



**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE PASO SOBRE EL RÍO SOACHA PARA  
LA CARRERA 11 CON CALLE 18 DEL MUNICIPIO DE SOACHA.**

**AJ ORLANDO DIAZ CARDENAS**

Código: 10481912303

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Civil

Bogotá D.C, Colombia

2022

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE PASO SOBRE EL RÍO SOACHA PARA  
LA CARRERA 11 CON CALLE 18 DEL MUNICIPIO DE SOACHA.**

**AJ ORLANDO DIAZ CARDENAS**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**INGENIERO CIVIL**

Director (a):  
**ING. EDISON OROSIO BUSTAMANTE**

Línea de Investigación:  
**MONOGRAFÍA – ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.**

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Civil

Bogotá D.C, Colombia

2022

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

El trabajo de grado titulado  
\_\_\_\_\_, Cumple con  
los requisitos para optar  
Al título de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Firma del Tutor

\_\_\_\_\_  
Firma Jurado

\_\_\_\_\_  
Firma Jurado

Bogotá D.C, 15 de noviembre de 2022.

## *Dedicatoria*

*Este trabajo es dedicado a quienes día tras día me apoyaron y creyeron en mí, impulsándome y guiándome para cumplir mis objetivos de vida.*

*A mi madre, mi amada madre, que sin su ayuda y esfuerzo no sería posible cumplir cada uno de los objetivos que hasta hoy me he trazado.*

*A mi padre, abuelos, hermanos, tías, tíos y demás familiares, quienes aportaron a su modo y desde sus capacidades, para formarme como persona y como profesional.*

*A mi novia María Camila, que nunca dejó de creer en mí y que me ha acompañado por más de 10 años y aun me hace sentir que todo es posible.*

*A mis amigos, que llegaron y nunca se fueron, los de colegio, los de fútbol, los del barrio, mis hermanos “Ookey’s”, a Steven Hortua (Q.E.P.D) que en cada paso que doy lo recuerdo.*

*Finalmente, a mi querido municipio: Soacha, Cundinamarca; donde nací y crecí, tan estigmatizado y con sus múltiples problemas, pero que no se rinde.*

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi familia y amigos por su incondicional apoyo, a cada uno de los compañeros, estudiantes, profesionales, profesores y personas del común con las que compartí esta etapa investigativa y formativa, cada una de esas personas de la Universidad Antonio Nariño, que me acogieron y me hicieron sentir como en mi casa, compartiéndome su calidez humana, sus conocimientos y experiencias, especialmente al ing. Edison Osorio Bustamante quien dirigió y acompañó este trabajo.

## Contenido

1.	Resumen.....	9
2.	Abstract.....	10
3.	Introducción .....	11
4.	Objetivos.....	18
	<b>4.1 Objetivo General</b> .....	18
	<b>4.2 Objetivos Específicos</b> .....	18
5.	Marco Teórico.....	19
	<b>5.1 Contexto Nacional</b> .....	19
	<b>5.2 Contexto Local</b> .....	20
	<b>5.3 Marco Legal</b> .....	24
	<b>7.3.1 Permiso de ocupación de cauces, playas y lechos</b> .....	24
	<b>5.4 Ingeniería Conceptual</b> .....	24
	<b>5.5 Componentes del Puente</b> .....	26
	<b>5.6 Caracterización de la movilidad en Soacha</b> .....	28
	<b>5.7 Geología y remoción de masas</b> .....	29
6.	Estado del conocimiento .....	32
7.	Diseño metodológico .....	40
8.	Resultados .....	47
9.	Conclusiones .....	57
10.	Referencias.....	58
11.	Anexos. ....	63

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1</b> .....	12
<b>Figura 2</b> .....	16
<b>Figura 3</b> .....	16
<b>Figura 4</b> .....	17
<b>Figura 5</b> .....	20
<b>Figura 6</b> .....	25
<b>Figura 7</b> .....	30
<b>Figura 8</b> .....	31
<b>Figura 9</b> .....	33
<b>Figura 10</b> .....	34
<b>Figura 11</b> .....	34
<b>Figura 12</b> .....	35
<b>Figura 13</b> .....	38
<b>Figura 14</b> .....	39
<b>Figura 15</b> .....	39
<b>Figura 16</b> .....	40
<b>Figura 17</b> .....	42
<b>Figura 18</b> .....	42
<b>Figura 19</b> .....	43
<b>Figura 20</b> .....	43
<b>Figura 21</b> .....	44
<b>Figura 22</b> .....	49
<b>Figura 23</b> .....	51
<b>Figura 24</b> .....	52
<b>Figura 25</b> .....	52
<b>Figura 26</b> .....	56

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> .....	21
<b>Tabla 2</b> .....	26
<b>Tabla 3</b> .....	32
<b>Tabla 4</b> .....	50
<b>Tabla 5</b> .....	51
<b>Tabla 6</b> .....	53
<b>Tabla 7</b> .....	54
<b>Tabla 8</b> .....	55



## 1. Resumen

Este documento contempla diferentes alternativas de paso sobre el río Soacha para la carrera 11 con calle 18 del municipio de Soacha , Para el desarrollo de este fue necesario trazar unos objetivos base. que fueron los pilares de este trabajo, el principal objetivo fue identificar la necesidad que existe para la comunidad de tener un cruce que permita comunicar dos partes de Soacha divididas por el río, donde en un trayecto de aproximadamente 2 kilómetros, actualmente solo existen dos pasos viales donde circulan vehículos por un solo carril pero en ambos sentidos y que se encuentran en pésimas condiciones, otro cruce es un paso peatonal que fue construido por la comunidad y donde se enfoca este trabajo. En base a la ingeniería conceptual y con información recolectada. se plantea una solución para este problema la cual consiste en la creación de un puente con las características propuestas por el documento: Construcción de puentes vehiculares en vías secundarias o terciarias del INVIAS, de donde se extraen los parámetros básicos de diseño como la luz del puente y un presupuesto para el prototipo propuesto; este trabajo y su respectiva investigación nos permite contemplar las múltiples posibilidades y los avances que se han hecho para la construcción de estructuras sostenibles, pero es muy difícil de aplicarlas por la falta de normativa, voluntad política y cultura ciudadana, por ende se recurre a una estructura convencional pero netamente funcional.

Palabras clave: Puente, Seguridad Peatonal, Vías Terciarias, Movilidad.

## 2. Abstract

This document contemplates different alternatives of passage on the Soacha River for the 11th and 18th Street in the municipality of Soacha. For the development of this it was necessary to draw some basic objectives that were the pillars of this work, the main objective was to identify the need for the community to have a crossing that would allow to communicate two parts of Soacha divided by the river, where in a distance of approximately 2 kilometers, there are currently only two road crossings where vehicles circulate in one lane but in both directions and are in very bad condition. Another crossing is a pedestrian crossing that was built by the community and where this work is focused. Based on the conceptual engineering and information collected, a solution to this problem is proposed, which consists in the creation of a bridge with the characteristics proposed by the document: construction of vehicular Bridges on secondary or tertiary roads of invias, from where the basic design parameters are extracted as the light of the bridge and a budget for the proposed prototype; This work and its respective research allows us to contemplate the multiple possibilities and the advances that have been made for the construction of sustainable structures, but it is very difficult to apply them due to the lack of regulations, political will and civic culture, therefore we resort to a conventional structure but clearly functional.

Keywords: Bridge, Pedestrian Safety, Tertiary Pathways, Mobility.

### 3. Introducción

Este trabajo se realiza bajo la línea de investigación en infraestructura sostenible haciendo énfasis en la prefactibilidad de un proyecto donde se incluyen varias ramas de la ingeniería civil. En base al compromiso con el país que contempla la universidad Antonio Nariño en su misión, es relevante este trabajo de grado desde el punto de vista de inclusión y difusión del conocimiento aplicado en un proyecto para la sociedad en busca del bien común desde la ingeniería civil, es por eso por lo que como futuro ingeniero es de orgullo poder aportar y contribuir con el desarrollo del Municipio de Soacha de donde provengo y donde aún vivo.

El río Soacha que cruza la comuna 2 del municipio Soachuno se ha convertido en un obstáculo para miles de familias que se han asentado en el sector en las últimas décadas, debido a que deben cruzarlo para llegar a sus lugares de estudio, trabajo, etc. Esta problemática a nivel ingenieril radica en la falta de una estructura que permita unir los dos lados separados por el río y aunque se trata de un tramo corto el que se debe atravesar, no deja de ser una problemática y más cuando al pasar el tiempo con la urbanización y el crecimiento poblacional, este punto de la ciudad se vuelve aún más transcurrido. Actualmente en los más de 2 kilómetros de extensión del río que atraviesa la comuna 2, solo existen 3 pasos artesanales creados por la comunidad, uno de estos se encuentra en la carrera 11 con calle 18 y es netamente peatonal. El interés particular en proponer las diferentes alternativas de paso en esta zona en específico radica en que es un punto estratégico por múltiples factores ya que se observa un desarrollo urbanístico acelerado en toda Soacha y en este punto en particular, por ejemplo, en el ámbito de movilidad, la calle 18 conecta

directamente con la autopista sur (carrera 4) en línea recta, al llegar a la carrera 11 se encuentra el río y solo basta cruzar para continuar por aproximadamente un kilómetro y empalmar con la avenida ciudad de Cali como se evidencia en la **Figura 1**. La propuesta consiste en la creación de un puente en esta zona donde se propone un diseño en base a la información secundaria obtenida mediante investigación de distintos proyectos y los diferentes manuales de las entidades de gobierno, teniendo en cuenta cada una de las variables de la ingeniería conceptual y las diferentes actividades que se realizan para la construcción de un puente.

### Figura 1

*Mapa de zona de estudio.*



*Nota.* Google. (s.f.). [Localización de zona de estudio]. Recuperado el 30 de septiembre de 2022, de <https://www.google.com/maps/@4.5826308,-74.2138367,1563m/data=!3m1!1e3?hl=es>

La movilidad eficiente y sostenible al interior de Soacha debe constituirse como un objetivo principal de la administración municipal y por ende de toda la comunidad, ya que factores como el aumento en tiempos de desplazamientos, la contaminación y el deterioro o falta de la malla vial se convirtieron en una problemática que genera la necesidad de encontrar soluciones por parte de todos. El respectivo análisis de alternativas sostenibles como sería la construcción de un puente en la carrera 11 con calle 18 en el municipio de Soacha es una necesidad porque, no existe ningún acceso a lo largo del río Soacha sobre la comuna 2, actualmente se encuentra estancada la construcción del Puente de Micos que es el único proyecto que se encuentra en aspectos de movilidad e infraestructura de la zona, lo cierto es que la presente administración “el cambio avanza” proyectó la entrega de Puente Micos para antes de octubre, pero como van las cosas, el año terminara y esta obra seguirá siendo una ilusión para los residentes de la zona («De nuevo se dilata construcción de Puente Micos en Soacha», 2021). El puente debe ser en la calle 18 porque es la única vía recta con acceso a la autopista sur que llega hasta el río Soacha en un trayecto de 700 m aproximadamente, esta propuesta beneficiará a más de 10 barrios y cientos de familias que limitan con el río, en problemas de movilidad y seguridad. Además, de descongestionar las vías del municipio, también lo hará con la autopista sur ya que este acceso permitirá conectar Soacha con la avenida ciudad de Cali en pocos minutos y despejará un poco la autopista sur normalmente congestionada.

Con la propuesta no solo se espera la futura construcción de un puente para resguardar el bienestar de las personas y mejorar su movilidad, sino que además mejorará el entorno del sector y demás aspectos sociales que se verán favorecidos. Más allá de la complejidad de una obra estructural, con el análisis de alternativas sostenibles se busca evidenciar lo crucial que es este punto para la mejora de la movilidad a nivel departamental.

Con la expansión territorial y construcción de viviendas en Soacha, Cundinamarca, para el 2010 se registraban 127.893 predios, 124.469 urbanos y 3.424 rurales. Para el último censo las unidades de vivienda fueron 234.654, con una población total de 645.205 habitantes (DANE, CNPV 2018). Según la Alcaldía del Municipio, esta cifra no se aproxima a la realidad, si se tiene en cuenta que llegaron a quinientos mil habitantes hace 13 años (último censo), y desde entonces Soacha recibió más de 50.000 víctimas del conflicto armado y, actualmente, es la morada de más de 12.300 desplazados del país vecino Venezuela. Adicionalmente, se construyeron 200 mil viviendas en el municipio, sólo en Ciudad Verde 46.000, Hogares Soacha 17.000, y Parque Campestre 12.000 («Soacha pide al DANE revisar las cifras del Censo Nacional 2018», 2019). Así como avanzó la construcción de vivienda, las de acceso vial quedaron estancadas y sin solución; la comuna 2 que pertenece a la parte central e histórica del municipio denominada Soacha parque, tiene 145.700 habitantes (Alcaldía Municipal de Soacha, 2021); en la carrera 11 entre las calles 10 y 26 de Soacha, se limita el paso entre ciudad verde y los barrios de la zona centro, debido a que por el sector circula el río Soacha, son casi 2 kilómetros para solo 3 accesos viales construidos por la comunidad, uno

netamente peatonal y dos comparten el acceso vehicular y peatonal, donde solo se cuenta con espacio para un carril en el cual una persona es la encargada de ceder el paso en ambos sentidos por determinado tiempo o por flujo de circulación. Además, poseen algo más en común, su abandono y notable deterioro. Para el año 2016, fue demolido el único acceso que existía para la época, el denominado: Puente de Micos, la Alcaldía Municipal de Soacha prometió la construcción de este, pero en la actualidad no existe tal puente, y el acceso provisional amenaza la integridad de las personas y vehículos que circulan por el Municipio («De nuevo se dilata construcción de Puente Micos en Soacha», 2021).

