



# **UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL CON MENCIÓN EN  
CARRETERAS, PUENTES Y TÚNELES

**Acceso al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades  
nativas del Bajo Urubamba**

**TESIS**

Para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería Vial con mención  
en Carreteras, Puentes y Túneles

**AUTOR**

Bachiller Rimac Mayhuay, Sabino Pedro

(ORCID: 0000.0002.7757.1712)

**ASESOR**

Doctor Chávarry Vallejos, Carlos Magno

(ORCID: 0000.0003.0512.8954)

**Lima, Perú**

**2022**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos de autor**

Rimac Mayhuay, Sabino Pedro

Tipo de documento de identidad del AUTOR: DNI

Número de documento de identidad del AUTOR: 09550349

### **Datos de asesor**

Doctor Chavarry Vallejos, Carlos Magno

Tipo de documento de identidad del ASESOR: DNI

Número de documento de identidad del ASESOR: 07410234

### **Datos del jurado**

JURADO 1: Doctor Chavarry Vallejos, Carlos Magno, DNI N°7410234,  
ORCID 0000-0003-0512-8954

JURADO 2: Doctor Tamara Rodríguez, Joaquín Samuel, DNI N°31615859,  
ORCID 0000-0002-4568-9759

JURADO 3: Doctor Altamirano Herrera, Aníbal, DNI N°10426902, ORCID  
0000-0003-2940-0078

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 732527

Código del Programa: 2.01.05

## **DEDICATORIA**

A mi madre Rosa por su amor, por sus oraciones; a mi padre Bruno por cuidar de mí desde el cielo.

A mi esposa Marisol por su apoyo, a mis hijos Pierre Marie y Cossette por su comprensión.

Sabino Pedro Rímac Mayhuay

**AGRADECIMIENTO**

A mi asesor Dr. Ing. Carlos Magno Chávarry Vallejos, por su enseñanza y sus consejos para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Sabino Pedro Rímac Mayhuay

## INDICE GENERAL

<b>RESUMEN.....</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPITULO 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>14</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2.1 Problema general.....	19
1.2.2 Problemas específicos .....	19
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:.....	19
1.3.1 Objetivo general.....	19
1.3.2 Objetivos específicos .....	20
1.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	21
1.6 IMPORTANCIA .....	22
1.7 LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....	22
1.8. ALCANCE .....	23
1.9 VIABILIDAD DEL ESTUDIO.....	23
<b>CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>24</b>
2.1 MARCO HISTÓRICO.....	24
2.2 INVESTIGACIONES RELACIONADAS CON EL TEMA.....	27
2.2.1 Investigaciones internacionales .....	27
2.2.2 Investigaciones nacionales .....	30
2.2.3 Artículos relacionados con el tema .....	32
2.3 ESTRUCTURA TEÓRICA Y CIENTÍFICA QUE SUSTENTA EL ESTUDIO .....	35
2.3.1 Clasificación de la Vía .....	35
2.3.2 Geología.....	36
2.3.3 Topografía.....	38
2.3.4 Hidrografía.....	38
2.3.5 Diseño Geométrico de Carreteras.....	38
2.3.6 Diseño Geométrico de Túneles.....	42
2.3.7 Evaluación de rutas.....	45

2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	48
2.5 FUNDAMENTOS TEÓRICOS QUE SUSTENTA LAS HIPÓTESIS (FIGURA O MAPAS CONCEPTUALES).....	49
<b>CAPITULO 3 SISTEMA DE HIPOTESIS.....</b>	<b>51</b>
3.1 HIPÓTESIS .....	51
3.1.1 <i>Hipótesis general</i> .....	51
3.1.2 <i>Hipótesis específicas</i> .....	51
3.2 SISTEMA DE VARIABLES .....	51
3.2.1 <i>Definición conceptual y operacional</i> .....	51
3.2.2 <i>Operacionalización de Variables</i> .....	52
<b>CAPITULO 4 METODOLOGIA .....</b>	<b>53</b>
4.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	53
4.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	54
4.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	54
4.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	54
4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	55
4.5.1 <i>Población</i> .....	55
4.5.2 <i>Muestra</i> .....	55
4.5.3 <i>Criterios de inclusión y exclusión de la muestra</i> .....	55
4.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	55
4.6.1 <i>Técnicas</i> .....	55
4.6.1 <i>Instrumento de recolección de datos</i> .....	56
4.7 DESCRIPCIÓN DE PROCESAMIENTOS DE ANÁLISIS.....	56
<b>CAPITULO 5 PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACION.....</b>	<b>58</b>
5.1 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	58
5.1.1 <i>Descripción de las características de la zona del proyecto</i> .....	58
5.1.2 <i>Índice de validez del instrumento</i> .....	64
5.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	69
5.2.1 <i>Resultados del aspecto geológico, topográfico, hidrográfico y social</i> .....	69
5.2.2 <i>Resultados del análisis por el método de Bruce</i> .....	70
5.2.3 <i>Resultados del análisis por el método de costos evitados</i> .....	71

5.3 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....	72
5.3.1 <i>Contrastación de las hipótesis específicas</i> .....	72
5.3.2 <i>Interpretación de los resultados</i> .....	74
5.4 DESARROLLO DEL PROYECTO.....	76
5.4.1 <i>Geología de la zona de estudio</i> .....	76
5.4.2 <i>Hidrografía de la zona de estudio</i> .....	82
5.4.3 <i>Topografía de la zona de estudio</i> .....	84
5.4.4 <i>Aspecto Social de la zona de estudio</i> .....	89
5.4.5 <i>DETERMINACIÓN DE LA RUTA OPTIMA POR EL MÉTODO DE BRUCE</i> .....	91
5.4.6 <i>Determinación de la ruta optima por el método de costos evitados</i> .....	98
<b>GUIA DE DESARROLO DE PROYECTO .....</b>	<b>103</b>
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>106</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>110</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>111</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>116</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Vista planta del Pongo de Mainique.....	18
<b>Figura 2</b> Paso por el Pongo de Mainique en época de estiaje .....	18
Figura 3 Paso por el Pongo de Mainique en época de avenidas .....	19
<b>Figura 4</b> Representación esquemática de los procesos gradacionales en la naturaleza ..	36
<b>Figura 5</b> Tipos de fallas geológicas.....	37
<b>Figura 6</b> Elementos de las curvas horizontales .....	40
<b>Figura 7</b> Elementos de la curva vertical asimétrica .....	41
<b>Figura 8</b> Sección transversal típica para carretera en poblaciones rurales .....	42
<b>Figura 9</b> Sección típica de túnel de una galería, bidireccional .....	45
<b>Figura 10</b> Metodología de cálculo del costo evitado por la pérdida de vidas humanas	47
<b>Figura 11</b> Metodología de cálculo del costo evitado del tiempo adicional de viaje .....	48
<b>Figura 12</b> Metodología de cálculo del costo evitado del gasto adicional en pasajes.....	48
<b>Figura 13</b> Mapa conceptual de la investigación .....	50
<b>Figura 14</b> Ubicación de la zona de estudio .....	58
<b>Figura 15</b> Tipo de vehículos que circulan por la zona del proyecto .....	60
<b>Figura 16</b> Frecuencia por el río Urubamba atravesando el Pongo de Mainique .....	66
<b>Figura 17</b> Motivo de Viajes por el río Urubamba pasando por el Pongo de Mainique .	67
<b>Figura 18</b> Riesgo de transporte fluvial en el río Urubamba pasando por el Pongo de Mainique .....	68
<b>Figura 19</b> Razón por lo que el usuario considera de alto riesgo navegar el río Urubamba pasando por el Pongo de Mainique .....	68
<b>Figura 20</b> Columna estratigráfica de los cuadrángulos de Sapahua, Miaria, Unión, Kiriguete, Camisea y río Cashpajali .....	79
<b>Figura 21</b> Falla en el Pongo de Mainique .....	80
<b>Figura 22</b> Mapa estructural cuadrangulos 24q y 24p.....	81
<b>Figura 23</b> Perfil del terreno Tramo Saniriato-Río Pomoreni (margen izquierda) .....	84
<b>Figura 24</b> Perfil del terreno Tramo Río Pomoreni-Saringaveni (margen izquierda).....	85
<b>Figura 25</b> Perfil del terreno Tramo Saringaveni-Nueva Luz (margen izquierda) .....	86
<b>Figura 26</b> Perfil del terreno Tramo Saniriato. Río Yoyato (margen derecha) .....	87
<b>Figura 27</b> Perfil de terreno Tramo Río Yoyato-Río Ticumpinia (margen derecha) .....	88
<b>Figura 28</b> Perfil de terreno Tramo Río Ticumpinia - Nueva Luz (margen derecha).....	89
<b>Figura 29</b> Plano Planta General, Ruta 1 .....	93

<b>Figura 30</b> Plano Planta General, Ruta 2 .....	95
<b>Figura 31</b> Plano Planta General, Ruta 3 .....	97

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Sistema Vial y Competencias .....	35
<b>Tabla 2</b> Clasificación por Orografía.....	38
<b>Tabla 3</b> Pendientes y Rampas Máximas .....	44
<b>Tabla 4</b> Matriz de Operacionalización de Variables .....	52
<b>Tabla 5</b> Coordenadas del Inicio y Fin del Tramo de Estudio .....	58
<b>Tabla 6</b> Red Vial Vecinal o Rural de la Región Cusco.....	59
<b>Tabla 7</b> Red Vial Vecinal o Rural de la Provincia de La Convención .....	59
<b>Tabla 8</b> Ríos Importantes Afluentes del Rio Urubamba .....	61
<b>Tabla 9</b> Características de las Carreteras Vecinales en el Entorno del Proyecto .....	62
<b>Tabla 10</b> Accidentes en el Pongo de Mainique .....	63
<b>Tabla 11</b> Costo de Transporte a través del Rio Urubamba.....	64
<b>Tabla 12</b> Tiempo de Viaje entre Saniriato y Camisea .....	64
<b>Tabla 13</b> Ocupación Principal de la Población del Bajo Urubamba .....	65
<b>Tabla 14</b> Resultado de las entrevistas sobre el Riesgo de transporte fluvial a través del rio Urubamba pasando por el Pongo de Mainique .....	67
<b>Tabla 15</b> Cuadro comparativo de la longitud resistente de la Rutas, de ida y retorno... 70	70
<b>Tabla 16</b> Orden de prelación de las Rutas en función de su longitud resistente .....	71
<b>Tabla 17</b> Cuadro comparativo entre costos de inversión y costos evitados.....	72
<b>Tabla 18</b> Ríos afluentes del rio Urubamba en el tramo de estudio-margen derecha .....	82
<b>Tabla 19</b> Ríos afluentes del rio Urubamba en el tramo de estudio-margen izquierda... 83	83
<b>Tabla 20</b> Centros Poblados - margen derecha.....	90
<b>Tabla 21</b> Centros Poblados - margen izquierda.....	91
<b>Tabla 22</b> Calculo de desniveles perjudiciales por contrapendientes y por exceso de pendientes, de ida y retorno, Ruta 1 .....	94
<b>Tabla 23</b> Calculo de la longitud resistente de ida y retorno, Ruta 1 .....	94
<b>Tabla 24</b> Calculo de desniveles perjudiciales por contrapendientes y por exceso de pendientes, de ida y retorno, Ruta 2.....	96
<b>Tabla 25</b> Calculo de longitud resistente de ida y retorno, Ruta 2.....	96
<b>Tabla 26</b> Calculo de desniveles perjudiciales por contrapendientes y por exceso de pendientes, de ida y retorno, Ruta 3.....	98
<b>Tabla 27</b> Calculo de longitud resistente de ida y retorno, Ruta 3.....	98
<b>Tabla 28</b> Costo evitado del tiempo adicional de viaje .....	99
<b>Tabla 29</b> Costo evitado del gasto adicional en pasajes .....	100

<b>Tabla 30</b> Costo evitado de la pérdida de vidas humanas.....	100
<b>Tabla 31</b> Costo evitado de las tres Rutas .....	101
<b>Tabla 32</b> Costo de inversión estimada - Ruta 1 .....	101
<b>Tabla 33</b> Costo de inversión estimada - Ruta 2.....	102
<b>Tabla 34</b> Costo de inversión estimada - Ruta 3.....	102

## RESUMEN

La presente investigación trata sobre el acceso al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del Bajo Urubamba, que tuvo como objetivo principal determinar la ruta óptima para el acceso al servicio de transitabilidad vehicular de las comunidades nativas del Bajo Urubamba mediante la evaluación de los diseños geométricos de las rutas trazadas por el método de Bruce y análisis de costos evitados. Por lo tanto, en el presente trabajo se aportan los resultados de la investigación respecto a la ruta óptima, desarrollada en el tramo Centro Poblado de Saniriato (Echarati) y el Centro Poblado de Nueva Luz (Megantoni), donde existe el riesgo de transporte de las comunidades nativas del Bajo Urubamba al navegar el río Urubamba atravesando el pongo de Mainique para poder acceder al distrito Echarati, provincia La Convención y la ciudad de Cusco. La determinación de la ruta óptima, se basó en el análisis de la información geológica, topográfica, hidrográfica y social de la zona de estudio, la evaluación de las longitudes resistentes de los trazos y la estimación de beneficios mediante el método de Bruce y análisis de Costos Evitados respectivamente. El método de la investigación fue de carácter deductivo y de enfoque explicativo. Finalmente, de las tres rutas trazadas, la ruta 2 resultó como la ruta óptima desde el enfoque de Bruce y de Costos evitados, con una longitud de 150.11 km y que dentro de su análisis plantea la construcción de un túnel de 3.7 km de longitud para atravesar la cordillera de Vilcabamba en las vecindades del pongo de Mainique.

**Palabras clave:** Topografía, línea de gradiente, curvas de nivel, Túnel, ruta, pendiente longitudinal y transversal del terreno, costos evitados.

## ABSTRACT

The present investigation deals with access to the vehicular transit service for the native communities of the Lower Urubamba, whose main objective was to determine the optimal route for access to the vehicular transit service of the native communities of the Lower Urubamba through the evaluation of the designs. geometry of the routes traced by the Bruce method and analysis of avoided costs. Therefore, in the present work the results of the investigation are provided regarding the optimal route, developed in the section of the Populated Center of Saniriato (Echarati) and the Populated Center of Nueva Luz (Megantoni), where there is a risk of transporting the native communities of the Lower Urubamba by navigating the Urubamba River through the Pongo de Mainique in order to access the Echarati district, La Convencion province and the city of Cusco. The determination of the optimal route was based on the analysis of the geological, topographic, hydrographic and social information of the study area and the evaluation of the resistant lengths of the lines and the estimation of benefits through the Bruce method and analysis of Avoided Costs respectively. The research method was deductive and explanatory in nature. Finally, of the three routes traced, route 2 turned out to be the optimal route from the approach of Bruce and Avoided Costs, with a length of 150.11 km and that within its analysis proposes the construction of a 3.7 km long tunnel to cross the Vilcabamba mountain range in the vicinity of Pongo de Mainique.

**Keywords:** Topography, gradient line, contour lines, tunnel, route, longitudinal and transversal slope of the terrain, avoided costs.

## INTRODUCCION

El acceso al servicio de transitabilidad vehicular es uno de los aspectos muy importantes para el desarrollo de un país, para ello se necesita contar con una infraestructura vial en condiciones de transitabilidad, que interconecte y articule las comunidades, los centros poblados con los distritos y estos con la provincia, a nivel departamental y nacional. Los beneficios que trae un medio de transporte como la infraestructura vial son enormes, desde el simple hecho de que un padre de familia pueda ir a su trabajo haciendo uso de la carretera y regresar por la tarde para estar con su familia, como en facilitar la distribución de bienes y servicios para el desarrollo de un país y mejorar la calidad de vida de su población.

En el caso de las comunidades nativas del Bajo Urubamba, del distrito de Megantoni, provincia La Convención, departamento de Cusco, carecen del acceso al servicio de transitabilidad vehicular. El medio de transporte de las comunidades nativas del Bajo Urubamba es mediante el transporte fluvial, que para comunicarse con el distrito de Echarati deben atravesar el pongo de Mainique, siendo la navegación de alto riesgo por las características de la zona. Por lo referido, la presente investigación realiza la búsqueda de la Ruta óptima desde un enfoque técnico y económico para interconectar mediante infraestructura vial la población del Bajo Urubamba con el distrito de Echarati, realizándose la investigación en el tramo: centro poblado de Saniriato (distrito de Echarati) hasta el centro poblado de Nueva Luz (distrito de Megantoni).

La determinación de la ruta óptima para interconectar el Bajo Urubamba con el distrito de Echarati mediante una infraestructura vial, permitirá el desarrollo de las comunidades nativas del Bajo Urubamba, pero sobre todo reducirá el riesgo, costo y tiempo de transporte fluvial actual a través del río Urubamba pasando por el pongo de Mainique. Así mismo, dichos resultados podrán ser empleados para la realización de los estudios definitivos de ingeniería.

Los hechos que motivaron la presente investigación fueron las restricciones que padece la población del Bajo Urubamba al no tener una infraestructura vial para comunicarse con el exterior, no obstante que en la actualidad es una entidad administrativa al haberse creado el distrito de Megantoni y cuenta con altos recursos

económicos producto del Canon gasífero (Gas de Camisea). En ese sentido, con la presente investigación se propone una alternativa de transporte seguro respecto al transporte fluvial, mediante la determinación de la ruta óptima.

El objetivo de la investigación es determinar la ruta óptima para el acceso al servicio de transitabilidad vehicular de las comunidades nativas del Bajo Urubamba mediante la evaluación de los diseños geométricos de las rutas trazadas por el método de Bruce y análisis de costos evitados, en el año 2021. Para este fin, se han planteado cuatro objetivos específicos:

- ✓ Analizar la información topográfica, geológica, hidrográfica y social para establecer los puntos de paso de la línea de gradiente mediante la evaluación de las características físicas del terreno.
- ✓ Realizar los trazos de la línea de gradiente considerando túnel y sin túnel para el diseño geométrico de la carretera según DG-2018 y mediante el software civil 3D.
- ✓ Comparar los resultados de los diseños geométricos de las rutas trazadas para determinar la ruta óptima mediante el método de Bruce.
- ✓ Estimar los beneficios en costo, tiempo y riesgo de transporte de las rutas trazadas para determinar la ruta óptima mediante el análisis de Costos Evitados.

El desarrollo de cada uno de los objetivos ha permitido determinar el objeto de la investigación, desde el análisis de la información geológica, topográfica, hidrográfica y social para determinar el área para el trazo de la línea de gradiente de las rutas y su diseño geométrico según DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, como la evaluación de las rutas por el método de Bruce y análisis de Costos Evitados para determinar la ruta óptima.

La tesis contiene cinco capítulos: en el capítulo I, se tiene el planteamiento del problema, en el cual se desarrolla la formulación del problema, objetivos de la investigación, delimitación de la investigación, justificación, importancia, limitaciones del estudio, alcance y la viabilidad del estudio. En el capítulo II, se tiene el marco teórico, donde se desarrolla el marco histórico, la estructura teórica y científica que sustenta el estudio, definición de términos básicos y fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis. En el capítulo III, se tiene el sistema de hipótesis, donde se desarrolla la hipótesis general

y específica, y sistema de variables. En el capítulo IV, se tiene la metodología, en el cual se desarrolla el método e investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y descripción de procesamiento de análisis. En el capítulo V, se tiene presentación y análisis de resultados, en el cual se desarrolla la presentación de los resultados, análisis de resultados, contrastación de hipótesis y desarrollo del proyecto. Finalmente se tiene la discusión, conclusiones y recomendaciones.

Cada uno de los capítulos han permitido desarrollar el trabajo de la investigación de una manera sistemática con lo que se ha podido determinar la ruta óptima para el acceso al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del Bajo Urubamba, distrito de Megantoni, provincia La Convención, departamento de Cusco.

## CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

El acceso a la transitabilidad y la transitabilidad vehicular propiamente dicha es uno de los aspectos muy importantes para el desarrollo de un país, los beneficios que trae consigo que un país cuente con la infraestructura vial que interconecte y articule sus pueblos, se manifiesta en el desarrollo de éstos; una infraestructura vial transitable facilita el transporte de pasajeros, transporte de mercancías, mejora la seguridad y la comodidad del usuario.

MTC (2019) indica que, en el Perú hasta el año 2019 se tenía 168,953.9 km de carreteras a nivel nacional entre pavimentadas y no pavimentadas, de los cuales 22,175.2 km son carreteras nacionales; 27,639.6 km carreteras departamentales y 114,260.5 km carreteras vecinales. En el caso de la región Cusco, se tiene un total de 17,502.9 km de carreteras, entre pavimentadas y no pavimentadas, de los cuales 2,034.10 km pertenecen a la red nacional, 2,807.2 km a la red departamental y 12,661.1 km a la red vecinal, de los cuales 12,361.50 km son no pavimentadas; es decir, el 70.6% de la infraestructura vial existente en la región Cusco son carreteras vecinales sin pavimentar. Pero, existen en nuestro país caseríos, centros poblados y distritos que aún no cuentan con una infraestructura vial que los conecte y articule con el resto de los distritos ó regiones, tal es el caso de las comunidades nativas del Bajo Urubamba (distrito de Megantoni).

El distrito de Megantoni se encuentra ubicado en la provincia de La Convención, departamento de Cusco; posee 18 centros poblados entre ellos se tienen: Miaria, Nueva Luz, Nuevo Mundo, puerto Huallana, Puerto Rico, Sensa, Nueva Vida, Kiriguetti, Kochiri, Tangoshiari, Shivankoreni, Timpia, Segakiato, Cashiriari, Ticumpinia, Camaná, Taini y Kamisea; su capital es el centro poblado de Camisea cuyas coordenadas son longitud 72°57'43", latitud 11°43'2" y altitud de 359 msnm. Limita al norte con el distrito de Sepahua, en la provincia de Atalaya-región Ucayali. Por el este con el distrito de Fitzcarrald, en la provincia de Manu – Región Madre de Dios. Por el sur y oeste con el distrito de Echarati – región Cusco, (Municipalidad Distrital de Megantoni, 2020).

INEI (2017) indica que, según datos del Censo del año 2017 el Distrito de Megantoni alcanza 6962 habitantes, y para el año 2020 tiene una población proyectada

de 7499 habitantes. (Boletín especial N° 26, Instituto Nacional de Estadística e Informática).

La población del Bajo Urubamba integrada principalmente por comunidades nativas, depende del transporte fluvial a través del río bajo Urubamba, por el sur desde el puerto fluvial de Ivochote atravesando el pongo de Mainique (aguas abajo) y desde el norte desde el puerto fluvial de Sepahua (aguas arriba), en promedio 9.5 horas de viaje, para el suministro de alimentos, medicinas, materiales, servicios de educación, salud y otros, los cuales provienen de la ciudad de Cusco y la ciudad de Ucayali respectivamente; así como la Municipalidad Distrital de Megantoni, para la gestión y ejecución de sus proyectos dependen principalmente de este medio de transporte para el suministro de materiales, insumos, personal técnico, profesional, mano de obra calificada y otros; en síntesis, el acceso al Distrito de Megantoni a través del transporte fluvial por el pongo de Mainique es limitada, restringido y peligroso, sufriendo muchas veces los usuarios accidentes (naufragios) con pérdida de vidas humanas, y en lo económico el alto costo con que llega todo producto y servicio, como también la demora en el tiempo de transporte, acentuándose estos problemas en las épocas de diciembre a abril donde los viajes son muy peligrosos, limitados y en muchas ocasiones suspendidos (Municipalidad Distrital de Megantoni, 2020).

El medio de transporte entre el distrito de Megantoni y el distrito de Echarati, se desarrolla a través del transporte fluvial, navegando el río Urubamba en embarcaciones denominadas botes Pongueros, que son los que atraviesan el pongo de Mainique. Son embarcaciones menores de madera, con un calado máximo de Dos (02) pies y una eslora máxima de Treinta (30) m, propulsada por motores fuera de borda de 40 a 65 HP para el transporte de carga y pasajeros; atraviesan el pongo de Mainique hasta llegar a Ivochote (alto Urubamba), a partir de este centro poblado, existe conexión por carretera con la ciudad de Quillabamba, capital de la provincia de La Convención (Dirección Hidrográfica Nacional y Dirección General de Transporte Acuático, 2008).

El río Urubamba que nace en los glaciales de Cunurana, a 5443 msnm entre Cusco y Puno, en el nudo de Vilcanota cuyas aguas en su recorrido riegan el valle sagrado de los incas y reciben los aportes de los diferentes ríos atraviesan el pongo de Mainique, cuyas montañas forman parte de la cadena oriental, y es allí donde termina, para dar el

inicio a la llanura amazónica, dividiéndose en dos tipos de relieve: el Alto Urubamba que son las montañas, y el Bajo Urubamba que son llanuras (Dirección Hidrográfica Nacional y Dirección General de Transporte Acuático, 2008).

El Pongo de Mainique tiene una longitud aproximado de 3.6 km, anchura promedio de cauce de 40m, estas características geológicas hacen que la velocidad del rio en este tramo se incremente vertiginosamente, con presencia de olas, tumbos y remolinos, que hacen que su navegabilidad sea peligrosa, incrementándose este peligro en las épocas de avenida como son los meses de diciembre a abril. Es de indicar que, los conductores fluviales no cuentan con licencia de navegabilidad otorgado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para navegar el tramo Puerto fluvial de Ivochote y el Pongo de Mainique; por ello, las empresas aseguradoras no otorgan las pólizas de seguro contra accidente (Municipalidad Distrital de Megantoni, 2020).

Palain (2021) de financial Tames al respecto de navegar por el pongo de Mainique, recuerda de un viaje salvaje en el que tuvo dificultades para superar el tramo del pongo por la presencia de fuertes olas en un cauce estrecho con rocas sobresalientes, evidenciando en su narración la peligrosidad de navegar a través del pongo, que pone en riesgo la integridad de los usuarios.

El peruano (2004) el 18 de agosto de 2004, el gobierno central estableció como Santuario Nacional de Megantoni lo que es el Pongo de Mainique y sus alrededores con una superficie de 215,868.96 hectáreas con la finalidad de conservar como intangible la flora y la fauna (ecosistema) que se desarrollan en las montañas de Megantoni entre los que destacan el Pongo de Mainique, así mismo dicho decreto, prohíbe que se establezcan nuevos asentamientos humanos al interior del Santuario diferentes a los grupos étnicos ya existentes en el lugar.

Bajo la premisa de que Megantoni, pertenece a un santuario nacional y es intangible, no ha existido planteamientos o iniciativas de solución al problema existente por parte de las autoridades para que sus habitantes cuenten con el acceso al servicio de transitabilidad vehicular; la protección de la Biodiversidad es muy importante, pero también la vida humana es valiosa y velar por su desarrollo es responsabilidad del estado.

El estado peruano creó el distrito de Megantoni el 6 de julio del año 2016 mediante la Ley N° 30481 durante el gobierno del presidente Ollanta Humala Tasso; hasta entonces el Megantoni pertenecía al Distrito de Echarati. A partir de la creación como distrito, Megantoni recibe importante presupuesto proveniente del canon gasífero, con lo que se han iniciado una serie de inversiones en diferentes proyectos, sin embargo, aún sigue sin tener acceso al servicio de transitabilidad vehicular (El Peruano, 2016).

Finalmente, es importante precisar que, la presente investigación que consiste en la búsqueda de la ruta óptima para el Bajo Urubamba, obedece a una causa fundamental que es la falta de acceso mediante una infraestructura vial para las comunidades nativas del Bajo Urubamba, para que puedan comunicarse con el distrito de Echarati y la provincia de La Convención a través de un medio de transporte seguro y así evitar el paso a través del pongo de Mainique, el origen de dicha causa puede estar asociado a diferentes razones, de tipo ambiental, geográfico, normativo, económico, falta de interés, etc.; lo concreto es el accidente geográfico existente en el sector del pongo de Mainique, tramo en el que el transporte fluvial es de alto riesgo y de otra parte la declaratoria de intangibilidad al pongo de Mainique y sus alrededores, estableciéndose como Santuario Nacional de Megantoni por el gobierno central en el año 2004, lo que habría motivado que las condiciones permanezcan sin mayores cambios, no obstante, que al crearse posteriormente como un distrito, ya requería desarrollarse como tal.

De no dar atención al problema de transitabilidad vehicular, el transporte fluvial a través del pongo de Mainique seguirá siendo de alto riesgo, limitado y restringido, lo que resultará en la pérdida de vidas humanas, alto costo de los productos y servicios, demora en el tiempo de viaje y en síntesis un desarrollo lento del distrito de Megantoni. Por lo antes expuesto, la presente investigación busca realizar el estudio al acceso de servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del Bajo Urubamba (distrito de Megantoni) con la finalidad de mejorar el sistema de transporte de carga y pasajeros.

## Figura 1

### *Vista planta del Pongo de Mainique*



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Pongo+de+Mainique>

## Figura 2

### *Paso por el Pongo de Mainique en época de estiaje*



Fuente: Web: [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fmapio.net%2Fpic%](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fmapio.net%2Fpic%2F)

### Figura 3

*Paso por el Pongo de Mainique en época de avenidas*



Fuente: Web: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fm.dragonrest.net%2F>

## 1.2 Formulación del Problema

### 1.2.1 Problema general

- ¿Cuál es la ruta óptima para acceder al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del Bajo Urubamba, Megantoni - Cusco en el año 2021?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿De qué manera las condiciones topográficas, geológicas, hidrográficas y sociales de la zona de estudio determinan el emplazamiento del trazo?
- ¿De qué manera el trazo de la línea de gradiente permite determinar la ruta óptima?
- ¿En qué medida con el acceso al servicio de transitabilidad vehicular, se podría reducir el costo, tiempo y riesgo de transporte en el Bajo Urubamba?

## 1.3 Objetivos de la Investigación:

### 1.3.1 Objetivo general

- Determinar la ruta óptima para el acceso al servicio de transitabilidad vehicular de las comunidades nativas del Bajo Urubamba mediante la evaluación de los diseños geométricos de las rutas trazadas por el método de Bruce y análisis de costos evitados, en el año 2021.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar la información topográfica, geológica, hidrográfica y social para establecer las áreas para el trazo de la línea de gradiente mediante la evaluación de las características físicas del terreno.
- Realizar los trazos de la línea de gradiente considerando túnel y sin túnel para el diseño geométrico de la carretera según DG-2018 y mediante el software civil 3D.
- Comparar los resultados de los diseños geométricos de las rutas trazadas para determinar la ruta óptima mediante el método de Bruce.
- Estimar los beneficios en costo, tiempo y riesgo de transporte de las rutas trazadas para determinar la ruta óptima mediante el análisis de Costos Evitados.

### **1.4 Delimitación de la investigación**

- En cuanto a la delimitación geográfica, la investigación se desarrolla en el tramo: Saniriato (distrito de Echarati) y Centro Poblado de Nueva Luz (distrito de Megantoni) del departamento de Cusco.
- En lo concerniente al aspecto temporal, el proyecto de investigación se desarrolla durante los meses de octubre del 2021 al mes de febrero de 2022.
- En cuanto a la temática se tiene lo siguiente: Campo: Infraestructura de carreteras, área académica: Diseño Geométrico, línea de investigación: Obras viales, sub línea de investigación: Diseño.
- En lo que corresponde a muestral, se realizará el estudio del riesgo de transporte fluvial en el puerto de Ivochote, como también se investigará sobre los accidentes ocurridos en el tramo puerto fluvial Ivochote – Nueva Luz, incidiendo en el paso por el pongo de Mainique, se recopilará la información sobre la incidencia del transporte fluvial en los costos y tiempos de transporte, se recopilará información geológica, hidrográfica, topográfica y social de fuentes primarias para realizar los trazos de la línea de gradiente y el diseño geométrico de la vía, para finalmente plantear el trazo óptimo de la carretera mediante la evaluación por el método de Bruce y análisis de Costos Evitados para la interconexión de las comunidades nativas del Bajo Urubamba (distrito de Megantoni) con el distrito de Echarati.

### **1.5 Justificación del estudio (teórica, practica y metodológica)**

- La presente investigación es conveniente porque se trata de conocer la ruta óptima a través del cual se podría dar acceso al servicio de transitabilidad vehicular a las comunidades nativas del Bajo Urubamba, distrito de Megantoni.
- La presente investigación tiene trascendencia, porque al acceder el distrito de Megantoni al servicio de transitabilidad vehicular mediante la construcción de una infraestructura vial que interconecte el medio y el bajo Urubamba, permitirá reemplazar el transporte fluvial de alto riesgo a través del pongo de Mainique, por un transporte seguro con lo que se reducirá el riesgo, tiempo y costo de transporte, lo que se reflejará de manera positiva en los precios de los alimentos, medicina, materiales y otros en beneficio de la población del bajo Urubamba; Así mismo, permitirá que el productor y el ganadero puedan trasladar sus productos al mercado externo de la provincia y de la región y por último se dará mayor apertura al turismo, teniendo en cuenta que, por el riesgo que implica navegar el pongo de Mainique, restringe a las personas el acceso a esta parte del territorio.
- En cuanto al valor teórico, se justifica porque los resultados de la investigación podrá ser empleado como fuente de consulta para poder desarrollar los estudios definitivos de ingeniería con fines de construir la obra vial, también podrá servir para futuros investigadores que busquen articular las diferentes comunidades nativas del distrito mediante infraestructura vial bajo el enfoque técnico y económico; así mismo, la investigación podrá ayudar a crear un nuevo instrumento de recolección de datos.
- En cuanto a aplicaciones prácticas, se justifica porque se trata de conocer la ruta óptima a través del cual se podría dar acceso al servicio de transitabilidad vehicular a las comunidades nativas del Bajo Urubamba. Actualmente no se cuenta con estudios previos y menos con planteamiento de alternativas que permitan conocer el área o región por donde se emplazaría la ruta para interconectar el Bajo Urubamba con el distrito de Echarati. En ese sentido, se pretende dar a conocer la ruta óptima cuya evaluación aborda dos aspectos, la longitud resistente de la ruta en función de las pendientes perjudiciales y el costo

evitado, cuyo enfoque permitirá establecer bases inclusive para futuros estudios.

- En cuanto a la utilidad metodológica, se justifica porque el instrumento de recolección elaborado presenta una guía de entrevista mediante el cual se conoce el riesgo de transporte a través del Pongo de Mainique, así mismo, las fichas elaboradas para la recolección de datos sobre el aspecto topográfico, geológico, hidrográfico y social, permiten determinar las características del terreno para el emplazamiento de las rutas; finalmente, se tiene la evaluación de los aspectos referentes al costo, tiempo y riesgo de transporte para la cuantificación de los beneficios (costo evitado), lo que permite determinar la ruta óptima y esta metodología se puede replicar en proyectos similares con una ubicación diferente.

### **1.6 Importancia del estudio**

- Es importante el estudio porque permitirá determinar la ruta óptima para el acceso al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del Bajo Urubamba, con lo que se podrá sustituir el actual transporte fluvial, reduciendo riesgos, costos y tiempos de transporte entre el distrito de Echarati y el distrito de Megantoni.
- La investigación permitirá ampliar los conocimientos en lo referente a la selección de la ruta óptima.

