



El futuro  
es de todos

Agencia de  
Renovación  
del Territorio

FACTIBILIDAD  
MUNICIPIO DE  
TARAZA –  
CORREGIMIENTO DE  
GUAIMARO.

CONSORCIO  
TERRITORIAL 2019



CONSTRUCCIÓN DE PUENTE VEHÍCULAR SOBRE LA QUEBRADA  
URALES EN LA VÍA QUE CONDUCE DEL MUNICIPIO DE TARAZÁ A EL  
CORREGIMIENTO EL GUAIMARO, DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.

VOLUMEN VII – ESTUDIO HIDROLÓGICO

Diciembre de 2019

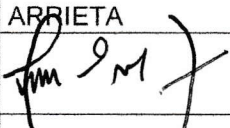
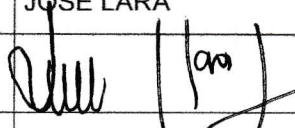
|  |  |                  |  |
|--|--|------------------|--|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | <b>ESTUDIO HIDROLÓGICO<br/>         PROYECTO TARAZÁ –<br/>         CORREGIMIENTO EL GUAIMARO</b> |                  |  <b>CONSORCIO TERRITORIAL 2019</b><br><small>NTT No. 901.083.823-0</small> |
|  | Contrato: SC 01521 19  | Fecha: Dic. 2019 |  |

### DESTINATARIOS

| DESTINATARIO                               | COPIA DIGITAL | COPIA IMPRESA |
|--|---------------|---------------|
| AGENCIA DE RENOVACIÓN DEL TERRITORIO (ART) | 01            | 01            |
|  |               |               |

### EJECUCIÓN, REVISIÓN Y APROBACIÓN

| VERSIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA |
|---------|--------------|-------|
| 01      |              |       |
|         |              |       |
|         |              |       |

|  |  |   |              |              |
|--|--|---|--------------|--------------|
| <b>TÍTULO DEL DOCUMENTO:</b>   | ESTUDIO HIDROLÓGICO – CONSTRUCCIÓN DE PUENTE VEHÍCULAR SOBRE LA QUEBRADA URALES EN LA VÍA QUE CONDUCE DEL MUNICIPIO DE TARAZÁ A EL CORREGIMIENTO EL GUAIMARO, DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA. |   |              |              |
| <b>DOCUMENTO No.:</b>  | 305790302646   |   |              |              |
| <b>RESPONSABLES DE LA ELABORACIÓN</b>                                  | <b>Nombres:</b>  | Ing. Civil<br>FERNANDO<br>ARRIETA   |              |              |
|  | <b>Firma:</b>  |  |              |              |
|  | <b>Matrícula Profesional:</b>  | 25202-44804 CDN   |              |              |
|  | <b>Fecha:</b>  |   |              |              |
| <b>RESPONSABLE POR REVISIÓN, APROBACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD</b> | <b>Nombres:</b>  | Ing. Civil<br>JOSÉ LARA   |              |              |
|  | <b>Firma:</b>  |  |              |              |
|  | <b>Matrícula Profesional:</b>  | 13202-19729BLV  |              |              |
|  | <b>Fecha:</b>  |   |              |              |
| <b>APROBACIÓN CLIENTE</b>  | <b>Fecha</b>   | <b>Nombre</b>   | <b>Cargo</b> | <b>Firma</b> |
|  |  |   |              |              |

|  |   |                  |   |
|--|---|------------------|---|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | ESTUDIO HIDROLÓGICO<br>PROYECTO TARAZÁ –<br>CORREGIMIENTO EL GUAIMARO |                  |  <b>CONSORCIO TERRITORIAL 2019</b><br><small>WT: No. 901.283.823-6</small> |
|  | Contrato: SC 01521 19   | Fecha: Dic. 2019 |   |

## TABLA DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....  | 6  |
| 2. ALCANCE Y OBJETIVOS .....                                 | 8  |
| 2.1. ALCANCE .....   | 8  |
| 2.2. OBJETIVO GENERAL .....                                  | 8  |
| 2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                              | 8  |
| 3. ESTUDIO HIDROLÓGICO .....                                 | 9  |
| 3.1. INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LA VÍA .....                  | 9  |
| 3.1.1. GENERALIDADES.....                                    | 9  |
| 3.1.2. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....                | 11 |
| 3.1.3. UBICACIÓN DE LA VÍA RESPECTO A VÍAS PRINCIPALES ..... | 12 |
| 3.1.4. SECTORIZACIÓN DE LA VÍA A INTERVENIR.....             | 13 |
| 3.2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE..... | 15 |
| 3.2.1. TOMA DE INFORMACIÓN SECUNDARIA .....                  | 15 |
| 3.2.2. TOMA DE INFORMACIÓN PRIMARIA .....                    | 15 |
| 3.2.2.1. REGISTROS DE LLUVIAS Y TEMPERATURAS .....           | 15 |
| 3.2.2.2. RELIEVE, GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA .....             | 22 |
| 3.2.2.3. VEGETACIÓN Y SUELOS .....                           | 23 |
| 3.2.3. METODOLOGÍA.....                                      | 23 |
| 4. ASPECTOS HIDROLÓGICOS .....                               | 25 |
| 4.1. ANÁLISIS DE LLUVIAS CURVAS IDF .....                    | 25 |
| 4.2. ANÁLISIS DE CAUDALES Y CUENCAS.....                     | 28 |
| 4.2.1. CUENCA 1: PUENTE PROYECTADO.....                      | 30 |
| 4.3. JUSTIFICACIÓN DE FORMULAS UTILIZADAS .....              | 32 |
| 4.3.1. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN .....                         | 32 |
| 4.3.1.1. Témez (1978) .....                                  | 32 |
| 4.3.1.2. Kirpich (1990): .....                               | 32 |
| 4.3.1.3. Johnstone y Cross (1949):.....                      | 33 |
| 4.3.1.4. California Culverts Practice (1942): .....          | 33 |
| 4.3.1.5. Giandiotti (1990): .....                            | 33 |
| 4.3.1.6. S.C.S – Ranser.....                                 | 33 |
| 4.3.1.7. Ventura – Herón: .....                              | 34 |

|  |   |                  |   |
|--|---|------------------|---|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | ESTUDIO HIDROLÓGICO<br>PROYECTO TARAZÁ –<br>CORREGIMIENTO EL GUAIMARO |                  |  <b>CONSORCIO TERRITORIAL 2019</b><br><small>WT: No. 901.283.823-6</small> |
|  | Contrato: SC 01521 19   | Fecha: Dic. 2019 |   |

|  |    |
|--|----|
| 4.3.1.8. Chow (1946) .....                                 | 34 |
| 4.4. METODOLOGÍA DE PREDICCIÓN DE CAUDALES.....            | 34 |
| 4.4.1. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN CUENCA 1 .....              | 34 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                    | 38 |
| 6. REFERENCIAS .....                                       | 39 |
| 7. ANEXOS .....  | 40 |
| 7.1. DATOS DE PRECIPITACIÓN DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA..... | 40 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Quebrada Urales.....   | 9  |
| Figura 2. Identificación de la zona de la intervención.....                                    | 10 |
| Figura 3. Quebrada Urales.....   | 10 |
| Figura 4. Localización del Proyecto (a) Departamento de Antioquia (b) Municipio de Tarazá..... | 11 |
| Figura 5. Corregimiento El Guaimaro y la cabecera municipal.....                               | 12 |
| Figura 6. Identificación de la Red Vial Cercana al Proyecto RUTA 25, TARAZÁ - CAUCASIA.....    | 13 |
| Figura 7. Sectorización de la Intervención Vial.....   | 14 |
| Figura 8. Precipitación total anual (mm).....  | 15 |
| Figura 9. Estaciones Meteorológicas de referencia.....   | 16 |
| Figura 10. Lluvias promedio mensuales.....   | 19 |
| Figura 11. Días con lluvias en el año (promedio).....  | 19 |
| Figura 12. Precipitaciones máximas mensuales.....  | 20 |
| Figura 13. Mapa de Clasificación Climática.....  | 21 |
| Figura 14. Curvas IDF con datos regionales.....  | 26 |
| Figura 15. Topografía de zona de influencia del proyecto.....                                  | 28 |
| Figura 16. Cuencas en corredor de estudio.....   | 30 |
| Figura 17. Características del Flujo Cuenca 1.....   | 31 |

## LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Coordenadas geográficas de inicio y fin de la vía. ....   | 14 |
| Tabla 2. Estaciones Meteorológicas de referencia. ....   | 16 |
| Tabla 3. Promedio de lluvias mensuales. Estación meteorológica Playa Alta (26240170). ....                               | 17 |
| Tabla 4. Máximos mensuales de lluvias. Estación meteorológica Playa Alta (26240170). ....                                | 17 |
| Tabla 5. Precipitación máxima promedio anual en 24 horas. Estación meteorológica Playa Alta (26240170). ....             | 18 |
| Tabla 6. Temperaturas medias mensuales. Estación meteorológica Cacaoteras del Dique (26255040). ....                     | 21 |
| Tabla 7. Temperaturas Media °C .....   | 22 |
| Tabla 8. Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF ..... | 25 |
| Tabla 9 Periodos de retorno de obras de drenaje vial. ....   | 25 |
| Tabla 10 intensidad de las lluvias para diversas IDF .....   | 27 |
| Tabla 11. Datos Morfológicos Cuenca 1. ....  | 31 |
| Tabla 12. Datos morfológicos Cuenca 1. ....  | 34 |
| Tabla 13 Caracterización morfológica de la Cuenca 1. ....  | 35 |
| Tabla 14 Tiempo de concentración ecuaciones propuestas Cuenca 1. ....  | 35 |
| Tabla 15 Escogencia de tiempo de concentración – Estadística descriptiva Cuenca 1. ....                                  | 36 |

|   |  |                  |   |
|---|--|------------------|---|
|  | <b>ESTUDIO HIDROLÓGICO<br/>PROYECTO TARAZÁ –<br/>CORREGIMIENTO EL GUAIMARO</b> |                  |  |
|   | Contrato: SC 01521 19  | Fecha: Dic. 2019 |   |

## 1. INTRODUCCIÓN

El Gobierno Nacional tiene como propósito fundamental trabajar por la paz con base en los principios de legalidad y emprendimiento en aras de obtener estándares de equidad para toda la población nacional. Este ejercicio permitirá superar progresivamente las disparidades y desigualdades existentes, especialmente en los territorios rurales, víctimas del conflicto armado, creando espacios que permitan mejorar la calidad de vida de las personas y generando condiciones de desarrollo económico a través de una agenda de estabilización de territorios en posconflicto.

Es así como se trabaja por fortalecer la presencia del Estado en aquellas regiones donde diversas circunstancias históricas han sido generadoras de violencia y han deteriorado las condiciones de seguridad y de progreso. En este sentido, la implementación de estrategias de intervención en las zonas mencionadas, por parte del Gobierno Nacional, debe estar enfocada en establecer las condiciones óptimas para el desarrollo social y económico sostenible, acelerando la inclusión productiva en las zonas rurales del país a través de la presencia institucional coordinada que permita superar la pobreza.

Con el fin de dar trámite a esta iniciativa, se generaron políticas públicas enfocadas a proteger los derechos humanos, haciendo énfasis en las zonas rurales del país, donde se evidencian las consecuencias del conflicto armado y, por tanto, se requieren procesos de reincorporación y sustitución.

En este contexto, se hace necesario entonces la formulación, implementación y seguimiento de las iniciativas identificadas en cada zona de interés. Para alcanzar este objetivo, se vincula la Agencia de Renovación del territorio (ART) en aras de dar cumplimiento al punto 1 del Acuerdo de Paz con las FARC donde se establece que se debe llevar a cabo una Reforma Rural Integral (RRI), razón por la que se crearon los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET) como herramientas que se utilizarán para atender de forma prioritaria a los territorios más afectados.

El presente documento muestra los estudios hidrológicos para el proyecto de construcción de puente vehicular sobre la quebrada Urales en la vía que conduce del municipio de Tarazá a el corregimiento El Guaimaro, departamento de Antioquia.

