ESTUDIO HIDROLOGICO



PROYECTO:

"PREVENCION DE DESASTRES MEDIANTE LA DESCOLMATACION MECANICA DE LA QUEBRADA EL SABALO, DEL CASCO URBANO EN LOS BARRIOS SABALITO, HELICONIAS, LIBERTAD 2, PALMAS, ROSAS, DIVINO NIÑO, VILLA DEL CARMEN, MUNICIPIO DE ORITO, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO"

Municipio de Orito, Marzo 2024

Geofals.a.s@gamail.com
DG 8 N. 5-75 Barrio El Vergel-Orito-Putumayo
Tel 098 4290509 Cel. 3213944154-3214494806

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

2.2 ESPECIFICOS

3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

3.1 LOCALIZACION

3.2 TOPOGRAFIA

4. ESTUDIOS BÁSICOS

4.1 ANALISIS HIDROLOGICO

4.1.1 Caracterización Morfométrica

4.1.2 Datos de Precipitación

4.1.2.1 Registros Históricos de Precipitación

5. CALCULO DE DATOS DE CAUDALES

5.1 CALCULO DE CAUDALES MAXIMOS

5. 2 PERFIL TOPOGRÁFICO

6. RESULTADOS

6. 1 CALCULO DE TIEMPOS DE RETORNO A PARTIR DEL CAUDAL MAXIMO

6. 2 REPRESENTACION GRÁFICA DE LOS NIVELES CALCULADOS

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

INTRODUCCIÓN

La cuenca del quebrada el sabalo presenta gran cantidad de agua en forma de ríos, quebradas, humedales y caños, factor que hace de ésta, una riqueza natural que requiere de diferentes estudios para el aprovechamiento de los diferentes recursos que interactúan entre sí, principalmente el agua.

El presente informe consta de un estudio Hidrológico, el cual se efectúa como parte del proyecto **"PREVENCIÓN DE DESASTRES MEDIANTE LA DESCOLMATACION MECÁNICA DE LA QUEBRADA EL SÁBALO DEL CASCO URBANO, EN LOS BARRIOS SABALITO, HELICONIAS, LIBERTAD 2, PALMAS, ROSAS, DIVINO NIÑO, VILLA DEL CARMEN, MUNICIPIO DE ORITO, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO".**

El estudio tiene como punto Central la determinación del caudal máximo de avenida del quebrada el sabalo, para un periodo de recurrencia de 500 años, el cual debe ser compatible con la vida útil esperada de la descolmatación de puntos específicos los cuales serán intervenidos para evitar la inundación en el municipio de orito.

Para el caso de este estudio, se hace un análisis hidrológico, con el objeto de determinar el comportamiento de la dinámica natural del quebrada el sabalo, en el sectores urbanos del municipio de orito, con el fin de realizar la descolmatacion y estabilización o protección, debido a que en los últimos cinco (5) años, ésta quebrada ha venido atacando barrios (sabalito, heliconias, libertad 2, palmas, rosas, divino niño, villa del Carmen, poniendo en riesgo de inundacion a por lo menos 60 viviendas, Además la quebrada que forma para del rio orito aguas abajo, no cuenta con estaciones meteorológicas y para poder solucionar este problema, se ubicaron espacialmente todas aquellas estaciones hidrológicas y climatológicas existentes sobre el área de influencia de la quebrada; producto de este análisis se encontró que la Estación Puerto Asís localizada en las coordenadas Latitud 00°30'N y Longitud 076°26'W y a 255 m.s.n.m., cerca al sitio de estudio, proporciona datos de precipitación suficientemente confiables para el análisis.

Tomando en cuenta que el objetvo primordial de este edtudio es el de obtener el caudal máximo y por ende su nivel máximo para la corriente del quebrada el sabalo y así determinar la profundidad para la descolmatacion sin afectar el lecho de la quebrada, que ayude a proteger las vivendas de los barrios en mension, se escogió como referencia los datos de precipitación correspondientes a los años entre 1989 a 2011 de la Estación Puerto Asís, es decir de 22 años y son datos reflejan las condiciones climatologicas, que ayudan a determinar la capacidad de caudal y niveles que tiene del quebrada el sabalo en el sitio de estudio de la obra.

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Describir el comportamiento hidráulico del quebrada el sabalo para el tramo casco urbano, en los barrios (sabalito, heliconias, libertad 2, palmas, rosas, divino niño, villa del Carmen, donde se va a realizar descolmatacion sin afectar el lecho de la quebrada, sector urbano del municipio

de Orito, con el fin de estimar el caudal y nivel máximo para un tiempo de retorno de 100 y 500 años.

2.2 ESPECIFICOS

- Determinar los parámetros morfométricos de la microcuenca a partir de ArcGis 10.
- Determinación de los caudales máximos instantáneos de crecida para periodos de retorno de: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 100 y 500 Años, en base a información de precipitación y utilizando el método de Gumbel, complementado con el software HEC-RAS.
- Determinar la altura máxima del nivel de agua del quebrada el sabalo a partir del caudal máximo en el tramo de interés, con el fin de proporcionar elementos al diseño de la obra civil de estabilización y que a su vez será de protección.

3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

3.1 LOCALIZACION

En el Municipio de Orito hay 124 veredas, y 18 resguardos indígenas entre los cuales se destacan las etnias Embera-Katio y Awa La Cristalina, Cañaveral-Miraflores, Los Guaduales y Selva Verde.(POT Municipio de Orito 2012)

El área de interés donde se va realizar la descolmatacion de la quebrada el sabalo, se localiza en siete (7) puntos especificos, sobre las coordenadas planas:

- punto de inicio barrio sabalito - punto inicial 1.022.317 E y 564.989 N, punto final 1.022.551 E y 564.861 N
- punto de inicio barrio heliconias - punto inicial 1.022.570 E y 564.866 N, punto final 1.022.885 E y 564.793 N
- punto de inicio barrio libertad 2 - punto inicial 1.023.165 E y 564.180 N, punto final 1.023.559 E y 564.274 N
- punto de inicio barrio palmas - punto inicial 1.023.690 E y 564.301 N, punto final 1.023.750 E y 564.080 N
- punto de inicio barrio rosas - punto inicial 1.023.926 E y 563.863 N, punto final 1.023.991 E y 563.798 N
- punto de inicio divino niño - punto inicial 1.024.093 E y 563.693 N, punto final 1.024.474 E y 563.563 N
- punto de inicio barrio villa del carmen - punto inicial 1.024.634 E y 563.550 N, punto final 1.024.932 E y 563.646 N

Los puntos se encuentra en el casco urbano del municipio de Orito, Departamento del Putumayo, como se indica en las siguientes figuras.

Figura 1. Localización de la obra de descolmatacion (AREA DE ESTUDIO) casco urbano municipio de orito.

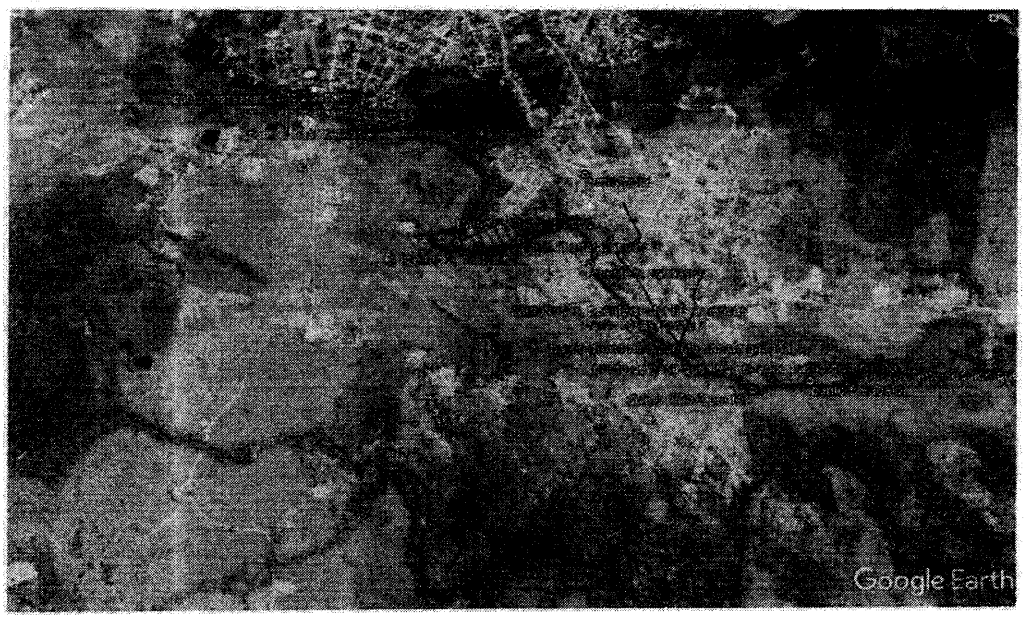
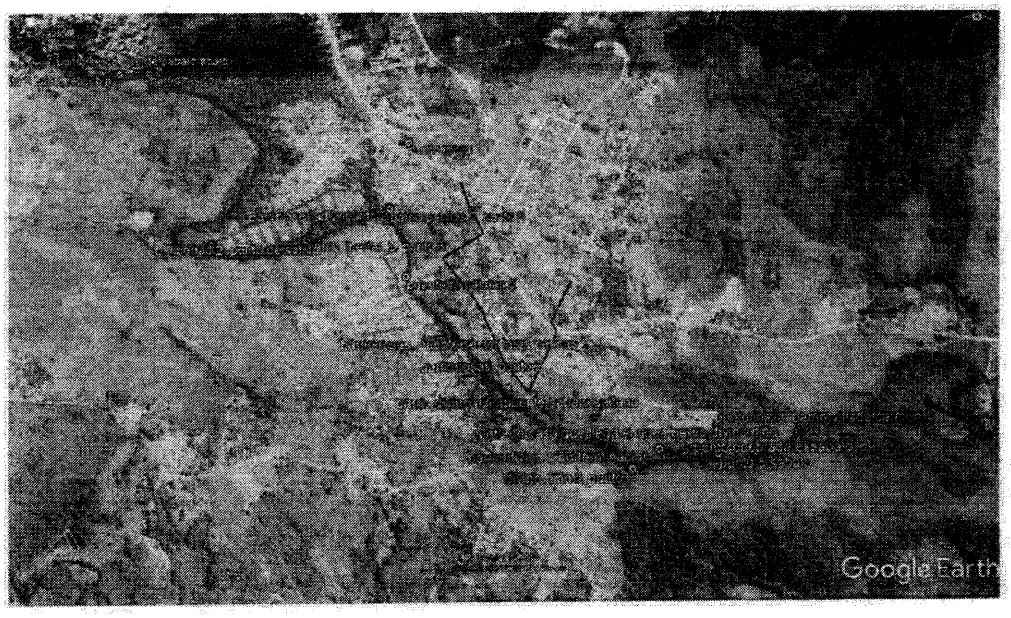


Figura 2. Localización del Área de Estudio, barrio **sabalito, heliconia localización de punto**.



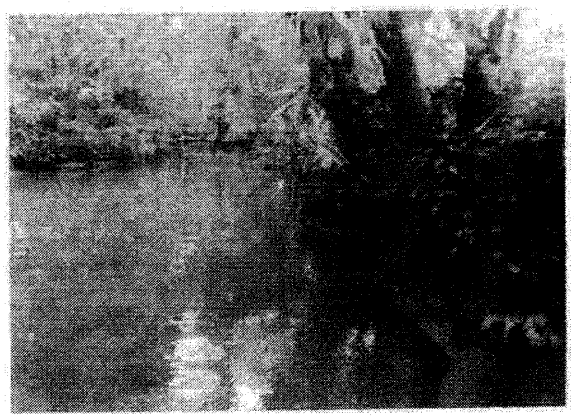
Figura 3. Localización del Área de Estudio, barrio **libertad 2, palmas, rosas, divino niño, villa del Carmen localización de punto**.



