



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 VIII – ESTUDIOS HIDRÁULICOS

Diciembre de 2019

|  |   |                  |  |
|--|---|------------------|--|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | <b>ESTUDIO HIDRÁULICO<br/>         PROYECTO TARAZÁ –<br/>         CORREGIMIENTO EL GUAIMARO</b> |                  |  <b>CONSORCIO TERRITORIAL 2019</b><br><small>NIT No. 901.283.923-5</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 HIDRÁULICO – 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>   | 25202-44804CDN  |              |              |
|  | <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 | <b>ESTUDIO HIDRÁULICO<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 |   |

## TABLA DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....  | 5  |
| 2. ALCANCE Y OBJETIVOS .....   | 7  |
| 2.1. ALCANCE .....   | 7  |
| 2.2. OBJETIVO GENERAL .....  | 7  |
| 2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                       | 7  |
| 3. ESTUDIO HIDRÁULICO .....  | 8  |
| 3.1. INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LA VÍA .....                            | 8  |
| 3.1.1. GENERALIDADES .....   | 8  |
| 3.1.2. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....                         | 10 |
| 3.1.3. UBICACIÓN DE LA VÍA RESPECTO A VÍAS PRINCIPALES .....           | 11 |
| 3.1.4. SECTORIZACIÓN DE LA VÍA A INTERVENIR .....                      | 12 |
| 3.2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE .....          | 14 |
| 3.2.1. TOMA DE INFORMACIÓN SECUNDARIA .....                            | 14 |
| 3.2.1. OBRAS EXISTENTES .....  | 14 |
| 3.2.2. METODOLOGÍA .....   | 14 |
| 3.2.2.1. EVALUACIÓN Y DISEÑO DE CUNETAS .....                          | 14 |
| 4. ASPECTOS HIDRÁULICOS .....  | 16 |
| 4.1. TRANSFORMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN ESCORRENTÍA .....           | 16 |
| 4.1.1. Método del hidrograma unitario de escorrentía superficial ..... | 16 |
| 4.1.1.1. Hidrograma unitario de Snyder para la Cuenca 1 .....          | 16 |
| 4.2. EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE PUENTE PROPUESTO URALES .....            | 21 |
| 4.3. CHEQUEO DE CUNETAS TIPO .....                                     | 23 |
| 4.4. TIPOS DE OBRAS A EJECUTAR – CANTIDADES DE OBRA .....              | 27 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                | 29 |
| 6. REFERENCIAS .....   | 30 |
| 7. ANEXOS .....  | 31 |
| 7.1. RESULTADOS DE MODELACIÓN PUENTE URALES .....                      | 31 |
| 7.2. PLANO CONSTRUCTIVO DE CUNETAS .....                               | 31 |
| 7.3. PLANO IMPLANTACIÓN DE ZONAS DE DESCARGA .....                     | 31 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Quebrada Urales.....   | 8  |
| Figura 2. Identificación de la zona de la intervención.....                                    | 9  |
| Figura 3. Quebrada Urales.....   | 9  |
| Figura 4. Localización del Proyecto (a) Departamento de Antioquia (b) Municipio de Tarazá..... | 10 |
| Figura 5. Corregimiento El Guaimaro y la cabecera municipal.....                               | 11 |
| Figura 6. Identificación de la Red Vial Cercana al Proyecto RUTA 25, TARAZÁ - CAUCASIA.....    | 12 |
| Figura 7. Sectorización de la Intervención Vial.....   | 13 |
| Figura 8. Hidrograma Unitario Sintético de Snyder – Cuenca 1.....                              | 18 |
| Figura 9. Hietograma de precipitación total y efectiva – Cuenca 1.....                         | 20 |
| Figura 10. Hidrograma de escorrentía directa de Snyder – Cuenca 1. ....                        | 20 |
| Figura 11. Sección transversal del Puente propuesto Urales (TR =100 años).....                 | 22 |
| Figura 12. Cuneta tipo.....  | 24 |
| Figura 13. Sección transversal típica. ....  | 25 |
| Figura 14. Área de la cuenta a considerar en estimación de capacidad hidráulica.....           | 27 |

## LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Coordenadas geográficas de inicio y fin de la vía. ....                                       | 13 |
| Tabla 2. Características físicas de la Cuenca 1. ....  | 16 |
| Tabla 3. Parámetros calculados del hidrograma unitario de Snyder – Cuenca 1..                          | 17 |
| Tabla 4. Valores del hidrograma unitario de Snyder – Cuenca 1.....                                     | 18 |
| Tabla 5. Estimación de abstracciones iniciales y factor de almacenamiento y retención – Cuenca 1. .... | 19 |
| Tabla 6. Intensidad, precipitación total y precipitación efectiva – Cuenca 1.....                      | 19 |
| Tabla 7. Valores del hidrograma de escorrentía directa de Snyder – Cuenca 1. ...                       | 21 |
| Tabla 8 Resumen modelación hidráulica Puente propuesto Urales (TR=100 años). ....                      | 22 |
| Tabla 9. Periodos de retorno de obras de drenaje vial.....   | 25 |
| Tabla 10. Caudal para drenar en la cuneta. ....  | 26 |
| Tabla 11. Obras a Ejecutar.....  | 27 |
| Tabla 12. Cantidades de obras a ejecutar por diseño hidráulico.....                                    | 28 |

|   |  |                  |   |
|---|--|------------------|---|
|  | ESTUDIO HIDRÁULICO<br>PROYECTO TARAZÁ –<br>CORREGIMIENTO EL GUAIMARO |                  |  |
|   | 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 hidráulicos 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 hidráulico, el diseño y la evaluación de las obras hidráulicas del proyecto.

|  |   |  |                    |
|--|---|--|--------------------|
|  <p><b>El futuro es de todos</b><br/>Agencia de Renovación del Territorio</p> | <p>ESTUDIO HIDRÁULICO<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> |

- 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 HIDRÁULICO<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 |   |

## **2. ALCANCE Y OBJETIVOS**

### **2.1. ALCANCE**

El presente documento permitirá desarrollar los estudios hidráulicos 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 al Estudio Hidráulico, 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 el dimensionamiento y/o evaluación de las obras hidráulicas que hacen parte del proyecto.

### **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 obras de drenaje y subdrenaje existentes.
- Diseñar estructuras de drenaje necesarias para el manejo de aguas en el corredor propuesto.

