del presente estudio. Al mismo tiempo se describieron las cuencas en cada punto. Dicha descripción se basó en la metodología CORINE LAND COVER con respecto a su vegetación y para la ubicación de lugares con el Sistema de Coordenadas WGS84, se presenta en la carpeta de anexos los mapas generados para cada lugar visitado.

En la zona de confluencia (Q. Taruquita y Taruca): El sensor está en las coordenadas N $1^{\circ}10'52.39''$ W $76^{\circ}40'18.80''$ a una altura de 952.60 m.s.n.m. se describió el lugar con trampas de arena para recolección del material en contribución económica de algunos habitantes, asimismo, de acuerdo a las características, se presenta vegetación herbácea y una baja densidad de cobertura arbórea, dominado plantas arbustivas, en este punto se efectuó el jarillón para el encauzamiento del río a fin de mitigar desbordamientos.

De los puntos críticos establecidos en el río Taruca, el primero de ellos se encuentra intervenido por acción del hombre mediante actividades extractivas de material como arena, ya que tiene aproximadamente 60 metros de longitud en material, y 3 metros de ancho que ocupa el talweg del río, presenciado de poca vegetación a sus alrededores, características similares adopta el segundo punto con la diferencia de no presentar actividades extractivas de material, no obstante, existe un paso o puente artesanal que ciertos habitantes utilizan para dirigirse a propiedades que se ubican al margen izquierdo del río.


 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 42 de 62

En los puntos del río Sangoyaco se evidenció vertimientos de aguas residuales de los asentamientos cercanos a este por lo que hay presencia de residuos sólidos en sus orillas, está parcialmente cubierto de vegetación secundaria; en el segundo punto está ubicada la infraestructura en proceso del puente como obra de mitigación y de igual forma hay presencia de vertimientos domésticos.

El río mulato, como se describe anteriormente, contiene tres puntos críticos, el primero de ellos se encuentra al lado de la placa huella que dirige a la vereda Líbano, se evidenció actividad antrópica en aprovechamiento de material, aunque posee mayor cobertura vegetal que los anteriores sitios de interés. El segundo punto se encuentra ubicado en el barrio Miraflores, por lo cual en sus taludes ya se aprecian los asentamientos humanos en ambos extremos del río, a su vez residuos sólidos y poca cobertura vegetal. Finalmente el tercer punto se ubica a 173 metros aproximadamente del puente del barrio 17 de julio, en presencia de escasa cobertura vegetal ya que domina las viviendas y el comercio.


En el río Pepino, el sensor se ubica en las coordenadas N 1°5'19.73" W 76°41'33.45" a una altura de 829 m.s.n.m. al lado de un puente de madera, lo cual actualmente se encuentra en un estado de deterioro debido a la falta de mantenimiento, además el sitio presenta una vegetación compuesta por una cobertura arbórea y arbustos, el día de visita se presenciaron precipitaciones y un ligero aumento de caudal del río pepino.

En la vereda “El Lagarto” se encuentra el sensor de río Rumiayaco. Se visitó en mismo día que al río Pepino, por lo que las precipitaciones aún se presentaban, con ubicación de

	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 43 de 62

coordenadas N 1°07'09.03" W 76°40'13.39" a una altura de 642 m.s.n.m. de igual forma la localización de este sensor se rodea por una cobertura arbórea de tipo bosque de galería, abierto alto y vegetación secundaria o en transición.

Es de aclarar, que la cuenca del río Mocoa fue de omisión para el presente estudio, ya que la gestión de riesgo no dictaminó puntos críticos para ejercicio de seguimiento a este estudio base, debido a que el sensor de nivel para el respectivo monitoreo del río, fue arrastrado por las corrientes en una creciente del río Mocoa, por lo cual existe reporte de datos a la central hasta el día 23 de diciembre de 2019 a las 14 horas: 19 segundos. Se reinstalará a cargo de la empresa FEDERMAN comunicaciones, después de realizar el segundo mantenimiento del presente año.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 44 de 62

5. Resultados Y Análisis

Con base al estudio realizado, se obtuvo los caudales máximos para cada fuente hídrica, sujeta a seguimiento y monitoreo en puntos de interés definidos por el SAT. A continuación se presentan los resultados y respectivo análisis.