3.2 TOPOGRAFIA

Con el objetivo de implementar un modelo de simulación hidráulico para el quebrada el sabalo, en el sitio donde se va a realizar la descolmatacion de la quebrada el sabalo, durante el mes de abril de 2021 se realizó un levantamiento topográfico con curvas de nivel cada 1 metro, con el objeto de determinar la máxima altura del nivel de agua.

Figura 4. Registro fotográfico, La fuerte dinámica de la quebrada el sabalo en temporada invernal, ha afectado siete (7) puntos especificos.



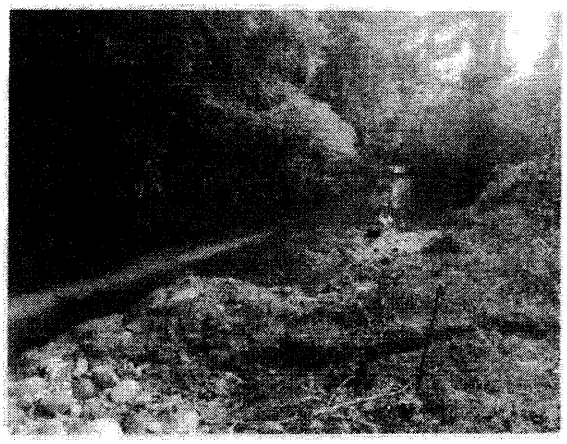








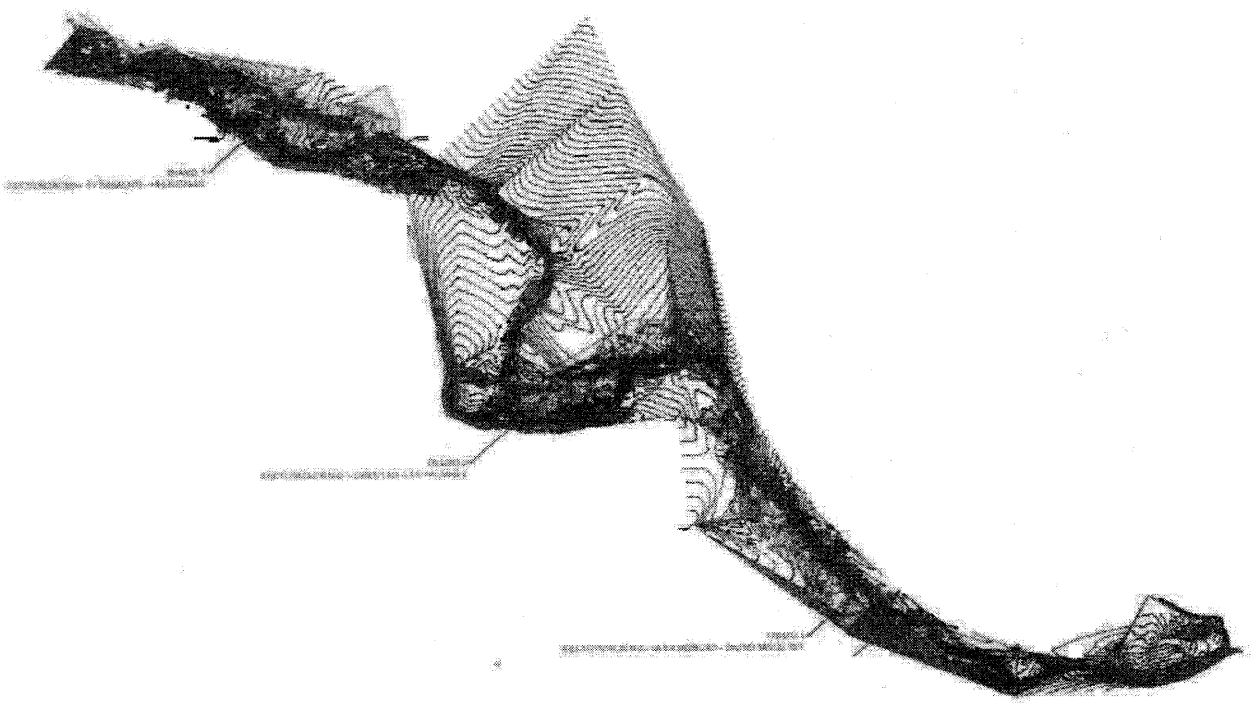




Con la ayuda de una estación total, permitió representar la morfología del cauce de la quebrada el sabalo, a través de la materialización de tres (3) perfiles transversal, donde las curvas de nivel se encuentran espaciadas cada 10 m. La batimetría se realizó dando cumplimiento a los requerimientos técnicos para obras Hidráulicas para levantamientos topográficos. Como resultado se obtiene un plano de planta, perfiles transversales y longitudinales de la quebrada el sabalo, en los cuales se encuentra representado el lecho del mismo en el área de interés.

Figura 5. Plano de Curvas de nivel levantadas sobre el sitio de proyección, que ayudan a determinar la altura máxima del nivel de agua.



La linea rojo representa el nivel actual del quebrada el sabalo, en el momento de la visita.

Figura 6. Plano de Curvas de nivel levantadas sobre el sector 1 que comprende los barrio sabalito y heliconias, casco urbano del municipio de orito, que ayudan a determinar la altura máxima del nivel de agua.

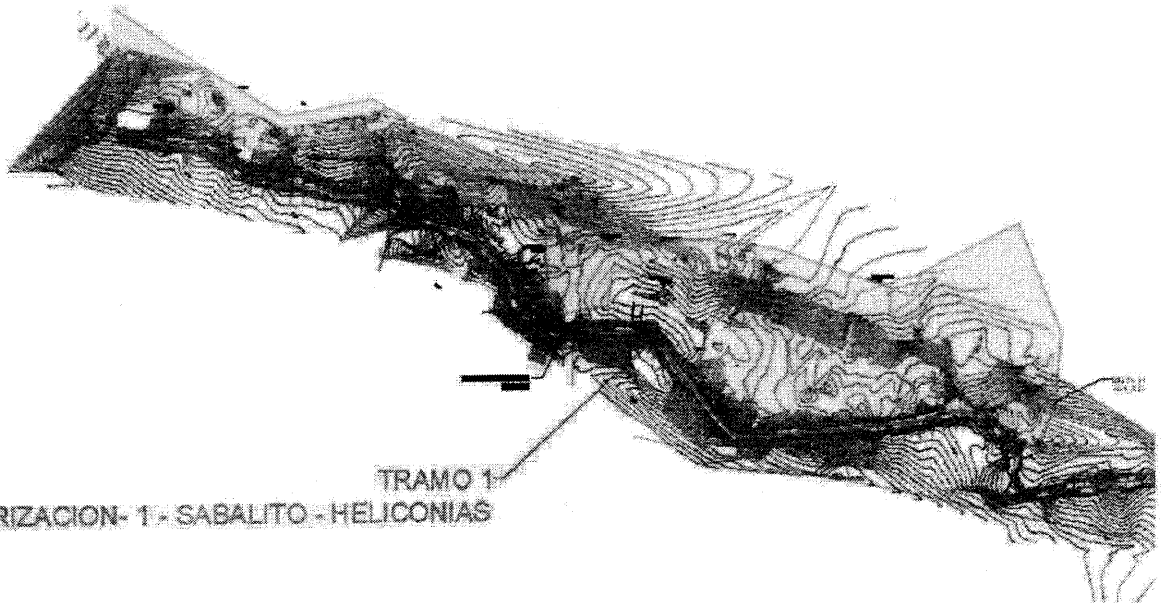


Figura 7. Plano de Curvas de nivel levantadas sobre el sector 2 que comprende los barrio libertad y las palmas 2, casco urbano del municipio de orito, que ayudan a determinar la altura máxima del nivel de agua.

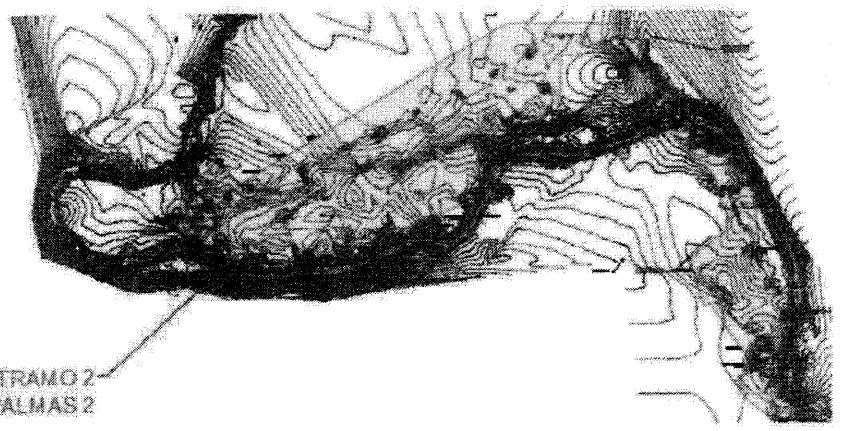
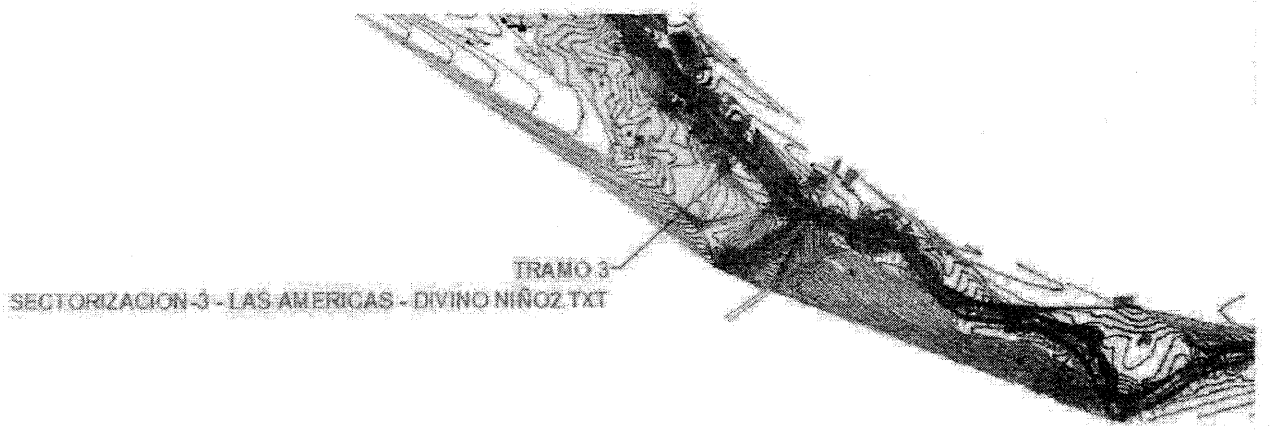


Figura 8. Plano de Curvas de nivel levantadas sobre el sector 3 que comprende los barrio las americas y divino niño, casco urbano del municipio de orito, que ayudan a determinar la altura máxima del nivel de agua.