Las secciones siguientes del presente informe están organizadas de la siguiente manera:

- El Capítulo 2: Presenta el alcance y los objetivos del estudio.
- El Capítulo 3: Describe la metodología, diagnóstico, y las fuentes de información que permitirán cumplir los objetivos planteados.
- El Capítulo 4: Comprende el estudio hidrológico del proyecto, análisis de caudales, y la caracterización de las cuencas que influyen en el proyecto.

|   |   |   |
|---|---|---|
|  <p><b>El futuro es de todos</b><br/>         Agencia de Renovación del Territorio</p> | <p>ESTUDIO HIDROLÓGICO<br/>         PROYECTO TARAÁ –<br/>         CORREGIMIENTO EL GUAIMARO</p> |  <p><b>CONSORCIO TERRITORIAL</b><br/>         2019<br/> <small>WT: No. 901.283.823-6</small></p> |
| <p>Contrato: SC 01521 19</p>  | <p>Fecha: Dic. 2019</p>   | <p>Versión: 01</p>  |

- El Capítulo 5: Presenta las conclusiones del estudio y algunas recomendaciones para la ejecución del proyecto.
- El Capítulo 6: Resume las referencias utilizadas para el análisis técnico y la elaboración del informe.

|  |   |                  |  |
|--|---|------------------|--|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | ESTUDIO HIDROLÓGICO<br>PROYECTO TARAZÁ –<br>CORREGIMIENTO EL GUAIMARO |                  |  <b>CONSORCIO TERRITORIAL 2019</b><br><small>NTT. No. 901.283.823-6</small> |
|  | Contrato: SC 01521 19   | Fecha: Dic. 2019 |  |

## **2. ALCANCE Y OBJETIVOS**

### **2.1. ALCANCE**

El presente documento permitirá desarrollar los estudios hidrológicos para el proyecto de construcción de puente vehicular sobre la quebrada Urales en la vía que conduce del municipio de Tarazá a el corregimiento El Guaimaro, departamento de Antioquia, con el fin de mejorar la intercomunicación terrestre en parte del territorio rural del municipio.

### **2.2. OBJETIVO GENERAL**

Realizar los estudios correspondientes a el Estudio Hidrológico, a nivel de Fase III – Factibilidad, para el proyecto de construcción de puente vehicular sobre la quebrada Urales en la vía que conduce del municipio de Tarazá a el corregimiento El Guaimaro, departamento de Antioquia; para la definición de los parámetros hidrológicos de la zona de influencia del proyecto, insumo necesario para el diseño de las estructuras propuestas para el mejoramiento del corredor.

### **2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

A continuación, se presentan los objetivos específicos asociados a cada una de las tres áreas que componen el presente informe:

- Recopilación de información de estudios previos a nivel regional o nacional.
- Verificar variables de lluvias y temperatura de la zona del proyecto
- Establecer caudales.
- Verificar obras de drenaje y subdrenaje existentes o a construir.



### 3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

#### 3.1. INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LA VÍA

##### 3.1.1. GENERALIDADES

El presente proyecto consiste en la construcción de puente vehicular sobre la quebrada Urales en la vía que conduce del municipio de Tarazá a el corregimiento El Guaimaro, departamento de Antioquia.

La vía en estudio tiene una longitud aproximada de 15.03 kilómetros; actualmente en la zona del proyecto se encuentra el cruce de la quebrada Urales; en esta no se encuentra una obra transversal que comunique el corregimiento del Guaimaro con la cabecera municipal del municipio de Tarazá, dificultando la movilidad, aumentando los tiempos de viajes y haciendo efecto en el incremento de los costos en la economía de las familias.

Figura 1. Quebrada Urales.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Figura 2. Identificación de la zona de la intervención.



*Fuente: Elaboración propia.*

Figura 3. Quebrada Urales.



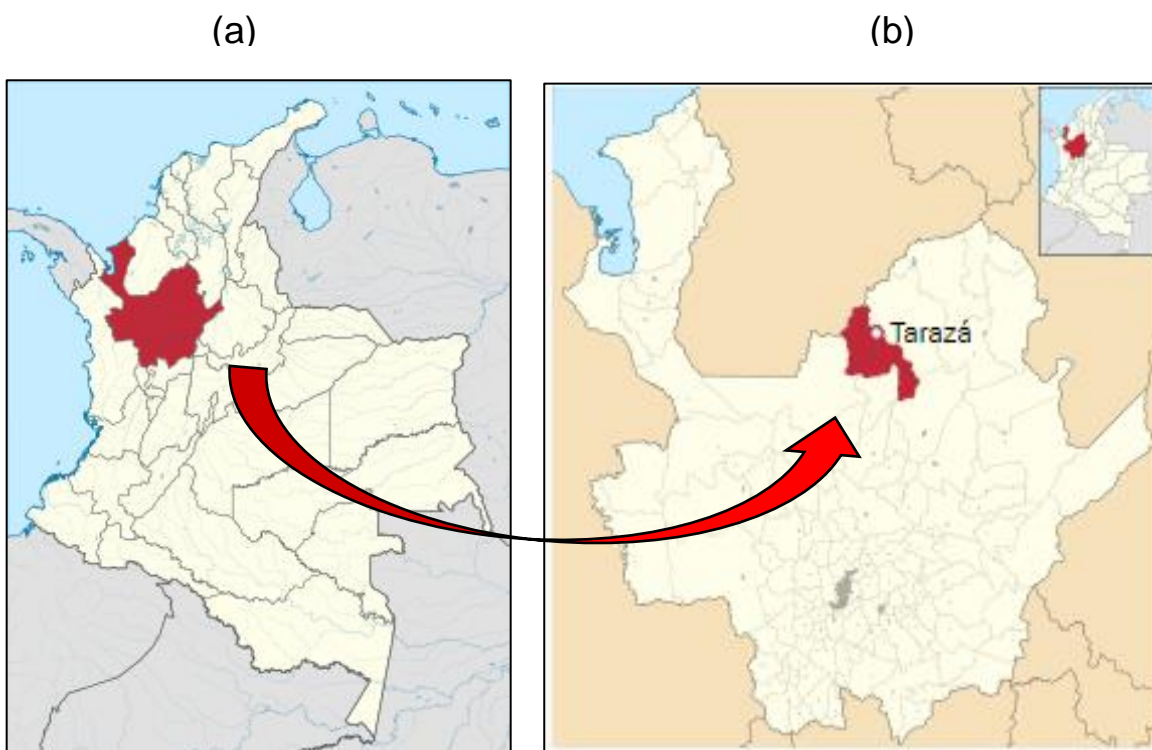
*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.1.2. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Tarazá es un municipio de Colombia, localizado en la subregión del Bajo Cauca del departamento de Antioquia. Limita por el norte con el departamento de Córdoba y el municipio de Cáceres, por el este con el municipio de Cáceres, por el sur con los municipios de Valdivia e Ituango, y por el oeste con el departamento de Córdoba. Su cabecera dista 222 kilómetros de la ciudad de Medellín, capital de Antioquia. El municipio posee una extensión de 1560 kilómetros cuadrados de los cuales 1.2 kilómetros cuadrados corresponden a la cabecera urbana y 1558 kilómetros cuadrados corresponden al área rural. Su territorio está constituido por la cuenca del río Tarazá en cuyas partes altas se tienen sistemas montañosos de hasta 3000 msnm, especialmente en los límites con el departamento de Córdoba, que los define la Serranía de Ayapel y la cuchilla de planadas. El resto del territorio está conformado por las planicies aluviales bajas del río Cauca.

En la siguiente figura se observa la ubicación del departamento de Antioquia con respecto a Colombia, y a su vez, la ubicación del municipio de Tarazá con respecto a Antioquia; posteriormente, se observa la ubicación del corregimiento El Guaimaro con respecto a la cabecera municipal.

Figura 4. Localización del Proyecto (a) Departamento de Antioquia (b) Municipio de Tarazá.



Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Corregimiento El Guaimaro y la cabecera municipal.

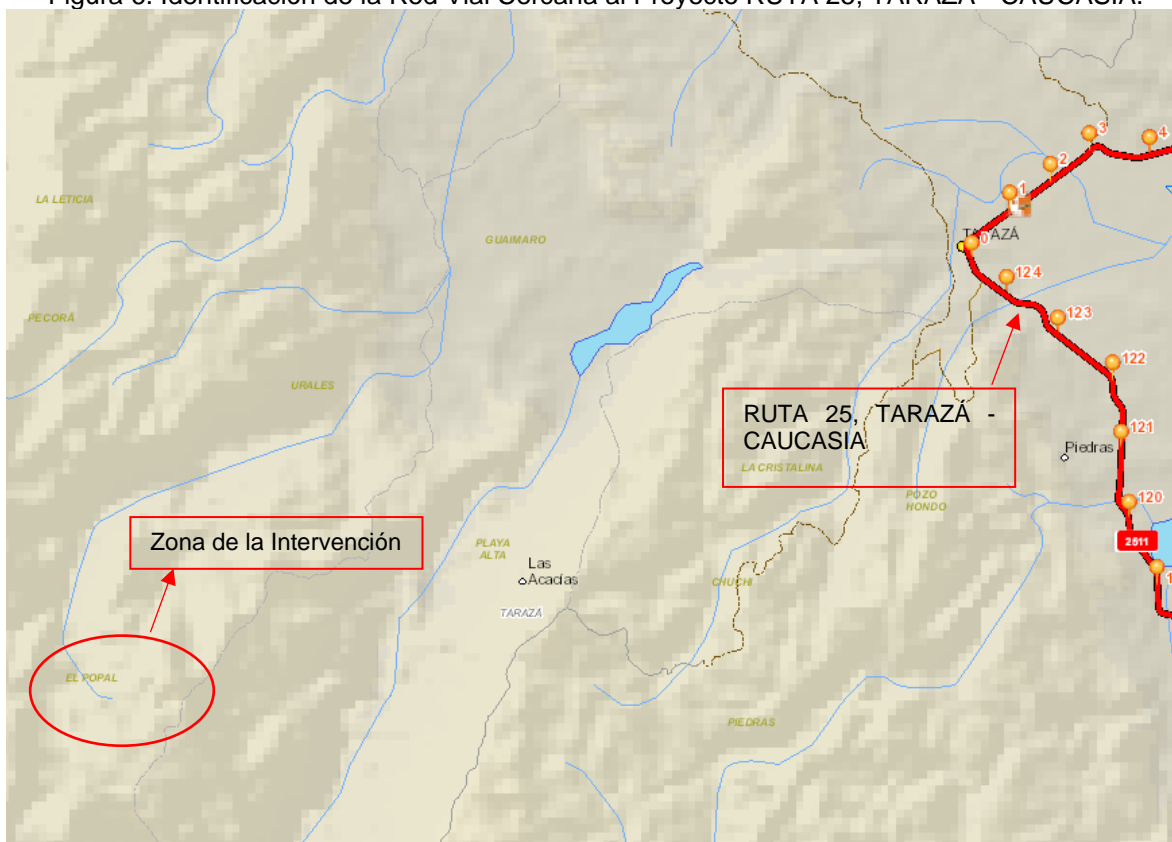


Fuente: Adaptado de Google Earth.

### 3.1.3. UBICACIÓN DE LA VÍA RESPECTO A VÍAS PRINCIPALES

En este subnumeral se realiza la descripción general de los corredores viales aledaños y existentes a la zona objeto de estudio. En la siguiente figura se identifica, de acuerdo con información nacional de la red vial, que El corregimiento El Guaimaro y la cabecera municipal de Tarazá, se encuentran cercanos a la RUTA 25, TARAZÁ – CAUCASIA de primer orden. De acuerdo con la RESOLUCIÓN 1530 del 2017, adoptando los criterios técnicos, la matriz y la guía metodológica para la categorización de las vías se identifica que la vía a intervenir está contemplada como una vía “veredal o de tercer orden”.

Figura 6. Identificación de la Red Vial Cercana al Proyecto RUTA 25, TARAZÁ - CAUCASIA.