### **1.7 Limitaciones del estudio**

- Respecto a la falta de estudios previos de investigación, no se dispone de estudios detallados de la geología local y topografía detallada de la zona de investigación, por ejemplo, planos topográficos a escala 1/25000 o escalas menores, por ello se debe recurrir a planos, cartas y mapas nacionales para el desarrollo de la investigación. Así mismo no se cuenta con fuentes documentales que señale que la navegación por el pongo de Mainique es de alto riesgo, información que es necesaria para determinar la ruta óptima por el método de Costos evitados.
- En cuanto a las limitaciones metodológicas o prácticos, es de indicar que, la

investigación se realiza a partir de información primaria como son mapas, planos y cartas nacionales, por lo que es posible que exista cierto sesgo en los resultados respecto a la realidad física del terreno. No obstante, también es importante indicar que dicha precisión corresponde a un estudio definitivo de ingeniería, que no es el objeto de la presente investigación.

- Respecto de las medidas para la recolección de datos, las investigaciones revisadas son de diferente área geográfica y sus métodos de recolección un tanto diferenciados a la presente investigación, por ello se elabora formatos para la recolección de información de campo como las entrevistas, información topográfica, geológica, hidrográfica y social.
- En cuanto a obstáculos de investigación, existe limitada información referente al registro del costo, tiempo y riesgo de transporte (número de accidentes) en la navegación del río Urubamba a través del pongo de Mainique.

### **1.8. Alcance**

El alcance de la presente investigación es la determinación de la ruta óptima y su diseño geométrico que interconecte el distrito de Megantoni con el distrito de Echarati, que reduzca el costo, tiempo y riesgo de transporte para los pobladores de las comunidades nativas del Bajo Urubamba, distrito de Megantoni. Para este fin, se analizaron la información geológica, hidrográfica y topográfica, para luego trazar las posibles rutas y evaluarlas mediante el método de Bruce y la teoría del costo evitado para determinar la ruta óptima.

### **1.9 Viabilidad del estudio**

No obstante, las limitaciones del estudio descritas, la presente investigación ha sido viable, lo que se ha realizado en el espacio seleccionado y delimitada, y en el tiempo programado; se tiene las fuentes de información de los cuales se han recolectado la información, todo aquello a un costo razonable.

## CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco histórico

Las carreteras están vinculadas con las actividades que desarrollamos diariamente en cada etapa de nuestra vida, estamos tan acostumbrados que no nos imaginamos cómo sería si es que no existieran. A través de las carreteras podemos trasladarnos para ir a trabajar y regresar a nuestros hogares, trasladar materiales, servicios, en fin, nos sirve para diferentes propósitos, laborales, sociales, recreativos y otras tantas actividades propias de nuestra sociedad. Por lo referido, es determinante que un pueblo cuente con acceso al servicio de la transitabilidad vehicular para su desarrollo (Wright y Dixon, 2011).

A finales del siglo XVIII, existía en Europa el interés por el arte de la construcción de caminos. Durante ese periodo el ingeniero francés Pierre-Marie-Jérôme Trésaguet, introdujo un método de construcción de caminos empleando una base de piedra partida cubierta con piedras más pequeñas; lo mismo sucedió en Inglaterra con los ingenieros escoceses Thomas Telford y John L. Mack Adam, quienes impulsaron el empleo de grandes piedras para la base y piedras pequeñas para la superficie. En estados unidos por el año 1775, uno de los caminos famosos en la historia de ese país fue el camino del Desierto construido por Daniel Boone, el cual parte desde el valle Shenandoah en Virginia y atraviesa el paso de Cumberland hasta Kentucky. Con el advenimiento de los vehículos de motor (1904), se inició la producción de un gran número de vehículos de motor en Estados Unidos, se inicia una nueva era en el transporte por carretera y con ello se interconecta a mayor número de ciudades, pueblos, se emiten leyes estatales, se producen cambios radicales en el método de construcción de caminos, se produce la invención de la trituradora de piedras y la aplanadora o la máquina para densificar el suelo (Wright y Dixon, 2011).

En el Perú, entre los años 1963-1968, durante el primer gobierno de Fernando Belaunde Terry, se impulsó la construcción de un sistema de vías de comunicación para la integración de las diversas regiones con áreas de producción agrícolas, con los diversos mercados urbanos, lo que fue a través de la elaboración de un Plan Vial Nacional. Es así que se construyeron muchas vías de comunicación con el programa de Cooperación Popular y con créditos internacionales. Durante este periodo precisamente se empezó a

construir la famosa Carretera Marginal de la Selva, lo que hoy conocemos como carretera Fernando Belaúnde Terry, y tuvo la finalidad de unir dicha región, que hasta ese momento estaba casi aislada, con la sierra y la costa; de otra parte esta vía, también permitió la interconexión de nuestro país con los países vecinos. La carretera marginal de la selva parte de Chinchipe, en la frontera con Ecuador en el norte, hasta llegar al río Heath, en el departamento de Madre de Dios, en el sur.

Los caminos rurales de bajo volumen de tránsito, contribuyen al acceso del agricultor al mercado, también enlazan a las comunidades y sirven para las explotaciones mineras y forestales, mejora el flujo de bienes y servicios, como también promueve el desarrollo, la salud pública y la educación, entre otros. De otro lado, los caminos construidos pueden constituir en uno de los impactos negativos para el medio ambiente como por ejemplo en la fauna silvestre, la flora, en la calidad del agua, en la erosión del suelo entre otros. Por ello, es importante que, para que un camino tenga un impacto mínimo debe estar bien drenado, tener una superficie estable de rodamiento, terraplenes estables y que sea satisfactorio para el usuario (Keller y Sherar, 2004).

En el año 1990 hubo escasa inversión en el sector transportes, durante la década de los ochenta, específicamente en la segunda mitad, la construcción de la red vial solo se incrementó en un 2%; por el contrario, en dicho periodo se tuvo importante deterioro de la Red Vial Nacional, por ello en la década de los noventa, un 88% de la red vial se encontraba en mal o regular estado y solo un 12% en condiciones adecuadas. En la década de los noventa, según lo señalado por Apoyo, se estimaba que para poner las carreteras en condiciones similares a los del año 1985, se requería un presupuesto de aproximadamente US\$ 400 millones (Instituto Peruano de Economía IPE, 2008).

A partir del año 1999, gran parte de las obras realizadas requerían de mantenimiento, es así que se impulsó su atención, no obstante, la restricción fiscal condujo a una contracción de la inversión en el sector transportes, lo que se reflejó en la carencia de mantenimiento de las vías y conllevó al deterioro de las redes viales en el país (Instituto Peruano de Economía IPE, 2008).

En el año 2001, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, presenta el primer manual de diseño geométrico de carreteras, el cual contiene las normas de diseño

geométrico, la guía de diseño geométrico y normas para la presentación del informe final del proyecto; las normativas, metodologías generales y recomendaciones establecidas en este manual están orientadas para que los ingenieros proyectistas los apliquen en el diseño geométrico de las carreteras. El manual DG-2001, en lo que corresponde a la clasificación de la red vial, establece según el índice medio diario de vehículos (IMD), como carretera superior, carretera de primera clase, carretera de segunda clase y carretera de tercera clase con un IMD menor a 400 veh/día, (Manual DG-2001, 2001).

En junio del año 2002, durante el gobierno de Alejandro Toledo Manrique, se promulgó la Ley de Bases de Descentralización Ley 27782, en el que establece que, “El Gobierno Nacional tiene jurisdicción en todo el territorio de la República, los Gobiernos Regionales y Municipales la tienen en su respectiva circunscripción territorial”. En ese sentido, a partir de la fecha señalada las carreteras vecinales estaban bajo la administración de los gobiernos locales, es decir, el desarrollo del proyecto, su ejecución y su mantenimiento (El Peruano, 2002).

En el año 2005, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones presenta la primera versión del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, el cual contiene parámetros y elementos básicos del diseño, diseño geométrico, drenaje, geología, suelos y capas de revestimiento granular, topografía e impacto ambiental. Este manual sirve de aplicación para la construcción, rehabilitación y mejoramiento de caminos con superficie de rodadura de material granular que corresponden a más del 85% de los caminos del país (MTC, 2005).

El 18 de agosto de 2004, el gobierno central estableció como Santuario Nacional de Megantoni al Pongo de Mainique y sus alrededores con una superficie de 215,868.96 hectáreas con la finalidad de preservar la naturaleza (ecosistema) que se desarrollan en las montañas de Megantoni entre los que destacan el Pongo de Mainique, así mismo dicho decreto, prohíbe que nuevos asentamientos humanos se establezcan en el interior del Santuario diferentes a los grupos étnicos existentes (El Peruano, 2004).

El 6 de julio del año 2016 mediante la Ley N° 30481 durante el gobierno del presidente Ollanta Humala Tasso, el Estado Peruano creó el Distrito de Megantoni; hasta entonces el Megantoni pertenecía al Distrito de Echarati. A partir de la creación del

distrito y al recibir importante presupuesto proveniente del canon gasífero, el gobierno local inició una serie de inversiones en proyectos, sin embargo, aún sigue sin tener acceso al servicio de transitabilidad vehicular (El Peruano, 2016).

MTC (2018), el Ministerio de Transportes y Comunicaciones publica el Manual de Carreteras “Diseño Geométrico (DG-2018)”, que viene hacer una actualización del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2014), aprobado por R.D. N° 028 - 2014 - MTC/14, y viene a ser uno de los documentos técnicos de carácter normativo, de aplicabilidad a nivel nacional y de cumplimiento obligatorio, por las entidades responsables u órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial en los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

En 11 de junio de 2021, el grupo parlamentario de Alianza para el Progreso, presenta el Proyecto de Ley N° 7873/2020-CR, que declara de interés nacional y de necesidad pública la construcción de la carretera de interconexión entre el distrito de Megantoni y el Distrito de Echarati, con la finalidad de promover su desarrollo y su conectividad.

## **2.2 Investigaciones relacionadas con el tema**

### ***2.2.1 Investigaciones internacionales***

Sandoval R. (2016), elabora la tesis titulada Ingeniería de Perfil camino Industrial en Alta Montaña Peldehue – Los Bronces – Sur Sur. El investigador estudia el proyecto de diseño de camino industrial para el acceso a las mineras Los Bronces de Anglo American Chile y mina Sur Sur de CODELCO, la zona geográfica en que se encuentran ubicadas las mineras son montañas, donde existen condiciones nivometeorológicas severas y variadas, tales como nieve, vientos, generación de avalanchas o rodados en la época de invierno. El estudio trata aspectos topográficos, hidrológicos, geotécnicos, características de tránsito, diseño geométrico y aspectos medioambientales, entre otros. Proponen construcción de túneles, diseños de obras de arte, cortes, terraplenes, cunetas, se determinan sectorización geológica y los eventuales riesgos geológicos, tales como remociones en masa y avalancha, finalmente se establecen una estimación de costo de las carpetas de rodadura y una evaluación de costo de los túneles proyectados. Una de las conclusiones indica que, el desarrollo de un proyectos vial está condicionado por los controles primarios obligados lo que debe

aceptarse como un precepto que no puede ser modificado, así mismo los controles de diseño están asociados a los parámetros del diseño y que dependen de los controles primarios obligados, finalmente indica que, los puntos de control geológico, topográfico, hidrológico, obras existentes, aspectos de impacto social y ambiental de tipo local pueden afectar positiva o negativamente la localización del trazo.

Esta investigación se relaciona con el presente proyecto, entre otros, en cuanto a la información referente a la proyección de túnel, lo que ayudará para el planteamiento del trazo de un túnel para atravesar el pongo de Mainique como alternativa en la búsqueda de la ruta óptima para que las comunidades nativas del Bajo Urubamba puedan acceder al servicio de transitabilidad vehicular.

Rodríguez, J. (2015) elabora la tesis titulada Estudio y diseño del sistema vial de la comuna San Vicente de Cucupuro de la parroquia rural de El Quinche del distrito metropolitano de Quito, provincia de Pichincha – Quito. Esta investigación tiene por objeto diseñar la red vial para la comuna San Vicente de Cucupuro, considerando los impactos socio-económicos. Para este fin realiza el trazado de la vía, el diseño geométrico aplicando la norma ecuatoriana, el terreno es plano y ondulado con pendientes longitudinales entre 2% a 15%, que con el cálculo de TPDA el proyecto se clasifica en Vía colectora que representa calzada de cuarto orden según la clasificación de las normas NEVI, con dicha categorización el investigador realiza los trazados, siendo los límites de diseño de la velocidad el rango de 35 y 50 Km/h y ancho de calzada de 6 metros. En cuanto al diseño del pavimento considera dos alternativas, el de pavimento con adoquines y carpeta asfáltica, finalmente estima el presupuesto; Esta investigación se relaciona con el presente proyecto, porque la información referente al trazo podrá servir para el desarrollo de la investigación.

Freire, C. (2020) elabora la tesis titulada Diseño geométrico de la alternativa vial Shuyopinllopata en el tramo km 20+000- 24+000 perteneciente a los Cantones Pujili y Pangua de la provincia de Cotopaxi - Ecuador. La investigación tiene por objeto describir el procedimiento para plantear una propuesta de diseño geométrico a nivel de prefactibilidad para una vía en una zona montañosa. El estudio contempla levantamiento topográfico de la franja que contiene a la línea de gradiente, generación de curvas de nivel, estudio de tráfico, diseño geométrico de la vía, determinación de los volúmenes de

corte y relleno y finalmente la estimación del costo del proyecto y la factibilidad del mismo. Entre sus conclusiones más relevantes indica que el valor máximo de gradiente longitudinal de 7.5% para una distancia de 2.8 km, es aceptable y que un vehículo pesado no sufrirá un esfuerzo innecesario y mantendrá una velocidad de circulación apropiada respetando normas de seguridad vial. Esta investigación se relaciona con el presente proyecto, entre otros, en cuanto al análisis de las curvas de nivel para el trazo de la línea de gradiente, lo que ayudará para el planteamiento del trazo de la carretera.

Arias, J., Remolina, I. (2018) elaboran la tesis titulada Análisis de consistencia del Diseño Geométrico en una carretera de dos carriles en terreno llano desde km (12+398) vía La Fortuna hasta el km (19+473) vía La Lizama en el departamento de Santander- Colombia. La investigación tiene por objeto comparar la velocidad de operación de vehículos livianos vs velocidad de diseño en la norma colombiana y la velocidad de operación por el método Lamm et al, en las curvas del tramo de estudio. El investigador realiza la consistencia de la velocidad de diseño con la velocidad de operación mediante el método de Lamm et al en un tramo de 30 km de carretera que va desde Bucaramanga a Barrancabermeja, para este fin utilizó vehículos livianos a los cuales instaló un equipo de GPS con la finalidad de recolectar perfiles de velocidades a lo largo del tramo en estudio a flujo libre. Entre su conclusión más relevante indica que el método de Lam et al, se acerca más a las velocidades que llevan los conductores en el punto medio de las curvas, que la aplicación de los criterios I y II del referido método son buenos y que el tramo vial en estudio presentó una buena consistencia de diseño geométrico evidenciando pocos puntos de accidentabilidad. Esta investigación podrá servir de consulta en el aspecto teórico para los criterios de diseño geométrico de la carretera.

Saavedra, E. (2019) elabora la tesis titulada Revisión de diseño geométrico del libramiento de Cuernavaca (paso exprés Tlahuica), Chihuahua – México. La investigación tiene por objeto “Realizar una revisión de las condiciones geométricas del Libramiento de Cuernavaca (Paso Exprés Tlahuica), Cuernavaca, Morelos”, el investigador realiza la revisión del alineamiento horizontal y alineamiento vertical de la vía Cuernavaca que forma parte del corredor trocal Acapulco – Veracruz, siendo su conclusión más relevante que en una vía no solo se debe evaluar las condiciones geométricas, sino sociales y demográficas que podrían interferir en la operación de la vía,

debiéndose optar por los beneficios al usuario, antes que otros factores, incluyendo el costo. Esta investigación podrá servir de consulta en el aspecto teórico para los criterios de diseño geométrico de la carretera.

### ***2.2.2 Investigaciones nacionales***

Risco, P. (2019) elabora la tesis titulada Diseño de la carretera para unir el distrito de Llama con el caserío San Antonio, distrito de Llama – provincia de Chota – Cajamarca. El objetivo de la investigación es evaluar y definir la ruta más adecuada técnica, económica y ambientalmente viable para la carretera Llama – San Antonio. El investigador presenta un proyecto aplicativo referente a la propuesta de diseño de una carretera para conectar el distrito de Llama con el caserío de San Antonio, ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Chota, distrito de Llama, con un total de 8.340 km. La tesis contempla los estudios de ingeniería básica para carreteras como: estudio de tráfico, estudio de rutas, estudio topográfico, estudio de suelos, diseño geométrico, pavimento, análisis de fuentes de agua y canteras, estudio hidrológico, señalización, estudio de Impacto Ambiental y las obras de arte; siendo el IMD correspondiente a bajo volumen de tránsito, plantea el diseño de una carretera de tercera clase basándose en el Manual de Carreteras de Diseño Geométrico 2018, del MTC; indicando en una de sus conclusiones que, en una carretera totalmente nueva y de topografía accidentada, no siempre se puede cumplir con los parámetros establecidos en la norma DG 2018, debido a diferentes inconvenientes, se entiende del terreno accidentado, por lo que el investigador optimizó el diseño.

Ticona, E., Choque, P. (2016) elabora la tesis titulada Evaluación del Diseño Geométrico del camino de carga pesada (heavy haul road) Proyecto minero Las Bambas - paquete 03. El objetivo de la investigación fue determinar los factores de control según las normas peruanas en el diseño del camino de carga pesada en el proyecto minero las bambas-paquete 03”. La investigación está enmarcada en el camino de acceso de Cusco a Las Bambas, ubicado en los departamentos de Apurímac y Cusco, aproximadamente a 75 Km. al sur-oeste de Cusco. Siendo el tramo de estudio desvío Ccapamarca – Puente Ichuray, El trabajo de investigación está orientado a la evaluación de las incidencias geométricas o modificaciones en el trazo y diseño geométrico para el normal desarrollo en la etapa de ejecución de los componentes de un caso especial de camino de carga pesada o heavy haul road en el tramo Km 91+000 hasta Km 161+400 de la vía Cusco

(Puente Tinko) – Challhuahuacho, lo que ha sido tratado en base al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (2013) para caminos de carga pesada; la segunda parte analiza y cuantifica los eventos que han motivado las variaciones en la ejecución, como son el tema social, tráfico, falta de botaderos, canteras tomadas por poblaciones, falta de definición de ingeniería, etc., y finalmente propone una metodología para controlar o mitigar dichas situaciones.

Delzo, F. (2018) elabora la tesis titulada propuesta de Diseño Geométrico y Señalización del tramo 5 de la red vial vecinal empalme ruta an-111 – Tingo Chico, provincias de Huamalíes y Dos de Mayo, departamento de Huánuco. El objetivo de esta investigación es proponer el diseño geométrico de 10 Km a nivel de asfaltado y la señalización del Tramo 5 (Nuevas Flores – Quivilla – Tingo Chico, Emp. R3N). El investigador realiza el diseño geométrico de la vía y la señalización respectiva en base al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014 y el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016, respectivamente, a partir de estudios básicos de ingeniería, como son la topografía, geología y geotecnia. La vía existente es de trocha carrozable para el cual propone una carretera de tercera clase a nivel de asfaltado con velocidad de 55 Kph, define un ancho de calzada de 6.0 m y pendientes longitudinales en el orden de 3.5% y en cuanto a la seguridad vial contempla las señales reglamentarias, preventivas e informativas. Finalmente, a partir del diseño geométrico y la señalización planteada, logra una mejora en el transporte de carga y pasajeros, reduciendo tiempos y costos de viaje, incidiendo en la rentabilidad del proyecto y el posterior crecimiento económico de la región.

Román, W., Saldaña, A. (2018) elabora la tesis titulada Propuesta de parámetros de Diseño geométrico para trochas carrozables en la Norma DG – 2018 a fin de optimizar costos. El objetivo de la investigación fue proponer nuevos parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en la Norma DG – 2018 a fin de optimizar costos, mediante un análisis de las normas de caminos rurales existentes, es así que, para la sección transversal de la vía realizó investigaciones de normas nacionales e internacionales para comparar y analizar, obteniendo los parámetros de sección transversal para trochas carrozables, en cuanto a la superficie de rodadura, en base al Plan Estratégico de caminos rurales del MTC, realiza la comparación económica del costo de mantenimiento para carreteras afirmadas y sin afirmar; indicando en una de las

conclusiones que, para optimizar los costos de conservación, es más efectivo tener una superficie de rodadura Afirmado, ya que para su mantenimiento solo necesita perfilados por periodos de tiempos más largos, y que difícilmente presenta fallas que requieran partidas como reposición de material.

Sánchez, J. (2018) elabora la tesis titulada Diseño definitivo de la carretera La Primavera - Simón Bolívar, distrito de Nueva Cajamarca, provincia de Rioja, región San Martín. El objetivo de la investigación fue el diseño de la carretera que unirá a las poblaciones de la primavera con Simón Bolívar con la finalidad de mejorar el nivel de la calidad de vida de las poblaciones de estudio; el tipo de investigación fue aplicada dado que busca modificar la realidad problemática de las poblaciones de La Primavera y Simón Bolívar, el método empleado es el inductivo – deductivo. Se tuvo como población de estudio los 4.193 km de carretera de 1 calzada, con bermas laterales, cunetas, alcantarillas de tubería metálica corrugada, postes kilométricos, badenes, señalización, siendo la muestra la carretera y sus obras complementarias.

### ***2.2.3 Artículos relacionados con el tema***

Kuzak, Ł., Patoka, P., & Chmiel, J. (2019) en su artículo The Use Of Selected Methods Of Multicriteria Analysis For A Comparison Of Route Variants Of The Eastern Bypass Of Warsaw, tratan respecto al diseño y la construcción de inversiones viales en el Bypass Oriental de Varsovia, el investigador realiza la formulación de los criterios de evaluación y análisis que permitan indicar la mejor variante de la ruta. El artículo presenta los resultados de análisis espaciales multicriterios que puede identificar la variante óptima del Bypass Oriental de Varsovia. En base a los datos de entrada multifuente previamente seleccionados, diseña y realiza análisis espaciales en varias variantes, utilizando diversos métodos (enfoques) de análisis multicriterio para comparar variantes de derivación de carreteras. Los datos que se utilizaron para desarrollar el objetivo principal del trabajo provienen de mapas de suelo y agricultura, bases de datos topográficas, mapas geológicos e hidrogeológicos, datos de altitud, planes de desarrollo espacial local, estudios de condiciones y direcciones del desarrollo espacial, así como documentación incluida en los informes de impacto ambiental.

Mokhirev, A., Gerasimova, M., & Pozdnyakova, M. (2019) en su artículo Finding the optimal route of wood transportation, describen sobre un algoritmo para encontrar las

rutas y volúmenes óptimos de transporte de carga a lo largo de las rutas con un costo de transporte mínimo de un volumen de carga determinado desde el punto inicial hasta el final. El algoritmo está basado en el enfoque de Dijkstra (búsqueda de trayectoria más corta) y el método de programación dinámica, y son empleados por el autor para calcular la ruta óptima de transporte de madera desde la zona de corte. Los autores señalan que la particularidad de las carreteras forestales son los diferentes costos de transporte y capacidades de transporte en los tramos de la red de carreteras forestales que están condicionadas por la naturaleza y climas del tramo de la ruta, además indican que el costo de entrega incluye tanto los costos según el volumen de carga transportado mas no la construcción y restauración de las carreteras.

Larrea-gallegos, G., Vázquez-rowe, I., & Gallice, G. (2017) en su artículo *Life cycle assessment of the construction of an unpaved road in an undisturbed tropical rainforest area in the vicinity of manu national park*, tratan sobre el desarrollo de un análisis de la sostenibilidad ambiental de la construcción, el tráfico y el mantenimiento de un tramo carretero sin pavimentar de 45,6 km en el Manu, que se construyó durante la investigación en las proximidades del Parque Nacional Manu. El investigador seleccionó la evaluación del ciclo de vida (ACV) utilizando un conjunto de 18 categorías de impacto diferentes para llevar a cabo el análisis ambiental. La modelación de las emisiones de maquinaria y vehículos, así como las emisiones de polvo, se realizaron para determinar las características específicas del sitio en términos de construcción de carreteras y tráfico; modelaron los cambios directos del uso del suelo principalmente por la decadencia de la biomasa deforestada durante la construcción. Los autores sostienen que, la deforestación debida a cambios directos en el uso de la tierra puede ser el principal punto de actividad ambiental en términos de cambio climático, mientras que, en las restantes categorías de impacto, el tráfico fue el principal portador de las cargas medioambientales. Finalmente concluye indicando que el estudio es el primer ACV que aborda la construcción, el mantenimiento y el tráfico en un entorno de selva tropical, señala que sus impactos ambientales derivados son relevantes en términos de cambio climático y formación de partículas debido a la deforestación y las emisiones de polvo, respectivamente.

Palin, M. (2021, Jun 26). En su artículo *A Python in Peru: Wish I were there... the veteran traveller michael palin recalls one of his greatest adventures — a wild ride through the pongo de Mainique*, describe sobre las experiencias de navegar el rio

Urubamba y su paso por el pongo de Mainique donde relata la belleza de la naturaleza, pero también los riesgos que implica atravesar el pongo. El autor manifiesta la presencia de olas, de remolinos, de rocas sobresalientes, de escarpados arrecifes, neblinas, de un canal oscuro de menos de 50 m de ancho con aguas rugientes; Así mismo indica que, una vez superado el pongo, todo se torna más tranquilo ya se puede escuchar el canto de los pájaros dejando atrás el río rugiente y espumoso.

Schlosser, T., Cápayová, S., Hodáková, D., & Schlosser, P. (2018) en su artículo titulada *Evaluation of sustainable mobility for urban development projects with traffic engineering tools – example from Bratislava*, trata sobre los métodos de ingeniería de tráfico y las obras de planificación de cómo mantener el sistema de obras para crear las reglas sostenibles para la movilidad en Bratislava, capital de Eslovaquia. Para mostrar los escenarios de sostenibilidad realiza encuestas de tráfico cuyos resultados muestran la necesidad básica de una buena solución. Analiza en el tiempo el tráfico medio diario en horas punta y en periodos de un año, para ello realiza un modelo de tráfico que utiliza para los escenarios pronósticos de flujos dinámicos de tráfico y también para cambiar la división modal del transporte público; muestran los resultados de una extensa encuesta de viajes y la metodología de modelización del tráfico para mejorar el funcionamiento del territorio con el diseño de las nuevas líneas de tranvía como forma de movilidad sostenible.

Perz, S., & Rojas, R. O. (2020) en su artículo titulado *Do infrastructure improvements for regional integration increase traffic volume? the case of the inter-oceanic highway in the southwestern amazon*, trata sobre el caso de la carretera interoceánica, un importante proyecto de infraestructura en el suroeste de la amazonia, una iniciativa para la integración de infraestructura regional en América del Sur. El estudio reporta los volúmenes de tráfico de varios tipos de vehículos entre varios segmentos de carretera durante y después de la pavimentación, es decir, entre los años 2006 y 2019. El análisis emplea modelos estadísticos de volúmenes de tráfico que presentan el efecto del año de observación, controlando un conjunto de otros indicadores de las condiciones bajo las que se observó el tráfico. Los resultados muestran aumentos moderados en los volúmenes de tráfico a lo largo del tiempo, lo que confirma un efecto positivo de la pavimentación. Esto plantea preguntas sobre la rentabilidad de tales

proyectos para promover el desarrollo regional en América Latina, a pesar de las consecuencias ecológicas y sociales.

## 2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

### 2.3.1 Clasificación de la Vía

El Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) jerarquiza la red vial en las siguientes tres redes viales: Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural, que cumplen las siguientes funciones indicadas en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Sistema Vial y Competencias*

Sistema vial	Característica	Competencia
Sistema Nacional	Carreteras que unen las principales ciudades del País con puertos y fronteras	Ministerio de transportes y comunicaciones
Red Vial Departamental o Regional	Carreteras que unen capitales de provincias o zonas de importancia económica social dentro de un departamento y excepcionalmente entre dos departamentos	Gobiernos regionales
Red Vial Vecinal o Rural	Caminos que unen capitales distritales, pueblos, caseríos entre sí o los vinculan con carreteras más importantes	Gobiernos locales

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Corresponde al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, efectuar la clasificación de las Carreteras que conforman el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), en aplicación a los criterios establecidos en el Reglamento del SINAC; así mismo, es el responsable de elaborar la actualización del Clasificador de Rutas lo que debe ser aprobado mediante Decreto Supremo.

El Clasificador de Rutas es el documento oficial del Sistema Nacional de Carreteras - SINAC, que clasifica en Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural, dicha clasificación incluye el Código de Ruta y su dentición según puntos o lugares principales que conecta.

### 2.3.2 Geología

#### a. Geología regional

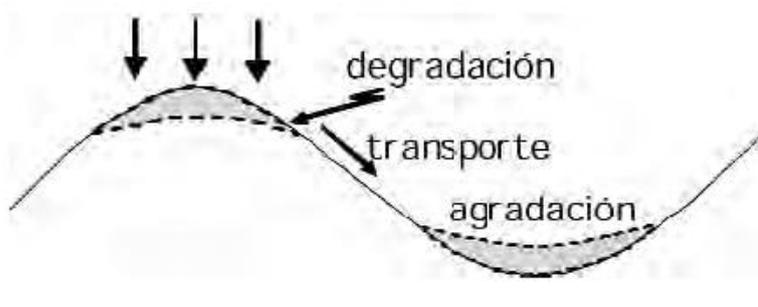
Es el levantamiento geológico de una determinada región; regionalmente un área de estudios está comprendida por unidades litológicas aflorantes, grupos, formaciones y depósitos, la cual permite delimitar las formaciones geológicas de distintas tonalidades como también permite identificar las fallas y plegamientos (IGEMMET, 1998).

#### b. Geomorfología

Es el tratado de las formas del relieve terrestre, por lo que la geomorfología estudia las formas del relieve terrestre, tanto continental como submarino. La interacción de la atmósfera y la hidrosfera sobre la litosfera es lo que genera el relieve terrestre, es un fenómeno dinámico que cambia a lo largo de los tiempos geológicos cuya unidad de tiempo puede ser considerado como un millón de años; es así que los procesos geomórficos (cambios físicos y químicos) son los que determinan la forma superficial de la tierra. (Spikermann, 2010).

#### Figura 4

*Representación esquemática de los procesos gradacionales en la naturaleza*



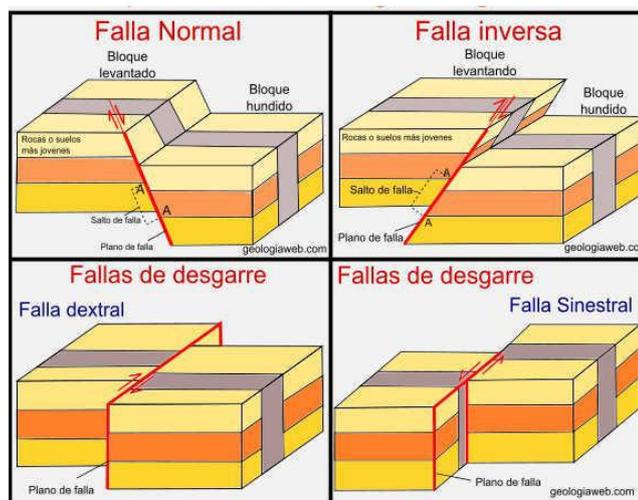
Fuente: Spikermann, (2010). Elementos de geología general

### c. Geología estructural

Estudia la deformación de la corteza terrestre; la deformación de un cuerpo viene a ser el cambio de su forma o volumen bajo la acción de las fuerzas externas que pueden ser elásticas y residuales. En la deformación elástica sucede que cuando un cuerpo sólido está sometido a fuerzas y estas dejan de obrar, los efectos físicos son la recuperación de su forma original. En cambio, en la las deformaciones residuales estas pueden ser plásticas o frágiles. Los cuerpos en estudio en la geología estructural son las rocas, estas pueden ser ígneas, metamórficas o sedimentarias; a consecuencia de los procesos geológicos presentan pliegues, fracturas y estratigrafías (Duque,2020).

#### Figura 5

##### *Tipos de fallas geológicas*



Fuente: [www. https://support.google.com/legal/answer](https://support.google.com/legal/answer).

### d. Estratigrafía

Estudia el origen y describe la secuencia y las relaciones entre los estratos de las rocas sedimentarias; también de las rocas ígneas y metamórficas. estudia los estratos que afloran en la superficie como también los registros que se consiguen a partir de las excavaciones (carreteras, minas, perforaciones, etc.); es decir, se establece en las rocas el orden de los estratos, su litología y posición (Duque, 2020).

### 2.3.3 Topografía

La topografía es un factor muy importante en la localización de la vía, puesto que sus características afectan el alineamiento horizontal, las pendientes, las distancias de visibilidad y las secciones transversales de la vía. El terreno puede ser clasificado como terreno plano, terreno ondulado, terreno montañoso y terreno escarpado (Chocontá, 2011).

**Tabla 2**

*Clasificación por Orografía*

<b>Tipo de terreno</b>	<b>Pendiente transversal a la vía</b>	<b>Pendiente longitudinal</b>
El terreno plano	< 10%	<3%
Terreno ondulado	11% al 50%	3% al 6%
Terreno accidentado	51% al 100%	6% al 8%
Terreno escarpado	>100%	>8%

Fuente: MTC, Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

### 2.3.4 Hidrografía

La hidrografía estudia características como el caudal, el lecho, la cuenca y la sedimentación fluvial de las aguas continentales. En el Perú los ríos constituyen el medio Los ríos en la regio amazónica son el medio natural de comunicación y de transporte para los pueblos de la región; no obstante, muchas veces las navegaciones se ven limitado por la presencia de obstáculos naturales tales como: bancos de arena, meandros cerrados y bajos niveles de agua, por lo que es necesario tomar mayor conocimiento de sus características a través de estudios de navegabilidad. En el Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) de la Marina promueven la realización de estos estudios (Dirección Hidrográfica Nacional y Dirección General de Transporte Acuático, 2008).

### 2.3.5 Diseño Geométrico de Carreteras

El diseño geométrico de carreteras consiste en aplicar las normas y procedimientos de ingeniería para diseñar los elementos principales de un

alineamiento de una carretera a partir del plano topográfico. El desarrollo del diseño geométrico se centra en el eje de la carretera, número de carriles, la anchura de la calzada, las pendientes permisibles y los radios de curvatura entre otros, de modo que el cálculo del alineamiento horizontal y el alineamiento vertical del eje de la carretera tengan una ubicación física tridimensional en el terreno y que sea compatible con el terreno y se encuentre enmarcado en la norma (Wright y Dixon, 2011).

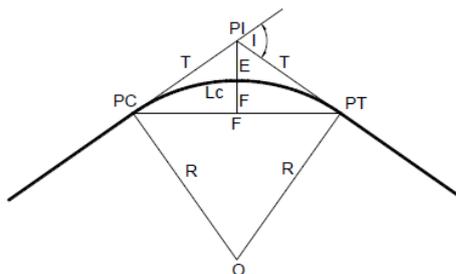
El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, ha publicado el manual de carreteras: Diseño Geométrico - DG 2018 para el diseño geométrico de las carreteras mediante RD 03-2018-MTC/14 del 30.01.2018; Por lo que el planteamiento del trazo óptimo se basará en dicho manual.