El acceso artesanal ubicado en la carrera 11 con calle 18 (**Figura 2, Figura 3 y Figura 4**), fue creado por la comunidad con palos y tablas, actualmente se convirtió en foco de inseguridad, se presentan hurtos, se arrojan basuras y escombros, de modo indebido.

En el plan de desarrollo municipal, se tiene contemplado ejecutar obras de mantenimiento, rehabilitación, mejoramiento, adecuación y/o construcción en las vías urbanas y rurales del municipio en 120 Km de vías terciarias (Plan de Desarrollo para el Municipio de Soacha para la Vigencia 2020–2023 El Cambio Avanza, 2020).

**Figura 2**

*Ubicación.*



*Nota.* Google. (s.f.). [Localización de zona de estudio]. Recuperado el 30 de septiembre de 2022, de <https://www.google.com/maps/@4.584398,-74.2164924,16z?hl=es>

**Figura 3**

*Puente artesanal (foto 1).*





**Figura 4**

*Puente artesanal (foto 2).*



## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo General**

Realizar un análisis de alternativas para el paso sobre el río Soacha sobre la carrera 11 con calle 18.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar información existente (secundaria) para enmarcar en un estudio de fase 1 para la selección de una alternativa de paso.
- Elaborar un estado del conocimiento sobre las diferentes soluciones para la construcción de puentes urbanos que permita realizar la recopilación de las distintas variables de la ingeniería conceptual (fase1) para la realización de un puente.
- Elaborar alternativas en prefactibilidad para comprarlas mediante criterios ingenieriles en base a los costos, la especificaciones y normas técnicas establecidas para al final seleccionar una para dar solución.

## 5. Marco Teórico

### 5.1 Contexto Nacional

Debido a que Colombia tiene grandes vertientes hidrográficas y es uno de los países con mayor cantidad de recurso hídrico en el mundo por su posición geográfica (Sánchez, 2013), es común que los asentamientos humanos tengan inconvenientes para cruzar los diferentes ríos, lagos, arroyos, manantiales y demás fuentes que están dadas para cada una de las regiones de manera particular por las condiciones y las características hidrológicas dadas en cada zona.

Es por eso por lo que desde la ingeniería se ha intentado resolver estos problemas para las diferentes poblaciones de la mano de entidades públicas y privadas, que buscan resolver los problemas de paso sobre las corrientes o depósitos de agua, conservando y cuidando el medio ambiente. A raíz de esto las soluciones más implementadas son la construcción de puentes.

Con la expansión territorial, la urbanización, la planeación y la falta de red vial se combinan múltiples problemáticas que existen a lo largo del territorio colombiano, especialmente en los municipios más alejados de las capitales y grandes centros poblados, donde se hacen aún más notorios dichos problemas.

El periodo de desarrollo de concesión vial en Colombia es corto en comparación a otros países, iniciando a principios de 1997, por la carencia de recursos nacionales para invertir en la red vial nacional (Muñoz, 2002). Es por eso por lo que la falta de accesos viales radica en escasez de estructuras de paso sobre fuentes hídricas sobre todo en las redes viales terciarias donde es casi nula.

## 5.2 Contexto Local

Es importante conocer la situación actual de Soacha, Cundinamarca desde distintos puntos de vista para plantear un solución al problema expuesto. En la **Figura 5** se resaltan los agentes determinantes y las problemáticas en base a la ingeniería civil que más influyen a la hora de proponer o pensar realizar un puente para cruzar el río Soacha.

**Figura 5**

*Ingeniería civil desde varios puntos de vista.*



En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se contextualizan los problemas y se dan definiciones sobre los temas resaltados en la **Figura 5** en el ámbito local del municipio de Soacha, resaltando situaciones actuales con definiciones y procesos actuales, los cuales restringe, guían y limitan la propuesta de las alternativas.

**Tabla 1***Contextualización del problema desde la ingeniería civil.*

Planeación	<p>En el Municipio de Soacha no se renueva el POT desde el año 2000 por ende la ausencia de planeación es notoria y a raíz de esto se presentan los inconvenientes para la comunidad. Desde la parte administrativa se espera una ayuda a la solución con la actualización del plan de ordenamiento territorial para el Municipio.</p>
Urbanismo	<p>Los asentamientos de las personas a lo largo y ancho del Municipio de Soacha han generado problemas de urbanismo, la comprensión y la intervención han sido en vano ya que los diagnósticos no son los correctos, las malas proyecciones y la ausencia de las entidades del estado solo han agrandado el problema.</p>
Expansión territorial	<p>En Soacha donde, lo reconoce la actual administración municipal, en los últimos años fue deficiente el control de tierras, la producción de vivienda está a cargo de la autoconstrucción ilegal. El desplazamiento geográfico, fuera de los límites de Bogotá, de las ocupaciones ilegales de tierras que va acompañado de una alteración de la naturaleza: la invasión se sustituye a la urbanización ilegal y los relieves escarpados del sur están reemplazando el recurso tradicional de la urbanización ilegal. Mediante la construcción ilegal de urbanizaciones en las llanuras inundables con los límites de la capital, se asentaron migrantes y la población menos favorecida de Bogotá, a esto se debe el acelerado crecimiento del municipio que crece aún a un ritmo sostenido (Dureau Françoise, 2002).</p>
	<p>PLAN PARCIAL LAS VEGAS: Mediante Decreto Municipal 255 de 2008, modificado por el Decreto Municipal 321 de 2015, se adoptó el Plan Parcial Las Vegas. El artículo 54 del Decreto Municipal 255 de 2008, señala que ante la falta de</p>

<p>Informe de gestión anual del 2020, Alcaldía municipal de Soacha</p>	<p>recursos del Municipio, el Urbanizador ejecutará las obras que corresponden a las cargas generales dentro y colindante del Plan Parcial, según el Plano No.1 “Cargas Generales dentro del Plan Parcial”, así como las obras de Mejoramiento Integral de Barrios, como parte de pago de la participación en Plusvalía, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 152 del 10 de mayo del 2010 mediante el cual se ajusta y define de manera completa el procedimiento para la determinación, liquidación y cálculo del efecto plusvalía, Artículo 12, parágrafo 2 y 4. Adicionalmente, el urbanizador ejecutará el tramo de la calle 13 que está fuera del plan parcial y el tramo del Puente Micos, según lo establecido en el Plano No.2 “Cargas Generales fuera del plan parcial” (Informe de Gestión Anualidad 2020 – El Cambio Avanza).</p>
<p>Red vial de Colombia</p>	<p>La red vial de Colombia está compuesta por carreteras primarias, secundarias y terciarias, siendo esta última su gran mayoría sin pavimentar. Debido a este gran problema en la movilidad nacional, se crea la necesidad de proponer una metodología clara y simple, en base a los parámetros de diseño del código colombiano sísmico de puentes. Debido al crecimiento y el desarrollo entre departamentos, y su falta de infraestructura vial, se discrepa entre las extensiones totales de vías construidas en cada departamento (Departamento Nacional de Planeación, 2017).</p>
<p>Diseños de puentes</p>	<p>Actualmente Soacha no cuenta con ningún puente construido y registrado ante la Alcaldía, los que se encuentran sobre la Autopista Sur son parte de la Nación al ser construidos sobre una vía primaria. Existe un solo diseño de construcción, el denominado puente de Micos.</p>

Puentes	<p>Desde el inicio de la historia de la humanidad el hombre se ha enfrentado con la naturaleza con el fin de satisfacer necesidades, como lo es cruzar espacios naturales para unir dos puntos comunicados como vacíos, ríos, etc. Los primeros puentes eran un entrelazado de lianas y hierbas ,con la evolución y desde ese entonces se emplearon distintos materiales para formar estructuras que permitieran conectar dichos puntos, madera y piedra inicialmente fueron empleados para la fabricación de dichas estructuras más fortalecidas; con la aceleración de las industrias y el crecimiento de las ciudades, en la actualidad empleamos principalmente concreto y acero para la fabricación de estos, aunque no podemos dejar de lado la innovación de materiales renovadores y el uso de estos para la construcción (Antonio Papell, 2015).</p> <p>Un puente es una estructura diseñada con el fin de cruzar sobre obstáculos naturales como ríos, los elementos que conforman un puente son infraestructura que contiene los cimientos, los estribos y las pilas encargadas de soportar las cargas que transmite la otra parte que es la superestructura, estos tramos cuenta con varias armaduras de apoyo, los cuales son elementos de fijación de los tableros del puente la cargas que recibe el tablero son transmitida a la subestructura, los cuales soportan diferentes tipos de carga que se transmite a los estribos y pilas que, a su vez, las hacen llegar a los cimientos, donde la roca o terreno cumplen la función de realizar la carga opuesta (Amaru, 2017).</p>
---------	---

### 5.3 Marco Legal

#### 7.3.1 Permiso de ocupación de cauces, playas y lechos.

La corporación autónoma regional de Cundinamarca – CAR solicita a todas las personas jurídicas o naturales que pretendan iniciar proyectos de construcción que ocupen el cauce de un depósito o corriente de agua a tramitar el permiso, con el fin de que las autoridades ambientales puedan determinar las posibles alteraciones o consecuencias que estropean el comportamiento natural de la fuente de agua. La solicitud se debe presentar ante la CAR y de ser asignado dicho permiso, se debe cumplir los acuerdos impuestos y pactados que se otorgan al beneficiario (Permiso de ocupación de cauces, playas y lechos, 2020).

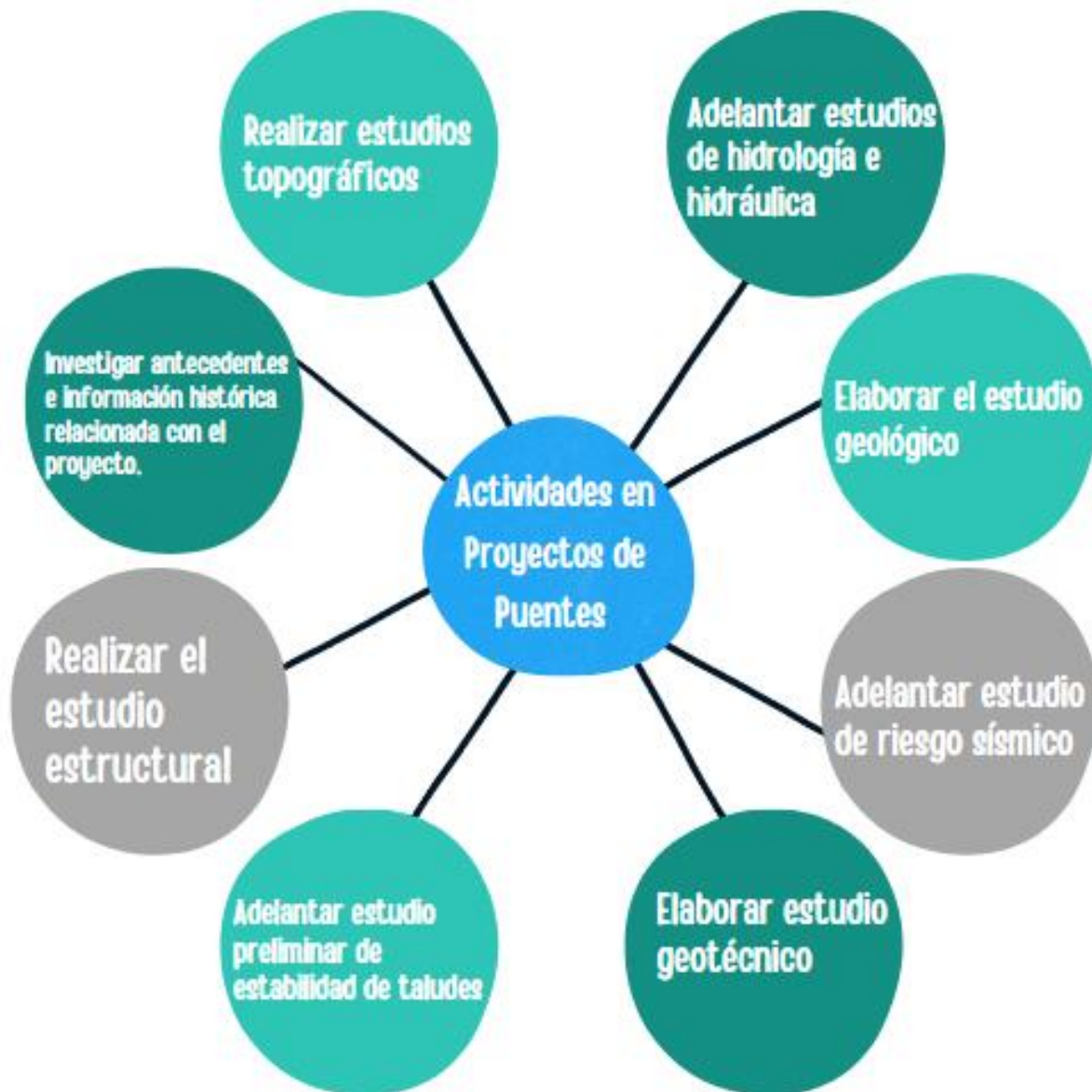
### 5.4 Ingeniería Conceptual

En el manual diseñado por el INSTITUTO NACIONAL DE VIAS – INVIAS y SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS, para el servicio de consultoría para estudios y diseños, se sugiere el estudio de alternativas para dar solución a un problema y dictaminar qué tan viable puede ser el proyecto económicamente en base a otros proyectos con un grado de semejanza, cuya viabilidad fue positiva. El objetivo principal en lo que denominan fase 1 es la presentación de diferentes alternativas de proyecto; se trabaja con información secundaria, utilizando eventualmente información primaria en casos específicos. En este proceso se deben contemplar las distintas variables expuestas en la **Figura 6**.



