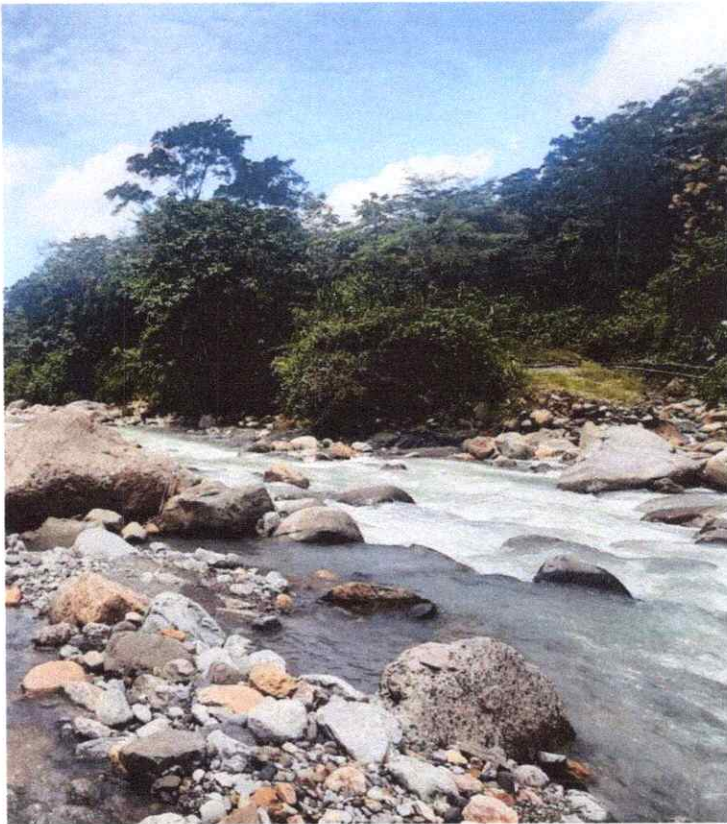




MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LA QUEBRADA LAS BLANCAS



ESTUDIO DE HIDROLOGÍA



EMPRESA DE
SERVICIOS PÚBLICOS
DE ACACIAS E.S.P
NIT: 822.001.833-5



RÁSTER INGENIERÍA
S.A.S
NIT: 901.372.366-4
R/L: ASLEY
FERNANDO ESPEJO


CONSULTORÍA 088 DE 2022

**“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA
DESARENADOR Y LINEA DE CONDUCCION UBICADO EN LA
QUEBRADA LAS BLANCAS DEL MUNICIPIO DE ACACIAS META”**

VILLAVICENCIO – META, OCTUBRE DE 2022



REVISIÓN DE DOCUMENTO

| | |
|---|---|
| ELABORÓ | |
| ING. CIVIL ESPECIALISTA EN RECURSOS HIDRICOS ASLEY FERNANDO ESPEJO DIAZ MP. 25202168297 CND | Firma:  |
| FECHA: 10/2022 | |

CONTROL DE VERSIÓN

| VERSIÓN No. | FECHA | ELABORÓ | DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN |
|-------------|-------|---------|----------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |



TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | GENERALIDADES | 6 |
| 1.1 | INTRODUCCIÓN | 6 |
| 1.2 | ALCANCE Y OBJETIVOS | 7 |
| 1.3 | MARCO NORMATIVO | 7 |
| 1.4 | LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO | 8 |
| 2 | HIDROMETRÍA | 9 |
| 2.1 | RECOPILOCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA | 9 |
| 2.1.1 | <i>INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA</i> | 9 |
| 3 | ESTUDIOS HIDROLÓGICOS | 11 |
| 3.1 | METODOLOGÍA DE TRABAJO | 11 |
| 3.1.1 | <i>CONSECUCCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA</i> | 11 |
| 3.1.2 | <i>ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LA CUENCA</i> | 11 |
| 3.1.3 | <i>ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS</i> | 11 |
| 3.2 | MÉTODOS DE DISEÑO | 12 |
| 3.3 | DELIMITACIÓN DE LA CUENCA | 12 |
| 3.3.1 | <i>Cuenca Quebrada Las Blancas</i> | 12 |
| 3.4 | INTENSIDAD DE LLUVIA (CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA IDF)..... | 13 |
| 3.5 | FENÓMENOS ENSO EL NIÑO Y LA NIÑA..... | 14 |
| 3.6 | ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS..... | 17 |
| 3.6.1 | <i>TIEMPO DE CONCENTRACIÓN</i> | 18 |
| 3.6.2 | <i>MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO</i> | 21 |
| 3.7 | CAUDALES DE DISEÑO..... | 29 |
| 3.7.1 | <i>QUEBRADA LAS BLANCAS</i> | 30 |
| 4 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 31 |
| 5 | BIBLIOGRAFÍA | 32 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Listado de estaciones meteorológica del proyecto. Tipo estación: Pm: Pluviométrica | 10 |
| Tabla 2 Periodos del fenómeno ENSO Fuente: Oceanic Niño Index, ONI, www.cpc.ncep.noaa.gov | 16 |
| Tabla 3 Tiempo de concentración de la cuenca | 20 |
| Tabla 4 Lluvia de diseño para $Tr=2.33$ años | 24 |
| Tabla 5 Lluvia de diseño para $Tr=5$ años | 24 |
| Tabla 6 Lluvia de diseño para $Tr=10$ años | 25 |
| Tabla 7 Lluvia de diseño para $Tr = 20$ años | 26 |
| Tabla 8 Lluvia de diseño para $Tr = 25$ años | 26 |
| Tabla 9 Lluvia de diseño para $Tr = 50$ años | 27 |
| Tabla 10 Lluvia de diseño para $Tr = 100$ años | 28 |
| Tabla 11 Caudales de diseño Q Las Blancas | 30 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 3 Cuenca Q Las Blancas (Fuente: Consultor) | 13 |
| Figura 4 Curvas IDF Proyecto | 14 |
| Figura 5 Índice Oceánico Niño ONI para clasificación de los Fenómenos ENSO | 15 |
| Figura 6 Curva profundidad-área para reducir precipitación puntual (Fuente: Ven te Chow) | 23 |
| Figura 7 Lluvia de diseño para $Tr = 2.33$ años | 24 |
| Figura 8 Lluvia de diseño para $Tr = 5$ años | 25 |
| Figura 9 Lluvia de diseño para $Tr = 10$ años | 25 |
| Figura 10 Lluvia de diseño para $Tr = 20$ años | 26 |
| Figura 11 Lluvia de diseño para $Tr = 25$ años | 27 |
| Figura 12 Lluvia de diseño para $Tr = 50$ años | 27 |
| Figura 13 Lluvia de diseño para $Tr = 100$ años | 28 |



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1 Localización del municipio..... | 8 |
| Ilustración 2 zona de intervención (Localización) | 9 |
| Ilustración 3 Localización Estaciones meteorológicas IDEAM..... | 10 |





1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El objeto de este estudio es el de llevar a cabo el estudio de hidrología en la Quebrada Las Blancas, el cuál es el cuerpo hídrico de influencia del casco urbano del municipio de Acacias; con el propósito de conocer los efectos hidrológicos del cuerpo hídrico.

La evaluación de la hidrología se realiza a partir de los registros de las estaciones meteorológicas cercanas a lugar de intervención, las cuales contienen los valores de precipitación históricas y son aquellas las que determinan la curva de intensidad frecuencia duración; cuyos datos son utilizados para realizar los cálculos de los caudales máximos de diseño para diferentes periodos de retorno.

Hay que mencionar, además, que es importante tener en cuenta las características físicas del lugar de la obra, es decir su pendiente, área de aferencia, superficie y particularidades hídricas del terreno, entre otras.

Este informe se compone de las siguientes secciones; en las que se presenta en primer lugar la información hidrometeorológica empleada para la ejecución del estudio y la metodología de trabajo desarrollada. Posteriormente se realiza el levantamiento de la información de campo y recolección de la información secundaria con respecto al objeto del contrato.

Como siguiente capítulo se presenta la climatología de la zona, después evaluando parámetros de precipitación según los registros hidrometeorológicos de las estaciones más cercanas y proyectándolos al punto de interés. Posteriormente se estiman los caudales máximos para diferentes periodos de retorno, el cual es uno de los objetivos de los estudios de hidrología. Por último, se determinan las conclusiones y recomendaciones correspondientes según los resultados encontrados.



1.2 ALCANCE Y OBJETIVOS

Los estudios de hidrología tienen los siguientes objetivos:

- a. Obtener la información cartográfica e hidrológica relacionada con el objeto del estudio.
- b. Caracterización del cauce de la fuente de captación.
- c. Determinación de las precipitaciones máximas.

El alcance o logro de los anteriores objetivos se limita a los siguientes.

- d. Determinar las precipitaciones máximas de diseño para los diferentes periodos de Retorno de 2; 5; 10; 20; 25; 50 y 100 años.
- e. A escala temporal el análisis de la precipitación y la climatología se realiza a partir de los registros de las estaciones climatológicas más cercanas con información actualizada disponible.

1.3 MARCO NORMATIVO

Existen varias normas que plantean y abordan el tema a escala territorial, estas son las más relevantes:

- RAS-2000.- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.
- Manual de Drenaje de Carreteras del Instituto Nacional de Vías INVIAS desarrollado en el año 2009, en estos se encuentran los procesos a seguir para desarrollar las actividades hidrológicas del caso.
- Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Acacias vigente.



1.4 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de Acacías está situado en el Departamento del Meta, en la región centro-oriental del país. Su economía se basa en el sector agropecuario, la explotación petrolera y la prestación de servicios.

El vínculo territorial, social y económico del municipio de Acacías (Meta) está directamente relacionado con la capital del departamento, Villavicencio, de quien lo separa una distancia de 28 Km. Asimismo, el municipio con esta conexión se permite tener otro sin número de relaciones económicas y sociales con Bogotá D.C. y los demás municipios que se conectan a través de la vía nacional. Límites del municipio:

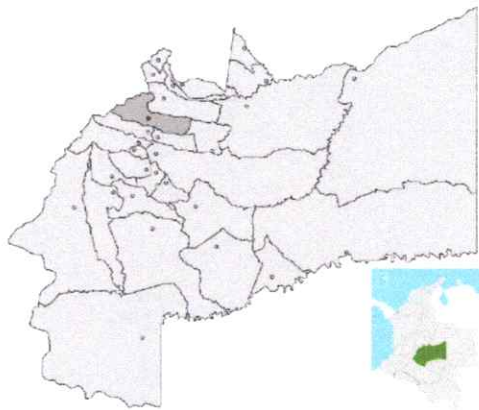
- Norte: Dpt. Cundinamarca
- Sur: Mps. de Castilla la Nueva y Guamal
- Oriente: Mpio. San Carlos de Guaroa
- Occidente: Mpio. de Guamal

Extensión total: 1.169 Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 498 s.n.m

Temperatura media: 24 C° C

Ilustración 1 Localización del municipio



El área de estudio es en el desarenador existente geográficamente se ubica en las coordenadas (Latitud: 4° 0'31.74"N longitud: 73°48'24.16"O) sobre la corriente de la



Quebrada Las Blancas, a 7 kilómetros aproximadamente de la carrera 23, vía principal que conduce de Acacias a Villavicencio.

La planta de tratamiento de agua potable se localiza en las coordenadas $4^{\circ} 0'33.83''N$ y $73^{\circ}47'30.90''O$.

Ilustración 2 zona de intervención (Localización)



Fuente: Google Earth

2 HIDROMETRÍA

2.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se recopiló y analizó toda la información disponible relacionada con la zona de influencia, en cuanto a cartografía, precipitaciones, suelos y caudales.

2.1.1 INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

En la cuenca propia de la Quebrada Las Blancas no se encuentran estaciones Limnimétricas ni limnigráficas, por consiguiente, se utilizará las estaciones



meteorológicas y pluviométricas de la zona para realizar modelos escorrentía para predecir los niveles y caudales máximos.

Como información secundaria se investigó la documentación existente en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM encontrando, la que se relaciona a continuación.

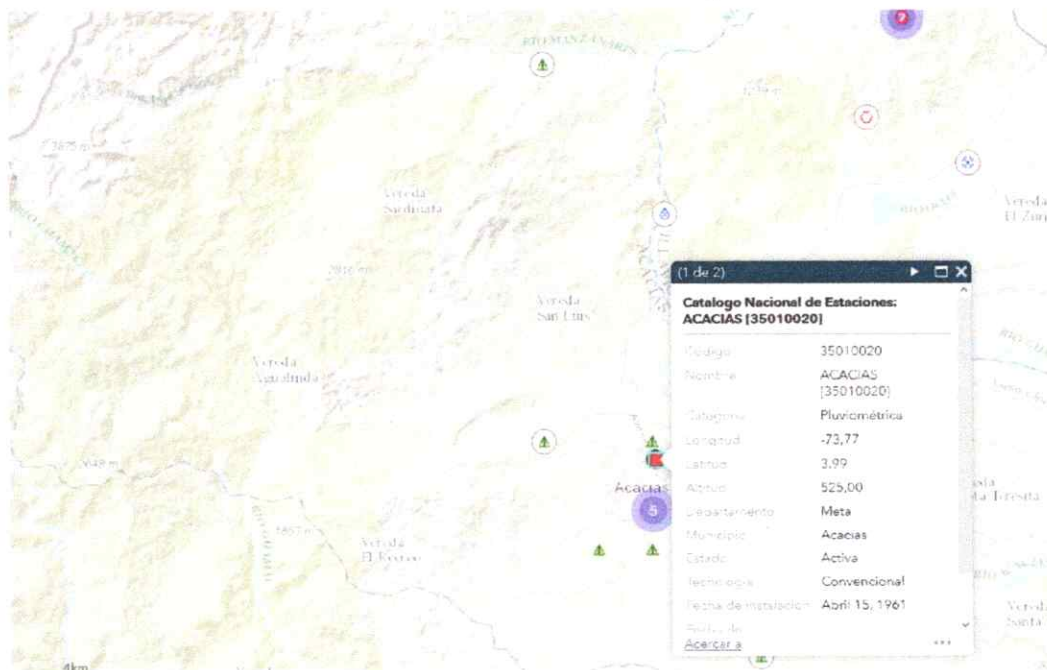
La información Hidrometeorológica recolectada se puede observar en el ANEXO 1 INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA.