### 3. ESTUDIO HIDRÁULICO

#### 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.



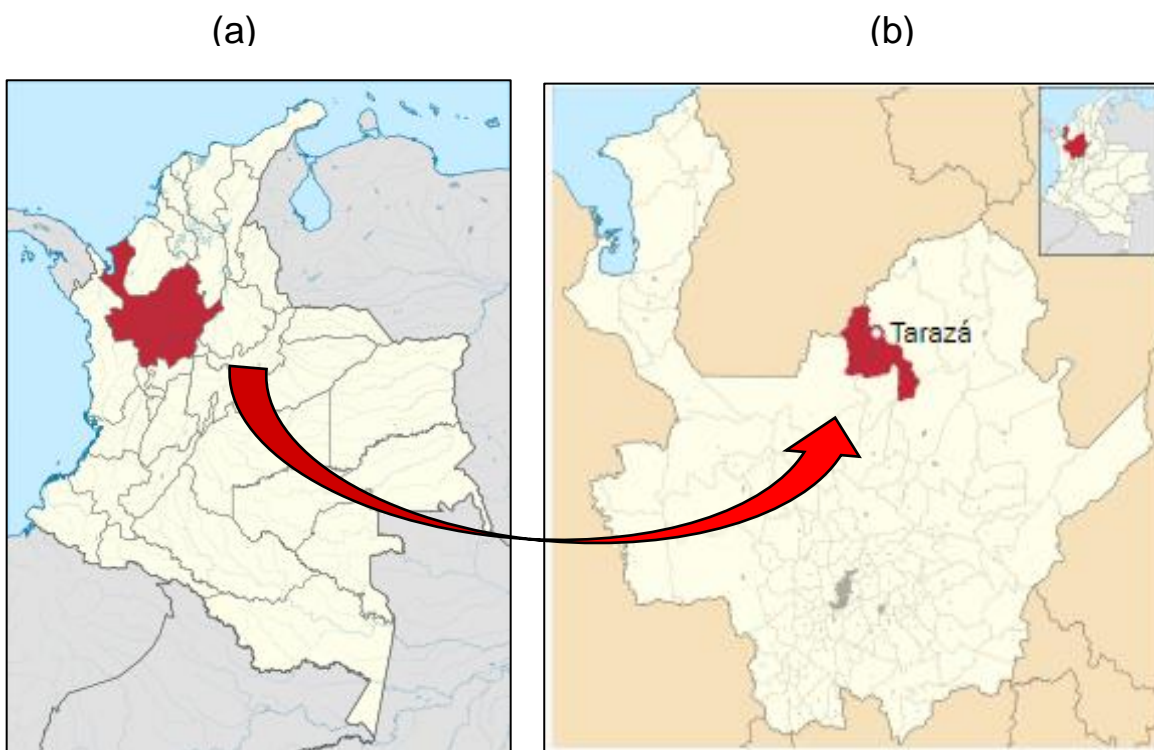
*Fuente: Elaboración propia.*

### 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.

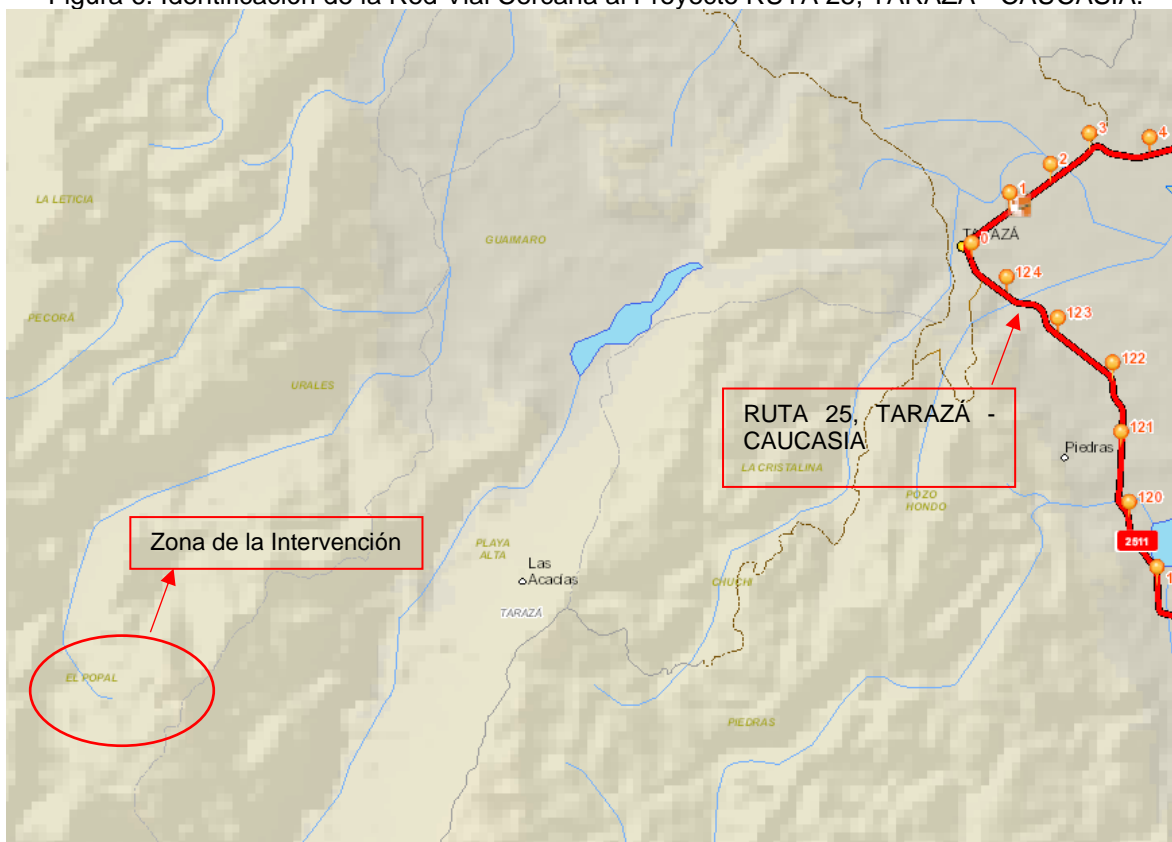


*Fuente: Adaptado de Google Earth.*

### 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.

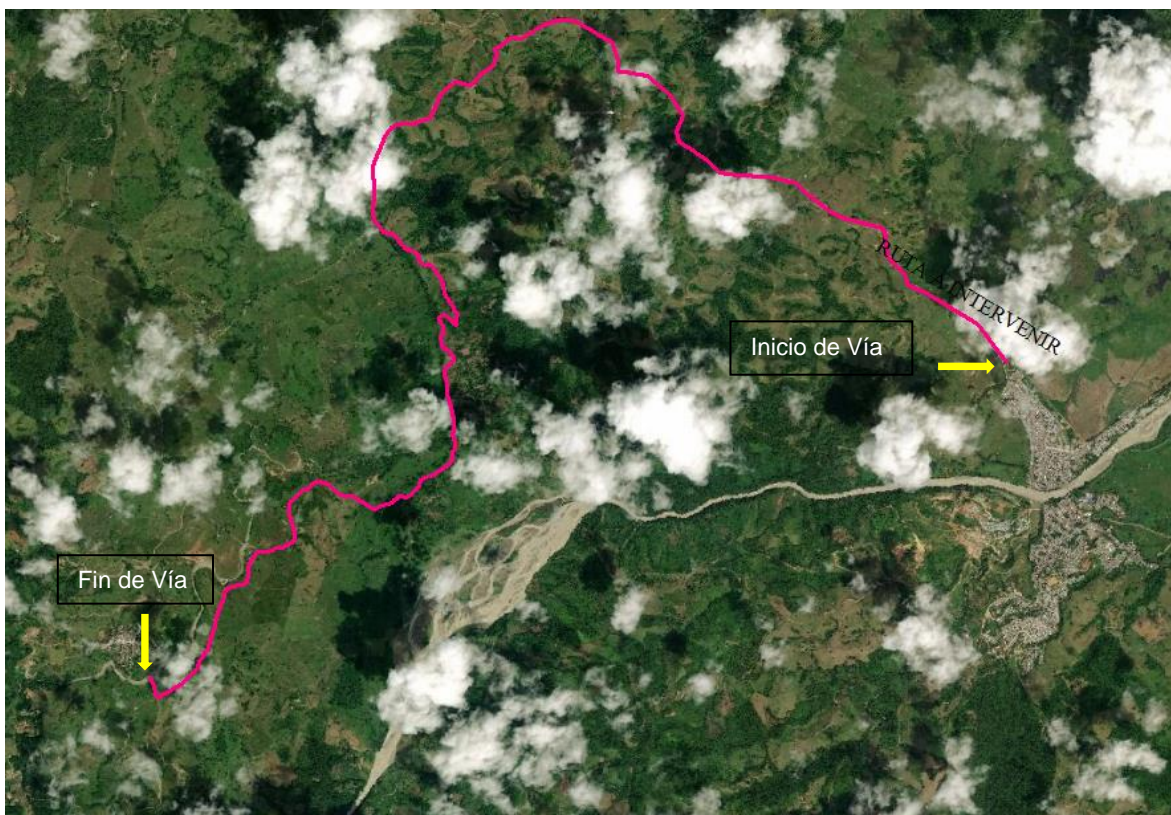


Fuente: <https://hermes.invias.gov.co/carreteras/>

### 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.

|  |  |                  |   |
|--|--|------------------|---|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | ESTUDIO HIDRÁULICO<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 |   |

## 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.

#### 3.2.1. OBRAS EXISTENTES

En los tramos a intervenir, no se encontraron estructuras hidráulicas transversales o longitudinales que requieran de una evaluación hidráulica para comprobar su funcionalidad.

#### 3.2.2. METODOLOGÍA

La metodología que será utilizada es la descrita en el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS y en las descrita en la literatura técnica especializada sobre temas hidráulicos. Los cálculos se harán soportados por software especializados con hojas de cálculo de Excel.

En términos generales se pretende evaluar las obras hidráulicas proyectadas y existentes bajo los parámetros de precipitación de la zona referenciados en el volumen de estudios hidrológicos.

##### 3.2.2.1. EVALUACIÓN Y DISEÑO DE CUNETAS

Para el cálculo de la capacidad hidráulica de las cunetas, se evalúa el área aferente y se determinan los caudales empleando la Ecuación Racional como la propone Ven Te Chow<sup>1</sup>. El umbral de área y las condiciones de aplicabilidad de la Ecuación Racional han sido objeto de numerosas discusiones técnicas; inicialmente Kuickling en 1888 la concibió para drenaje en zonas urbanas, pero estudios posteriores han evaluado sus resultados en cuencas de áreas mayores; es así como la Hidrología de Antioquia (Smith y Vélez, 1997) la recomienda para áreas hasta de 50 km<sup>2</sup>; otros autores como Maidment (Handbook of Hydrology 1995) reportan trabajos con la Ecuación Racional para cuencas hasta de 250 ha.