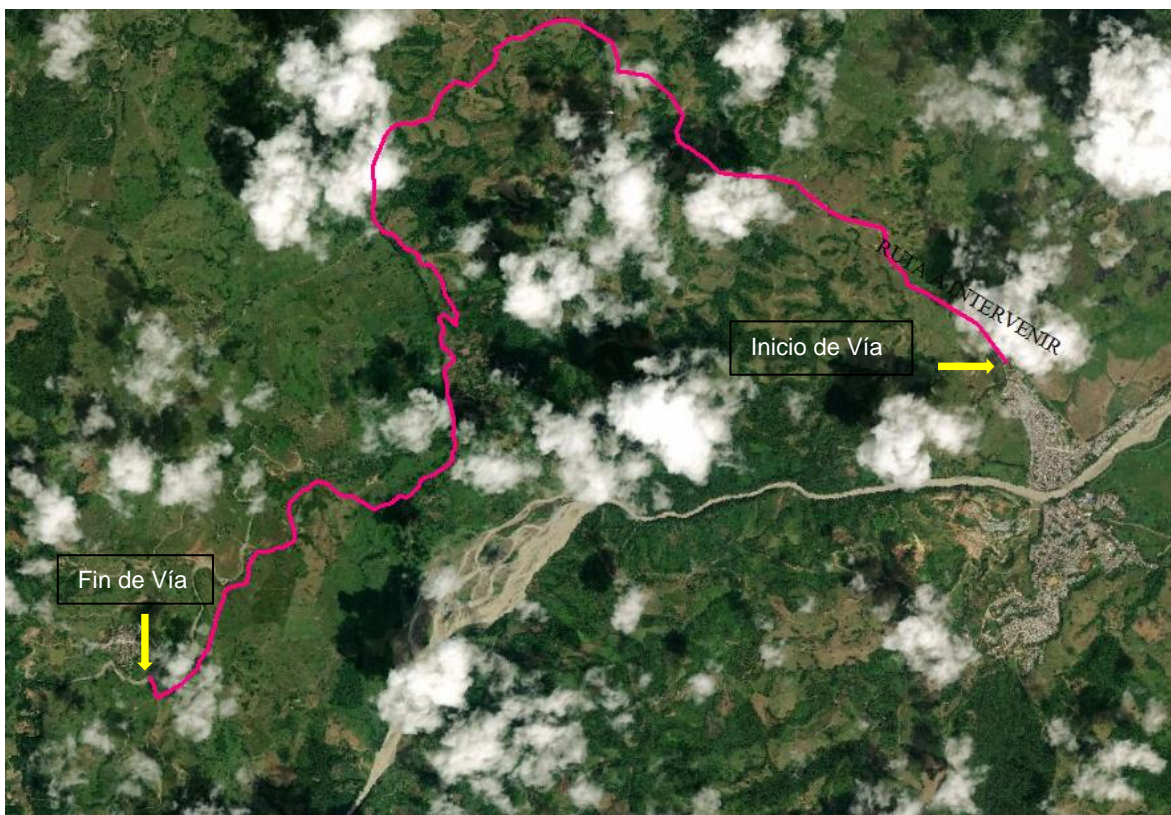


Fuente: <https://hermes.invias.gov.co/carreteras/>

### 3.1.4. SECTORIZACIÓN DE LA VÍA A INTERVENIR

En la siguiente figura se puede identificar una longitud total de 15.03 kilómetros aproximadamente que conecta la cabecera municipal de Tarazá hasta el corregimiento El Guaimaro, del municipio de Tarazá, Departamento de Antioquia.

Figura 7. Sectorización de la Intervención Vial.



Fuente: Adaptado de Google Earth.

La vía para intervenir en el análisis de este proyecto se localiza entre las coordenadas que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas geográficas de inicio y fin de la vía.

| Longitud Aproximada (m) | Coordenada Inicio             | Coordenada Final              |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 15.034                  | 7°35'31.35"N<br>75°24'16.70"O | 7°34'14.81"N<br>75°28'10.41"O |

Fuente: Elaboración Propia.



### 3.2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

#### 3.2.1. TOMA DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

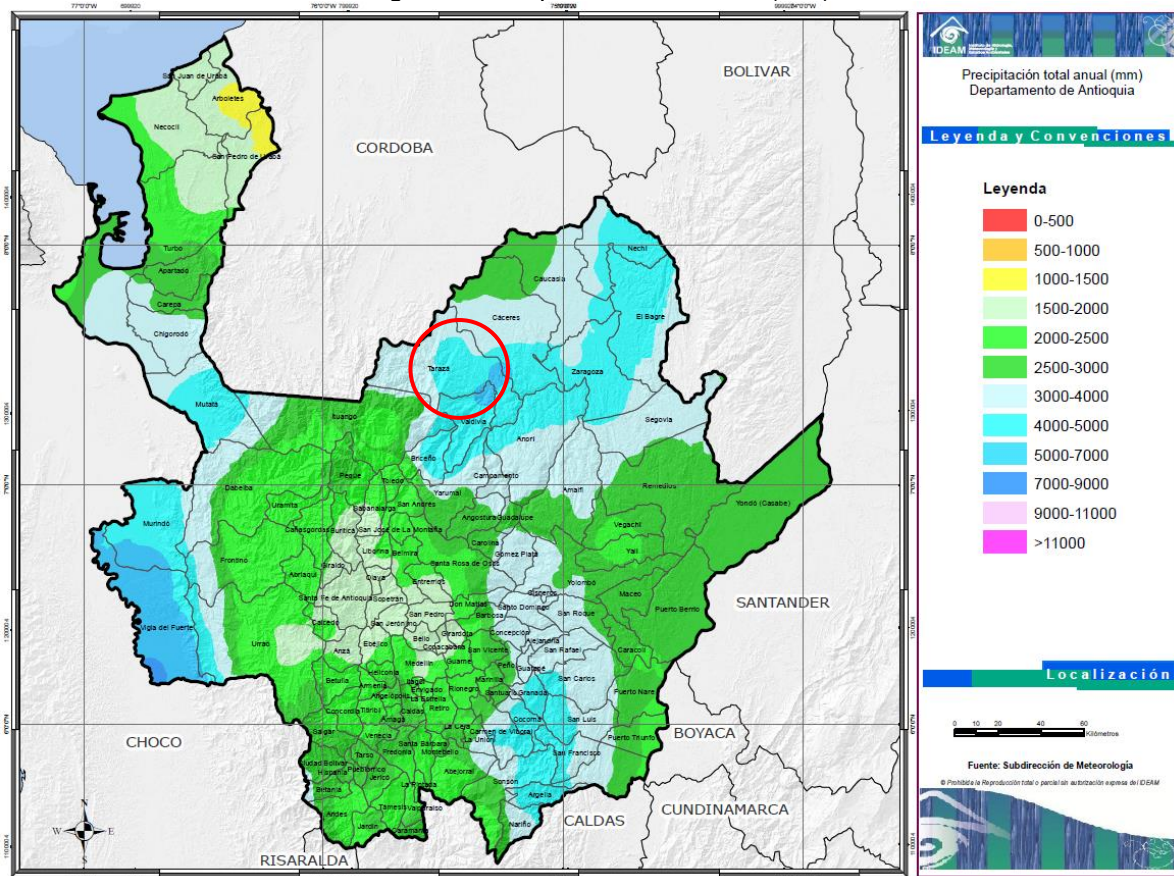
La información secundaria corresponde a obtenida en los centros virtuales de información como el DANE, IDEAM, INVIAS alcaldías locales, páginas enciclopédicas en la web. Otra parte de la información secundaria es obtenida de los términos de referencia y de estudios previos.

#### 3.2.2. TOMA DE INFORMACIÓN PRIMARIA

##### 3.2.2.1. REGISTROS DE LLUVIAS Y TEMPERATURAS

El municipio de Tarazá tiene un promedio anual de lluvias que va desde los 4.000 mm hasta los 5.000 mm, según el reporte presentado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), tal y como se ilustra en la Figura 8.

Figura 8. Precipitación total anual (mm).



Fuente: IDEAM.

Dentro de la zona de influencia del proyecto se identificaron cuatro (4) estaciones meteorológicas de las cuales dos (2) contienen los datos de interés del proyecto, pero solo una se encuentra activa actualmente.

Una de estas estaciones meteorológicas pertenece al municipio de Tarazá (Estación pluviométrica Playa Alta – 26240170); y la otra estación pertenece al municipio de Caucasia (Estación Climática Principal Cacaoteras del Dique - 26255040).

Para el análisis de precipitación, es decir, promedios de lluvias mensuales, número de días con lluvias, máximos mensuales de lluvias con sus respectivos años de ocurrencia y precipitación máxima promedio anual en 24 horas, se tomaron se toman datos históricos registrados desde el año 1983 de la estación pluviométrica Playa Alta – 26240170 ubicada en el municipio de Tarazá, departamento de Antioquia, con una distancia aproximada de 2.34 kilómetros al centro de gravedad del proyecto.

Posteriormente, para el análisis de temperaturas se toman datos históricos registrados en serie desde el año 1981 de la estación Climática Principal Cacaoteras del Dique - 26255040 ubicada en el municipio de Caucasia, departamento de Antioquia, con una distancia aproximada de 60.43 kilómetros al centro de gravedad del proyecto.

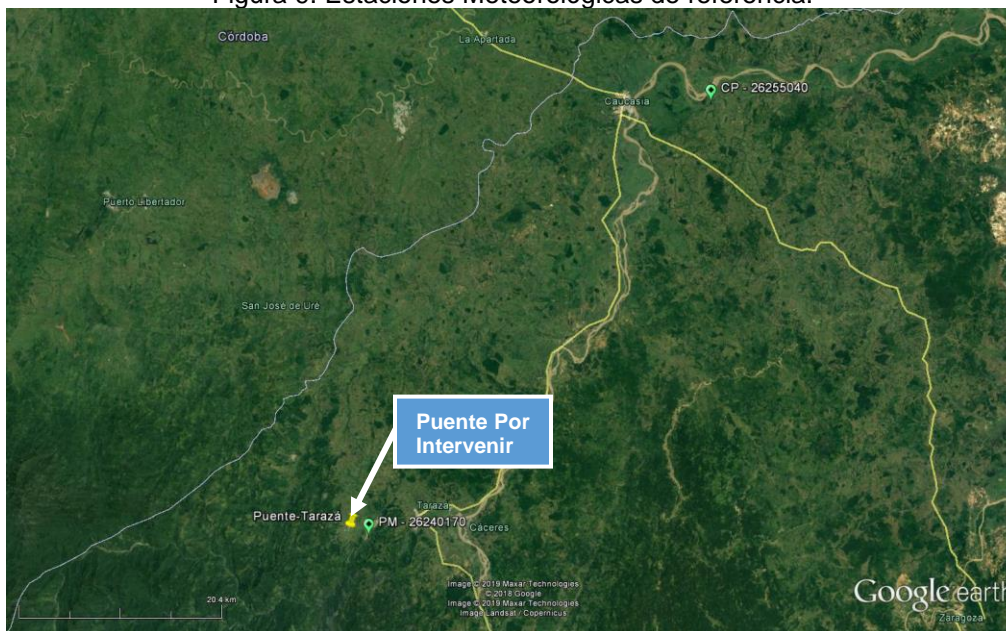
Tabla 2. Estaciones Meteorológicas de referencia.

| CÓDIGO     | CAT | NOMBRE               | MUNICIPIO | DEPTO     | ELEV (m) | LONGITUD     | LATITUD     |
|------------|-----|----------------------|-----------|-----------|----------|--------------|-------------|
| 26240170*  | PM  | Playa Alta           | Tarazá    | Antioquia | 175      | 75°26'54.8"W | 7°33'45.2"N |
| 26255040** | CO  | Cacaoteras del Dique | Caucasia  | Antioquia | 55       | 75°7'0.0"W   | 7°59'0.0"N  |

Nota: \* Estación meteorológica ubicada a 2.34 km del centro de gravedad del tramo a intervenir.  
 \*\* Estación meteorológica ubicada a 60.43 km del centro de gravedad del tramo a intervenir.

Fuente: Propia.

Figura 9. Estaciones Meteorológicas de referencia.



Fuente: Adaptado de Google Earth.



Los valores de promedio de lluvias mensuales y sus respectivos números de días con lluvia se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Promedio de lluvias mensuales. Estación meteorológica Playa Alta (26240170).

| MES               | PROMEDIO LLUVIAS (mm) | DÍAS CON LLUVIAS |
|-------------------|-----------------------|------------------|
| <b>Enero</b>      | 99.5                  | 8                |
| <b>Febrero</b>    | 87.6                  | 7                |
| <b>Marzo</b>      | 158.8                 | 9                |
| <b>Abril</b>      | 368.4                 | 16               |
| <b>Mayo</b>       | 512.8                 | 21               |
| <b>Junio</b>      | 470.2                 | 18               |
| <b>Julio</b>      | 456.9                 | 19               |
| <b>Agosto</b>     | 545.0                 | 19               |
| <b>Septiembre</b> | 486.3                 | 19               |
| <b>Octubre</b>    | 503.4                 | 19               |
| <b>Noviembre</b>  | 381.3                 | 17               |
| <b>Diciembre</b>  | 213.7                 | 10               |
| <b>ANUAL</b>      | <b>4252.5</b>         | <b>180</b>       |

Fuente: IDEAM

Los valores de precipitación máximos mensuales y los respectivos años de ocurrencia se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Máximos mensuales de lluvias. Estación meteorológica Playa Alta (26240170).

| MES               | PRECIPITACIÓN (mm) | AÑO DE OCURRENCIA |
|-------------------|--------------------|-------------------|
| <b>Enero</b>      | 120.0              | 1984              |
| <b>Febrero</b>    | 80.0               | 1993              |
| <b>Marzo</b>      | 80.0               | 1993              |
| <b>Abril</b>      | 100.0              | 1986              |
| <b>Mayo</b>       | 110.0              | 1986              |
| <b>Junio</b>      | 170.9              | 1987              |
| <b>Julio</b>      | 142.8              | 1985              |
| <b>Agosto</b>     | 120.0              | 2010              |
| <b>Septiembre</b> | 136.0              | 2007              |
| <b>Octubre</b>    | 140.0              | 1984              |
| <b>Noviembre</b>  | 134.0              | 1987              |
| <b>Diciembre</b>  | 197.3              | 1984              |