Tabla 1 Listado de estaciones meteorológica del proyecto. Tipo estación: Pm: Pluviométrica.

| Código | Tipo | Nombre estación | Nombre subcuenca | Municipio | Latitud (norte) | Longitud (oeste) | Entidad |
|----------|------|-----------------|------------------|-----------|-----------------|------------------|---------|
| 35010020 | PM | Acacias | Guayuriba | Acacias | 4°41'17.5" | 76°56'3.3" | IDEAM |

A continuación, se presenta el mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas de estudio.

Ilustración 3 Localización Estaciones meteorológicas IDEAM





3 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

3.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Las actividades necesarias para la elaboración de los Estudios son las siguientes:

3.1.1 CONSECUCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Consecución de información hidroclimatológica, cartográfica y de suelos, en el IDEAM y en el IGAC. Además, se entrevistará a la comunidad del municipio de Acacias para investigar sobre los niveles máximos presentados históricamente en la zona esto con el fin de tener valores de referencia para el análisis.

3.1.2 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LA CUENCA

Se determinan los principales parámetros morfométricos de la cuenca de estudio según el punto de cierre de referencia.

3.1.3 ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS

Conformadas las series anuales de las precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones de estudio, se estiman los caudales máximos a diferentes periodos de retorno de interés del proyecto. Estos se comparan y se analizaran con los niveles históricos proporcionados por la comunidad para así analizar los caudales y niveles máximos más probables, teniendo en cuenta las limitaciones de información y métodos convencionales de evaluación hidrológica, hidráulica, con niveles y secciones transversales.



Con respecto a la estimación de caudales mínimos no se cuenta con la información histórica ni de medición suficiente para establecer estos valores.

3.2 MÉTODOS DE DISEÑO

Los métodos de cálculo a utilizar son las siguientes:

- a. Método del Hidrograma Unitario.
- b. Método de Polígonos de Thiessen.
- c. Método del Número de Curva.

3.3 DELIMITACIÓN DE LA CUENCA

En esta sección se presentan las cuencas de los principales cuerpos hídricos de influencia de la zona en estudio. Posteriormente se presentan las principales características morfométricas a utilizar para el análisis de caudales del proyecto.

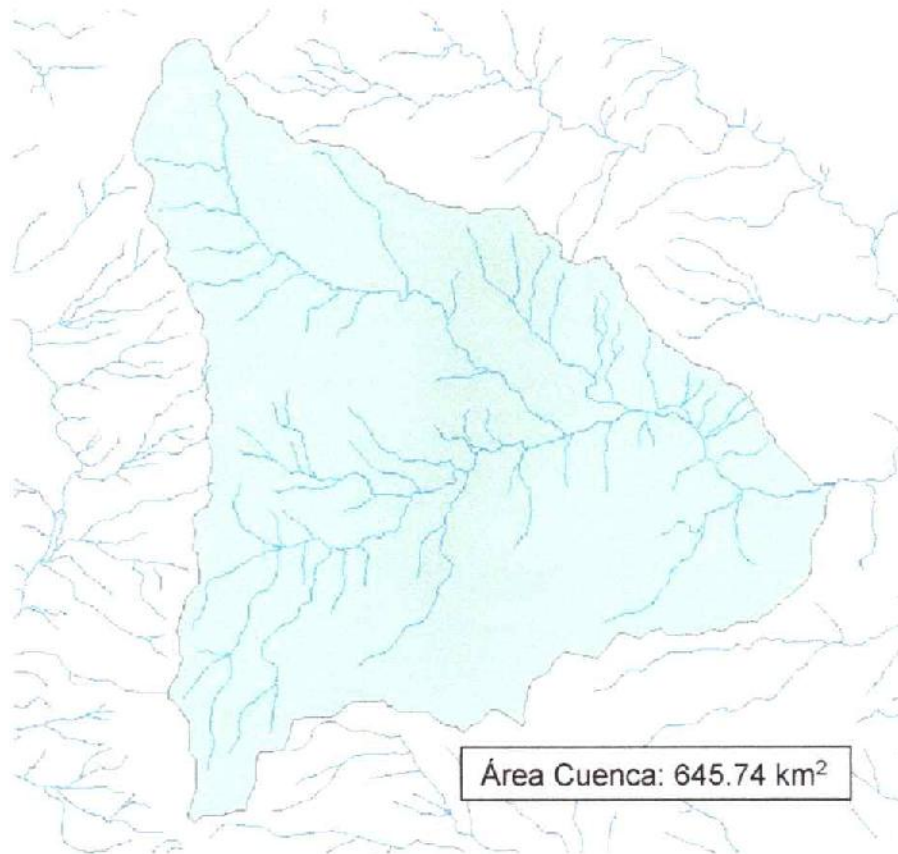
2.2.1. Cuenca Quebrada Las Blancas

La cuenca de la Quebrada Las Blancas tiene su nacimiento al occidente del casco urbano del municipio de Acacias a una altitud aproximada de 1100 msnm. Se desarrolla en dirección Oeste a Este preferencialmente, para finalmente terminar en el punto de cierre o referencia del proyecto en el punto de diseño de la obra de captación a una altitud de 650 msnm.

La corriente cuenta con una longitud de 9.17 km y una pendiente media del 3.49%, alcanza un área de 33.07 km².



Figura 1 Cuenca Q Las Blancas (Fuente: Consultor)



3.4 INTENSIDAD DE LLUVIA (CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA IDF)

El análisis de precipitaciones máximas incluye la determinación de intensidades máximas, en el que se cuantifica la cantidad de lluvia caída en duraciones de 10, 20, 30, 60, 120 y 1440 minutos. Esta labor se realiza aplicando la metodología de Vargas y Díaz-Granados, la cual para la región del Pacífico, da la siguiente curva de intensidad-duración-frecuencia:

$$I = 5.53 \frac{T^{0.17}}{(d/60)^{0.63}} M^{0.42}$$
$$R^2 = 0.93$$

Ecuación 1



Siendo,

I , intensidad (mm/h).

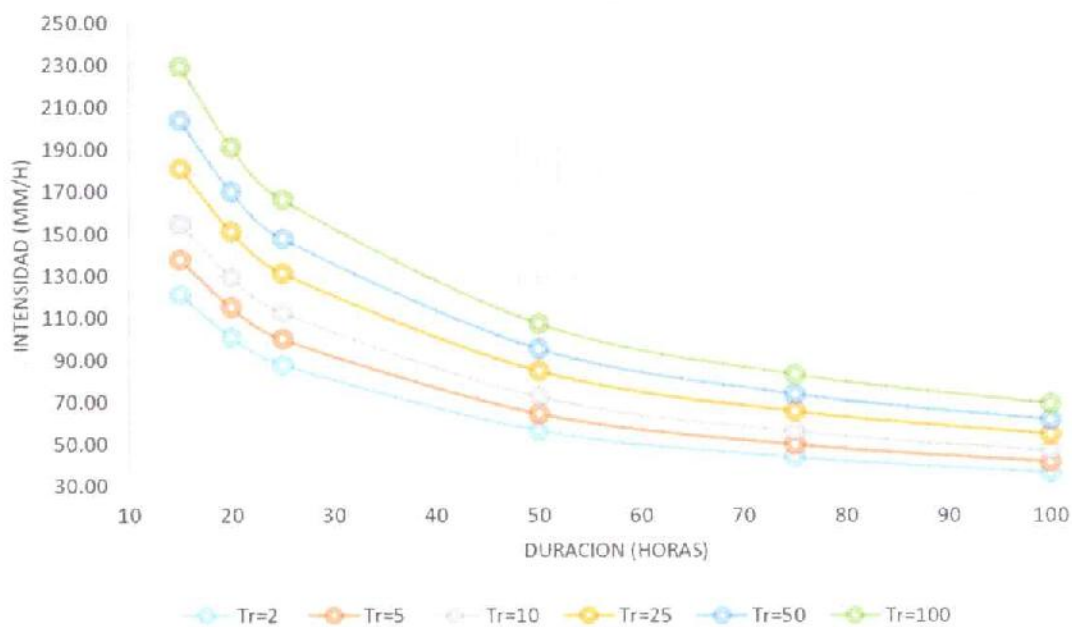
T , período de retorno (años).

d , duración (horas)

M , promedio anual de la precipitación máxima anual.

Para los valores de M de la cuenca de estudio, las curvas IDF obtenidas son las siguientes:

Figura 2 Curvas IDF Proyecto



3.5 FENÓMENOS ENSO EL NIÑO Y LA NIÑA

Los Fenómenos ENSO La Niña y El Niño importantes actualmente en la planificación de obras hidráulicas, produce enfriamiento el primero consolidándose en lluvias muy superiores a las normales, mientras que el segundo fenómeno es el caso contrario, es decir, por la variedad climática se consolidan altas temperaturas muy por encima de las normales, ocasionando sequía y disminución acentuada de los niveles de agua en las corrientes hídricas y es por esta razón que al ser el nivel de reducción el

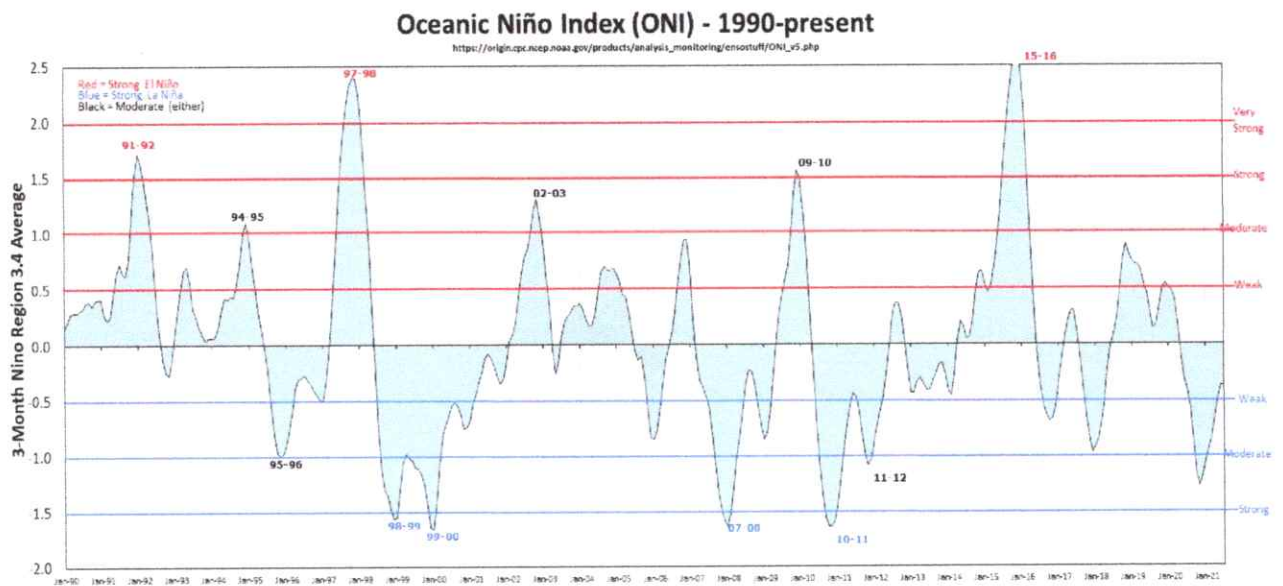


parámetro relevante para el diseño de un canal navegable, se analice la repercusión del fenómeno de El Niño, específicamente en las curvas de duración de los niveles y caudales.

El Fenómeno ENSO que significa El Niño oscilación Sur, se usa para describir la fase caliente representada en El Niño y la fase fría en La Niña, fueron clasificados por el NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de los Estados Unidos según el Índice Oceánico Niño ONI, por medio de un umbral de al menos tres (3) períodos de tres (3) meses consecutivos superpuestos, asignando para el Fenómeno El Niño un evento débil (0.5 a 0.9), moderado (1 a 1.4), fuerte (1.5 a 1.9) y muy fuerte (mayor a 2) y para el Fenómeno La Niña, la misma clasificación pero con valores negativos, aspectos que se describen gráficamente en la

Figura 3 para los años involucrados en el período 1950-2015.

Figura 3 Índice Oceánico Niño ONI para clasificación de los Fenómenos ENSO





De la información de la entidad gubernamental descrita, se extrajeron los meses correspondientes a los Fenómenos ENSO, para El Niño y La Niña, los que se aprecian en la Tabla 2.