Las cuencas que consideramos en este estudio no sobrepasan los 2.5 ha, por lo que se valida su aplicación. La expresión original para esta ecuación es la siguiente:

$$Q = C \cdot I \cdot A \cdot \frac{100}{36}$$

Donde:

*Q*: Caudal correspondiente al período de diseño seleccionado (L/s).

*I*: Intensidad de la precipitación correspondiente al tiempo de concentración de la cuenca (mm/h).

<sup>1</sup> CHOW, Ven Te, Maidment R David, Mays Larry, Hidrología Aplicada

|  |  |  |                    |
|--|--|--|--------------------|
|  <p>El futuro es de todos</p> <p>Agencia de Renovación del Territorio</p> | <p>ESTUDIO HIDRÁULICO<br/>PROYECTO TARAÁ –<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> |

*A: Área de la cuenca (Ha).*

*C: Coeficiente de escorrentía de la cuenca que depende del tipo de suelo y del período de retorno de diseño (Adimensional).*

La intensidad de precipitación corresponde a un periodo de retorno de 5 años y una duración igual al tiempo de concentración.

## 4. ASPECTOS HIDRÁULICOS

En este apartado se analizarán las características de drenaje de las obras existentes y de las obras proyectadas desde el punto de vista de la hidráulica.

### 4.1. TRANSFORMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN ESCORRENTÍA.

Para obtener caudales de distinto período de retorno a partir de tormentas con intensidades de lluvia asociadas al mismo período de retorno se requiere de una función o un modelo de transformación que en algunos casos se conoce como función de respuesta de la cuenca.

#### 4.1.1. Método del hidrograma unitario de escorrentía superficial.

El Manual de drenaje para carreteras de INVIAS limita el uso del método racional para cuencas de hasta 2,50 km<sup>2</sup> lo que lleva al diseñador a descartar esta metodología en los casos donde la cuenca exceda este valor. Por lo tanto, la metodología recomendada por el INVIAS es el método del hidrograma unitario de escorrentía superficial, el cual puede obtenerse a partir de metodologías empíricas basados en las características físicas de las cuencas en estudio.

Para este estudio se hará uso de la metodología del hidrograma unitario sintético de Snyder. Los procedimientos llevados a cabo para la obtención del hidrograma unitario de Snyder, son los establecidos en el capítulo 2.5.5.3 del Manual de drenaje del INVIAS.