4. ESTUDIOS BÁSICOS

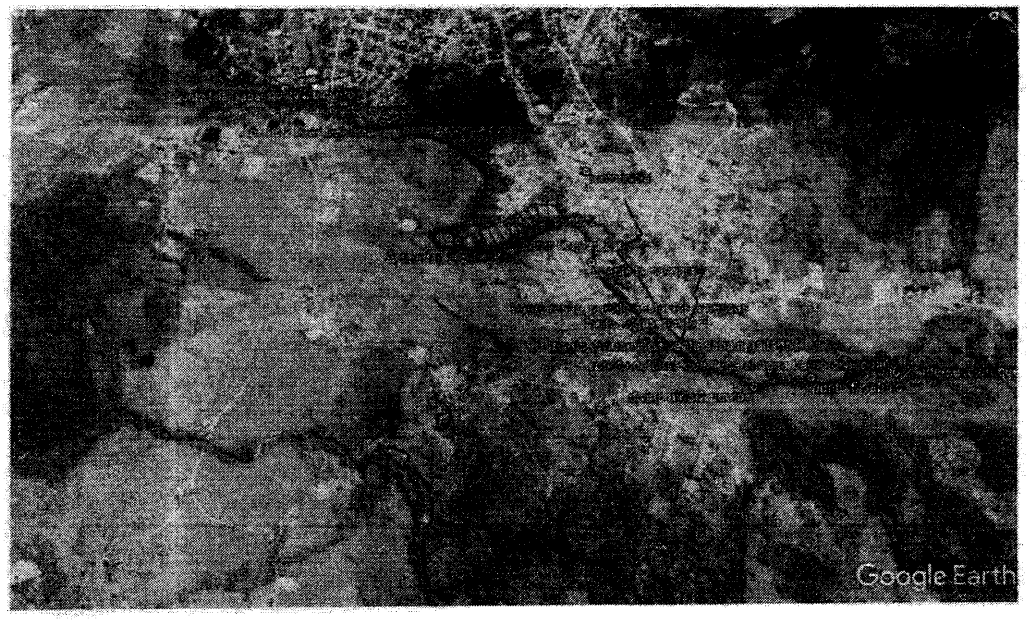
4.1 ANALISIS HIDROLOGICO

4.1.1 Caracterización Morfométrica

Para tener una idea del comportamiento natural de la quebrada el sabalo, hasta el área de estudio, se realizaron algunos cálculos morfométricos, los cuales permiten percibir de manera general y teórica la distribución y el comportamiento del agua superficial sobre el terreno.

De esta manera es posible interpretar los procesos naturales de carácter hídrico que representan beneficios o perjuicios a las diferentes obras de infraestructura que residen en el área de influencia de esta microcuenca. Los parámetros morfométricos se analizaron a través del software ArcGis 10 y HEC-RAS 4.1, apoyados con la Base Cartográfica del IGAC presentada en formato DWG de AutoCAD 13.

Figura 9. Delimitación de la quebrada el sabalo, afluente del río Putumayo, municipio de Orito.



De acuerdo con Arboleda 1977[1], se denomina morfometría a la caracterización cuantitativa de determinados rasgos de la superficie terrestre. Para Vásquez (1995)[2], los parámetros morfométricos (forma, longitud, ancho, área, etc.) ayudan a un mayor conocimiento y comprensión de las cuencas y contribuyen a la diferenciación de las mismas.

A continuación se presenta la metodología utilizada para obtener los diferentes parámetros morfométricos utilizados para esta caracterización, ayudados con el plano de la figura 5 y el software ArcGis 10, AutoCAD 2021 y HEC-RAS 4.1.

- **Parámetros de Forma**

La forma de la microcuenca determina la velocidad con la cual el agua llega al cauce principal, siguiendo su curso desde el nacimiento hasta la confluencia o desembocadura. Este parámetro permite conocer dimensiones como el ancho, el largo, su perímetro, área, como también otros factores que determinan la hidrología de la Corriente.

[1] ARBOLEDA, Jorge A. Determinación práctica de las principales características físicas de una cuenca hidrográfica sobre el régimen. Medellín. Seminario (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 1977. 55 p.

[2] VÁSQUEZ V., Guillermo L. Fundamentos de manejo de cuencas hidrográficas para líderes campesinos. Medellín: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - Corantioquia, 1995. 139p.

Cuadro 1. Valores de los parámetros de forma para la microcuenca de la quebrada el sabalo.

Microcuenca Hidrográfica	Área (A) km2	Perímetro (P) km	Longitud (Lx) km	Ancho Promedio Ap (km)	Factor Forma Ff	Coeficiente Compacidad kc	Índice Asimétrico Ix	Pendiente media del cauce	Tiempo de concentración (minutos)
Quebrada el sabalo	30.806 972	7.25854	2.20818	0.00663	0,00296	1,58	1,00	5,0%	23,9037

- **Área (A):** Medida de la superficie de la cuenca, encerrada por la divisoria topográfica. Se considera como la superficie fuente que contribuye a la captación de aguas lluvias que aportan la escorrentía superficial de una microcuenca; entre más grande sea el área de la cuenca, mayor tiempo necesitará el pico de crecidas en pasar por un punto determinado y necesariamente sucede que las crecidas son menores cuando aumentan en tamaño. En términos relativos y de acuerdo al área, una microcuenca puede catalogarse como grande, mediana o pequeña.

Para los casos de la microcuenca de la quebrada el sabalo, se puede decir que en general se clasifican como microcuencas de tamaño pequeño ya que poseen un área menor de 10 Km2.

- **Factor forma (Ff) = Ap/Lx**. Expresa la relación entre el ancho promedio y la longitud axial. Este índice da alguna indicación de la tendencia de la microcuenca hacia las crecidas. Así, las cuencas con factores forma bajos, son menos propensas a tener lluvias intensas y simultáneas sobre su superficie que un área de igual tamaño con un factor forma mayor, los factores forma van de 0 a 1.

Figura 10. Nivel alcanzado por el quebrada el sabalo, en temporada invernal; el nivel actual es de 1.8 metros, a abril de 2021 y puede subir en conejeras un metro de altura.



Siendo el factor forma de 0,077 o sea un factor forma bajo, se deduce que la microcuenca es poco susceptible a la presencia de eventos torrenciales; pero según los moradores y lo observado en campo en cuanto a los niveles alcanzados por la quebrada el sabalo en temporada invernal, deduce un alto caudal, tal como se indica en la figura anterior.

- **Coeficiente de Compacidad (Kc) = P/2√π·A**: Es el valor resultante de dividir el perímetro de la cuenca por el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Este coeficiente está relacionado estrechamente con el tiempo de concentración, que es el tiempo que tarda una gota de lluvia en moverse desde la parte más lejana de la cuenca hasta el desagüe, en este momento ocurre la máxima concentración de agua en el cauce, puesto que están llegando gotas de lluvia de todos los puntos de la microcuenca. Se distinguen tres clases de formas:

Cuadro 2. Diferentes tipos de forma en relación a su Kc

CLASE DE FORMA	RANGOS DE KC	FORMA
Clase 1 (kc1)	1,00 – 1,25	Casi redonda a oval redonda
Clase 2 (kc2)	1,26 - 1,50	Oval redonda a oval - oblonga
Clase 3 (kc3)	1,51 - 1,75	Oval – oblonga a rectangular– oblonga

Fuente: Henao (1988).

A medida que el Kc tiende a 1, o sea cuando la cuenca tiende a ser redonda, aumenta la posibilidad de aparición en la microcuenca a las crecidas, porque las distancias relativas de los puntos de la divisoria con respecto al central, no presenta diferencias mayores y el tiempo de concentración se hace menor; por lo tanto será mayor la probabilidad de que las crecidas sean continuas.

El valor de Kc es de 1,58 que corresponde al rango de Kc3; por lo tanto la microcuenca del quebrada el sabalo, tiene una forma Oval – oblonga a rectangular– oblonga, lo que significa que el grado de susceptibilidad a las crecidas es bajo; lo anterior no refleja el nivel de agua alcanzado en temporadas de invierno, pero cabe señalar que los ríos de Piedemonte Amazónico, presentan por lo general eventos torrenciales de gran magnitud, presentando periodos de retorno cada 10 años, los cuales han inundado grandes áreas aledañas a los cauces y estos eventos son los que han modelado el paisaje de la parte alta y plana del municipio de Orito, tal como se observa en la figura 10, generando en periodos de invierno deslizamientos hacia el talud derecho aguas abajo y como consecuencia agrietamientos y pérdida de cobertura vegetal.

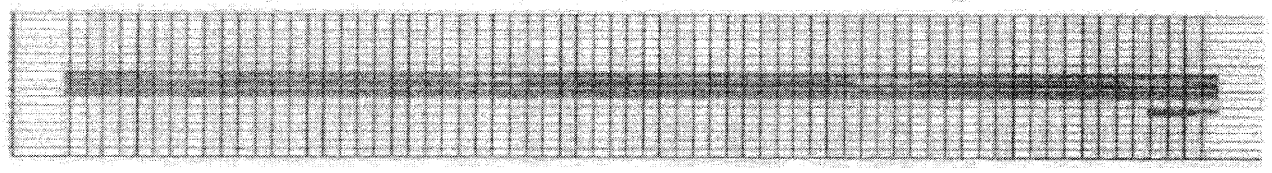
- **El Índice Asimétrico (Ix)**: se obtiene de la relación entre el área de la vertiente mayor o más extensa y la vertiente menor o menos extensa. Como el índice resultante es un número bastante separado de la unidad, se da a entender que la microcuenca es altamente asimétrica, o sea que el talweg principal se encuentra en el centro de la microcuenca, presumiéndose un recargo de la red de drenaje. Generalmente la vertiente presenta mayor pendiente y por tanto, mayores problemas de erosión.

Para la microcuenca, como el índice resultante es 1.00, se da a entender que la microcuenca no presenta una forma asimétrica, o sea que el talweg principal se encuentra en el centro de la microcuenca.

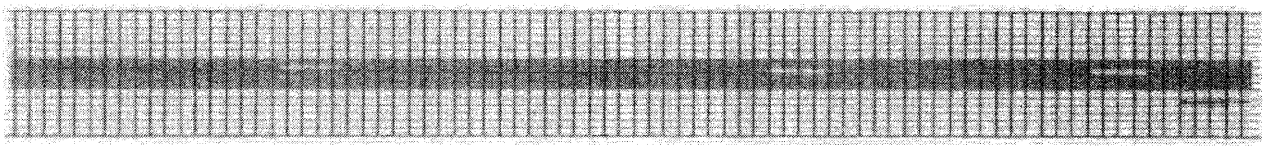
- **Calculo de la Pendiente media del cauce principal**. Se obtiene de la relación entre la altura máxima y la altura mínima, en una longitud de 300 metros aguas arriba y aguas abajo del sitio del área de estudio; para obtener este valor, se utilizó un perfil longitudinal; el cual da un valor de pendiente de aproximadamente 5.0%, tal como se indica en la figura 7.

Figura 11. Cáluculo de la pendiente en una dstancia de 300 metros, sobre el cauce de la quebrada; dando una pendiente de 5%

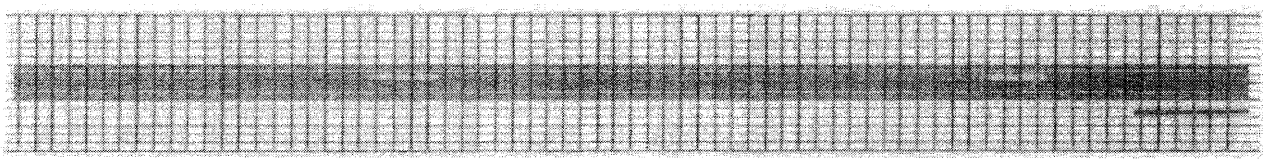
Perfil longuitudinal sector 1 que comprende los barrio sabalito y heliconias.



Perfil longuitudinal sector 2 que comprende los barrio libertad y las palmas 2.



Perfil longuitudinal sector 3 que comprende los barrio las americas y divino niño.



- **Patrón de drenaje.** Se determina a través del reconocimiento del tipo de ramificación de la red de drenaje, es decir, de la forma como los tributarios se unen a la corriente principal, teniendo en cuenta el ángulo de incidencia de los tributarios de menor orden hacia los de mayor orden; corresponde a la distribución estructural de los hilos de agua sobre la superficie de la microcuenca, indicando la información relevante de la roca madre, materiales del suelo y subsuelo y geomorfología con la cantidad de agua que circula sobre la superficie de la microcuenca.