#### **a. Diseño horizontal en planta**

El diseño geométrico de una carretera queda determinada cuando se traza el eje de la carretera en planta, en perfil, así mismo cuando se traza su sección transversal. El eje real o espacial de la vía es proyectada sobre un plano horizontal a lo que se denomina alineamiento horizontal. Dicho eje horizontal está conformado por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas circulares. Las curvas circulares horizontales simples, son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, formando curvas reales o espaciales; en la figura 6 se tiene las curvas circulares y sus elementos (Cárdenas, 2013).

**Figura 6***Elementos de las curvas horizontales*

ELEMENTO DE CURVA	SÍMBOLO	FORMULA
Tangente	T	$T = R \operatorname{Tang}(I/2)$
Longitud de curva	L	$L = \frac{\pi R I}{180}$
Cuerda	C	$C = 2 R \operatorname{Sen}(I/2)$
Externa	E	$E = R [\operatorname{Sec}(I/2) - 1]$
Flecha	F	$F = R [1 - \operatorname{Cos}(I/2)]$



Fuente: Diseño definitivo de una carretera (s.f.)

Donde:

PI : Punto de intersección de dos alineamientos

PC : Principio de curvas

PT : Principio de tangencia

R : Radio de la curva

T : Tangente de la curva

E : Externa

Lc : Longitud de la curva circular

F : Cuerda

I : Angulo de deflexión

### b. Diseño vertical

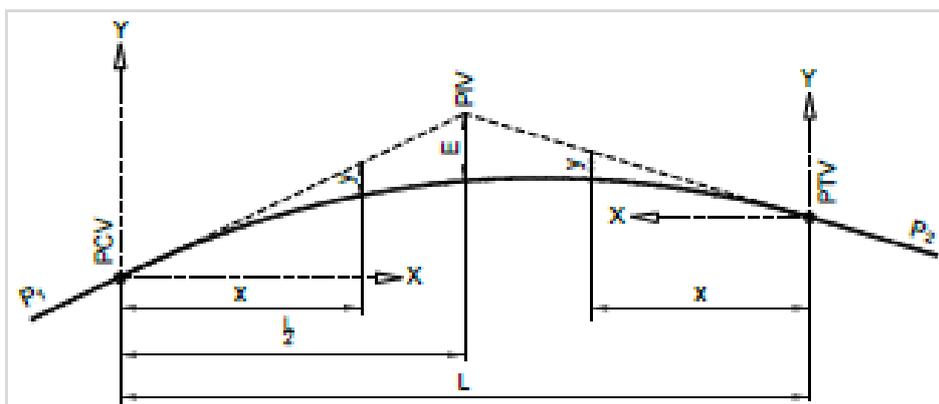
En el diseño geométrico vertical al igual que el diseño en planta, el eje del alineamiento vertical está conformado por una secuencia de tramos rectos llamados tangentes verticales; la proyección del alineamiento está en función de la topografía del terreno. Las características de las tangentes verticales son su longitud y su pendiente, y están limitadas por dos curvas sucesivas. Las curvas verticales permiten enlazar dos tangentes verticales consecutivos de modo que a lo largo de su longitud de curva se produce un cambio gradual de la pendiente

de la tangente de entrada y la tangente de salida de modo que exista seguridad y sea confortable para el usuario y que permita el drenaje (Cárdenas, 2013).

Los tramos consecutivos de la rasante son enlazados mediante una curva vertical parabólica, cuando la diferencia algebraica de las pendientes es mayor al 1% para carreteras pavimentadas y de 2% para las demás. El parámetro  $K$  define a las curvas verticales parabólicas, dicho parametro equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal para cada 1% de variación de pendiente. Existen curvas verticales cóncavas y convexas; y éstas pueden ser simétricas o asimétricas dependiendo de la longitud de las parábolas (Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018, 2018).

### Figura 7

*Elementos de la curva vertical asimétrica*



Fuente: MTC, Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

Donde:

PCV : Principio de la curva vertical

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales

PTV : Término de la curva vertical

L : Longitud de la curva vertical (m)

S1 : Pendiente de la tangente de entrada (%)

S2 : Pendiente de la tangente de salida (%)

A : Diferencia algebraica de pendiente (%)

E : Externa

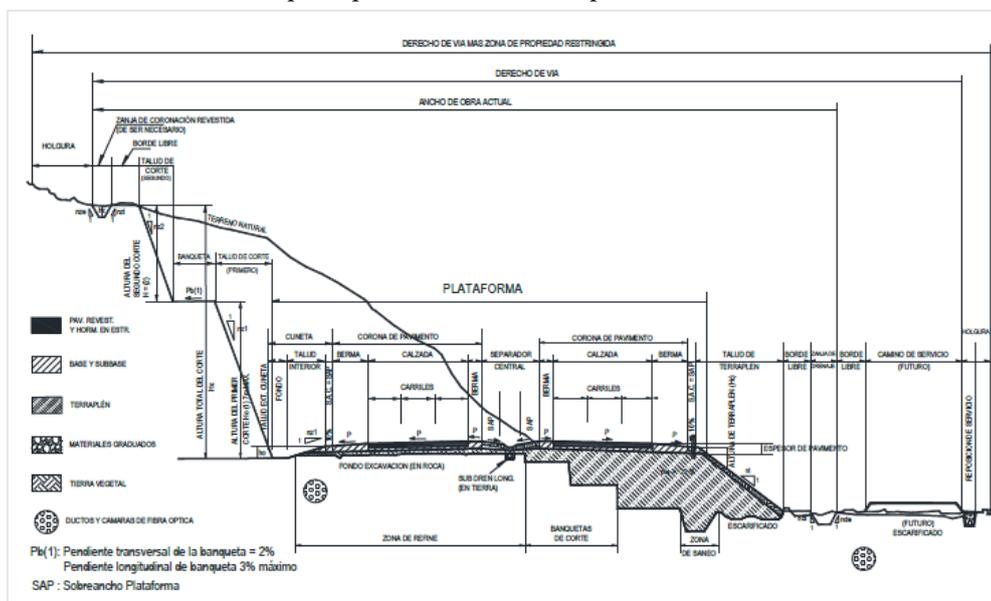
- X : Distancia horizontal  
Y : Ordenada vertical

### c. Sección transversal

La sección transversal de una carretera es el plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, lo que permite definir la ubicación y las dimensiones de sus elementos. Los elementos de una sección transversal son: carriles, la calzada, las bermas, las cunetas, los taludes y los elementos de seguridad (Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018)

**Figura 8**

*Sección transversal típica para carretera en poblaciones rurales*



Fuente: MTC, Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018

### 2.3.6 Diseño Geométrico de Túneles

El diseño geométrico de túneles consiste en aplicar las normas y procedimientos de ingeniería, para establecer las soluciones más apropiadas en función a su longitud, sección, el tipo de material y otros. En cuanto se refiere al diseño en planta se tiene los criterios respecto a la ubicación de los portales, enlaces próximos al túnel, enlaces dentro del túnel, visibilidad en las curvas; en lo que respecta al diseño en perfil se tiene la pendiente y curvas verticales y en cuanto a la sección transversal, el ancho de la plataforma, el gálibo entre otros.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, ha publicado el manual de carreteras: Túneles, Muros y Obras Complementarias mediante RD 36-2016-MTC/14 del 27.08.2016; por lo que de requerirse durante la investigación el planteamiento de un túnel, se tomará en cuenta las recomendaciones de dicho manual para el trazado de su eje. Supletoriamente podrá tomarse las recomendaciones de la norma española que entre otros indica respecto al trazado del túnel lo siguiente:

**a. Trazado en Planta**

El manual de túneles y obras subterráneas, indica en lo que respecta al trazado en planta, que el trazado más adecuado de un túnel depende de la longitud, ubicación e incidencia en la ladera y recomienda evitar pérdidas de trazo a la salida, ya que es importante tener presente que se trata de un punto donde existe el cambio de las condiciones de luz lo que dificulta la percepción de la vía, así mismo es importante tener en cuenta la orientación y la iluminación del túnel, en las proximidades de los portales deben disponerse elementos que impidan el deslumbramiento. Si la longitud de un túnel es elevada (entre 1000 a 1500 m) recomienda proyectar curvas en las bocas, para evitar el deslumbramiento con lo que se logra una transición adecuada de las condiciones de luz. Si la longitud del túnel es superior a lo señalado, deben de proyectarse curvas de radio amplio para evitar tener tramos de más de 1500 m en recta, ya que con las rectas demasiado largas existe el riesgo del incremento del efecto de monotonía y la pérdida de atención y somnolencia. En general no deben existir radios inferiores a 500m. (López, 2011).

**b. Trazado en Perfil**

En cuanto se refiere al trazado en perfil, indica que la consideración primaria debe ser el conductor, las otras consideraciones adicionales son el drenaje, la ventilación, la gestión de tráfico y de vehículos averiados. Recomienda que en lo posible deben de evitarse encuentros verticales, tanto cóncavos como convexos. Evitar los puntos bajos para facilitar el drenaje y la explotación, ya que estos dan la impresión de agujero negro, lo que conlleva a la débil percepción de la continuidad del trazado con lo que aumenta la

sensación de caverna. De otro lado, si existe un punto bajo será necesario remolcar a los vehículos averiados (López, 2011).

Por otro lado, los puntos altos no son convenientes para los conductores, por las mismas razones indicadas en el párrafo precedente, pero también por la ventilación, ya que, en estos tiende a acumularse el aire caliente viciado; en caso de existir dichos puntos, se requiere de un estudio de ventilación para la extracción de humos. Respecto a la pendiente, el manual recomienda que debe ser lo más uniforme posible. Para túneles largos y bidireccionales, emplear una pendiente menor de 2%, favorece a que los vehículos no reduzcan su velocidad haciendo mayor esfuerzo al motor con lo que se incrementa las necesidades de ventilación. En cuanto a los túneles unidireccionales descendentes, recomiendan la pendiente máxima en el rango de 3 a 4% para evitar velocidades excesivas de los vehículos que hagan más peligrosa la circulación (López, 2011).

**Tabla 3**

*Pendientes y Rampas Máximas*

Longitud túnel (m)	<50	50-150	150-300	300-500	500-1000	>1000
Rampa máxima (%)	6	4	3	3	2	2
Pendiente máxima (%)	8	8	5	4	4	4

Fuente: MTC, Manual de carreteras, Túneles, muros y obras complementarias 2016.

### c. Sección Transversal

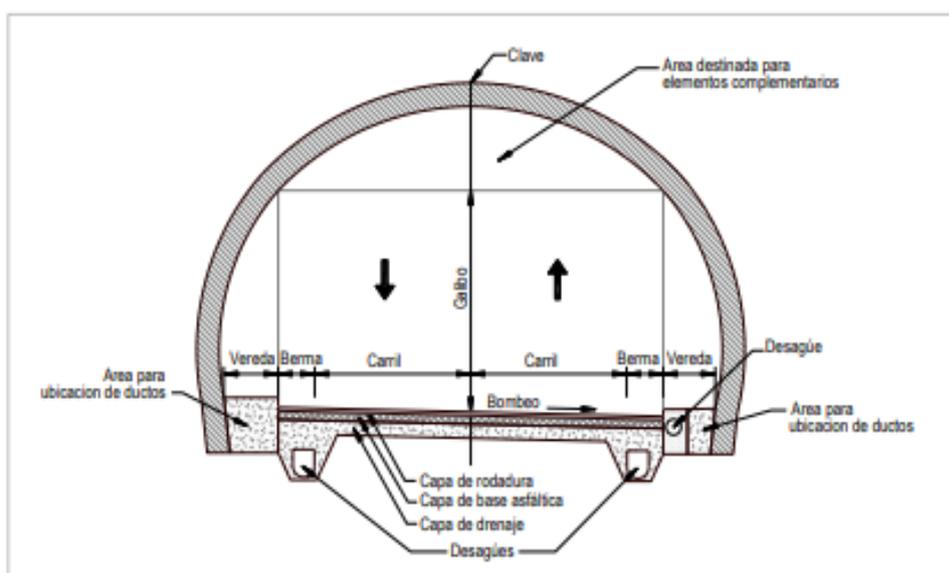
La sección transversal de los túneles debe ser decidido en función de las necesidades de los vehículos de los peatones y las instalaciones necesarias. La norma española estipula una altura libre de 5 m sobre la plataforma y todos los puntos accesibles a vehículos. Así mismo indica que, no podrá realizarse ningún tipo de conexión, nudo o glorieta en la calzada, ni modificaciones del número de carriles en 250 m anteriores o posteriores del inicio y final del túnel (López, 2011).

La norma peruana indica que, la sección transversal de los túneles está en función del tráfico, del galibo, ancho de las veredas, bermas, pase de ductos,

sistemas de drenaje y la propia construcción del túnel. Recomienda que por cuestiones de seguridad los túneles sean de dos carriles, salvo casos justificables podrá de ser de un carril. El ancho mínimo de un carril es de 3.60m, para túneles rurales el ancho mínimo de las bermas debe ser de 1.20m, para el caso de túneles de longitud mayor a 500m se deben incluir zonas de emergencia para vehículos averiados, el gálibo no debe ser inferior a 5.50m en ningún caso, las veredas serán de 0.75 m para túneles rurales (Manual de carreteras, túneles, muros y obras complementarias-MTC, 2016).

**Figura 9**

*Sección típica de túnel de una galería, bidireccional*



Fuente: Manual de carreteras, túneles, muros y obras complementarias-MTC 2016.

### 2.3.7 Evaluación de rutas

#### a. Método de Bruce

Los trazados ante preliminar de una vía se pueden evaluar por diversos métodos para obtener la mejor alternativa de las rutas. Uno de los métodos para la evaluación de las rutas es el método de Bruce. Dicho método está basado en el concepto de la longitud resistente, que consiste en la comparación de la longitud real de la ruta frente a una longitud equivalente en terreno plano, considerando el

mayor esfuerzo que realizan los vehículos subiendo cuestas muy empinadas y el mayor riesgo y desgaste de los frenos cuando bajan (Cárdenas, 2013, p.17).

La longitud resistente de una ruta está dada por la ecuación (1):

$$X_o = X + k \cdot \sum Y \quad (1)$$

longitud resistente

Donde:

Xo: Longitud resistente

X: Longitud real total de la ruta

k: Inverso del coeficiente de tracción

$\sum(y)$ : Sumatoria de las diferencias de nivel ascendentes en el sentido de evaluación

El valor del K (inverso del coeficiente de tracción) está en función del tipo de capa de rodadura planeada para el pavimento de la vía:

<b>Tipo de Superficie</b>	<b>Valor medio de k</b>
Carretera en tierra	21
Acondicionamiento McAdam	32
Pavimento asfáltico	35
Pavimento rígido (concreto)	44

La evaluación se realiza en los dos sentidos de circulación a partir de una pendiente recomendada o especificada para la vía. Cuando la pendiente de un tramo descendente de la ruta sea mayor a la recomendada, la  $\sum(y)$  de la ecuación anterior se afecta de la siguiente manera con la ecuación (2):

$$X_o = X + k \cdot [\sum (Y) + l_i \cdot (P_i - P_r)] \quad (2)$$

longitud resistente modificada

Donde:

$\sum(y)$ : Sumatoria de las diferencias de nivel ascendentes en el sentido de evaluación

li: Longitud del tramo descendente con  $P_i > P_r$

Pi: Pendiente del tramo en cuestión

Pr: Pendiente recomendada o especificada para el proyecto

Además de esta evaluación debe hacerse un análisis que tenga en cuenta, para cada ruta como el aspecto geológico, topográfico, hidrográfico, hidrológico, el aspecto social, es decir que el trazo de la carretera beneficie de manera directa al mayor número de comunidades y el costo de construcción.

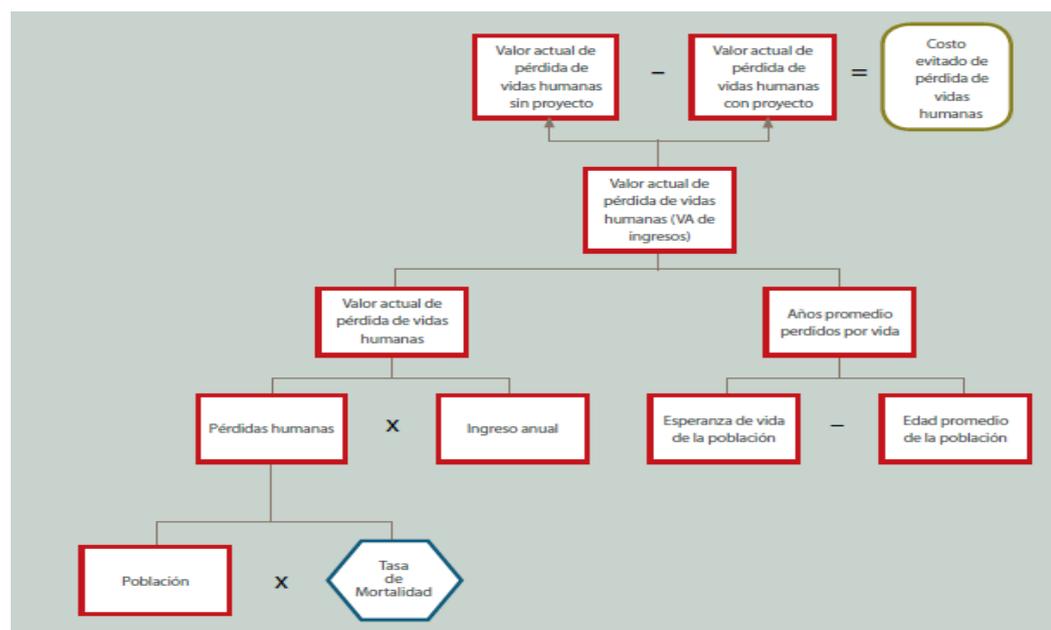
### b. Método de los Costos Evitados

Método que consiste en evaluar los costes que deberán soportarse en ausencia del bien ambiental estudiado. Por ejemplo, en el caso del presente estudio, se analizará los costos evitados debido a la reducción de costo, tiempo y riesgo de transporte. En ese sentido, indican al respecto, que un beneficio no aprovechado es un costo, y un costo evitado es un beneficio (Dixon et al., 1994).

Para estimar los costos evitados en el estudio, se tomará como base la metodología de cálculo formulado por el Ministerio de Economía y Finanzas, respecto al riesgo, costo y tiempo de transporte.

### Figura 10

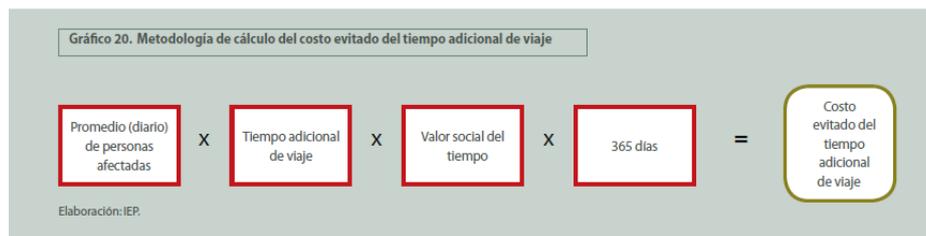
*Metodología de cálculo del costo evitado por la pérdida de vidas humanas*



Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas, serie Sistema Nacional de Inversión Pública y cambio climático.

## Figura 11

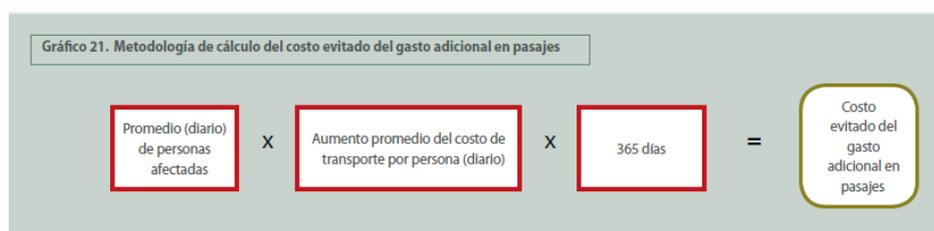
### *Mitología de cálculo del costo evitado del tiempo adicional de viaje*



Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas, serie Sistema Nacional de Inversión Pública y cambio climático.

## Figura 12

### *Metodología de cálculo del costo evitado del gasto adicional en pasajes*



Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas, serie Sistema Nacional de Inversión Pública y cambio climático.

## 2.4 Definición de términos básicos

### **La topografía**

Factor principal de la localización de la vía, pues afecta su alineamiento horizontal, sus pendientes, sus distancias de visibilidad y sus secciones transversales (Chocontá, 2011).

### **Línea de Gradiente**

Es la línea que une los puntos que siguen una determinada pendiente, denominada pendiente de trabajo (Cárdenas, 2013).

### **Curvas de nivel**

Curva de nivel es la línea que une puntos de igual altitud y su representación en el plano viene dada por la intersección de nivel con el terreno (López, 1996).

### **Túnel**

Paso subterráneo abierto artificialmente para establecer una comunicación a través

del monte, por debajo de un río u otro obstáculo (López, 2011).

### **Ruta**

Franja de terreno, de ancho variable, comprendida entre dos puntos obligados y que pasa a lo largo de puntos obligados intermedios, dentro del cual es posible la localización del trazado de una vía (Cárdenas, 2013).

### **Pendiente Longitudinal y transversal del terreno**

Son las inclinaciones naturales del terreno, medidas en sentido longitudinal y transversal del eje de la carretera (Cárdenas, 2013).

### **Pendiente**

La Pendiente es la inclinación de la rasante del camino a lo largo de su alineamiento. Este talud se expresa en porcentaje – la relación entre el cambio en elevación y la distancia recorrida (Keller y Sherar, 2004).

### **Costo evitado**

Es la simetría útil que existe entre beneficios y costos: un beneficio no aprovechado es un costo, y un costo evitado es un beneficio (Dixon et al., 1994).

## **2.5 Fundamentos teóricos que sustenta las hipótesis (Figura o mapas conceptuales).**

En la figura 13, se ha desarrollado el mapa conceptual de la presente investigación, en ella se tiene que, se realizará un análisis topográfico, geológico, hidrográfico y social basado en fuentes documentales. El análisis topográfico e hidrográfico se realizará en base a las cartas nacionales y las cartas hidrográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) respectivamente. El análisis geológico se desarrollará en base a los informes técnicos del Bajo Urubamba desarrollado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). El aspecto social, es decir, los asentamientos de las comunidades nativas o centros poblados a quienes beneficiará la presente investigación, se desarrollarán en base al mapa distrital de la Municipalidad de Megantoni.

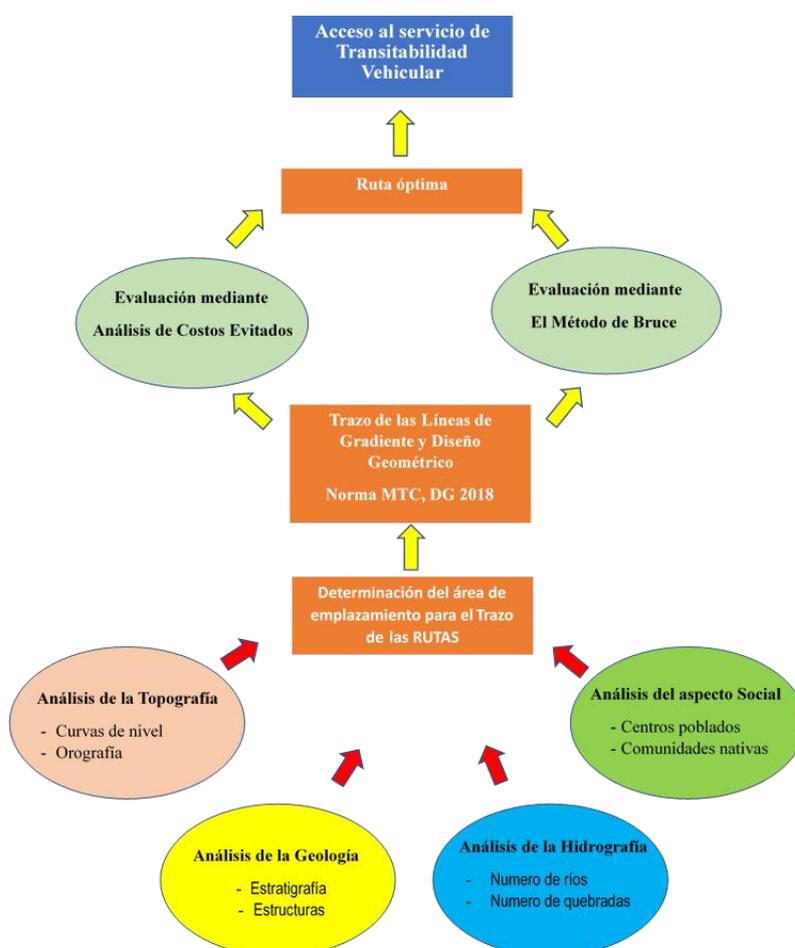
El análisis de los aspectos referidos determinará el área o los espacios de terreno por donde es recomendable trazar las rutas, lo que se realiza mediante el trazo de la línea de gradiente y su posterior diseño geométrico, todo aquello, en base a la norma DG-2018

del MTC. En la presente investigación se estudiarán 03 rutas, enmarcadas dentro de los parámetros analizados previamente (topografía, hidrografía, geología y social).

Para las tres rutas trazadas se realizarán su diseño geométrico en planta, perfil y secciones transversales; de cuyos resultados se evaluarán por el método de Bruce y por el método de costos evitados para determinar la ruta óptima. El método de Bruce analiza las pendientes perjudiciales de la carretera tanto de ida como de vuelta, cuyo análisis está en función de las pendientes de las rutas, lo que se obtiene del perfil longitudinal desarrollado, para finalmente determinar la longitud resistente de la ruta.

**Figura 13**

*Mapa conceptual de la investigación*



## CAPITULO 3: SISTEMA DE HIPOTESIS

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis general

- Si se determina la ruta óptima mediante la evaluación de los diseños geométricos de las rutas trazadas por el método de Bruce y análisis de Costos Evitados, entonces se obtiene el acceso al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del Bajo Urubamba.

#### 3.1.2 Hipótesis específicas

- Al analizar la información topográfica, geológica, hidrográfica y social, entonces se establece las áreas para el trazo de la línea de gradiente mediante la evaluación de las características físicas del terreno.
- Al realizar los trazos de la línea de gradiente considerando túnel y sin túnel, para el diseño geométrico de la carretera, entonces se realiza el diseño geométrico de la carretera según DG-2018 y mediante el software Civil 3D.
- Al comparar las longitudes resistentes de las rutas trazadas mediante el método de Bruce, entonces se determina la ruta óptima.
- Al estimar los beneficios en costo, tiempo y riesgo de transporte de las rutas trazadas mediante el método de los Costos Evitados, entonces se determina la ruta óptima.

### 3.2 Sistema de Variables

#### 3.2.1 Definición conceptual y operacional

##### a. Variable independiente: Ruta Óptima

###### Definición conceptual

La ruta óptima, es la distancia entre dos puntos terminales, que de acuerdo a las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas y de drenaje, ofrezca el menor costo, con el mayor índice de utilidad económica, social y estética.

### Definición operacional

La ruta óptima es determinada a partir de alternativas de trazo realizadas en base a la norma DG-2018, los que son sometidos a evaluación de tipo técnico y económico con el cual se obtiene el eje de la carretera que une el origen y destino a un costo menor respecto de las otras alternativas.

### b. Variable dependiente: Acceso al Servicio de Transitabilidad vehicular

#### Definición conceptual

La transitabilidad es el nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.

#### Definición operacional

El acceso a la transitabilidad vehicular, se logra con la determinación de la ruta óptima, a partir del cual se podrá realizar el diseño definitivo de ingeniería y su posterior construcción.

### 3.2.2 Operacionalización de Variables

Tabla 4

#### Matriz de Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Escala	Instrumento	Herramienta	Ítems
Ruta Óptima	Distancia entre dos puntos terminales, que de acuerdo a las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas y de drenaje, ofrezca el menor costo, con el mayor índice de utilidad económica, social y estética	Longitud del eje de la carretera entre el origen y destino cuyo costo resulta menor de las otras alternativas	Evaluación de la zona de estudio	Topografía	Pendiente transversal	%	Cuantitativa continua	Ambilectivo (Formato)	Cartas Topográficas	Indicado en los formatos
				Geología	Geomorfología, Geología Regional, Geología estructural, Estratigrafía	Descripción	Cualitativa nominal		Carta Geológica	
				Hidrografía	Rios	Und	Cuantitativa continua		Carta Hidrográfica	
				Social	Comunidades, Centros Poblados	Und	Cuantitativa continua		Mapa distrito Megantoni	
			Diseño geométrico	Longitud de trazo	Longitud resistente	m	Cuantitativa continua	Retrolectivo (planos)	DG-2018 y Método de Bruce	
			Beneficios de la Ruta	Beneficios	Riesgo de transporte	accidentes		Ambilectivo (Formato)	Método de Costos Evitados	
Costo de transporte	soles									
Acceso al servicio de transitabilidad vehicular	La transitabilidad es el nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.	El acceso a la transitabilidad vehicular, se logra con la determinación de la ruta óptima, a partir del cual se podrá realizar el diseño definitivo de ingeniería y su posterior construcción	Población: Comunidad Nativa Bajo Urubamba	Número de pobladores	Personas	Personas	Cuantitativa continua	Retrolectivo (Formato)	INEI, Municipalidad de Megantoni	

## CAPITULO 4: METODOLOGIA

En este capítulo se presenta la metodología que se ha seguido para el desarrollo de la investigación y que ha permitido determinar las diferentes etapas de la Tesis. En ese sentido, se tienen aspectos como el método, el tipo de investigación, el nivel de la investigación y el diseño de la investigación que han sido utilizadas para llevar a cabo el trabajo de grado.

### 4.1 Método de investigación

El método de la investigación es de carácter deductivo, en este sentido este método se caracteriza por la aplicación de una serie de procesos racionales, que tienen como finalidad partir de afirmaciones o premisas generales y, luego llegar a un conjunto de afirmaciones particulares, conclusiones o inferencias organizadas de forma lógica (Rodríguez y Pérez, 2007) en tal sentido, se parte del método de Bruce, que consiste en aplicar el concepto de longitud virtual donde compara para cada ruta los parámetros como longitud del trazado, desniveles y pendientes, tomando en cuenta el aumento de longitud correspondiente al esfuerzo de tracción; el análisis de Costos evitados, es decir, valorar los costes que pueden evitarse en tiempo de transporte, costo de transporte y riesgo de transporte actual; el Manual de Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el análisis de la información topográfica, geológica, hidrográfica y social, se determinará la ruta óptima de la carretera que permita reducir los costos, tiempos y riesgos de transporte actual a las comunidades nativas del Bajo Urubamba, distrito de Megantoni.

En cuanto al enfoque de investigación, el mismo presenta un carácter cuantitativo. El enfoque cuantitativo tiene la particularidad de trabajar con fenómenos que son medibles, es decir pueden ser medidos para ser estudiados y los datos son obtenidos y valorados a través del uso riguroso de ciertas métricas (Sánchez, 2019). En ese sentido se determinó numéricamente el trazo de la vía y los beneficios, esto sin menoscabo de la valoración de elementos geológicos, topográficos, hidrográficos y sociales.

La investigación por su Orientación, es de carácter aplicada, porque en base a los resultados de la investigación, se puede realizar los estudios definitivos de ingeniería para su construcción.

En cuanto al instrumento de recolección de datos, es ambilectivo; retro lectiva, porque se han hecho el uso de datos previos que no han requerido instrumentos de medición, es decir, han sido trasladados de su fuente original (información primaria y secundaria) hacia los propios registros, para su posterior análisis. Es prolectivo, porque una parte de la información ha sido recolectada en cuestionarios diseñados de manera expofeso como por ejemplo para medir el riesgo de transporte.

#### **4.2 Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo y alcance descriptivo. Las investigaciones descriptivas tienen como propósito dar a conocer, especificar y visualizar la importancia de un fenómeno analizado para dar a conocer sus características (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). En este sentido la investigación está orientada a emplear los conocimientos de la ingeniería vial a fin de aplicarlas en la evaluación del aspecto topográfico, geológico, hidrográfico y social del terreno, como también en el trazado y diseño geométrico de la vía y la evaluación de las rutas para describir y determinar la ruta óptima para acceso al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del Bajo Urubamba.

#### **4.3 Nivel de investigación**

El nivel de la investigación de acuerdo a la naturaleza de la investigación es descriptivo, porque describe una realidad social en una circunstancia geográfica y temporal determinada como es la falta de acceso al servicio de transitabilidad.

#### **4.4 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación por su propósito, es no experimental. En el diseño no experimental no se manipulan las variables de estudio, se observan y precisan los fenómenos de estudio para analizarlos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). En ese sentido se ha tomado la información de las condiciones actuales de transporte, como también la información social y técnica (topográfica, hidrográfica y geológica) de la zona de estudio de manera exploratoria y descriptiva, para luego analizarlas y plantear las posibles rutas y evaluarlas con la finalidad de obtener la ruta óptima que mejore el costo, tiempo y riesgo de transporte. De igual manera el estudio tiene un diseño transversal. En este tipo de diseños se recolecta la información una sola vez en el tiempo, es decir en un período de tiempo determinado (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

## **4.5 Población y muestra**

### **4.5.1 Población**

La población de la investigación es de tipo finita, se considera por el sur, desde el centro poblado de Saniriato (distrito de Echarati) y por el norte, hasta el centro poblado de Nueva Luz (distrito de Megantoni), contiguo ó próximo al curso del río Urubamba, en una longitud en línea recta de 96 km aproximadamente.

### **4.5.2 Muestra**

Una muestra es considerada como ese subconjunto que se selecciona de una población la cual presenta unas características específicas (López,2004). En relación a la muestra de esta investigación es de tipo no probabilística, intencional. Para la presente investigación es necesario obtener datos de todos los elementos que componen la población, por lo que la muestra es igual a la población, es decir, se considera por el sur, desde el centro poblado de Saniriato (distrito de Echarati) y por el norte, hasta el centro poblado de Nueva Luz (distrito de Megantoni), contiguo al curso del río Urubamba, en una longitud en línea recta de 96 km aproximadamente.

### **4.5.3 Criterios de inclusión y exclusión de la muestra**

#### **a. Criterio de inclusión**

- Se ha incluido información de las investigaciones geológicas realizadas de la zona de estudio para la evaluación del aspecto geológico.

#### **b. Criterio de exclusión**

- No se considera dentro de la investigación otras áreas, regiones o vertientes para el trazo de la ruta óptima que el de la cuenca del río Urubamba; ya que implicaría realizar mayores longitudes de trazo que contravendrían el objeto de la investigación.
- No se considera dentro de la investigación el aspecto de impacto ambiental, por ser un tema extenso que bien podrá realizarse en futuras investigaciones.