Fuente: IDEAM

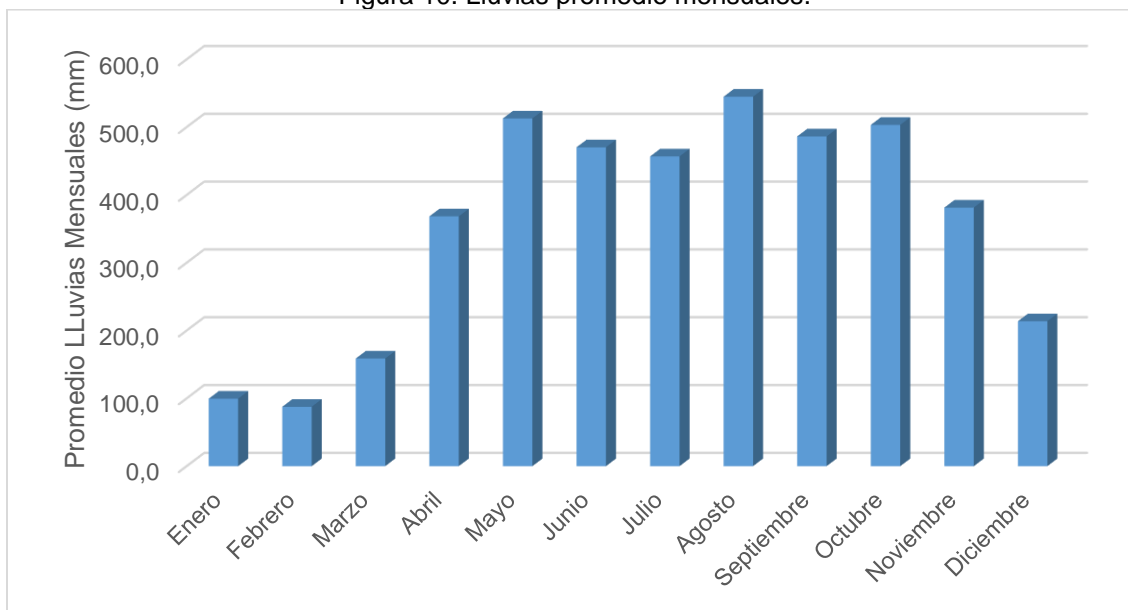
En la Tabla 5 se presentan las precipitaciones máximas promedio anuales en 24 horas, registradas en la base de datos del IDEAM desde el año 1983.

Tabla 5. Precipitación máxima promedio anual en 24 horas. Estación meteorológica Playa Alta (26240170).

| <b>Año</b>             | <b>Precipitación (mm)</b> | <b>Año</b>   | <b>Precipitación (mm)</b> |
|------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| 1983                   | 147                       | 2002         | 63                        |
| 1984                   | 130                       | 2003         | 102                       |
| 1985                   | 197                       | 2004         | 110                       |
| 1986                   | 143                       | 2005         | 80                        |
| 1987                   | 113                       | 2006         | 118                       |
| 1988                   | 171                       | 2007         | 133                       |
| 1989                   | 134                       | 2008         | 136                       |
| 1990                   | 90                        | 2009         | 120                       |
| 1991                   | 96                        | 2010         | 135                       |
| 1992                   | 90                        | 2011         | 120                       |
| 1993                   | 80                        | 2012         | 114                       |
| 1994                   | 99                        | 2013         | 88                        |
| 1995                   | 135                       | 2014         | 95                        |
| 1996                   | 101                       | 2015         | 110                       |
| 1997                   | 115                       | 2016         | 97                        |
| 1998                   | 123                       | 2017         | 97                        |
| 1999                   | 92                        | 2018         | 120                       |
| 2000                   | 33                        | 2019         | 110                       |
| 2001                   | 120                       | -            | -                         |
| <b>Numero de Datos</b> |                           | <b>37</b>    |                           |
| <b>Media</b>           |                           | <b>112.4</b> |                           |
| <b>Desviación</b>      |                           | <b>29.0</b>  |                           |

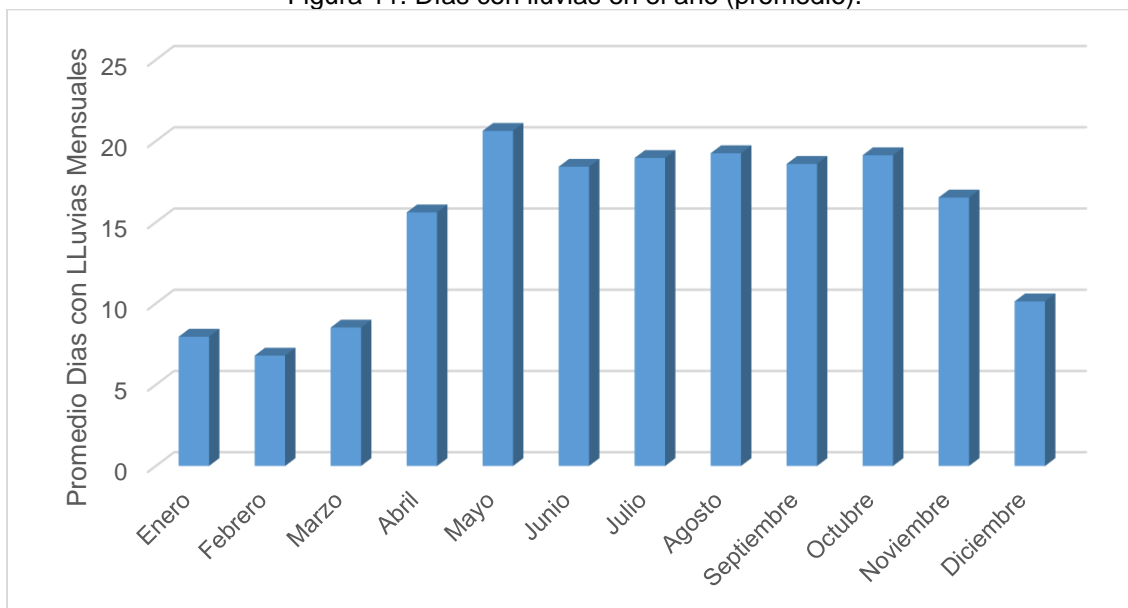
Fuente: Adaptado de IDEAM

Figura 10. Lluvias promedio mensuales.



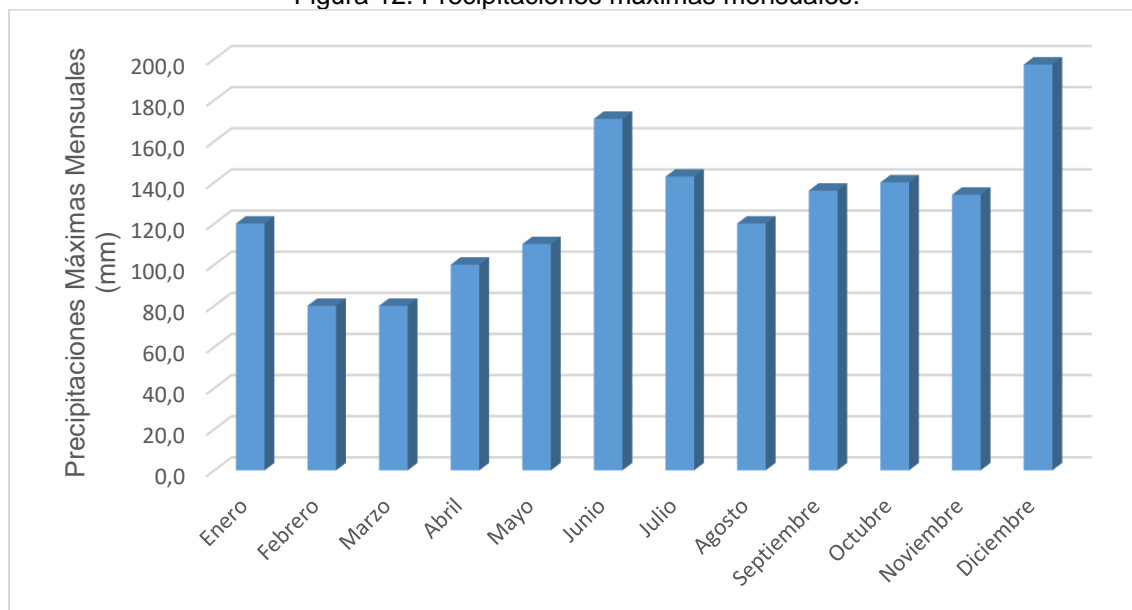
Fuente: IDEAM

Figura 11. Días con lluvias en el año (promedio).



Fuente: IDEAM

Figura 12. Precipitaciones máximas mensuales.

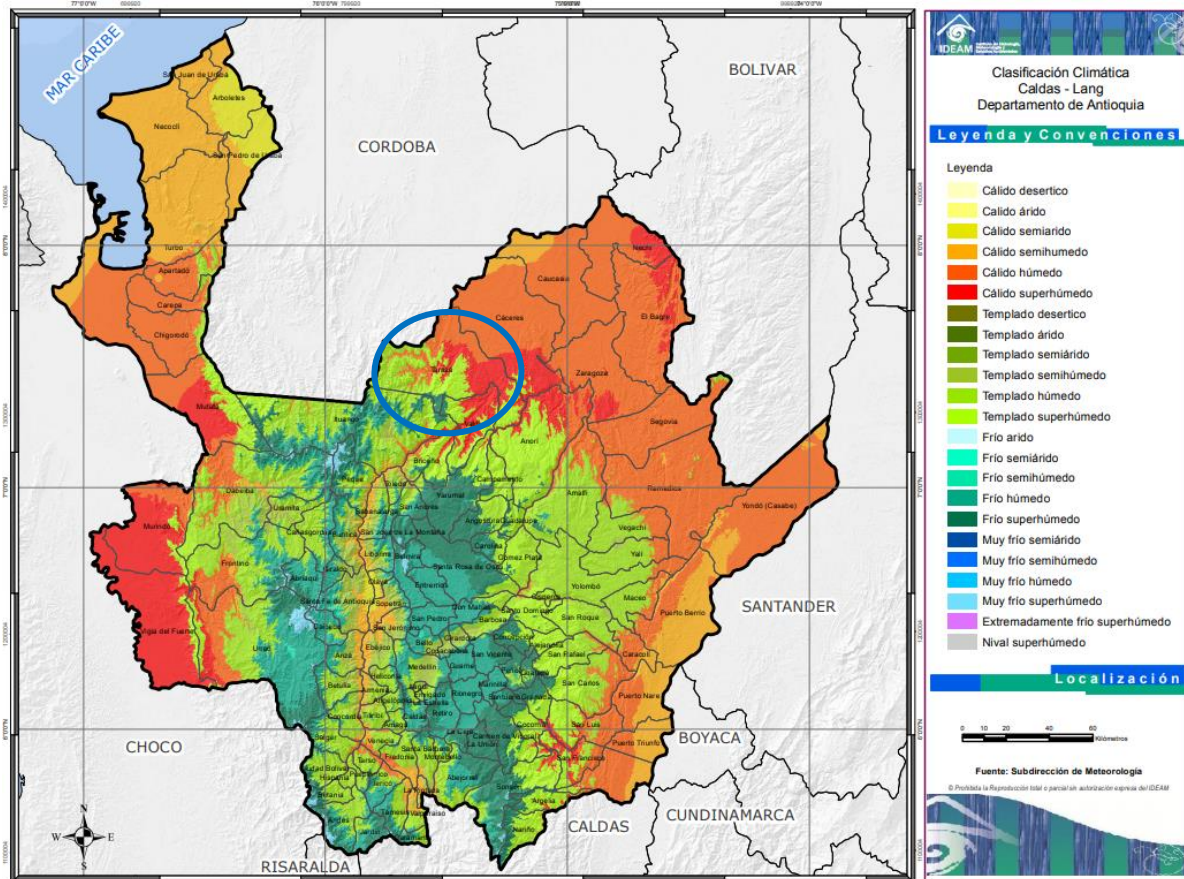


Fuente: IDEAM

Los días con lluvias son altos en relación con el resto del año (llueve un 49% de los días del año) por lo tanto la cantidad de lluvia que cae no es despreciable para el análisis de eventos hidrológicos y, además, llueve al menos un día en todos los meses del año.

De acuerdo con la clasificación climática Caldas – Lang reportada por El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) los suelos del municipio de Tarazá se clasifican entre cálido húmedo, cálido superhúmedo y templado superhúmedo, tal y como se ilustra en la siguiente figura.

Figura 13. Mapa de Clasificación Climática.



Fuente: IDEAM.

Los datos de temperaturas medias se muestran en la Tabla 6.