En la microcuenca se han identificado el patron de drenaje **Dendrítico**: Es uno de los patrones más comunes, y es el más asociado con áreas de litología uniforme, horizontal o muy suavemente con estratos inclinados, y con bajo relieve. Contienen una multitud de pequeñas ramas de corrientes, las cuales se unen unas con otras usualmente en ángulos regularmente agudos, alimentando la longitud del cauce principal. Se forman normalmente en materiales con granulación fina, permeabilidad baja, topografía horizontal y pendientes suaves, rocas duras y homogéneas resistentes a la erosión y corren en todas las direcciones.

- **Tiempo de concentración (Tc)** Es el tiempo que idealmente gastaría una gota de agua en recorrer la distancia comprendida desde el punto más extremo de la microcuenca, hasta el desagüe final (346 msnm; 332 msnm). El valor obtenido se calcula en 23.9037 min, representando un valor alto teniendo en cuenta la longitud del cauce que corresponde a 0.73099 km. En general los eventos fluviotorrenciales presentados en esta microcuenca corresponden a represamientos que se forman en su mayoría en la parte alta, y que al llegar al sitio de estudio presentan amenaza por inundación, debido a la altura del talud, la composición litológica (VER ESTUDIO GEOLÓGICO) del área de interés y la altura del talud facilitan en temporada invernal, la desestabilización del talud; permitiendo que cada vez que haya una creciente, aumente el área crítica a causa del aumento de la velocidad e igualmente de la carga de sedimentos, los cuales atacan principalmente al talud.

4.1.2 Datos de Climatológicos-Precipitación

4.1.2.1 Registros Históricos de Precipitación

Base de Datos de Precipitación y Temperatura para el Departamento de Putumayo
Estación Puerto Asís 00°30'N 076°26'W 255 m.s.n.m.m.
Fuente: IDEAM-CORPOAMAZONIA
Precipitación (mm)
Periodo: 22 años

Cuadro 3. Datos de precipitación promedio mensual en mm, para un periodo de 22 años.

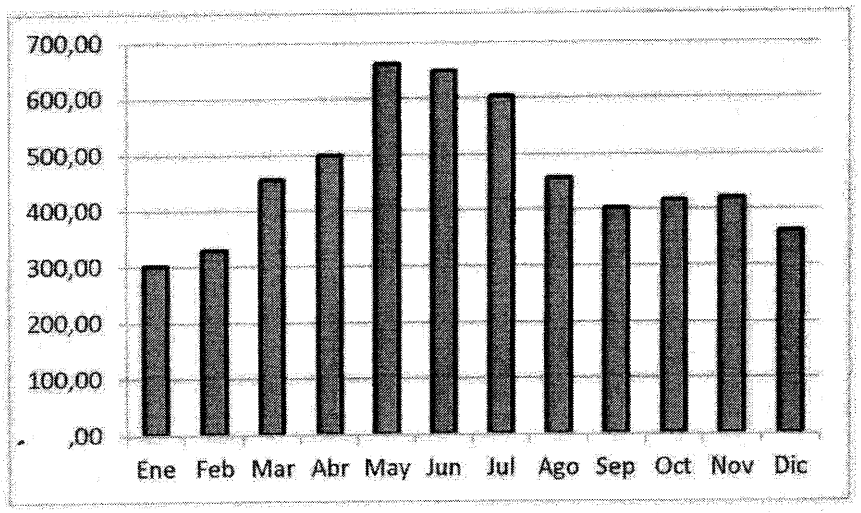
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic
1989	325,0	250,0	290,0	350,0	401,0	485,0	503,0	206,7	203,3	409,9	206,3	48,1
1990	585,3	231,4	350,3	469,4	609,5	703,4	296,1	355,3	396,9	269,9	358,6	598,2
1991	146,8	390,4	383,6	371,0	577,6	521,1	499,9	333,9	485,1	272,4	318,9	208,0
1992	86,6	164,3	360,9	370,1	294,2	504,5	624,1	600,7	335,2	295,3	206,4	193,9
1993	120,0	205,0	295,0	251,0	532,5	600,0	586,0	502,0	332,0	415,0	561,0	305,0
1994	214,0	304,0	518,0	850,0	719,0	485,0	537,0	468,0	330,0	442,0	352,0	583,0
1995	173,0	302,0	356,0	520,0	583,0	482,0	581,0	354,0	301,0	516,0	532,0	620,0
1996	298,1	297,3	245,8	318,7	432,0	654,0	642,0	409,0	577,0	399,0	620,0	392,0
1997	322,0	276,0	320,0	691,0	1.111,0	710,0	775,0	486,0	536,0	812,0	627,0	680,0
1998	225,0	258,0	517,0	657,0	551,0	587,0	626,0	529,0	491,0	587,7	789,0	413,0
1999	897,0	612,0	688,0	731,0	606,0	632,0	635,0	126,0	244,0	296,0	320,0	618,0
2000	319,0	348,0	535,0	524,0	766,0	649,0	691,0	565,6	439,4	424,3	485,4	484,1
2001	319,0	348,0	535,0	524,0	766,0	649,0	691,0	356,0	472,0	382,0	310,0	360,0
2002	334,0	254,0	461,0	424,0	491,0	454,0	520,3	452,3	466,0	345,0	476,1	315,0
2003	290,0	293,0	529,0	604,0	709,0	664,0	557,0	471,0	432,0	355,0	354,0	434,0
2004	198,0	96,0	560,0	372,0	843,0	832,0	692,0	380,0	415,0	160,5	265,0	296,0
2005	129,3	804,0	363,0	749,0	651,0	713,0	530,0	432,0	299,0	522,0	450,0	290,0
2006	210,0	350,0	465,0	548,0	825,0	843,0	630,0	621,0	625,0	559,0	520,0	100,0
2007	420,0	401,0	350,0	365,0	562,0	756,0	465,0	489,0	385,0	411,0	485,0	150,0

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic
2008	322,0	386,0	523,0	380,0	845,0	551,0	701,0	527,0	325,0	345,0	389,0	120,0
2009	425,0	295,0	770,0	298,0	1.002,0	556,0	860,0	651,0	339,0	295,0	501,0	250,0
2010	215,0	296,0	490,0	559,0	853,0	830,0	420,0	675,0	415,0	450,0	235,0	380,0
2011	360,0	410,0	560,0	548,0	456,0	1.029,0	765,0	479,0	398,0	584,0	265,0	450,0
Promedio	301,0	329,3	454,2	498,9	660,3	647,3	601,2	455,2	401,4	415,1	418,6	359,5

De acuerdo al Plan Básico de Ordenamiento Territorial-PBOT, 2002 del municipio de Orito, este municipio por su posición geográfica pertenece a una zona ecuatorial en la que el relieve y la precipitación han caracterizado tres pisos bioclimáticos en zonas de alta humedad y climas lluviosos, constatando que las precipitaciones están determinadas por las corrientes de aire provenientes de la Región Amazónica, llamadas Alisios del Sur-Este.

El análisis climatológico suministrado el PBOT 2002, indica que en el municipio de Orito no existen estaciones meteorológicas, por lo tanto, el promedio de, indican que la temperatura tiene un valor promedio de 32.4ºC, con temperaturas máximas de 34.1 ºC y mínimas de 31.5 ºC; la Humedad Relativa promedio se registran entre 84 y 89 % y los valores mínimos entre 74 y 83%. El promedio anual total de horas de Brillo Solar en el municipio es 1.085 horas. Los valores de precipitación se indican el cuadro 3 y en la gráfica 1; estos valores son los más importantes para el análisis del transporte y arrastre de sedimentos, capacidad de recarga y dinámica fluvial, porque de ellos depende el volumen tanto del caudal como de sólidos en suspensión. Del cuadro 3 y gráfica 1 se deduce que el municipio de Orito se caracteriza por un régimen pluviométrico unimodal, con dos periodos de máximas precipitaciones que van desde marzo hasta agosto y un periodo de precipitación media desde septiembre hasta noviembre, siendo abril, mayo, junio y julio los meses más lluvioso y diciembre, enero y febrero los más secos. Pero cabe señalar que los periodos de invierno y verano, en los últimos cinco años han cambiado notoriamente, presentándose más días lluviosos.

Gráfica 1. Comportamiento del régimen climatológico-precipitación promedio mensual en mm (para un periodo de 22 años), en la microcuenca de la quebrada el sabalo.



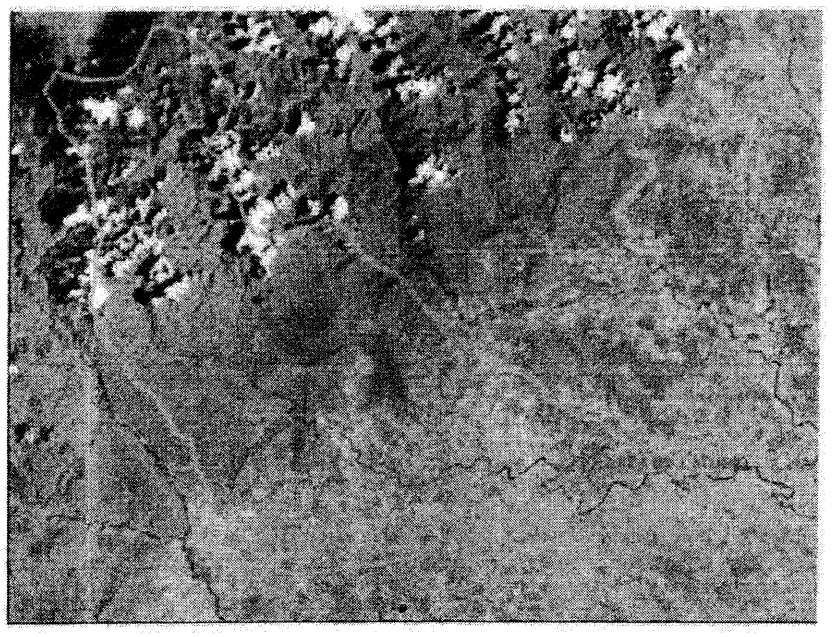
La gráfica anterior indica que en los 22 años, la influencia de las precipitaciones en el municipio de municipio de Orito, tiene un comportamiento de precipitación promedio mensual que supera los 400 mm, (mayor parte del año), los valores medios están por encima de los 300 mm, concluyendo que en la mayor parte del año, es decir nueve (9) meses, se presentan lluvias que ocasionan eventos fluvio torrenciales o con alto caudal, ocasionando en el quebrada el sabalo el transporte de grandes volúmenes de material detrítico; además por observaciones directas se ha comprobado para todo el Piedemonte Amazónico, que en épocas de invierno los ríos transportan mayor caudal y por ende mayor carga de detritos, indicando que la precipitación es directamente proporcional a la carga de sedimentos en una corriente fluvial (Según BRICEÑO A. 1995 en su trabajo de Tesis, menciona que hay una correspondencia directa e inmediata del cauce con la precipitación. Solo al comenzar el periodo lluvioso se presenta un retraso del caudal con respecto a las lluvias, es decir hasta que el nivel freático se recupere; en largos periodos de verano este retraso puede durar varios días o si han pasado varios periodos de lluvia, la respuesta puede ser brusca, ocasionando eventos torrenciales de gran magnitud).

5. CALCULO DE DATOS DE CAUDALES

5.1 CALCULO DE CAUDALES MAXIMOS

Como no existen datos de niveles ni caudales históricos del el quebrada el sabalo, solo datos puntuales tomados por IMA Ltda. (2001) y publicados en el PBOT 2002, donde presentan valores mínimos de caudal de 1,29 m3/s y máximos de 3,49 m3/s. Para calcular datos de caudales aproximados para cada mes se utilizó los datos de precipitación de los 22 años, aplicando la fórmula del Método Racional (Q=CIA/3.6) y ayudados con los software ArcGis 10, AutoCAD 13 y HEC-RAS 4.1.

Figura 12. Representación de la cobertura vegetal, de la microcuenca del quebrada el sabalo; el color café oscuro representa el bosque y el verde claro y café claro representa zonas de deforestadas zona casco urbano; nótese que en el sitio del proyecto está altamente deforestada.