## **4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **4.6.1 Técnicas**

Las técnicas de recolección de datos para la presente investigación han sido la observación, la cual consiste en un proceso de carácter sistemático, el cual permite

visualizar y recoger elementos particulares de una realidad observada en un contexto determinado (Navarro 2013). Se ha realizado el análisis documental, el cual consiste en revisar las cartas topográficas, cartas geológicas, mapas hidrográficos, etc. Además, se realizó las entrevistas y la revisión de proyectos similares. Según Muñoz Giraldo et al. (2001) la investigación cuantitativa utiliza generalmente la encuesta, entrevista, observación sistemática, análisis de contenidos, fichas de cotejo etc.

#### **4.6.1 Instrumento de recolección de datos**

En el presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes instrumentos para la recolección de información:

- a. Fichas predeterminadas para recoger la información topográfica
- b. Fichas predeterminadas para recoger la información geológica
- c. Fichas predeterminadas para recoger la información hidrográfica
- d. Fichas predeterminadas para recoger la información social
- e. Guía de entrevista para obtener información sobre el riesgo de transporte

#### **4.7 Descripción de procesamientos de análisis**

Con la información recopilada de las cartas nacionales y la bibliografía consultada referente a la condición topográfica, geológica, hidrográfica y social de la zona de estudio, se analizaron las posibles áreas ó regiones que garanticen la estabilidad de la vía a proyectar en lo que respecta a la parte geológica; así mismo, en lo que respecta a la parte hidrográfica, se evaluaron las características de los principales ríos que podría atravesarse, incidiendo en la cantidad de ellas, sus anchuras de sus cauces y variación de rumbo, se evaluó la morfología del terreno a través del estudio de las curvas de nivel en las cartas topográficas y a través de Google Earth y finalmente el aspecto social, es decir los asentamientos de las comunidades nativas y/o centros poblados; toda la información ha sido plasmada en cuadros y gráficos, culminándose esta etapa con la definición de la zona y/o área por donde debe emplazarse la carretera e iniciar con el trazo de la línea de gradiente.

Una vez definida el área para el trazo de la línea de gradiente, se ha trazado 03 rutas, considerándose en una de ellas un túnel. A las tres rutas trazadas se le realizó su diseño geométrico obteniéndose como resultado la longitud total de cada ruta, pendientes y otras características. Finalmente, a los resultados de las rutas trazadas se ha evaluado

por el método de Bruce y Costos Evitados, obteniéndose de dicha evaluación la ruta óptima.

## CAPITULO 5: PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

### 5.1 Presentación de los resultados

#### 5.1.1 Descripción de las características de la zona del proyecto

##### Ubicación

El distrito de Megantoni se encuentra ubicado en la provincia de La Convención, departamento de Cusco; posee 18 centros poblados, su capital es el centro poblado de Camisea cuyas coordenadas son: longitud  $72^{\circ}57'43''$ , latitud  $11^{\circ}43'2''$  y altitud de 359 msnm. Limita por el norte con el distrito de Sepahua, provincia de Atalaya-región Ucayali. Por el este con el distrito de Fitzcarrald, provincia de Manu – Región Madre de Dios. Por el sur y oeste con el distrito de Echarati – región Cusco. La ubicación y las coordenadas del inicio y fin del tramo motivo de la investigación se tienen en la tabla 5 y la figura 14, respectivamente.

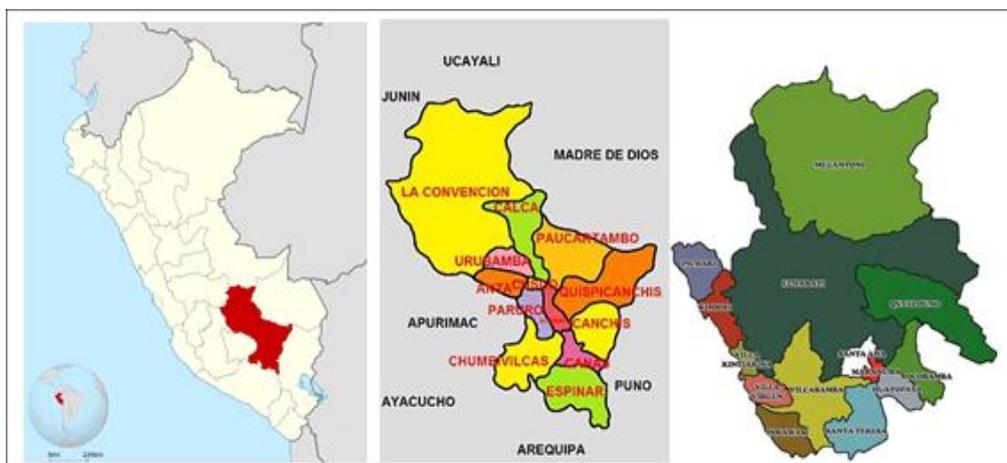
**Tabla 5**

*Coordenadas del Inicio y Fin del Tramo de Estudio*

Centro Poblado	Coordenadas UTM		
	Norte	Este	Altitud
Saniriato	8639311	732530	469.0
Nueva Luz	8733562	714705	305.0

**Figura 14**

*Ubicación de la zona de estudio*



### Tipo de carreteras

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el inventario vial de caminos vecinales realizado en el año 2019, en la región Cusco se tiene 12,082 km de carretera vecinal, de los cuales 11,812 son carreteras no pavimentadas, la capa de rodadura es un afirmado. En el caso de la provincia de La Convención donde se ubica el estudio, 2,848.9 km son carreteras vecinales de los cuales 2,839.5 son carreteras sin pavimentar, la capa de rodadura es un afirmado.

**Tabla 6**

*Red Vial Vecinal o Rural de la Región Cusco*

Departamento	Numero de Provincias	Numero de Rutas	Pavimentada km	No pavimentada km	Existente km	Longitud km
Cusco	13	1,454	270	11,812	12,082	12,082

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019

**Tabla 7**

*Red Vial Vecinal o Rural de la Provincia de La Convención*

Provincia	Numero de Distritos	Numero de Rutas	Pavimentada km	No pavimentada km	Existente km	Longitud km
La Convención	14	343	9.445	2,839.471	2,848.916	2,848.916

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019

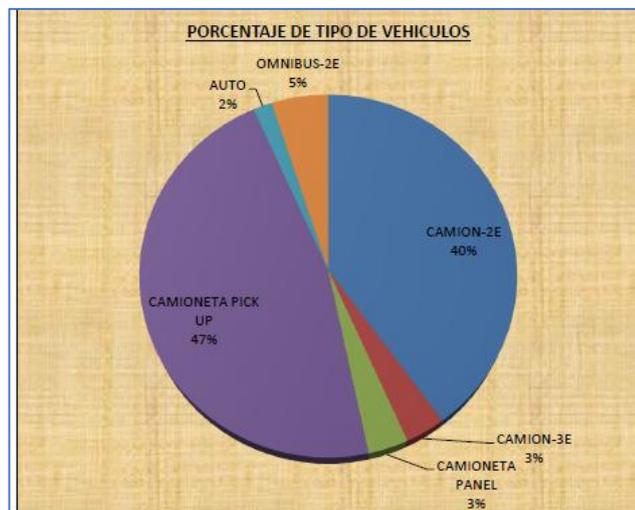
### Tipo de vehículos que transitan por la zona del proyecto

Según el estudio de tráfico realizado por Servicios Industriales de la Marina (SIMA) en el año 2013 con la finalidad de proyectar la construcción del puente carrozable Ivochote sobre el río alto Urubamba, en la provincia de La Convención, departamento de Cusco, determinó un IMD de 485 vehículos/día y proyectado para 20 años un IMD de 668 vehículos/día.

Los tipos de vehículos que circulan por la zona del proyecto son: camioneta Pick Up un 47%, utilizado para el transporte de pasajeros y carga liviana. Camiones -2E un 40%, utilizado para el transporte de carga pesada; Camiones -3E y Camioneta Panel un 3%, Auto un 2% y Ómnibus - 2E un 5% que también es para el transporte de pasajeros.

**Figura 15**

*Tipo de vehículos que circulan por la zona del proyecto*



Fuente: Estudio de tráfico para la Construcción del Puente Carrozable Ivochote sobre el Rio Alto Urubamba. SIMA, año 2013.

### **Topografía**

El Pongo de Mainique divide el valle del Urubamba en alto y bajo Urubamba. La topografía del alto Urubamba es propia de la selva alta del Perú, presenta un relieve muy accidentado como sucede con la zona donde tiene su inicio el estudio (Saniriato - distrito de Echarati) donde existe cañones fluviales estrechos y profundos, pendientes mayores de 40°, es decir, pendientes pronunciadas de las laderas, cauces angostos del río Urubamba y sus afluentes. Esta característica de relieve culmina con el Pongo de Mainique, accidente geográfico resultante de la ruptura de la cordillera de Vilcabamba, a través del cual discurre el río Urubamba para abrirse paso hacia el Bajo Urubamba. La topografía del bajo Urubamba es llana y ondulada característico de la llanura amazónica.

### **Geología**

Regionalmente la zona de estudio se encuentra ubicada en el flanco oriental de los Andes y la Llanura amazónica, donde se notan tres rasgos morfoestructurales importantes, la Cordillera Oriental, la Faja Subandina paralela a la anterior y el Llano Amazónico hacia el NNE. En ellos se desarrollan diversas geoformas de erosión, y acumulación a partir del Plioceno. Los grandes rasgos geomórficos son: Ladera norte de la Cordillera de Vilcanota, Zona de Laderas de valles con pendiente moderada, Ladera Subandina, Colinas, Valles y Valle Sinclinal; los cuales debido a la constitución litológica

muestran geformas menores propias que caracterizan a dichas áreas (INGEMMET, 1994).

### **Hidrografía**

El río Urubamba nace de la unión de los ríos Yanatili y Vilcanota, a lo que se considera como Alto Urubamba, al pasar por el pongo de Mainique toma el nombre de Bajo Urubamba, que al unirse con el río Tambo forman el río Ucayali. El río Urubamba luego de recorrer los cañones interandinos ingresa a la selva alta (distrito de Echarati) formando valles estrechos y cañones. Después de atravesar el pongo de Mainique, su recorrido es de regular sinuosidad, con numerosos meandros por los que recorre cambiando de cauce (INGEMMET, 1994).

Su dirección es de sur a norte, con una anchura aproximada de 200 a 500m. El río Urubamba es navegable desde el puerto de Ivochote aguas abajo, no obstante, la navegación es de riesgo hasta atravesar el pongo de Mainique (3.6km) debido a la presencia de tumbos, remolinos y tramos de alta velocidad, producido por lo angosto de su cauce (40 m) y la pendiente del lecho (3%). Los principales ríos afluentes del río Urubamba en el tramo de estudio se tiene en la tabla N° 8.

**Tabla 8**

*Ríos Importantes Afluentes del Río Urubamba*

<b>Margen Izquierda</b>	<b>Margen Derecha</b>
Río Pomarani	Río Yoyato
Río Capanaishiari	Río Ticumpinia
Río Picha	Río Shihuaniro
Río Pangoreni	Río Timpía
Río Huipaya	Río Cashiriari
Río Yali	Río Camisea
Río Sensa	Río Paquiria
Río Miaria	Río Mishahua
Río Sepa	

Fuente: MTC, Mapa Vial Provincial-La Convención, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

## Infraestructura vial

La infraestructura vial de la provincia de La Convención según la actualización del inventario de la red vial vecinal o rural del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, son carreteras no pavimentadas y representan el 95% del total de las carreteras de esta categoría de la provincia. Las carreteras vecinales que circunscriben la zona de estudio se caracterizan por tener la sección transversal de la vía de un solo sentido con plazoletas de paso en promedio cada 500 m, con anchura de plataforma de 5.00m y con pendientes longitudinales en el rango de 5 a 10% y cuentan con capas de rodadura de material granular seleccionado (afirmado) de espesores 15 a 20cm.

Estas carreteras fueron diseñadas para velocidades de 20 a 30 km/h y muchos de ellos inicialmente fueron concebidos como trochas carrozables y conforme al incremento de tráfico han sido mejoradas.

**Tabla 9**

*Características de las Carreteras Vecinales en el Entorno del Proyecto*

Carretera	Longitud	Ancho de plataforma	Obras de Arte	Superficie de rodadura	Señalización
Carretera Alto Manugaly - Nueva Echarati	12 km	5.50	Badenes y Alcantarillas	Afirmado	señales verticales
Carretera Palmeiras - Huayruchoyoc	8km	5.00	Puente y Alcantarillas	Afirmado	señales verticales
Carretera Ramal Km 32 Kepashiato - Kimbiri a Paquishiari	10 km	5.00	Alcantarillas	Afirmado	señales verticales
Carretera Nuevo Amanecer - Rio Ururiari	9 km	5.00	Badenes y Alcantarillas	Afirmado	señales verticales
Carretera Yanashiri - Alto Belen Palmeiras	6.5 km	5.50	Badenes y Alcantarillas	Afirmado	señales verticales
Carretera Saniriato - Cachingari	13.54 km	5.50	Alcantarillas	Afirmado	señales verticales
Carretera Amarilluyoc - Kemaluyoc	12.9 km	5.50	Badenes y Alcantarillas	Afirmado	señales verticales
Carretera Shirimpiari - Mapitunuari	9.94 km	5.50	Badenes y Alcantarillas	Afirmado	señales verticales

Fuente: Municipalidad Distrital de Echarati, 2014-2015

## Costo, tiempo y riesgo de transporte fluvial en el río Urubamba

De acuerdo a los datos del Censo del año 2017, el Distrito de Megantoni alcanza 6962 habitantes (Censos Nacionales 2017, INEI), y para el año 2020 tiene una población proyectada de 7499 habitantes (Boletín especial N° 26, INEI). Para acceder a este distrito desde la ciudad de Cusco, se recorre la carretera Cusco – Ollantaytambo – Alfamayo – Quillabamba (capital de la provincia de La Convención), a través de la vía departamental asfaltada de 204 km. Desde la ciudad de Quillabamba la carretera de tipo departamental y luego vecinal continua junto al río Vilcanota (río Urubamba) hasta llegar al Centro Poblado de Saniriato (Echarati), es aquí donde termina la carretera.

Desde Saniriato, el acceso al Bajo Urubamba (Megantoni) es a través de transporte fluvial, para ello es necesario atravesar el pongo de Mainique, Tramo de alto riesgo principalmente en la época de avenidas, situación que afecta entre otros, en el tiempo de transporte, el costo de transporte y el riesgo de transporte.

En cuanto al riesgo de transporte, se tiene que en numerosas ocasiones se ha producido accidentes (naufragios) con pérdida de vidas humanas, agravándose esta situación en el periodo de lluvias donde el río incrementa su caudal, generándose tumbos, remolinos y rápidas, con transporte de palizadas, tornándose muchas veces innavegable. Desde la perspectiva económica, los costos asociados a las muertes generadas por los naufragios tienen implicancias para la familia y la sociedad. En la tabla 10, se tiene los accidentes en el Pongo de Mainique-

**Tabla 10**

*Accidentes en el Pongo de Mainique*

Ubicación	Fecha	Numero de personas	Consecuencias	Fuente
Pongo de Mainique	18/01/2021	7	ilesos	<a href="https://primerahora.pe">https://primerahora.pe</a>
Pongo de Mainique	5/02/2020	11	Ilesos	<a href="https://www.youtube.com">https://www.youtube.com</a>
Pongo de Mainique	2/07/2020	5	Ilesos	<a href="http://www.munimegantoni.gob.pe">http://www.munimegantoni.gob.pe</a>
Pongo de Mainique	27/02/2019	13	Ilesos	<a href="http://www.munimegantoni.gob.pe">http://www.munimegantoni.gob.pe</a>
Pongo de Mainique	19/01/2019	6	Fallecidos	<a href="https://aprimerahora.pe">https://aprimerahora.pe</a>
Rio Urubamba	16/08/2016	6	Fallecidos	<a href="https://diariocorreo.pe">https://diariocorreo.pe</a>
Pongo de Mainique	2/03/2016	1	Fallecidos	<a href="https://rpp.pe">https://rpp.pe</a> .
Pongo de Mainique	6/03/2015	3	Fallecidos	<a href="https://diariocorreo.pe">https://diariocorreo.pe</a>
Rio Urubamba	17/01/2015	10	Fallecidos	<a href="https://andina.pe">https://andina.pe</a>
Pongo de Mainique	30/11/2014	6	Fallecidos	<a href="https://www.indeci.gob.pe/wp">https://www.indeci.gob.pe/wp</a>
Pongo de Mainique	16/04/2010	5	Fallecidos	<a href="https://diariocorreo.pe">https://diariocorreo.pe</a>
Pongo de Mainique	9/04/2010	5	Fallecidos	<a href="https://andina.pe/agencia/noticia">https://andina.pe/agencia/noticia</a>

Respecto al costo de transporte, es decir del coste de los pasajes, este tiene diferentes precios, dependiendo de la distancia recorrida; en la tabla 11 se tiene el costo de los pasajes entre Ivochote y Camisea, no obstante, los montos pueden tener variaciones adicionales cuando la navegación se torna restringido durante la época de avenidas.

**Tabla 11***Costo de Transporte a través del Rio Urubamba*

<b>Origen - Destino</b>	<b>Época de Estiaje</b> <b>S/</b>	<b>Época de avenidas</b> <b>S/</b>
Ivohote - Camisea	70.00	70.00
Camisea - Ivohote	70.00	70.00

Respecto al tiempo de transporte, es decir, el tiempo que se emplea en navegar el río Urubamba desde Saniriato a Camisea y viceversa, se realiza en diferentes tiempos, dependiendo de la época del año: época de estiaje o época de avenidas, también varía en función del sentido del viaje, es decir, en favor o en contra del sentido del río; Adicionalmente a ello, en la época de avenidas se suele suspender la navegación como previsión de posibles accidentes, con lo que se incrementa el tiempo para realizar un determinado viaje, en la tabla 12 se tiene el tiempo de viaje entre Ivohote y Camisea..

**Tabla 12***Tiempo de Viaje entre Saniriato y Camisea*

<b>Origen - Destino</b>	<b>Época de Estiaje</b> <b>hrs.</b>	<b>Época de avenidas</b> <b>hrs.</b>
Ivohote - Camisea	4.00	4.00
Camisea - Ivohote	5.00	5.50

### **5.1.2 Índice de validez del instrumento**

En cuanto a la estimación del riesgo de transporte fluvial entre C.P. Saniriato y C.P. Nueva Luz, se elaboró el instrumento y la ficha de validación de la Guía de Entrevista, con la finalidad de darle el rigor científico necesario para la obtención de evidencia de validez a través de la evaluación de juicio de expertos los mismos que forman parte del anexo.

Para el cálculo de la muestra se empleó una población (N) a la cual se estableció un 95 % de confiabilidad y 5 % de error muestral. El cálculo de la muestra se ha desarrollado según la fórmula 1.

$$\frac{k^2 N p q}{e^2 (N - 1) + k^2 p q} \dots\dots\dots (1)$$

k = 1.96 (Nivel de confianza al 95 %)

N = 6962 habitantes

p = 0.5 (proporción esperada 50%)

q = 0.5 (1-p = 0.5)

e = 0.05 (Error muestral)

n = 365 personas

De las 365 personas, utilizaremos criterios de exclusión para seleccionar la muestra final de estudio; en ese sentido, solo se considera los potenciales usuarios del transporte fluvial indicados en la tabla 13, que representan el 46.11%, excluyéndose el resto de la población. La muestra final de estudio resulta 132 personas.

**Tabla 13**

*Ocupación Principal de la Población del Bajo Urubamba*

<b>Ocupación Principal</b>	<b>%</b>
Trabajadores de servicios y vendedores de comercios y mercados	7.39%
Agricultores y trabajos calificados agropecuarios, forestales y pesqueros	20.24%
Trabajadores de construcción, edificación, productos artesanales, electricidad y las telecomunicaciones	18.48%
<b>Total</b>	<b>46.11%</b>

Fuente: Censo Nacional INEI - 2017

Las entrevistas para determinar el riesgo de transporte fluvial del río Urubamba pasando por el pongo de Mainique fueron realizadas del 7 al 12 de noviembre de 2021 sobre una muestra de 132 personas, en la ciudad de Quillabamba (distrito de Santa Ana), Centro Poblado de Ivochote y el Centro Poblado de Saniriato, ambos en el distrito de Echarati.

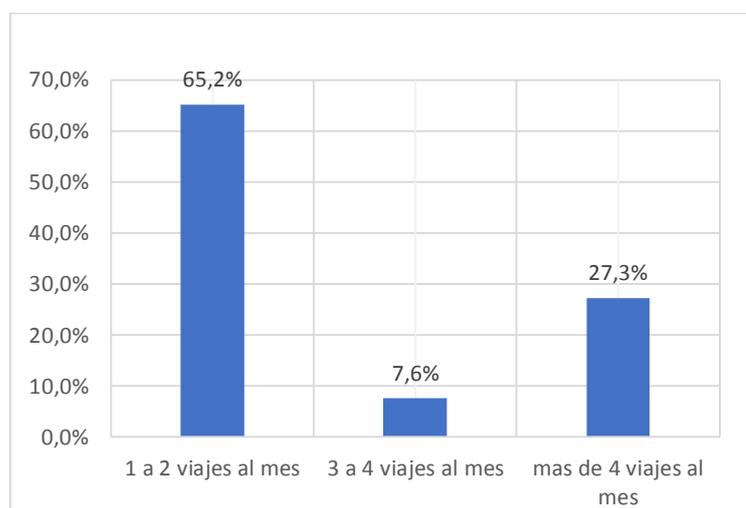
Respecto a la pregunta 1 de la guía de entrevista ¿Realiza usted viajes a través del río Urubamba pasando por el pongo de Mainique?, los entrevistados indicaron que si

realizan viajes y otros indicaron que no realizan viajes al bajo Urubamba; es así que las siguientes preguntas de la guía de entrevista se desarrolló solo con los entrevistados que indicaron que si realizan viajes navegando el rio Urubamba atravesando el pongo de Mainique.

Respecto a la pregunta 2 de la guía de entrevista ¿Con que frecuencia realiza viajes?, los entrevistados indicaron que un 65.2% realiza de 1 a 2 viajes al mes, un 7.6% realiza de 3 a 4 viajes al mes y el 27.3% realiza mas de 4 viajes al mes, tal como se tiene en la figura 16.

**Figura 16**

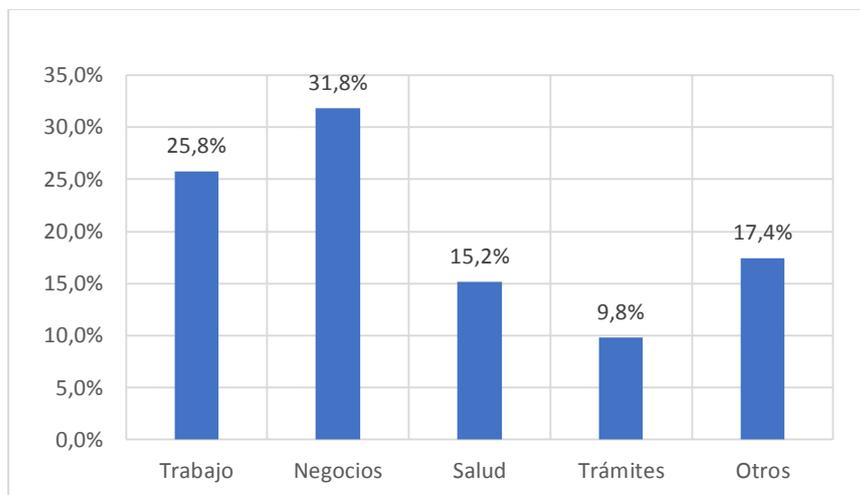
*Frecuencia por el rio Urubamba atravesando el Pongo de Mainique*



Respecto a la pregunta 3 de la guía de entrevista ¿Cuál es el motivo por el cual realiza viajes?, los entrevistados indicaron que un 31.8% realiza por negocios, el 25.8% por trabajo, el 15.2% por salud, el 9.8% para realizar trámites y un 17.4% otros, tal como se tiene en la figura 17.

**Figura 17**

*Motivo de Viajes por el rio Urubamba pasando por el Pongo de Mainique*



Respecto a la pregunta 4 de la guía de entrevista ¿Considera usted que el viaje que realiza es seguro o de alto riesgo?, 125 entrevistados indicaron que el navegar el rio Urubamba pasando el pongo de Mainique es de alto riesgo y solo 7 entrevistados indicaron que el transporte es seguro; es decir, el 95% de las personas consideran que el transporte es de alto riesgo y el 5% consideran que es seguro, tal como se tienen en la tabla 14 y la figura 18, respectivamente.

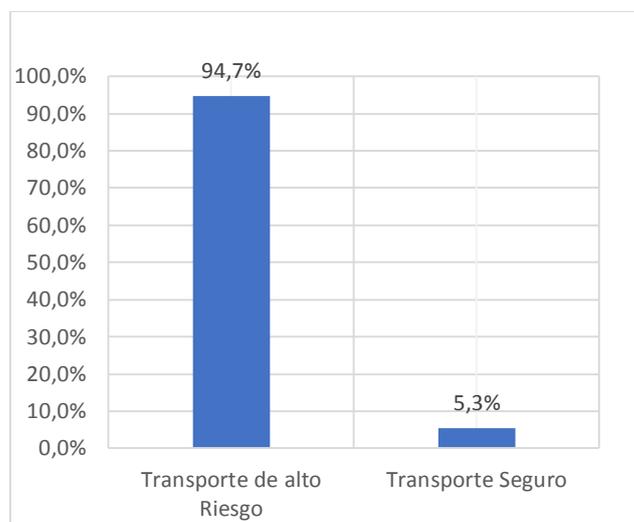
**Tabla 14**

*Resultado de las entrevistas sobre el Riesgo de transporte fluvial a través del rio Urubamba pasando por el Pongo de Mainique*

Lugar de entrevista	C.P. Ivochote	C.P. Saniriato	Quillabamba	Total
Distrito	Echarati	Echarati	Santa Ana	
Fecha	8, 9, 10 y 12 nov. 21	11 nov. 21	7 y 12 nov. 21	
Muestra	132			
Resultados				
Transporte de alto riesgo	45	69	11	125
Transporte seguro	6	0	1	7

**Figura 18**

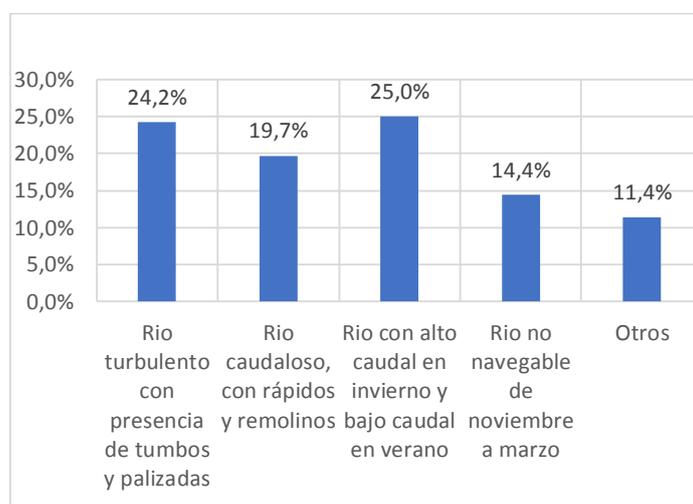
*Riesgo de transporte fluvial en el río Urubamba pasando por el Pongo de Mainique*



Respecto a la pregunta 5 de la guía de entrevista ¿Por qué considera que el viaje es de alto riesgo?, el 25% de los entrevistados indicaron que el navegar el río Urubamba pasando el pongo de Mainique es de alto riesgo debido al alto caudal en invierno y bajo caudal en verano, el 24.2% indicaron que se debe a que el río es turbulento con presencia de tumbos y palizadas, el 19.7% indicaron que se debe a que el río es turbulento con presencia de tumbos y palizadas, el 19.7% indicaron que el río tiene rápidos y remolinos, el 14.4% que el río no es navegable de noviembre a marzo y 11.4% indicaron otras razones; los resultados se tiene en la figura 19.

**Figura 19**

*Razón por lo que el usuario considera de alto riesgo navegar el río Urubamba pasando por el Pongo de Mainique*



## **5.2 Análisis de los resultados**

### **5.2.1 Resultados del aspecto topográfica, geológica, hidrográfico y social**

Como resultado del análisis de la información topográfica, geológica, hidrográfica y social de la zona de estudio y a este nivel de análisis, se concluye que es recomendable realizar el trazo de la línea de gradiente de la carretera por la margen izquierda del río Urubamba desde el Centro Poblado de Saniriato hasta el sector de Saringaveni, atravesando la cordillera de Vilcabamba, y luego pasar a la margen derecha del río Urubamba y continuar el trazo de la línea de gradiente contiguo a dicho río hasta llegar al Centro poblado de Nueva Luz.

La justificación estriba principalmente en el aspecto topográfico e hidrográfico, ya que en lo que respecta al aspecto geológico, las características geológicas del tramo en estudio son generales, son estudios generalizados desarrollado por INGEMMET durante los años 1994 y 1997 en los cuadrángulos de Sepahua, María, Unión, Qirigueti, Camisea y río Cashpajali; así mismo en el cuadrángulo de Timpia, Calangato, río Providencia, publicados en los boletines N° 125 y 121 respectivamente, los cuales indican entre otros que, en cuanto a su estratigrafía están constituidas en su mayoría por unidades silicoclásticas (rocas sedimentarias compuestas de cuarzo o silicatos), y que son propias de la zona Subandina y Llano Amazónico, así mismo se tiene materiales de grava, arenas y limos como se tiene en la figura 20. En cuanto al aspecto estructural gran parte de esta región está controlada por fallas normales del Permo-Triásico y el más relevante es la falla de tipo inversa del pongo de Mainique como se tiene en la figura 21. Respecto al aspecto social, los Centros Poblados y/o Comunidades Nativas beneficiarias están asentadas prácticamente en igual número en ambas márgenes y/o vertientes del río Urubamba, tal como se tiene en las tablas 18 y 19.

En cuanto al aspecto topográfico, de acuerdo a la evaluación realizada a las cartas topográficas del IGN e imágenes de Google Earth, el tramo Saniriato – Saringaveni por la margen izquierda del río Urubamba y el tramo Santo Domingo – Nueva Luz, por la margen derecha del río Urubamba tienen mejores pendientes transversales, una orografía ondulada (tipo 2) de acuerdo a DG-2018, lo que permite realizar el trazo a media ladera y plantear desarrollos con menor movimiento de material al menor coste del proyecto (tramo Saniriato – Saringaveni) frente a otros tramos de taludes empinados, dicha evaluación se visualiza en las figuras 23 al 28.

En el aspecto hidrográfico, de acuerdo a la evaluación realizada a través del servicio de visualización de la capa de hidrografía a escala 1/100,000 del Instituto Geográfico Nacional, y complementado con la carta nacional de la misma institución, la vertiente izquierda del río Urubamba tiene mayor número de ríos afluentes frente a la vertiente derecha; en la tabla 18 se tiene que los afluentes del Urubamba por la margen izquierda son 27 entre ríos y quebradas y en la tabla 19 se tiene que los afluentes del Urubamba por la margen derecha son 15, esta situación desde el aspecto económico es determinante para recomendar el trazo de la línea de gradiente por la margen derecha del Río Urubamba, en el tramo Santo Domingo – Nueva Luz.

### ***5.2.2 Resultados del análisis por el método de Bruce***

En la tabla 15, se tiene los resultados de las longitudes resistentes de las tres rutas desarrolladas por el método de Bruce, tanto de ida como de retorno; en él se tiene que la Ruta 3, es la que tiene la longitud resistente más alta que las otras dos rutas; la Ruta 1, secunda el orden en tener la longitud resistente más alta, y la Ruta 2, es la que tiene la menor longitud resistente, tanto de ida como de retorno. Por lo tanto, bajo el enfoque del método de Bruce, la Ruta 2 es la ruta óptima para el acceso al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del Bajo Urubamba con una longitud de 150.11km desde el C.P. de Saniriato hasta el C.P. de Nueva Luz y contempla dentro del trazo un túnel de 3671m para atravesar la cordillera de Vilcabamba en las vecindades del pongo de Mainique.

**Tabla 15**

*Cuadro comparativo de la longitud resistente de la Rutas, de ida y retorno*

Alternativas de trazo	Longitud resistente (de ida) m	Longitud resistente (de retorno) m
Ruta 1	208,254.79	217,551.96
Ruta 2	165,812.67	169,301.76
Ruta 3	209,049.66	218,743.03

En la tabla 16, se tiene las longitudes de cada una de las rutas trazadas, así mismo el orden que ocupa en cuanto a su longitud resistente; siendo el de mayor longitud de trazo la Ruta 3, seguido en segundo lugar por la Ruta 1 y finalmente el de menor longitud de trazo la Ruta 2, lo que corresponde a la Ruta óptima.

**Tabla 16**

*Orden de prelación de las Rutas en función de su longitud resistente*

Alternativas de trazo	Longitud de trazo km	Menor longitud Resistente (orden)
Ruta 1	178+155.07	2
Ruta 2	150+110.78	1
Ruta 3	179+374.43	3

### **5.2.3 Resultados del análisis por el método de costos evitados**

Se ha estimado los costos evitados del tiempo adicional de viaje, gasto adicional en pasajes y la pérdida de vidas humanas comparando la situación actual del transporte fluvial con la situación proyectada con transporte terrestre, obteniéndose como resultado: La Ruta 2 es el que tiene mejor costo evitado, es decir mayor beneficio en comparación de las Rutas 1 y 3, tal como se tiene en la tabla 31.

De otra parte, el costo de inversión estimada para las tres rutas resulta que, la Ruta 2 es el que requiere de mayor monto de inversión, seguido de la Ruta 3 y finalmente la Ruta 1 es la que requiere menor monto de inversión que las otras dos rutas, lo que se sustenta en las tablas 32, 33 y 34.

Al respecto del costo evitado Dixon indica: En la literatura sobre el ACB se entiende que existe una simetría útil entre beneficios y costos: un beneficio no aprovechado es un costo, y un costo evitado es un beneficio (Dixon, 1994). En ese sentido, los costos evitados en este estudio representan los beneficios de la intervención y la reducción del riesgo que les significa al poblador beneficiario de la zona el contar con una vía transitable cuyo costo evitado es el de la pérdida de vidas humanas primordialmente, entre otras como alto costo en pasajes y mayor tiempo de viaje. En esa

línea, el análisis realizado a los resultados de las tres rutas propuestas como se indica en la tabla 17, se tiene que la Ruta 2, se constituye en la mejor ruta por tener el mayor costo evitado y por ende el mayor beneficio que implica tener costos del orden de 33.90% frente a 33.06% y 33.04% de las otras alternativas y que permitirá acceder de forma segura a una vía de transporte.

**Tabla 17**

*Cuadro comparativo entre costos de inversión y costos evitados*

<b>Ruta</b>	<b>Costo de inversión estimada</b> S/	<b>%</b>	<b>Costo evitado durante 1 año</b> S/	<b>%</b>
1	377,487,710.40	23.46	19,819,163.51	33.06
2	665,399,542.69	41.36	20,326,298.09	33.90
3	565,996,074.41	35.18	19,809,015.99	33.04

### **5.3 Contrastación de hipótesis**

#### **5.3.1 Contrastación de las hipótesis específicas**

H1 = Al analizar la información topográfica, geológica, hidrográfica y social, se establece los puntos de paso de la línea de gradiente mediante la evaluación de las características del terreno y la ubicación de asentamientos de las comunidades nativas.