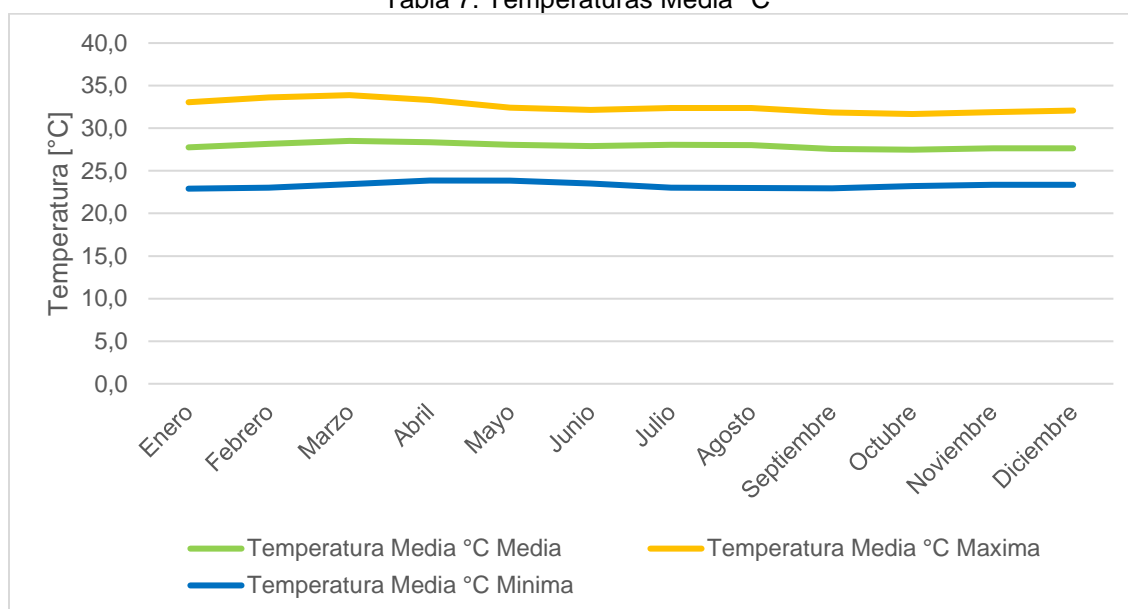
Tabla 6. Temperaturas medias mensuales. Estación meteorológica Cacaoteras del Dique (26255040).

| MES        | TEMPERATURA MEDIA °C |        |        |
|------------|----------------------|--------|--------|
|            | MEDIA                | MÁXIMA | MÍNIMA |
| Enero      | 27.7                 | 33.1   | 22.9   |
| Febrero    | 28.2                 | 33.6   | 23.0   |
| Marzo      | 28.5                 | 33.9   | 23.4   |
| Abril      | 28.4                 | 33.3   | 23.9   |
| Mayo       | 28.1                 | 32.4   | 23.8   |
| Junio      | 27.9                 | 32.2   | 23.5   |
| Julio      | 28.0                 | 32.4   | 23.0   |
| Agosto     | 28.0                 | 32.4   | 23.0   |
| Septiembre | 27.6                 | 31.9   | 23.0   |

| MES       | TEMPERATURA MEDIA °C |        |        |
|-----------|----------------------|--------|--------|
|           | MEDIA                | MÁXIMA | MÍNIMA |
| Octubre   | 27.5                 | 31.7   | 23.2   |
| Noviembre | 27.6                 | 31.9   | 23.4   |
| Diciembre | 27.7                 | 32.1   | 23.3   |

Fuente: IDEAM

Tabla 7. Temperaturas Media °C



Fuente: IDEAM

De acuerdo con los datos de temperatura de la zona obtenidos de la estación mencionada, la temperatura media anual es de 27.9°C, con temperaturas que alcanzan los 33.9°C en el primer trimestre del año, y mínimas de 22.9°C.

### 3.2.2.2. RELIEVE, GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

En su mayor parte su relieve es ondulado. Riegan sus tierras los ríos Tarazá, Rayo, San Agustín y Puquí.

El resto del territorio está conformado por las planicies aluviales bajas del río Cauca. Presenta una vegetación de bosque sub andino con zonas de aptitud forestal productora y protectora. Tiene un promedio anual de lluvias entre 3.000 a 3.500 mm. La zona urbana del municipio está dividida en cuatro sectores, el río Tarazá que corre de sur a norte la divide en los sectores oriental y occidental, y la carretera troncal del Norte que atraviesa el pueblo de sur a norte. Esta zona tiene 23 barrios.

Esta zona de la cordillera central está formada por varios altiplanos que se encuentran separados por profundos cañones en forma de “V”, conformados por una serie de colinas convexas y cóncavas, bajas, altas y equialtitudinales,

|  |   |                  |   |
|--|---|------------------|---|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | ESTUDIO HIDROLÓGICO<br>PROYECTO TARAZÁ –<br>CORREGIMIENTO EL GUAIMARO |                  |  <b>CONSORCIO TERRITORIAL 2019</b><br><small>WT. No. 901.383.823-6</small> |
|  | Contrato: SC 01521 19   | Fecha: Dic. 2019 |   |

intensamente disectadas formando sistemas de drenaje dendrítico y subparalelo. En las partes bajas y medias de los cauces se encuentran depósitos torrenciales y aluviales con disposición longitudinal.

Su territorio está constituido por la cuenca del río Tarazá en cuyas partes altas se tienen sistemas montañosos de hasta 3.000 m.s.n.m, especialmente en los límites con el departamento de Córdoba, el resto del territorio está conformado por las planicies aluviales bajas del río Cauca.

### **3.2.2.3. VEGETACIÓN Y SUELOS**

Tarazá presenta una vegetación de bosque sub andino con zonas de aptitud forestal productora y protectora. Estos bosques están ubicados entre los 1.000 y 2.000 metros de altura, el aporte de los árboles es menor y las formas tabulares en las raíces, comúnmente conocidas como bambas son más escasas. Se conforman por tener un extracto arbustivo poco desarrollado, un extracto herbáceo es denso.

Según el levantamiento de información los suelos de la zona de estudio se caracterizan por ser de características arenosas.

### **3.2.3. METODOLOGÍA**

La metodología utilizada es la descrita en el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS y en la literatura técnica especializada sobre aspectos de Hidrología e Hidráulica.

Los cálculos se harán soportados por software especializados con hojas de cálculo de Excel.

En términos generales se preténdete establecer los parámetros de lluvias; los caudales y la revisión de capacidad de obras existentes; así mismo, si es necesario se determinarán las obras necesarias de tipo hidráulico que garanticen un adecuado diseño del sistema vial.

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) permiten la estimación de volúmenes de drenaje superficial mediante modelos lluvia-escorrentía en cuencas para las cuales no existen registros de caudal o su tiempo de concentración es relativamente corto (Usualmente las duraciones de estos eventos son menores a 24 horas).

En estas curvas se puede conocer la intensidad máxima de precipitación que se espera tener durante determinada duración de lluvia, en un evento que en promedio ocurriría cada cierto número de años

Debido a que las estaciones de referencia carecen de curvas IDF, se utilizará los procedimientos indirectos recomendado para aquellos casos en los que se tiene

|   |  |  |                    |
|---|--|--|--------------------|
|  <p><b>El futuro es de todos</b><br/>         Agencia de Renovación del Territorio</p> | <p>ESTUDIO HIDROLÓGICO<br/>         PROYECTO TARAZÁ –<br/>         CORREGIMIENTO EL GUAIMARO</p> |  <p>CONSORCIO TERRITORIAL<br/>         2019<br/>         NIT. No. 901.283.823-6</p> |                    |
|   | <p>Contrato: SC 01521 19</p>   | <p>Fecha: Dic. 2019</p>  | <p>Versión: 01</p> |

información escasa, la metodología que trabaja con métodos sintéticos permite calcular los valores de intensidad de lluvia para los diferentes periodos de retorno a partir de la información de las series de precipitación multianual. Con este fin se halló el promedio del valor máximo anual de precipitación diaria (M); con la serie número de días mensuales de precipitación y valores mensuales de precipitación se hallaron; el promedio del número de días con lluvia al año (N) y la precipitación media anual (PT). La metodología mencionada se desarrolló en un trabajo de maestría en la Universidad de los Andes<sup>1</sup>, o los descritos en el Manual del INVIAS.

---

<sup>1</sup> Vargas Rodrigo, Curvas Sintéticas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia. Magíster en Ingeniería Civil Universidad de los Andes. Santa Fe de Bogotá. 1998



## 4. ASPECTOS HIDROLÓGICOS

### 4.1. ANÁLISIS DE LLUVIAS CURVAS IDF

Las metodologías simplificadas como lo expone el INVIAS en el actual manual de drenaje para el cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia (IDF) se ajusta a los requerimientos de este tipo de Estudios, más aún, considerando que la información disponible es adecuada y corresponde a registros del IDEAM en estaciones cerca del proyecto.

Las curvas intensidad – duración – frecuencia, IDF, son arreglos en los cuales se presentan las lluvias (estimadas como intensidad de precipitación) contra su duración y el periodo de retorno).

Para Colombia se proponen curvas intensidad-duración frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación, sin embargo, el manual de drenaje para carreteras propone el parámetro precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación como el parámetro con mejor correlación, la cual está dada por la siguiente expresión:

$$i = \frac{a \cdot T^b \cdot M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Donde:

*i*: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

*T*: Periodo de retorno, en años.

*M*: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual

*t*: Duración de la lluvia, en minutos (min).

*a, b, c, d*: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados como se presenta se presentan en la Tabla 8. Valores de los coeficientes *a, b, c* y *d* para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF.

Tabla 8. Valores de los coeficientes *a, b, c* y *d* para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF.

| REGIÓN         | a     | b    | c    | d    |
|----------------|-------|------|------|------|
| Andina (R1)    | 0.94  | 0.18 | 0.66 | 0.83 |
| Caribe (R2)    | 24.85 | 0.22 | 0.50 | 0.10 |
| Pacífico (R3)  | 13.92 | 0.19 | 0.58 | 0.20 |
| Orinoquía (R4) | 5.53  | 0.17 | 0.63 | 0.42 |

Fuente: INVIAS

Tabla 9 Periodos de retorno de obras de drenaje vial.

| TIPO DE OBRA                                       | PERIODO DE RETORNO (AÑOS) <sup>1</sup> |
|--|--|
| Cunetas  | 5                                      |
| Zanjas de Coronación <sup>2</sup>                  | 10                                     |
| Estructuras de Caída <sup>2</sup>                  | 10                                     |
| Alcantarillas de 0.90 m de diámetro                | 10                                     |
| Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro         | 20                                     |
| Puentes menores (luz menor a 10 m)                 | 25                                     |
| Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m | 50                                     |
| Puentes de luz mayor o igual a 50 m                | 100                                    |
| Drenaje subsuperficial                             | 2                                      |

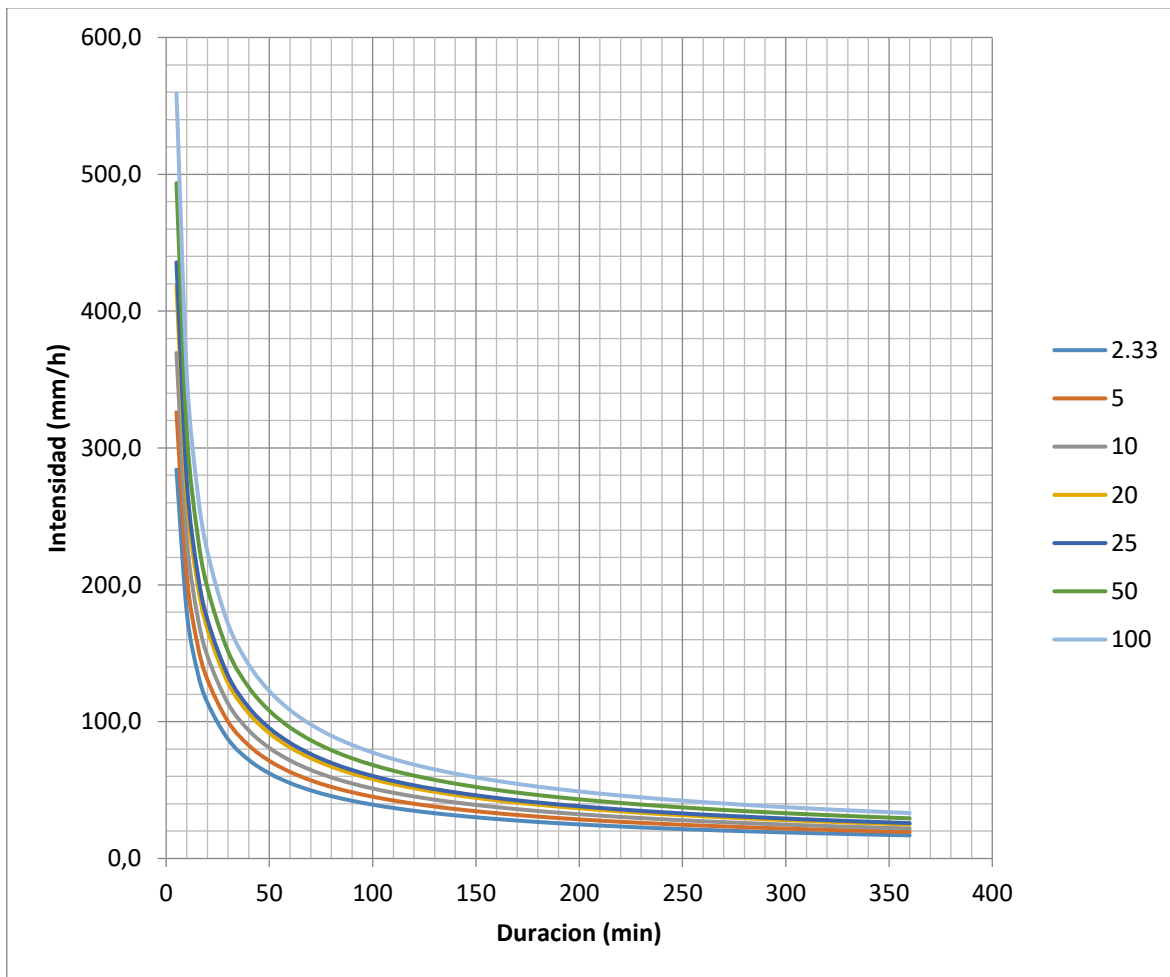
*Fuente: INVIAS*

Este proyecto en particular, en donde se realiza la intervención de los accesos al puente, lo que corresponde a tramos de vía de aproximadamente 136 metros de longitud, se deberá evaluar las condiciones de la cuneta proyectada para una sección de pavimento tipo placa huella o similar y se valora, por el análisis de cuencas, la condición actual de las estructuras existentes o si se requiere la construcción de obra hidráulica transversal adicional.