Q=CIA/3.6 Donde:

Q= es el caudal calculado a partir de los datos de precipitación en m3/s
C= es coeficiente de escorrentía que depende de la cobertura del suelo,
I= es la intensidad de la precipitación en mm/hora
A= es el área de la cuenca en Héctareas

El coeficiente de escorrentía C, depende de la precipitación diaria y del umbral del caudal. Para zonas de vegetación densa de monte bajo el valor oscila entre 0,05 - 0,5. Para este caso, el valor tomado es C= 0.3, teniendo en cuenta las figura 12, que representa la cobertura vegetal de la microcuenca del quebrada el sabalo, la cual su cobertura es aún de bosque medio.

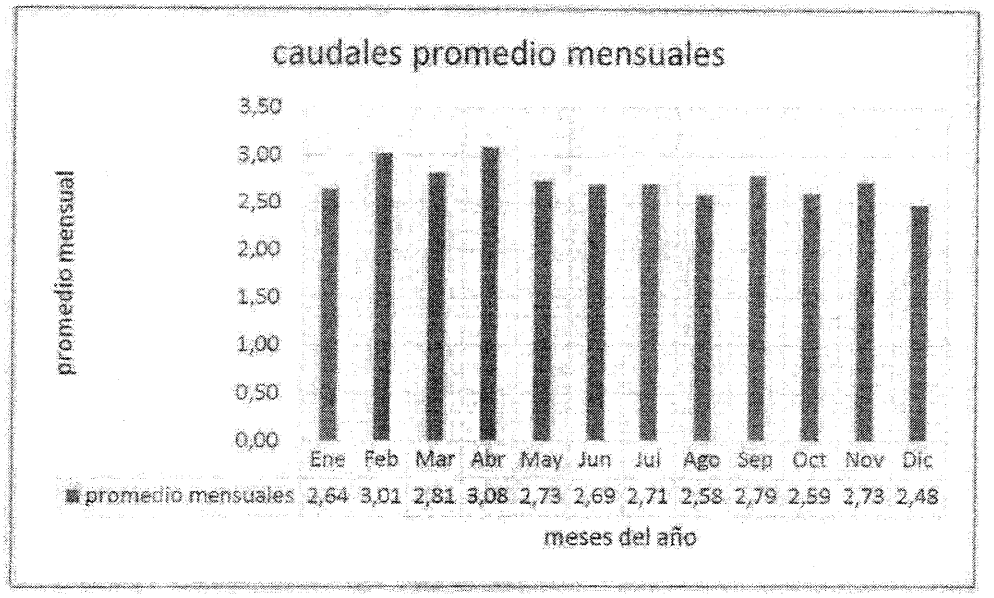
Los resultados de caudales promedio mensuales obtenidos a partir de los datos diarios (obtenidos de los datos mensuales) de precipitación y después de aplicar la formula Q=CIA/3.6, y correr los programas de HEC-RAS se presentan en los siguientes cuadros y gráfica 2.

Cuadro 4. Datos de caudales promedio mensuales en m3/s a partir de los datos de precipitación mensual.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1989	3,97	3,06	3,42	3,29	3,90	3,93	3,15	2,53	2,48	3,01	2,52	0,59	35,84
1990	2,15	2,83	2,29	3,74	3,45	3,60	3,62	3,34	3,85	2,30	3,38	3,31	37,85
1991	1,79	2,77	2,69	3,53	3,06	2,37	2,11	2,08	2,93	3,33	3,90	2,54	33,10
1992	1,06	2,01	2,41	2,52	3,60	2,17	2,63	2,34	3,10	3,61	2,52	2,37	30,34
1993	1,47	2,51	3,48	3,07	2,51	3,33	2,16	2,13	2,06	2,07	2,86	3,73	31,38
1994	2,62	3,71	2,33	3,39	2,89	2,93	3,56	2,72	2,03	2,40	2,30	2,12	33,00
1995	2,11	3,69	2,35	3,35	2,12	2,89	3,10	2,33	2,68	2,31	2,50	2,58	32,01
1996	3,52	3,63	3,00	3,89	2,58	2,99	3,26	2,00	3,05	2,88	2,58	2,79	36,17
1997	3,93	3,37	3,91	3,44	2,58	2,68	2,34	2,94	2,55	2,92	2,66	2,31	35,63
1998	2,75	3,15	3,32	3,03	2,73	2,17	2,65	2,46	3,00	2,18	2,64	2,05	32,13
1999	3,12	3,48	2,41	3,93	2,47	2,72	2,76	1,54	2,98	3,62	2,91	2,55	34,49
2000	3,50	2,25	2,54	2,10	2,36	2,93	2,44	2,91	2,37	2,19	2,93	2,92	31,44
2001	2,30	2,25	2,54	2,30	2,39	2,93	2,44	2,45	2,77	2,67	2,79	2,40	30,23
2002	2,08	3,10	2,63	3,18	3,00	2,55	2,36	2,53	2,69	2,22	2,82	2,85	32,01
2003	3,54	3,58	2,46	2,38	2,66	2,11	2,81	2,76	2,58	2,34	2,33	2,30	31,85
2004	2,42	1,17	3,84	2,55	3,03	2,17	2,46	2,64	3,07	1,96	2,00	3,49	30,80
2005	1,57	3,82	2,44	3,15	2,96	2,71	2,45	2,58	3,53	2,38	2,50	3,42	33,51
2006	2,57	3,29	2,68	3,00	2,06	2,30	2,70	2,73	2,64	2,83	2,65	1,22	30,66
2007	3,13	2,90	2,29	2,46	2,87	2,24	2,68	2,98	2,70	2,00	2,93	1,83	31,00
2008	2,93	2,72	2,39	2,46	2,33	2,73	2,57	2,64	3,97	2,22	2,75	1,47	31,18
2009	3,19	3,48	3,41	3,64	2,24	2,79	2,51	2,96	2,14	3,60	2,12	3,06	35,14
2010	2,63	3,49	2,99	2,83	2,42	2,14	2,13	2,85	2,07	2,50	2,87	2,64	31,56
2011	2,40	3,01	2,84	3,70	2,57	2,56	3,35	2,96	2,86	2,14	3,24	2,50	34,13
Prom.	2,64	3,01	2,81	3,08	2,73	2,69	2,71	2,58	2,79	2,59	2,73	2,48	32,85

Con los datos de caudales promedio mensuales para los 22 años, se obtuvo la siguiente gráfica

Gráfica 2. Caudales promedio mensuales para un periodo de 22 años



De la gráfica anterior se puede concluir que la precipitación es directamente proporcional a la cantidad de caudal; observando que los meses de mayor precipitación (meses de Abril a Agosto), son los mismos donde el quebrada el sabalo tiene los máximos caudales y por ende los máximos niveles.

Con los datos del cuadro 4, se obtuvo la información presentada en el cuadro 5, es decir: Total por año; el Promedio por año; la Desviación Estándar; El Nivel de confianza para el cálculo del intervalo de la media (NC) 95%; El valor máximo y el Valor mínimo. Los datos se presentan en el siguiente cuadro

Cuadro 5. Informacion obtenida a partir del cuadro 4.

Año	Total	Promedio	Desviación Estándar	Nivel de Confianza al 95%	Valor caudal Mínimo	Valor caudal Máximo
1989	35,84	2.99	1,62	1,03	1,71	3,02
1990	37,85	3.15	1,88	1,20	1,12	2,77
1991	33,10	2.76	1,59	1,01	1,58	2,85
1992	30,34	2.53	1,07	1,31	1,80	2,67
1993	31,38	2.62	1,00	1,27	1,51	2,3
1994	33,00	2.75	1,18	1,39	1,52	2,55
1995	32,01	2.67	1,72	1,10	1,32	2,76
1996	36,17	3.01	1,80	1,14	1,23	2,77
1997	35,63	2.97	1,95	1,87	1,61	2,6
1998	32,13	2.68	1,95	1,24	1,11	2,83
1999	34,49	2.87	1,82	1,79	1,73	2,56
2000	31,44	2.62	1,63	1,04	1,31	2,63

Año	Total	Promedio	Desviación Estándar	Nivel de Confianza al 95%	Valor caudal Mínimo	Valor caudal Máximo
2001	30,23	2.52	1,92	1,22	1,60	2,29
2002	32,01	2.67	1,01	0,64	1,44	2,98
2003	31,85	2.65	1,72	1,09	1,71	3,14
2004	30,80	2.57	1,10	1,97	1,22	2,41
2005	33,51	2.79	1,55	1,62	1,40	2,89
2006	30,66	2.56	1,70	1,72	1,70	2,38
2007	31,00	2.58	1,74	1,11	1,23	2,69
2008	31,18	2.60	1,35	1,49	1,02	2,25
2009	35,14	2.93	1,08	1,96	1,39	2,55
2010	31,56	2.63	1,59	1,64	1,27	2,81
2011	34,13	2.84	1,48	1,57	1,84	3,24

Con los datos presentados en el cuadro 5, se obtiene el caudal máximo calculado para los 22 años, que corresponde a 3,24 m3/s para el año de 2011.

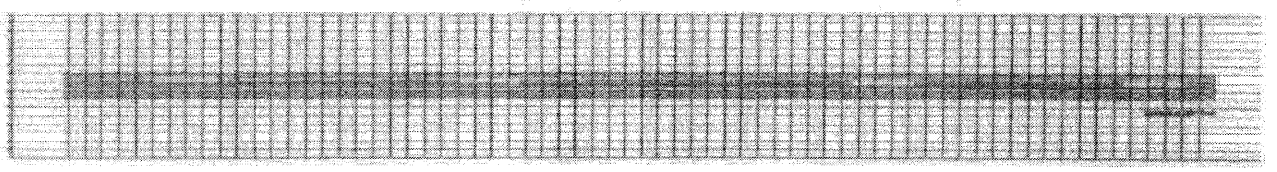
Indica que el comportamiento de los caudales en los 22 años tiene cuatro comportamientos; el primero va desde 1989 hasta 1996; el segundo comportamiento va desde 1997 hasta 2001, aumentando drásticamente su valor; el tercer comportamiento va desde el 2002 hasta el 2006 y con valores promedios altos de caudales y el cuarto comportamiento va desde 2007 hasta el 2011, igualmente con valores altos de caudales. Determinando que su comportamiento para los últimos 10 años es a aumentar pero de forma lenta, indicando que en general el comportamiento del caudal en los últimos 22 años es anormal dentro de la altura del talud aguas abajo del quebrada el sabalo, en el área de estudio, esto se corrobora con lo mencionado por la comunidad, que en los últimos 22 años, la quebrada el sabalo ha crecido, alcanzando alturas hasta de 1.8 metros, por encima del nivel normal del agua causando daños a enceres por inundación, por lo que se hace necesario la descolmatación de los sitios en mención, en tres sectores (sector 1 con una longitud de 676.18m, sector 2 con una longitud de 813.60m, sector 3 con una longitud de 718.40m).

5. 2 PERFIL TOPOGRÁFICO

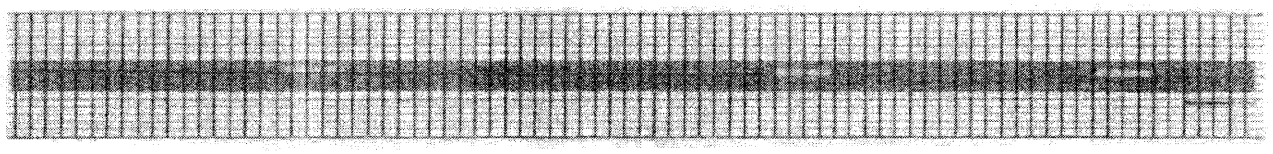
Con el levantamiento topográfico en el sitio de afectación por desbordes de la quebrada antes y después del puente (aguas abajo), se realizó un perfil o sección longitudinal y tres perfiles o secciones transversales, con el objeto de conocer la geomorfología del cauce en este sitio. A continuación se indica la línea de las Secciones o Perfiles realizados.