Tabla 2 Periodos del fenómeno ENSO Fuente: Oceanic Niño Index, ONI, www.cpc.ncep.noaa.gov

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1950 | | | | | | | | | | | | |
| 1951 | | | | | | | | | | | | |
| 1952 | | | | | | | | | | | | |
| 1953 | | | | | | | | | | | | |
| 1954 | | | | | | | | | | | | |
| 1955 | | | | | | | | | | | | |
| 1956 | | | | | | | | | | | | |
| 1957 | | | | | | | | | | | | |
| 1958 | | | | | | | | | | | | |
| 1959 | | | | | | | | | | | | |
| 1960 | | | | | | | | | | | | |
| 1961 | | | | | | | | | | | | |
| 1962 | | | | | | | | | | | | |
| 1963 | | | | | | | | | | | | |
| 1964 | | | | | | | | | | | | |
| 1965 | | | | | | | | | | | | |
| 1966 | | | | | | | | | | | | |
| 1967 | | | | | | | | | | | | |
| 1968 | | | | | | | | | | | | |
| 1969 | | | | | | | | | | | | |
| 1970 | | | | | | | | | | | | |
| 1971 | | | | | | | | | | | | |
| 1972 | | | | | | | | | | | | |
| 1973 | | | | | | | | | | | | |
| 1974 | | | | | | | | | | | | |
| 1975 | | | | | | | | | | | | |
| 1976 | | | | | | | | | | | | |
| 1977 | | | | | | | | | | | | |
| 1978 | | | | | | | | | | | | |
| 1979 | | | | | | | | | | | | |
| 1980 | | | | | | | | | | | | |
| 1981 | | | | | | | | | | | | |
| 1982 | | | | | | | | | | | | |
| 1983 | | | | | | | | | | | | |
| 1984 | | | | | | | | | | | | |
| 1985 | | | | | | | | | | | | |
| 1986 | | | | | | | | | | | | |
| 1987 | | | | | | | | | | | | |
| 1988 | | | | | | | | | | | | |
| 1989 | | | | | | | | | | | | |
| 1990 | | | | | | | | | | | | |
| 1991 | | | | | | | | | | | | |
| 1992 | | | | | | | | | | | | |
| 1993 | | | | | | | | | | | | |
| 1994 | | | | | | | | | | | | |
| 1995 | | | | | | | | | | | | |
| 1996 | | | | | | | | | | | | |
| 1997 | | | | | | | | | | | | |
| 1998 | | | | | | | | | | | | |
| 1999 | | | | | | | | | | | | |
| 2000 | | | | | | | | | | | | |
| 2001 | | | | | | | | | | | | |
| 2002 | | | | | | | | | | | | |
| 2003 | | | | | | | | | | | | |
| 2004 | | | | | | | | | | | | |
| 2005 | | | | | | | | | | | | |
| 2006 | | | | | | | | | | | | |
| 2007 | | | | | | | | | | | | |
| 2008 | | | | | | | | | | | | |
| 2009 | | | | | | | | | | | | |
| 2010 | | | | | | | | | | | | |
| 2011 | | | | | | | | | | | | |
| 2012 | | | | | | | | | | | | |
| 2013 | | | | | | | | | | | | |
| 2014 | | | | | | | | | | | | |
| 2015 | | | | | | | | | | | | |



3.6 ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS

Para el análisis de caudales máximos, se tiene en cuenta las siguientes situaciones:

1. Para el presente proyecto no se cuenta con el tiempo, información hidrometeorológica histórica, recursos técnicos y económicos para el análisis minucioso del comportamiento de la Quebrada Las Blancas.
2. En la cuenca propia de la Quebrada Las Blancas no se encuentran estaciones Limnimétricas ni limnigráficas, por consiguiente, se utilizará las estaciones meteorológicas y pluviométricas de la zona para realizar modelos escorrentía para predecir los niveles y caudales máximos. Con estos niveles se analizarán y se compararán con los datos recogidos de la entrevista de los pobladores de la zona y la información existente en los entes gubernamentales y pobladores del municipio.
3. Con respecto a los caudales mínimos de la zona no se calculan al no tener información histórica ni meteorológica fiable para la proyección a diferentes periodos de diseño.
4. Los resultados arrojados son una estimación aproximada que se hace del análisis de un modelo de lluvia escorrentía, información obtenida de los pobladores de caudales y niveles históricos.

Como se menciona en la metodología, para la obtención de caudales máximos, se emplean el método del Hidrograma unitario, los cuales se explican a continuación.

Para la aplicación de las anteriores metodologías es necesario asignar a cada cuenca los coeficientes de escorrentía (C) o de Número de curva (CN) a partir de las



caracterizaciones de suelos y cobertura vegetal existentes, siguiendo el procedimiento descrito en el Anexo 2.

3.6.1 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Se determinará como el promedio de los tiempos de concentración calculados con las expresiones del US Corps of Engineers, Bransby-Williams, Kirpich, Ventura, Passini, SCS, Temez Williams, Giandotti, Haktanir-Sezen y California.

Las ecuaciones empleadas por los anteriores autores son:

Kirpich
$$T_c = 0.06628 \left(\frac{L}{S^{0.50}} \right)^{0.77}$$
 Ecuación 2

Donde,

T_c : Tiempo de concentración (horas).

L : Longitud del cauce principal (Km).

S : Pendiente del cauce principal (m/m).

Bransby-Williams
$$T_c = 58.5 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.3}}$$
 Ecuación 3

Siendo,

T_c : Tiempo de concentración (minutos)

L : Longitud del curso principal (Km)

A : Área de la cuenca (Km²)

S : Pendiente entre la máxima y la mínima elevación del curso principal (m/Km)

US Corps of Engineers
$$T_c = 0.28 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$
 Ecuación 4

Siendo,



T_c : Tiempo de concentración (horas).

L : Longitud del cauce principal (Km).

S : Pendiente del cauce principal (m/m).

Williams

$$T_c = 16.32 L A^{0.4} (D S^{0.2})^{-1}$$

Ecuación 5

Siendo,

T_c : Tiempo de concentración (minutos)

L : Longitud del curso principal (Km)

A : Área de la cuenca (Km²)

D : Diámetro equivalente (Km)

S : Pendiente entre la máxima y la mínima elevación del curso principal (m/m)

California

$$T_c = 60(0.87L^3 H_B^{-1})^{0.385}$$

Ecuación 6

Siendo,

T_c : Tiempo de concentración (minutos)

L : Longitud del curso principal (Km)

H_B : Diámetro equivalente (Km)

Temez

$$T_c = 18[L(100S)^{-0.25}]^{0.75}$$

Ecuación 7

Siendo,

T_c : Tiempo de concentración (minutos)

L : Longitud del curso principal (Km)

S : Pendiente del cauce principal (m/m).

Giandotti

$$T_c = (240A^{0.5} + 90L)[25.3(SL)^{0.5}]^{-1}$$

Ecuación 8

Siendo,

T_c : Tiempo de concentración (minutos)

L : Longitud del curso principal (Km)



A: Área de la cuenca (Km²)

S: Pendiente entre la máxima y la mínima elevación del curso principal (m/m)

Haktanir-Sezen

$$T_c = 44,75L^{0,841}$$

Ecuación 9

Siendo,

T_c: Tiempo de concentración (minutos)

L: Longitud del curso principal (Km)

Ventura

$$T_c = 0.30 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.75}$$

Ecuación 10

Donde,

T_c: Tiempo de concentración (horas).

L: Longitud del cauce principal (Km).

S: Pendiente del cauce principal (%).

Para el cálculo de la intensidad se recomienda realizar el diseño para períodos de retorno de 2.33, 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años para cada cuenca hidrográfica delimitada.

3.6.1.1 Tiempo de Concentración de Diseño

Después de computados los resultados de tiempo de Concentración para las diferentes expresiones, se evalúa y se promedia, dando el valor de diseño a utilizar.

Tabla 3 Tiempo de concentración de la cuenca

| SUBCUENCA | | TOTAL |
|-----------|---|-----------------------|
| Área: | A | 3306.56 ha |
| | | 33.07 Km ² |
| Longitud: | L | 9170.7 m |
| | | 09.17 km |



| SUBCUENCA | | TOTAL |
|---------------------------------------|----------------|----------------------|
| Pendiente: | S | 0.0349 m/m |
| | | 3.490 % |
| | | 34.90 m/km |
| Diámetro Equivalente: | D _e | 6488.5 m |
| | | 06.49 km |
| ECUACIÓN | | T _c (MIN) |
| Kirpich | | 79.72 |
| Bransby-Williams | | 130.25 |
| US Corps of Engineers | | 171.24 |
| Williams | | 182.88 |
| California | | 357.90 |
| Temez | | 75.04 |
| Giandotti | | 154.08 |
| Haktanir-Sezen | | 288.52 |
| Ventura | | 75.04 |
| PROMEDIO | | 168.30 |
| t _{lag} = 0.6*T _c | | 100.98 |

3.6.2 MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO

3.6.2.1 Estimación Lluvia Neta

Para la obtención de las pérdidas se emplea el método propuesto por el Soil Conservation Service (SCS) basado en el concepto del "número de curva", CN.

De acuerdo a este método la escorrentía directa o precipitación efectiva producida por un evento de precipitación se calcula como:

$$P_e = \frac{(P - \alpha S)^2}{P + (1 - \alpha)S} \quad \text{si } P > S$$
$$P_e = 0 \quad \text{si } P \leq S$$

Ecuación 11



Donde,

Pe: precipitación efectiva (mm)

P: precipitación máxima para el período de retorno deseado (mm)

S: retención potencial máxima después que comienza la escorrentía (mm)

αS : umbral de escorrentía o abstracción inicial, es decir todas las pérdidas antes que comience la escorrentía (mm). Este valor es un parámetro del modelo HEC-HMS. El SCS propone un valor de 0.2 para el parámetro y relaciona la retención potencial máxima (S) con el suelo y las condiciones de cobertura de la cuenca a través del número de curva (CN).

Por medio del cruce de mapas de geología y coberturas de suelo de la cuenca se determina el Numero de Curva ponderada, el cual se observa en el Anexo 2. Para el análisis hidrológico y cálculo de caudales el Numero de Curva de la cuenca corresponde a 52.67.

Esta relación para condiciones normales de humedad antecedente está dada por:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) = 355.55 \text{ mm}$$

Ecuación 12

El número de curva para las cuencas de la vía se obtiene a partir de la ponderación dentro del área de las diferentes unidades de suelo y cobertura vegetal definidas a partir de la información secundaria investigada en el IGAC (ver Anexo 2).

3.6.2.2 Lluvia de Diseño

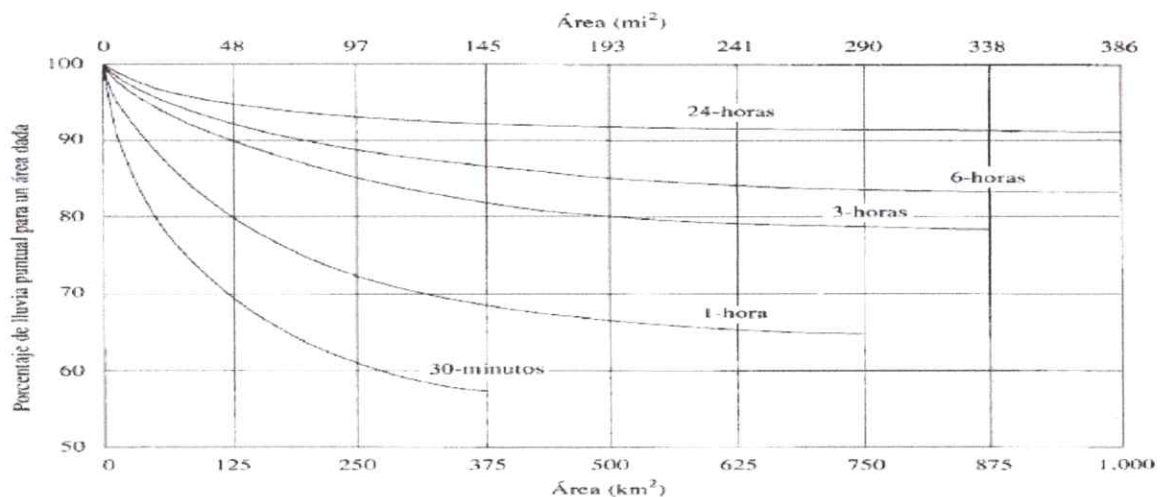
El Hietograma de la precipitación de diseño o distribución de la lluvia empleado para el cálculo de caudales máximos, se obtiene por el método del bloque alternativo, en el



que se calcula la profundidad de precipitación como el producto de la intensidad (estimada con la curva IDF) por la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra entonces la cantidad de lluvia que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo y los bloques o incrementos se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración del aguacero y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central. Este proceso se denomina Método de Bloques Alternos. (Chow, Hidrología Aplicada, 1994)

En la obtención de la lluvia de diseño al aplicar el hidrograma unitario, el factor para calcular la precipitación máxima promedio en la hoya se realiza con ayuda de la curva profundidad-área elaborada por la Organización Meteorológica Mundial (1983, en Ven Te Chow 1994), la cual se observa en la Figura 4. En cuanto a la duración de la lluvia total, se adopta una duración cercana al tiempo de concentración.

Figura 4 Curva profundidad-área para reducir precipitación puntual (Fuente: Ven te Chow)





Las lluvias de diseño para los diferentes periodos de retorno se pueden observar a continuación.