5.1. Río Taruca Y Taruquita (Confluencia)

La quebrada Taruquita deposita sus aguas en el río Taruca, lugar donde se inicia con el monitoreo del río con el sensor de nivel, es decir, a este punto se monitorean ambos caudales de estas fuentes. En la tabla No. 13, se aprecian los caudales máximos con las respectivas alturas y áreas que pueden llegar a ocupar con respecto a la velocidad estimada.

Tabla 13: Cálculos de caudales máximos del río Taruca en el sensor de nivel

Nº	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad media (m/s)	Caudal en sensor (m ³ /s)
1	0.3	2.1472	0.567400275	1.218321871
2	0.6	7.5916		4.307475928
3	0.9	13.5753		7.702628955
4	1.2	20.3031		11.51998453
5	1.5	27.1925		15.42903198
6	1.8	34.2371		19.42613996
7	2.1	41.437		23.5113652
8	2.4	48.792		27.68459422
9	2.7	56.3023		31.94594051
10	3	63.9866		36.30601444
11	3.14	67.6818		38.40267194

Fuente: El presente estudio.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 45 de 62


Como se puede observar, la altura máxima que pueden llegar las aguas del río Taruca es a 3.14 m, ocupando un área de 67.6818 m², el cual corresponde a un caudal máximo de 38.40 m³/s, en estas condiciones ocurre posteriormente el desbordamiento del río, por este motivo el SAT, debe iniciar su activación de prevención antes de llegar al nivel máximo, con el fin de realizar del debido proceso para los estados de alerta.

En la tabla No. 14 y 15, se indican los datos máximos de altura y caudal para estipular activación de alertas en el municipio en el caso de crecientes del río Taruca en sus puntos críticos 1 y 2.

Tabla 14: Cálculos de caudales máximos del río Taruca en el punto crítico No.1

Nº	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad media (m/s)	$h = \frac{Q}{A_n * Vel}$	Caudal (m ³ /s)
1	13.05	0.3	3.2073	0.783835569	0.119104059	2.51399582
2	17.22	0.6	7.7508		0.319127879	6.075352726
3	20.29	0.9	13.3773		0.48431951	10.48560355
4	26.91	1.2	20.2978		0.546151626	15.91013761
5	35.3	1.5	29.6287		0.557620854	23.22402891
6	36.9	1.8	40.459		0.671637877	31.71320327
7	38.51	2.1	51.7702		0.7788958	40.57932416
8	40.09	2.4	63.5596		0.881002497	49.82027521
9	41.68	2.7	75.8251		0.977829198	59.43441038
10	43.27	3	88.5673		1.070450807	69.42219997
11	44.87	3.3	101.7886		1.091893815	79.78552517
12	46.47	3.5	115.4899		1.05429902	90.52509145

Fuente: El presente estudio.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 46 de 62


En el punto crítico No. 1, aumenta el área respecto al punto del sensor (Área: 67.6818 m²) y por ende tiene mayor capacidad para soportar un mayor caudal, con un valor máximo de 90.52 m³/s, aumentando aproximadamente para este punto 52.125 m³/s, ya que este punto tiene un perfil con mayor elevación en sus taludes, en vista de que en el sensor se registran caudales máximos, el nivel de agua en el punto crítico No. 1, marcará una altura de 1.091 m.

Para el punto crítico No. 2, el área se expande por el ancho de la cuenca de cada extremo, de tal forma que cuando en el sensor presente el caudal máximo, el nivel de agua en este punto estará en 2.00 m, es decir, en esta área transversal contiene más capacidad para caudales.