El periodo de diseño, para cunetas será de 5 años y para puentes será de 100 años como periodos de retorno.

Se muestra la gráfica de IDF deducida con la formulación INVIAS y de acuerdo con los parámetros de la cuenca estudiada y en donde el parámetro M, Precipitación Máxima Promedio Anual en 24 horas a nivel multianual es de 112.4 mm de lluvia.

Figura 14. Curvas IDF con datos regionales.



Fuente: Propia.

Tabla 10 intensidad de las lluvias para diversas IDF

| T                | 2.33  | 5     | 10    | 20    | 25    | 50    | 100   |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>i (mm/hr)</b> |       |       |       |       |       |       |       |
| t (min)          | i1    | i2    | i3    | i4    | i5    | i6    | i7    |
| 5                | 284.2 | 326.1 | 369.4 | 418.5 | 435.7 | 493.6 | 559.1 |
| 10               | 179.9 | 206.4 | 233.8 | 264.9 | 275.7 | 312.4 | 353.9 |
| 15               | 137.6 | 157.9 | 178.9 | 202.7 | 211.0 | 239.0 | 270.8 |
| 20               | 113.8 | 130.6 | 148.0 | 167.6 | 174.5 | 197.7 | 224.0 |
| 30               | 87.1  | 99.9  | 113.2 | 128.3 | 133.5 | 151.3 | 171.4 |
| 40               | 72.0  | 82.7  | 93.6  | 106.1 | 110.4 | 125.1 | 141.7 |
| 50               | 62.2  | 71.3  | 80.8  | 91.6  | 95.3  | 108.0 | 122.3 |
| 60               | 55.1  | 63.3  | 71.7  | 81.2  | 84.5  | 95.7  | 108.5 |
| 70               | 49.8  | 57.1  | 64.7  | 73.3  | 76.3  | 86.5  | 98.0  |
| 80               | 45.6  | 52.3  | 59.3  | 67.1  | 69.9  | 79.2  | 89.7  |
| 90               | 42.2  | 48.4  | 54.8  | 62.1  | 64.7  | 73.3  | 83.0  |

| T         | 2.33 | 5    | 10   | 20   | 25   | 50   | 100  |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|
| i (mm/hr) |      |      |      |      |      |      |      |
| t (min)   | i1   | i2   | i3   | i4   | i5   | i6   | i7   |
| 100       | 39.4 | 45.2 | 51.1 | 57.9 | 60.3 | 68.3 | 77.4 |
| 110       | 37.0 | 42.4 | 48.0 | 54.4 | 56.6 | 64.2 | 72.7 |
| 120       | 34.9 | 40.0 | 45.4 | 51.4 | 53.5 | 60.6 | 68.6 |
| 130       | 33.1 | 38.0 | 43.0 | 48.7 | 50.7 | 57.5 | 65.1 |
| 140       | 31.5 | 36.2 | 41.0 | 46.4 | 48.3 | 54.7 | 62.0 |
| 150       | 30.1 | 34.5 | 39.1 | 44.3 | 46.2 | 52.3 | 59.2 |
| 160       | 28.9 | 33.1 | 37.5 | 42.5 | 44.2 | 50.1 | 56.8 |
| 170       | 27.7 | 31.8 | 36.0 | 40.8 | 42.5 | 48.1 | 54.5 |
| 180       | 26.7 | 30.6 | 34.7 | 39.3 | 40.9 | 46.4 | 52.5 |
| 190       | 25.8 | 29.6 | 33.5 | 37.9 | 39.5 | 44.7 | 50.7 |
| 200       | 24.9 | 28.6 | 32.4 | 36.7 | 38.2 | 43.2 | 49.0 |
| 210       | 24.1 | 27.7 | 31.3 | 35.5 | 37.0 | 41.9 | 47.4 |
| 220       | 23.4 | 26.8 | 30.4 | 34.4 | 35.8 | 40.6 | 46.0 |
| 230       | 22.7 | 26.1 | 29.5 | 33.4 | 34.8 | 39.4 | 44.7 |
| 240       | 22.1 | 25.3 | 28.7 | 32.5 | 33.8 | 38.3 | 43.4 |
| 250       | 21.5 | 24.7 | 27.9 | 31.7 | 32.9 | 37.3 | 42.3 |
| 260       | 20.9 | 24.0 | 27.2 | 30.8 | 32.1 | 36.4 | 41.2 |
| 270       | 20.4 | 23.4 | 26.6 | 30.1 | 31.3 | 35.5 | 40.2 |
| 280       | 19.9 | 22.9 | 25.9 | 29.4 | 30.6 | 34.6 | 39.2 |
| 290       | 19.5 | 22.4 | 25.3 | 28.7 | 29.9 | 33.8 | 38.3 |
| 300       | 19.1 | 21.9 | 24.8 | 28.1 | 29.2 | 33.1 | 37.5 |
| 310       | 18.6 | 21.4 | 24.2 | 27.5 | 28.6 | 32.4 | 36.7 |
| 320       | 18.3 | 21.0 | 23.7 | 26.9 | 28.0 | 31.7 | 35.9 |
| 330       | 17.9 | 20.5 | 23.3 | 26.4 | 27.4 | 31.1 | 35.2 |
| 340       | 17.5 | 20.1 | 22.8 | 25.8 | 26.9 | 30.5 | 34.5 |
| 350       | 17.2 | 19.8 | 22.4 | 25.3 | 26.4 | 29.9 | 33.9 |
| 360       | 16.9 | 19.4 | 22.0 | 24.9 | 25.9 | 29.3 | 33.2 |

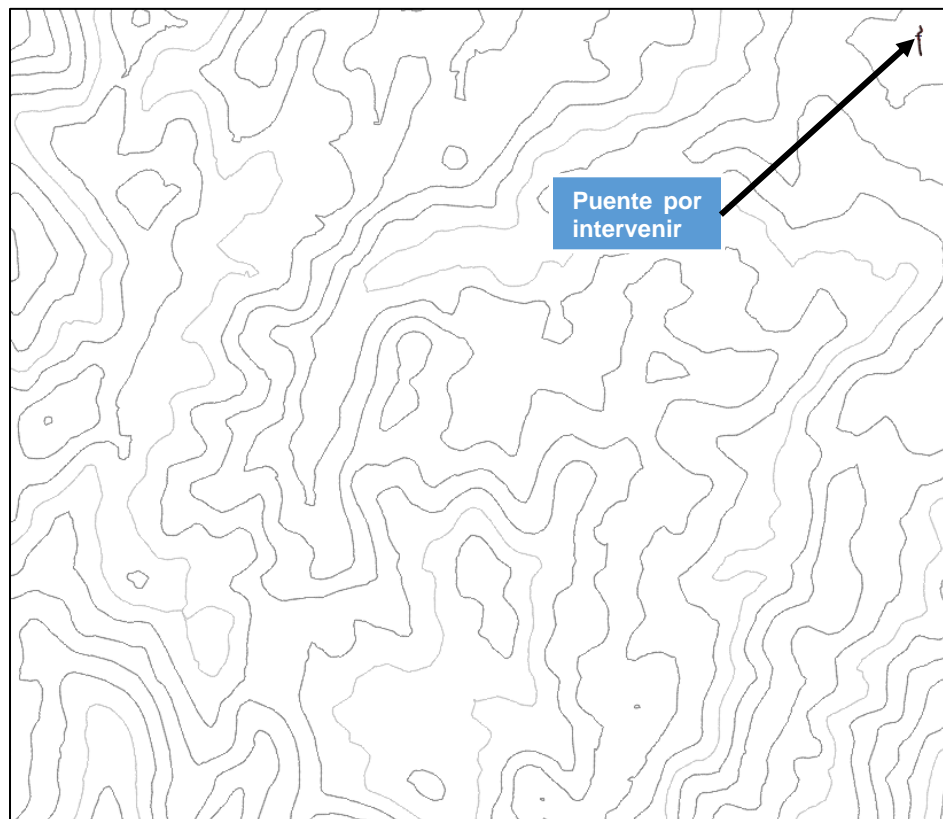
*Fuente: Propia.*

## 4.2. ANÁLISIS DE CAUDALES Y CUENCAS

El presente capítulo realiza una verificación analítica que permita la identificación de las características de flujo de las cuencas en el corredor de estudio, esto con el objetivo de identificar cauces que tengan alguna incidencia sobre vía.

Las cuencas se analizarán utilizando, en este caso, fotografías satelitales de Google Earth y Global Mapper.

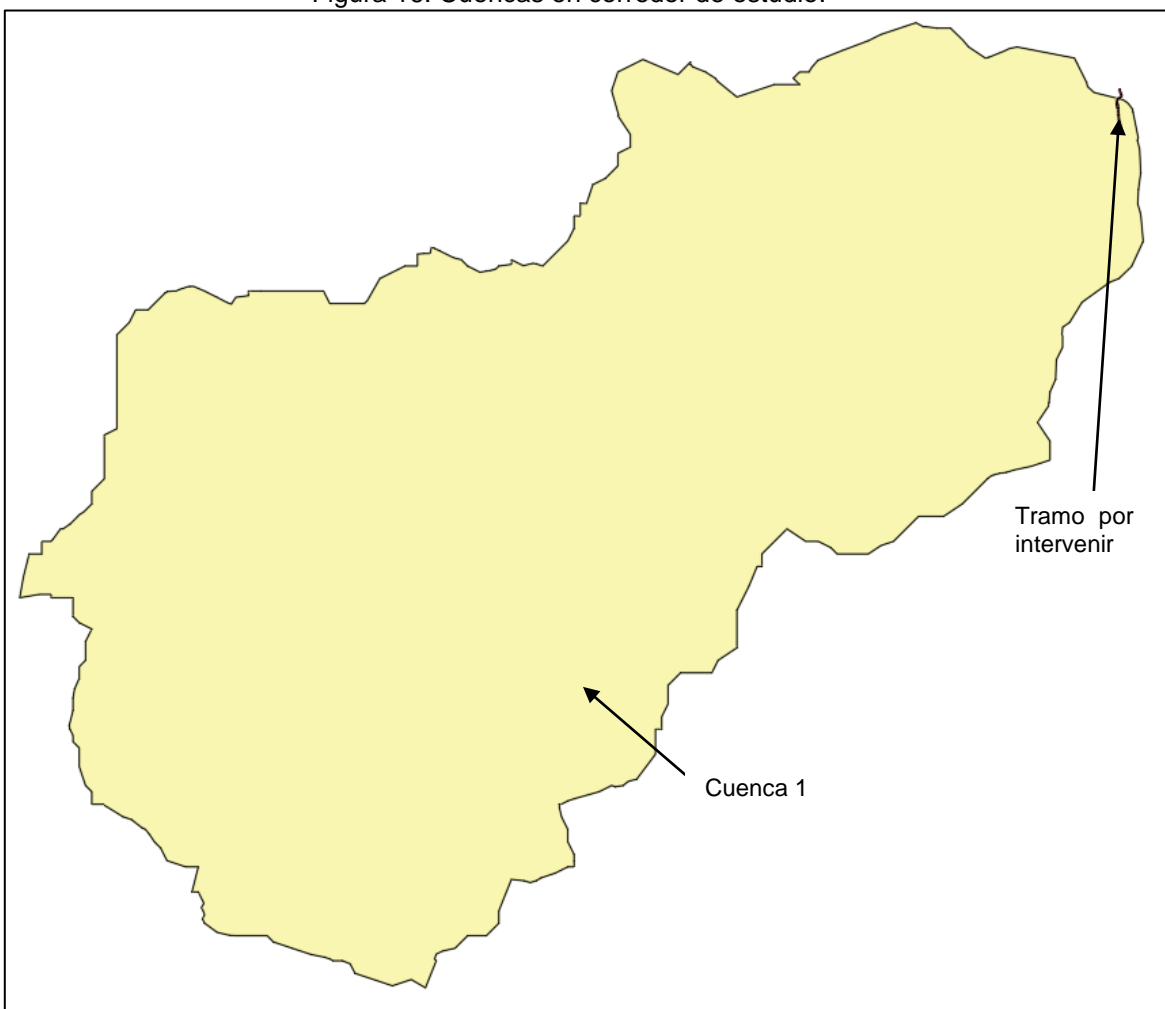
Figura 15. Topografía de zona de influencia del proyecto.