**Figura 6**

*Actividades en Proyectos de puentes.*



*Nota.* Elaborado en base al *MANUAL DE SERVICIOS DE CONSULTORIA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS, INTERVENTORIA DE ESTUDIOS Y DISEÑOS Y GERENCIA DE PROYECTOS EN INVIAS.* (INSTITUTO NACIONAL DE VIAS – INVIAS & SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS, s. f.).

## 5.5 Componentes del Puente

En la mayoría de los puentes se contienen elementos en común, estos varían dependiendo de las características, función y tipo, aunque existen parámetros que por más aleatorios que puedan ser a la hora de la propuesta de diseño siguen coincidiendo. Los elementos en común se definen en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

**Tabla 2**

*Elementos del puente.*

Elemento	Definición
Luz entre apoyos	Define la luz de cálculo de la viga
Luz libre	Espacio libre entre pila y estribos. Establece el ancho libre para el escurrimiento del agua.
Apoyos	Puntos de transmisión de acciones desde la superestructura a la infraestructura.
Superestructura	Parte del puente que está por encima de los apoyos.
Infraestructura	Incluyendo fundaciones, es todo lo que se encuentra por debajo de los apoyos en el puente.
Pilar	Recibe fuerzas verticales y horizontales de la superestructura transmitida por los apoyos.
Estribo	

	Apoyo extremo que además de recibir las fuerzas verticales y horizontales de la superestructura, recibe el empuje del suelo generado por la discontinuidad del terraplén.
Fundaciones	Es la parte encargada de transmitir al suelo las fuerzas transmitidas por estribos y pilares.
Plano de fundación	Es el nivel del terreno donde se hace la descarga de fuerzas final.
Cota rasante	Cota de la superficie de la calzada.
Cota fondo de viga	Cota del punto más bajo de la superestructura.
Gálibo	Espacio libre que debe dejarse debajo del puente.
Juntas	Discontinuidad entre la superestructura. En puentes de tramos continuos solo se encuentran en los extremos.
Cota de crecienta máxima	Es la cota máxima estimada de crecida por la fuente de agua.
Revancha	Diferencia entre las cotas crecienta máxima y fondo de viga. Necesaria para establecer el tipo de escurrimiento.
Cota de fondo de cauce	Cota del Cauce existente. Determina los valores mínimos de tapada de la fundación.
Ancho de calzada	Lugar del espacio de circulación.
Ancho de veredas	Espacio para las sendas peatonales.
Ancho de guarda ruedas	Espacio para defensas vehiculares y/o barandas peatonales.
Baranda peatonal	Limita exteriormente la senda peatonal.

Defensa vehicular	Estructura de hormigón o metal que previene la salida de los vehículos en la zona de la calzada.
Carpeta de rodamiento	Capa de material de hormigón o asfalto sobre la que se desplazan los vehículos. Protege el hormigón estructural de impactos y el desgaste, también se usa para generar pendiente transversal a la calzada.
Espesor estructural	Altura total de la superestructura, desde la cota superior de la loza de calzada sin incluir la carpeta de rodamiento hasta el fondo de viga.
Punto de aplicación de la rasante	Punto de la sección transversal donde se aplica altimetría a la rasante de la calzada.

*Nota.* Extraído y ajustado de: *Somenson, H. M. (2015). Estudio y proyecto de puentes de Hormigón Armado [Libro electrónico]. Ediciones Diaz de Santos.*

## 5.6 Caracterización de la movilidad en Soacha

Son aproximadamente 5 km el corredor que une desde Bosa (calle 13) en Bogotá con Soacha, el eje vial principal es la Autopista Sur, que pertenece al Estado y es manejado por INVIAS, ya que este tramo hace parte del corredor vial Bogotá-Buenaventura (Departamento Nacional de Planeación, 2002).

En el 2002 por la Autopista Sur circulaban en promedio cerca de 332.000 viajes al día (Departamento Nacional de Planeación, 2002), para el 2011 eran 339.704 viajes al día y para el 2019 ya eran 579.799 viajes al día (Departamento Nacional de Planeación, 2021), el incremento de viajes se debe al crecimiento poblacional del municipio.

El promedio diario del tráfico sobre la Autopista Sur es de 60.800 vehículos de los cuales el 39% son de transporte público colectivo, 10,6% de carga, 39,1% automóviles, 2,6% buses intermunicipales y 8,6% taxis. La mayoría de los vehículos de transporte público (70%) son los denominados colectivos, los cuales reducen el nivel de servicio de la vía, debido a su baja capacidad transportadora (no más de 15 pasajeros) ocupando de manera ineficiente la vía (Departamento Nacional de Planeación, 2002).

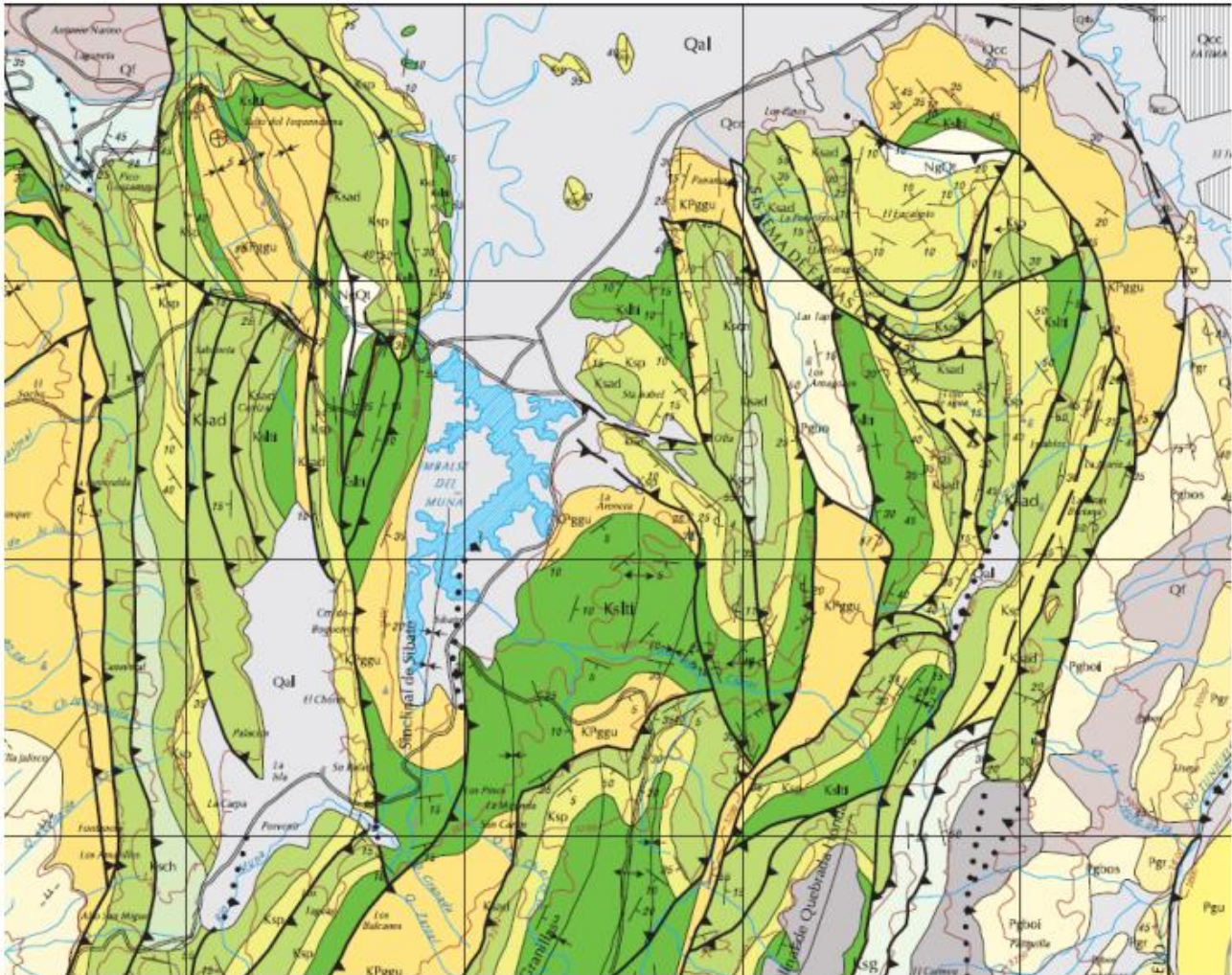
La cantidad de vehículos y las condiciones de la vía determinan el nivel de servicio de la Autopista Sur y está a su vez el tiempo y la velocidad. El nivel de servicio estimado actual no supera el nivel D (35 km/hr para automóviles y 14 km/hr para vehículos de transporte público), empeorando en la medida que se acerca a Bogotá, donde alcanza el nivel F (15 km/hr para automóviles y 9 km/hr para vehículos de transporte público) (Departamento Nacional de Planeación, 2002).

### **5.7 Geología y remoción de masas**

De acuerdo con los estudios del INGEOMINAS, para el sector de Soacha afloran rocas sedimentarias de origen marino y continental, con edades del Cretácico tardío al Paleógeno, y depósitos poco consolidados a no consolidados de edad Neógeno – Cuaternario (INGEOMINAS,2005). Esto se puede evidenciar en el mapa geológico para la región de Soacha correspondiente a la **Figura 7**.

**Figura 7**

*Mapa geológico regional del municipio de Soacha.*



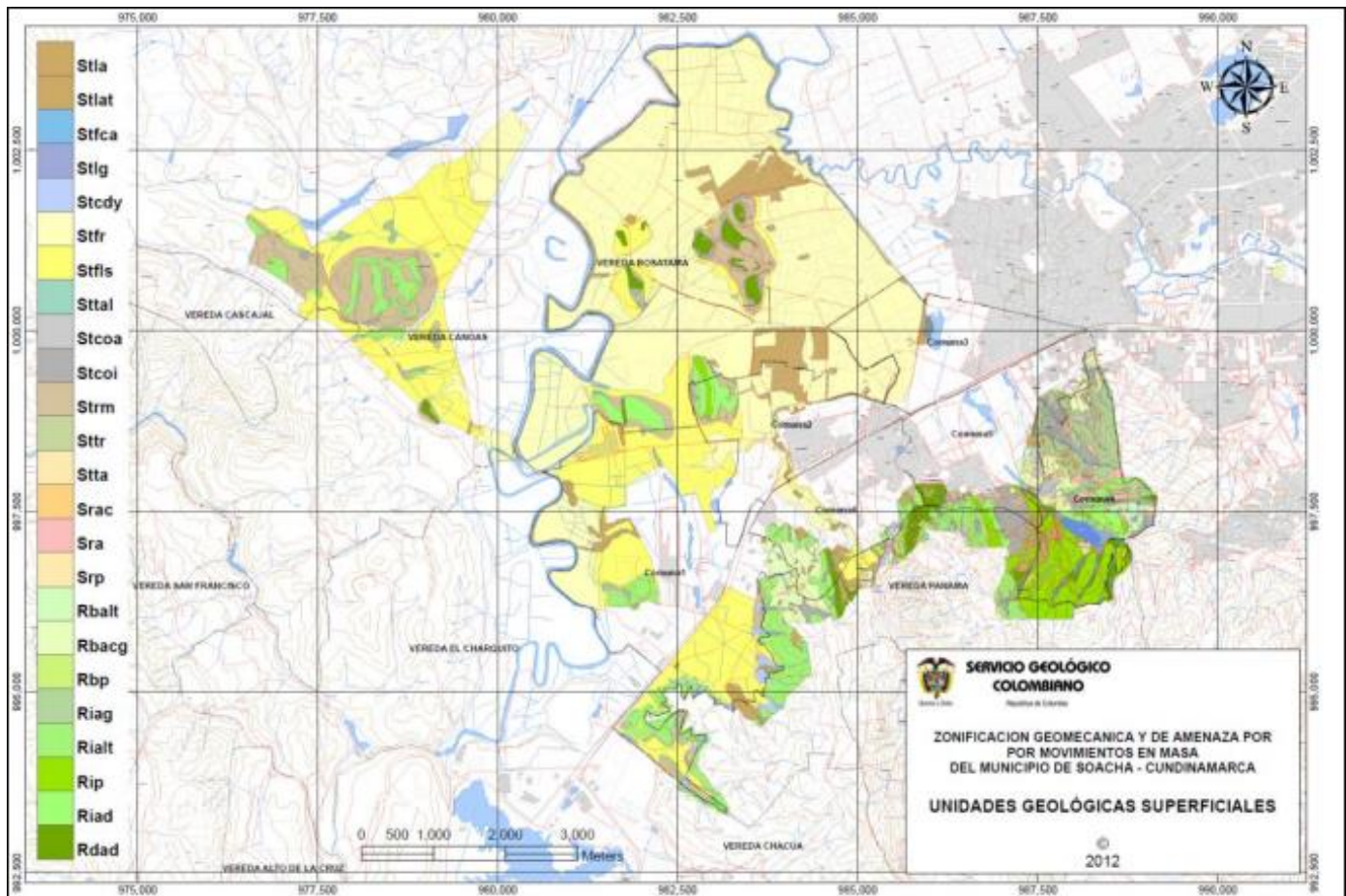
*Nota.* INGEOMINAS. Zonificación Geomecánica de la Sabana de Bogotá. Subdirección de Geología Básica, Bogotá: 2005.