Tabla 15: Cálculos de caudales máximos del río Taruca en el punto crítico No.2

Nº	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad media (m/s)	$h = \frac{Q}{A_n * Vel}$	Caudal (m ³ /s)
1	10.23	0.3	2.385	0.724812757	0.164308707	1.728678425
2	14.25	0.6	6.1108		0.417044278	4.429185794
3	17.17	0.9	10.8238		0.618931882	7.845228316
4	19.01	1.2	16.3064		0.836072522	11.81908674
5	20.31	1.5	22.205		1.048100498	16.09446726
6	21.35	1.8	28.4537		1.255344158	20.62360474
7	22.24	2.1	35.0065		1.458536279	25.37315777
8	22.84	2.4	41.7685		1.672307873	30.27434163
9	23.71	2.7	48.7373		1.858909711	35.32541677
10	24.71	3	56		2.027122539	40.58951438
11	26.46	3.3	63.6749		2.002376659	46.1523798
12	28.2	3.5	71.873		1.878825758	52.09446726
13	29.93	3.8	80.5925		1.770226742	58.41447209
14	30.63	4.02	84.0041		1.729771021	60.8872433

Fuente: El presente estudio.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 47 de 62


5.2. Río Mulato

Esta fuente hídrica cuenta con sensor en la parte alta, ubicado en el puente de la vía, vereda “Chontayaco” y sus puntos críticos estipulados en dos Zonas de la cuenca. En la siguiente tabla se indican los caudales máximos registrados en el sensor de nivel de la cuenca.

Tabla 16: Cálculos de caudales máximos en el río Mulato en el sensor de nivel

Nº	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad media (m/s)	Caudal en sensor (m ³ /s)
1	0.3	0.4938	0.681705503	0.336626177
2	0.6	2.8777		1.961743927
3	0.9	6.7656		4.612146753
4	1.2	11.0573		7.537822261
5	1.5	15.725		10.71981904
6	1.8	20.5771		14.02752231
7	2.1	25.5757		17.43509544
8	2.4	30.721		20.94267476
9	2.7	36.0128		24.55012395
10	3	41.458		28.26214675
11	3.3	47.066		32.08515121
12	3.6	53.176		36.25037184
13	3.9	58.7617		40.05817427
14	4.2	64.8376		44.20014874
15	4.5	71.0288		48.42072385
16	4.8	77.3329		52.71826351
17	5.1	83.7635		57.10203892
18	5.4	90.6693		61.80976078
19	5.7	98.2469		66.9754524
20	6	106.3769		72.51771815
21	6.3	115.3097		78.60725706
22	6.6	125.7128		85.69910759

Fuente: El presente estudio.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 48 de 62

Se aprecia en la sección del sensor una altura del nivel de agua a 6.6 m, debido a que en este punto el río cuenta con taludes con una elevación pronunciada, esta altura se estima ya que en caso de una creciente el sensor es el máximo dato que puede llegar a registrar, es decir, evaluando los 85.70m³/s en caudal.


En las siguientes tablas (No. 17, 18 y 19), se ubicaron los datos de las respectivas alturas, áreas, y caudales máximos.

Tabla 17: Cálculos de caudales máximos en el río Mulato en el punto crítico No.1

Nº	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad media (m/s)	$h = \frac{Q}{A_n * Vel}$	Caudal del punto crítico No1 (m ³ /s)
1	16.14	0.3	4.5413	0.953793981	0.021867029	4.331464604
2	17.95	0.6	9.6702		0.114583817	9.22337855
3	19.43	0.9	15.2772		0.248871829	14.5713014
4	20.52	1.2	21.2905		0.385135861	20.30675074
5	21.41	1.5	27.5854		0.524947908	26.31078847
6	22.57	1.8	34.177		0.65162064	32.59781687
7	23.63	2.1	42.0119		0.77358142	40.07069733
8	24.49	2.4	48.3335		0.896579461	46.10020136
9	25.22	2.7	55.7951		1.020596394	53.21703052
10	25.89	3	63.4607		1.144507175	60.52843366
11	31.15	3.3	72.0143		1.079919696	68.68680585
12	34.67	3.5	78.6114		1.096235967	74.97908012

Fuente: El presente estudio.

En esta zona, disminuye el área considerablemente ya que sus niveles máximos antes del desbordamiento, se efectuaran a una altura de 3.5m; si se comparan a los 12 datos de la tabla No. 16 (en el sensor de nivel), se evidencia que cuando el caudal esté en los 36.25 m³/s, en el punto

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 49 de 62


crítico No. 1 estaría a una altura de 1.096 m, lo cual indica que este punto tendría mayor capacidad para soportar caudales marcados en el sensor según el registro de altura, debido al aumento de área provocada por el ancho del cauce ya que en el sensor a esa altura presenta un área de 19.49 m (Ver en carpeta de anexos), mientras que en este punto se define a 34.67 m.