Tabla 4 Lluvia de diseño para $T_r=2.33$ años

| t (min) | I (mm/h) | P (mm) | ΔP (mm) | ΔP_{alter} (mm) |
|---------|----------|--------|-----------------|-------------------------|
| 20 | 100.98 | 33.66 | 33.66 | 3.24 |
| 40 | 65.25 | 43.50 | 9.84 | 3.83 |
| 60 | 50.54 | 50.54 | 7.04 | 4.84 |
| 80 | 42.16 | 56.22 | 5.68 | 7.04 |
| 100 | 36.63 | 61.06 | 4.84 | 33.66 |
| 120 | 32.66 | 65.32 | 4.26 | 9.84 |
| 140 | 29.64 | 69.15 | 3.83 | 5.68 |
| 160 | 27.25 | 72.66 | 3.50 | 4.26 |
| 180 | 25.30 | 75.89 | 3.24 | 3.50 |

Figura 5 Lluvia de diseño para $T_r = 2.33$ años

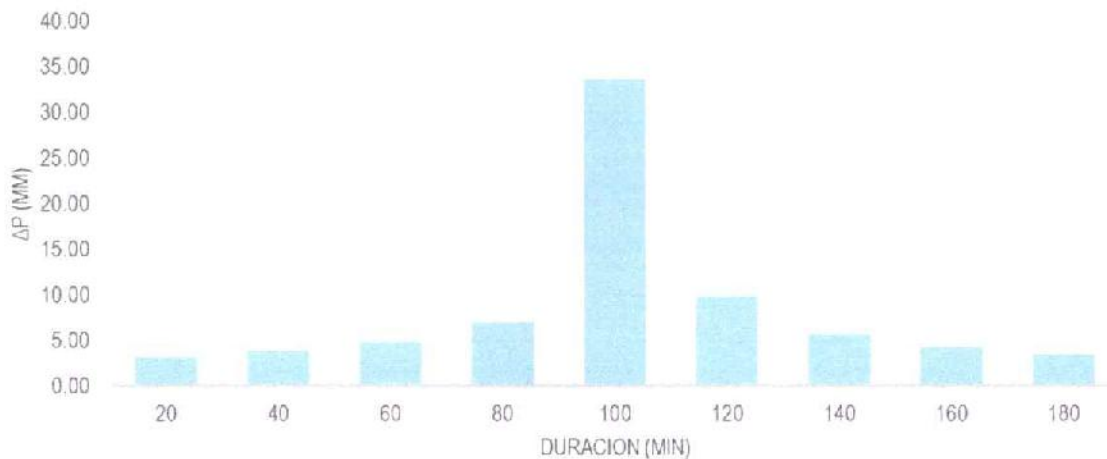


Tabla 5 Lluvia de diseño para $T_r=5$ años

| t (min) | I (mm/h) | P (mm) | ΔP (mm) | ΔP_{alter} (mm) |
|---------|----------|--------|-----------------|-------------------------|
| 20 | 114.98 | 38.33 | 38.33 | 3.68 |
| 40 | 74.30 | 49.53 | 11.20 | 4.37 |
| 60 | 57.55 | 57.55 | 8.02 | 5.51 |
| 80 | 48.01 | 64.01 | 6.46 | 8.02 |
| 100 | 41.71 | 69.52 | 5.51 | 38.33 |
| 120 | 37.19 | 74.37 | 4.85 | 11.20 |
| 140 | 33.74 | 78.74 | 4.37 | 6.46 |
| 160 | 31.02 | 82.73 | 3.99 | 4.85 |
| 180 | 28.80 | 86.41 | 3.68 | 3.99 |



Figura 6 Lluvia de diseño para $T_r = 5$ años

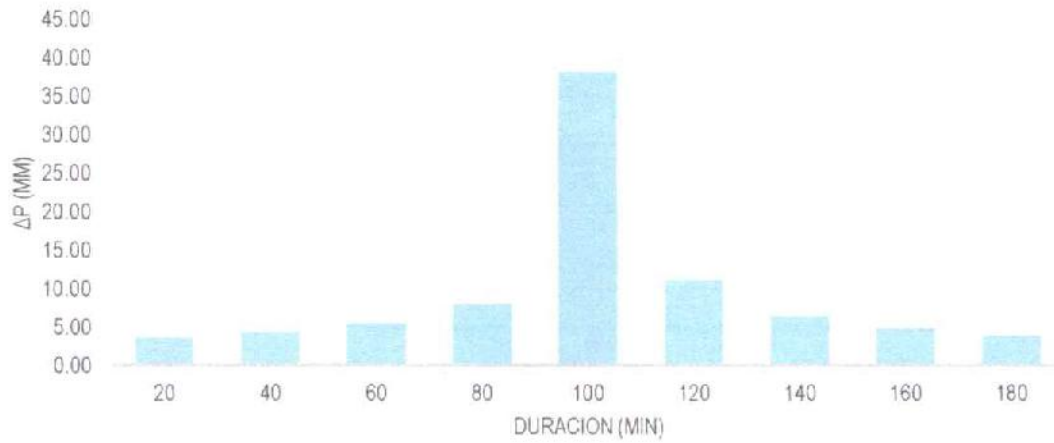


Tabla 6 Lluvia de diseño para $T_r = 10$ años

| t (min) | I (mm/h) | P (mm) | ΔP (mm) | ΔPalter (mm) |
|---------|----------|--------|---------|--------------|
| 20 | 129.36 | 43.12 | 43.12 | 4.15 |
| 40 | 83.59 | 55.73 | 12.61 | 4.91 |
| 60 | 64.75 | 64.75 | 9.02 | 6.20 |
| 80 | 54.01 | 72.02 | 7.27 | 9.02 |
| 100 | 46.93 | 78.22 | 6.20 | 43.12 |
| 120 | 41.84 | 83.67 | 5.46 | 12.61 |
| 140 | 37.97 | 88.59 | 4.91 | 7.27 |
| 160 | 34.90 | 93.07 | 4.49 | 5.46 |
| 180 | 32.41 | 97.22 | 4.15 | 4.49 |

Figura 7 Lluvia de diseño para $T_r = 10$ años

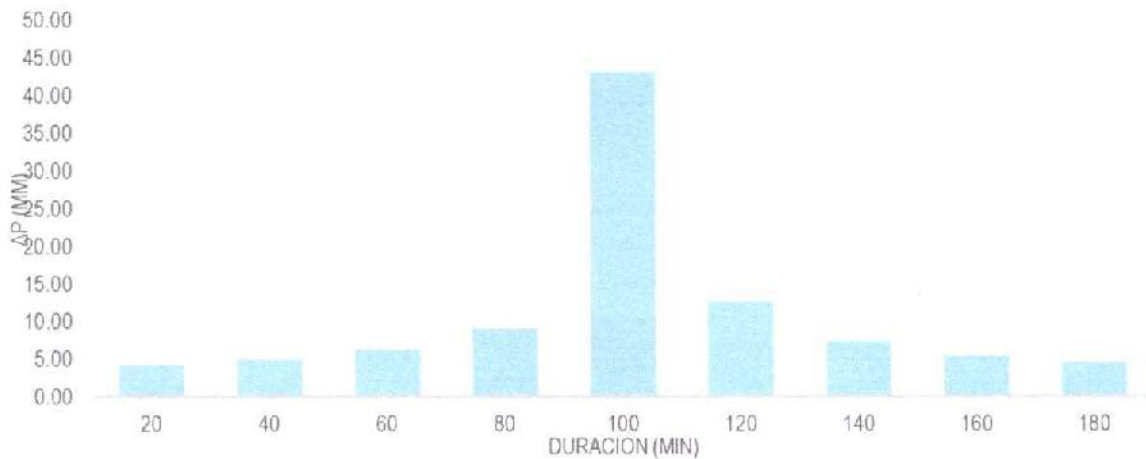




Tabla 7 Lluvia de diseño para $T_r = 20$ años

| t (min) | I (mm/h) | P (mm) | ΔP (mm) | ΔP_{alter} (mm) |
|---------|----------|--------|-----------------|-------------------------|
| 20 | 145.54 | 48.51 | 48.51 | 4.66 |
| 40 | 94.04 | 62.69 | 14.18 | 5.53 |
| 60 | 72.84 | 72.84 | 10.15 | 6.97 |
| 80 | 60.77 | 81.02 | 8.18 | 10.15 |
| 100 | 52.80 | 88.00 | 6.97 | 48.51 |
| 120 | 47.07 | 94.14 | 6.14 | 14.18 |
| 140 | 42.71 | 99.66 | 5.53 | 8.18 |
| 160 | 39.27 | 104.71 | 5.05 | 6.14 |
| 180 | 36.46 | 109.38 | 4.66 | 5.05 |

Figura 8 Lluvia de diseño para $T_r = 20$ años

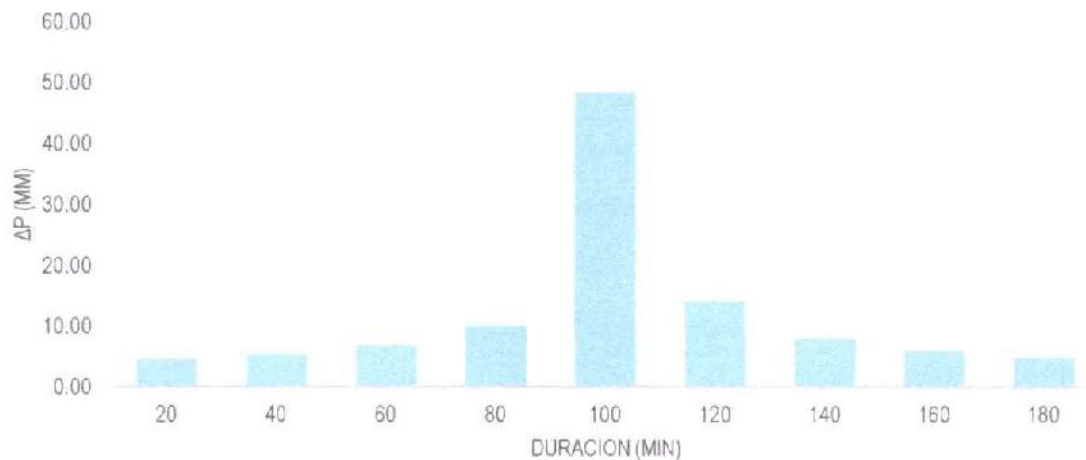


Tabla 8 Lluvia de diseño para $T_r = 25$ años

| t (min) | I (mm/h) | P (mm) | ΔP (mm) | ΔP_{alter} (mm) |
|---------|----------|--------|-----------------|-------------------------|
| 20 | 151.16 | 50.39 | 50.39 | 4.84 |
| 40 | 97.68 | 65.12 | 14.73 | 5.74 |
| 60 | 75.66 | 75.66 | 10.54 | 7.24 |
| 80 | 63.12 | 84.16 | 8.50 | 10.54 |
| 100 | 54.84 | 91.40 | 7.24 | 50.39 |
| 120 | 48.89 | 97.78 | 6.38 | 14.73 |
| 140 | 44.36 | 103.52 | 5.74 | 8.50 |
| 160 | 40.78 | 108.76 | 5.24 | 6.38 |
| 180 | 37.87 | 113.60 | 4.84 | 5.24 |



Figura 9 Lluvia de diseño para $T_r = 25$ años

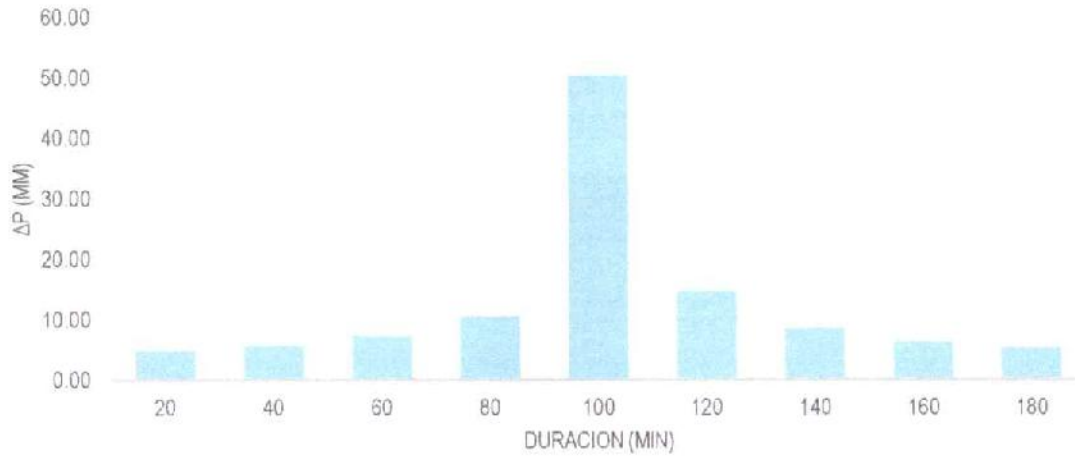


Tabla 9 Lluvia de diseño para $T_r = 50$ años

| t (min) | I (mm/h) | P (mm) | ΔP (mm) | ΔP_{alter} (mm) |
|---------|----------|--------|-----------------|-------------------------|
| 20 | 170.07 | 56.69 | 56.69 | 5.45 |
| 40 | 109.89 | 73.26 | 16.57 | 6.46 |
| 60 | 85.12 | 85.12 | 11.86 | 8.15 |
| 80 | 71.01 | 94.68 | 9.56 | 11.86 |
| 100 | 61.70 | 102.83 | 8.15 | 56.69 |
| 120 | 55.00 | 110.01 | 7.18 | 16.57 |
| 140 | 49.91 | 116.46 | 6.46 | 9.56 |
| 160 | 45.89 | 122.36 | 5.90 | 7.18 |
| 180 | 42.60 | 127.81 | 5.45 | 5.90 |

Figura 10 Lluvia de diseño para $T_r = 50$ años

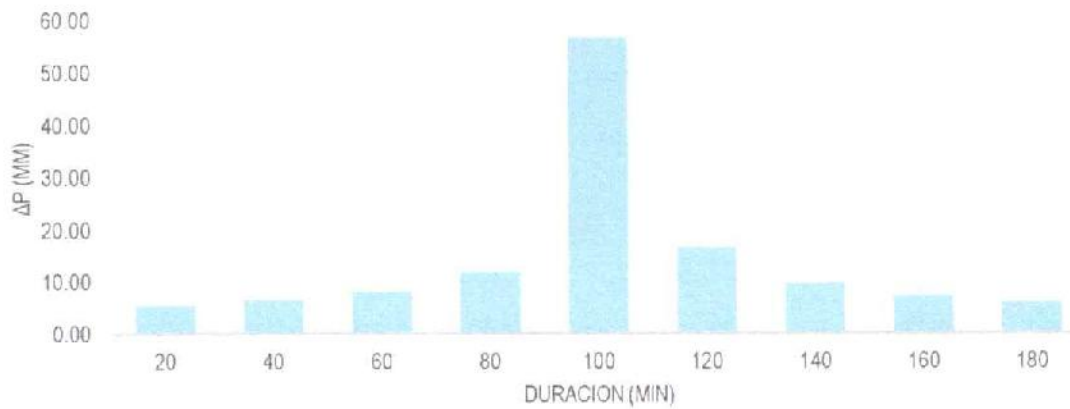
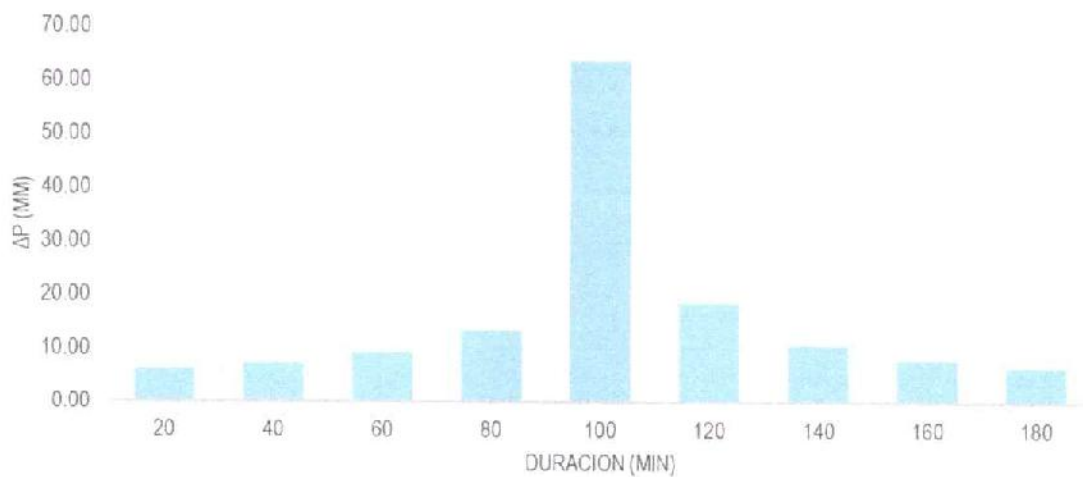