En el área de estudio para el análisis de alternativas se encuentra en una zona llana y sin laderas, de todos modos, se precisa conocer la amenaza por movimientos

de masa y la zonificación geomecánica presentada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

**Figura 8**

*Mapa de Unidades Geológicas Superficiales del Municipio de Soacha*



*Nota.* SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO & MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2013, febrero). ZONIFICACIÓN GEOMECÁNICA Y AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL MUNICIPIO DE SOACHA – CUNDINAMARCA. ESCALA 1:25.000.

## 6. Estado del conocimiento

La **Tabla 3** muestra artículos, monografías y trabajos de grados relacionados con análisis, soluciones y construcción de puentes con alternativas sostenibles, que tiene un grado de semejanza con el problema presente en este proyecto.

**Tabla 3**

*Recopilación de alternativas.*

ítem	Tipo de documento	Cita
1	Manual	(Mejia, H. Y, 2018)
2	Monografía	(Bermúdez, B, 2020)
3	Conference Paper	(Lamus Báez et al., 2016)
4	Conference Paper	(Darwish, M et al., 2015)
5	Article	(Trujillo, D, 2007)
6	Conference Paper	(Mutsuyoshi, H., Wijayawardane, I., & Nguyen, H. 2016)
7	Artículo de revista	(García Giraldo et al., 2014)
8	Artículo	(Muñoz & Valbuena, 2004)
9	Conference Paper	(ESPINOSA DÍAZ et al., s. f.)
10	Artículo	(Lamus Báez et al., 2014)
11	Artículo	(Gaitán Cardona & Gómez Cabrera, 2014)
12	Trabajo de grado	(ROSALBA IBARGUEN et al., s. f.)
13	Trabajo de grado	(BONILLA DELGADO, s. f.)
14	Article	(Kripka et al., 2019)
15	Artículo	(Vanegas. S. Chio. G., 2014)

Para la búsqueda en Scopus respeto a las primeras 6 citas se emplearon las siguientes palabras claves y criterios de búsqueda: TITLE-ABS-KEY (short AND span AND bridges) AND PUBYEAR > 1999 AND (LIMIT-TO (OA, "all")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "ENGI")). Las demás citas provienen de diferentes repositorios de universidades y Scielo.

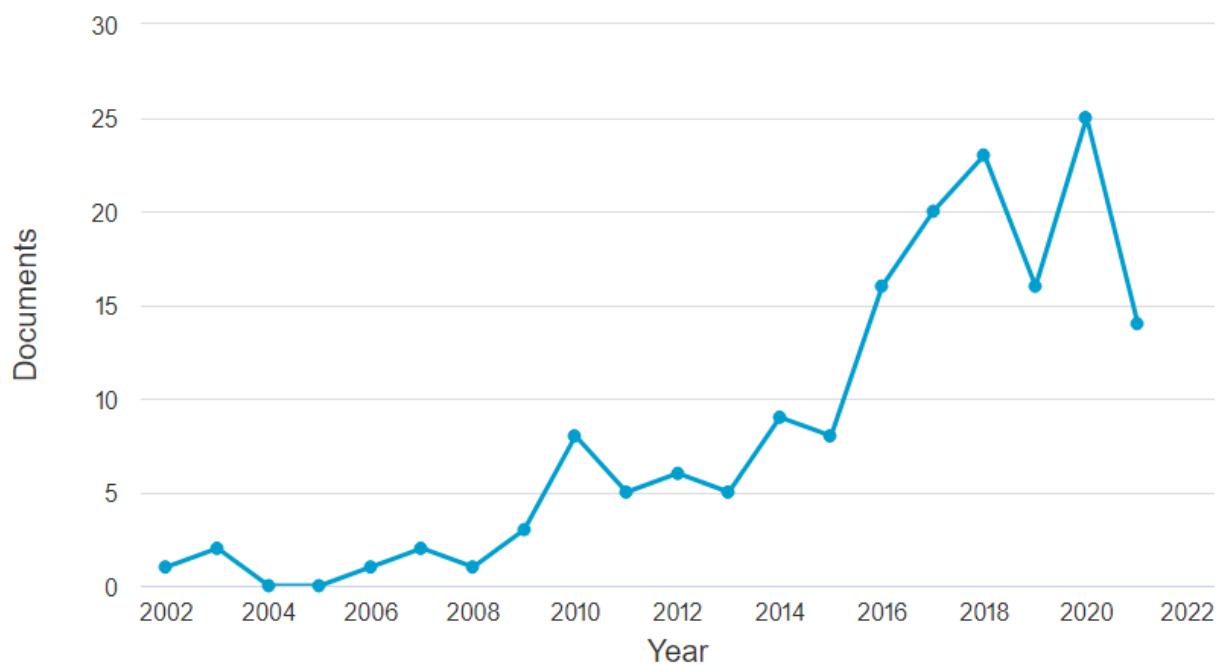


En la **Figura 9** se muestra la distribución de 165 artículos desde el 2002 hasta la actualidad relacionados en la construcción de puentes, en la **Figura 10** se muestra la distribución en base a sus autores, en la **Figura 11** se muestra la distribución en base a sus países, y en la **Figura 12** distribución por tipo de documento. En una búsqueda más precisa y específica se lograron extraer 4 artículos científicos de los cuales se extrae información precisa relacionada con el tema a tratar y se adjuntan en la **Tabla 3** en los ítems del 3 al 4.

### Figura 9

*Publicación de documentos por años.*

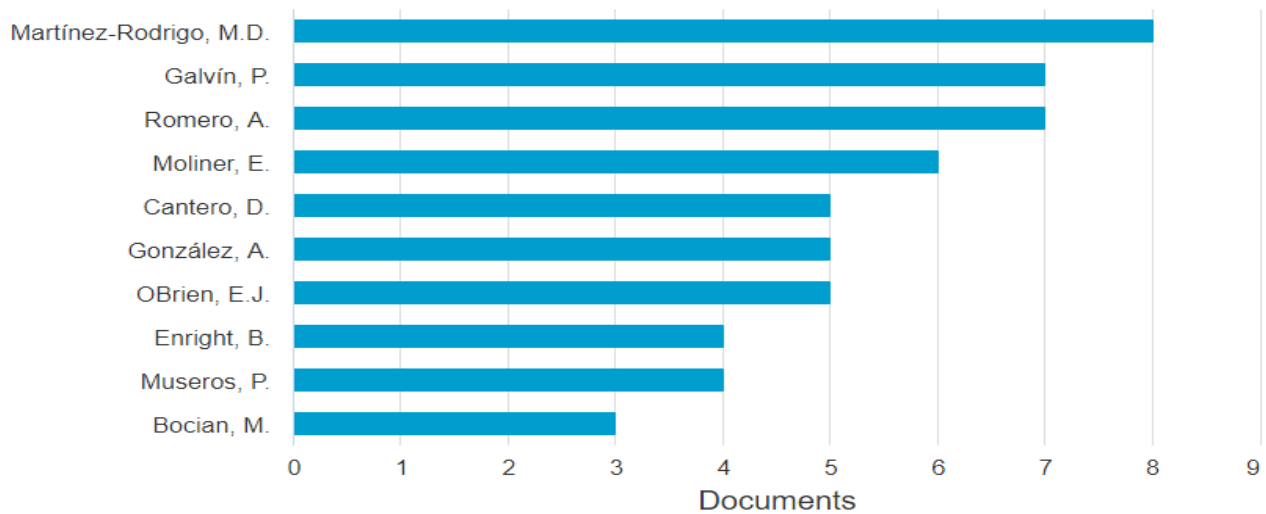
#### Documents by year



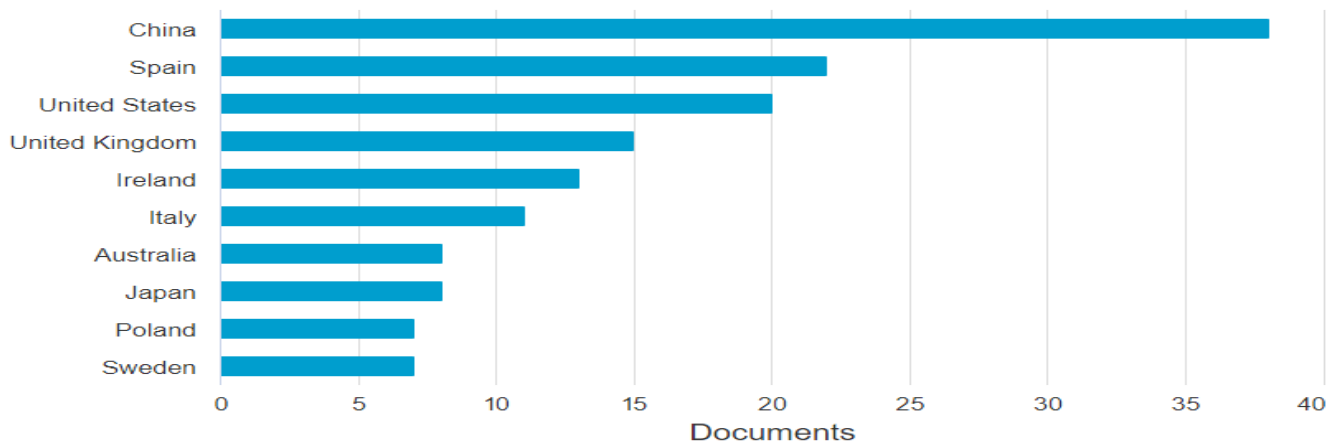
*Nota.* Scopus(s.f).Documents by year.

**Figura 10***Numero de publicaciones por autor.***Documents by author**

Compare the document counts for up to 15 authors.

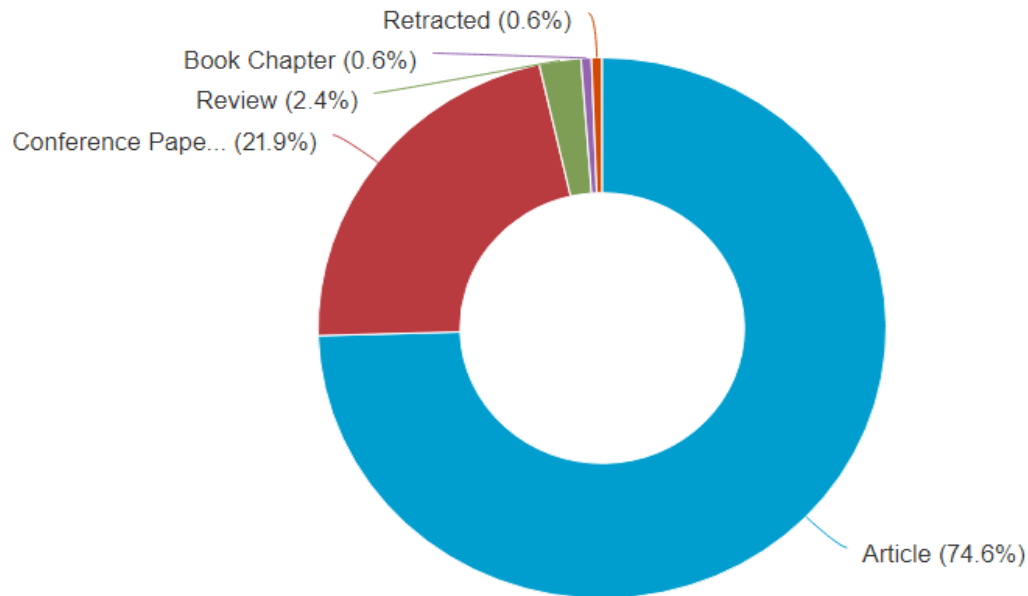
*Nota.* Scopus(s.f).Documents by author.**Figura 11***Numero de publicaciones por país.***Documents by country or territory**

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.

*Nota.* Scopus(s.f).Documents by country or territory.

**Figura 12**

*Tipo de documento de la publicación.*

**Documents by type**

*Nota.* Scopus(s.f).Documents by type.

Los puentes cortos empleados para cruzar fuentes de agua son necesarios para la comunicación y el transporte en todo el planeta. Construir estas estructuras está ligado a múltiples métodos de construcción con diferentes variables como el tiempo, sistema estructural, costo, necesidad, capacidad, recursos entre otros (Darwish, M et al., 2015).

Para ejecutar satisfactoriamente un proyecto de puentes de luz corta para cruzar fuentes de agua es necesario tener claros los aspectos cuantitativos como el impacto ambiental, la vida útil, materiales y costo de construcción. Los materiales

más comunes para la construcción de estos puentes son el hormigón, acero, madera y mixtos (hormigos- acero), en busca de la innovación también se han empleado recientemente guadua y PFR (polímeros reforzados con fibras) generando híbridos con los materiales tradicionales, el uso de plásticos en construcciones de puentes no está reglamentado, pero ya existen varios prototipos en Europa desde el primero de ellos que fue construido en Austria en el 2004 (Yepes et al., 2019).

En el artículo de Lamus, F. A.; Andrade, S.; and Urazán C.F (2016) evalúan una alternativa de construcción de puentes cortos implementando Guadua *Angustifolia* como material estructural y exponen otra forma innovadora y de bajo costo para la solución de pasos cortos dando un valor agregado queriendo incluir a las personas beneficiadas con la obra como constructores de está.