En la siguiente tabla, se reduce el área debido a que se encuentra en la zona urbana, en sus orillas se aprecian las viviendas por lo que el encauzamiento del río es menor, debido a la adaptación para la comunidad, se aprecia la disminución en la velocidad y de caudal con un total de 44.47 m³/s.

Tabla 18: Cálculos de caudales máximos en el río Mulato en el punto crítico No.2

Nº	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad media (m/s)	$h = \frac{Q}{A_n * Vel}$	Caudal del punto crítico No2 (m ³ /s)
1	8.09	0.3	1.8908	0.830411515	0.050107877	1.570142093
2	11.01	0.6	4.8191		0.214566361	4.001836132
3	12.65	0.9	8.3676		0.439055305	6.948551393
4	13.75	1.2	12.3538		0.660160951	10.25873777
5	14.58	1.5	16.6022		0.885393985	13.78665805
6	15.41	1.8	21.1004		1.096187806	17.52201513
7	16.26	2.1	25.8503		1.291250269	21.46638679
8	17.33	2.4	30.8589		1.455258762	25.6255859
9	18.01	2.7	36.1289		1.641521644	30.00185459
10	18.89	3	41.6663		1.801688998	34.60017531
11	19.77	3.3	47.4613		1.954357719	39.41241004
12	20.65	3.5	53.5237		2.113971106	44.44669681

Fuente: El presente estudio.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 50 de 62


Nuevamente se compararon los 12 datos con los calculados para el sensor de nivel, en este caso el ancho aumenta 1.16 m, lo cual se incrementa su altura a 2.11 m con respecto al primer punto crítico evidenciado en la tabla No. 17.

En el último punto crítico de la fuente hídrica del río Mulato, comprende un área de 68.20 m², debido a que su ancho se extiende a los 24.93 m, con una diferencia de 5.44m del punto en el sensor, ya que en esta zona se amplió y adecua con jarillón para retener el agua en el caso de desbordamientos, lo que hace que el nivel de agua disminuya a 1.92 m de acuerdo al caudal en el sensor en el dato número 12 de la tabla No. 16.

Tabla 19: Cálculos de caudales máximos en el río Mulato en el punto crítico No.3

Nº	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad media (m/s)	$h = \frac{Q}{A_n * Vel}$	Caudal del punto crítico No.3 (m ³ /s)
1	15.13	0.3	4.2992	0.754780275	0.029477348	3.244951359
2	16.47	0.6	9.0668		0.157807695	6.843441798
3	17.25	0.9	14.1251		0.354236637	10.66134686
4	18.05	1.2	19.4204		0.553284042	14.65813485
5	18.85	1.5	24.9559		0.753451943	18.83622107
6	19.67	1.8	30.734		0.944835203	23.19741697
7	20.47	2.1	36.7563		1.128459415	27.74293022
8	21.26	2.4	43.0166		1.305113692	32.46808118
9	22.06	2.7	49.5138		1.474441815	37.37203958
10	22.86	3	56.2512		1.637979187	42.45729621
11	24.1	3.3	63.2956		1.763869724	47.77427038
12	24.93	3.5	68.1994		1.926502803	51.47556189

Fuente: El presente estudio.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 51 de 62

5.3. Rio Sangoyaco


La cuenca del río Sangoyaco presenta dos puntos críticos para su respectivo análisis, los cuales se ubican en la zona urbana de la ciudad.

Tabla 20: Cálculos de caudales máximos del río Sangoyaco en el punto crítico No.1

Nº	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad media (m/s)	Caudal del punto crítico No1 (m ³ /s)
1	0.3	5.4639	0.708159572	3.869313085
2	0.6	15.7974		11.18708002
3	0.9	27.5919		19.53946809
4	1.2	39.7776		28.16888819
5	1.5	52.2873		37.02775199
6	1.8	65.1057		46.10522464
7	2.1	78.2272		55.39734047
8	2.4	91.7065		64.94283579
9	2.7	105.5257		74.72903454
10	3	119.5729		84.67669368
11	3.3	134.0206		94.90797073
12	3.5	149.0358		105.5411283

Fuente: El presente estudio.