Tabla 10 Lluvia de diseño para $T_r = 100$ años

| t (min) | I (mm/h) | P (mm) | ΔP (mm) | ΔP_{alter} (mm) |
|---------|----------|--------|-----------------|-------------------------|
| 20 | 191.34 | 63.78 | 63.78 | 6.13 |
| 40 | 123.64 | 82.42 | 18.65 | 7.26 |
| 60 | 95.77 | 95.77 | 13.34 | 9.17 |
| 80 | 79.89 | 106.52 | 10.76 | 13.34 |
| 100 | 69.41 | 115.69 | 9.17 | 63.78 |
| 120 | 61.88 | 123.76 | 8.07 | 18.65 |
| 140 | 56.15 | 131.03 | 7.26 | 10.76 |
| 160 | 51.62 | 137.66 | 6.64 | 8.07 |
| 180 | 47.93 | 143.80 | 6.13 | 6.64 |

Figura 11 Lluvia de diseño para $T_r = 100$ años



3.6.2.3 Definición del Hidrograma unitario

Se utiliza el Hidrograma unitario sintético triangular propuesto por el Soil Conservation Service, cuyos parámetros son:

$$T_p = \frac{D}{2} + 0.6 \times T_c$$

Ecuación 13

Donde,



D : Intervalo de discretización de la lluvia (horas)

T_p : Tiempo al pico del hidrograma (horas).

T_c : Tiempo de concentración (horas). Calculado como el promedio de las expresiones del US Corps of Engineers, Bransby-Williams, Kirpich, Ventura, Passini, SCS, Temez Williams, Giandotti, Haktanir-Sezen y California.

El valor de $0.6 \times T_c$ es tomado como el tiempo de rezago (lag time), este utilizado como parámetro de entrada en la modelación hidrológica con el software HEC-HMS. Una vez definido el tiempo al pico, T_p se calculan los demás elementos del hidrograma triangular:

$$T_b = 2.67 \times T_p$$

Ecuación 14

$$Q_p = \frac{A}{1.8 \times T_b}$$

Ecuación 15

Donde,

T_b : Tiempo base del hidrograma (horas)

Q_p : Caudal pico del hidrograma ($m^3/s/mm$)

A : Área de la cuenca (Km^2)

Para la transformación lineal de lluvia neta a esorrentía se usa el procedimiento conocido como convolución (para cada bloque del histograma de precipitación efectiva se calcula su hidrograma unitario, obteniéndose el hidrograma final de la cuenca al sumar cada uno de los hidrogramas unitarios desplazado en el tiempo), el que se realiza con ayuda de una hoja de cálculo preparada para ello.

3.7 CAUDALES DE DISEÑO

Después de evaluados los métodos descritos en los títulos anteriores, se presentan los caudales para cada uno de los cuerpos hídricos del proyecto.



3.7.1 QUEBRADA LAS BLANCAS

Los caudales máximos de la Quebrada Las Blancas se calculan por medio de los calculados por el Hidrograma Unitario Sintético. Los Caudales máximos se pueden observar en la Tabla 11.

Tabla 11 Caudales de diseño Q Las Blancas

| Período de retorno, Tr (años) | Caudal máximo |
|-------------------------------|-------------------|
| | m ³ /s |
| 2.33 | 22.70 |
| 5 | 33.00 |
| 10 | 45.60 |
| 20 | 61.80 |
| 25 | 67.90 |
| 50 | 90.0 |
| 100 | 117.50 |

Para la modelación hidráulica de la zona del proyecto se tomará como caudal de diseño para evaluación del nivel máximo, el correspondiente al periodo de retorno de 100 años.



4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para el presente proyecto no se cuenta con el tiempo, información primaria, recursos técnicos y económicos para el análisis minucioso del comportamiento de la Quebrada Las Blancas.
- En la cuenca propia de la Quebrada Las Blancas no se encuentran estaciones Limnimétricas ni limnigráficas, por consiguiente, se utilizará las estaciones meteorológicas y pluviométricas de la zona para realizar modelos escorrentía para predecir los niveles y caudales máximos.
- Con respecto a los caudales mínimos de la zona no se calculan al no tener información histórica ni meteorológica fiable para la proyección a diferentes periodos de diseño.
- Los resultados arrojados son una estimación aproximada que se hace del análisis de un modelo de lluvia escorrentía, información obtenida y niveles históricos.
- Los caudales máximos de diseño del análisis hidráulico es un valor determinado por medio del Hidrograma Unitario, el cual arroja caudales máximos.

| Período de retorno, Tr (años) | Caudal máximo |
|-------------------------------------|-------------------|
| | m ³ /s |
| 2.33 | 22.70 |
| 5 | 33.00 |
| 10 | 45.60 |
| 20 | 61.80 |
| 25 | 67.90 |
| 50 | 90.0 |
| 100 | 117.50 |



5 BIBLIOGRAFÍA

- Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogota: McGraw-Hill.
- Universidad del Cauca. (2016). *Parte IV. Socavación en Puentes*. Popayan.
- R. Vargas and M. Díaz Granados, "Curvas Sintéticas regionalizadas de Intensidad - Duración - frecuencia para Colombia," Universidad de los andes, Departamento de ingeniería civil, Bogotá, 1997.
- M. Ferrer, J. Rodríguez and T. Estrela, "Generación automática del número de curva con sistemas de información geográfica.," *Ingeniería del Agua*, vol. 2, no. 4, diciembre 1995.
- IDEAM, "Catalogo Nacional de Estaciones, series Hidrometeorológicas mensuales multianuales," Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales IDEAM, Bogotá, 2015.
- T. Ochoa, *Hidráulica de ríos y procesos morfológicos*, Bogotá, D.C. Ecoediciones, 2011.
- H. Rodríguez, *Hidráulica Fluvial fundamentos y aplicaciones, socavación*, Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2010.



ANEXO 2. ASIGNACION DE NUMERO DE CURVA Y COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

B.1. INTRODUCCION

La determinación del número de curva de la cuenca se realiza mediante un promedio ponderado por el área del número de curva asignado a cada zona o unidad de suelo y cobertura vegetal homogénea identificada dentro de la cuenca.

Esta delimitación de zonas homogéneas se realiza a partir de las Carta de suelos escala 1:100.000 del "Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Meta"¹.

B.2. USOS DE SUELOS

Para el uso de la tierra se han considerado los criterios mostrados en la Tabla 1 que relacionan la cobertura vegetal descrita en los informes del IGAC y los usos del suelo incluidos en las tablas para la asignación del CN:

TABLA 1 EQUIVALENCIA COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO

| Cobertura vegetal (Igc) | Usos del suelo (Tabla CN): |
|--------------------------|----------------------------|
| Pastos | Pastizales |
| Bosque | Bosque |
| Cultivos de subsistencia | Leguminosas |
| Cultivos permanentes | Cultivos en surco |
| Vegetación natural | Bosque normal |
| Frailejón y pajonales | Matorrales |

¹ IGAC Subdirección Agrícola, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Choco. Bogotá. 2005.



B.3. TIPO DE SUELOS Y CONDICIONES DE DRENAJE

La asignación de la condición hidrológica o tipo de suelo se ha realizado bajo las siguientes consideraciones:

TABLA 2 ASIGNACIÓN DE TIPO DE SUELO

| Grupo | Textura | Infiltración | Drenaje |
|-------|-------------------------|--------------|------------------|
| A | Arenosa | Rápida | Muy bueno |
| | Arenolimosa | | |
| B | Francoarenosa | Moderada | Bueno a moderado |
| | Franca | | |
| | Francoarcillosa-arenosa | | |
| | Francolimosa | | |
| C | Francoarcillosa | Lenta | Imperfecto |
| | Francoarcillosa-limosa | | |
| | Arcilloarenosa | | |
| D | Arcillosa | Muy lenta | Pobre |

Los suelos con niveles freáticos altos y macizos rocosos son del grupo D

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 1990)



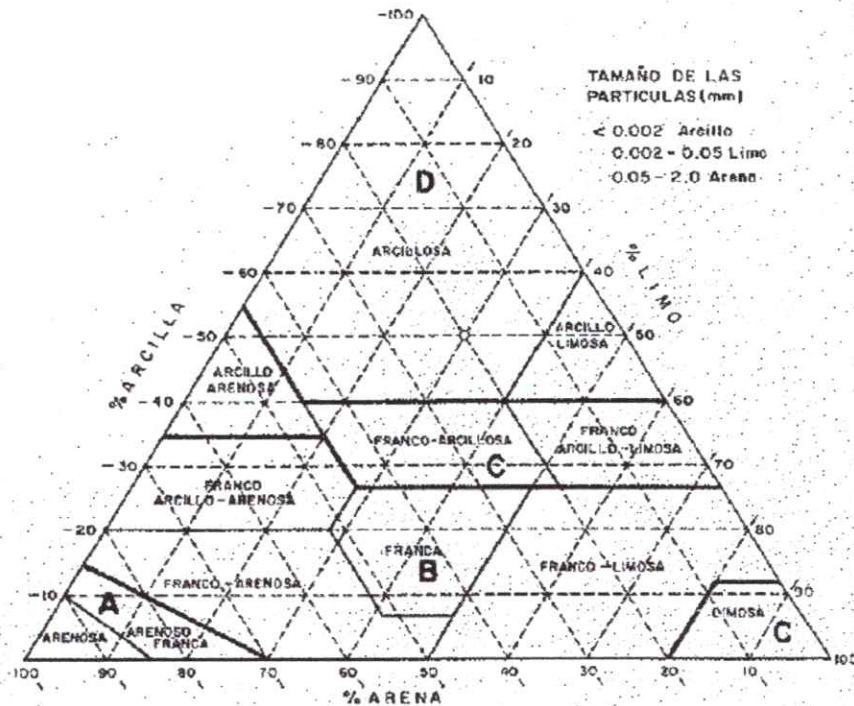


FIGURA 1 TRIANGULO DE TEXTURA Y GRUPO DE SUELO
Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 1990)

En la Figura 1 se observa el triángulo de textura de clasificación de los suelos y sus respectivos grupos hidrológicos para la asignación del CN.

La textura del suelo es determinada a partir de la clasificación del primer horizonte de suelo, con base en los perfiles o apiques practicados en el terreno dentro de los estudios referenciados.

Con el uso y tipo de suelo, se asigna a cada unidad hidrológica un valor de número de curva a partir de las tablas para el método de infiltración del SCS dadas por el INVIAS.

B.4. CORRECCION NUMERO DE CURVA

Por último el número de curva asignado a cada zona se corrige para considerar la pendiente de la cuenca. Dicha corrección se realiza con la expresión de Arnold (Arnold, 2001):





$$CN = \frac{CN_{III} - CN_{II}}{3} \times (1 - 2 \times e^{-13.86 \times S}) + CN_{II}$$

ECUACIÓN 1

Donde,

CN: valor de número de curva ajustado.

CNII: número de curva condición humedad antecedente media (Es el valor originalmente asignado a cada zona hidrológica).

CNIII: número de curva condición humedad antecedente III (húmeda).

S: pendiente media de la zona homogénea (%).

B.5. ASIGNACION DE NUMERO DE CURVA UNIDADES GEOLOGICAS

A continuación, se presentan las unidades de suelo o zonas hidrológicas homogéneas presentes dentro de la cuenca y el número de curva estimado y coeficiente de escorrentía asignado para cada una de las cuencas.

El símbolo de cada unidad de suelo se compone de tres elementos. Las primeras letras mayúsculas indica el paisaje (M = montaña, A = altiplanicie, L = lomerío, V = valle). La segunda letra indica el clima (A = Nival, B = Subnival pluvial, E = Extremadamente frío húmedo y muy húmedo, G = Muy Frío muy húmedo, H = Muy frío húmedo, J = Frío pluvial, K = Frío muy húmedo, L = Frío húmedo, M = Frío seco, O = Medio pluvial, P = Medio muy húmedo, R = Medio seco, V = Cálido húmedo). La tercera letra indica el contenido pedológico.

Las letras minúsculas son empleadas para las fases de pendiente y su significado es el siguiente:

- a. Pendiente 0-3% Topografía plana, plano - cóncava.
- b. Pendiente 3-7% Topografía ligeramente inclinada y ligeramente ondulada.
- c. Pendiente 7-12% Topografía moderadamente inclinada, ligeramente quebrada y moderadamente ondulada.
- d. Pendiente 12-25% Topografía fuertemente inclinada, moderadamente quebrada y fuertemente ondulada.
- e. Pendiente 25-50% Topografía ligeramente empinada, fuertemente quebrada y ligeramente escarpada.
- f. Pendiente 50-75% Topografía moderadamente empinada y moderadamente escarpada.
- g. Pendiente > del 75% Topografía fuertemente empinada y fuertemente escarpada.



Los números arábigos señalan las fases por erosión:

1. = Grado de erosión ligero
2. = Grado de erosión moderado
3. = Grado de erosión severo

La letra empleada para la fase por pedregosidad es p = pedregosidad y la letra empleada para la fase por inundabilidad o encharcamientos es x = inundables o encharcables

Se debe observar que los bosques se han tomado como una cobertura de pastos, pues, hacia el futuro es posible que desaparezcan estas zonas y sean reemplazadas por la principal actividad de la zona, es decir, la ganadería.