Se ha analizado la información topográfica, geológica, hidrográfica y social de la zona de estudio, determinándose que, el aspecto topográfico e hidrográfico son los que principalmente han definido las zonas por donde debe de emplazarse el trazo de la línea de gradiente para unir el Centro Poblado de Saniriato con el Centro Poblado de Nueva Luz, siendo estas zonas: Tramo: Saniriato – Saringaveni, trazo de la línea de gradiente por la margen izquierda del río Urubamba; Tramo: Campo Domingo - Nueva Luz: Trazo de la línea de gradiente por la margen derecha del río Urubamba. Dichas determinaciones están basadas en el menor número de ríos y quebradas afluentes del río Urubamba en el aspecto hidrográfico y en el aspecto topográfico en pendientes transversales del orden de 35.2% en promedio, clasificándose en función de la orografía predominante como un terreno ondulado (tipo 2), (DG-2018, página 14).

H2 = Al realizar los trazos de la línea de gradiente considerando túnel y sin túnel, entonces se realiza el diseño geométrico de la carretera según DG-2018 y mediante el software Civil 3D.

En base a la carta nacional del Instituto Geográfico Nacional, se ha realizado los trazos de la línea de gradiente de la carretera para tres rutas distintas, planteándose en una de las rutas un túnel para atravesar la cordillera de Vilcabamba; En base a dicha línea de gradiente se ha definido el alineamiento horizontal y vertical de la carretera realizándose el diseño geométrico de la carretera en base al DG-2018 y mediante el software Civil 3D, obteniéndose las siguientes longitudes: Ruta 1 = 178.12 km, Ruta 2 = 150.11 km y Ruta 3 = 179.37 km.

H3 = Al comparar las pendientes perjudiciales de las rutas trazadas mediante el método de Bruce, entonces se determina la ruta óptima.

Se ha determinado las pendientes perjudiciales para cada una de las rutas trazadas mediante el método de Bruce, hallándose que la Ruta 2 es la que tiene la menor pendiente perjudicial frente a las otras dos rutas; De hecho, la Ruta 2 obtuvo una pendiente perjudicial de 169,301.76m frente a 217,555.96m y 218,743.03m de las Rutas 1 y 3 respectivamente, por lo que la Ruta 2 resultó como la ruta óptima.

H4 = Al estimar los beneficios en cuanto al costo, tiempo y riesgo de transporte de las rutas trazadas mediante el método de los Costos Evitados, entonces se determina la ruta óptima.

Se ha estimado los beneficios que proporcionaría al poblador usuario el contar con una carretera transitable frente al actual transporte fluvial, determinándose el costo, tiempo y riesgo de transporte actual, es decir, los costos evitados; también se ha estimado el costo de inversión de cada una de las rutas, de donde resulta la Ruta 2 como la ruta optima por tener el más alto costo evitado que las otras dos rutas, no obstante, de tener el costo de inversión inicial alto.

### 5.3.2 Interpretación de los resultados

**Objetivo 1:** Analizar la información topográfica, geológica, hidrográfica y social para establecer los puntos de paso de la línea de gradiente mediante la evaluación de las características físicas del terreno y la ubicación de los asentamientos de las comunidades nativas.

El análisis de la información topográfica, geológica, hidrográfica y social de la zona de estudio dio como resultado que, es recomendable realizar el trazo de la línea de gradiente de la carretera por la margen izquierda del río Urubamba partiendo del Centro Poblado de Saniriato hasta el sector de Saringaveni, para luego pasar a la margen derecha del río Urubamba y continuar el trazo por este flanco hasta llegar al Centro poblado de Nueva Luz que viene a ser el tramo final de la investigación.

Las zonas determinadas para el trazo de la línea de gradiente tuvieron mejores pendientes transversales y menor número de ríos y quebradas respecto a otros flancos en lo que se refiere al aspecto topográfico e hidrográfico, como se tiene de las figuras 23 al 28 y las tablas 18 y 19 respectivamente. En cuanto al aspecto geológico, la zona en estudio cuenta con información de los cuadrángulos de Sepahua, María, Unión, Qiriguéti, Camisea y río Cashpajali, así mismo del cuadrángulo de Timpia, Calangato, río Providencia desarrollado por INGEMMET durante los años 1994 y 1997, en ellos se establece que, en lo que se refiere a la estratigrafía están constituidas en su mayoría por unidades silicoclásticas (rocas sedimentarias compuestas de cuarzo o silicatos), y que son propias de la zona Subandina y Llano Amazónico, también se tiene materiales de grava, arenas y limos como se tiene en la figura 100. En cuanto al aspecto estructural gran parte de esta región está controlada por fallas normales del Permo-Triásico y el más relevante es la falla de tipo inversa del pongo de Mainique como se tiene en la figura 21.

En cuanto al aspecto social, los Centros Poblados y/o Comunidades Nativas asentadas en el bajo Urubamba, están asentadas en ambas márgenes y/o vertientes del río Urubamba casi en las mismas cantidades, tal como se tiene de las tablas 20 y 21. La capital del distrito (centro poblado de Camisea) se encuentra en la margen derecha del río Urubamba.

**Objetivo 2:** Realizar los trazos de la línea de gradiente considerando túnel y sin túnel para el diseño geométrico de la carretera según DG-2018 y mediante el software civil 3D.

Se ha realizado el trazo de la línea de gradiente y su diseño geométrico de tres rutas, los mismos que parten en el Centro Poblado de Saniriato y llegan hasta el Centro Poblado de Nueva Luz, obteniéndose para la Ruta 1 una longitud de 178.16 km, para la Ruta 2 que contempla un túnel, una longitud de 150.11 km y para la Ruta 3 una longitud de 179.37 km cuyo plano en planta general se tiene en las figuras 25, 26 y 27 respectivamente.

**Objetivo 3:** Comparar los resultados de los diseños geométricos de las rutas trazadas para determinar la ruta óptima mediante el método de Bruce.

Se realizó la comparación de los resultados de los diseños geométricos de las rutas trazadas y se determinó la ruta óptima por el método de Bruce tal como se tiene en la tabla 15, en ella se aprecia que las longitudes resistentes de las tres rutas son diferentes y la ruta que tiene la menor longitud resistente es la Ruta 2 como se tiene en la tabla 16, que dentro del trazo prevé un túnel en las inmediaciones del pongo de Mainique por lo que resultó ser la ruta óptima con una longitud de trazo de 150.11 km frente a otras rutas de 178.16 y 179.37 km

**Objetivo 4:** Estimar los beneficios en costo, tiempo y riesgo de transporte de las rutas trazadas para determinar la ruta óptima mediante el análisis de Costos Evitados.

Se ha estimado los beneficios del tiempo adicional de viaje, gasto adicional en pasajes y la pérdida de vidas humanas mediante el análisis de los costos evitados, comparando la situación actual del transporte fluvial con la situación proyectada con transporte terrestre, del que la Ruta 2 resultó en tener el mejor costo evitado, es decir mayores beneficios en comparación de las Rutas 1 y 3, tal como se tiene en la tabla 31. En cuanto al costo de inversión estimada para cada una de las rutas, la Ruta 2 resultó el que requiere de mayor monto de inversión respecto a las rutas 1 y 3 tal como se tiene en las tablas 32, 33 y 34.

## **5.4 Desarrollo del proyecto**

### **5.4.1 Geología de la zona de estudio**

El análisis de la información geológica de la zona de estudio entre C.P. Saniriato (Echarati) y C.P. Nueva Luz (Megantoni), consiste en la descripción de los aspectos geológicos, estratigráficos, estructurales, hidrológicos y geomorfológicos, los cuales se desarrollan a partir de la información contenida en el Boletín N° A121 -Timpia, Calangato, río Providencia y el Boletín N° A 125- Sepahua, Miaria, Unión, Quirigueti, que contiene información del cuadrángulo de Cusco 25-q, 24-q, 24-p, 23-p y 23-q a escala 1:100,000 publicado por el INGEMMET o Instituto Geológico Minero y Metalúrgico durante los años 1994 y 1998, los cuales contienen entre otros, la geología, la geología estructural, la estratigrafía y la geomorfología.

Esta región ha sido estudiada principalmente mediante exploraciones geológicas, orientadas a la prospección de gas y petróleo, como: Estudios geológicos efectuados en el Pozo San Martín 1X, Río Alto Manu, Río Sotileja, hojas G-5 y G-6 de la serie geológica a escala 1: 100,000 elaboradas por Petróleos del Perú. Así como los estudios realizados en el pongo de Mainique, río Urubamba (flanco sur del sinclinal Tucumpinia) elaborado por la International Petroleum Company Limited, Exploration Department, Lima- Perú. A cargo de V. Benavides, B. Campodónico y H. Valdivia (1967-1974) y el estudio sobre el potencial de recursos naturales de la zona del río Camisea efectuado por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) en 1988.

#### **a. Geomorfología**

Los cuadrángulos estudiados por INGEMMET, se ubican en el flanco oriental de los Andes y la Llanura amazónica, en ellos denotan tres rasgos morfoestructurales importantes, la Cordillera Oriental, la Faja Subandina paralela a la anterior y el Llano Amazónico hacia el NNE. Así mismo en ellos se desarrollan diversas geoformas de erosión, y acumulación a partir del Plioceno, como resultado del levantamiento y deformación ocasionado por la fase Quichuana. (Boletín N° 125-INGEMMET, 1994).

En cuanto a las unidades geomorfológicas se tiene el Flanco disectado de cordillera, que aflora en el extremo oeste del cuadrángulo de Quirigueti, y que es el resultado de la erosión de las nacientes de los ríos. Se tiene cadenas montañosas que varían desde 500 a 1 400 msnm, que son montañas cortadas por ríos afluentes al río

Urubamba en su mayor parte, y en su minoría hacia la subcuenca del río Alto Manu, fuertemente disectadas con pendientes pronunciadas. Las laderas estructurales en la cordillera occidental se encuentran ubicadas en la parte SO de la hoja de Quirigueti (24-p) con altitudes que van de 2 000 a 3 100 msnm, presentan un relieve bastante regular y es disectada por quebradas generando superficies de erosión y que forman los diferentes afluentes del río Urubamba (margen izquierda).

Las laderas en la faja subandina, conforman la ruptura de pendiente entre pequeñas montañas subandinas y el fondo de valle, formando flancos subhorizontales hasta con inclinaciones de 30°; son cortadas por ríos y quebradas que ocasionan una intensa erosión de fondo. Las colinas altas y bajas se desarrollan a altitudes entre 400 a 450m, alcanzan altitudes de 100m con cimas subredondeadas y con abundante vegetación. Las llanuras amazónicas son colinas de escaso relieve, en ellos se distinguen la llanura de inundación que puede ocurrir los meses de enero a abril cuando cambia el curso del río y por otro lado se tiene aguajales y bofedales producidos principalmente por el cambio del rumbo del cauce del río dejando aguas aisladas. Los valles a lo largo del río Urubamba, se clasifican en valles de selva alta y de selva baja, los valles de selva alta se caracterizan por tener una pendiente ligeramente pronunciada a diferencia de valles emplazados en la selva baja los cuales tienen cursos moderadamente meándricos con un proceso erosivo suave y perfiles trasversales correspondiente a valles seniles.

### **b. Estratigrafía**

La estratigrafía permite interpretar el origen y formación de los suelos, permite conocer las condiciones de sedimentación del área de estudio, desde el inicio del depósito de los materiales más antiguos hasta la sedimentación de los más modernos. Es así que se puede reconocer e identificar las principales características de los materiales rocosos como su litología (composición), textura y estructuras primarias. La estratificación muestra el tipo de rocas por el que está conformada la columna estratigráfica en análisis.

En la figura 100 se muestra la columna litoestratigráfica generalizada del área estudiada por INGEMMET, cuadrángulos de Sepahua, María, Unión, Qirigueti, Camisea y río Cashpajali, que están constituidas en su mayoría por unidades silicoclásticas (rocas sedimentarias compuestas de cuarzo o silicatos), que son propias de la zona Subandina y Llano Amazónico. Las rocas sedimentarias que afloran en los cuadrángulos de Miaría,

Sepahua, Unión, Quirigueti, Camisea y Río Cashpajali, tiene edades que varían desde el Paleozoico hasta el Cuaternario. No existen evidencias de rocas ígneas ni metamórficas, solo esporádicas rodados de rocas intrusivas dentro del material fluvial.

El Paleozoico Inferior está conformado por secuencias pelíticas y silicoclásticas del Grupo Cabanillas, en tanto el Paleozoico superior por secuencias estratigráficas de calizas y areniscas principalmente y conforman los grupos Ambo, Tarma y Copacabana, como último se tiene sedimentos pelíticos y silicoclásticos rojos de la Formación Río Tambo. En cuanto al sistema Cretáceo, se tiene areniscas blancas del Grupo Oriente, sobre ellas se encuentra una secuencia pelítico (rocas arcillosas)-calcárea correspondiente a la Formación Chonta, a estas sobreyace arenas silíceas blancoamarillentas conocidas como la Formación Vivian (Boletín N° 125-INGEMMET, 1994).

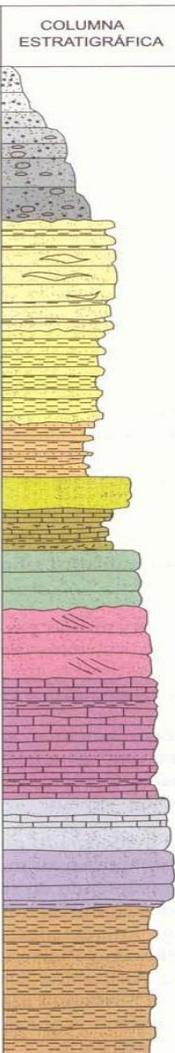
En cuanto al Paleógeno-Neogeno, ésta se evidencia por la presencia de rocas sedimentarias pelíticas y clásticas de color rojizo, pertenecientes a la Formación Yahuarango, el cual infrayace a la secuencia también pelítico clásticas roja de la Formación Chambira y esta última infrayace a las areniscas beige intercaladas con lodolitas y conglomerados de la Formación Ipururo. Durante el Plioceno-Pleistoceno se evidencia el depósito del material silicoclástico fino a grueso que conforma la Formación Madre de Dios, la Formación Picha, la Formación Ucayali y la Formación Sotileja. Finalmente, la pila sedimentaria termina con secuencias holocénicas (periodo posglacial) que se caracteriza por depósitos, aluviales, fluvio-aluviales y fluviales que han sido acumulados durante el Cuaternario (Boletín N° 125-INGEMMET, 1994).

Los Depósitos Aluvio Fluviales, están relacionados con los procesos dinámicos de los ríos de la región, en el caso del río Urubamba, río de poca pendiente, los depósitos son extensos y tienen un grosor más homogéneo, de grano más fino respecto de los que se encuentran en la Faja Subandina y sus flancos, que por lo general corresponden a ríos que tienen pendientes mayores. En los valles del río Urubamba se encuentran gravas, arenas heterolíticas y algunos limos, estos depósitos (aluviales y fluviales), con un contacto ondulado e irregular sobreyacen a las unidades más antiguas. Respecto a los depósitos Fluviales, el río Urubamba y su dinámica, motiva que los depósitos fluviales estén en constante movimiento, acumulándose temporalmente en forma de terrazas donde existe la intercalación de arenas y limoarcillas; aguas arriba se evidencia el incremento

de las gravas. En cuanto a los ríos que se encuentran emplazados en los estribos orientales de la faja subandina se tienen pequeñas terrazas de material acarreado por los ríos, producto básicamente de procesos fluviales de la zona (Boletín N° 125-INGEMMET, 1994).

**Figura 20**

*Columna estratigráfica de los cuadrángulos de Sapahua, Miaria, Unión, Kirigueti, Camisea y río Cashpajali*

ERATEMA SISTEMA	SERIE	EDAD	TIEMPO (Ma)	Grosor	GRUPO O FORMACIÓN	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN LITOESTRATIGRÁFICA
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA			D. Fluvial		Material de gravas arenas y esporádicos limos, en constante movimiento Gravas, arenas heterotíticas y algunos limos. Depósitos de aglomerados y arenas formando suelos Presenta mayormente conglomerados gruesos y delgadas capas de arenas Alternancia de conglomerados de grano grueso y arenas líticas poco consolidadas. Presenta una coloración roja. Serie de areniscas poco consolidadas intercaladas con niveles arcillosos de color pardo rojizo. Gruesas capas de arenisca de grano grueso de color gris claro, beige a marrón claro, intercaladas con delgadas capas de limoareniscas y lodolitas rojas, verdes y marrones. Capas de arenisca de grano grueso con presencia de paleocanales de conglomerados potenciales intercaladas con niveles delgados de limoarenisca calcárea. También se aprecian nódulos alineados de areniscas de grano fino. Intercalación de capas gruesas de arenisca de color beige a marrón claro con diferentes coloraciones de lodolitas y limoareniscas, algunas veces acurfiadas. Intercalación de areniscas de color gris claro expuestas en capas medianas a gruesas con lodolitas, limolitas y limoarcillas de color gris, verdes beige. Se alternan lodolitas y areniscas, predominando las lodolitas no por mucha diferencia Predominan más las lodolitas que las areniscas las cuales presentan estratificación sesgada y lodolitas de diferentes coloraciones, principalmente predominan las rojas. Es más calcárea. Alternancia de capas delgadas de areniscas grises, de grano fino con lodolitas rojas y algunas limoareniscas de color rojo ladrillo. Hacia la base algunas intercalaciones de lodolitas tienen una coloración gris, las areniscas grises se adelgazan.
					D. Aluvial D. aluvial Fm. Cashpajali Fm. Ucayali		
		PLEISTOCENA	60	Fm. Río Picha			
			150	Fm. M de Dios			
	NEOGENO	PLIOCENA	TORTONIANO	15 - 2	1150	Fm. Ipururo	
	PALEOGENO	OLIGOCENA	ARQUITANIAN CHATIANO	45 - 18	900	Fm. Chambira	
		EOCENA					
		PALEOCENA	SELIADIANO	59	800	Fm. Yaguarango	
MESOZOICA	CRETÁCEO	SUPERIOR	MAESTRICHIANO	80	100	Fm. Vivian	
			CAMMPANIANO	100	150	Fm. Chonta	
			SANTONIANO CONIACIANO CENOMANIANO APTIANO	130	120	Grupo Oriente	
	PERMICO	SUPERIOR	ARTIASIANO	150	150	Fm. Río Tambo	
			WOLFAMPIANO LEONARDIANO	260	600	Grupo Copacabana	
PALEOZOICA	CARBONIFERO	SUPERIOR	BRIGATANIANO	300	250	Grupo Tarma	
			HOLKERIANO				
	DEVÓNICO	SUPERIOR	HOLKERIAN INF.	350	350	Grupo Ambo	
			HASTARANIANO				
	SILÚRICO	SUPERIOR	FAMENIANO		360	200	Grupo Cabanillas
					420		

Fuente: Imagen cuadrángulo 24q y 25q Boletín N° 125- INGEMMET, 1994

### c. Geología Estructural

La geología estructural del área está constituida por estructuras regionales como plegamientos y fallamientos que resultaron como consecuencia de las sucesivas

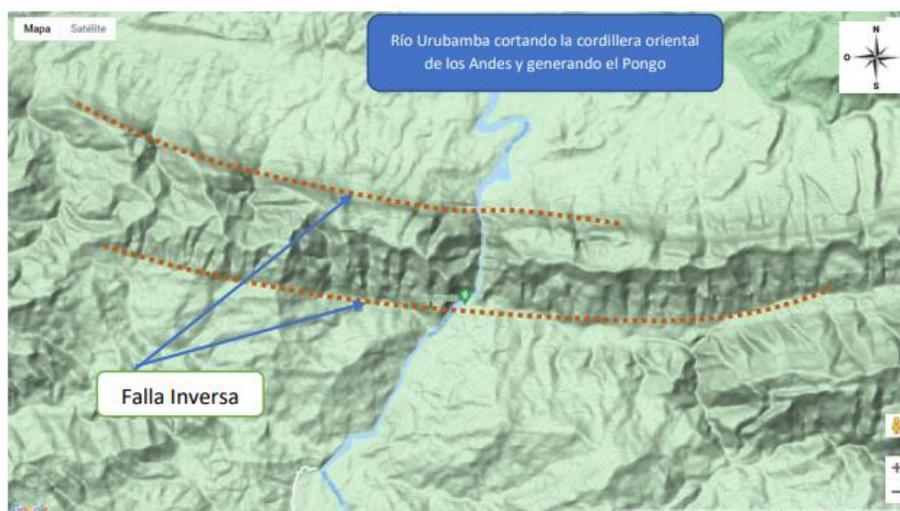
tectónicas registradas en esta parte del Perú desde el Paleozoico inferior hasta el Neógeno y Pleistoceno (Boletín N° 121-INGEMMET, 1998).

Gran parte de esta región está controlada por fallas normales del Permo-Triásico las cuales fueron completa o parcialmente reactivadas como inversas por los esfuerzos compresivos de las últimas fases tectónicas durante el Neógeno. Estos esfuerzos se expresan en un intenso plegamiento, fallamiento inverso y sobreescurrecimientos, y han originado estructuras tipo anticlinal de gran relieve, con cierres verticales grandes. Como consecuencia de este proceso de deformación se tienen tres provincias estructurales: el Flanco Andino Oriental (Cordillera de Vilcabamba), Estructuras en la Faja Subandina y la Llanura Amazónica. (Boletín N° 125-INGEMMET, 1994).

La zona del Pongo de Mainique está dentro de la faja plegada y fallada del frente andino, en el borde Sur-Oeste de la cuenca de Madre de Dios, donde se pueden observar y estudiar todas las rocas sedimentarias desde el Paleozoico (Ordovícico, Devoniano, Misisipiano, Pensilvaniano y Pérmico), Mesozoico (Cretáceo) y Cenozoico (Terciario). La formación Copacabana litológicamente está compuesta por calizas (80%), lutitas (20%) y areniscas (1%), con un espesor de 600 metros expuesto con buzamiento de capa mayor a los 75° a vertical (Revista del Instituto de Investigación, FIGMMG –UNMSM Vol. 20, N° 39, 2017)

## Figura 21

### *Falla en el Pongo de Mainique*



**Figura 22**

*Mapa estructural cuadrangulos 24q y 24p*



Fuente: Cuadrángulo 24q y 25 q, INGEMMET, 1994

#### 5.4.2 Hidrografía de la zona de estudio

El análisis de la hidrografía consiste en identificar los principales ríos que son afluentes del río Urubamba por los que podría atravesar el trazo de la carretera en el tramo de estudio; en ese sentido, al ser ríos importantes por su caudal y por la anchura de sus cauces, impactan en el coste de inversión para su estudio, ejecución y mantenimiento, por lo que al tener identificados a este nivel de investigación, ayudan para la toma de decisiones respecto al terreno por donde debería de emplazarse el trazo de la carretera donde implique menores costes de inversión en puentes, sin que ello afecte el objetivo de la investigación.

Tomando como fuente de información el servicio de visualización de la capa de hidrografía a escala 1/100000 del Instituto Geográfico Nacional, complementado con la carta nacional del Perú (cuadrantes 25q- Timpía, 24q-Camisea, 23q-Miaria) a escala 1/100000, se tiene los ríos afluentes del río Urubamba en el tramo de estudio tanto en la margen derecha como en la margen izquierda, lo que se muestra en las tablas 18 y 19 respectivamente.

**Tabla 18**

*Ríos afluentes del río Urubamba en el tramo de estudio-margen derecha*

N°	Margen derecha
1	Río Yoyato
2	Quebrada Oseroato
3	Río Quitaparaya
4	Río Ticumpinia
5	Quebrada Shenguriato
6	Quebrada Etariato
7	Río Timpia
8	Quebrada Compirushiato
9	Quebrada Concariari
10	Quebrada Saboroari
11	Río Camisea
12	Quebrada Sangarensiato
13	Quebrada Curiosari
14	Río Yamehua
15	Río Tahuaya

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

**Tabla 19**

*Ríos afluentes del río Urubamba en el tramo de estudio-margen izquierda*

N°	Margen izquierda
1	Quebrada Pomoreni
2	Quebrada Toteroato
3	Quebrada Saringabeni
4	Quebrada sigabeni
5	Quebrada Chirumbia
6	Quebrada Pirabenteni
7	Río Shimateni
8	Quebrada moboroari
9	Río Sabeti
10	Río Antiboari
11	Río Samaniari
12	Río Chompiroato
13	Río Impomeriari
14	Río Chireguiroato
15	Río Quivitsiari
16	Río capanashiari
17	Quebrada Quitiquiari
18	Quebrada Tamashurari
19	Quebrada camanari
20	Quebrada Vitoriacu
21	Quebrada Quitiquiori
22	Quebrada Capironshanpiari
23	Río Picha
24	Río Huipaya
25	Río Huitiricoya
26	Quebrada Mamariato
27	Quebrada Piyuya

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

En la tabla 18 se tiene la relación de los principales ríos y quebradas afluentes por la margen derecha del río Urubamba; en ello se tiene 7 ríos importantes de anchuras superiores a 36 m y 8 quebradas cuya anchura de sus cauces son menores a 36 m. Así mismo, en la tabla 19, se tiene la relación de los principales ríos y quebradas afluentes del río Urubamba por la margen izquierda, donde existen 12 ríos importantes con anchuras de cauces superiores a 36 m y 15 quebradas con anchura de cauces menores a 36 m.

Desde la perspectiva de la hidrografía, se puede concluir que, conviene realizar el trazo de la carretera por la margen derecha, ya que la cantidad de ríos que se atravesaría por este margen es mucho menor que yendo por la margen izquierda del Urubamba.

### 5.4.3 Topografía de la zona de estudio

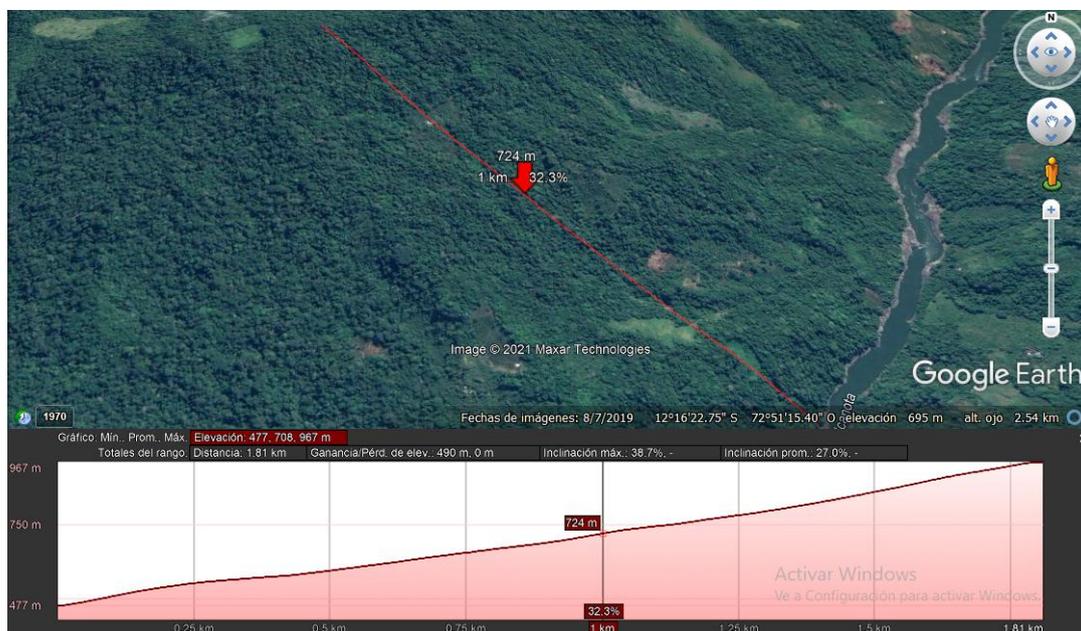
#### a. Margen izquierdo del río Urubamba

##### Tramo: Saniriato – Río Pomoreni

En la carta nacional a escala 1/100000 del Instituto Geográfico Nacional, cuadrante 25-q, denominado TIMPIA, se observa que en el tramo Saniriato – río Pomoreni, margen izquierda del río Urubamba, la elevación del terreno va desde los 447 msnm hasta los 1052 msnm, con pendiente transversal (ladera) de 35.2% en promedio, clasificándose en función de la orografía predominante del terreno como un terreno ondulado (tipo 2), (DG-2018, página 14), Este tipo de relieve permite plantear el trazo de la carretera mediante desarrollos para ascender o descender a través de curvas de volteo.

#### Figura 23

*Perfil del terreno Tramo Saniriato-Río Pomoreni (margen izquierda)*



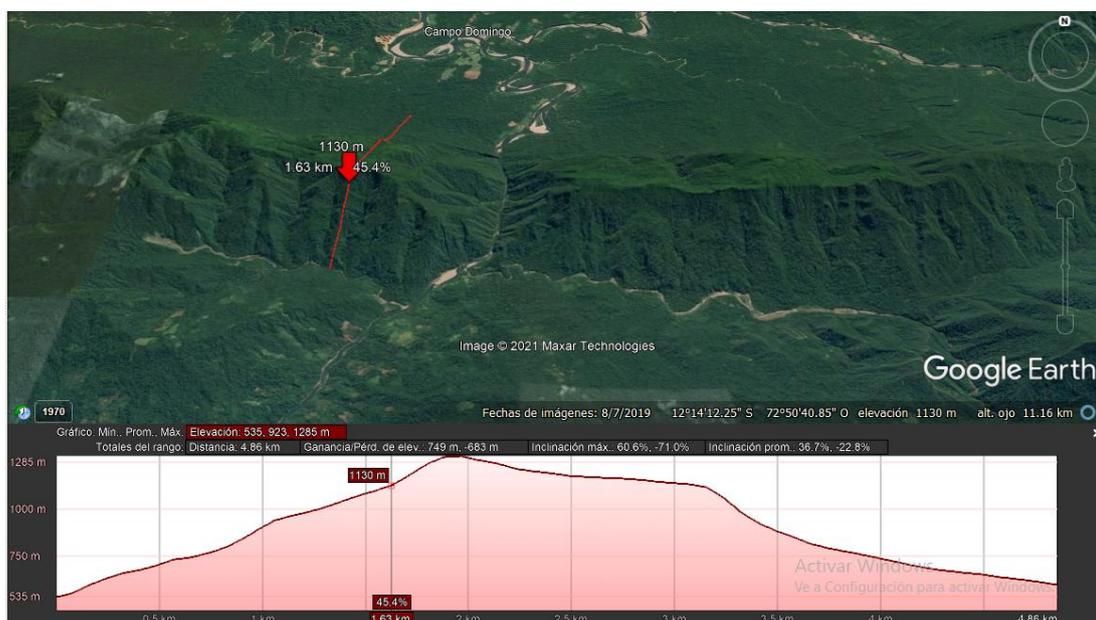
##### Tramo: río Pomoreni – Saringaveni

Es el tramo que comprende la cordillera occidental, lo que atraviesa el río Urubamba, es el tramo más crítico del proyecto para atravesar, su elevación va desde los 535 msnm hasta los 1285 msnm próximos al pongo de Mainique y esta altitud de la

cordillera se incrementa conforme se aleja del pongo; tiene una pendiente transversal de 58% en promedio, clasificándose en función de la orografía predominante del terreno como un terreno accidentado (tipo 3), (DG-2018, página 14), Este tipo de relieve permite plantear el trazo de la carretera a media ladera como también realizar desarrollos para ascender o descender a través de curvas de volteo.

## Figura 24

*Perfil del terreno Tramo Rio Pomoreni-Saringaveni (margen izquierda)*

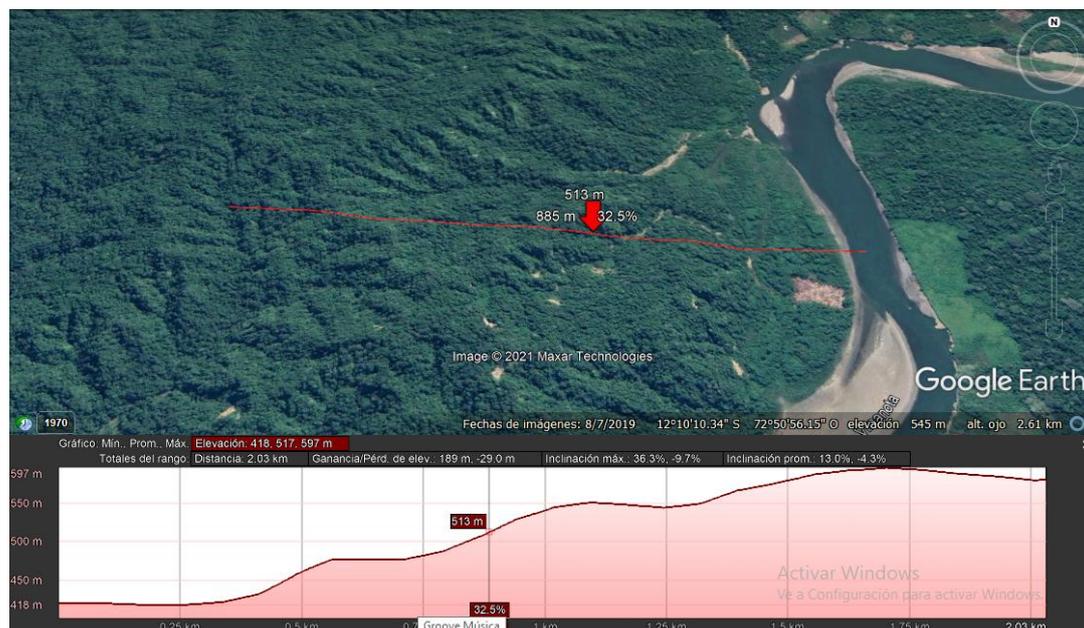


### Tramo: Saringaveni – Nueva Luz

Es el tramo que comprende la llanura amazónica, las características de este tramo son pendientes transversales más suaves a lo largo y próximos al río Urubamba, su elevación va desde los 425 msnm hasta los 2420 msnm a la salida del pongo y desde los 300 msnm hasta los 2448 msnm en las vecindades del C.P. Nueva Luz, ambos en un amplio valle amazónico; tiene una pendiente transversal de 32.5% en promedio, clasificándose en función de la orografía predominante del terreno como un terreno ondulado (tipo 2), (DG-2018, página 14), Este tipo de relieve permite plantear el trazo de la carretera a media ladera como también realizar desarrollos para ascender o descender a través de curvas de volteo.