##### 4.1.1.1. Hidrograma unitario de Snyder para la Cuenca 1.

Los parámetros de entrada determinados en el Estudio Hidrológico y necesarios para la realización del hidrograma unitario son expuestos a continuación:

Tabla 2. Características físicas de la Cuenca 1.

| Variable   | Simb. | Valor | Unidad          |
|--|-------|-------|-----------------|
| Área de la Cuenca  | A =   | 27.92 | km <sup>2</sup> |
| Longitud Máxima de Flujo   | Lm =  | 10.69 | km              |
| Pendiente Media de la Cuenca   | S =   | 17.11 | %               |
| Longitud del cauce principal   | Lc =  | 7.13  | km              |
| Pendiente media del cauce principal  | Sc =  | 0.76  | %               |
| Pendiente media del cauce principal a lo largo de la longitud máxima de flujo                                  | Sm =  | 5.27  | %               |
| 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              |
| Tiempo de concentración  | Tc    | 1.39  | h               |
| Porcentaje de impermeabilidad de la cuenca   | Ia =  | 0.00  | %               |
| Coeficiente de topografía  | Ct =  | 0.80  | -               |



|  |   |                  |   |
|--|---|------------------|---|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | <b>ESTUDIO HIDRÁULICO<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                                   | Simb. | Valor | Unidad |
|--|-------|-------|--------|
| Coefficiente de retención y almacenamiento | Cp =  | 0.50  | -      |

*Fuente: Elaboración Propia.*

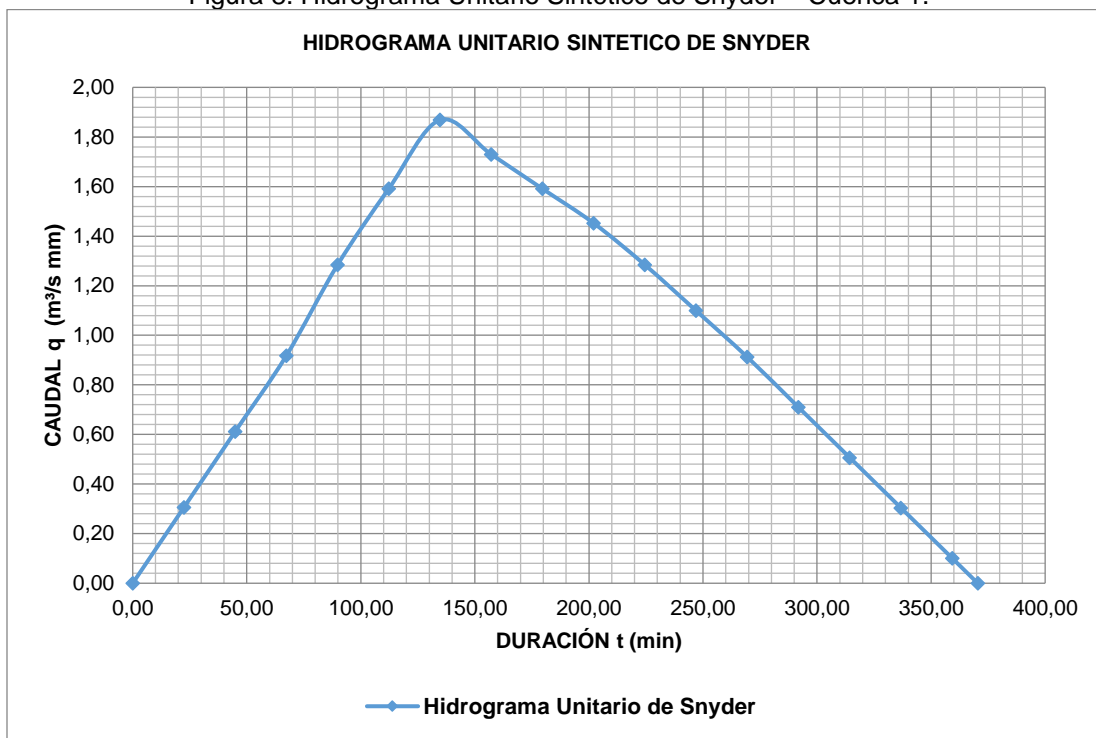
El método de Snyder da un caudal pico ( $Q_p$ ), un tiempo al pico ( $t_p$ ) y un tiempo base ( $T_b$ ) del hidrograma unitario. A raíz de estas características físicas de la cuenca y de acuerdo con los procedimientos explicados en el Manual de drenaje para carreteras, se obtienen los valores de la siguiente tabla y el diagrama de la Figura 8:

Tabla 3. Parámetros calculados del hidrograma unitario de Snyder – Cuenca 1.

| Variable   | Simb.  | Valor   | Unidades                             |
|--|--------|---------|--------------------------------------|
| Duración de la Precipitación Efectiva                      | dt =   | 22.45   | min                                  |
| Caudal pico  | Qp =   | 1.869   | m <sup>3</sup> /s mm                 |
| Tiempo al pico   | Tp =   | 2.245   | h                                    |
| Tiempo base  | Tb =   | 6.174   | h                                    |
| Caudal pico por unidad de área                             | qp =   | 0.06693 | m <sup>3</sup> /s mm Km <sup>2</sup> |
| Intervalo de Tiempo correspondiente al 50% del Tiempo Pico | W 50 = | 3.307   | h                                    |
| Intervalo de Tiempo correspondiente al 75% del Tiempo Pico | W 75 = | 1.890   | h                                    |

*Fuente: Elaboración Propia.*

Figura 8. Hidrograma Unitario Sintético de Snyder – Cuenca 1.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4. Valores del hidrograma unitario de Snyder – Cuenca 1.

| <b>DURACIÓN</b> | <b>CAUDAL</b>  |
|-----------------|----------------|
| <b>t</b>        | <b>q</b>       |
| <b>min</b>      | <b>m³/s mm</b> |
| 0.00            | 0.00           |
| 22.45           | 0.31           |
| 44.90           | 0.61           |
| 67.35           | 0.92           |
| 89.80           | 1.28           |
| 112.25          | 1.59           |
| 134.70          | 1.87           |
| 157.15          | 1.73           |
| 179.61          | 1.59           |
| 202.06          | 1.45           |
| 224.51          | 1.28           |
| 246.96          | 1.10           |
| 269.41          | 0.91           |
| 291.86          | 0.71           |
| 314.31          | 0.51           |
| 336.76          | 0.30           |
| 359.21          | 0.10           |
| 370.44          | 0.00           |

Fuente: Elaboración Propia.

|  |  |                  |   |
|--|--|------------------|---|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | ESTUDIO HIDRÁULICO<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 |   |

Luego de obtener el hidrograma unitario sintético, se procede a determinar el hietograma de precipitaciones teniendo como base la intensidad calculada en el Estudio Hidrológico correspondiente para tiempo de concentración de la cuenca y el tiempo de retorno de 100 años ( $i \approx 90.00$  mm/h).