El área que representa el punto crítico No. 1, puede contener una alta cantidad de volumen de agua, por esta razón se calculó un caudal máximo de 105.54m³/s, a pesar de que su altura no es considerada, pero tiene aproximadamente 38.19 m según su topografía (Ver en carpeta de anexos), en extensión sobre un eje “x”, además, en la orilla izquierda del río en este punto, no hay presencia de asentamientos humanos susceptibles a desastres que pueden ocurrir por inundaciones o víctimas de avenida torrencial.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 52 de 62

En su punto de interés No. 2, sufre de una drástica reducción del área y por tanto del caudal, sin embargo, se provoca un ligero aumento en su velocidad.

Tabla 21: Cálculos de caudales máximos del río Sangoyaco en el punto crítico No.2

Nº	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad media (m/s)	Caudal del punto crítico No2 (m ³ /s)
1	0.3	3.8652	0.765566519	2.95906771
2	0.6	9.5783		7.332825791
3	0.9	15.9368		12.2006805
4	1.2	22.7607		17.42482987
5	1.5	29.8725		22.86938585
6	1.8	30.0183		22.98100544
7	2.1	37.3901		28.62460871
8	2.4	44.8631		34.34568731
9	2.7	52.4355		40.14286322
10	3	60.1176		46.02402178
11	3.3	67.9059		51.9864835
12	3.5	75.7967		58.02741579

Fuente: El presente estudio.

5.4. Río Pepino

Esta fuente se monitorea únicamente en el punto de ubicación del sensor de nivel. En la siguiente tabla se aplicó el cálculo para determinación del caudal máximo aproximadamente con base a la altura que puede llegar a registrar el equipo, como la cantidad de 211.05 m³/s a la elevación máxima de 5.4 m, considerando un área máxima de 168.3 m², ya que su extensión sobre el eje “x” o su ancho, se aproxima a los 41.03 m, con el cual tiene capacidad de soportar grandes volumen de agua en su cauce hasta la altura definida como máxima.


 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 53 de 62


Tabla 22: Cálculos de caudales máximos en el río Pepino en el sensor de nivel

Nº	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
1	0.3	1.0385	1.253799392	1.302070669
2	0.6	4.704		5.89787234
3	0.9	9.717		12.18316869
4	1.2	15.4384		19.35665653
4.1	0.04	0.0406		0.050904255
4.2	0.14	0.0824		0.10331307
4.3	0.30	0.8134		1.019840425
5	1.5	24.952		31.28480243
6	1.8	34.1683		42.84019377
7	2.1	43.8343		54.95941869
8	2.4	54.2845		68.0618731
9	2.7	65.1074		81.63161853
10	3	76.0596		95.36348024
11	3.3	87.1415		109.2579597
12	3.6	98.3521		123.3138032
13	3.9	109.6926		137.5325152
14	4.2	121.1621		151.9129673
15	4.5	132.7609		166.4555357
16	4.8	144.4891	181.1603457	
17	5.1	156.3463	196.0268959	
18	5.4	168.3331	211.0559384	

Fuente: El presente estudio.

5.5. Río Rumiayaco

El punto de interés en esta cuenca se posiciona en la vereda “Bohío”, mismo donde se ubica el sensor de nivel para el perteneciente monitoreo del río Rumiayaco, el ancho de la cuenca en el punto crítico cuenta con aproximadamente 38.18m de extensión, además de que su altura máxima es de 4.2 m, ya que es definida por el talud derecho del cauce, es decir, la altura máxima


 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 54 de 62

que el equipo puede llegar a registrar en caso de crecientes, ya que a partir de este nivel, se provocaría el desbordamiento del río en el talud de menor altura.

Tabla 23: Cálculos de caudales máximos en el río Rumiayaco en el sensor de nivel

N°	Altura (m)	Área (m ²)	Velocidad media (m/s)	Caudal (m ³ /s)
1	0.3	1.5044	0.95155709	1.43152249
2	0.6	4.3539		4.14298443
3	0.9	8.9173		8.48532007
4	1.2	14.0308		13.3511073
5	1.5	19.5088		18.563737
6	1.8	25.3512		24.1231142
7	2.1	31.558		30.0292388
8	2.4	38.1292		36.2821107
9	2.7	45.0652		42.8821107
10	3	52.5391		49.9939533
11	3.3	57.4518		54.6686678
12	3.6	69.1205		65.7721021
13	3.9	78.1304		74.3455363
14	4.2	87.3256		83.0952941

Fuente: El presente estudio.