Dentro de la innovación no solo se encuentran materiales o nuevos diseños para los puentes, también existe un apartado para la innovación tecnológica. La metodología BrIM (Bridge Information Modeling) empleada por Gaitán C. & Gómez C. (2014) muestran en su artículo la experiencia en la planificación de la construcción de un puente de concreto en Colombia trazándose como objetivo la mejora en el desarrollo de la planeación constructiva y el rendimiento en este particular tipo de estructura. La sustentación del proyecto está trazada por fases: empieza por la construcción del modelo, se desarrolla en la simulación, y finaliza con la cuantificación de materiales y costos. Es de aclarar que para el uso e implementación de estas tecnologías además del conocimiento ingenieril es necesario tener unas bases sólidas en la manipulación del software.

De la investigación, recopilación y análisis de datos e información, se extrae las diferentes condiciones a las que se somete el puente y en el modo en que infieren cada una de las variables en el desarrollo de la obra en sus diferentes etapas (BONILLA DELGADO, s. f.).

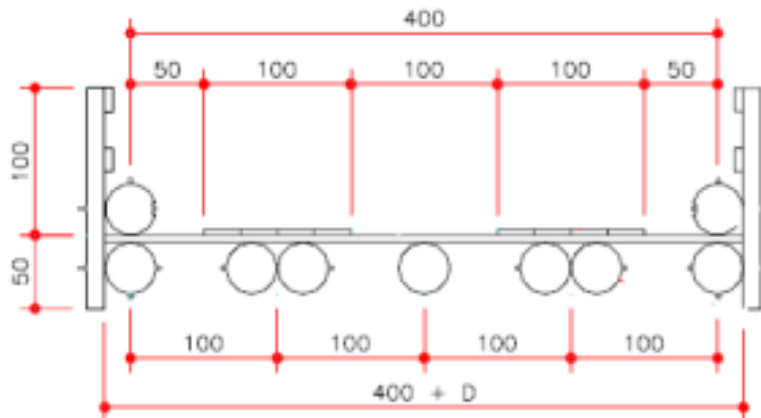
Para obtener resultados concordantes y poder realizar conclusiones verificables en base a los datos adquiridos el diseño de un proyecto debe regirse por una serie de objetivos regulados por normas y leyes que presentan unas condiciones y pautas mínimas con la finalidad de tener un adecuado desarrollo. De este modo es fundamental definir el tipo de estructura para la realización de la obra civil (ROSALBA IBARGUEN et al., s. f.).

En el trabajo de Kripka (2019) se resalta la importancia de los puentes cortos para países en desarrollo como lo es Brasil, donde también se podría incluir a Colombia y Latinoamérica en general, haciendo énfasis en la necesidad de estos en vías secundarias y terciarias. Siguiendo los parámetros de sostenibilidad, normas y leyes, trazan como objetivo el estudio de puentes de tramo corto integrando evaluaciones ambientales para tomar la decisión, donde evalúan 3 distintas alternativas: puente de madera, puente prefabricado de concreto y puente mixto de concreto/acero, propuestos por organizaciones públicas de Brasil. Para poder realizar la comparación de manera acertada consideran la misma luz y ubicación, estas estructuras las evalúan en base a costos, vida útil e impacto ambiental y de manera más subjetiva por medio del diseño y la sensación de seguridad. Es de suma importancia que estas estructuras no se basen únicamente en costos y se diseñen de acuerdo con todos los parámetros de sostenibilidad (Kripka et al., 2019).

El puente de madera (**Figura 13**) se propone con vanos entre 6 y 10 m, y es el más sencillo por su forma de construcción y diseño, aunque existen propuestas de más diseños, se seleccionó ese para el estudio por su simplicidad y efectividad (Kripka et al., 2019).

**Figura 13**

*Sección transversal puente de madera (cm).*

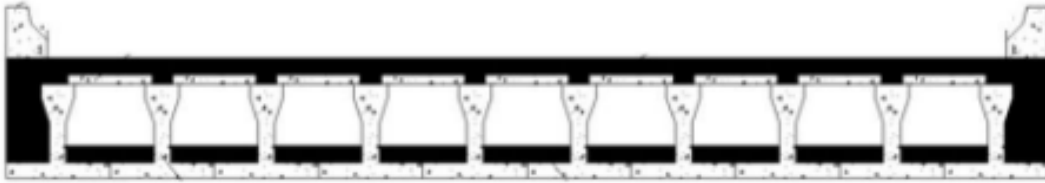


*Nota.* D = diámetro del puente aproximadamente 20 cm. Adaptado de Kripka, M., Yepes, V. & Milani, C. J. (2019, 2 marzo).

El puente prefabricado de hormigón (**Figura 14**) se propone con vanos entre 6 y 16 m, está establecido por un grupo de vigas de hormigón armado de 35 Mpa, conectadas transversalmente por perfiles de acero, el prefabricado se coloca sobre el conjunto y se aplica una cobertura de hormigón que es fundido in situ (Kripka et al., 2019).

**Figura 14**

*Sección transversal puente prefabricado de hormigón.*

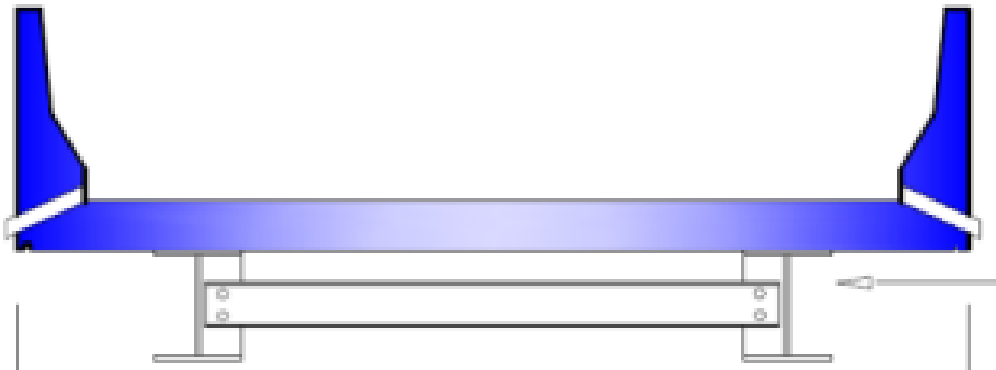


*Nota.* Adaptado de Kripka, M., Yepes, V. & Milani, C. J. (2019, 2 marzo).

El puente mixto (**Figura 15**) de apoyo simple propuesto con vanos entre 8 y 18 m está compuesto por elementos prefabricados de hormigón unidos a un par de vigas longitudinales de acero que se soldan mediante conectores de cizallamiento (Kripka et al., 2019).

**Figura 15**

*Sección transversal puente mixto.*

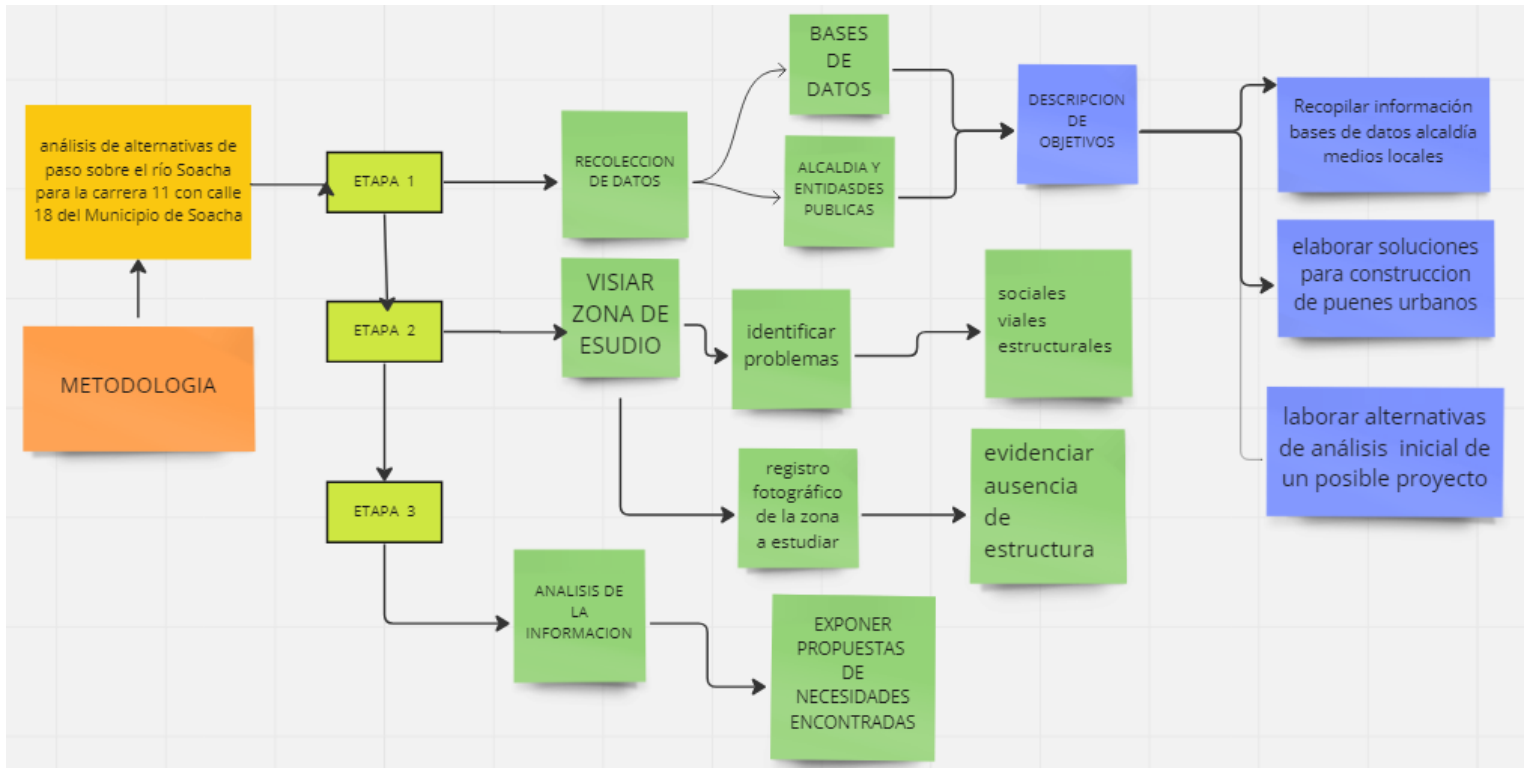


*Nota.* Adaptado de Kripka, M., Yepes, V. & Milani, C. J. (2019, 2 marzo).

## 7. Diseño metodológico

**Figura 16**

*Diagrama del procedimiento metodológico.*



*Nota.* Autoría propia.

Para el desarrollo de los objetivos propuestos en el proyecto “análisis de alternativas de paso sobre el río Soacha para la carrera 11 con calle 18 del Municipio de Soacha” se considerarán distintas etapas expuestas a continuación.

En la etapa 1 se analiza y se recolecta información en bases de datos, Alcaldía y otras entidades públicas, relacionada con el problema donde se realiza una descripción, se presentan objetivos, la justificación, marcos de referencia y antecedentes.



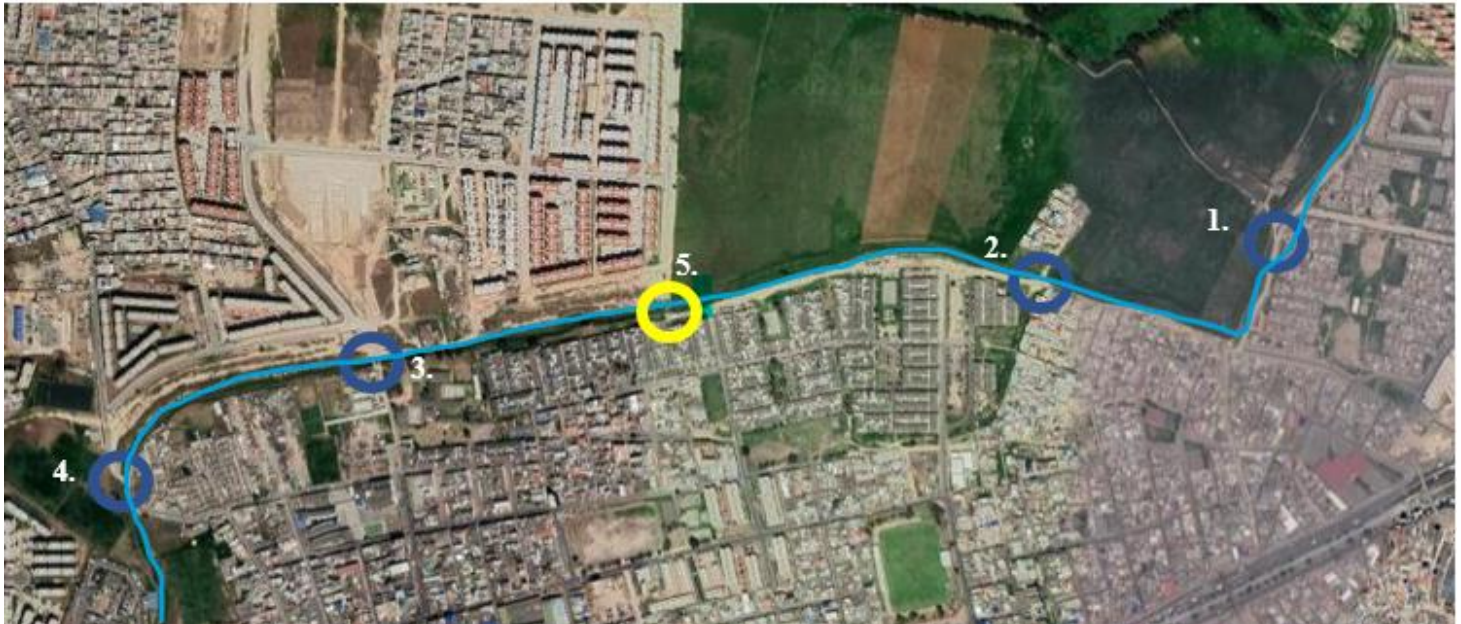
Mediante la página de la Alcaldía Municipal de Soacha se tuvo acceso al Plan de Desarrollo para el Municipio de Soacha para la Vigencia 2020–2023 (El Cambio Avanza», 2020), donde se pudo determinar que en el plan parcial las Vegas no estaba contemplado ningún proyecto en la zona específica de estudio. Del mismo modo se investigó y extrajo información de los diferentes páginas y manuales ofrecidos por las entidades gubernamentales como son el INVIAS, el IDU, el Departamento Nacional de Planeación, el Servicio Geológico Colombiano y la CAR.