Posteriormente, se calcula la precipitación efectiva siguiendo los pasos establecidos para el método del número de curva del Soil Conservation Service (SCS) en el capítulo 2.7 “Precipitaciones efectivas de diseño en modelos Lluvia - Escorrentía” del Manual de drenaje para carreteras. Primeramente, se determina el número de curva de escorrentía (CN) teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Clasificación hidrológica del suelo: A (Suelos arenosos),
- Características de la superficie y uso del suelo: Áreas abiertas cubiertas entre un 50 y 75 %,
- Condición de humedad antecedente (AMC): II,

Con el CN definido se determinan las abstracciones iniciales y el factor de almacenamiento y retención necesarias para el cálculo de la precipitación efectiva en la cuenca de interés. Estos valores se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 5. Estimación de abstracciones iniciales y factor de almacenamiento y retención – Cuenca 1.

| Variable                             | Simb.   | Valor  | Unid. |
|--------------------------------------|---------|--------|-------|
| Humedad Antecedente del suelo        | AMC =   | II     | -     |
| Grupo Hidrológico del suelo          | Grupo   | A      | -     |
| Numero de Curva para AMC III         | CN II = | 68.85  | -     |
| Factor de Almacenamiento y Retención | S =     | 264.37 | mm    |
| Abstracción Inicial                  | la =    | 52.87  | mm    |

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores estimados de precipitación total y precipitación efectiva se resumen a continuación:

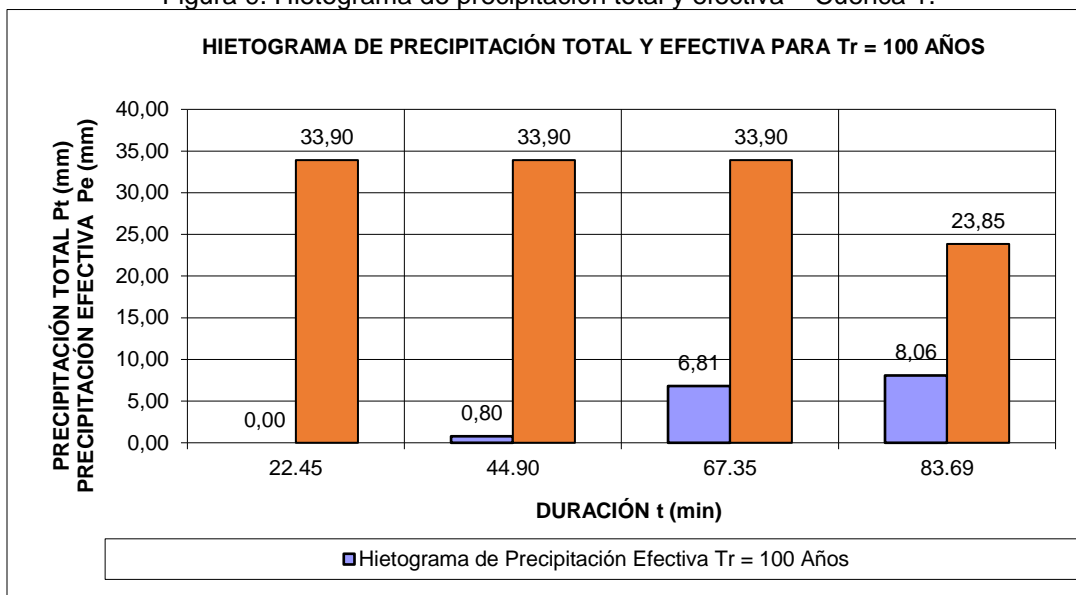
Tabla 6. Intensidad, precipitación total y precipitación efectiva – Cuenca 1.

| Período de retorno | Intensidad de precipitación | Precipitación total | Precipitación efectiva |
|--------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Años               | mm/h                        | mm                  | mm                     |
| 100                | 90.00                       | 125.54              | 15.67                  |

Fuente: Elaboración Propia.

Con este valor de precipitación efectiva se realiza una distribución de la misma teniendo en cuenta la duración de la precipitación efectiva calculada en la Tabla 3 ( $dt=22.45$  min), y se elabora el hietograma de precipitación total y efectiva para la tormenta de diseño, tal y como se muestra en la Figura 9.

Figura 9. Hietograma de precipitación total y efectiva – Cuenca 1.



Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, se realiza la convolución del hidrograma unitario sintético de Snyder y el hietograma de precipitación efectiva para de esta manera estimar el hidrograma de escorrentía directa para la Cuenca 1.

Figura 10. Hidrograma de escorrentía directa de Snyder – Cuenca 1.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7. Valores del hidrograma de escorrentía directa de Snyder – Cuenca 1.

| <b>DURACIÓN</b> | <b>CAUDAL</b>          |
|-----------------|------------------------|
| <b>min.</b>     | <b>m<sup>3</sup>/s</b> |
| 0.00            | 0.00                   |
| 22.45           | 0.00                   |
| 44.90           | 0.24                   |
| 67.35           | 2.57                   |
| 89.80           | 7.36                   |
| 112.25          | 12.21                  |
| 134.70          | 17.41                  |
| 157.15          | 22.68                  |
| 179.61          | 26.93                  |
| 202.06          | 28.11                  |
| 224.51          | 25.94                  |
| 246.96          | 23.74                  |
| 269.41          | 21.33                  |
| 291.86          | 18.57                  |
| 314.31          | 15.64                  |
| 336.76          | 12.59                  |
| 359.21          | 9.41                   |
| 381.66          | 6.24                   |
| 404.11          | 3.14                   |
| 426.56          | 0.82                   |

*Fuente: Elaboración Propia.*

Como resultado, tenemos que para la Cuenca 1 se tiene una escorrentía directa estimada correspondiente a un caudal de 28.11 m<sup>3</sup>/s para el periodo de retorno de los 100 años.