 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 55 de 62

Conclusiones

El estudio base de estos puntos críticos proporciona la garantía para una apertura a la reducción del riesgo y la respuesta inmediata ante los fenómenos naturales que generen riesgo de acuerdo a los drásticos cambios de caudales en las cuencas sujetas al presente estudio, impactando adversamente a la población de Mocoa.

El caudal máximo en ciertos perfiles se definen por altura dependiendo de la forma del terreno, es decir, cuando el perfil del área transversal llega al punto de desbordamiento, a diferencia de otros puntos de interés, en las que el caudal máximo depende de la altura del sensor, ya que la altura del perfil del área puede ser mucho mayor a la que se encuentra el sensor, por lo que el equipo registra niveles máximos antes del arrastre de la corriente. Algunos puntos tienen esta ubicación estratégica, según los criterios tomados por FEDERMAN Comunicaciones, quien es la empresa encargada de la instalación y mantenimiento de los equipos pertenecientes al SAT, operando desde el año 2017.


Estos caudales determinados por los cálculos realizados y expuestos en los resultados, estipulan niveles de alerta para la activación del SAT con anterioridad a los máximos caudales, para iniciar con la respectiva comunicación a evacuación de la comunidad que se pueda ver afectada por el riesgo a presentar en caso de creciente súbita de estas cuencas.

	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 56 de 62

En el casco urbano las cotas se encuentran a una menor altura, pero el talweg en ciertos puntos disminuye sus curvas de nivel pese a sus cotas bajas, es decir, existe mayor extensión en el área, por lo que en estos puntos los niveles de alerta deben ser más estrictos.

En las áreas de cada punto crítico, el estudio de su cobertura es fundamental para conocimiento de protección vegetal con la que puede ser base de estudio para mitigar el riesgo y la propia protección de la fuente hídrica.

Actualmente, con el funcionamiento del SAT, el trabajo comunitario es objetivo para seguir preparando a la población de Mocoa con el fin de disminuir pérdidas de vidas humanas, pérdidas económicas y ambientales en el momento de afrontar una emergencia.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 57 de 62


Recomendaciones

En el casco urbano, se evidencia áreas con una capacidad mayor de soportar caudales, sin embargo la población a sus alrededores se incrementa radicalmente, por lo que se hace necesario implementar obras de mitigación sólidas para salvaguardar la vida de la comunidad expuesta a estos riesgos, con enfoque a la prevención.

En el marco de la ley 1523 de 2012, municipio debe actualizar el Plan de Ordenamiento Territorial, para identificar aquellas áreas pobladas susceptibles al riesgo de desastre en caso de eventos como avenidas torrenciales o desbordamiento, a partir de su clasificación de suelos de acuerdo a la ley 388 de 1997, vigente para la nación o aquella que la modifique o derogue, asimismo, integrando en el cumplimiento del decreto 1807 de 2014 “por el cual se reglamenta lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones”.


Actualizar información de estudios topográficos de estos sitios, a causa de constantes cambios que sufre la superficie del suelo debido a la socavación que se genera en las creciente que normalmente se presentan, lo cual cambian perfiles, áreas y por lo tanto caudales. Por este motivo, una vez expuesto el presente estudio base, se recomienda una actualización constante para monitorear el comportamiento de cada fuente de interés.

Además de la actualización, se recomienda a la alcaldía de Mocoa realizar el levantamiento de los perfiles en los puntos equipados con sensor de nivel, como en el caso de la

	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 58 de 62

fuente hídrica del río Sangoyaco en la parte alta de la cuenca y de los puntos críticos identificados en el presente estudio base, para obtener mayor precisión en la topografía.

Realizar seguimientos constantes de velocidades a diferentes circunstancias ambientales, de cada punto de interés para obtener mayor precisión en los datos de caudales, de tal forma que se predetermine niveles de alerta con mayor eficiencia, para la activación a tiempo del SAT, y en general de los cálculos establecidos, por ello se debe disponer también de actualización.