B.6. ASIGNACION DE NUMERO DE CURVA CUENCA

La asignación del Numero de curva para la cuenca en estudio, se determinación por medio del ponderado de las áreas de los suelos que componen la cuenca. El resultado de la ponderación se puede observar en la Tabla 3.

TABLA 3 NUMERO DE CURVA CUENCA

| | | |
|-----------|---|-------|
| CNII | - | 35 |
| CNIII | - | 55 |
| Pendiente | % | 3.49 |
| CN | - | 41.67 |

| Cuenca | Subcuenca | | | | Numero de Curva | | |
|---------------|-----------|----------------|---------------|-----------|-----------------|-------|------|
| | Subcuenca | Area Unidad ha | % Area Cuenca | CN Unidad | Area Cuenca ha | CN | C |
| Q Las Blancas | MOAf | 6.67 | 0.01% | 88 | 64574.14 | 41.67 | 0.30 |
| | MOAf | 0.00 | 0.00% | 58 | | | |
| | MOAf | 1.61 | 0.00% | 58 | | | |
| | MOAf | 26.47 | 0.04% | 66 | | | |
| | MOAf | 5.95 | 0.01% | 58 | | | |



ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN
DEL SISTEMA DESARENADOR Y LA LINEA DE
CONDUCCION UBICADO EN LA QUEBRADA LAS
BLANCAS DEL MUNICIPIO DE ACACIAS META



| | | | |
|-------|--------|-------|-----|
| MOAf | 2.25 | 0.00% | 88 |
| MOAf | 1.04 | 0.00% | 88 |
| MOAf | 67.45 | 0.10% | 100 |
| MOAf | 459.43 | 0.71% | 50 |
| MOAf | 0.00 | 0.00% | 32 |
| MOCf | 0.00 | 0.00% | 32 |
| MOCf | 49.13 | 0.08% | 32 |
| MOCf | 108.45 | 0.17% | 32 |
| MOCf | 68.07 | 0.11% | 32 |
| VUEb | 60.31 | 0.09% | 88 |
| MUEf | 3.47 | 0.01% | 81 |
| VUAa | 3.85 | 0.01% | 58 |
| VUCa | 0.01 | 0.00% | 58 |
| LUAe | 0.07 | 0.00% | 72 |
| VUEb | 1.46 | 0.00% | 58 |
| VUAa | 18.03 | 0.03% | 58 |
| LUAe | 3.35 | 0.01% | 72 |
| VUEb | 5.11 | 0.01% | 58 |
| MOCf | 37.24 | 0.06% | 45 |
| MOCf | 179.92 | 0.28% | 45 |
| MOCf | 103.00 | 0.16% | 45 |
| MOCf | 47.05 | 0.07% | 45 |
| MUCf1 | 1.71 | 0.00% | 66 |
| MOCf | 4.78 | 0.01% | 45 |
| MOCf | 59.07 | 0.09% | 36 |
| MOAf | 13.20 | 0.02% | 36 |
| MOCf | 167.91 | 0.26% | 36 |
| MUEf | 56.49 | 0.09% | 36 |
| MOCf | 64.63 | 0.10% | 36 |
| MUEf | 139.29 | 0.22% | 36 |
| MUEf | 45.09 | 0.07% | 45 |
| MOCf | 368.01 | 0.57% | 30 |
| MOCf | 25.87 | 0.04% | 32 |
| MOAf | 57.20 | 0.09% | 30 |
| MUEf | 2.58 | 0.00% | 30 |
| MOAf | 179.74 | 0.28% | 30 |

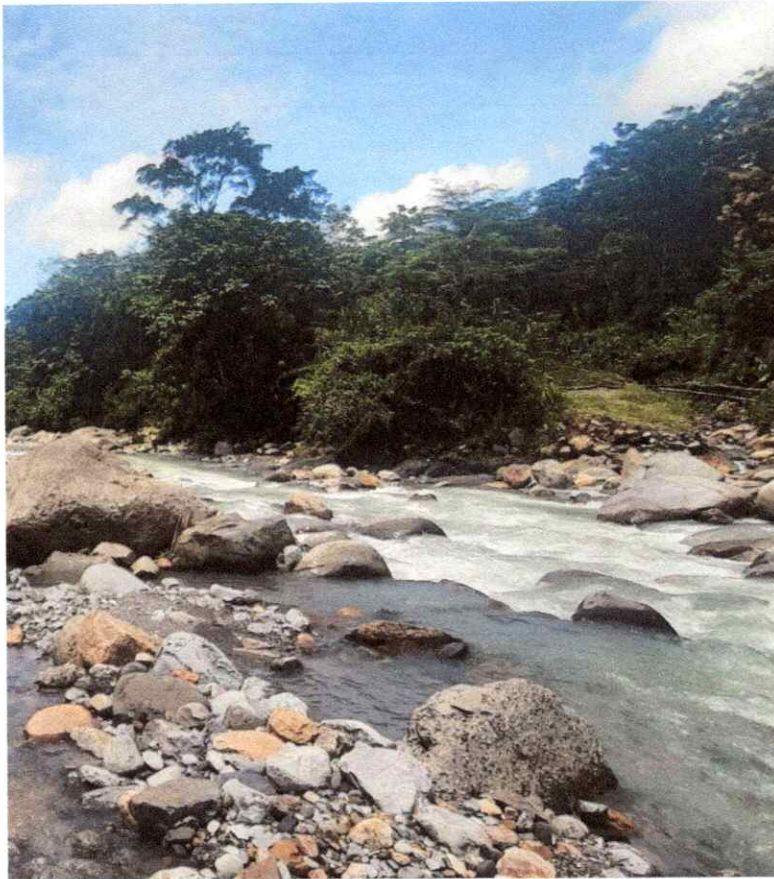




| | | | |
|-------|----------|--------|-----|
| MOCf | 0.03 | 0.00% | 30 |
| MOCf | 173.51 | 0.27% | 32 |
| LUAe | 1.74 | 0.00% | 72 |
| VUEb | 17.52 | 0.03% | 58 |
| LUAe | 2.72 | 0.00% | 90 |
| VUEb | 22.37 | 0.03% | 88 |
| VUAa | 15.66 | 0.02% | 88 |
| VUEb | 5.99 | 0.01% | 88 |
| VUEb | 9.74 | 0.02% | 88 |
| MUCf1 | 13.29 | 0.02% | 100 |
| VUAa | 2.10 | 0.00% | 100 |
| LUAe | 0.08 | 0.00% | 100 |
| VUEb | 3.10 | 0.00% | 100 |
| VUEb | 46.25 | 0.07% | 100 |
| MOCf | 248.55 | 0.38% | 100 |
| MUEf | 145.58 | 0.23% | 100 |
| MUAg | 0.22 | 0.00% | 50 |
| MUCf1 | 9185.52 | 14.22% | 50 |
| VUAa | 1.74 | 0.00% | 50 |
| VUAa | 1.68 | 0.00% | 50 |
| VUCa | 1.44 | 0.00% | 50 |
| LUAe | 226.78 | 0.35% | 70 |
| LUAe | 147.84 | 0.23% | 70 |
| MOAf | 2700.07 | 4.18% | 30 |
| MUEf | 1645.88 | 2.55% | 30 |
| VUEb | 7.64 | 0.01% | 50 |
| VUEb | 1869.97 | 2.90% | 50 |
| MOCf | 33003.06 | 51.11% | 30 |
| MUEf | 12629.09 | 19.56% | 30 |



HIDRÁULICA



EMPRESA DE
SERVICIOS PÚBLICOS
DE ACACIAS E.S.P
NIT: 822.001.833-5



RÁSTER INGENIERÍA
S.A.S
NIT: 901.372.366-4
R/L: ASLEY
FERNANDO ESPEJO

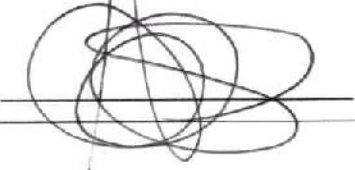
CONSULTORÍA 088 DE 2022

**“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA
DESARENADOR Y LINEA DE CONDUCCION UBICADO EN LA
QUEBRADA LAS BLANCAS DEL MUNICIPIO DE ACACIAS META”**

VILLAVICENCIO – META, OCTUBRE DE 2022



REVISIÓN DE DOCUMENTO

| | |
|--|--|
| ELABORÓ | |
| INGENIERO CIVIL ESPECIALISTA EN RECURSOS HÍDRICOS ASLEY FERNANDO ESPEJO DIAZ MP. 25202168297 CND | Firma:  |
| FECHA: 10/2022 | |

CONTROL DE VERSIÓN

| VERSIÓN No. | FECHA | ELABORÓ | DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN |
|-------------|-------|---------|----------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |



TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | GENERALIDADES..... | 5 |
| 1.1 | INTRODUCCIÓN | 5 |
| 1.2 | ALCANCE Y OBJETIVOS..... | 5 |
| 1.3 | MARCO NORMATIVO | 6 |
| 1.4 | LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO | 6 |
| 2 | MODELACIÓN HIDRAULICA | 8 |
| 2.1 | ANÁLISIS DE NIVELES MÁXIMOS (PERFILES DE FLUJO)..... | 8 |
| 2.1.1 | <i>Modelo Digital de Terreno (Malla)</i> | 9 |
| 2.1.2 | <i>Velocidades</i> | 9 |
| 2.1.3 | <i>Coefficiente de pérdidas de manning "n"</i> | 10 |
| 2.1.4 | <i>Caudales</i> | 11 |
| 2.1.5 | <i>RESULTADOS MODELACIÓN HIDRÁULICA INICIAL</i> | 12 |
| 3 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 14 |
| 4 | BIBLIOGRAFÍA..... | 15 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|------------------------------------|----|
| Tabla 1, Calculo Velocidades | 9 |
| Tabla 2, Valores Manning | 10 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1 Localización del municipio | 7 |
| Ilustración 2 zona de intervención (Localización)..... | 8 |
| Ilustración 3 Modelo digital del terreno | 9 |
| Ilustración 4, Curvas de Caudal | 11 |
| Ilustración 5, Mapa de Profundidades TR=100..... | 12 |
| Ilustración 6, Mapa de Velocidades TR=100 | 13 |



1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La hidráulica, en general, es una ciencia que trata de las leyes del equilibrio y movimiento de los líquidos y la aplicación de dichas leyes a la solución de problemas prácticos. Estudia los flujos en conductos abiertos y cerrados en los cauces de los ríos, en canales, canaletas, tuberías, túneles, vertederos, etc. Se trata de una disciplina esencialmente semiempírica debido a que utiliza deducciones analíticas de ciertas leyes físicas, complementadas con parámetros o coeficientes experimentales que representan comportamientos de los líquidos que no pueden ser descritos de manera estricta con métodos teóricos o conceptuales.

El objeto de este estudio es el de llevar a cabo el estudio de hidráulica en la Quebrada Las Blancas, el cuál es el cuerpo hídrico de influencia del casco urbano del municipio de Acacias; con el propósito de conocer los efectos hidráulicos del cuerpo hídrico.

Este informe se compone del análisis de los niveles máximos (cálculo del perfil de agua en la zona de la corriente) y la modelación hidráulica del cauce. Por último, se determinan las conclusiones y recomendaciones correspondientes según los resultados encontrados.

1.2 ALCANCE Y OBJETIVOS

El alcance del análisis hidráulico contempla básicamente el dimensionamiento de la estructura de protección.

El alcance del estudio se limita a los siguientes.

- a. Determinar el tipo de funcionamiento hidráulico de la obra.
- b. Diseñar la estructura necesaria según sea el caso.



El objetivo se limita a los siguientes.

- a. Determinar los caudales máximos y condiciones hidráulicas presentadas en la estructura de captación.
- b. Establecer capacidad de la estructura hidráulica.

1.3 MARCO NORMATIVO

Existen varias normas que plantean y abordan el tema a escala territorial, estas son las más relevantes:

- RAS-330 de 2017. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
- Manual de Drenaje de Carreteras del Instituto Nacional de Vías INVIAS desarrollado en el año 2009, en estos se encuentran los procesos a seguir para desarrollar las actividades hidrológicas del caso.
- Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Acacias vigente.

1.4 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de Acacias está situado en el Departamento del Meta, en la región centro-oriental del país. Su economía se basa en el sector agropecuario, la explotación petrolera y la prestación de servicios.

El vínculo territorial, social y económico del municipio de Acacias (Meta) está directamente relacionado con la capital del departamento, Villavicencio, de quien lo separa una distancia de 28 Km. Asimismo, el municipio con esta conexión se permite tener otro sin número de relaciones económicas y sociales con Bogotá D.C. y los demás municipios que se conectan a través de la vía nacional.



Límites del municipio:

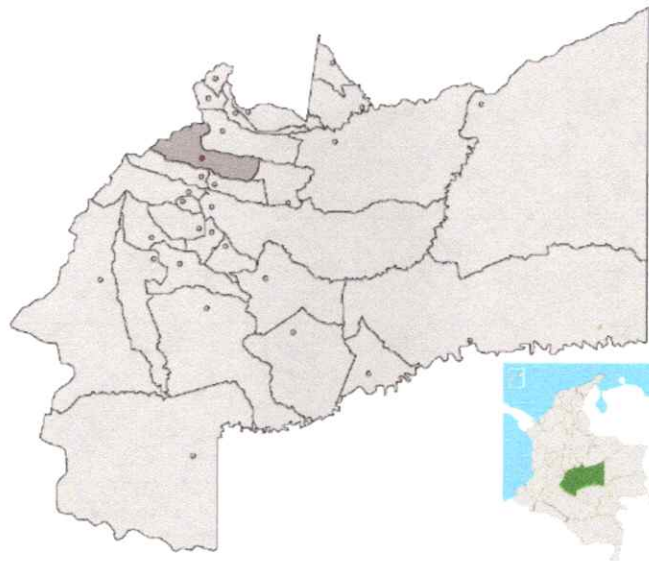
- Norte: Dpt. Cundinamarca
- Sur: Mps. de Castilla la Nueva y Guamal
- Oriente: Mpio. San Carlos de Guaroa
- Occidente: Mpio. de Guamal

Extensión total: 1.169 Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 498 s.n.m

Temperatura media: 24 C° C

Ilustración 1 Localización del municipio



El área de estudio es en el desarenador existente geográficamente se ubica en las coordenadas (Latitud: 4° 0'31.74"N longitud: 73°48'24.16"O) sobre la corriente de la Quebrada Las Blancas, a 7 kilómetros aproximadamente de la carrera 23, vía principal que conduce de Acacias a Villavicencio.