#### **4.2. EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE PUENTE PROPUESTO URALES.**

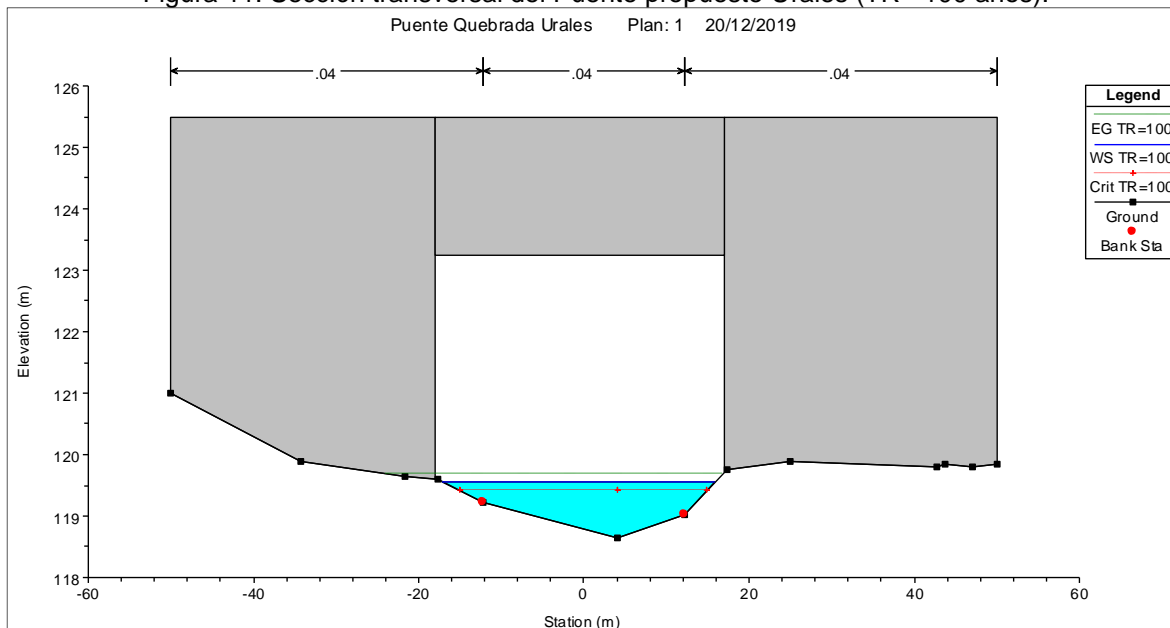
Las características geométricas e hidráulicas de la sección a estudiar del cauce son:

- Ancho interno: 7.70 m
- Largo: 35.00 m
- Espesor de tablero: 2.25 m (Incluye la viga)
- Elevación del tablero: 125.50 m
- Pendiente del cauce: 0.63% ( $S_0 = 0.0063$ )
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0.040
- Periodo de análisis: 100 años
- Caudal: 28.11 m<sup>3</sup>/s

El análisis de hidráulico de la estructura se realizó con el software especializado HEC-RAS V5.0. Las geometrías de las secciones hidráulicas del cauce analizado se extrajeron de la información obtenida a través de levantamiento topográfico realizado en sitio. Las características del tablero son obtenidas a raíz del diseño geométrico y estructural del puente.

Los resultados obtenidos en la modelación hidráulica de la sección del Puente propuesto se presentan a continuación:

Figura 11. Sección transversal del Puente propuesto Urales (TR =100 años).



Fuente: HEC-RAS.

Tabla 8. Resumen modelación hidráulica Puente propuesto Urales (TR=100 años).

| E.G. US. (m)         | 119.7       | Element             | Inside BR US | Inside BR DS |
|----------------------|-------------|---------------------|--------------|--------------|
| W.S. US. (m)         | 119.58      | E.G. Elev (m)       | 119.7        | 119.63       |
| Q Total (m3/s)       | 28.11       | W.S. Elev (m)       | 119.56       | 119.48       |
| Q Bridge (m3/s)      | 28.11       | Crit W.S. (m)       | 119.42       | 119.38       |
| Q Weir (m3/s)        |             | Max Chl Dpth (m)    | 0.92         | 0.76         |
| Weir Sta Lft (m)     |             | Vel Total (m/s)     | 1.55         | 1.63         |
| Weir Sta Rgt (m)     |             | Flow Area (m2)      | 18.08        | 17.21        |
| Weir Submerg         |             | Froude # Chl        | 0.64         | 0.72         |
| Weir Max Depth (m)   |             | Specif Force (m3)   | 10.56        | 9.86         |
| Min El Weir Flow (m) | 125.5       | Hydr Depth (m)      | 0.55         | 0.5          |
| Min El Prs (m)       | 123.25      | W.P. Total (m)      | 33.19        | 34.55        |
| Delta EG (m)         | 0.08        | Conv. Total (m3/s)  | 325.8        | 287.8        |
| Delta WS (m)         | 0.11        | Top Width (m)       | 33.12        | 34.28        |
| BR Open Area (m2)    | 147.01      | Frctn Loss (m)      | 0.07         | 0.01         |
| BR Open Vel (m/s)    | 1.63        | C & E Loss (m)      | 0            | 0            |
| BR Sluice Coef       |             | Shear Total (N/m2)  | 39.77        | 46.58        |
| BR Sel Method        | Energy only | Power Total (N/m s) | 61.83        | 76.1         |

Fuente: HEC-RAS.

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  <p>El futuro es de todos</p> <p>Agencia de Renovación del Territorio</p> | <p>ESTUDIO HIDRÁULICO<br/>PROYECTO TARAZÁ –<br/>CORREGIMIENTO EL GUAIMARO</p> |  |  <p>CONSORCIO TERRITORIAL<br/>2019<br/>NIT: No. 901.283.823-6</p> |
|  |   |  |  |

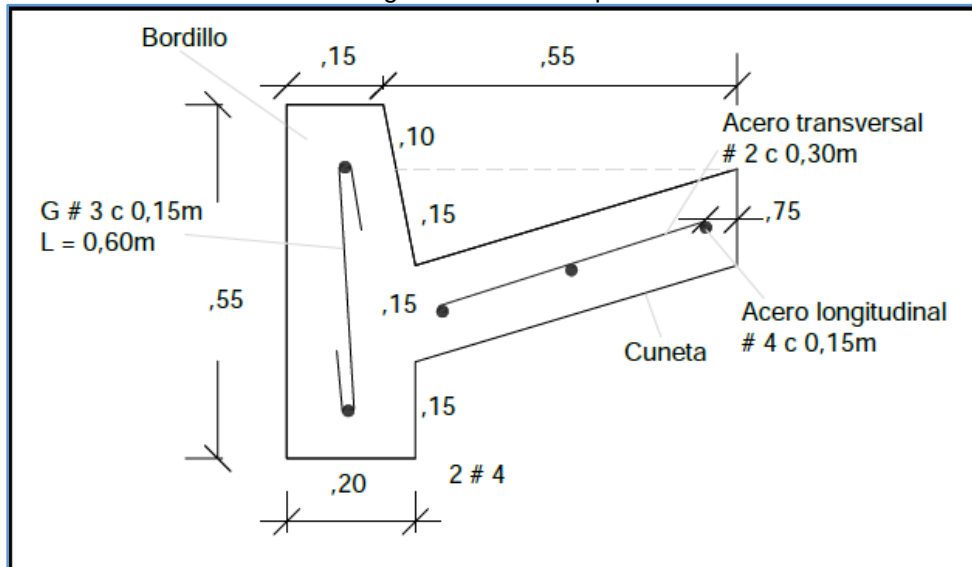
Los resultados indican que la elevación máxima de la lámina de agua es de 119.56 m; comparado con la elevación de la parte más baja del tablero (123.25) se comprueba que se tiene un Gálibo de 3.69 m en el periodo crítico de diseño ( $T_r=100$  años); cumpliendo de esta manera con el mínimo de 2.00 m establecido en el ítem 4.5.4.3. del Manual de drenaje para carreteras del INVIAS.