## Figura 25

### Perfil del terreno Tramo Saringaveni-Nueva Luz (margen izquierda)



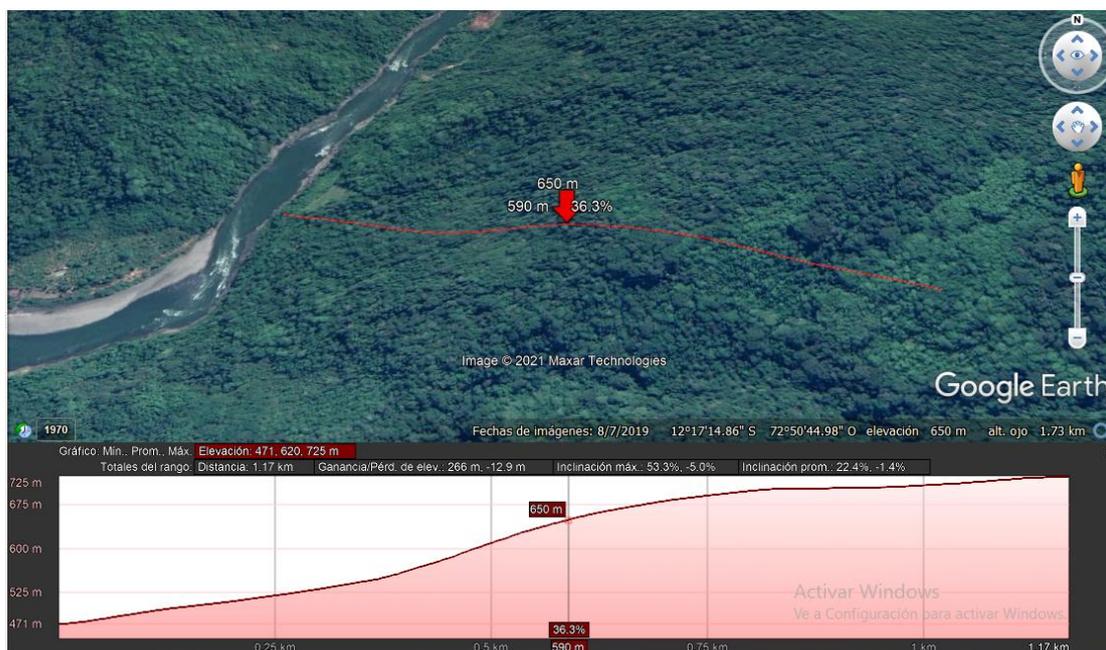
## b. Margen derecha del rio Urubamba

### Tramo: Saniriato – Rio Yoyato

En la carta nacional a escala 1/100000 del Instituto Geográfico Nacional, cuadrante 25-q, denominado TIMPIA, se observa que en el tramo Saniriato – rio Yoyato, margen derecha del rio Urubamba, la elevación del terreno va desde los 466 msnm hasta los 983 msnm, con pendiente transversal (ladera) de 36.3% en promedio, clasificándose en función de la orografía predominante del terreno como un terreno ondulado (tipo 2), (DG-2018, página 14), Este tipo de relieve permite plantear el trazo de la carretera mediante desarrollos para ascender o descender a través de curvas de volteo.

**Figura 26**

*Perfil del terreno Tramo Saniriato. Rio Yoyato (margen derecha)*

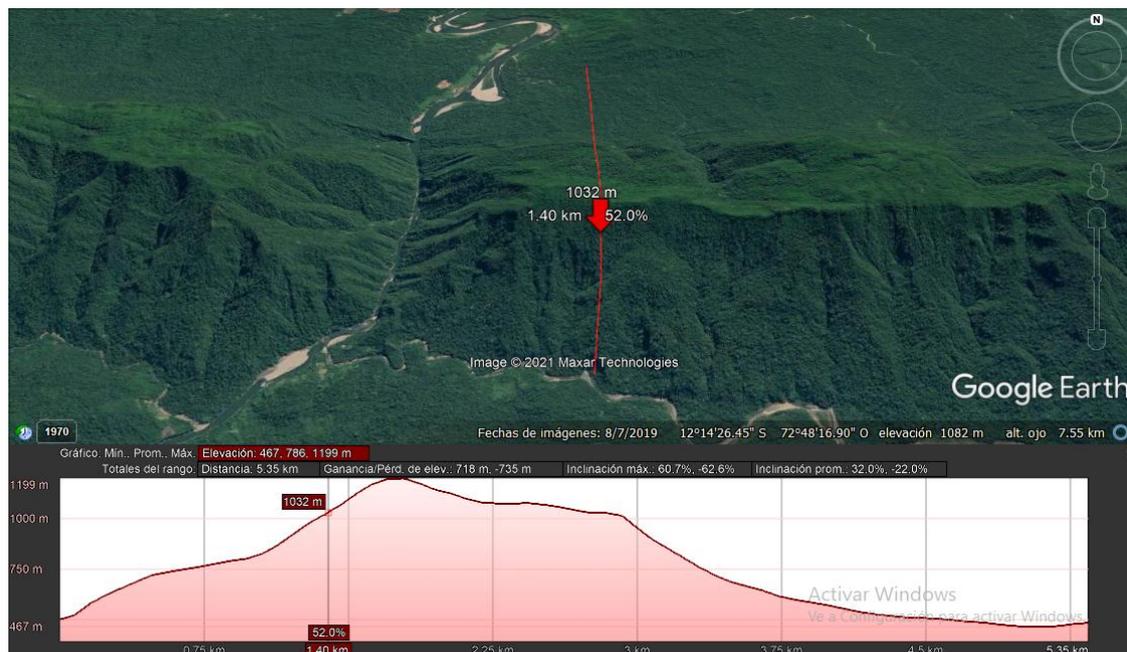


### **Tramo: Rio Yoyato – Rio Ticumpinia**

Es el tramo que comprende la cordillera occidental, lo que atraviesa el río Urubamba, es el tramo más crítico del proyecto para atravesar, su elevación va desde los 535 msnm hasta los 1285 msnm próximos al pongo de Mainique y esta altitud de la cordillera se incrementa conforme se aleja del pongo; tiene una pendiente transversal de 52% en promedio, clasificándose en función de la orografía predominante del terreno como un terreno accidentado (tipo 3), (DG-2018, página 14), Este tipo de relieve permite plantear el trazo de la carretera a media ladera como también realizar desarrollos para ascender o descender a través de curvas de volteo.

## Figura 27

### Perfil de terreno Tramo Rio Yoyato-Rio Ticumpinia (margen derecha)



### Tramo: Rio Ticumpinia – C.P. de Nueva Luz

Es el tramo que comprende la llanura amazónica, las características de este tramo son pendientes transversales más suaves a lo largo y próximos al río Urubamba, su elevación va desde los 425 msnm hasta los 2420 msnm a la salida del pongo y desde los 300 msnm hasta los 2448 msnm en las vecindades del C.P. Nueva Luz, ambos en un amplio valle amazónico; tiene una pendiente transversal de 10% en promedio, clasificándose en función de la orografía predominante del terreno como un terreno plano (tipo 1), (DG-2018, página 14), Este tipo de relieve permite plantear el trazo de la carretera sin mayores movimientos de tierra, salvo en tramos donde el trazo se emplace a media ladera.

**Figura 28**

*Perfil de terreno Tramo Rio Ticumpinia - Nueva Luz (margen derecha)*



#### **5.4.4 Aspecto Social de la zona de estudio**

La población del bajo Urubamba se desarrolla a lo largo del río Urubamba formando pequeñas comunidades y centros poblados, tanto a la margen derecha como a la margen izquierda del río; contiguo a sus riveras como también muy alejadas de ella; otras están asentadas a lo largo de los principales ríos afluentes del Urubamba como el río Camisea, el río Timpia, el río Huipaya, entre otros, a los cuales se tiene acceso navegando aguas arriba.

La población del bajo Urubamba, está conformado por los pueblos originarios Machiguenga, Ashaninka, Yine Yami, Nanti y Kaquinte, quienes concentran la mayor cantidad de población, mientras que una mínima son colonos y otro tanto de población flotante conformado por trabajadores de las empresas de explotación de gas y trabajadores de la municipalidad de Megantoni y otras instituciones públicas. Para el año 2017, según la información de los Padrones Comunales se cuenta con 45 centros poblados (Plan Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres del Distrito de Megantoni al 2021).

En cuanto al trazo de la carretera, ésta debe beneficiar a la mayor cantidad de comunidades nativas y/o centros poblados de manera directa, es decir interconectándolos;

de acuerdo a la evaluación realizada a la ubicación de los centros poblados, estos se encuentran casi en la misma cantidad a ambas márgenes del río, tal como se tiene en las tablas 20 y 21, donde existen 23 y 22 centros poblados en la margen derecha e izquierda del río Urubamba respectivamente. En ese sentido, desde el enfoque del mayor número de centros poblados beneficiados por el paso de la carretera de manera directa, es indistinto plantear el trazo por la margen derecha o izquierda del río Urubamba. No obstante, es importante indicar que en lo referente al número de habitantes por centros poblados y su ubicación de estos próximos a la rivera del río Urubamba, son distintos en la margen derecha y margen izquierda.

**Tabla 20**

*Centros Poblados - margen derecha*

<b>N°</b>	<b>Centro Poblado</b>
1	Timpía
2	Nueva Luz
3	Camisea
4	Segaquiato
5	Shivankoreni
6	Nueva Vida
7	Cashiriari
8	Montenoni
9	Kuwait
10	Sababantiari
11	Malanquiato
12	Kitaparay
13	Tupac Amaru
14	Seguntuari (Omaranea)
15	Shintorini
16	Alto Timpia
17	Segakiari
18	Yopocoriari
19	Baboroquiari
20	Kuvantiari
21	Inaroato
22	Vista Alegre
23	Iromane

Fuente: Plan Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres del Distrito de Megantoni al 2021.

**Tabla 21***Centros Poblados - margen izquierda*

N°	Centro Poblado
1	Miaria
2	Kirigueti
3	Nuevo Mundo
4	Puerto Huallana
5	Ticumpinia Chocoriari
6	Puerto Rico
7	Camana
8	Kochiri
9	Tangoshiari
10	Mayapo
11	Sensa
12	Porotobango
13	Campo Verde
14	Pamencharoni
15	Mashia
16	Taini
17	Kitepampani
18	Maseca
19	Saringaveni
20	Selva Verde
21	Yaroato
22	Nueva Jerusalén

Fuente: Plan Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres del Distrito de Megantoni al 2021.

#### **5.4.5 Determinación de la ruta óptima por el método de Bruce**

##### **a. Especificaciones técnicas para el trazo de la línea de gradiente y el diseño geométrico**

Para el trazo de las rutas se ha tomado en cuenta las siguientes especificaciones técnicas en el marco del DG-2018:

Pendiente máxima	: 10% (carretera)
	2.4% (túnel)
Pendiente mínima	: 0.5% (carretera)
	1.88 (túnel)
Radio mínimo	: 25m
Velocidad de diseño	: 30 km/h
Ancho de la calzada	: 5m

Cunetas	: 1.0 x 0.50
Pavimento	: Afirmado
Clasificación	: carretera de tercera clase (vecinal)

### **b. Trazo de la línea de gradiente y el diseño geométrico**

Previo al trazado de la línea de gradiente de las tres rutas, se han generado las curvas de nivel de la zona de estudio a partir de la carta nacional del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1/100000 (cuadrantes 25q- Timpía, 24q-Camisea, 23q-Miaria), luego se ha extraído datos de cada vértice de la curva de nivel y se ha vuelto a generar la superficie con el programa civil 3D versión 2020 con curvas de nivel a cada 2m. A partir de la superficie generada se ha trazado las líneas de gradiente de las tres rutas emplazándolo por zonas previamente determinadas en la evaluación, topográfica, geológica, hidrográfica y social, y tomando en cuenta las restricciones de la normativa.

En cuanto al trazado de la línea de gradiente del túnel, se evaluó la topografía a cada 2 metros en el portal de entrada y portal de salida con la ayuda del programa civil 3D e imagen georeferenciado del Google Earth, las cotas de entrada y salida se han aproximado entre sí, el trazado del túnel está conformada por una curva vertical convexa con la finalidad de permitir el drenaje.

El diseño geométrico de las Rutas se ha realizado mediante el programa Civil 3D y en base a la norma DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Si bien es cierto que la evaluación de Rutas por el método de Bruce se puede realizar a partir del trazo de la línea de gradiente; no obstante, es importante indicar que, la presente investigación aborda dos aspectos, la ruta optima desde el enfoque técnico (menor longitud resistente) y la ruta optima desde el enfoque económico (costos), por lo referido y con la finalidad de obtener resultados de mayor precisión se ha desarrollado el diseño geométrico de las tres Rutas para luego evaluar cada ruta por el método de Bruce y por el método de costos evitados, acorde a lo indicado en los objetivos específicos.

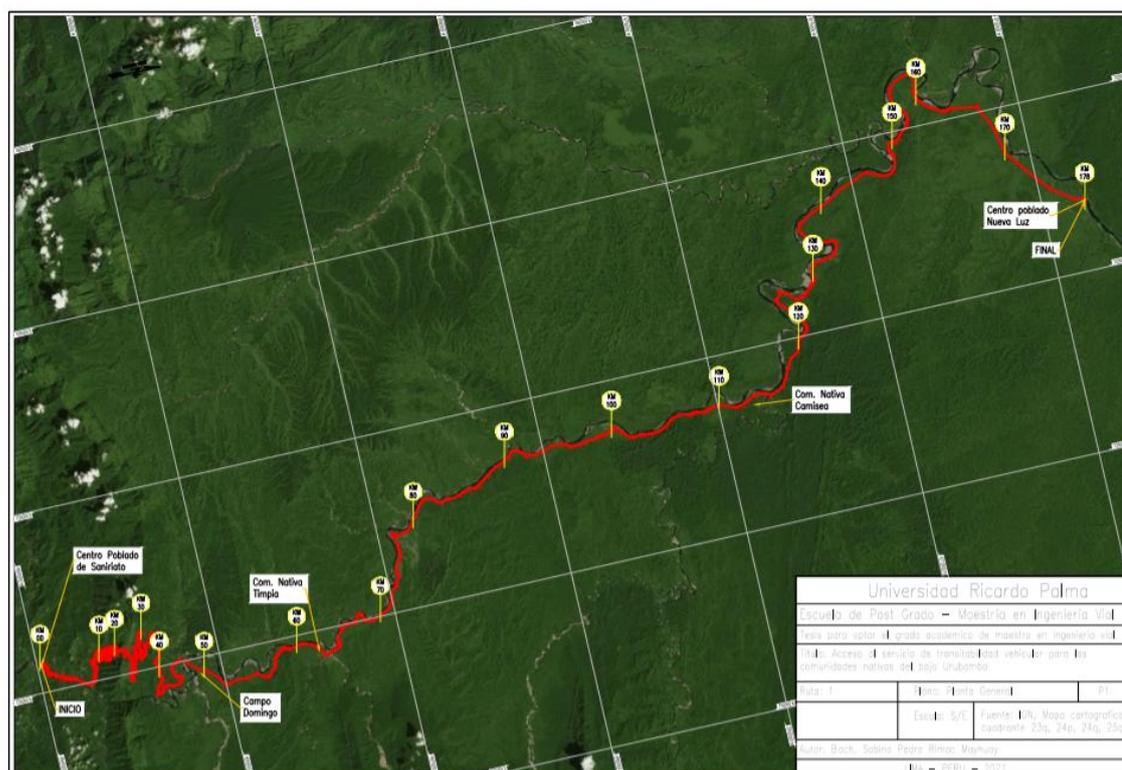
#### **Ruta 1**

La ruta 1, inicia frente al Centro Poblado de Saniriato, margen izquierda del rio Urubamba, en las coordenadas UTM 732518.00, 8640284.00, el trazo de la carretera se emplaza a media ladera contiguo al rio Urubamba hasta las proximidades del rio

Pomoreni, a partir de este punto el trazo asciende contiguo al río Pomoreni, luego cruza el río en mención y desde este punto el trazo continua en ascenso mediante desarrollos para superar el flanco sur de la cordillera de Vilcabamba; en la cota 800 msnm a traviesa la cumbre (abra), luego desciende el flanco norte de la cordillera mediante desarrollos hasta llegar a la comunidad nativa de Saringaveni; el trazo continua descendiendo hasta interceptar y cruzar a la margen derecha del río Urubamba llegando a la comunidad de Campo Domingo. A partir de este punto, el trazo se emplaza por la margen derecha del río Urubamba enlazando centros poblados y/o comunidades nativas hasta llegar al centro poblado de Nueva Luz en la coordenada UTM 714337.575, 8733507.304. La Ruta 1 tiene una longitud de 178+155 km, en el trayecto atraviesa varios centros poblados y/o comunidades nativas. En la figura 29, se tiene el plano en planta general de la Ruta 1.

## Figura 29

### Plano Planta General, Ruta 1



En la tabla 22 se tiene el cálculo de los desniveles perjudiciales por contrapendientes y por exceso de pendientes, de ida y retorno de la Ruta 1. La longitud de trazo de la Ruta 1 es 178.12 km, cuyo desnivel perjudicial en el sentido de ida resulta 1,433.32m y el desnivel perjudicial de retorno resulta 1,531.43m; así mismo el desnivel por exceso de pendientes es 344.62m.

**Tabla 22**

*Cálculo de desniveles perjudiciales por contrapendientes y por exceso de pendientes, de ida y retorno, Ruta 1*

Longitud	Desniveles perjudiciales por contrapendientes (de ida)	Desniveles perjudiciales por contrapendientes (de retorno)	Pendientes que superan el 5%	Desniveles por exceso de pendientes
178+155.074	1,433.32	1,531.43	1.79	344.62

En la tabla 23 se tiene el cálculo de la longitud resistente de ida y retorno de la Ruta 1, donde la longitud real total de la ruta es 178,155.07m, el valor medio de K (inverso de coeficiente de tracción) para afirmado es 21 y la sumatoria de las diferencias de nivel en el sentido de la evaluación de ida es 1,433.32m y de retorno 1,876.04m. Finalmente, con los datos referidos se ha obtenido los valores de la longitud resistente de 208,254.79m y 217,551.96m que corresponden al sentido de ida y retorno respectivamente.

**Tabla 23**

*Cálculo de la longitud resistente de ida y retorno, Ruta 1*

Data	Longitud resistente (de ida) m	Longitud resistente (de retorno) m
K del afirmado	21.00	21.00
Longitud	178,155.07	178,155.07
y	1,433.32	1,876.04
	208,254.79	217,551.96

## Ruta 2

A diferencia de la Ruta 1, la Ruta 2 contempla el trazo de un túnel, lo que ha sido planteado para atravesar la cordillera de Vilcabamba, con lo que se evita una serie de desarrollos de ascenso y descenso para ingresar al bajo Urubamba. La ruta 2, tiene su inicio frente al Centro Poblado de Saniriato, margen izquierda del río Urubamba, en las coordenadas 732518.00, 8640284.00, el trazo de la carretera es el mismo que el de la Ruta 1 hasta llegar al río Pomoreni, luego cruza el río en mención y desde este punto el trazo continua en ascenso mediante desarrollos hasta la progresiva 06+831, a una cota de 597.84 msnm, donde se ha planteado el portal de ingreso del túnel; El alineamiento vertical del túnel está formado por dos rasantes de pendientes + 2.4% y -1.88%, los que forman una curva vertical convexa. La longitud del túnel ha sido estimada en 3,671 m, el portal de salida se encuentra en la progresiva km 10+502 a la cota de 621.87 msnm, luego el trazo desciende el flanco norte de la cordillera para pasar a la margen derecha del río Urubamba y seguir el mismo trazo de la Ruta 1 hasta llegar al centro poblado de Nueva Luz en la coordenada UTM 714337.575, 8733507.304. La Ruta 2 tiene una longitud de 150.11 km. En la figura 30, se tiene el plano en planta de la Ruta 2.

## Figura 30

*Plano Planta General, Ruta 2*



En la tabla 24 se tiene el cálculo de los desniveles perjudiciales por contrapendientes y por exceso de pendientes, de ida y retorno de la Ruta 2. La longitud de trazo de la Ruta 2 es 150.11 km, cuyo desnivel perjudicial en el sentido de ida resulta 747.71m y el desnivel perjudicial de retorno resulta 845.82m; así mismo el desnivel por exceso de pendientes es 68.04m.

**Tabla 24**

*Cálculo de desniveles perjudiciales por contrapendientes y por exceso de pendientes, de ida y retorno, Ruta 2*

Longitud	Desniveles perjudiciales por contrapendientes (de ida)	Desniveles perjudiciales por contrapendientes (de retorno)	Pendientes que superan el 5%	Desniveles por exceso de pendientes
150+110.78	747.71	845.82	0.26	68.04

En la tabla 25 se tiene el cálculo de la longitud resistente de ida y retorno de la Ruta 2, donde la longitud real total de la ruta es 150,110.78m, el valor medio de K (inverso de coeficiente de tracción) para afirmado es 21 y la sumatoria de las diferencias de nivel en el sentido de la evaluación de ida es 747.71m y de retorno 913.86m. Finalmente, con los datos referidos se ha obtenido los valores de la longitud resistente de 165,812.67m y 169.301.76m que corresponden al sentido de ida y retorno respectivamente.

**Tabla**

*25 Cálculo de longitud resistente de ida y retorno, Ruta 2*

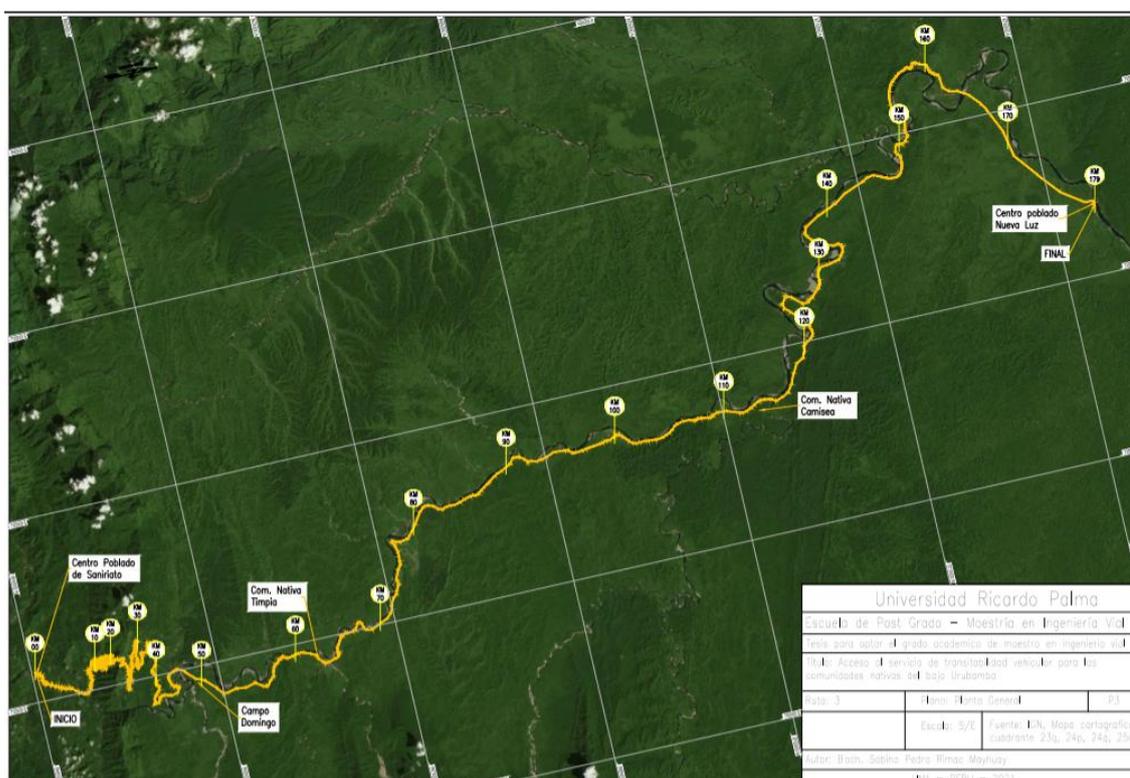
Data	Longitud resister (de ida) m	Longitud resistente (de retorno) m
K del afirmado	21.00	21.00
Longitud y	150,110.78 747.71	150,110.78 913.86
	165,812.67	169,301.76

### Ruta 3

El trazo de la Ruta 3, tiene su inicio frente al Centro Poblado de Saniriato, margen izquierda del río Urubamba, en las coordenadas UTM 732518.00, 8640284.00, el trazo es el mismo que el de la Ruta 1 hasta llegar a la progresiva km 115+000, a partir de esta progresiva el trazo pasa de la margen izquierdo del río Urubamba para enlazar los centros poblados de Kirigueti y Nuevo Mundo para después volver a cruzar a la margen derecha del río Urubamba y llegar al centro poblado de Nueva Luz en la coordenada UTM 714337.575, 8733507.304. La Ruta 3, tiene una longitud de 179.374 km. En la figura 31 se tiene el plano en planta general de la Ruta 3.

### Figura 31

*Plano Planta General, Ruta 3*



En la tabla 26 se tiene el cálculo de los desniveles perjudiciales por contrapendientes y por exceso de pendientes, de ida y retorno de la Ruta 3. La longitud de trazo de la Ruta 3 es 179.37 km, cuyo desnivel perjudicial en el sentido de ida resulta 1,413.11m y el desnivel perjudicial de retorno resulta 1,559.69m; así mismo el desnivel por exceso de pendientes es 315.01m.

**Tabla 26**

*Cálculo de desniveles perjudiciales por contrapendientes y por exceso de pendientes, de ida y retorno, Ruta 3*

Longitud	Desniveles perjudiciales por contrapendientes (de ida)	Desniveles perjudiciales por contrapendientes (de retorno)	Pendientes que superan el 5%	Desniveles por exceso de pendientes
179+374.430	1,413.11	1,559.69	1.73	315.01

En la tabla 27 se tiene el cálculo de la longitud resistente de ida y retorno de la Ruta 3, donde la longitud real total de la ruta es 179,374.430m, el valor medio de K (inverso de coeficiente de tracción) para afirmado es 21 y la sumatoria de las diferencias de nivel en el sentido de la evaluación de ida es 1,413.11m y de retorno 1.874.70m. Finalmente, con los datos referidos se ha obtenido los valores de la longitud resistente de 209,049.66m y 218,743.03m que corresponden al sentido de ida y retorno respectivamente.

**Tabla 27**

*Cálculo de longitud resistente de ida y retorno, Ruta 3*

Data	Longitud resistente (de ida) m	Longitud resistente (de retorno) m
K del afirmado	21.00	21.00
Longitud	179,374.43	179,374.43
y	1,413.11	1,874.70
	209,049.66	218,743.03

#### **5.4.6 Determinación de la ruta óptima por el método de costos evitados**

##### **a. Costo evitado del tiempo adicional de viaje**

La estimación del costo evitado del tiempo adicional de viaje, se realiza entre el C.P. de Ivochote (Distrito de Echarati) y el C.P. de Nueva Luz (Distrito de Megantoni). El tiempo promedio de viaje en bote a través del río Urubamba entre Ivochote y Nueva Luz es de 9.5 horas; pudiendo este tiempo ser mayor, lo que depende de la turbulencia

del río en la época de invierno (tramo Ivochote – pongo de Mainique) ó el bajo nivel de la misma en época de verano (bajo Urubamba); ambas situaciones hacen que el viaje sea de riesgo y se realicen en ocasiones en un tiempo mayor a lo indicado. El tiempo de viaje con proyecto, se ha estimado en función a la longitud de la Ruta y la velocidad de diseño; en ese sentido, el tiempo adicional de viaje sin proyecto versus con proyecto resulta de 3.56, 4.50 y 3.52 horas para las Rutas 1, 2 y 3 respectivamente. En cuanto al valor social del tiempo para una carretera rural es de 4.56 soles hora pasajero, lo que se ha tomado del Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico (CIUP, 2012); con los datos indicados se ha estimado el costo evitado diario del tiempo adicional de viaje para cada una de las Rutas, teniendo en cuenta el promedio diario de personas afectadas (de entrada y salida), el tiempo adicional de viaje y el valor social del tiempo, tal como se indica en la tabla 28.

**Tabla 28**

*Costo evitado del tiempo adicional de viaje*

Ruta	Longitud	Veloc. de diseño	Tiempo de viaje por carretera	Tiempo de viaje por río	Tiempo adicional de viaje	Promedio diario de personas afectadas	Valor social del tiempo	Días del año	Costo evitado del tiempo adicional de viaje
	Km	Km/h	h	h	h		S/h-p		S/
1	178.16	30	5.94	9.5	3.56	150	4.56	365	889,163.51
2	150.11	30	5.00	9.5	4.50	150	4.56	365	1,122,548.09
3	179.37	30	5.98	9.5	3.52	150	4.56	365	879,015.99

#### **b. Costo evitado del gasto adicional en pasajes**

El costo del pasaje en bote a través del río Urubamba entre Ivochote y Nueva Luz es de 140 soles, lo que viene a ser el costo sin proyecto; El costo de los pasajes estimado con proyecto es de 40 soles (monto estimado tomando como referencia el costo actual de los pasajes entre Quillabamba – Ivochote); en ese sentido, el costo adicional del pasaje sin proyecto versus con proyecto resulta de 100 soles para las Rutas 1 y 3, y 105 soles para la ruta 2. El costo evitado del gasto adicional en pasajes resulta de multiplicar el promedio diario de personas afectadas, por el aumento promedio del costo diario de transporte por persona y el número de días del año, tal como se indica en la tabla 29.

**Tabla 29***Costo evitado del gasto adicional en pasajes*

Ruta	Longitud	Tiempo de viaje por carretera	Costo pasaje por carretera	Costo pasaje por río	Aumento promedio del costo de transporte (diario)	Promedio (diario) de personas afectadas	Días del año	Costo evitado del gasto adicional en pasajes
	Km	h	S/	S/	S/			S/
1	178.16	5.94	40.0	140.00	100.00	150	365	5,475,000.00
2	150.11	5.00	35.0	140.00	105.00	150	365	5,748,750.00
3	179.37	5.98	40.0	140.00	100.00	150	365	5,475,000.00

**c. Costo evitado de la pérdida de vidas humanas**

El bajo Urubamba (distrito de Megantoni) tiene una población de 6962 habitantes según el Censo del año 2017; para el cálculo del costo evitado de la pérdida de vidas humanas se toma dicha población; en ese sentido, el valor actual de la pérdida de vidas humanas resulta de multiplicar la población, por la tasa de mortalidad, por el ingreso anual y por los años promedio perdido por vida. Considerando que no existe pérdida de vidas humanas con el proyecto planteado, el costo evitado por la pérdida de vidas humanas resulta haciendo la diferencia entre el valor actual de la pérdida de vidas humanas sin proyecto y con proyecto, tal como se indica en la tabla 30.

**Tabla 30***Costo evitado de la pérdida de vidas humanas*

Poblacion	Tasa de mortalidad	Pérdida de vidas humanas	Ingreso anual	Valor actual de la pérdida de vidas humanas	Esperanza de vida de la población	Edad promedio de la población	Años promedio perdido por vida	Valor actual de pérdida de vidas humanas (VA de ingresos) sin proyecto	Valor actual de pérdida de vidas humanas con proyecto	Costo evitado de la pérdida de vidas humanas
6,962.00	0.19	13.00	30,000	390,000	74.5	40	34.5	13,455,000.00	0.00	13,455,000.00

El costo evitado por los conceptos de tiempo adicional de viaje, gasto adicional de pasajes y por la pérdida de vidas humanas para un periodo de 1 año se tiene en la tabla 31; para un periodo de 10 años (vida útil del proyecto según MEF) los montos estarían alrededor de 200 millones de soles.

**Tabla 31***Costo evitado de las tres Rutas*

<b>Ruta</b>	<b>Costo evitado del tiempo adicional de viaje</b>	<b>Costo evitado del gasto adicional en pasajes</b>	<b>Costo evitado de la pérdida de vidas humanas</b>	<b>Total</b>
1	889,163.51	5,475,000.00	13,455,000.00	19,819,163.51
2	1,122,548.09	5,748,750.00	13,455,000.00	20,326,298.09
3	879,015.99	5,475,000.00	13,455,000.00	19,809,015.99

**d. Costo estimado del proyecto**

Ruta 1: En la tabla 32, se tiene el costo de inversión estimada de la Ruta 1; el costo de la carretera ha sido estimada en función de la longitud de trazo y la línea de corte referido al costo unitario por metro lineal de inversión de carreteras afirmadas para la selva (MTC – Provias Descentralizado, 2018). El costo de los puentes se ha estimado en función de la longitud total acumulada de puentes (detallada en anexo) y la línea de corte referido al costo promedio por metro lineal de inversión en puentes (MTC – Provias Nacional, 2013).

**Tabla 32***Costo de inversión estimada - Ruta 1*

<b>Inversión</b>	<b>Longitud m</b>	<b>Costo S/ml</b>	<b>Costo total S/</b>
Carretera	177,353.07	490.18	86,934,220.40
Puentes	802.00	362,286.15	290,553,490.00
<b>Total inversión estimada</b>			<b>377,487,710.40</b>

Ruta 2: En la tabla 33, se tiene el costo estimado de la Ruta 2; el costo de la carretera ha sido estimada en función de la longitud de trazo y la línea de corte referido al costo unitario por metro lineal de inversión de carreteras afirmadas para la selva (MTC – Provias Descentralizado, 2018). El costo del túnel propuesto ha sido estimado en función de la longitud del túnel y el costo referencial por metro lineal de inversión (MTC- Provias Nacional, Expediente Técnico construcción del Túnel Santa Teresa, 2018). El

costo de los puentes se ha estimado en función de la longitud total acumulada de puentes (detallada en anexo) y la línea de corte referido al costo promedio por metro lineal de inversión en puentes (MTC – Provias Nacional, 2013).

**Tabla 33**

*Costo de inversión estimada - Ruta 2*

<b>Inversión</b>	<b>Longitud m</b>	<b>Costo S/ml</b>	<b>Costo total S/</b>
Carretera	145,637.78	490.18	71,388,144.45
Túnel	3,671.00	83,083.56	304,999,732.24
Puentes	802.00	360,363.67	289,011,666.00
<b>Total inversión estimada</b>			<b>665,399,542.69</b>

Ruta 3: En la tabla 34, se tiene el costo estimado de la Ruta 3; el costo de la carretera ha sido estimada en función de la longitud de trazo y la línea de corte referido al costo unitario por metro lineal de inversión de carreteras afirmadas para la selva (MTC – Provias Descentralizado, 2018). El costo de los puentes se ha estimado en función de la longitud total acumulada de puentes (detallada en anexo) y la línea de corte referido al costo promedio por metro lineal de inversión en puentes (MTC – Provias Descentralizado, 2013).

**Tabla 34**

*Costo de inversión estimada - Ruta 3*

<b>Inversión</b>	<b>Longitud m</b>	<b>Costo S/ml</b>	<b>Costo total S/</b>
Carretera	178,032.43	490.18	87,267,224.41
Puentes	1,342.00	356,727.91	478,728,850.00
<b>Total inversión estimada</b>			<b>565,996,074.41</b>

## GUIA DE DESARROLO DE PROYECTO

La presente tesis de investigación titulada Acceso al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del Bajo Urubamba, tuvo como objetivo central - Determinar la ruta óptima para el acceso al servicio de transitabilidad vehicular de las comunidades nativas del Bajo Urubamba mediante la evaluación de los diseños geométricos de las rutas trazadas por el método de Bruce y análisis de costos evitados, en el año 2021.