La planta de tratamiento de agua potable se localiza en las coordenadas 4° 0'33.83"N y 73°47'30.90"O. Y el paso viaducto ubicado en las coordenadas latitud 4° 0'41.77"N y longitud 73°48'9.24"O.



Ilustración 2 zona de intervención (Localización)



Fuente: Google Earth

2 MODELACIÓN HIDRAULICA

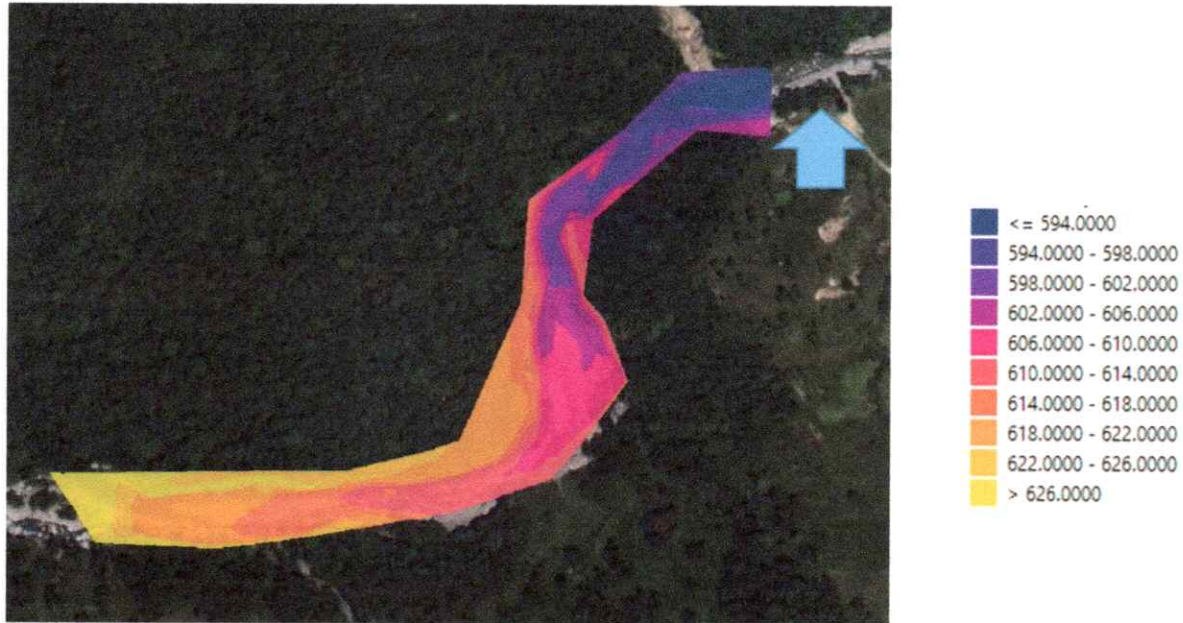
2.1 ANÁLISIS DE NIVELES MÁXIMOS (PERFILES DE FLUJO)

Debido a la complejidad de la zona, y a la extensión afectada, se utilizó un modelo de simulación de flujo 2D, ya que se requiere un análisis de inundación de aguas poco profunda, debido a la baja pendiente en el área afectada

El cálculo del perfil de agua en la zona de la corriente se realiza con la ayuda de un software de modelación de flujo en 2D que resuelve tanto las ecuaciones de Saint Venant como de Onda difusa en modelizaciones bidimensionales. De forma general las ecuaciones de Onda Difusa en 2D permiten que el software ejecute los modelos de manera más rápida y estable (Juan Carlos Ortega Prieto, 2022).



Ilustración 3 Modelo digital del terreno



2.1.1 Modelo Digital de Terreno (Malla)

Para poder correr el modelo, es necesario tener una interpretación del terreno, esto se hace mediante una malla, que está compuesta de superficies triangulares, rectangulares o polígonos que tienen una inclinación, dirección y están georreferenciadas, para este caso, debido a la gran extensión del terreno, se proyectó una malla de 5m x 5m debido a que en la topografía entregada se tomaron sección cada 25 metros aproximadamente y entre puntos una distancia de 15 metros, refinada en los sitios clave.

2.1.2 Velocidades

En terreno se realizaron mediciones de velocidades superficiales, con una distancia controlada y se midió el tiempo, dando un aproximado de 3.92 m³/s.

Tabla 1, Calculo Velocidades

| Distancia | Tiempo (s) | Prom (Tiempo) | Velocidad (m/s) |
|-----------|------------|---------------|-----------------|
| 43.471 | 11.37 | 11.12 | 3.91 |
| | 11.49 | | |



| | | | |
|---------|-------|-------|------|
| | 10.51 | | |
| 100.814 | 28.52 | 25.65 | 3.93 |
| | 23.04 | | |
| | 25.4 | | |

2.1.3 Coeficiente de pérdidas de manning "n"

La determinación del coeficiente de rugosidad de Manning es un paso fundamental en el análisis hidráulico, pues a partir de su estimación se determinan las propiedades hidráulicas en la sección del sistema hídrico.

Se emplean entonces dos diferentes metodologías para calcular el coeficiente de rugosidad de Manning, seleccionado finalmente el valor más adecuado a partir de la experiencia y criterio del Consultor. La primera metodología determina los coeficientes a partir de la granulometría del lecho y la segunda metodología es el método de Cowan en que se establece el coeficiente de rugosidad a partir de las características del cauce (Ven Te Chow, 1994).

Con los valores de referencia del método tenemos que:

Tabla 2, Valores Manning

| Manning | Cauce | Zona Inundación | Bosque |
|-----------|-------|-----------------|--------|
| N (Cowan) | 0.034 | 0.078 | 0.045 |
| n0 | 0.024 | 0.028 | 0.02 |
| n1 | 0.005 | 0.01 | 0 |
| n2 | 0.005 | 0.01 | 0 |
| n3 | 0 | 0.02 | 0.015 |
| n4 | 0 | 0.01 | 0.01 |
| n5 | 1 | 1 | 1 |
| Valor n | 0.035 | 0.073 | 0.045 |



2.1.4 Caudales

Para la simulación de inundación se utilizó la curva de caudal, esta fue obtenida del modelo hidrológico con un caudal para diferentes periodos de retorno 2, 10, 20, 50 y 100 años, que podemos ver a continuación:

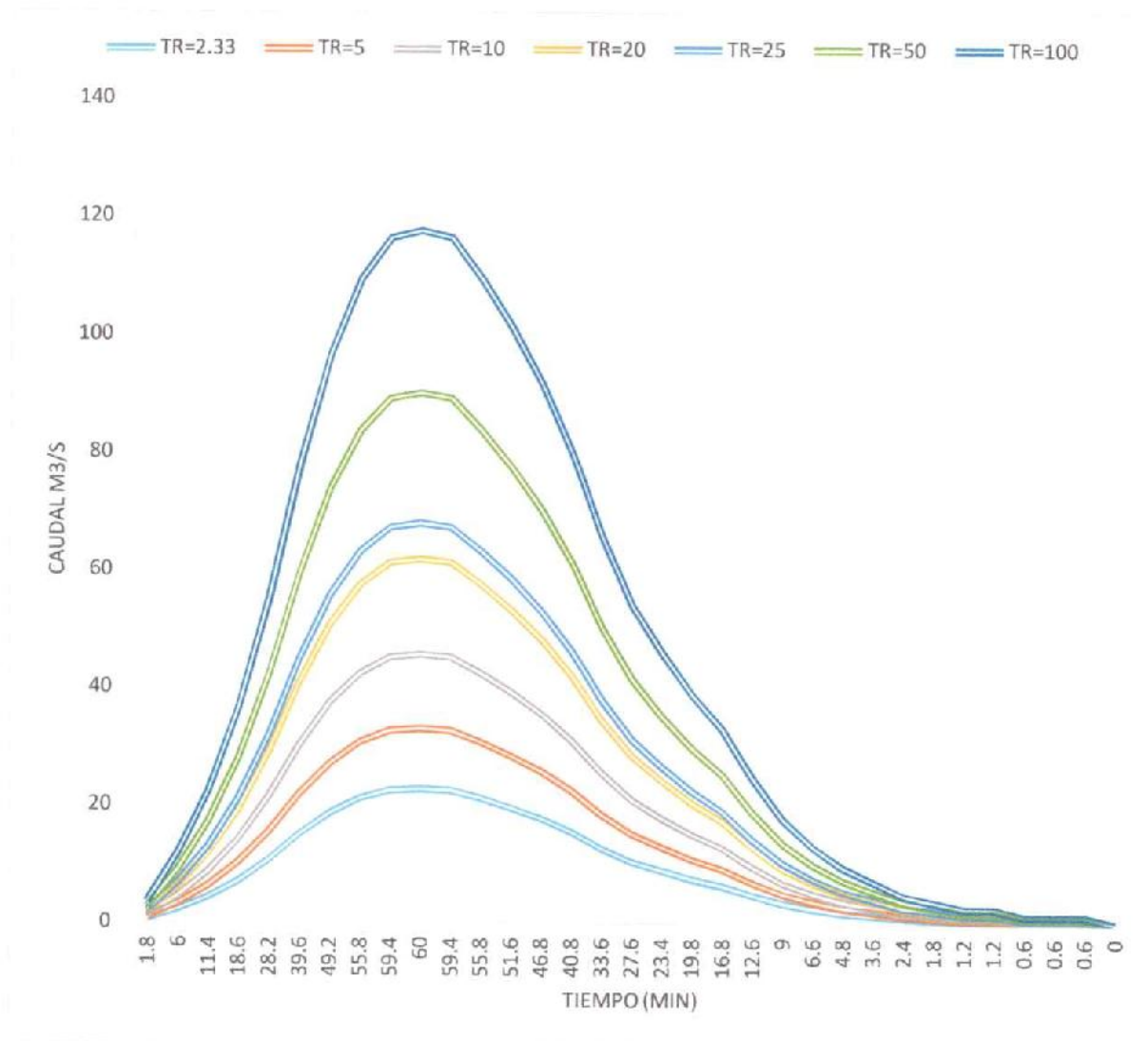


Ilustración 4, Curvas de Caudal



2.1.5 RESULTADOS MODELACIÓN HIDRÁULICA INICIAL

Como se expuso inicialmente, se realizó una simulación 2D, donde se obtuvo la mancha de inundación del modelo, en condiciones iniciales, con periodo de retorno de 100 años.

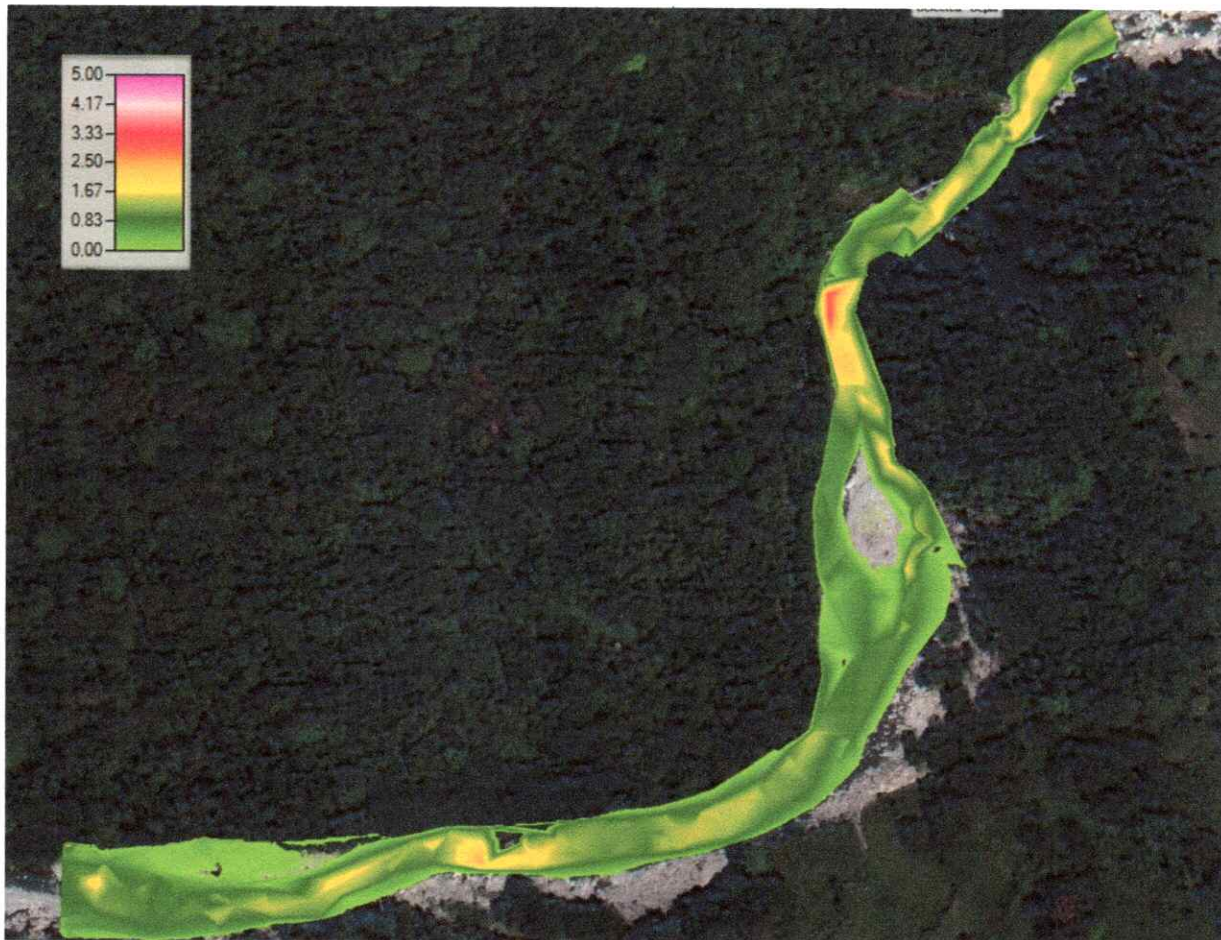


Ilustración 5. Mapa de Profundidades TR=100

Donde para un periodo de 100 años tenemos unas profundidades máximas de 3 metros a la altura, y de 2 metros en la zona baja cuando abre su cauce, con velocidades máximas de 5m/s en la zona de afectación.