En la etapa 2 se visita la zona y mediante la observación se identificarán los problemas sociales, viales y estructurales a los que la comunidad se encuentra expuesta, de este modo se ratifica o contrastara la información obtenida en la etapa 1.

En esta etapa se realizó un recorrido a lo largo del río Soacha donde se ubicaron los distintos pasos que existen y se realizó un registro fotográfico, donde se evidencia no solo la ausencia de una estructura para el paso seguro si no demás problemas sociales como la contaminación y la perspectiva de inseguridad que se genera. En la **Figura 17** se muestra el paneo general del recorrido, los círculos azules hacen referencia a los pasos existentes enumerados del 1 al 4 y que se ven reflejados fotográficamente en la **Figura 18**, **Figura 19**, **Figura 20** y **Figura 21** respectivamente. El círculo amarillo con numeración 5 es donde se propone la alternativa de paso.

**Figura 17**

*Recorrido a lo largo del río Soacha.*



Nota. Recorrido realizado, los círculos azules son los pasos que se encuentran actualmente. El círculo amarillo hace referencia al punto estratégico donde se desarrolla este trabajo.

**Figura 18**

*Paso 1 sobre el río Soacha.*



Nota. Paso 1. Entrada a finca privada donde se creó el acceso con posible relleno que bloquea casi por completo la fuente hídrica.

**Figura 19**

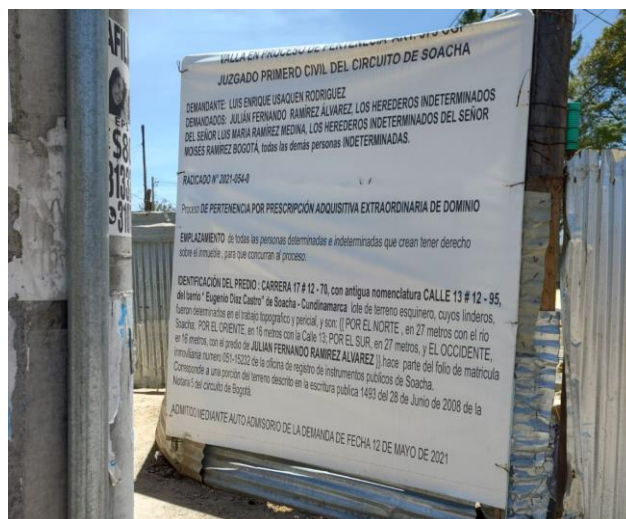
*Paso 2 sobre el río Soacha.*



*Nota.* Estructura artesanal de concreto sin diseños, creada por la comunidad para un pequeño grupo de casas.

**Figura 20**

*Paso 3 sobre el río Soacha. Puente Micos.*



*Nota.* Construcción Puente Micos. No se pudo acceder a la zona por temas legales.

## Figura 21

*Paso 4 sobre el río Soacha.*



*Nota.* Puente sin planos ni diseños de un carril vehicular utilizado en ambos sentidos, regulado por palettero no oficial y paso peatonal.

En la etapa 3 se analizará la información recolectada científicamente soportada y se procederá a redactar la propuesta exponiendo las necesidades encontradas, por estudios y trabajos hechos relacionados con temas sociales e ingenieriles, como movilidad, urbanización y estructuras.

De acuerdo con la CAR, se debe solicitar un permiso para poder realizar una estructura sobre la fuente hídrica, pero no dan unos parámetros mínimos o máximos que limiten el diseño, el enfoque de este permiso radica en la conservación y el cuidado de la fuente hídrica, donde se pretende evitar la contaminación y evaluar el impacto que la obra pueda generar. Para determinar la luz del puente se deben tener los datos hidráulicos precisos, pero para este ejercicio se tomará la luz de diseño

más corta de acuerdo con el INVIAS, esta decisión se toma en base a la topografía, pendiente y a la sección transversal del lecho.

Con la información secundaria obtenida de la población, el número de viajes y cantidad de vehículos con motor se realiza una proyección de la población donde se correlacionarán los datos y determina el número de carriles necesarios para el puente. El método de proyección poblacional será el exponencial.

$$P_f = P_{ci} * e^{k(T_f - T_{ci})}$$

Donde  $k$  es la tasa de crecimiento de la población y se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$k = \frac{\ln(P_{cp}) - \ln(P_{ca})}{T_{cp} - T_{ca}}$$

$P_{cp}$  = población del censo posterior

$P_{ca}$  = población del censo anterior

$T_{cp}$  = año correspondiente al censo posterior

$T_{ca}$  = es el año correspondiente al censo anterior

$Ln$  = logaritmo natural o neperiano.

Al obtener el número de carriles se acude al Manual de Diseño Geométrico de Vías del Instituto Nacional de Vías INVIAS en el capítulo 7 donde están los requisitos y criterios para el diseño geométrico del puente.

Finalmente se realizará un análisis y comparación económica de cada una de las alternativas donde se determinará cual es la alternativa más viable económicamente basándonos exclusivamente en diseños preliminares de fase 1 en la ejecución de un proyecto.

Los costos de materiales empleados para la construcción de las distintas alternativas se ajustarán al APU actualizado para el año 2022 de Soacha, Cundinamarca.

## 8. Resultados

La importancia que se le debe prestar a la construcción de puentes de tramo corto se magnifica cuando se realiza la comparación con otros países como por ejemplo en Estados Unidos, el Concrete Reinforcing Steel Institute verifico que más del 66% de los puentes del país tenían una luz menor a 60 pies (aproximadamente 18.28 m) (Hurd, M.K, 1985).

La ubicación del puente se basa en las diferentes alternativas, teniendo en cuenta factores ambientales, sociales, económicos e ingenieriles, así pues, el puente se debe ajustar a las condiciones existentes para sobrepasar el obstáculo facilitando el proyecto económica y pragmáticamente, previsualizando un nivel de servicio de tráfico y seguridad aceptable donde se minimice al máximo el impacto negativo sobre el ambiente y la comunidad como lo exige la CAR.

Con los mapas de zonificación geomecánica y la información recolectada del municipio, se pudo comprobar y verificar que esta zona de estudio se encuentra en una planicie que cuenta con depósitos clásticos y suelos profundos, de texturas finas, bien drenados y una reacción ligeramente acida. Soacha se encuentra localizada en la zona sísmica de amenaza intermedia limitando con zonas de amenaza alta.

El puente estaría expuesto principalmente a socavación por la acción erosiva del cuerpo de agua sobre su lecho y el impacto ambiental sobre la fuente de agua, de ahí la importancia del estudio hidráulico y el mantenimiento para reducir la contaminación y la erosión. Se considera tomar una luz de 15 m para la

construcción del puente, esto en base a la topografía, pendiente de la zona y proyectos similares señalados en el estado del arte.

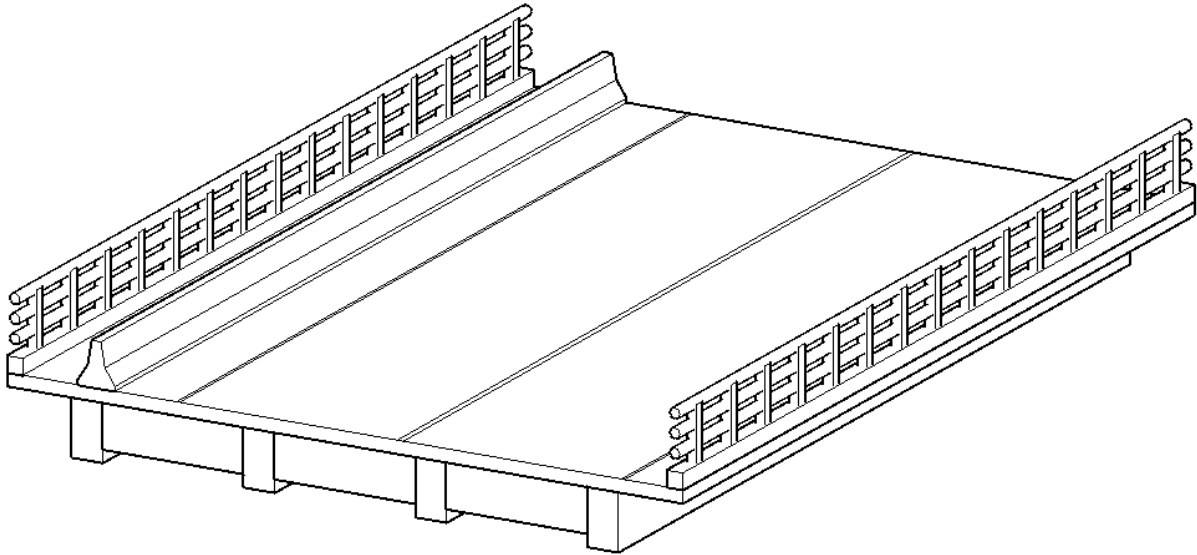
El análisis de alternativas se debe plantear primero con el contexto nacional y puntual en la ubicación de la propuesta, ya que existen muchas ideas innovadoras pero difíciles de implementar por la economía, factores sociales y políticos, de este modo se analizaran 3 puentes tipo propuestos para vías secundarias y terciarias: puente con vigas reforzadas y tablero en concreto, propuesto por el gobierno nacional mediante el Departamento Nacional de Planeación, el Ministerio de Transporte ; puente de vigas en acero y tablero en concreto, alternativa extraída del software en línea eSpan140 y el puente de losas prefabricadas pretensadas propuesto por el manual de diseño de puentes PCI (Prestressed Concrete Institute), la selección de la mejor propuesta se basara en datos cuantitativos como el costo de la superestructura y datos cuantitativos como la sensación de seguridad y el diseño arquitectónico.

El puente de vigas en concreto reforzado (**Figura 22**) simplemente apoyados propuestos por el Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Transporte para una luz de 15 m contempla una estructura recta con pendiente longitudinal inferior al 8% para vías secundarias o terciarias, la superestructuras posee un tablero en concreto reforzado con un ancho de 11 m y espesor de 0.2 m, con un criterio de velocidad máxima de 60km/h y cargas según lo establecido por la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14.



**Figura 22**

*Diseño de puente tipo vigas reforzadas.*



*Nota.* Diseñado con los criterios establecidos por el Departamento Nacional de Planeación. Construcción de puentes vehiculares en vías secundarias o terciarias. (2017).

Las propiedades de los materiales son: concreto de 28 MPa para toda la estructura, acero de refuerzo ASTM A706 con una resistencia de fluencia,  $f_y = 420$  MPa. Según los parámetros del manual de proyectos tipo, el presupuesto de obra para la superestructura ajustado en base al APU para Soacha, Cundinamarca para el año 2022 corresponde a \$167.820.347 como se refleja en la **Tabla 4**.

Tabla 4

Presupuesto superestructura puente viga reforzada 15 m.