La tesis cuenta de 5 capítulos, en el capítulo I, se tiene el planteamiento del problema, en el cual se desarrolla la formulación del problema, objetivos de la investigación, delimitación de la investigación, justificación, importancia, limitaciones del estudio, alcance y la viabilidad del estudio. En el capítulo II, se trata el marco teórico, donde se desarrolla el marco histórico, la estructura teórica y científica que sustenta el estudio, definición de términos básicos y fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis. En el capítulo III, se trata el sistema de hipótesis, donde se desarrolla la hipótesis general y específica, y sistema de variables. En el capítulo IV, se tiene la metodología, en el cual se trata el método e investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y descripción de procesamiento de análisis. En el capítulo V, se tiene la presentación y análisis de resultados de la investigación, en el cual se trata la presentación de resultados, el análisis de resultados, contrastación de hipótesis y desarrollo del proyecto. Finalmente se desarrolla la discusión, las conclusiones y recomendaciones.

El procedimiento seguido para el desarrollo del proyecto de investigación fue:

1. Revisar la información de diferentes fuentes respecto a la topografía, la geología, la hidrografía y el aspecto social de la zona de estudio.
2. Evaluar las características más relevantes de cada uno de los tópicos señalados que atañen al problema de la investigación. En el caso de la topografía se evaluó la orografía del terreno (pendientes transversales), en el caso de la geología se indagó sobre la estratigrafía y el aspecto estructural, es decir, tipo de suelos y fallas respectivamente. En el caso de la hidrografía se evaluó los principales ríos y quebradas

afluentes de la cuenca del Urubamba en el tramo de estudio y en el caso social se evaluó los asentamientos de las comunidades nativas.

3. Determinar el área, el flanco (o margen) adecuado para el trazo de la línea de gradiente, a partir de los aspectos señalados en el numeral precedente, siempre desde un enfoque técnico y económico. Es así que, el trazo de las rutas se realizó dentro de la faja de terreno considerada adecuada, solo con muy pequeñas variantes.
4. Las curvas de nivel de las cartas nacionales a escala 1/100,000, fueron interpoladas para generar curvas de cotas menores (diferencia de 2m) con el software Civil 3D, con la finalidad de incidir en la precisión. Se realiza el trazo de la línea de gradiente de 3 rutas y en base a ello se desarrolla el diseño geométrico (horizontal y vertical) teniendo como norma el DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
5. Al realizar el diseño geométrico de las rutas trazadas mediante el software Civil 3D, se obtienen los diferentes elementos de la vía proyectada, siendo los más importantes entre otros, para la finalidad de la presente investigación, la longitud y las pendientes. Teniendo en cuenta que el método de Bruce emplea el concepto de longitud resistente, lo que significa hacer la comparación entre la distancia real de la ruta y una distancia equivalente en terreno plano, entendiéndose que cuando los vehículos suben cuestas muy empinadas realizan el mayor esfuerzo y cuando descienden el mayor riesgo y desgaste de los frenos.
6. Conociendo la longitud y las pendientes de cada ruta, se procede a calcular los desniveles perjudiciales por contrapendientes y por exceso de pendientes, de ida y retorno; a continuación, se calcula las longitudes resistentes de cada ruta de ida y retorno; dicho cálculo está en función de la longitud de la carretera, el tipo de pavimento proyectado (valor medio de  $K = \text{inverso de coeficiente de tracción}$ ) y la sumatoria de las diferencias de nivel en el sentido de la evaluación y de retorno. Finalmente, la ruta que obtiene el valor más bajo de la longitud resistente es la ruta óptima bajo el enfoque de método de Bruce.
7. La cuantificación de la pérdida del valor social por la carencia del servicio de transitabilidad vehicular, la presente investigación analizó tres aspectos: el costo adicional de transporte, el riesgo de transporte y el tiempo adicional de transporte; lo

cual se realiza en base a formulas preestablecidas por el Ministerio de Economía y Finanzas; finalmente, comparando la situación con proyecto y sin proyecto (situación actual) se obtiene los resultados, es decir, los beneficios; Es así que desde el enfoque de costos evitados, la ruta óptima es el que obtiene el mayor costo evitado, es decir, el mayor beneficio.

## DISCUSIÓN

Para determinar el área y/o zona por donde se debería de trazar la línea de gradiente de las rutas, se realizó el análisis de la información topográfica, geológica, hidrográfica y social de la zona de estudio, concluyéndose que es recomendable realizar el trazo de la línea de gradiente de la carretera por la margen izquierda del río Urubamba desde el Centro Poblado de Saniriato hasta el sector de Saringaveni, atravesando la cordillera de Vilcabamba, y luego pasar a la margen derecha del río Urubamba y continuar el trazo contiguo al río Urubamba hasta llegar al Centro poblado de Nueva Luz; al respecto de la información necesaria para determinar la zona por donde debe plantearse el trazo, los autores Kuzak, Ł., Patoka, P., & Chmiel, J. (2019) en su artículo sobre el Bypass de Varsovia, indican que para realizar el objetivo principal de su trabajo de investigación los datos provienen de mapas de suelo y agricultura, bases de datos topográficas, mapas geológicos e hidrogeológicos, datos de altitud, planes de desarrollo espacial local, entre otros, con los cuales diseñaron y realizaron análisis espaciales en varias variantes. Si bien es cierto entre la presente investigación y lo realizado por los autores referidos son similares en cuanto a la información previa para desarrollar los objetivos, no obstante, los análisis son distintos: Los autores realizaron análisis multicriterio para comparar variantes de derivación de carreteras diferentes al método de Bruce y Costos evitados.

En el aspecto topográfico, el tramo Saniriato – Saringaveni por la margen izquierda del río Urubamba y el tramo Santo Domingo – Nueva Luz, por la margen derecha del río Urubamba tienen mejores pendientes transversales, una orografía ondulada (tipo 2) de acuerdo a DG-2018, lo que permite realizar el trazo a media ladera y plantear desarrollos de ser necesario con el menor coste para el proyecto respecto a otros tramos de taludes más empinados, como se tiene en las figuras 23 al 28; pendientes transversales por la margen izquierda que son del orden de 32.3% (Saniriato-río Pomoreni), 45.4% (río Pomoreni-Saringaveni) y 32.5% (Saringaveni – Nueva Luz); por la margen derecha que son del orden de 36.3% (Saniriato-río Yoyato), 52% (río Yoyato-Campo Domingo) y 10% (Campo Domingo – Nueva Luz).

En el aspecto hidrográfico, de acuerdo a la evaluación realizada a través del servicio de visualización de la capa de hidrografía a escala 1/100,000 del Instituto Geográfico

Nacional, la vertiente izquierda del río Urubamba tiene mayor número de ríos afluentes que la vertiente derecha, lo que se tiene en las tablas 18 y 19; 27 ríos y quebradas por la margen izquierda del Urubamba y 15 ríos y quebradas por la margen derecha; por lo tanto desde la perspectiva del análisis hidrológico es recomendable que el trazo de la línea de gradiente se desarrolle por la margen derecha del río Urubamba, teniendo en cuenta que el coste de inversión en los puentes por la anchura de los ríos amazónicos son altísimos y pueden superar largamente inclusive el coste de ejecución de la carretera propiamente dicha, como se tiene en las tablas 27, 28 y 29.

En el aspecto social, los Centros Poblados y/o Comunidades Nativas beneficiarias están asentadas prácticamente en igual número en ambas márgenes y/o vertientes del río Urubamba, tal como se tiene en las tablas 20 y 21, por lo tanto, desde esta perspectiva de análisis es indistinto trazar la línea de gradiente por la margen derecha o izquierda del río Urubamba; por ello, para la determinación de las zonas de emplazamiento para el trazo ha definido el aspecto topográfico e hidrográfico principalmente.

Para el trazo de la línea de gradiente y su posterior diseño geométrico se ha trabajado con la carta nacional 1/100,000 del Instituto Geográfico Nacional, el cual se ha transportado al programa Civil 3D, para ser editada y su posterior interpolación y generación de la superficie con curvas más precisas con diferencia de cotas de 2m. Es de indicar que el IGN no cuenta con cartas a escala 1/25,000 para la zona de estudio como para otras regiones, lo cual hubiera ayudado la investigación. El trazo de la línea de gradiente se ha realizado con pendiente máxima de 10% acorde a la norma (DG-2018) a fin de evitar el sobre esfuerzo de los vehículos principalmente en tangentes largas; al respecto el autor Freire, C. (2020) en su tesis, en una de sus conclusiones indica que, el valor máximo de gradiente longitudinal de 7.5% para una distancia de 2.8 km, es aceptable y que un vehículo pesado no sufrirá un esfuerzo innecesario y mantendrá una velocidad de circulación apropiada respetando normas de seguridad vial. En el caso de la presente investigación no se tiene longitudes tan largas como tangente, entendible por la configuración del terreno.

De otra parte, Saavedra, E. (2019) en su tesis manifiesta que, una vía no solo se debe evaluar las condiciones geométricas, sino sociales y demográficas que podrían interferir en la operación de la vía; así mismo, Risco, P. (2019) en su tesis, indica que, en

una carretera totalmente nueva y de topografía accidentada, no siempre se puede cumplir con los parámetros establecidos en la norma DG 2018, por lo que el investigador optimizó su diseño. En el caso de la presente investigación se evaluó también el aspecto social en el sentido de que la Ruta beneficie a todas las comunidades y/o centros poblados.

La ruta 2 resultó ser la ruta óptima desde el enfoque del método de Bruce por tener la menor longitud resistente respecto de las otras dos rutas, es decir menores pendientes perjudiciales tanto de ida y de retorno, tal como se indica en las tablas 15 y 16, al respecto (Cárdenas, 2013) indica que la mejor ruta es aquella que aparte de cumplir con las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas y de drenaje, ofrece el menor costo con el mayor índice de utilidad económica, social y estética, por lo que es necesario estimar los costos aproximados de construcción, operación y conservación y de esta manera se pueda comparar con los beneficios probables esperados; de otro lado los autores Kuzak, Ł., Patoka, P., & Chmiel, J. (2019) en su artículo *The Use Of Selected Methods Of Multicriteria Analysis For A Comparison Of Route Variants Of The Eastern Bypass Of Warsaw*, desarrollaron métodos multicriterio para la selección de la variante óptima de Bypass Oriental de Varsovia, indican que los criterios para la selección de la ruta óptima deben estar basadas en las tres esferas básicas que deben conciliarse entre sí: social, económica y ambiental.

En efecto, en la presente investigación el estudio se ha planteado principalmente desde la perspectiva técnica y económica, no obstante, la alternativa Ruta 2, al plantearse un túnel para atravesar las inmediaciones del pongo de Mainique tiene un impacto positivo no solamente en términos de menor longitud resistente, sino también en términos ambientales, dado que se evita la deforestación de una longitud estimada de 25 km de bosque por la anchura que implica el corte, que según Larrea-gallegos, G., Vázquez-rowe, I., & Gallice, G. (2017) en su artículo *Life cycle assessment of the construction of an unpaved road in an undisturbed tropical rainforest area in the vicinity of manu national park*, la deforestación debida a cambios directos en el uso de la tierra puede ser el principal punto de actividad ambiental en términos de cambio climático; siendo otras categorías de impacto el tráfico como el portador de las cargas medioambientales.

Al desarrollar los costos evitados del tiempo adicional de viaje, gasto adicional en pasajes y la pérdida de vidas humanas, se ha demostrado que la Ruta 2 es el que tiene

mejor costo evitado, es decir mayor beneficio en comparación de las Rutas 1 y 3, tal como se tiene en la tabla 31, al respecto, (Dixon, 1994) indica que, un beneficio no aprovechado es un costo, y un costo evitado es un beneficio, en ese sentido, los costos evitados en este estudio representan los beneficios de la intervención y la reducción del riesgo principalmente en el grado de accidentabilidad con la consecuente muerte al navegar el río Urubamba. En ese sentido, un proyecto vial trae consigo costos evitados para la mejora de las economías, al respecto, el autor Delzo, F. (2018) en su tesis, indica que, a partir del diseño geométrico y la señalización planteada, logra una mejora en el transporte de carga y pasajeros, reduciendo tiempos y costos de viaje, incidiendo en la rentabilidad del proyecto y el posterior crecimiento económico de la región. En cuanto al costo de inversión estimada para las tres rutas resulta que, la Ruta 2 es el que requiere de mayor monto de inversión, seguido de la Ruta 3 y finalmente la Ruta 1, lo que se sustenta en las tablas 32, 33 y 34; este resultado podría ser interpretado como no rentable en el umbral del primer año de inversión, no obstante, los beneficios son mayores y la inversión inicial son recuperables, al respecto, Saavedra, E. (2019) en su tesis manifiesta que, debe optarse por los beneficios al usuario, antes que otros factores, incluyendo el costo.

## CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación sobre el acceso al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del bajo Urubamba fueron: El 94.7% de los entrevistados indicaron que el navegar el río Urubamba pasando por el pongo de Mainique es de alto riesgo. El área determinada para el emplazamiento de las rutas fue el flanco izquierdo del río Urubamba desde Saniriato hasta Sarigaveni y flanco derecho del mismo río desde Campo Domingo hasta Nueva Luz. Las rutas trazadas fueron 3, cuyas longitudes resultaron: Ruta 1: 178.16 km, Ruta 2: 150.11 km y Ruta 3: 179.37 km. Desde el enfoque del método de Bruce, resultó la Ruta 2 como la ruta óptima con una longitud de 150.11 km por tener la más baja longitud resistente, de ida y retorno (165,812.67 m y 169,301.76m) frente a las otras dos rutas. Desde el enfoque de Costos Evitados, resultó la Ruta 2 como la ruta óptima por tener el mayor costo evitado, es decir mayor beneficio; siendo el 33.90% los beneficios de la ruta 2, el 33.06% y 33.04% de las otras rutas.

1. Es recomendable realizar el trazo de la carretera desde el Centro Poblado de Saniriato hasta el sector de Sarigaveni por el margen izquierdo del río Urubamba y atravesando la cordillera de Vilcabamba en las vecindades del pongo de Mainique; luego cruzar al margen derecho del mismo río y continuar el trazo desde Campo Domingo hasta el Centro Poblado de Nueva Luz, (tablas 18, 19, 20 y 21) y (figuras 20,21, 22 y 23 al 28).
2. Se realizaron el trazo de la línea de gradiente y el diseño geométrico de 3 rutas por las zonas previamente evaluadas, obteniéndose las siguientes longitudes: Ruta 1: 178.16 km, Ruta 2: 150.11 km y Ruta 3: 179.37 km, (figura 29, 30 y 31).
3. Aplicando el método de Bruce se obtuvo que la Ruta 2 es la ruta óptima por tener la menor longitud resistente respecto a las rutas 1 y 3; con una longitud de 150.11 km y contempla dentro de su planteamiento la construcción de un túnel de 3671 m para atravesar la cordillera de Vilcabamba, (tablas 22 al 27) y (figuras 29, 30 y 31).
4. Aplicando los Costos evitados del tiempo adicional de viaje, gasto adicional en pasajes y la pérdida de vidas humanas, se obtuvo como resultado que, la Ruta 2 es la ruta óptima por tener el más alto costo evitado; donde el 33.90% corresponde a los beneficios de la ruta 2, el 33.06% y 33.04% a las otras rutas, (Tabla 17).

## RECOMENDACIONES

1. En cuanto a la selección del área para el emplazamiento de la línea de gradiente, se recomienda realizar evaluaciones previas de la topografía, la geología, la hidrografía y del aspecto social de la zona de estudio; pudiendo ampliarse a otras evaluaciones no menos importantes como el ambiental, el económico, etc.
2. La ruta 2, resultó como la ruta óptima para que las comunidades nativas del Bajo Urubamba puedan tener acceso al servicio de transitabilidad vehicular; ello, bajo el enfoque de análisis técnico y económico del método de Bruce y Costos Evitados respectivamente. Al respecto, se recomienda aplicar dicho procedimiento para una evaluación preliminar de trazo de un proyecto vial, principalmente cuando el estudio se ejecute en terrenos de orografía ondulada a accidentada en el aspecto técnico y en poblaciones aisladas en el aspecto económico.
3. Respecto al análisis de los Costos Evitados, en la presente investigación se ha abordado tres aspectos que atañen a la población del Bajo Urubamba: costo de transporte, riesgo de transporte y el tiempo de transporte; no obstante, no son los únicos, pero han sido suficientes para demostrar en la pérdida en que incurre día a día como sociedad dicha población por la carencia de una infraestructura vial seguro; bajo esta premisa se recomienda impulsar la implementación de la conectividad mediante infraestructura vial a dicha población.
4. Desarrollar la investigación sobre la falla geológica del pongo de Mainique y sus implicancias en la viabilidad de la construcción de un túnel para atravesar la cordillera de Vilcabamba.
5. Desarrollar la investigación bajo otros enfoques de análisis y otras zonas de interconexión para crear el acceso a transporte vehicular para las comunidades nativas del Bajo Urubamba.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Altamirano, J. (1991). *Metodología de la investigación*. Asunción, La ley paraguaya S.A.
- Arias, J., Remolina, I. (2018). *Análisis de consistencia del Diseño Geométrico en una carretera de dos carriles en terreno llano desde km (12+398) vía La Fortuna hasta el km (19+473) vía La Lizama en ambos sentidos en el departamento de Santander*. (tesis ingeniero civil). Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana - Colombia.
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Chocontá, P. (2011). *Diseño Geométrico de Vías*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Crespo, C. (2004). *Vías de Comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*. México: Editorial Limusa.
- Delzo, F. (2018). *Propuesta de Diseño Geométrico y Señalización del tramo 5 de la red vial vecinal empalme ruta an-111 – Tingo Chico, provincias de Huamalíes y Dos de Mayo, departamento de Huánuco*. (Tesis ingeniero civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Dixon, et al., (1994). *Análisis económico de impactos ambientales*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie).
- Duque, G. (2020). *Manual de Geología para Ingenieros*. Universidad Nacional de Colombia.
- Freire, C. (2020). *Diseño geométrico de la alternativa vial Shuyopinllojata en el tramo km 20+000- 24+000 perteneciente a los Cantones Pujili y Pangua de la provincia de Cotopaxi*. (tesis ingeniero civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato - Ecuador.
- Hernández, E. (2006). *Metodología de la Investigación - Como escribir una tesis*. Cuba: Escuela Nacional de Salud Pública.
- Keller, G y Sherar, J. (2004). *Ingeniería de Caminos Rurales*. Instituto Mexicano de Transporte.
- Kuzak, Ł., Patoka, P., & Chmiel, J. (2019). The Use Of Selected Methods Of Multicriteria Analysis For A Comparison Of Route Variants Of The Eastern Bypass Of Warsaw. Sofia: Surveying Geology & Mining Ecology Management (SGEM). doi: <http://dx.doi.org/10.5593/sgem2019/2.2/S11.127>

- Larrea-gallegos, G., Vázquez-rowe, I., & Gallice, G. (2017). Life cycle assessment of the construction of an unpaved road in an undisturbed tropical rainforest area in the vicinity of manu national park, peru. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(7), 1109-1124. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s11367-016-1221-7>
- López, C. (2011). *Manual de Túneles y Obras Subterráneas*. E.T.S.I. Minas – Universidad Politécnica de Madrid.
- López, S. (1996). *Topografía*. Escuela Superior de Ingenieros de Montes – Universidad Politécnica de Madrid.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Mokhiev, A., Gerasimova, M., & Pozdnyakova, M. (2019). Finding the optimal route of wood transportation. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 226(1) doi:<http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/226/1/012053>
- Palin, M. (2021, Jun 26). A python in peru: Wish I were there... the veteran traveller michael palin recalls one of his greatest adventures — a wild ride through the pongo de mainique [usa region]. *Financial Times* Retrieved from <http://aulavirtual.urp.edu.pe/bdacademicas/newspapers/python-peru/docview/2554901774/se-2?accountid=45097>
- Pérez, N. y Garnica, P. (2014). *La ingeniería de Suelos en las Vías terrestres, Volumen Alfonso Rico Rodríguez*. Coordinación infraestructura del Instituto Mexicano del Transporte.
- Perz, S., & Rojas, R. O. (2020). Do infrastructure improvements for regional integration increase traffic volume? the case of the inter-oceanic highway in the southwestern amazon. *Journal of Latin American Geography*, 19(2), 243-264. Retrieved from <http://aulavirtual.urp.edu.pe/bdacademicas/scholarly-journals/do-infrastructure-improvements-regional/docview/2461603672/se-?accountid=45097>
- Risco, P. (2019). *Diseño de la carretera para unir el distrito de Llama con el caserío San Antonio, distrito de Llama – provincia de Chota – Cajamarca*. (Tesis ingeniero civil). Cajamarca: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

- Rodríguez, J. (2015). *Estudio y diseño del sistema vial de la —comuna San Vicente de Cucupuroll de la parroquia rural de El Quinche del distrito metropolitano de Quito, provincia de Pichincha*. (Tesis Ingeniero Civil). Quito: Universidad internacional del Ecuador.
- Román, W., Saldaña, A. (2018). *Propuesta de parámetros de Diseño geométrico para trochas carrozables en la Norma DG – 2018 a fin de optimizar costos*. (Tesis ingeniero civil). Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Saavedra, E. (2019). *Revisión de diseño geométrico del libramiento de Cuernavaca (paso exprés Tlahuica)*. (Tesis para optar el grado de maestro en Ingeniería). Chihuahua: Universidad Autónoma de Chihuahua - México.
- Sánchez, J. (2018). *Diseño definitivo de la carretera la Primavera - Simón Bolívar, distrito de Nueva Cajamarca, provincia de Rioja, región San Martín*. (Tesis ingeniero civil). Pimentel: Universidad Señor de Sipán.
- Sandoval R. (2016). *Ingeniería de Perfil camino Industrial en Alta Montaña Peldehue – Los Bronces – Sur Sur*. (Tesis ingeniero civil). Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Schlosser, T., Cápayová, S., Hodáková, D., & Schlosser, P. (2018). EVALUATION OF SUSTAINABLE MOBILITY FOR URBAN DEVELOPMENT PROJECTS WITH TRAFFIC ENGINEERING TOOLS – EXAMPLE FROM BRATISLAVA. Sofia: Surveying Geology & Mining Ecology Management (SGEM). doi:<http://dx.doi.org/10.5593/sgem2018/6.3/S27.071>
- Spikermann, J. (2010). *Elementos de Geología General*. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara; Universidad Maimónides.
- Ticona, E., Choque, P. (2016). *Evaluación del Diseño Geométrico del camino de carga pesada (heavy haul road) Proyecto minero Las Bambas - paquete 03*. (tesis de ingeniero topógrafo y agrimensor). Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Wright, P. y Dixon K. (2011). *Ingeniería de Carreteras*. México: Limusa Wiley
- Hernández, S., Fernández, C., Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación*. 6ta edición. McGraw Hill.
- Navarro, D. (2013). El proceso de observación. *Revista sedes regionales*.

Vol. (14) N°28. <https://www.redalyc.org/pdf/666/66629446004.pdf>

López, P. (2004). Población muestra y muestreo. *Punto Cero*, 09(08), 69-74.  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012#:~:text=b\)%20Muestra.,parte%20representativa%20de%20la%20poblaci%C3%B3n.](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012#:~:text=b)%20Muestra.,parte%20representativa%20de%20la%20poblaci%C3%B3n.)

Sánchez Flores, Fabio Anselmo. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13(1).  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-25162019000100008](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-25162019000100008)

Rodríguez, A., Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Rev. esc.adm.neg.*  
<http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n82/0120-8160-ean-82-00179.pdf>

## **ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Anexo 2: Protocolos o Instrumentos utilizados

Anexo 3: Declaración de Autenticidad

Anexo 4: Validación de Instrumento por criterio de especialista

Anexo 5: Fotografías de la zona de estudio

Anexo 6: Cálculo de los desniveles perjudiciales por el Método de Bruce (Ruta 2)

Anexo 7: Costo estimado de inversión en la ejecución de las Rutas

Anexo 8: Planos Planta, Perfil y Secciones Transversales



## Anexo 2: Protocolos o instrumentos utilizados

### GUÍA DE ENTREVISTA SOBRE RIESGO DE TRANSPORTE

<b>Entrevistador</b>	
<b>Entrevistado</b>	
<b>Lugar y fecha</b>	
<b>Duración</b>	

#### Objetivo:

Determinar el riesgo de transporte fluvial a través del río Urubamba entre el C.P. Saniriato (Echarati) y el C.P. Nueva Luz (Megantoni)

<b>N°</b>	<b>Preguntas</b>
<b>1</b>	¿Realiza usted viajes a través del río Urubamba pasando por el pongo de Mainique?
<b>2</b>	¿Con que frecuencia realiza viajes?
	1 a 2 viajes al mes: (    )
	3 a 4 viajes al mes: (    )
	Mas de 4 viajes al mes: (    )
	Otros:
<b>3</b>	¿Cuál es el motivo por el cual realiza viajes?
<b>4</b>	¿Considera usted que el viaje que realiza es seguro o de alto riesgo?
<b>5</b>	¿Por qué considera que el viaje es de alto riesgo?





### Anexo 3: Declaración de Autenticidad


**Universidad Ricardo Palma**
**Escuela de Posgrado**

**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO**

DECLARACIÓN DEL GRADUANDO

Por el presente, el graduando: *(Apellidos y nombres)*

RIMAC MAYHUAY SABINO PEDRO

en condición de egresado del Programa de Posgrado:

INGENIERIA VIAL

deja constancia que ha elaborado la tesis intitulada:

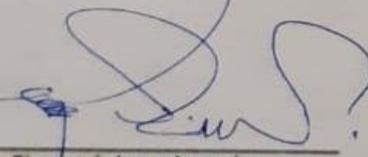
ACCESO AL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR PARA LAS COMUNIDADES NATIVAS DEL BAJO URUBAMBA

Declara que el presente trabajo de tesis ha sido elaborado por el mismo y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica, de investigación, profesional o similar.

Deja constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no ha asumido como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de la Internet.

Asimismo, ratifica que es plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asume la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento y es consciente de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, el graduando se somete a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y los dispositivos legales vigentes.

  
 \_\_\_\_\_  
 Firma del graduando

30 Setiembre 2021  
 \_\_\_\_\_  
 Fecha

**Anexo 4: Validación de Instrumento por criterio de especialista****Carta de Presentación**

Lima, 02 de noviembre de 2021

Sr.  
Arturo Rómulo Hurtado Arroyo

Presente

Asunto: Validación de instrumentos por Criterio de Especialista

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a Usted, para expresarle un saludo cordial e informarle que como parte del desarrollo de la tesis titulada "Acceso al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del Bajo Urubamba", se elaboró el instrumento y ficha de validación de la Guía de Entrevista.

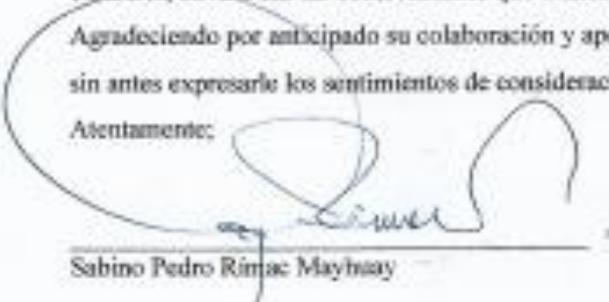
Por lo expuesto, con la finalidad de darle rigor científico necesario, se le solicita su colaboración como juez experto para la obtención de evidencia de validez basada en el contenido de dichos instrumentos a través de la evaluación de Juicio de Expertos.

Es por ello, que me permito solicitarle su participación apelando a su trayectoria y reconocimiento como docente y profesional en función a sus conocimientos relacionados a la temática de (Ruta óptima y acceso al servicio de transitabilidad vehicular).

A través de este proceso, se espera que pueda señalar si los ítems miden lo requerido; caso contrario, sírvase dar las observaciones que considere necesarias.

Agradeciendo por anticipado su colaboración y aporte en la presente, me despido de usted, no sin antes expresarle los sentimientos de consideración y estima personal.

Atentamente;



Sabino Pedro Rímac Mayhuay

Se adjunta:

- La Matriz de Operacionalización
- Los instrumentos de recolección de la información
- Las fichas de validación de los instrumentos

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD DE LA ENTREVISTA:**

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia.....

Opinión de aplicabilidad:    **Aplicable** [  ]    **Aplicable después de corregir** [  ]    **No aplicable** [  ]

Nombres y Apellidos	Arturo Rómulo Hurtado Arroyo	DNI N°	10185881
E- mail	arturohurtadoarroyo@gmail.com	Teléfono / Celular	999503178
Título profesional / Especialidad	Ingeniero Civil	Firma	
Grado Académico	Maestro en Ingeniería de Transportes		
Metodólogo/ temático		Lugar y fecha	Lima, 11 de noviembre de 2021

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

### Carta de Presentación

Lima, 02 de noviembre de 2021

Sra:  
Marisol Lozano Pulla

Presente

Asunto: Validación de instrumentos por Criterio de Especialista

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a Usted, para expresarle un saludo cordial e informarle que como parte del desarrollo de la tesis titulada "Acceso al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del Bajo Urubamba", se elaboró el instrumento y ficha de validación de la Guía de Entrevista.

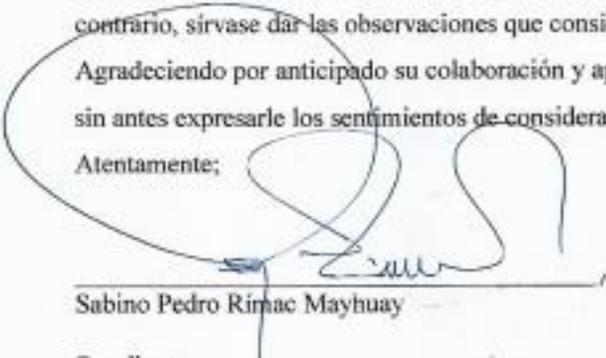
Por lo expuesto, con la finalidad de darle rigor científico necesario, se le solicita su colaboración como juez experto para la obtención de evidencia de validez basada en el contenido de dichos instrumentos a través de la evaluación de Juicio de Expertos.

Es por ello, que me permito solicitarle su participación apelando a su trayectoria y reconocimiento como docente y profesional en función a sus conocimientos relacionados a la temática de (Ruta óptima y acceso al servicio de transitabilidad vehicular).

A través de este proceso, se espera que pueda señalar si los ítems miden lo requerido; caso contrario, sírvase dar las observaciones que considere necesarias.

Agradeciendo por anticipado su colaboración y aporte en la presente, me despido de usted, no sin antes expresarle los sentimientos de consideración y estima personal.

Atentamente;



Sabino Pedro Rímac Mayhuay

Se adjunta:

- La Matriz de Operacionalización
- Los instrumentos de recolección de la información
- Las fichas de validación de los instrumentos

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD DE LA ENTREVISTA:**

Observaciones (precisar si hay suficiencia): .....

Opinión de aplicabilidad:      Aplicable [ x ]      Aplicable después de corregir [ ]      No aplicable [ ]

Nombres y Apellidos	MARISOL LOZANO PULLA	DNI N°	23989879
E- mail	Marisollozanopulla@gmail.com	Teléfono / Celular	984362580
Título profesional / Especialidad	ECONOMISTA MBA	Firma	
Grado Académico	MAGISTER		
Metodólogo/ temático	METODÓLOGO-TEMÁTICO	Lugar y fecha	La Molina 03/11/21

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

### Carta de Presentación

Lima, 02 de noviembre de 2021

Sr.  
Juan Manuel Mattos Quevedo

Presente

Asunto: Validación de instrumentos por Criterio de Especialista

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a Usted, para expresarle un saludo cordial e informarle que como parte del desarrollo de la tesis titulada "Acceso al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del Bajo Unubamba", se elaboró el instrumento y ficha de validación de la Guía de Entrevista.

Por lo expuesto, con la finalidad de darle rigor científico necesario, se le solicita su colaboración como juez experto para la obtención de evidencia de validez basada en el contenido de dichos instrumentos a través de la evaluación de Juicio de Expertos.

Es por ello, que me permito solicitarle su participación apelando a su trayectoria y reconocimiento como docente y profesional en función a sus conocimientos relacionados a la temática de (Ruta óptima y acceso al servicio de transitabilidad vehicular).

A través de este proceso, se espera que pueda señalar si los ítems miden lo requerido; caso contrario, sírvase dar las observaciones que considere necesarias.

Agradeciendo por anticipado su colaboración y aporte en la presente, me despido de usted, no sin antes expresarle los sentimientos de consideración y estima personal.

Atentamente:



Sabino Pedro Ríndac Maytuay

Se adjunta:

- La Matriz de Operacionalización
- Los instrumentos de recolección de la información
- Las fichas de validación de los instrumentos

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD DE LA ENTREVISTA:****Observaciones (precisar si hay suficiencia):** .....**Opinión de aplicabilidad:**      **Aplicable [ x ]**      **Aplicable después de corregir [ ]**      **No aplicable [ ]**

Nombres y Apellidos	Juan Manuel Mattos Quevedo	DNI N°	25849778
E- mail	pcmajmay@gmail.com	Teléfono / Celular	994156138
Título profesional / Especialidad	Licenciado en educación	Firma	
Grado Académico	Magister en enseñanza de las matemáticas		
Metodólogo/ temático		Lugar y fecha	Lima, 05-11-2021

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

### Carta de Presentación

Lima, 02 de noviembre de 2021

Sr.  
Cesar Augusto Montoya Ramirez

Presente

Asunto: Validación de instrumentos por Criterio de Especialista

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a Usted, para expresarle un saludo cordial e informarle que como parte del desarrollo de la tesis titulada "Acceso al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del Bajo Urubamba", se elaboró el instrumento y ficha de validación de la Guía de Entrevista.

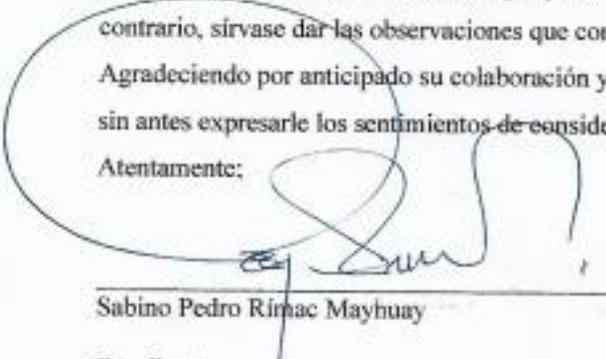
Por lo expuesto, con la finalidad de darle rigor científico necesario, se le solicita su colaboración como juez experto para la obtención de evidencia de validez basada en el contenido de dichos instrumentos a través de la evaluación de Juicio de Expertos.

Es por ello, que me permito solicitarle su participación apelando a su trayectoria y reconocimiento como docente y profesional en función a sus conocimientos relacionados a la temática de (Ruta óptima y acceso al servicio de transitabilidad vehicular).

A través de este proceso, se espera que pueda señalar si los ítems miden lo requerido; caso contrario, sírvase dar las observaciones que considere necesarias.

Agradeciendo por anticipado su colaboración y aporte en la presente, me despido de usted, no sin antes expresarle los sentimientos de consideración y estima personal.