Fuente: Adaptado de Global Mapper.

Con ayuda del Software AutoCAD Civil 3D y Global Mapper, haciendo uso de la rutina *Catchment* Área, se construyen las cuencas en el corredor de estudio, teniendo como insumo las curvas de nivel construidas. Posteriormente se filtran solo las curvas de nivel de interés, es decir todas aquellas que pasan por la vía en estudio. Las cuencas identificadas se muestran en la Figura 16.

Figura 16. Cuencas en corredor de estudio.



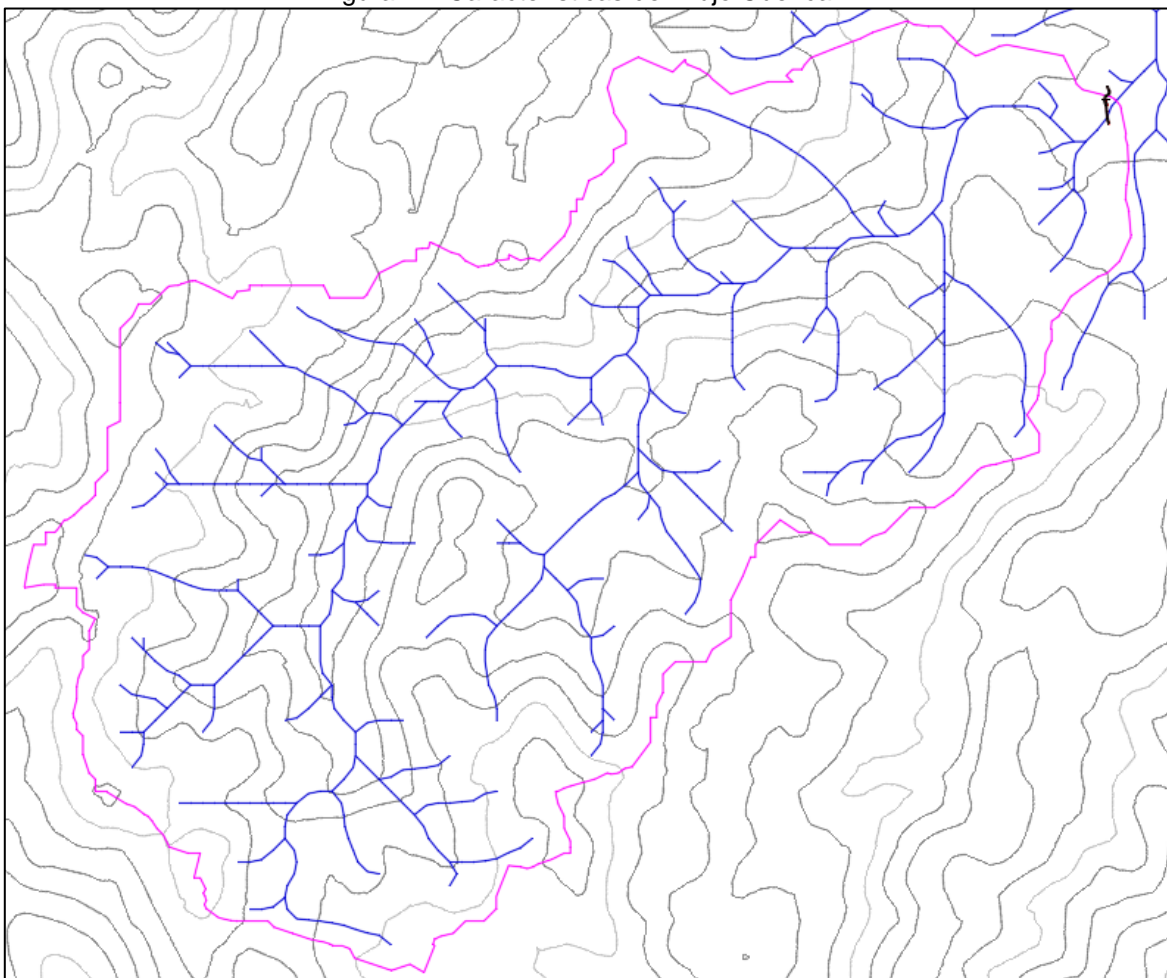
Fuente: Adaptado de AutoCAD Civil 3D.

Con el Software AutoCAD Civil 3D se analiza el recorrido de las aguas de escorrentía en las cuencas seleccionadas, esto se realiza con ayuda de la subrutina *Waterdrop* y el análisis de *Watershed* de Global Mapper. Dicho análisis permite identificar potenciales puntos críticos de concentración de aguas en puntos cercanos a la vía que requerirían estructuras hidráulicas especiales.

#### 4.2.1. CUENCA 1: PUENTE PROYECTADO

La cuenca 1 drena el agua de la zona en estudio a través del cauce que cruza el puente de estudio. Las características de flujo de esta se encuentran en la Figura 17, donde se evidencian concentraciones de líneas de flujo que pasan a través del Puente existente en la vía en estudio, el agua proveniente de los laterales se puede manejar con obras hidráulicas longitudinales tipo cunetas en ambos márgenes, en secciones posteriores se debe realizar un análisis hidráulico para verificar que estas obras hidráulicas tengan la capacidad para las escorrentías de diseño.

Figura 17. Características del Flujo Cuenca 1.



Fuente: Adaptado de AutoCAD Civil 3D.

Tabla 11. Datos Morfológicos Cuenca 1.

| CARACTERÍSTICA     | VALOR       | UNIDAD         |
|--------------------|-------------|----------------|
| Perímetro          | 27595.17    | m              |
| Área               | 27919032.79 | m <sup>2</sup> |
| Centro de Gravedad | 1370539.67  | N              |
|                    | 1149359.13  | E              |
| Cota mínima        | 83.99       | m              |
| Cota máxima        | 649.00      | m              |
| Cota Promedio      | 217.66      | m              |
| Pendiente mínima   | 0.10        | %              |
| Pendiente máxima   | 90.44       | %              |
| Pendiente Promedio | 17.11       | %              |

| CARACTERÍSTICA  | VALOR    | UNIDAD |
|---|----------|--------|
| Longitud Máxima de Flujo  | 10694.99 | m      |
| Longitud del Cauce Principal  | 7134.08  | m      |
| Cota Divisoria  | 648.00   | m      |
| Cota del Sitio de Interés   | 84.02    | m      |
| Longitud en Línea Recta desde el interés al centro de gravedad                            | 3994.15  | m      |
| Longitud en Línea Recta desde el interés hasta el sitio de nacimiento del cauce principal | 5136.77  | m      |

*Fuente: Propia.*

### 4.3. JUSTIFICACIÓN DE FORMULAS UTILIZADAS

En la literatura técnica se presenta varias formulaciones para obtener el tiempo de concertación de la cuenca, en este estudio se tratarán las siguientes, evaluando su valides en el tipo de cuenca en base a los parámetros locales de obtención de la formula y su similitud en el sitio del proyecto. Uno de los principales parámetros a considerar, es que la cuenca es poca área de influencia para el drenaje local y que las obras a evaluar o diseñar son menores.

#### 4.3.1. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

##### 4.3.1.1. Témez (1978)

$$T_c = 0.3 \left( \frac{L}{S_o^{0.25}} \right)^{0.75}$$

Donde:

*T<sub>c</sub>* = tiempo de concentración en horas

*L* = Longitud del cauce principal en Kilómetros

*S<sub>o</sub>* = Diferencia de cotas sobre *L* en %.

##### 4.3.1.2. Kirpich (1990):

$$T_c = 0.066(L/\sqrt{S_o})^{0.77}$$

Donde:

*T<sub>c</sub>* = tiempo de concentración en horas

*L* = longitud desde la estación de aforo hasta la divisoria siguiendo el cauce principal o longitud máxima de flujo, en kilómetros

*S<sub>o</sub>* = diferencia de cotas entre los puntos extremos de la corriente en m/m



|  |   |                  |  |
|--|---|------------------|--|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | ESTUDIO HIDROLÓGICO<br>PROYECTO TARAZÁ –<br>CORREGIMIENTO EL GUAIMARO |                  |  <b>CONSORCIO TERRITORIAL 2019</b><br><small>NTT. No. 901.283.823-6</small> |
|  | Contrato: SC 01521 19   | Fecha: Dic. 2019 |  |

#### 4.3.1.3. Johnstone y Cross (1949):

$$T_c = 5 \left( \frac{L}{\sqrt{S_0}} \right)^{0.5}$$

Donde:

*T<sub>c</sub>* = tiempo de concentración en horas

*L* = longitud del cauce principal en millas.

*S<sub>0</sub>* = pendiente del canal en pies/millas

#### 4.3.1.4. California Culverts Practice (1942):

$$T_c = 0.01 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

*T<sub>c</sub>* = tiempo de concentración en horas

*L* = longitud del canal principal en kilómetros

*H* = Diferencia de cotas entre el punto de interés y la divisoria en metros

#### 4.3.1.5. Giandiotti (1990):

$$T_c = \frac{4 * \sqrt{A} + 1.5L}{25.3 * \sqrt{L * S_0}}$$

Donde:

*T<sub>c</sub>* = tiempo de concentración en horas

*A* = área de la cuenca en kilómetros cuadrados

*L* = longitud del cauce principal en kilómetros

*S<sub>0</sub>* = Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente en m/m.

#### 4.3.1.6. S.C.S – Ranser

$$T_c = 0.947(K)^{0.385}$$

$$K = \frac{Lc^3}{H}$$

Donde:

*Lc* = distancia desde el sitio de interés al punto en el cual la corriente principal corta la divisoria, en kilómetros.

*H* = Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente en pies.

|  |   |                  |   |
|--|---|------------------|---|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | ESTUDIO HIDROLÓGICO<br>PROYECTO TARAZÁ –<br>CORREGIMIENTO EL GUAIMARO |                  |  <b>CONSORCIO TERRITORIAL 2019</b><br><small>NT. No. 901.383.823-6</small> |
|  | Contrato: SC 01521 19   | Fecha: Dic. 2019 |   |

#### 4.3.1.7. Ventura – Herón:

$$T_c = 0.3 \left( \frac{L}{S_o^{0.25}} \right)^{0.75}$$

Donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración en horas.  
 $L$  = Longitud del cauce principal en Kilómetros  
 $S_o$  = % de pendiente del cauce.

#### 4.3.1.8. Chow (1946)

$$T_c = 0.123 \left( \frac{L}{S_o^{0.5}} \right)^{0.64}$$

Donde:

$L$  = longitud desde la estación de aforo hasta la divisoria siguiendo el cauce principal o longitud máxima de flujo, en kilómetros.  
 $S_o$  = pendiente medio del cauce principal.

### 4.4. METODOLOGÍA DE PREDICCIÓN DE CAUDALES

#### 4.4.1. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN CUENCA 1

Los datos morfológicos de las cuencas se reseñan en las siguientes tablas.