Figura 13. Sección o Perfil longitudinal del sitio de afectación

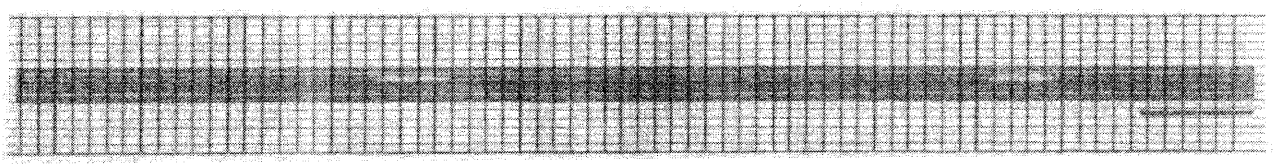
Perfil longuitudinal sector 1 que comprende los barrio sabalito y heliconias.



Perfil longuitudinal sector 2 que comprende los barrio libertad y las palmas 2.



Perfil longuitudinal sector 3 que comprende los barrio las americas y divino niño.



En este perfil longitudinal de 2.208,18m lineales se puede visualizar que la microcuenca, la cual se encuentra en tres sectores localizados en la microcuenca quebrada el sabalo, afectando el área de estudio, y que si no se toman medidas Protección, en un tiempo muy corto puede afectar a por lo menos 60 viviendas, de inundaciones cuando el nivel del agua suba hasta 2.8 metros.

Figura 14. Secciones o Perfiles transversales de tres sitios del talud afectado por la quebrada el sabalo

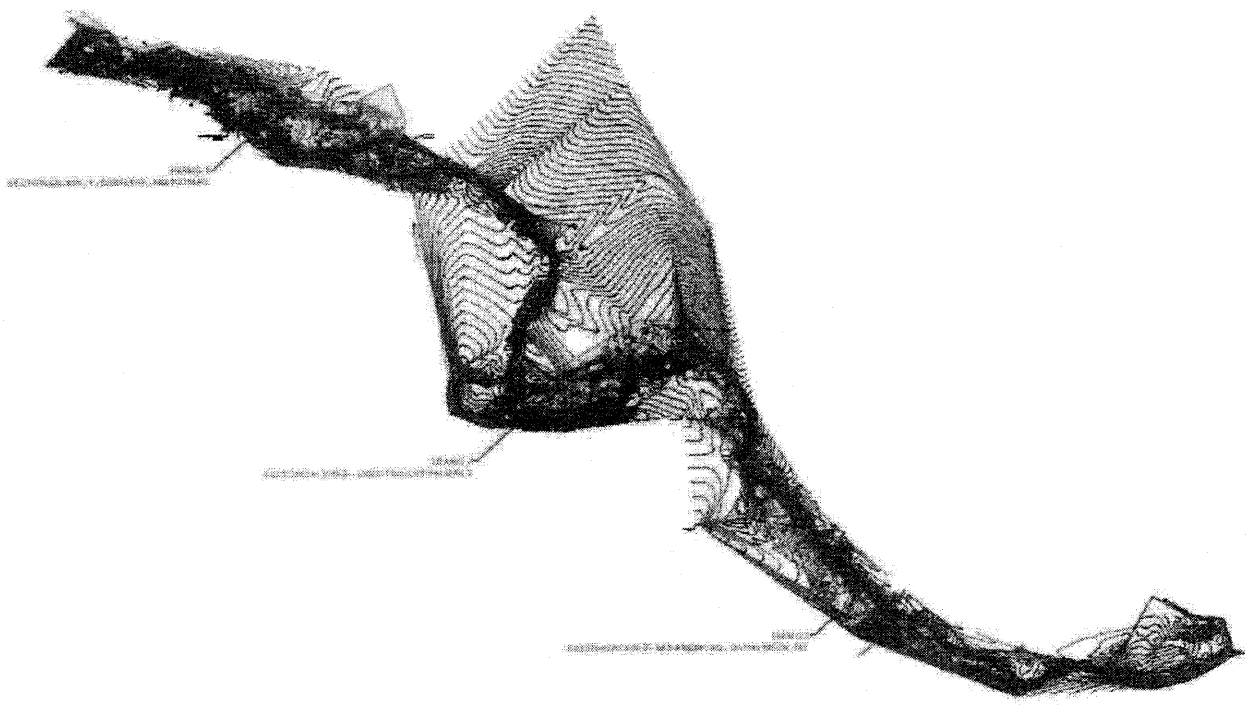
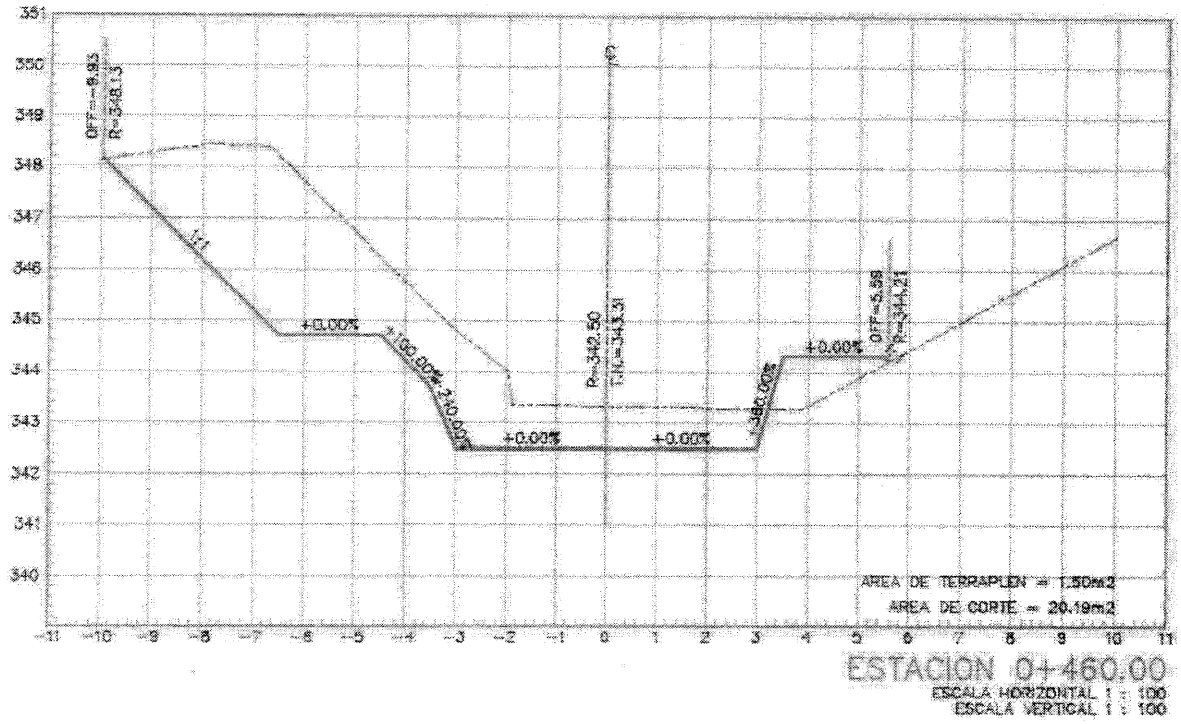
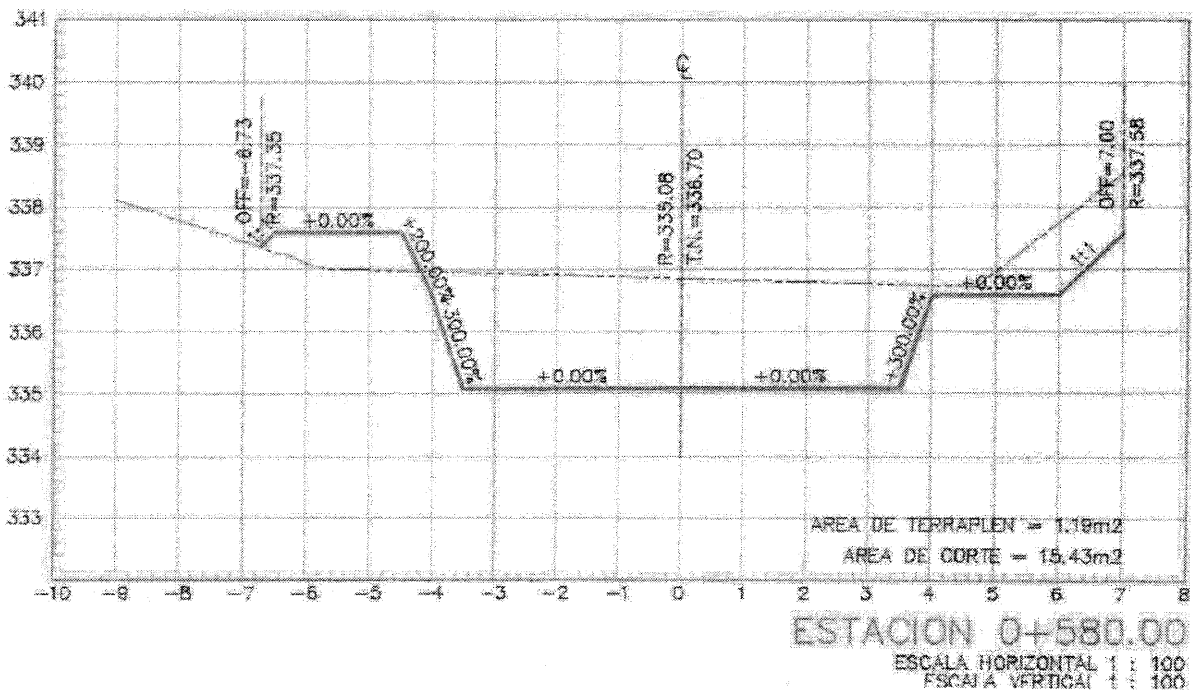


Figura 15. Secciones o Perfiles transversales

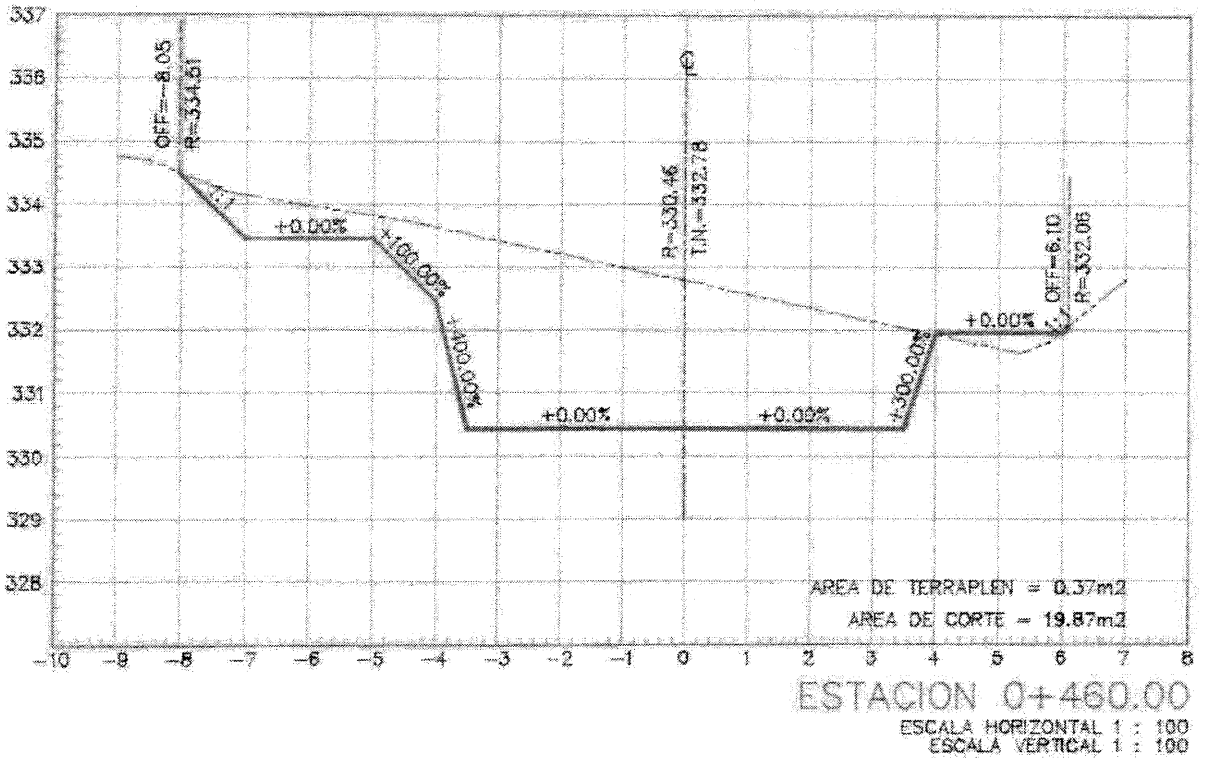
Perfil tranversal sector 1 que comprende los barrio sabalito y heliconias.