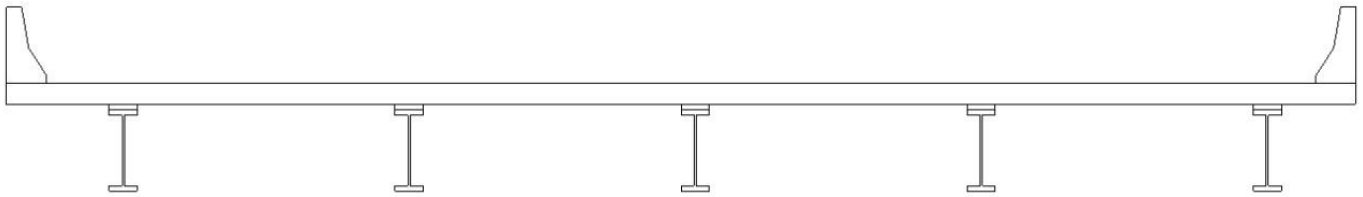
ÍTEM	CÓDIGO INVIAS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (CD)	VALOR TOTAL (CD)
		<b>SUPERESTRUCTURA</b>				
<b>1</b>		<b>CONCRETOS</b>				
1,1	B0123620	Concreto resistencia 28 MPa	m3	97	\$ 502.670	\$ 48.758.955
<b>2</b>		<b>ACERO DE REFUERZO</b>				
2,1	B0020003	Acero de refuerzo fy = 420 Mpa	Kg	17.412	\$ 4.777	\$ 83.173.728
<b>3</b>		<b>OTROS</b>				
3,1	642.1.1	Apoyos elastoméricos reforzados, PL. 1/8 " de acero A36. Dureza 60.	und	8	\$ 468.717	\$ 3.749.739
3,2	642.1.2	Apoyos elastoméricos adosados en topes sísmicos (0,30m x 0,20m x 0,025m)	und	4	\$ 209.517	\$ 838.067
3,3	642.1.3	Apoyos elastoméricos adosados en topes sísmicos (11,0m x 0,30m x 0,025m)	und	2	\$ 3.234.150	\$ 6.468.299
3,4	642.1.3	Apoyos elastoméricos adosados en topes sísmicos (11,0m x 0,30m x 0,025m)	und	2	\$ 3.234.150	\$ 6.468.299
3,5	663.1.1	Tubería perforada PVC, ASTM D 1785, de Diámetro 100 mm (4")	m	4	\$ 26.140	\$ 104.560
3,6	674.2.1	Dren horizontal de longitud mayor a 10 m (Puentes típicos)	m	22	\$ 100.832	\$ 2.218.305
3,7	673.2.1	Material granular drenante para filtro	m3	33	\$ 40.041	\$ 1.321.363
3,8	673.1.1	Geotextil tipo NT 1800	m2	144	\$ 5.378	\$ 774.456
3,9	650.2.1	Barandas metálica peatonal fy=36 Ksi-Acero A-36 ASTM	kg	1.500	\$ 5.992	\$ 8.987.481
3,10	700.1.1	Líneas de demarcación con pintura en frío	m	76	\$ 1.378	\$ 104.714
3,11	700.3.1	Marca vial con pintura en frío (Barreras New Jersey)	m2	56	\$ 24.971	\$ 1.398.363
3,12	701.1.1	Tachas reflectivas Bidireccionales	und	6	\$ 6.337	\$ 38.020
3,13	701.1.2	Tachas reflectivas Unidireccionales	und	6	\$ 4.764	\$ 28.587
3,14	710.1.1	Señal vertical de tránsito tipo I con lámina retrorreflectiva tipo IV (Marcadores de obstáculo)	und	4	\$ 362.594	\$ 1.450.377
3,15	710.2.1	Señal vertical de tránsito tipo V con lámina retrorreflectiva tipo IV	m2	8	\$ 233.835	\$ 1.870.682
3,16	740.1.1	Captafaros (Barreras New Jersey)	und	8	\$ 8.294	\$ 66.352
		<b>TOTAL SUPERESTRUCTURA PUENTE 15m</b>				<b>167.820.347</b>

Nota. Algunos materiales no se encontraron en el APU para Soacha, Cundinamarca para el año 2022 y se dejaron tal cual aparece en el presupuesto del documento base.

El puente de vigas en acero diseñado en el software eSpan140 (**Figura 23**) se basa en especificaciones de diseño de puentes AASHTO LRFD, como resultado el software nos sugiere 5 vigas en I (W30x99) separadas cada 8 ft 9.75 in entre ejes, con 3 diafragmas 2 externos y uno intermedio separados cada 25 ft, para una luz de 50 ft y un ancho de 32 ft. La losa propuesta tendrá un ancho de 8 in de concreto reforzado con refuerzo transversal # 6 cada 8 in y longitudinal #6 cada 18 in. Con estos datos y cantidades se realiza un presupuesto de la superestructura de la **Tabla 5**.

**Figura 23**

*Diseño de puente tipo vigas de acero.*



*Nota.* Diseñado con los parámetros propuestos por eSpan140.

**Tabla 5**

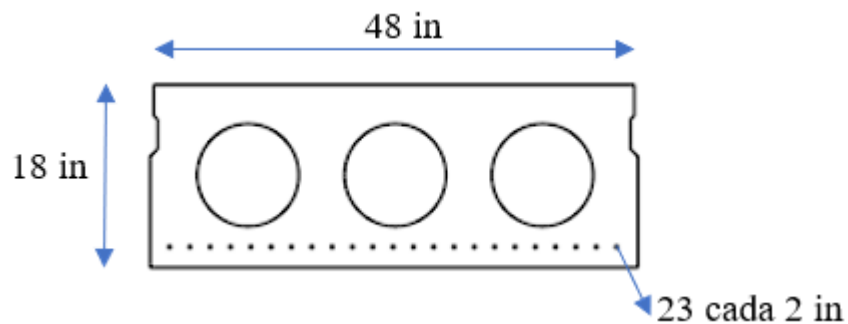
*Presupuesto superestructura puente viga en acero 15 m.*

	CÓDIGO INVIAS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (CD)	VALOR TOTAL (CD)
		<b>SUPERESTRUCTURA</b>				
<b>1</b>		<b>CONCRETOS</b>				
1,1	B0123620	Concreto resistencia 28 MPa	m3	35	\$ 502.670	\$ 17.593.437
<b>2</b>		<b>ACERO DE REFUERZO</b>				
2,1	B0020003	Acero de refuerzo fy = 420 Mpa	kg	29.272	\$ 4.777	\$ 139.826.634
		<b>TOTAL SUPERESTRUCTURA PUENTE 15m</b>				<b>157.420.072</b>

El puente de losas prefabricadas pretensadas propuesto por el manual de diseño de puentes PCI, nos facilita tipos de losas dependiendo de la luz del puente propuesto, de ese modo se selecciona para una luz de 50 ft un tipo de losa prefabricada SIII-48 (**Figura 24**) que tiene 18 in de altura y 48 in de largo. Para ocupar el ancho de calzada se emplearán 8 losas prefabricadas el cable pretensado es de  $\frac{1}{2}$  in a partir de esto se determina el costo de la superestructura.

**Figura 24**

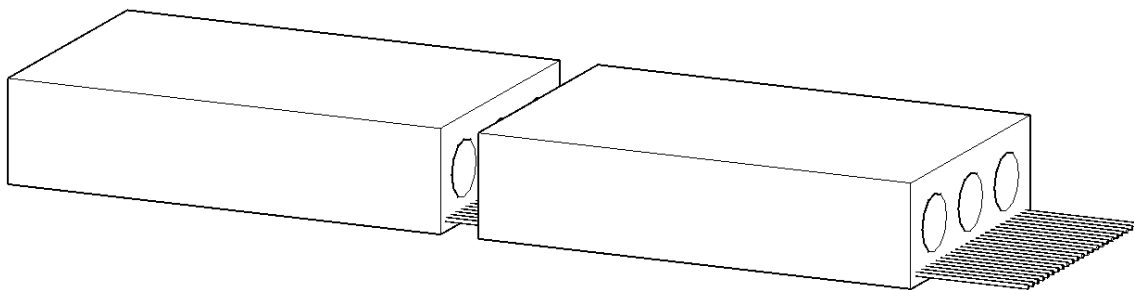
*Diseño de losa prefabricadas pretensadas.*



*Nota.* Adaptado del manual de diseño de puentes. PCI. (August, 2014).

**Figura 25**

*Empalme de los prefabricadas pretensadas.*



**Tabla 6**

*Presupuesto superestructura puente losa prefabricada pretensada 15m.*

ÍTEM	CÓDIGO INVIAS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (CD)	VALOR TOTAL (CD)
		<b>SUPERESTRUCTURA</b>				
<b>1</b>		<b>CONCRETOS</b>				
1,1	B0123620	Concreto resistencia 28 MPa	m3	93	\$ 502.670	\$ 46.748.277
<b>2</b>		<b>ACERO DE REFUERZO</b>				
2,1	B0020003	Acero de refuerzo fy = 420 Mpa	kg	18.832	\$ 4.777	\$ 89.956.791
		<b>TOTAL SUPERESTRUCTURA PUENTE 15m</b>				<b>136.705.067</b>

Con la información suministrada se decide por proponer un diseño en base al documento del INVIAS: Construcción de puentes vehiculares en vías secundarias y terciarias, donde se realizarán ajustes al diseño propuesto para satisfacer las necesidades y demandas actuales como lo es promover el uso de la bicicleta.

En la **Tabla 7** se evidencia los resultados de la proyección de población para el año 2050 en el municipio de Soacha que equivale 12.115.002 personas, otro factor relevante para emplear el método exponencial en el cálculo de la población es que Soacha aporta 2,5 billones de pesos al año al Producto Interno Bruto (PIB), siendo este el que más genera en todo el departamento de Cundinamarca (Banco de la Republica - Colombia).

**Tabla 7**

*Población de Soacha proyectada para el año 2050.*

METODO EXPONENCIAL								
Año	# Habitantes	k	2025	2030	2035	2040	2045	2050
1973	39045	0,086	<b>1880664</b>	<b>2729692</b>	<b>3962015</b>	<b>5750671</b>	<b>8346819</b>	<b>12115002</b>
1985	109000	0,093						
1993	230000	0,045						
2005	393000	0,037						
2018	634660							
	k promedio	0,075						

De acuerdo con la Alcaldía Municipal de Soacha son 300.000 habitantes los que se encuentran en los distintos barrios que conforman la comuna 2 y están separados por el río y según los datos de la Alcaldía Mayor de Bogotá por cada 3 habitantes hay un vehículo a motor, se puede concluir que son aproximadamente 100.000 vehículos a motor que podrían beneficiarse con el puente. De acuerdo con el manual de capacidades y niveles de servicio para una condición ideal de diseño de dos carriles es de 3.200 automóviles por hora, por lo tanto, si se mantienen los porcentajes de circulación respecto a los automóviles, en la proyección podemos deducir que en la zona de interés circularan alrededor de 48.000 vehículos por día, lo que equivale a 2.000 automóviles por hora y cumple con las condiciones ideales para dos carriles.

Para el diseño geométrico se debe acudir al Manual de Diseño Geométrico de Vías del Instituto Nacional de Vías INVIAS en el capítulo 7, siguiendo las recomendaciones del manual y en base a la primicia de que la seguridad del usuario debe ser la principal responsabilidad se adoptan las características donde para el diseño en planta se debe localizar el puente en una entre tangencia o en un tramo de curvatura constante, para el diseño en perfil el tramo de la pendiente debe ser constante y para la sección transversal los carriles son de 3.5 m cada uno, un paso peatonal de 1.95 m y una ciclorruta de dos carriles de 1.25 m cada uno, está en cumplimiento de Ley 1811 de 2016 donde se incentiva el uso de la bicicleta.

Con los parámetros obtenidos y realizando la respectiva comparación económica, se determina que el puente de vigas reforzadas es la alternativa más viable tal cual se evidencia en la **Tabla 8** comparando únicamente el concreto y el acero empleado en la superestructura.

**Tabla 8**

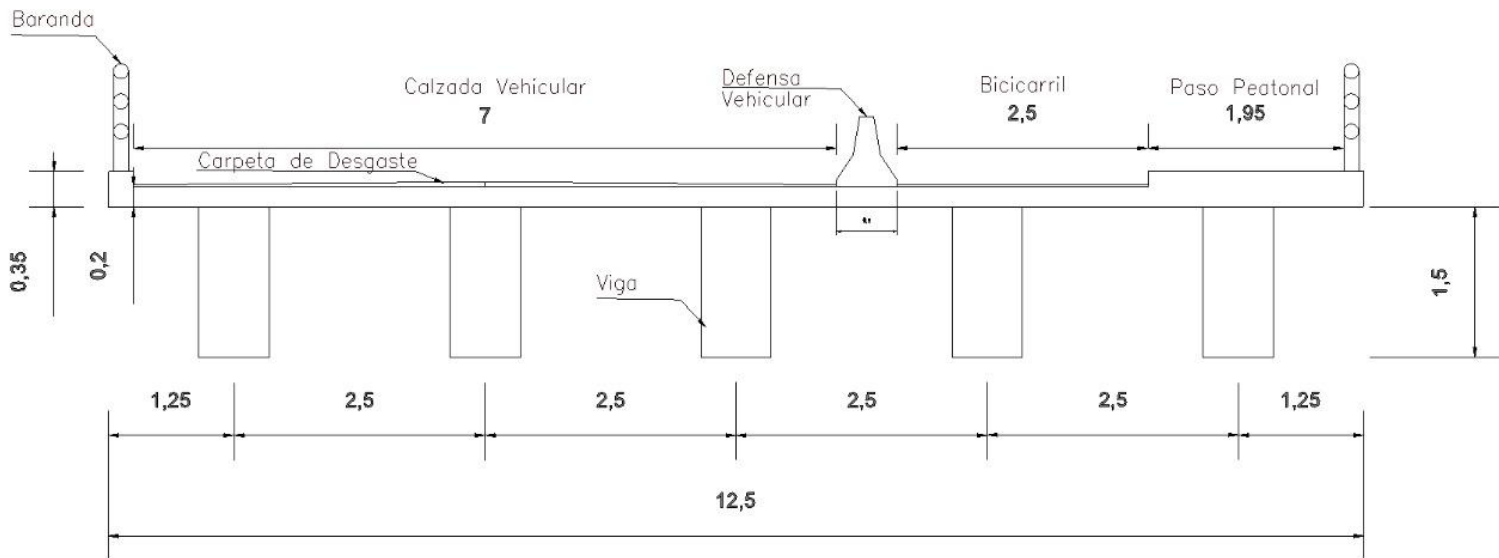
*Comparación económica entre alternativas.*

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL (CD)
1	Puente Vigas Reforzadas	\$ 131.932.683
2	Puente Vigas de Acero (eSPAN140)	\$ 157.420.072
3	Puente de lozas prefabricas Pretensadas	\$ 136.705.067

Por iniciativa propia y cumpliendo con las leyes, decretos y los manuales de diseños más actualizados, se propone la siguiente alternativa (**Figura 26**) propia teniendo como base la alternativa de vigas reforzadas que fue la más económica respecto a costos y la cual presenta y adecuada de mejor manera a la zona.