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 59 de 62

Referencias Bibliográficas

ⁱ Hermelín, M. (2005). Desastres de origen natural en Colombia, 1979-2004. Universidad Eafit.

ⁱⁱ Vásquez, J., Gomez, I., & Martínez, H. (2018). La avenida torrencial de Mocoa, Putumayo, ejemplo de una retrospectiva sin punto final en la gestión del riesgo de desastres detonados por eventos naturales?. Revista de Derecho, (50), 145-186.

ⁱⁱⁱ OPS. (2011). El fenómeno de la niña estragos en Colombia.


^{iv} Mundial, B. (2012). Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas.

^v Lozano Espitia, R. O., & Flautero Murillo, G. A. Propuesta metodológica para la individualización y localización de áreas con potencial de riesgo natural alto, como instrumento para la gestión de medidas y toma de decisiones para la intervención del territorio.

^{vi} Semana sostenible. (2017). ¿Cuánto le ha costado a Colombia los desastres naturales de origen natural? . Recuperado de: <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/costo-de-los-desastres-de-origen-natural-en-colombia/37528>

^{vii} Prüssmann J., Suárez C. & Chaves M.(2017). Atlas de oportunidades de conservación en el bioma amazónico bajo consideraciones de cambio climático. Iniciativa Visión Amazónica. Redparques, WWF, FAO, UICN, PNUMA, Cali (Colombia).

https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/atlas_de_oprtunidades_de_conservacion_en_el_bioma_amazonico_bajo_consideraciones_de_camb.pdf

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 60 de 62

^{viii} Mundial, B. (2012). Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas.

^{ix} Cardona, O. D. (2007). Información para la gestión de riesgo de desastres: Estudio de caso de cinco países: Colombia (No. 25930). Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

^x Mundial, B. (2012). Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas.

^{xi} INFORM (2020). INFORM Severity Index - Septiembre de 2020.

<https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/inform-index>


^{xii} Duque Escobar, G. (2019). Gestión del riesgo natural y el caso de Colombia. [presentación de diapositivas]. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1699/1/gonzaloduqueescobar.20089.pdf>

^{xiii} Caballero, A. (2011). Las avenidas torrenciales: una amenaza potencial en el valle de Aburrá. *Gestión y Ambiente*, 14(3), 45-50.

^{xiv} Congreso de Colombia (6 de abril de 2017). Por el cual se declara el Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica en el municipio de Mocoa. [Decreto 601 de 2017]. DO: 50.198.

Recuperado de:

<https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20601%20DEL%2006%20DE%20ABRIL%20DE%202017.pdf>

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO</p> <p>El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 61 de 62

^{xv} Domínguez, E., & Lozano, S. (2014). Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 38(148), 321-333.

^{xvi} Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD. (2016). Fenómeno El Niño: Análisis Comparativo 1997-1998//2014-2016. <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/>

^{xvii} Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD. (2016). Guía para la Implementación de Sistemas de alerta temprana.


<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/18505/VOL-9-GUIA-PARA-LA-IMPLEMENTACION-DE%20SISTEMAS-DE-ALETA-TEMPRANA.pdf?sequence=18&isAllowed=y>

^{xviii} Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD (2017). Boletín informativo No. 256: Reconstrucción en Mocoa sigue avanzando.

https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/24998/Boletin_de_prensa_N_256.pdf?sequence=2&isAllowed=y

^{xix} Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres., Universidad Pontificia Javeriana (2018). Instructivo De Capacitación Respecto Al Sistema De Alerta Temprana Para Avenidas Torrenciales Y Crecientes Súbitas En Las Microcuencas De Los Ríos Mulato, Sangoyaco Y Quebradas Taruca Y Taruquita Del Municipio De Mocoa.

https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/27207/Productos_Mocoa13_Instructivo_SAT.pdf?sequence=13&isAllowed=y

 <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PUTUMAYO El Saber como Arma de Vida</p>	MACROPROCESO: MISIONAL	F-INV-043
	PROCESO: INVESTIGACIÓN	Versión: 01 Fecha: 08-04-2018
	FORMATO: INFORME FINAL DE LA PASANTÍA	Página 62 de 62

RDO. 25 – 11 – 2020