Perfil longuitudinal sector 2 que comprende los barrio libertad y las palmas 2.



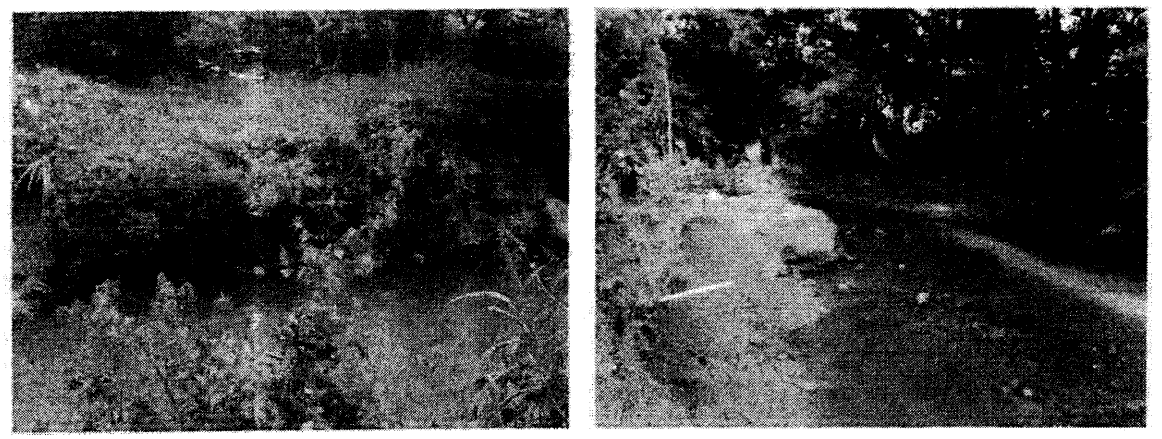
Perfil longuitudinal sector 3 que comprende los barrio las americas y divino niño.



De las tres secciones o perfiles realizados, indicando que el proceso erosivo cada vez que el nivel de agua de la quebrada aumenta, también afecta al talud, aumentando el área de degradación y de inundación, por lo que se recomienda realizar obras civiles de protección como la descolmatación sin afectar el lecho del rio.

Para corroborar los perfiles topográficos, se indican dos fotografías demostrando el fuerte proceso erosivo a causa de la socavación del talud de la quebrada el sabalo.

Figura 13. Registro fotográfico actual de procesos erosivos a causa de la socavación lateral del talud, perfil 2 y al fondo el perfil 3, respectivamente.



6. RESULTADOS

6. 1 CALCULO DE TIEMPOS DE RETORNO A PARTIR DEL CAUDAL MAXIMO

Con el dato de caudal máximo calculado, se obtiene los caudales esperados para los tiempos de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 100 y 500 años; aplicando la fórmula de Gumbel y Fuller, para cuencas menores a 200 km2, se tiene: Qt=Qm*(1+0.8*LogT), donde:

Qt= es el caudal esperado para un tiempo de retorno (T) en m3/s
Qm= es el valor del caudal máximo calculado, para este caso es 2.38 m3/s
T= es el tiempo de retorno en años
LogT= es el logaritmo en base 10 de T

Aplicando la fórmula anterior se obtuvieron los siguientes datos que se indican en el cuadro 6. Para calcular el nivel esperado teniendo en cuenta los caudales de tiempo de retorno, se aplicó la fórmula Qt=0.7205*L*H2/3, y al despejar H se obtiene H=(Qt/0.7205*L)2/3; donde:

Qt es el caudal para un tiempo de retorno (T) en m3/s, caudal calculado en la tabla 6
L es el ancho promedio del río en el sitio de construcción del muro, en este caso es de 120 metros
t es el tiempo de retorno en años
H es la altura o nivel del río esperado

Cuadro 6. Caudales y niveles esperados para diferentes valores de tiempo de retorno en la quebrada el sabalo, para el lugar donde se va a diseñar obras o muros de contención.

AÑOS (T)	Caudal esperado en m3/s	Nivel esperado en metros
5	3.71	1.71
10	4.29	1.97
15	4.61	2.13
20	4.85	2.24
25	5.04	2.32
30	5.19	2.39
40	5.43	2.50
50	5.61	2.59
100	6.18	2.85
500	7.51	3.47

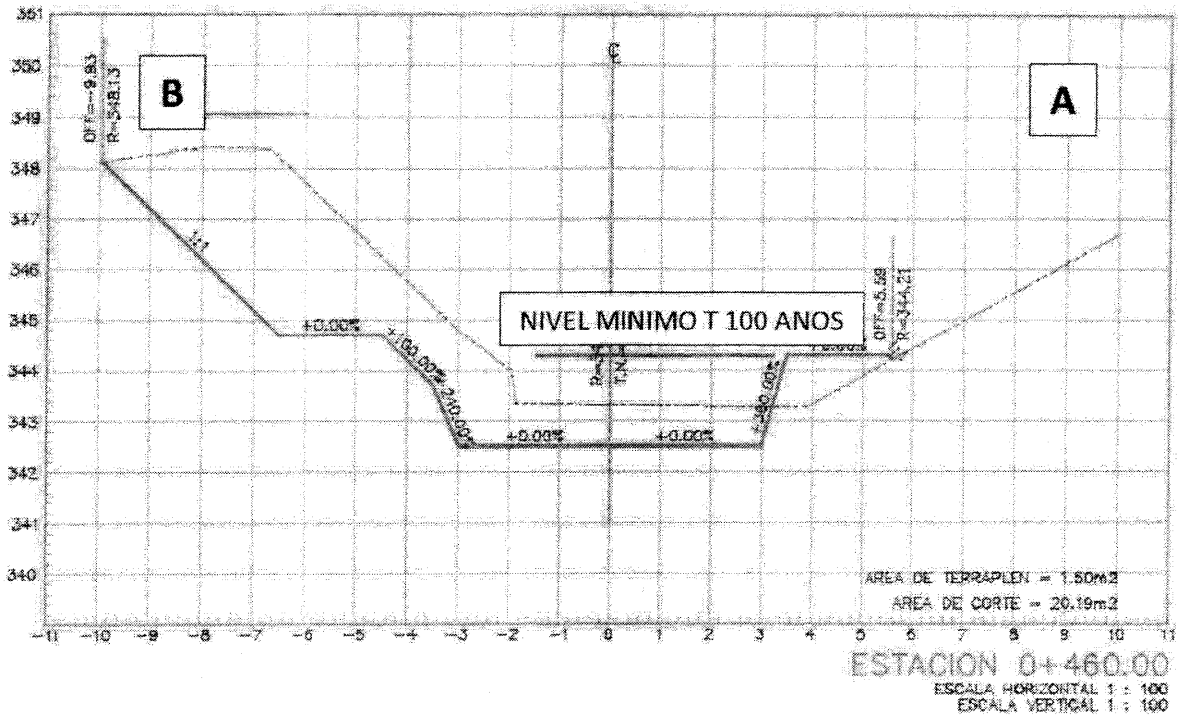
El cuaro 6 y las formulas anteriores indican que el caudal máximo esperado para el quebrada el sabalo, del casco urbano, en los barrios sabalito, heliconias, libertad 2, palmas, rosas, divino niño, villa del carmen, es de 7.51m3/s, para un tiempo de retorno de 500 años; pero el nivel esperado para un tiempo de retorno entre 50 y 100 años es de 2.85 metros por lo tanto, se recomienda que la profundidad de la descolmatacion 1.40 metros, debe de ser a partir del nivel más profundo o Talweg de la microcuenca presentado en los tres perfiles anteriores, el cual está en promedio de los 338 msnm y su profundidad debe ser mayor o igual a 1.40 metros, según consideraciones técnicas de diseño y de la topografía del sitio.

6. 2 REPRESENTACION GRÁFICA DE LOS NIVELES CALCULADOS

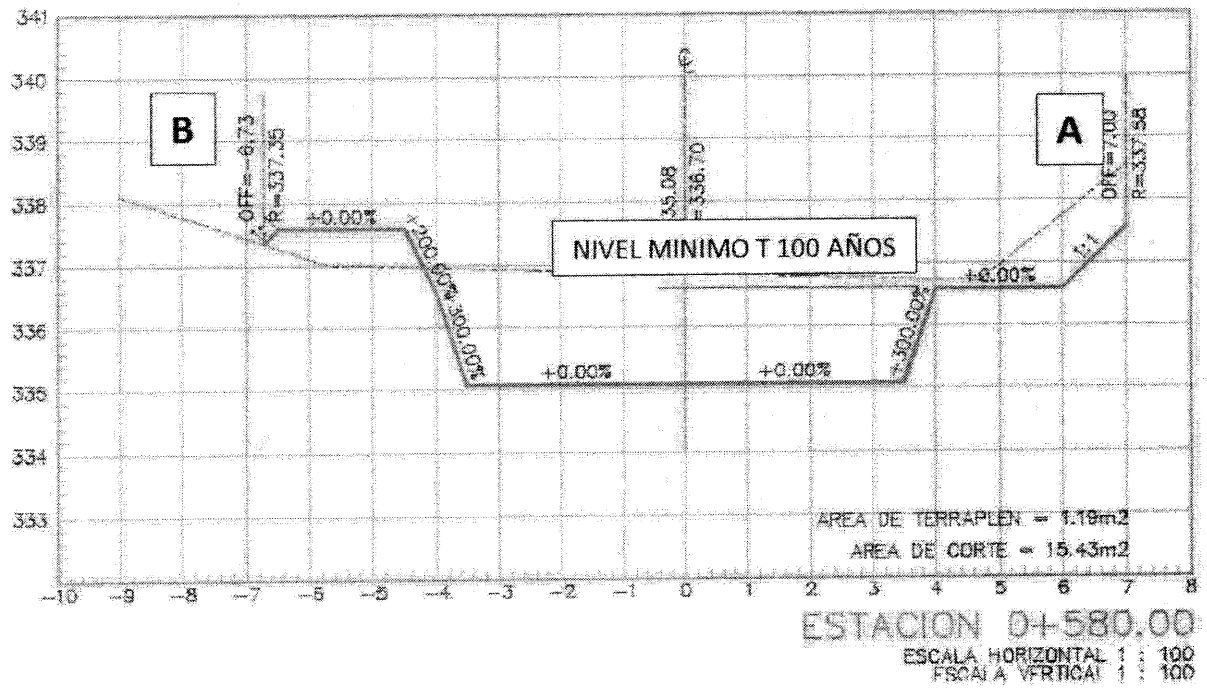
Para observar el comportamiento de los niveles calculados con los diferentes Tiempos de Retorno, se tomó los perfiles anteriores; con el fin de observar la altura máxima alcanzada e igualmente la morfología del terreno en este sitio. La siguiente figura indica que hacia la parte derecha del río aguas abajo, lado A de los tres perfiles, y es donde se encuentran alguna viviendas, las cuales están a 20 metros del talud; lo que permite recomendar que sobre esta margen se debe realizar la descolmatación, donde su profundidad, después del nivel del más profundo o Talweg debe ser igual o mayor a los 1.40 metros y de longitud debe ser por lo menos (sector 1 con una longitud de 676.18m, sector 2 con una longitud de 813.60m, sector 3 con una longitud de 718.40m). Esto con el fin de proteger, sitio donde el agua ataca con mayor fuerza al talud, la cual cobra cada día más terreno.