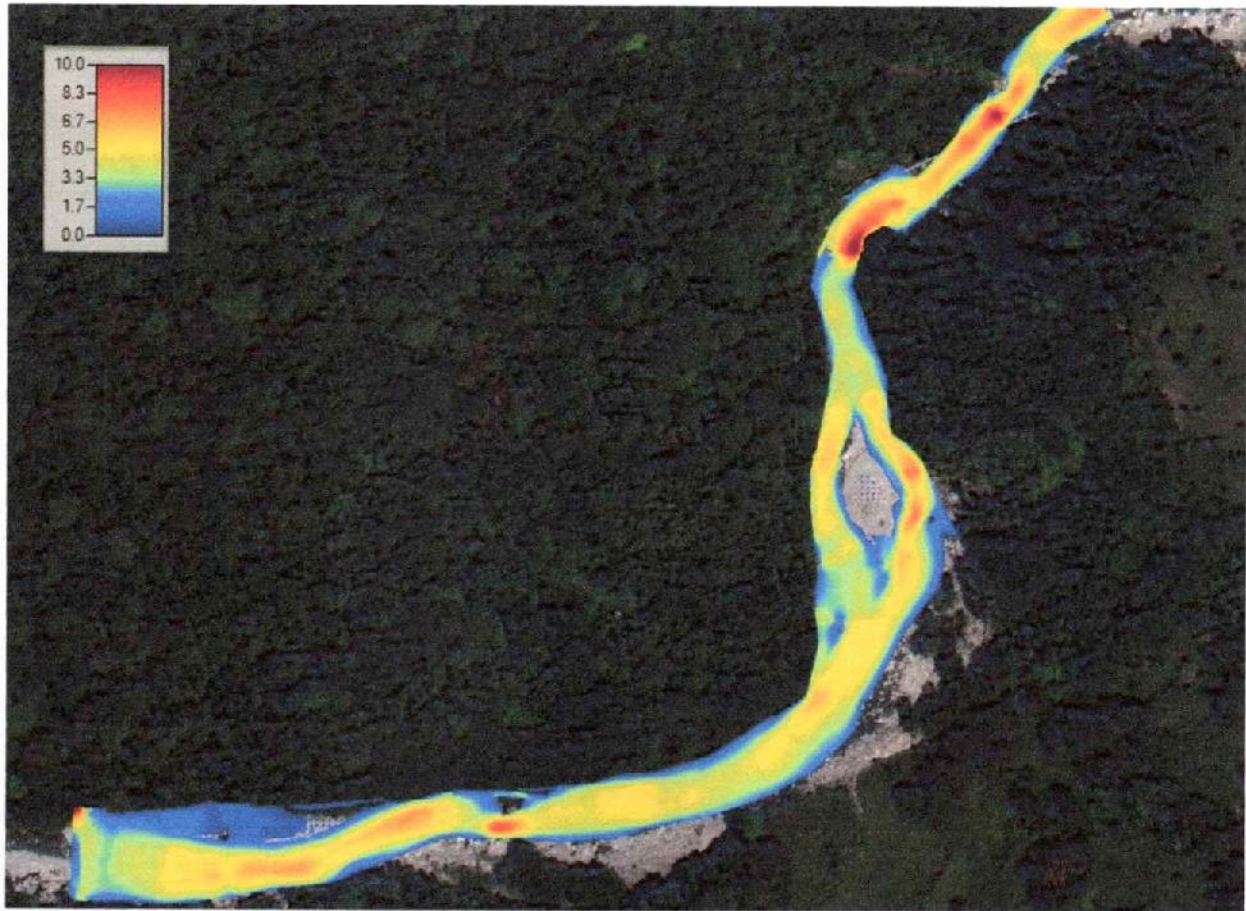


Ilustración 6, Mapa de Velocidades TR=100



3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En la cuenca propia de la Quebrada Las Blancas no se encuentran estaciones Limnimétricas ni limnigráficas, por consiguiente, se utilizará las estaciones meteorológicas y pluviométricas de la zona para realizar modelos escorrentía para predecir los niveles y caudales máximos.
- Para la modelación se utilizaron modelos 2D en el diseño. Estos modelos permiten simular con gran precisión el comportamiento hidráulico y geotécnico de las estructuras y su entorno, lo que permite anticipar y prevenir posibles problemas y optimizar la eficiencia y efectividad de las soluciones de protección. Además, la utilización de modelos 2D permite realizar análisis más detallados de los posibles riesgos y amenazas, así como evaluar diferentes alternativas y soluciones de manera más rápida y económica.
- Los resultados arrojados son una estimación aproximada que se hace del análisis de un modelo de lluvia escorrentía, información obtenida y niveles históricos.
- Los caudales máximos de diseño del análisis hidráulico es un valor determinado por medio del Hidrograma Unitario, el cual arroja caudales máximos.

| Período de retorno, Tr (años) | Caudal máximo m ³ /s |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 2.33 | 22.70 |
| 5 | 33.00 |
| 10 | 45.60 |
| 20 | 61.80 |
| 25 | 67.90 |
| 50 | 90.0 |
| 100 | 117.50 |



4 BIBLIOGRAFÍA

- Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogota: McGraw-Hill.
- Universidad del Cauca. (2016). *Parte IV. Socavación en Puentes*. Popayan.
- R. Vargas and M. Díaz Granados, "Curvas Sintéticas regionalizadas de Intensidad - Duración - frecuencia para Colombia," Universidad de los andes, Departamento de ingeniería civil, Bogotá, 1997.
- M. Ferrer, J. Rodríguez and T. Estrela, "Generación automática del número de curva con sistemas de información geográfica.," *Ingeniería del Agua*, vol. 2, no. 4, diciembre 1995.
- IDEAM, "Catalogo Nacional de Estaciones, series Hidrometeorológicas mensuales multianuales," Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales IDEAM, Bogotá, 2015.
- T. Ochoa, *Hidráulica de ríos y procesos morfológicos*, Bogotá, D.C. Ecoediciones, 2011.
- H. Rodríguez, *Hidráulica Fluvial fundamentos y aplicaciones, socavación*, Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2010.

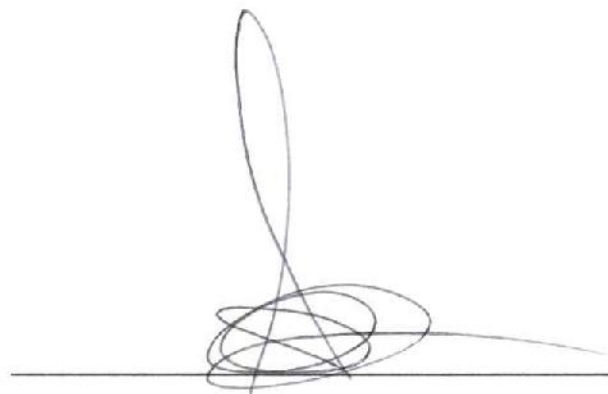
Villavicencio, octubre de 2022

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **ASLEY FERNANDO ESPEJO DIAZ**, ingeniero civil especialista en recursos hídricos; con matrícula profesional vigente 25202-168297 CND, e identificado con C.C. N° 80882602 de Bogotá, hago constar que el ESTUDIO DE HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA, fue elaborado en cumplimiento a los requisitos y normas aplicados a este tipo de actividades, para el proyecto **“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DESARENADOR Y LA LINEA DE CONDUCCION UBICADO EN LA QUEBRADA LAS BLANCAS DEL MUNICIPIO DE ACACIAS META”**

En consecuencia, asumo la responsabilidad del presente estudio, en cualquier tipo de caso, situación o eventualidad que pudiera presentarse, en que la obra a que hace referencia el proyecto no se ejecute conforme a lo estipulado por el estudio, no asumiré responsabilidad civil ni penal alguna.

Atentamente,



ASLEY FERNANDO ESPEJO DÍAZ
ING. CIVIL ESP. EN RECURSOS HÍDRICOS
M.P 25202-168297 CND

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA
80.882.602

NUMERO
ESPEJO DIAZ
APELLIDOS
ASLEY FERNANDO
NOMBRES

Asley Fernando Espejo Diaz



FECHA DE NACIMIENTO 24-OCT-1985
TUNJA
(BOYACA)
LUGAR DE NACIMIENTO
1.75 O+ M
ESTATURA B.S. RH. SEXO
19-DIC-2003 BOGOTA D.C.
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

INDICE DERECHO



A-1500113-45154652-MA-0080882602-20070102 07959 00303A 02 215619644

REPUBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA
COPNIA

MATRICULA PROFESIONAL No.
25202168297CND
INGENIERO CIVIL

DE FECHA **23/04/2009**
ASLEY FERNANDO
ESPEJO DIAZ
C.C. 80882602
UNIVERSIDAD NACIONAL DE
COLOMBIA



Asley Fernando Espejo Diaz
PRESIDENTE DEL CONSEJO

Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza a su titular para ejercer como Ingeniero en todo el Territorio Nacional.

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA

Calle 78 No. 9 - 57 Oficina 1301 Tel. 3220102 Bogotá D.C.



**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA**

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que ASLEY FERNANDO ESPEJO DIAZ, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 80882602, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-168297 desde el 23 de Abril de 2009, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 449.
2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.
3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**
4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.
5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veintiseis (26) días del mes de Abril del año dos mil veintitres (2023).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



CONFIERE EL TÍTULO DE

Ingeniero Civil

A

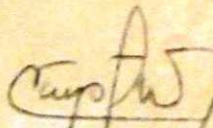
Asley Fernando Espejo Díaz

C.C. No. 80882602 Expedida en Bogotá

QUIEN CUMPLIÓ SATISFACTORIAMENTE LOS REQUISITOS ACADÉMICOS EXIGIDOS.
EN TESTIMONIO DE ELLO, Y PREVIO AL JURAMENTO DE RIGOR, OTORGA EL PRESENTE

DIPLOMA

EN LA CIUDAD DE Bogotá D.C. a los 25 días del mes de Marzo de 2009


DECANATO DE FACULTAD


RECTORÍA


SECRETARÍA GENERAL

REGISTRO No. 8354 del Libro de Diplomas No. 09
DE LA SEDE DE Bogotá FACULTAD DE Ingeniería

0112658



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

ACTA DE POSTGRADO No. 120-CHR-2015

En la ciudad de Bogotá D.C., a los Diez (10) días del mes de Abril del año Dos Mil Quince (2015), presidida por el Señor RECTOR se realizó la ceremonia de grado del alumno ASLEY FERNANDO ESPEJO DÍAZ con cédula de ciudadanía No. 80882602 de BOGOTÁ D.C, conforme a los Estatutos y al registro SNIES No. 8697, se le hizo entrega del diploma 16690 confiriéndole el título de:

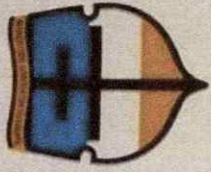
**ESPECIALISTA
EN:
RECURSOS HIDRICOS**

En fe de lo anterior, se firma la presente acta.

(FDO.) Rector, FRANCISCO JOSÉ GÓMEZ ORTIZ
(FDO.) Secretario General, SERGIO ALBERTO MARTÍNEZ LONDOÑO
(FDO.) Decano, CARLOS ALBERTO GONZÁLEZ CAMARGO
(FDO.) Director del Posgrado, JORGE ALBERTO VALERO FANDIÑO

*Es fiel copia tomada de su original
Bogotá D.C., 10 de Abril de 2015*

SERGIO ALBERTO MARTÍNEZ LONDOÑO
SECRETARIO GENERAL



Universidad Católica de Colombia

Presidencia Académica No. 2271 de Julio 7 de 1979 - Ministerio de Justicia

Considerando que:

Asley Fernando Espejo Díaz

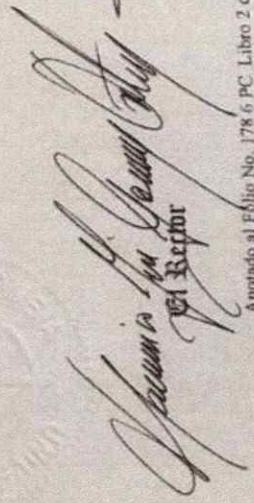
C.C. 80882602 Bogotá D.C.

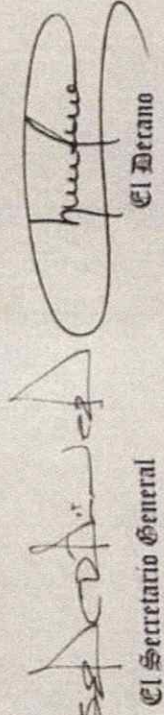
Aprobó los estudios de posgrado programados por la Universidad y cumplió con los requisitos exigidos por la Ley y los reglamentos, le confiere el título de

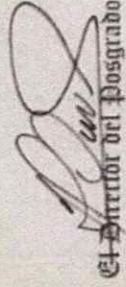
Especialista en Recursos Hídricos

En testimonio de lo expuesto se expide el presente diploma, en Bogotá, D.C.

a los 10 días del mes de abril del año dos mil quince (2015)


El Rector


El Decano


El Director del Posgrado