Por ende, queda demostrado con los resultados presentados anteriormente que el caudal esperado para un evento de 100 años, de acuerdo con las características de la cuenca acá establecidas y a los patrones de lluvia de la zona puede ser manejado con la estructura proyectada tipo Puente en la quebrada Urales. Los resultados de las modelaciones se encuentran anexos al presente documento.

#### **4.3. CHEQUEO DE CUNETAS TIPO**

Las cunetas proyectadas en este proyecto son las previstas en el diseño de pavimento tipo placa huella; teniendo en consideración que esa alternativa de diseño se presenta como una potencial solución a vías de tercer orden, pero que también son funcionales para pavimentos asfálticos y rígido convencional.

Figura 12. Cuneta tipo.



Fuente: INVIAS.

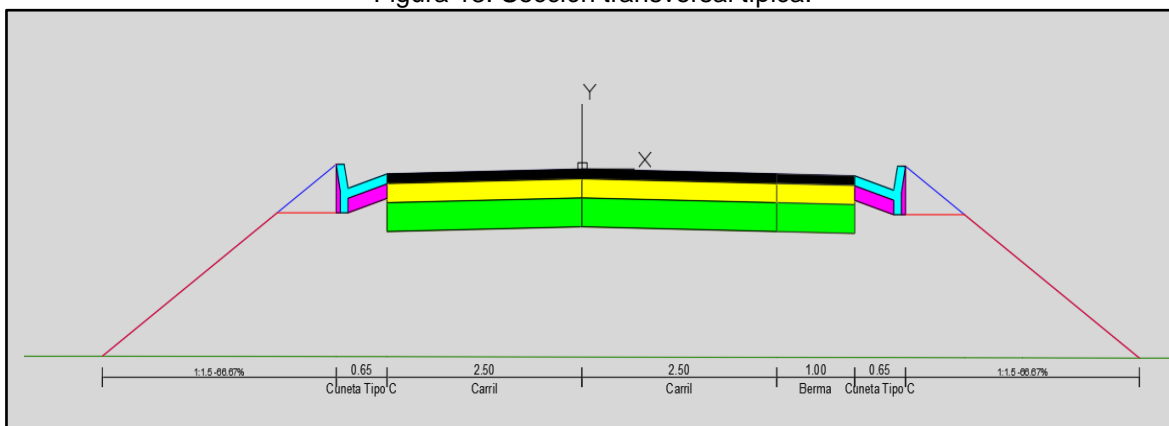
Las cunetas, en este caso, atenderían tramos de aproximadamente 200 m. Para el análisis hidráulico de las cunetas, y tal como se evidencia en las cuencas definidas en el estudio hidrológico del proyecto, estas obras hidráulicas longitudinales drenarán el agua que cae sobre la banca de la vía y parte de las cuencas (impluvium).

Debido a que las cunetas pueden atender tramos de 200 metros de acuerdo con los análisis, no se requiere la construcción de zonas de descarga intermedias, debido a que los tramos de acceso al puente en cuestión tienen una longitud menor. Sin embargo, se deben colocar al inicio y final de los tramos. Estas zonas de descarga consisten en la continuación y desviación a 45° de las mismas cunetas propuestas en aproximadamente 3 m de longitud y una pendiente de mínimo 1,00% que permitan descargar el agua conducida por las cunetas.

Realizando un análisis de la topografía y el diseño geométrico del proyecto se proponen la construcción de zonas de descarga en el PK14+490 y PK14+715, tal y como se presenta en los planos del diseño geométrico de los tramos a intervenir.



Figura 13. Sección transversal típica.



Fuente: Propia

De acuerdo con la Tabla 9, las cunetas del presente proyecto deben diseñarse con un periodo de retorno de 5 años.

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

$$t_c = \frac{L}{3600 \cdot v}$$

Donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración (hr)

$L$  = Longitud del cauce en m

$V$  = Velocidad el flujo que para pendientes de 0 - 5% se estima como 0.50m/s.

Entonces, el tiempo de concentración se estima en 10 minutos.

### Caudal de diseño

$$Q_p = C \cdot i \cdot A_c$$

Donde:

*i*: Intensidad de la lluvia en el tiempo de concentración

*A<sub>c</sub>*: Área a drenar

*C*: Coeficiente de escorrentía, en este caso se tomará de 0.36.

Para la ecuación anterior se utilizarán los siguientes parámetros:

- *I* = 206.38 mm/hr de acuerdo con las curvas IDF presentadas para la zona.
- *A<sub>c</sub>* corresponde a la semi-banca con una longitud entre 100 a 350m y parte de la cuenca (impluvium) de 25 metros.

Tabla 10. Caudal para drenar en la cuneta.

| Distancia drenada | <i>A<sub>c</sub></i> | <i>Q<sub>p</sub></i> |
|-------------------|----------------------|----------------------|
| 100               | 2800                 | 0.058                |
| 125               | 3500                 | 0.072                |
| 150               | 4200                 | 0.087                |
| 175               | 4900                 | 0.101                |
| 200               | 5600                 | 0.116                |
| 225               | 6300                 | 0.130                |
| 250               | 7000                 | 0.144                |
| 275               | 7700                 | 0.159                |
| 300               | 8400                 | 0.173                |
| 325               | 9100                 | 0.188                |
| 350               | 9800                 | 0.202                |

Fuente: Propia

Con ello el caudal a drenar en la cuneta sería de  $Q_p = 0.144 \text{ m}^3/\text{s}$  en el caso de la cuneta crítica.