**Figura 26**

*Sección transversal puente propuesto.*



*Nota.* Autoría Propia.

El puente tendrá un costo de \$700,000,000 de pesos aproximadamente, teniendo en cuenta costos de interventoría, mantenimiento y contemplando que para la infraestructura las fundiciones serán profundas de acuerdo con el terreno y tipo de suelo en la zona. Este aproximado está acoplado a las dimensiones del diseño con los costos y presupuestos extraídos del proyecto tipo de puentes para vías secundarias y terciarias propuesto por el Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Transporte y que se encuentran en los anexos.



## 9. Conclusiones

La recopilación y generación de un estado del conocimiento fue satisfactorio. Aunque en la investigación de alternativas de paso se pueden apreciar nuevas tecnologías y materiales implementados para la construcción de puentes a lo largo del mundo, es muy difícil querer aplicarlos en una sociedad como la nuestra, ya que no existe una reglamentación para cada material innovador como los polímeros o el bambú y además no tenemos la voluntad política ni la cultura ciudadana para mantenerlos.

Se demuestra mediante este trabajo porque es importante la construcción del puente en la zona específica, en la investigación y el análisis se puede demostrar que la expansión territorial exponencial llevará a que en los próximos años lleguen más personas a Soacha y con esto la demanda de vías y estructuras que faciliten y mejoren la movilidad de las personas, respecto a la ingeniería civil se dan las pautas mínimas de prefactibilidad para que se pueda tener en cuenta este análisis y en un futuro cercano de pueda realizar dicha obra.

Con la información recolectada se realizaron las distintas alternativas de paso. De las opciones y distintas alternativas se elige el puente de vigas reforzadas que es la opción de menor costo, la evaluación ambiental o el aspecto cualitativo como la percepción de seguridad es muy difícil de evaluar debido a las grandes semejanzas que se encuentran en los puentes tipos propuestos.

## 10. Referencias

- Alcaldía Municipal de Soacha. (2021, enero). INFORME DE GESTIÓN ANUALIDAD 2020 – EL CAMBIO AVANZA.  
<https://www.alcaldiasoacha.gov.co/NuestraAlcaldia/Procedimientos/INFORME%20DE%20GESTION%20ANUALIDAD%202020%20V1.0%20EL%20CAMBIO%20AVANZA.pdf>
- Antonio Papell. (2015). HISTORIA DE LOS PUENTES ARCO. REVISTA DE OBRAS PUBLICAS, 3561(Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos), 4–6.  
[http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2015/2015\\_enero\\_3561.pdf](http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2015/2015_enero_3561.pdf)
- Bermúdez, Brayan. (2020). PUENTES INTEGRALES COMO SOLUCIÓN ECONOMICA PARA LAS ZONAS RURALES Y LAS VÍAS TERCARIAS DEL MUNICIPIO DE CUNDINAMARCA. UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO.
- BONILLA DELGADO, H. B. D. (s. f.). Análisis, diseño y proceso constructivo de un puente de hasta 15m. [Proyecto]. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN.
- DANE. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV 2018.  
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>
- Darwish, M., Almahallawi, T., Akroush, N., Kasbar, M., Amin, L., & Helmy, N. (2015). Selection criteria for short-span bridges construction methods. Paper presented at the Proceedings, Annual Conference - Canadian Society for Civil Engineering, , 2\_2015 722-731.
- De nuevo se dilata construcción de Puente Micos en Soacha. (2021, 4 enero). Periodismo Público. <https://periodismopublico.com/de-nuevo-se-dilata-construccion-de-puente-micos-en-soacha>
- Departamento Nacional de Planeación. (2002, julio). PROPUESTA PARA MEJORAR LA MOVILIDAD ENTRE BOGOTÁ Y SOACHA: EXTENSIÓN DE LA TRONCAL NORTE-QUITO-SUR DEL SISTEMA TRANSMILENIO.  
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3185.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2017). Construcción de puentes vehiculares en vías secundarias o terciarias.  
<https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/puentes/PTpuentes.pdf>

- Departamento Nacional de Planeación. (2021, julio). APOYO DEL GOBIERNO NACIONAL A LA ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA INTEGRAL DE MOVILIDAD DE LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA (PIMRC). <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4034.pdf>
- Dureau Françoise. (2002). Bogotá: una doble dinámica de expansión espacial y de densificación de espacios ya urbanizados (N.o 010031175). [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers11-03/010031175.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-03/010031175.pdf)
- ESPINOSA DÍAZ, C. D., GARCÍA ROJAS, C. A. & TRUJILLO MORA, C. M. (s. f.). SEMINARIO INTERNACIONAL ANÁLISIS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PUENTES. Universidad Libre.
- Gaitán Cardona, J. S. & Gómez Cabrera, A. (2014). USO DE LA METODOLOGÍA BRIM (BRIDGE INFORMATION MODELING) COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE DE CONCRETO EN COLOMBIA. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 24(2). [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-81702014000200009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702014000200009)
- García Giraldo, J. M. G. G., Ospina Giraldo, J. & Graciano Gómez, E. A. (2014). LA INFRAESTRUCTURA DE PUENTES EN LAS VÍAS SECUNDARIAS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA. *Revista EIA*, 22. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372014000200010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372014000200010)
- Google (s.f). Ubicación. Recuperado el 30 de agosto del 2021. En línea [<https://www.google.com/maps/@4.5852882,-74.2182699,16z?hl=es>].
- GUEVARA, V. IBARGUEN, A. MOLINA, L. HENAO, Y. (2015). MANUAL PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE PUENTES PARA UNA VIA TERCIARIA. UNIVERSIDAD LIBRE.
- Hurd, M.K. *Economical Short Span Concrete Bridges*. 1985. Recuperado en octubre de 2022. En línea: [https://www.concreteconstruction.net/how-to/construction/economical-short-span-concrete-bridges\\_o](https://www.concreteconstruction.net/how-to/construction/economical-short-span-concrete-bridges_o)
- INGEOMINAS. Zonificación Geomecánica de la Sabana de Bogotá. Subdirección de Geología Básica, Bogotá: 2005

- INSTITUTO NACIONAL DE VIAS – INVIAS & SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS. (s. f.). *MANUAL DE SERVICIOS DE CONSULTORIA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS, INTERVENTORIA DE ESTUDIOS Y DISEÑOS Y GERENCIA DE PROYECTOS EN INVIAS*.  
<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3240-manual-de-servicios-de-consultoria-para-el-invias/file>
- Kripka, M., Yepes, V. & Milani, C. J. (2019, 2 marzo). Selection of Sustainable Short-Span Bridge Design in Brazil. MDPI journals. <https://doi.org/10.3390/su11051307>
- Lamus, F. A., Andrade, S., & Urazán, C. F. (2016). Short span modular bridges of bamboo by self construction, a sustainable alternative. Paper presented at the Maintenance, Monitoring, Safety, Risk and Resilience of Bridges and Bridge Networks - Proceedings of the 8th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, IABMAS 2016, 2407-2412
- Lamus Báez, F. A., Urazán Bonells, C. F. & Andrade Pardo, S. (2014). La Guadua angustifolia como alternativa para la construcción de puentes peatonales. *Revistas Unisalle*, 1(23). <https://ciencia.lasalle.edu.co/ep/vol1/iss23/4/>
- Mejía, H. Y. (2018, 30 abril). Manual para el análisis y diseño de puentes para una vía terciaria. Universidad Libre. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/17142>
- Ministerio de Transporte, INVIAS (2017). Extraído en octubre de 2022. En línea:  
<https://onl.dnp.gov.co/sites/comunidadvirtual/Tecnologas%20%20intervenciones/Cartilla%20gu%C3%ADa%20para%20evaluaci%C3%B3n%20de%20cantidades%20y%20ejecuci%C3%B3n%20de%20presupuestos.pdf>
- Muñoz, E. & Valbuena, E. (2004). EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS PUENTES DE ACERO DE LA RED VIAL NACIONAL DE COLOMBIA. Instituto de Materiales y Modelos Estructurales. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0376-723X2004000300001](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2004000300001)
- Muñoz, W. (2002). Vista de Concesiones viales en Colombia. Historia y desarrollo. *Tecnura*, 5.  
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/5883/7369>
- Mutsuyoshi, H., Wijayawardane, I. S. K., & Nguyen, H. (2016). Construction of a short span pedestrian bridge using high corrosion resistant hybrid FRP composite beams. Paper presented at the Proceedings of the 8th International Conference on Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Composites in Civil Engineering, CICE 2016, 1275-1280

PCI. (August, 2014). BRIDGE DESIGN MANUAL. Third Edition, Second Release. ISBN 978-0-9797042-4-6.

Permiso de ocupación de cauces, playas y lechos. (2020). CAR.  
<https://www.car.gov.co/vercontenido/1166#>

PLAN DE DESARROLLO DEL MUNICIPIO DE SOACHA PARA LA VIGENCIA 2020–2023 «EL CAMBIO AVANZA»: Vol. Acuerdo No. 14. (2020). Consejo de Soacha.

ROSALBA IBARGUEN, A., MOLINA TAMAYO, L. E., GUEVARA HOYOS, V. M. & HENAO MEJIA, Y. (s. f.). MANUAL PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE PUENTES PARA UNA VIA Terciaria. Universidad Libre.

Sánchez, F. (2013, 8 mayo). *III SEMINARIO DE ACTUALIZACION EN INGENIERIA AMBIENTAL* [Seminario]. GESTION DEL RECURSO HIDRICO EN COLOMBIA, Bogotá D.C, Colombia.  
[http://www.fuac.edu.co/recursos\\_web/documentos/ing.ambiental/RECURSO\\_HIDRICO\\_EN\\_COLOMBIA\\_UAUTONOMA\\_1.pdf](http://www.fuac.edu.co/recursos_web/documentos/ing.ambiental/RECURSO_HIDRICO_EN_COLOMBIA_UAUTONOMA_1.pdf)

Scopus(s.f).Documents by year. Recuperado el 30 de agosto del 2021. En línea  
[\[https://ezproxy.uan.edu.co:2063/term/analyzer.uri?sid=164b14b754c9a104b1e906f3b1997cdd&origin=resultslist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY%28short+span+bridges%29+AND+PUBYEAR+%3e+1999&sort=cp-f&sdt=cl&sot=b&sl=52&count=165&analyzeResults=Analyze+results&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2b%2bscosubjabbr%2c%22ENGI%22%2ct&txGid=3bb4cb680afec39aed103162a2b5b899\]](https://ezproxy.uan.edu.co:2063/term/analyzer.uri?sid=164b14b754c9a104b1e906f3b1997cdd&origin=resultslist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY%28short+span+bridges%29+AND+PUBYEAR+%3e+1999&sort=cp-f&sdt=cl&sot=b&sl=52&count=165&analyzeResults=Analyze+results&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2b%2bscosubjabbr%2c%22ENGI%22%2ct&txGid=3bb4cb680afec39aed103162a2b5b899).

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO & MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2013, febrero). ZONIFICACIÓN GEOMECÁNICA Y AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL MUNICIPIO DE SOACHA – CUNDINAMARCA. ESCALA 1:25.000.

Soacha pide al DANE revisar las cifras del Censo Nacional 2018. (2019, 28 enero). El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/bogota/soacha-pide-al-dane-revisar-las-cifras-del-censo-nacional-2018-319828>

Somenson, H. M. (2015). Estudio y proyecto de puentes de Hormigón Armado [Libro electrónico]. Ediciones Diaz de Santos.

Trujillo, D. (2007). Bamboo structures in colombia. *Structural Engineer*, 85(6), 25-30.

S. Vanegas y G. Chio. “Obtención de los momentos solicitantes ms en centro de luz de un puente en concreto reforzado, simplemente apoyado mediante simulación”.

*Ingeniería Solidaria*, vol. 10, n.º 17, pp. 55-59, en.-dic., 2014. doi:

<http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.805>

## 11. Anexos.

Presupuestos y costos propuestos para cada proyecto tipo propuesto por el Departamento Nacional de Planeación. Construcción de puentes vehiculares en vías secundarias o terciarias. (2017).

No.	Luz (m)	Superestructura	Subestructura estribo 1	Subestructura estribo 2	Costo estimado interventoría	Costos ambientales estimados
1	15	171.047.614	38.281.431	38.281.431	24.261.669	20.795.717
9	15	171.047.614	177.813.169	177.813.169	48.048.761	41.184.652
10	25	320.744.667	36.702.914	36.702.914	36.752.594	31.502.224
18	25	320.744.667	191.678.509	191.678.509	63.172.523	54.147.877
19	35	472.191.869	39.823.389	39.823.389	50.193.774	43.023.235
27	35	472.191.869	229.777.771	229.777.771	82.576.818	70.780.129

	Longitud 15 m		Longitud 25 m		Longitud 35 m	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Inspección y mantenimiento	\$ 5.002.367	\$ 4.411.510	\$ 5.512.773	\$ 5.100.996	\$ 6.115.204	\$ 5.788.848

No.	Luz (m)	Total	Precio por metro de puente	Precio por metro cuadrado de puente
1	15	391.652.661	26.110.177	2.373.652
9	15	775.644.284	51.709.619	4.700.874
10	25	593.291.876	23.731.675	2.157.425
18	25	1.019.785.022	40.791.401	3.708.309
19	35	810.270.930	23.150.598	2.104.600
27	35	1.333.025.770	38.086.451	3.462.405