Tabla 12. Datos morfológicos Cuenca 1.

| VARIABLE  | SÍMBOLO      | VALOR  | UNIDADES        |
|---|--------------|--------|-----------------|
| Área de la Cuenca   | A =          | 27.919 | Km <sup>2</sup> |
| Pendiente Media de la Cuenca  | S =          | 17.11  | %               |
| Angulo que forma la pendiente media del cauce principal a lo largo de la longitud máxima de flujo con la horizontal | $\alpha$ =   | 9.71   | Grados          |
| Ancho Medio de la Cuenca  | W =          | 2.61   | Km              |
| Perímetro de la Cuenca  | P =          | 27.60  | Km              |
| Longitud Máxima de Flujo  | Lm =         | 10.69  | Km              |
| Pendiente media del cauce principal a lo largo de la longitud máxima de flujo                                       | Sm =         | 5.27   | %               |
| Angulo que forma la pendiente media del cauce principal a lo largo de la longitud máxima de flujo con la horizontal | $\alpha_m$ = | 3.02   | Grados          |
| Longitud del cauce principal  | Lc =         | 7.13   | Km              |
| Pendiente media del cauce principal   | Sc =         | 0.76   | %               |
| Angulo que forma la pendiente media del cauce principal con la horizontal   | $\alpha_c$ = | 0.43   | Grados          |
| Cota de nacimiento del cauce principal  | CN =         | 137.89 | m               |
| Cota del sitio de Interés/de estudio/de aforo   | CSI =        | 84.02  | m               |
| Cota de la Divisoria  | CD =         | 648.00 | m               |
| Elevación Media de la Cuenca  | H =          | 366.01 | m               |

|  |  |                  |  |
|--|--|------------------|--|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | <b>ESTUDIO HIDROLÓGICO<br/>         PROYECTO TARAZÁ –<br/>         CORREGIMIENTO EL GUAIMARO</b> |                  |  <b>CONSORCIO TERRITORIAL 2019</b><br><small>WT. No. 901.283.823-6</small> |
|  | Contrato: SC 01521 19  | Fecha: Dic. 2019 |  |

| VARIABLE   | SÍMBOLO | VALOR | UNIDADES |
|--|---------|-------|----------|
| Longitud del cauce principal medido desde el sitio de interés hasta el punto más cercano al centro de gravedad | Lcg =   | 5.69  | Km       |
| Longitud en línea recta desde el sitio de Interés al centro de gravedad  | Lg =    | 3.99  | Km       |
| Longitud en línea recta medida desde el sitio de interés hasta el sitio de nacimiento del cauce principal      | La =    | 5.14  | Km       |
| Longitud en línea recta medida desde el sitio de interés hasta la divisoria                                    | L =     | 7.76  | Km       |
| Porcentaje de impermeabilidad de la cuenca   | la =    | 0.00  | %        |

*Fuente: Propia.*

Coefficiente de Topografía para la Hidrógrafa de Snyder, por ser terreno ondulado se toma como 0.80.

Tabla 13 Caracterización morfológica de la Cuenca 1.

| VARIABLE                                   | SÍMBOLO | VALOR | UNIDADES     | OBSERVACIÓN                                    |
|--|---------|-------|--------------|--|
| Índice de Compacidad o Índice de Gravelius | Kc =    | 1.47  | Adimensional | Forma Oval Redonda a Oval Oblonga              |
| Índice de Forma o Índice de Horton         | Rf =    | 0.24  | Adimensional | Cuenca rectangular que drena hacia una esquina |
| Índice de Elongación                       | Re =    | 0.64  | Adimensional | Cuenca de alto relieve y pendientes fuertes    |
| Sinuosidad Hidráulica                      | Sh =    | 1.39  | Adimensional |  |

*Fuente: Propia.*

Tabla 14 Tiempo de concentración ecuaciones propuestas Cuenca 1.

| Descripción  | ECUACIÓN Nº | PAÍS DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN | AÑO DE PUBLICACIÓN | AUTOR / ENTIDAD | TIEMPO DE CONCENTRACIÓN |       | RESEÑA  | REFERENCIA   |
|--|-------------|--|--------------------|-----------------|-------------------------|-------|---|--|
|  |             |  |                    |                 | Tc                      |       |   |  |
|  |             |  |                    |                 | h                       | min   |   |  |
| Ecuaciones Empíricas como función de los parámetros morfológicos de la cuenca para calcular el Tiempo de Concentración | 1           | España                                 | 1978               | Témez           | 1.41                    | 84.60 | Esta ecuación es aplicable a cuencas rurales con áreas de urbanización de hasta el 4%. Es la ecuación recomendada por el Ministerio de obras Públicas de España para los estudios de drenaje en vías, su publicación fue hecha en la Instrucción de Carreteras 5.2 - IC | Ministerio de Obras Públicas de España, Instrucción de Carreteras 5.2 - IC |
|  | 4           |  | 1990               | Kirpich         | 1.28                    | 76.56 |   | Ponce, Víctor Miguel. Engineering Hydrology. Principles and Practices.     |

| Descripción | ECUACIÓN Nº | PAÍS DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN | AÑO DE PUBLICACIÓN | AUTOR / ENTIDAD             | TIEMPO DE CONCENTRACIÓN |        | RESEÑA  | REFERENCIA   |
|-------------|-------------|--|--------------------|-----------------------------|-------------------------|--------|---|--|
|             |             |  |                    |                             | Tc                      |        |   |  |
|             |             |  |                    |                             | h                       | min    |   |  |
|             | 7           | Estados Unidos                         | 1942               | California Culvert Practice | 1.28                    | 76.80  | Esta ecuación es esencialmente es la Ecuación de Kirpich, pero fue desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en el Estado de California, su publicación se hizo en un folleto llamado California Highways and Public Works, por lo que también se le conoce como ecuación de California Highways. | Chow, Ven Te. Hidrología Aplicada  |
|             | 8           | Estados Unidos                         | -                  | SCS - Ranser                | 1.28                    | 76.80  | Aparentemente se trata de la misma ecuación de Kirpich, pero multiplicada por un factor de conversión de unidades   | Smith, Ricardo. Vélez, María Victoria. Hidrología de Antioquia (Pag. 31) |
|             | 9           | -                                      | -                  | Ventura - Heras             | 1.61                    | 96.79  | Esta ecuación se debe multiplicar por un factor de corrección F, el cual se encuentra en el rango $0.030 < F < 0.15$ . En este programa se toma el promedio como factor de corrección, es decir, $F = 0.09$   | -  |
|             | 10          | Italia                                 |                    | Giandotti                   | 5.42                    | 325.20 | Esta ecuación fue desarrollada en Italia para cuencas de alta montaña, es válida para $Lc/3.60 > Tc > Lc/5.40$  | Smith, Ricardo. Vélez, María Victoria. Hidrología de Antioquia (Pag. 31) |
|             | 14          | Estados Unidos                         | 1949               | Johnstone - Cross           | 4.19                    | 251.36 | Esta ecuación se originó del estudio de 19 cuencas en el Estado de Ohio cuya área se encontraban entre 20 y 1624 Millas <sup>2</sup> (51.80 y 4206.14 Km <sup>2</sup> )   | Smith, Ricardo. Velez, María Victoria. Hidrología de Antioquia (Pag. 31) |
|             | 15          | Estados Unidos                         | 1946               | Chow                        | 2.68                    | 160.80 |   | -  |

Fuente: Propia.

Tabla 15 Escogencia de tiempo de concentración – Estadística descriptiva Cuenca 1.

| PARÁMETRO                                 | TIEMPO DE CONCENTRACIÓN |              | OBSERVACIÓN                                |
|---|-------------------------|--------------|--|
|   | Tc                      |              |  |
|   | h                       | min.         |  |
| Media                                     | 2.39                    | 143.61       |  |
| Mediana                                   | 1.51                    | 90.70        |  |
| Moda                                      | 1.28                    | 76.80        |  |
| Desviación Estándar                       | 1.59                    | 95.60        |  |
| Varianza                                  | 2.54                    | 9139.67      |  |
| Curtosis                                  | 0.43                    | 0.43         | La distribución tiene forma elevada        |
| Coficiente de Asimetría                   | 1.32                    | 1.32         | La distribución tiende a valores positivos |
| Mínimo                                    | 1.28                    | 76.56        | Ecuación Nº 2                              |
| Máximo                                    | 5.42                    | 325.20       | Ecuación Nº 6                              |
| <b>Tiempo de Concentración Definitivo</b> | <b>1.39</b>             | <b>83.69</b> | Valor promedio de ecuaciones 1, 4, 7, y 9. |

|  |  |  |                    |
|--|--|--|--------------------|
|  <p><b>El futuro es de todos</b><br/>Agencia de Renovación del Territorio</p> | <p>ESTUDIO HIDROLÓGICO<br/>PROYECTO TARAZÁ –<br/>CORREGIMIENTO EL GUAIMARO</p> |  <p>CONSORCIO TERRITORIAL<br/>2019<br/>NIT. No. 901.283.823-6</p> |                    |
|  | <p>Contrato: SC 01521 19</p>   | <p>Fecha: Dic. 2019</p>  | <p>Versión: 01</p> |

*Fuente: Propia.*

- Los tiempos de concentración escogidos para la Cuenca 1 de análisis será de 1.40 horas o 84.00 min.

|  |   |                  |   |
|--|---|------------------|---|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | ESTUDIO HIDROLÓGICO<br>PROYECTO TARAZÁ –<br>CORREGIMIENTO EL GUAIMARO |                  |  <b>CONSORCIO TERRITORIAL 2019</b><br><small>WT. No. 901.383.823-6</small> |
|  | Contrato: SC 01521 19   | Fecha: Dic. 2019 |   |

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se hizo el análisis Hidrológico del tramo previsto a Intervenir dentro del Contrato de la ART con el Consorcio Territorial 2019, en el puente vehicular que se encuentra sobre la quebrada Urales en la vía que conduce del municipio de Tarazá a el corregimiento El Guaimaro, departamento de Antioquia.

El análisis hidrológico se realizó con base a las características propias de la región, se obtuvieron datos de precipitación y temperatura de dos estaciones hidrometeorológicas del IDEAM próximas al sitio de intervención. Dentro de las características más importantes de precipitación encontramos que en la región llueve aproximadamente 4300 mm al año, encontrándose dentro de un rango medio-alto para el departamento de Antioquia. En esta región llueve cerca del 50% de los días del año (180 días); la mayoría de las lluvias se concentran alrededor de los meses de abril a noviembre, con un promedio de 19 días de lluvia al mes, siendo los meses de mayo y agosto los de más precipitaciones con lluvias que superan los 510 mm. Los datos brutos de precipitación de la estación meteorológica escogida se encuentran en los anexos a este documento. La temperatura media anual de la zona es de 27.9 °C, con temperaturas máximas que alcanzan los 33.9 °C cerca al mes de febrero y mínimas de hasta 22.9 °C en el mes de agosto y noviembre.

Se describieron las curvas intensidad, duración y frecuencia según el manual de drenaje de carreteras y la información suministrada por las estaciones hidrometeorológicas de la zona con el objetivo de determinar caudales de diseño para cualquier periodo de diseño y tiempo de duración a criterio de los diseñadores.

Se delinearón y describieron las características de las cuencas en el área del proyecto con ayuda de imágenes satelitales de Google Earth, Global Mapper y AutoCAD Civil 3D; se determinaron a su vez los tiempos de concentración de las cuencas estudiadas de acuerdo con sus propiedades morfológicas de cada una de ellas, se encontraron tiempos de concentración iguales a 1.40 horas (84 min). Las cuencas con menores tiempos de concentración tendrán intensidades de las curvas IDF más altas.

Del análisis de las características de flujo identificadas con el análisis de gota de agua conducido durante el estudio se encontró que donde se proyectara el puente en la quebrada Urales se identificaron concentraciones de líneas de flujo que indican el cruce de aguas de escorrentía en forma de cauce. Por lo tanto, se recomienda hacer una verificación de la capacidad hidráulica de la sección de la quebrada en inmediaciones al puente proyectado para comprobar que sean competentes para el manejo de estas aguas de escorrentía en los periodos de retorno correspondientes.

|   |  |  |                    |
|---|--|--|--------------------|
|  <p><b>El futuro es de todos</b><br/>         Agencia de Renovación del Territorio</p> | <p>ESTUDIO HIDROLÓGICO<br/>         PROYECTO TARAZÁ –<br/>         CORREGIMIENTO EL GUAIMARO</p> |  <p>CONSORCIO TERRITORIAL<br/>         2019<br/> <small>WT: No. 901.283.823-6</small></p> |                    |
|   | <p>Contrato: SC 01521 19</p>   | <p>Fecha: Dic. 2019</p>  | <p>Versión: 01</p> |

## 6. REFERENCIAS

*Hidrología Aplicada - Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays*

*Hidrología en la Ingeniería - Germán Monsalve Sáenz*

*Manual de Drenaje – INVIAS*

*Cartilla Guía para la evaluación de cantidades y ejecución de presupuestos – INVIAS.*

|  |  |   |                    |
|--|--|---|--------------------|
|  <p><b>El futuro es de todos</b><br/>Agencia de Renovación del Territorio</p> | <p>ESTUDIO HIDROLÓGICO<br/>PROYECTO TARAZÁ –<br/>CORREGIMIENTO EL GUAIMARO</p> |  <p>CONSORCIO TERRITORIAL<br/>2019<br/>WT. No. 901.283.823-6</p> |                    |
|  | <p>Contrato: SC 01521 19</p>   | <p>Fecha: Dic. 2019</p>   | <p>Versión: 01</p> |

## 7. ANEXOS

### 7.1. DATOS DE PRECIPITACIÓN DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Ver carpeta de Anexos – Archivo “Estación Meteorológica Playa Alta - Datos de precipitación”.