### Capacidad de la Cuneta

Formula de Manning, para chequeo de capacidad de la cuneta

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

*Q* = Caudal de diseño en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

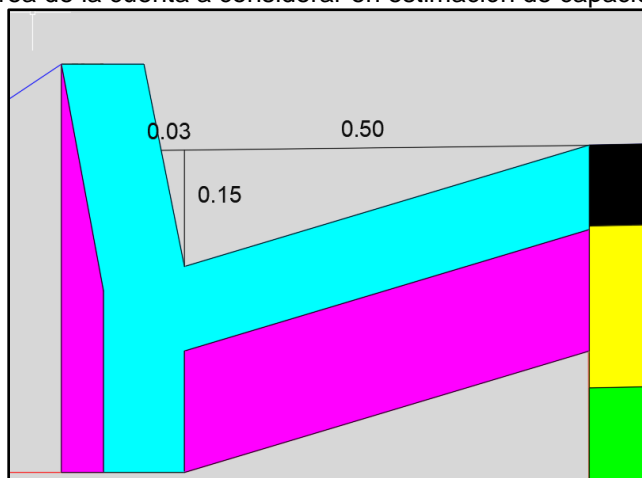
*A* = Área mojada de la sección transversal de la cuneta en  $\text{m}^2$ .

$R =$  Radio Hidráulico de la sección drenante en m.

$S =$  Pendiente de la cuneta en m/m.

$n:$  Coeficiente de rugosidad de Manning, para concretos simples se toma un valor de 0.012.

Figura 14. Área de la cuenta a considerar en estimación de capacidad hidráulica.



Fuente: Propia

- Área de la cuneta: 0.038m<sup>2</sup>
- Perímetro mojado: 0.675m
- Capacidad de la Cuneta Q: 0.150 m<sup>3</sup>/s

Por ello se puede concluir que la cuenta es competente para denar el área prevista a utilizar ya que la capacidad (0.150 m<sup>3</sup>/s) está por encima de solicitud (0.144 m<sup>3</sup>/s).

#### 4.4. TIPOS DE OBRAS A EJECUTAR – CANTIDADES DE OBRA

Las obras por ejecutar son las siguientes:

Tabla 11. Obras a Ejecutar.

| ABSCISA             | TIPO DE OBRA              | COMENTARIOS |
|---------------------|---------------------------|-------------|
| PK14+466 – PK14+590 | Cunetas+Zonas de descarga | Ambos lados |
| PK14+625 – PK14+715 | Cunetas+Zonas de descarga | Ambos lados |

Fuente: Propia

Las cantidades de obras previstas a ejecutar se muestran en el siguiente cuadro. Todas las especificaciones corresponden a ítems INVIAS.

|  |   |                  |   |
|--|---|------------------|---|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | <b>ESTUDIO HIDRÁULICO<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 |   |

Tabla 12. Cantidades de obras a ejecutar por diseño hidráulico.

| No. | ÍTEM    | ESPECIFICACIONES |            | ACTIVIDADES   | UNIDAD | CANTIDAD |
|-----|---------|------------------|------------|---|--------|----------|
|     |         | GENERAL 2013     | PARTICULAR |   |        |          |
| 1   | 600.1.1 | 600-2013         |            | EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR  | m3     | 0.99     |
| 2   | 640.1   | 640-2014         |            | ACERO DE REFUERZO FY 420 MPA.   | kg     | 3,823.12 |
| 3   | 671.3   |                  | 671-2013P  | CUNETA DE CONCRETO VACIADA IN SITU; INCLUYE LA CONFORMACIÓN DE LA SUPERFICIE DE APOYO | m3     | 81       |

*Fuente: Propia.*

Las cantidades de las zonas de descarga están incluidas en las cantidades de cunetas y por lo tanto las especificaciones técnicas son las mismas de las cunetas. Por ende, es necesario tener en cuenta que las cantidades de las zonas de descarga corresponde a aproximadamente 9 metros adicionales de cunetas.

|  |  |                  |   |
|--|--|------------------|---|
|  <b>El futuro es de todos</b><br>Agencia de Renovación del Territorio | ESTUDIO HIDRÁULICO<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 Hidráulico 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.

Se determinaron caudales de diseño para los periodos de retornos recomendados por el INVIAS en el Manual de Drenajes para cada una de las obras a considerar de acuerdo con las características de precipitación de la zona suministradas por el estudio Hidrológico del proyecto.

Se realizó el diseño de cunetas que atenderían tramos propuestos de hasta 200 metros; por esta razón no se propone la construcción de zonas de descarga intermedias en los tramos de acceso del puente a intervenir, debido a que estos tramos tienen una longitud menor a los 200 m. Sin embargo, se deben colocar al inicio y final de los tramos. Estas estarán ubicadas en el PK14+490 y PK14+715. Las características de las zonas de descarga se describen en el presente documento. Las ubicaciones de las zonas de descarga son ilustradas en los planos presentados en el diseño geométrico del tramo a intervenir, verificando así que estas no intervengan predios privados.

No se encontraron obras hidráulicas transversales en los tramos a intervenir, razón por la cual no se realiza una verificación hidráulica a otro tipo de estructuras más que al puente propuesto. Mediante la herramienta informática HEC-RAS V5.0 se realiza la verificación del comportamiento hidráulico de la sección del puente propuesto; los resultados indican que la elevación máxima de la lámina de agua es de 119.56 m, se comprueba que se tiene un Gálibo de 3.69 m por lo tanto éste cumple con los requisitos normativos establecidos en el Manual de drenaje para carreteras del INVIAS, y que presenta un óptimo manejo de las aguas de la quebrada Urales.

Dentro de las obras a ejecutar se establece la construcción de cunetas a lo largo de la intervención en pavimentos con el objetivo de manejar las aguas de escorrentía propias de la vía y sus alrededores. No se requiere la construcción de obras hidráulicas transversales adicionales debido a que no se evidenciaron cruces de cauces que no fuesen atendidos por las obras proyectadas.

Dentro del presente informe se adjuntan las cantidades de obras para la ejecución de los trabajos correspondientes a la construcción de zonas de descarga y de cunetas en ambos márgenes de los tramos de vía propuestos.

|  |   |  |                    |
|--|---|--|--------------------|
|  <p><b>El futuro es de todos</b><br/>Agencia de Renovación del Territorio</p> | <p>ESTUDIO HIDRÁULICO<br/>PROYECTO TARAZÁ –<br/>CORREGIMIENTO EL GUAIMARO</p> |  <p>CONSORCIO TERRITORIAL<br/>2019<br/>NTT. No. 901.283.823-6</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 HIDRÁULICO<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> |

## **7. ANEXOS**

### **7.1. RESULTADOS DE MODELACIÓN PUENTE URALES**

Ver carpeta de Anexos – Archivo “ModelaciónHidráulica\_Puente\_Urales”.

### **7.2. PLANO CONSTRUCTIVO DE CUNETAS**

Ver carpeta de Anexos – Archivo “Plano constructivo cuneta\_Tarazá”.

### **7.3. PLANO IMPLANTACIÓN DE ZONAS DE DESCARGA**

Ver carpeta de Anexos – Archivo “Implantación de zonas de descarga\_Tarazá”.