Figura 14. Perfiles topográficos A–B, indicando el nivel de agua esperado (2.85 metros de altura) para un Tiempo de Retorno T de 100 años.

Perfil tranversal sector 1 que comprende los barrio sabalito y heliconias.

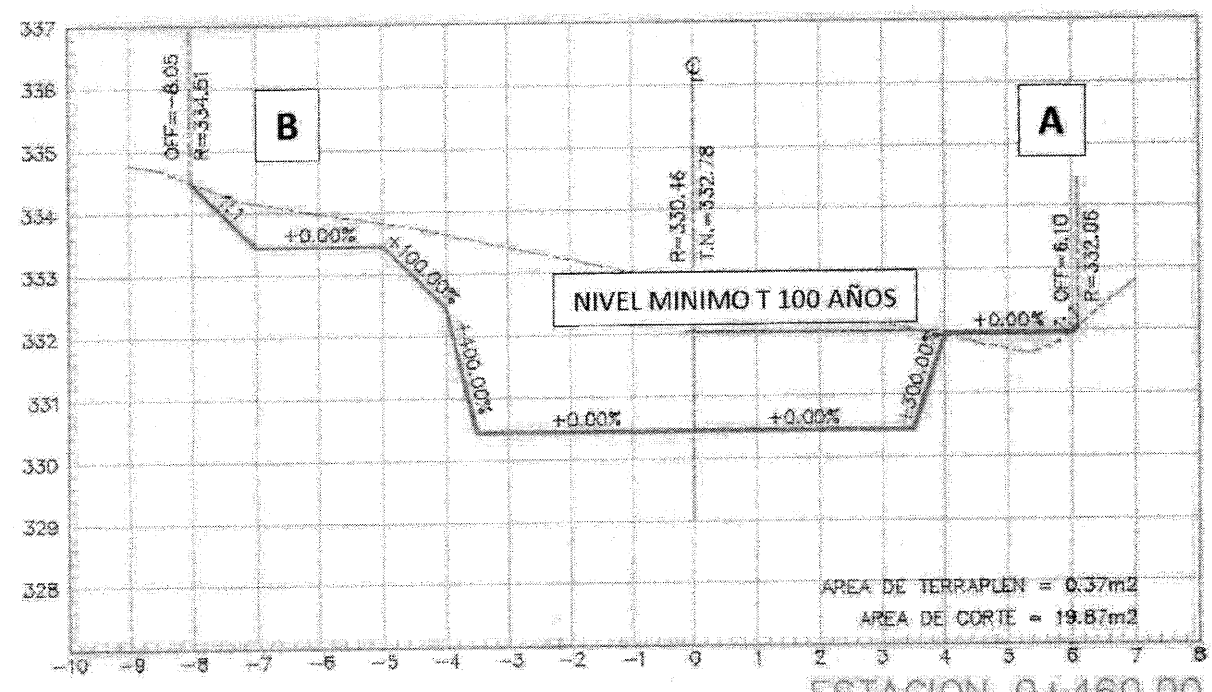


Perfil longitudinal sector 2 que comprende los barrio libertad y las palmas 2.



ESTACION 0+580.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

Perfil longitudinal sector 3 que comprende los barrio las americas y divino niño



ESTACION 0+460.00
ESCALA HORIZONTAL 1 : 100
ESCALA VERTICAL 1 : 100

De las secciones anteriores de la figura 14, se puede observar, que con el nivel esperado, pero la fuerte dinámica que ejerce la microcuenca en temporada de invierno hace que los grandes volúmenes de partículas de sedimentos que transporta el río ataque el lado A, ocasionando desborde del caudal produciendo inundaciones en los sectores en mención; situación que cada día se agrava teniendo en cuenta que la temporada de invierno comienza en abril y va hasta agosto y lo que se notó en campo es que el área degradada, avanza hacia el centro poblado. Lo anterior hace ver que se hace necesario realizar la descolmatación de la quebrada, teniendo en cuenta que existen viviendas que en muy poco tiempo se van a haber afectadas.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para el caso de este estudio, se hace un análisis hidrológico, con el objeto de determinar el comportamiento de la dinámica natural del quebrada el sabalo, con el fin de reallizar la descolmatación de la quebrada, debido a que en los últimos cinco (5) años, ha venido presentando inundaciones, e igualmente pérdida de cobertura vegetal y suelo, lo que está conllevando a que el proceso erosivo de la quebrada el sabalo, desestabilice cada día más terreno, poniendo en riesgo a por lo menos 60 viviendas (Ver figuras 2, 3 y 4).

- El área de interés donde se va realizar la descolmatacion de la quebrada el sabalo, se localiza en siete (7) puntos especificos, sobre las coordenadas planas:

- punto de inicio barrio sabalito - punto inicial 1.022.317 E y 564.989 N, punto final 1.022.551 E y 564.861 N
- punto de inicio barrio heliconias - punto inicial 1.022.570 E y 564.866 N, punto final 1.022.885 E y 564.793 N
- punto de inicio barrio libertad 2 - punto inicial 1.023.165 E y 564.180 N, punto final 1.023.559 E y 564.274 N
- punto de inicio barrio palmas - punto inicial 1.023.690 E y 564.301 N, punto final 1.023.750 E y 564.080 N
- punto de inicio barrio rosas - punto inicial 1.023.926 E y 563.863 N, punto final 1.023.991 E y 563.798 N
- punto de inicio divino niño - punto inicial 1.024.093 E y 563.693 N, punto final 1.024.474 E y 563.563 N
- punto de inicio barrio villa del carmen - punto inicial 1.024.634 E y 563.550 N, punto final 1.024.932 E y 563.646 N

- La caracterización Morfométrica indica que la microcuenca del quebrada el sabalo, hace parte de la Cuenca del río Orito, la cual posee un área de 30.806 Km2, un ancho promedio de 0.00296 Km, una longitud de cauce de 2.208 Km, un pendiente media de 5%, un Coeficiente de Compacidad de 1.58, una patrón de drenaje dendrítico y un tiempo de concentración de una gota de agua desde la parte inicial o más alta hasta el sitio de 23.90 minutos promedio.

Los datos anteriores determinan que es una microcuenca con grado de susceptibilidad a las crecidas de rango alto, factor que hay que tener en cuenta al realizar la descolmatación, teniendo en cuenta que en campo se pudo observar que la última crecida obtuvo una altura de 1.6 metros del nivel base del suelo del cauce.

- El coeficiente de escorrentía *C*, depende de la precipitación diaria y del umbral del caudal. Para zonas de vegetación densa de monte bajo el valor oscila entre 0,05 - 0,5. Para este caso, el valor tomado es C= 0.3, teniendo en cuenta la figura 8 corrobora que la cobertura vegetal de la microcuenca del quebrada el sabalo, es escasa.

- El análisis climatológico suministrado el PBOT 2002, indica que en el municipio de Orito no existen estaciones meteorológicas, por lo tanto, el promedio de, indican que la temperatura tiene un valor promedio de 32.4°C, con temperaturas máximas de 34.1 °C y mínimas de 31.5 °C; la Humedad Relativa promedio se registran entre 84 y 89 % y los valores mínimos entre 74 y 83%. El promedio anual total de horas de Brillo Solar en el municipio es 1.085 horas. Los valores de precipitación se indican el cuadro 3 y en la gráfica 1; estos valores son los más importantes para el análisis del transporte y arrastre de sedimentos, capacidad de recarga y dinámica fluvial, porque de ellos depende el volumen tanto del caudal como de sólidos en suspensión. Del cuadro 3 y gráfica 1 se deduce que el municipio de Orito se caracteriza por un régimen pluviométrico unimodal, con dos periodos de máximas precipitaciones que van desde marzo hasta agosto y un periodo de precipitación media desde septiembre hasta noviembre, siendo abril, mayo, junio y julio los meses más lluvioso y diciembre, enero y febrero los más secos. Pero cabe señalar que los periodos de invierno y verano, en los últimos cinco años han cambiado notoriamente, presentándose más días lluviosos

- La gráfica 1 indica que en los 22 años, la influencia de las precipitaciones en el municipio de municipio de Orito, tiene un comportamiento de precipitación promedio mensual que supera los 400 mm, (mayor parte del año), los valores medios están por encima de los 300 mm, concluyendo que en la mayor parte del año, es decir nueve (9) meses, se presentan lluvias que ocasionan eventos fluvio torrenciales o con alto caudal, ocasionando en el quebrada el sabalo el transporte de grandes volúmenes de material; además por observaciones directas se ha comprobado para todo el Piedemonte Amazónico, que en épocas de invierno los ríos transportan mayor caudal y por ende mayor carga, indicando que la precipitación es directamente proporcional a la carga de sedimentos en una corriente fluvial (Según BRICEÑO A. 1995 en su trabajo de Tesis, menciona que hay una correspondencia directa e inmediata del cauce con la precipitación. Solo al comenzar el periodo lluvioso se presenta un retraso del caudal con respecto a las lluvias, es decir hasta que el nivel freático se recupere; en largos periodos de verano este retraso puede durar varios días o si han pasado varios periodos de lluvia, la respuesta puede ser brusca, ocasionando eventos torrenciales de gran magnitud).

- La gráfica 3 indica que el comportamiento de los caudales en los 22 años tiene cuatro comportamientos; el primero va desde 1989 hasta 1996; el segundo comportamiento va desde 1997 hasta 2001, aumentando drásticamente su valor; el tercer comportamiento va desde el 2002 hasta el 2006 y con valores promedios altos de caudales y el cuarto comportamiento va desde 2007 hasta el 2011, igualmente con valores altos de caudales.

Determinando que su comportamiento para los últimos 10 años es a aumentar pero de forma lenta, indicando que en general el comportamiento del caudal en los últimos 22 años es anormal dentro de la altura del talud aguas abajo del quebrada el sabalo, en el área de estudio, esto se corrobora con lo mencionado por la comunidad, que en los últimos 22 años.

La microcuenca ha crecido, alcanzando alturas hasta de 1.8 metros, por encima del nivel normal del agua causando daños al talud ribereño, por lo que se hace necesario realizar la descolmatación.

- El cuaro 6 y las formulas anteriores indican que el caudal máximo esperado para el quebrada el sabalo, en el sitio de estudio, de 7.51 m3/s, para un tiempo de retorno de 500 años; pero el nivel esperado para un tiempo de retorno entre 50 y 100 años es de 2.85 metros por lo tanto, se recomienda que la profundidad 1.4 metros de la descolmatación.

- De las secciones de la figura 14, se puede observar, que con el nivel esperado, el lado B es tapado totalmente, mientras que el lado A, llega hasta la mitad, pero la fuerte dinámica que ejerce en temporada de invierno hace que los grandes volúmenes de partículas de sedimentos que transporta ataque el lado A, ocasionando desestabilización, situación que cada día se agrava teniendo en cuenta que la temporada de invierno comienza en abril y va hasta agosto y lo que se notó en campo es que el área degradada sobre este talud, avanza hacia el centro poblado. Teniendo en cuenta que existen viviendas que en muy poco tiempo se van a haber afectadas.

Cualquier duda o inquietud acerca de este estudio, gustosamente serán aclaradas.

Att;

JHON JAIRO PARRA URIBE

JHON JAIRO PARRA URIBE
Ingeniero civil
M.P. 70202-185276 TLM

JUAN DIEGO COLLAZOS MURCIA
Geólogo
M.P. D-6697