Atentamente;



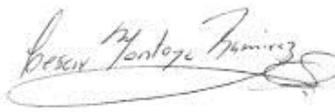
Sabino Pedro Rímac Mayhuay

Se adjunta:

- La Matriz de Operacionalización
- Los instrumentos de recolección de la información
- Las fichas de validación de los instrumentos

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD DE LA ENTREVISTA:****Observaciones (precisar si hay suficiencia):** Suficiencia

**Opinión de aplicabilidad:**      **Aplicable** [ x ]      **Aplicable después de corregir** [ ]      **No aplicable** [ ]

Nombres y Apellidos	Cesar Augusto Montoya Ramírez	DNI N°	09534411
E- mail	cesarmontoya@cicompetencias.com	Teléfono / Celular	994596880
Título profesional / Especialidad	Administrador de Empresas y Sistemas	Firma	
Grado Académico	Maestro		
Metodólogo/ temático	Metodólogo – temático	Lugar y fecha	Lima, 04 de Noviembre del 2021

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

**Carta de Presentación**

Lima, 02 de noviembre de 2021

Sr.  
Oscar Ray Flores Silva

Presente

Asunto: Validación de instrumentos por Criterio de Especialista

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a Usted, para expresarle un saludo cordial e informarle que como parte del desarrollo de la tesis titulada "Acceso al servicio de transitabilidad vehicular para las comunidades nativas del Bajo Urubamba", se elaboró el instrumento y ficha de validación de la Guía de Entrevista.

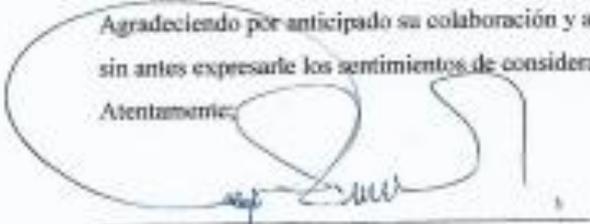
Por lo expuesto, con la finalidad de darle rigor científico necesario, se le solicita su colaboración como juez experto para la obtención de evidencia de validez basada en el contenido de dichos instrumentos a través de la evaluación de Juicio de Expertos.

Es por ello, que me permito solicitarle su participación apelando a su trayectoria y reconocimiento como docente y profesional en función a sus conocimientos relacionados a la temática de (Ruta óptima y acceso al servicio de transitabilidad vehicular).

A través de este proceso, se espera que pueda señalar si los ítems miden lo requerido; caso contrario, sírvase dar las observaciones que considere necesarias.

Agradeciendo por anticipado su colaboración y aporte en la presente, me despido de usted, no sin antes expresarle los sentimientos de consideración y estima personal.

Atentamente:



Sabino Pedro Rimac Mayhuay

Se adjunta:

- La Matriz de Operacionalización
- Los instrumentos de recolección de la información
- Las fichas de validación de los instrumentos

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD DE LA ENTREVISTA:**

Observaciones (precisar si hay suficiencia): .....

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable [ x ]    Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Nombres y Apellidos	<i>Oscar Ray Flores Silva</i>	DNI N°	<i>43889741</i>
E- mail	<i>oscar_ray_81@hotmail.com</i>	Teléfono / Celular	<i>966080123</i>
Título profesional / Especialidad	<i>Licenciado en Educación y Ciencias Militares Planeamiento Estratégico</i>	Firma	
Grado Académico	<i>Magister en Arte y Ciencias Militares</i>		
Metodólogo/ temático	<i>Planeamiento Estratégico</i>	Lugar y fecha	<i>Lima, 03 de noviembre 2020</i>

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

### Anexo 5: Fotografías de la zona de estudio



Puerto fluvial en el centro poblado de Ivochote, distrito de Echarati, provincia La Convención -Cusco



Desarrollo de las entrevistas en el Centro Poblado de Ivochote



Puerto fluvial en el centro Poblado de Saniriato, distrito de Echarati, provincia La Convención – Cusco (Punto de inicio de la investigación)



Rio Urubamba con dirección al Pongo de Mainique



Centro Poblado de Nueva Luz, distrito de Megantoni, provincia La Convención – Cusco  
(Punto final de la investigación)



## Anexo 6: Cálculo de los desniveles perjudiciales por el Método de Bruce

### Ruta 2

PVI	Estación	Elevación (m)	Pendiente (%)	Longitud de la curva (m)	Desniveles perjudiciales por contrapendientes (de ida)	Desniveles perjudiciales por contrapendientes (de retorno)	Pendientes que superan el 5%	Desniveles por exceso de pendientes
1	00+000.000	448.919	0.77%	0	1.081			
2	00+140.000	450.000	-0.27%	0		-1.356		
3	00+645.151	448.644	6.42%	60	8.661		0.0142	7.19
4	00+780.000	457.305	0.67%	60	1.330			
5	00+980.000	458.635	0.32%	90	1.365			
6	01+404.340	460.000	7.34%	60	7.021		0.0234	9.93
7	01+500.000	467.021	3.57%	70	8.388			
8	01+734.848	475.409	0.95%	60	2.457			
9	01+994.125	477.866	0.34%	90	0.478			
10	02+133.103	478.344	-0.16%	60		-0.402		
11	02+379.285	477.942	8.42%	60	12.807		0.0342	8.43
12	02+531.326	490.749	3.83%	60	5.998			
13	02+687.875	496.747	0.63%	60	1.688			
14	02+957.002	498.435	-0.33%	80		-1.040		
15	03+272.655	497.395	1.11%	80	2.522			
16	03+500.897	499.917	-0.48%	80		-1.244		
17	03+760.897	498.673	0.39%	70	0.858			
18	03+981.158	499.531	4.32%	60	5.173			
19	04+100.897	504.704	6.97%	60	14.842		0.0197	2.36
20	04+313.747	519.546	-0.14%	60		-0.421		
21	04+616.057	519.125	-0.39%	60		-1.405		
22	04+976.869	517.720	5.42%	60	12.444		0.0042	1.50
23	05+206.647	530.164	4.57%	60	5.105			
24	05+318.491	535.269	3.84%	60	7.081			
25	05+502.984	542.350	4.66%	60	5.824			
26	05+628.062	548.174	0.18%	60	0.658			
27	06+002.013	548.832	0.20%	0	0.678			
28	06+342.632	549.510	9.89%	60	48.326		0.0489	16.67
29	06+831.102	597.836	2.40%	40	52.164		PORTAL INGRESO TUNEL	
30	09+002.201	650.000	-1.88%	0		-28.129		
31	10+502.201	621.871	-4.93%	50		-15.307	PORTAL SALIDA TUNEL	
32	10+812.883	606.564	1.81%	60	5.580			
33	11+121.670	612.144	-4.94%	60		-18.350		
34	11+493.486	593.794	-2.27%	60		-12.130		
35	12+028.869	581.664	-3.87%	60		-26.060		
36	12+702.927	555.604	-4.55%	60		-15.263		
37	13+038.436	540.341	-3.58%	60		-15.582		

38	13+473.761	524.759	-0.77%	60		-3.395		
39	13+913.002	521.364	-5.34%	60		-11.500	0.0034	1.49
40	14+128.346	509.864	-4.71%	80		-16.753		
41	14+484.152	493.111	-0.17%	80		-0.723		
42	14+912.968	492.388	-1.90%	90		-6.434		
43	15+252.090	485.954	-4.52%	80		-13.851		
44	15+558.690	472.103	0.56%	80	2.040			
45	15+921.583	474.143	6.16%	80	17.089		0.0116	4.20
46	16+199.186	491.232	0.52%	80	2.337			
47	16+651.659	493.569	0.32%	120	1.907			
48	17+243.192	495.476	-1.44%	80		-3.151		
49	17+461.587	492.325	-3.80%	80		-12.660		
50	17+795.198	479.665	-2.10%	80		-9.678		
51	18+257.200	469.987	-1.19%	80		-6.358		
52	18+790.716	463.629	-2.60%	90		-13.629		
53	19+314.370	450.000	-0.58%	80		-3.523		
54	19+920.833	446.477	0.42%	80	2.254			
55	20+455.710	448.731	0.25%	0	1.269			
56	20+955.710	450.000	-0.39%	40		-2.756		
57	21+655.710	447.244	0.30%	40	2.119			
58	22+355.710	449.363	-0.09%	40		-1.019		
59	23+455.710	448.344	0.13%	40	0.794			
60	24+055.710	449.138	0.45%	40	0.897			
61	24+255.710	450.035	-0.93%	40		-2.791		
62	24+555.710	447.244	0.53%	40	2.119			
63	24+955.710	449.363	-0.18%	40		-0.917		
64	25+455.710	448.446	0.18%	40	0.733			
65	25+855.710	449.179	-0.18%	40		-0.366		
66	26+055.710	448.813	0.40%	40	1.187			
67	26+355.710	450.000	-0.38%	40		-2.063		
68	26+894.947	447.937	1.35%	40	3.523			
69	27+155.710	451.460	0.41%	40	1.263			
70	27+460.742	452.723	-3.21%	40		-7.821		
71	27+704.398	444.902	0.97%	40	4.380			
72	28+155.710	449.282	-1.15%	40		-3.512		
73	28+460.416	445.770	-1.60%	40		-6.326		
74	28+855.710	439.444	1.95%	40	7.790			
75	29+255.710	447.234	-2.88%	40		-10.091		
76	29+606.563	437.143	2.37%	40	5.906			
77	29+855.710	443.049	-0.95%	40		-4.908		
78	30+370.706	438.141	0.43%	40	2.220			
79	30+890.429	440.361	-5.74%	40		-12.444	0.0074	3.87
80	31+107.053	427.917	-0.86%	40		-3.523		
81	31+514.722	424.394	-1.47%	40		-3.767		
82	31+771.932	420.627	-5.38%	40		-20.627	0.0038	0.96
83	32+155.710	400.000	-0.68%	40		-2.509		

84	32+523.394	397.491	0.56%	40	5.764		
85	33+555.710	403.255	-2.60%	40		-6.151	
86	33+792.763	397.104	0.34%	40	2.896		
87	34+655.710	400.000	-0.33%	40		-2.326	
88	35+355.710	397.674	3.99%	40	11.975		
89	35+655.710	409.649	8.31%	40	14.249		0.0331
90	35+827.217	423.898	-5.83%	40		-19.157	0.0083
91	36+155.710	404.741	1.55%	40	8.540		
92	36+706.364	413.281	-0.16%	40		-0.699	
93	37+155.710	412.582	0.56%	40	2.290		
94	37+561.999	414.872	-2.03%	40		-7.992	
95	37+955.710	406.880	-1.11%	40		-4.420	
96	38+355.710	402.460	-0.29%	40		-1.547	
97	38+889.824	400.913	-2.26%	40		-4.053	
98	39+069.351	396.860	0.35%	40	3.767		
99	40+155.710	400.627	-0.53%	40		-1.588	
100	40+455.710	399.039	-0.12%	40		-0.489	
101	40+855.710	398.550	0.22%	40	0.876		
102	41+255.710	399.426	-0.22%	40		-0.876	
103	41+655.710	398.550	0.15%	40	0.774		
104	42+175.847	399.324	-0.23%	40		-1.079	
105	42+655.710	398.245	0.89%	40	3.543		
106	43+055.710	401.788	-0.44%	40		-1.788	
107	43+462.002	400.000	0.25%	40	0.970		
108	43+855.710	400.970	-0.24%	40		-0.970	
109	44+255.710	400.000	0.24%	40	0.975		
110	44+655.710	400.975	-1.69%	40		-5.072	
111	44+955.710	395.903	1.37%	40	4.097		
112	45+255.710	400.000	-0.38%	40		-1.511	
113	45+655.710	398.489	-0.11%	40		-0.428	
114	46+055.710	398.061	0.86%	40	2.566		
115	46+355.710	400.627	-0.29%	40		-1.995	
116	47+055.710	398.632	0.15%	40	1.368		
117	47+955.710	400.000	0.49%	40	1.482		
118	48+255.710	401.482	-0.64%	40		-2.545	
119	48+655.710	398.937	0.01%	40	0.041		
120	49+055.710	398.978	0.49%	40	1.955		
121	49+455.710	400.933	-0.32%	40		-1.609	
122	49+955.710	399.324	0.49%	40	1.976		
123	50+355.710	401.300	-0.81%	40		-2.424	
124	50+655.710	398.876	0.51%	40	2.057		
125	51+055.710	400.933	-0.83%	40		-2.485	
126	51+355.710	398.448	0.77%	40	3.076		
127	51+755.710	401.524	-0.61%	40		-3.055	
128	52+255.710	398.469	0.83%	40	3.299		
129	52+655.710	401.768	-1.41%	40		-5.641	

130	53+055.710	396.127	1.15%	40	5.722	
131	53+555.710	401.849	-0.46%	40		-1.849
132	53+955.710	400.000	0.63%	40	3.132	
133	54+455.710	403.132	-1.04%	40		-3.132
134	54+755.710	400.000	0.45%	40	1.361	
135	55+055.710	401.361	-0.65%	40		-1.956
136	55+355.710	399.405	0.38%	40	1.508	
137	55+755.710	400.913	-0.51%	40		-2.037
138	56+155.710	398.876	0.54%	40	2.159	
139	56+555.710	401.035	-0.54%	40		-2.139
140	56+955.710	398.896	1.08%	40	4.318	
141	57+355.710	403.214	-0.90%	40		-5.397
142	57+955.710	397.817	1.06%	40	4.236	
143	58+355.710	402.053	-1.77%	40		-5.315
144	58+655.710	396.738	0.82%	40	4.113	
145	59+155.710	400.851	-0.27%	40		-1.629
146	59+755.710	399.222	0.43%	40	1.731	
147	60+155.710	400.953	-0.86%	40		-3.421
148	60+555.710	397.532	0.89%	40	3.564	
149	60+955.710	401.096	-0.56%	40		-2.220
150	61+355.710	398.876	0.61%	40	1.833	
151	61+655.710	400.709	-0.42%	40		-1.690
152	62+055.710	399.019	0.66%	40	3.319	
153	62+555.710	402.338	-0.66%	40		-4.623
154	63+255.710	397.715	1.00%	40	3.992	
155	63+655.710	401.707	-0.83%	40		-3.320
156	64+055.710	398.387	0.61%	40	2.444	
157	64+455.710	400.831	-0.99%	40		-3.971
158	64+855.710	396.860	1.00%	40	4.012	
159	65+255.710	400.872	-0.53%	40		-2.648
160	65+755.710	398.224	0.75%	40	2.994	
161	66+155.710	401.218	-0.57%	40		-2.281
162	66+555.710	398.937	0.46%	40	1.853	
163	66+955.710	400.790	-0.56%	40		-2.219
164	67+355.710	398.571	0.61%	40	2.443	
165	67+755.710	401.014	-0.64%	40		-3.217
166	68+255.710	397.797	0.78%	40	3.889	
167	68+755.710	401.686	-0.70%	40		-2.790
168	69+155.710	398.896	0.73%	40	5.866	
169	69+955.710	404.762	-1.09%	40		-7.597
170	70+655.710	397.165	2.89%	40	8.167	
171	70+938.054	405.332	-1.67%	40		-8.656
172	71+455.710	396.676	1.03%	40	4.135	
173	71+855.710	400.811	-1.15%	40		-4.603
174	72+255.710	396.208	1.27%	40	6.354	
175	72+755.710	402.562	-1.09%	40		-4.358

176	73+155.710	398.204	1.01%	40	4.032	
177	73+555.710	402.236	-1.10%	40		-4.399
178	73+955.710	397.837	0.94%	40	3.768	
179	74+355.710	401.605	-0.65%	40		-2.586
180	74+755.710	399.019	-0.28%	40		-0.835
181	75+055.710	398.184	0.68%	40	2.729	
182	75+455.710	400.913	-0.71%	40		-2.852
183	75+855.710	398.061	0.82%	40	4.114	
184	76+355.710	402.175	-0.69%	40		-3.442
185	76+855.710	398.733	0.58%	40	2.322	
186	77+255.710	401.055	-0.74%	40		-2.953
187	77+655.710	398.102	0.74%	40	2.973	
188	78+055.710	401.075	-0.61%	40		-2.423
189	78+455.710	398.652	0.45%	40	1.348	
190	78+755.710	400.000	-0.24%	40		-1.205
191	79+255.710	398.795	0.78%	40	2.342	
192	79+555.710	401.137	-0.52%	40		-2.098
193	79+955.710	399.039	0.43%	40	1.711	
194	80+355.710	400.750	-0.52%	40		-2.078
195	80+755.710	398.672	0.65%	40	2.587	
196	81+155.710	401.259	-0.92%	40		-3.666
197	81+555.710	397.593	0.91%	40	3.645	
198	81+955.710	401.238	-1.18%	40		-4.704
199	82+355.710	396.534	2.01%	40	6.028	
200	82+655.710	402.562	-1.06%	40		-4.236
201	83+055.710	398.326	0.71%	40	2.851	
202	83+455.710	401.177	-1.06%	40		-4.256
203	83+855.710	396.921	1.39%	40	5.539	
204	84+255.710	402.460	-0.93%	40		-4.623
205	84+755.710	397.837	0.85%	40	3.401	
206	85+155.710	401.238	-0.86%	40		-3.421
207	85+555.710	397.817	0.80%	40	3.992	
208	86+055.710	401.809	-1.15%	40		-4.603
209	86+455.710	397.206	0.93%	40	3.707	
210	86+856.437	400.913	-0.81%	40		-4.053
211	87+355.710	396.860	0.94%	40	3.767	
212	87+755.710	400.627	-1.34%	40		-5.356
213	88+155.710	395.271	1.12%	40	6.741	
214	88+755.710	402.012	-0.97%	40		-5.804
215	89+355.710	396.208	1.01%	40	5.051	
216	89+855.710	401.259	-1.51%	40		-6.049
217	90+255.710	395.210	1.71%	40	6.823	
218	90+655.710	402.033	-0.89%	40		-3.564
219	91+055.710	398.469	0.58%	40	2.321	
220	91+455.710	400.790	0.41%	40	1.243	
221	91+755.710	402.033	2.88%	40	11.527	

222	92+155.710	413.560	-2.10%	40		-6.293
223	92+455.710	407.267	2.93%	40	8.798	
224	92+755.710	416.065	1.29%	40	3.869	
225	93+055.710	419.934	-4.94%	40		-14.969
226	93+358.539	404.965	-4.36%	40		-12.952
227	93+655.710	392.013	1.80%	40	4.277	
228	93+893.232	396.290	-3.67%	40		-16.985
229	94+355.710	379.305	-0.59%	40		-1.772
230	94+655.710	377.533	-0.48%	40		-1.446
231	94+955.710	376.087	-1.82%	40		-9.104
232	95+455.710	366.983	-1.72%	40		-6.863
233	95+855.710	360.120	-2.40%	40		-9.613
234	96+255.710	350.507	-0.72%	40		-2.871
235	96+655.710	347.636	0.39%	40	1.548	
236	97+055.710	349.184	-0.45%	40		-1.792
237	97+455.710	347.392	0.86%	40	3.441	
238	97+855.710	350.833	-0.66%	40		-2.647
239	98+255.710	348.186	0.74%	40	2.953	
240	98+655.710	351.139	-1.15%	40		-4.582
241	99+055.710	346.557	1.06%	40	4.256	
242	99+455.710	350.813	-0.54%	40		-2.159
243	99+855.710	348.654	0.72%	40	2.159	
244	100+155.710	350.813	-0.73%	40		-2.912
245	100+555.710	347.901	1.02%	40	3.055	
246	100+855.710	350.956	1.15%	40	3.462	
247	101+155.710	354.418	0.98%	40	2.953	
248	101+455.710	357.371	-2.89%	40		-8.656
249	101+755.710	348.715	-0.60%	40		-2.382
250	102+155.710	346.333	1.58%	40	4.724	
251	102+455.710	351.057	-1.21%	40		-3.625
252	102+755.710	347.432	0.99%	40	3.972	
253	103+155.710	351.404	-0.94%	40		-3.768
254	103+555.710	347.636	0.59%	40	2.364	
255	103+955.710	350.000	-0.64%	40		-2.547
256	104+355.710	347.453	0.86%	40	3.421	
257	104+755.710	350.874	-0.73%	40		-2.912
258	105+155.710	347.962	0.67%	40	1.996	
259	105+455.710	349.958	-0.66%	40		-1.976
260	105+755.710	347.982	1.47%	40	2.933	
261	105+955.710	350.915	-1.56%	40		-4.684
262	106+255.710	346.231	0.76%	40	3.055	
263	106+655.710	349.286	-0.77%	40		-2.302
264	106+955.710	346.984	1.01%	40	4.053	
265	107+355.710	351.037	-0.87%	40		-3.483
266	107+755.710	347.554	1.04%	40	3.116	
267	108+055.710	350.670	-0.87%	40		-3.462

268	108+455.710	347.208	1.21%	40	3.625			
269	108+755.710	350.833	-0.68%	40		-2.729		
270	109+155.710	348.104	0.78%	40	3.116			
271	109+555.710	351.220	-0.81%	40		-3.238		
272	109+955.710	347.982	0.85%	40	3.401			
273	110+355.710	351.383	-0.87%	40		-2.607		
274	110+655.710	348.776	0.57%	40	2.261			
275	111+055.710	351.037	-0.71%	40		-2.138		
276	111+355.710	348.899	0.72%	40	2.158			
277	111+655.710	351.057	-0.88%	40		-2.647		
278	111+955.710	348.410	0.82%	40	2.444			
279	112+255.710	350.854	-0.60%	40		-1.813		
280	112+555.710	349.041	-0.16%	40		-0.468		
281	112+855.710	348.573	0.00%	40	0.000			
282	113+255.710	348.573	0.71%	40	2.831			
283	113+655.710	351.404	-0.92%	40		-2.770		
284	113+955.710	348.634	0.03%	40	0.163			
285	114+455.710	348.797	-0.34%	40		-1.365		
286	114+855.710	347.432	0.64%	40	2.568			
287	115+255.710	350.000	-0.32%	40		-0.959		
288	115+555.710	349.041	0.60%	40	1.792			
289	115+855.710	350.833	-0.73%	40		-2.179		
290	116+155.710	348.654	0.86%	40	2.566			
291	116+455.710	351.220	-0.98%	40		-2.932		
292	116+755.710	348.288	0.75%	40	3.014			
293	117+155.710	351.302	-0.89%	40		-3.544		
294	117+555.710	347.758	0.83%	40	3.299			
295	117+955.710	351.057	-0.83%	40		-2.484		
296	118+255.710	348.573	0.73%	40	2.932			
297	118+655.710	351.505	-1.06%	40		-3.177		
298	118+955.710	348.328	0.71%	40	2.139			
299	119+255.710	350.467	2.04%	40	4.073			
300	119+455.710	354.540	-0.69%	40		-1.378		
301	119+655.710	353.162	-0.39%	40		-1.575		
302	120+055.710	351.587	2.85%	40	2.851			
303	120+155.710	354.438	0.78%	40	1.833			
304	120+391.859	356.271	-9.85%	40		-8.635	0.0485	11.45
305	120+479.533	347.636	2.10%	40	3.747			
306	120+658.006	351.383	0.00%	40	0.000			
307	120+829.939	351.383	0.88%	40	1.996			
308	121+055.710	353.379	-2.18%	40		-4.358		
309	121+255.710	349.021	-0.63%	40		-1.894		
310	121+555.710	347.127	0.41%	40	1.222			
311	121+855.710	348.349	0.62%	40	2.464			
312	122+255.710	350.813	-0.70%	40		-3.483		
313	122+755.710	347.330	0.67%	40	2.670			

314	123+155.710	350.000	-0.55%	40		-1.651
315	123+455.710	348.349	0.23%	40	0.937	
316	123+855.710	349.286	-0.21%	40		-0.856
317	124+255.710	348.430	0.52%	40	1.570	
318	124+555.710	350.000	-0.21%	40		-0.837
319	124+955.710	349.163	-1.13%	40		-1.995
320	125+132.300	347.168	4.24%	40	9.266	
321	125+350.886	356.434	1.03%	40	2.118	
322	125+555.710	358.552	-2.05%	40		-6.151
323	125+855.710	352.401	0.54%	40	1.609	
324	126+155.710	354.010	-0.21%	40		-0.835
325	126+555.710	353.175	0.35%	40	1.059	
326	126+855.710	354.234	-1.04%	40		-3.116
327	127+155.710	351.118	0.56%	40	2.256	
328	127+555.907	353.374	-0.64%	40		-3.213
329	128+055.710	350.161	-0.16%	40		-0.651
330	128+455.710	349.510	0.38%	40	1.499	
331	128+855.710	351.009	-0.49%	40		-1.479
332	129+155.710	349.530	-0.22%	40		-0.876
333	129+555.710	348.654	-0.78%	40		-3.136
334	129+955.710	345.518	0.55%	40	2.179	
335	130+355.710	347.697	0.57%	40	2.281	
336	130+755.710	349.978	-0.18%	40		-0.916
337	131+255.710	349.062	-1.37%	40		-4.094
338	131+555.710	344.968	2.91%	40	5.825	
339	131+755.710	350.793	-1.43%	40		-7.149
340	132+255.710	343.644	1.26%	40	5.051	
341	132+655.710	348.695	0.33%	40	1.305	
342	133+055.710	350.000	-0.30%	40		-1.183
343	133+455.710	348.817	0.69%	40	2.077	
344	133+755.710	350.894	-0.58%	40		-2.301
345	134+155.710	348.593	0.46%	40	2.281	
346	134+655.710	350.874	-0.59%	40		-2.933
347	135+155.710	347.941	0.60%	40	2.994	
348	135+655.710	350.935	-0.54%	40		-2.159
349	136+055.710	348.776	0.25%	40	1.224	
350	136+555.710	350.000	-0.25%	40		-1.224
351	137+055.710	348.776	0.50%	40	1.996	
352	137+455.710	350.772	-0.63%	40		-1.894
353	137+755.710	348.878	-0.11%	40		-0.529
354	138+255.710	348.349	-0.17%	40		-0.693
355	138+655.710	347.656	0.78%	40	2.344	
356	138+955.710	350.000	-0.44%	40		-1.773
357	139+355.710	348.227	0.59%	40	1.773	
358	139+655.710	350.000	-0.45%	40		-1.794
359	140+055.710	348.206	0.63%	40	2.526	

360	140+455.710	350.732	-0.71%	40		-2.852		
361	140+855.710	347.880	0.76%	40	3.035			
362	141+255.710	350.915	-0.81%	40		-3.238		
363	141+655.710	347.677	1.39%	40	5.539			
364	142+055.710	353.216	-1.36%	40		-5.438		
365	142+455.710	347.778	0.56%	40	2.222			
366	142+855.710	350.000	-0.37%	40		-1.488		
367	143+255.710	348.512	0.30%	40	1.488			
368	143+755.710	350.000	-0.80%	40		-3.199		
369	144+155.710	346.801	0.64%	40	3.199			
370	144+655.710	350.000	-0.57%	40		-1.712		
371	144+955.710	348.288	0.86%	40	1.712			
372	145+155.710	350.000	-1.27%	40		-3.810		
373	145+455.710	346.190	1.27%	40	3.810			
374	145+755.710	350.000	-0.61%	40		-1.835		
375	146+055.710	348.165	0.46%	40	1.835			
376	146+455.710	350.000	-0.59%	40		-2.364		
377	146+855.710	347.636	0.47%	40	2.364			
378	147+355.710	350.000	-0.94%	40		-3.749		
379	147+755.710	346.251	0.94%	40	3.749			
380	148+155.710	350.000	-0.70%	40		-2.792		
381	148+555.710	347.208	0.70%	40	2.792			
382	148+955.710	350.000	-0.56%	40		-2.812		
383	149+455.710	347.188	0.70%	40	2.812			
384	149+855.710	350.000	0.32%	40	0.813			
385	150+110.784	350.813						
<b>Total</b>					<b>747.709</b>	<b>845.815</b>	<b>0.261</b>	<b>68.041</b>

## Anexo 7: Costo estimado de inversión en la ejecución de las Rutas

### Ruta 1

#### Construcción de Carretera

Ruta	Longitud Km	Costo S/km	Costo S/
1	178.16	490,176.00	87,327,341.55

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provias Descentralizado, 2018

#### Construcción de Puentes

N°	Puente	Longitud m	Costo		Costo S/
			US \$/ml	S/ml	
1	Rio Pomoreni	40	96,364.00	385,456.00	15,418,240.00
2	Rio Urubamba	200	85,962.50	343,850.00	68,770,000.00
3	Quebrada Shenguriato	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
4	Quebrada Etariato	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
5	Rio timpia	177	85,962.50	343,850.00	60,861,450.00
6	Quebrada Compirushiato	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
7	Quebrada Concariari	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
8	Quebrada Saboroari	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
9	Río Camisea	160	85,962.50	343,850.00	55,016,000.00
10	Quebrada Sangarensiato	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
11	Quebrada Curiosari	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
12	Río Yamehua	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
13	Río Tahuaya	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
<b>Total estimado</b>					<b>290,553,490.00</b>

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provias Nacional, 2013

#### Total Inversión

Inversión	Longitud m	Costo S/m	Costo total S/
Carretera	177,353.07	490.18	86,934,220.40
Puentes	802.00	362,286.15	290,553,490.00
<b>Total inversión estimada</b>			<b>377,487,710.40</b>

## Ruta 2

### Construcción de Carretera

Ruta	Longitud Km	Costo S/km	Costo S/
2	146.44	490,176.00	71,781,265.60

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provias Descentralizado, 2018

### Construcción de Puentes

N°	Puente	Longitud m	Costo		Costo S/
			US \$/ml	S/ml	
1	Rio Pomoreni	40	86,727.60	346,910.40	13,876,416.00
2	Rio Urubamba	200	85,962.50	343,850.00	68,770,000.00
3	Quebrada Shenguriato	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
4	Quebrada Etariato	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
5	Rio timpia	177	85,962.50	343,850.00	60,861,450.00
6	Quebrada Compirushiato	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
7	Quebrada Concariari	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
8	Quebrada Saboroari	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
9	Río Camisea	160	85,962.50	343,850.00	55,016,000.00
10	Quebrada Sangarensiato	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
11	Quebrada Curiosari	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
12	Río Yamehua	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
13	Río Tahuaya	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
<b>Total estimado</b>					<b>289,011,666.00</b>

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provias Nacional, 2013

### Construcción de Túnel

Inversión	Longitud m	Costo S/m	Costo total S/
Túnel	3,671.00	83,083.56	304,999,732.24
<b>Total inversión estimada</b>			<b>304,999,732.24</b>

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provias Nacional, Expediente Técnico construcción del Túnel Santa Teresa, La Convención - Cusco, 2018

**Total Inversión**

<b>Inversión</b>	<b>Longitud m</b>	<b>Costo S/m</b>	<b>Costo total S/</b>
Carretera	145,637.78	490.18	71,388,144.45
Túnel	3,671.00	83,083.56	304,999,732.24
Puentes	802.00	360,363.67	289,011,666.00
<b>Total inversión estimada</b>			<b>665,399,542.69</b>

**Ruta 3****Construcción de Carretera**

<b>Ruta</b>	<b>Longitud Km</b>	<b>Costo S/km</b>	<b>Costo S/</b>
3	179,374.43	490,176.00	87,925,040,599.68

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provias Descentralizado, 2018

**Construcción de Puentes**

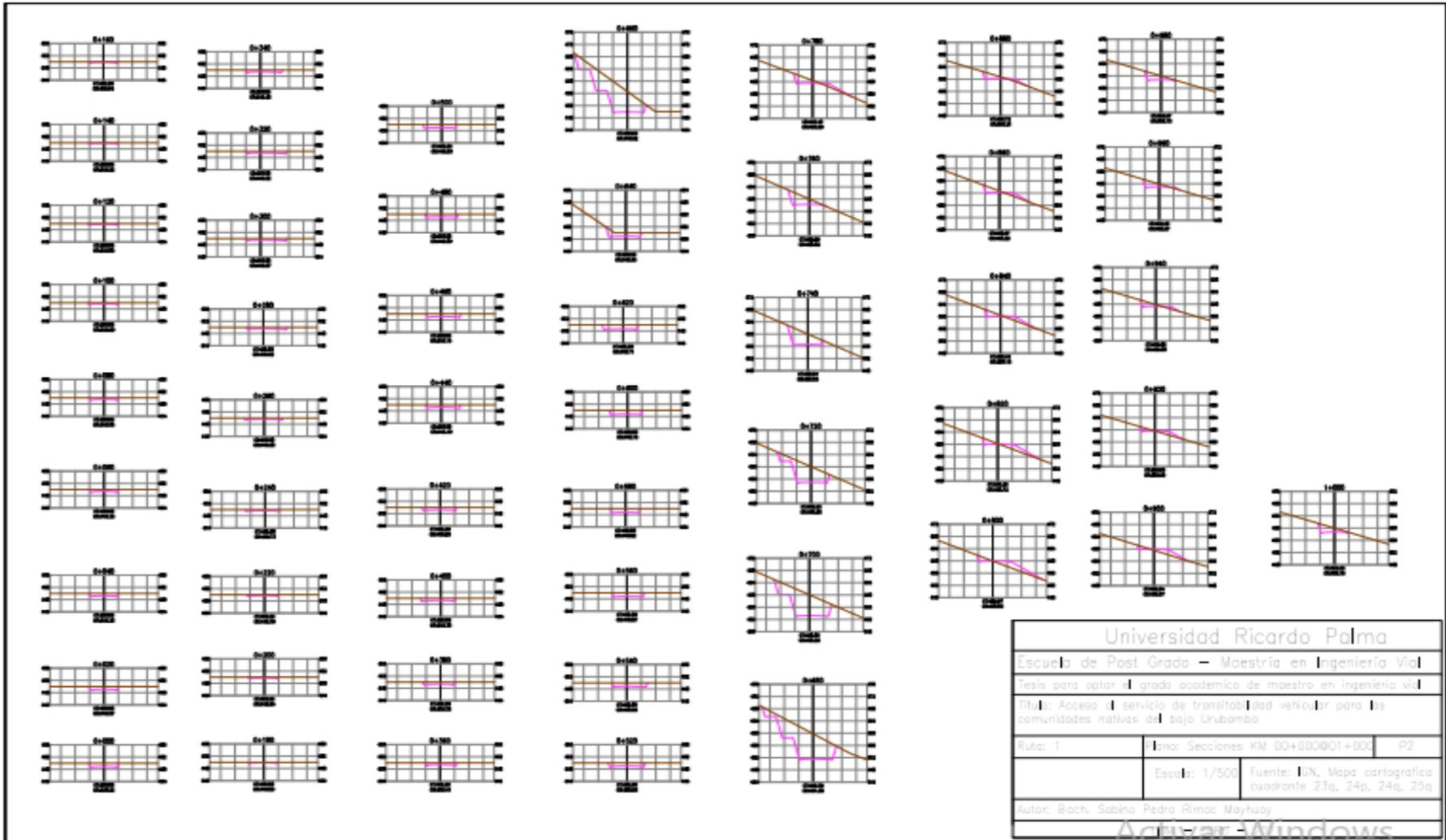
<b>N°</b>	<b>Puente</b>	<b>Longitud m</b>	<b>Costo</b>		<b>Costo S/</b>
			<b>US \$/ml</b>	<b>S/ml</b>	
1	Rio Pomoreni	40	96,364.00	385,456.00	15,418,240.00
2	Rio Urubamba	200	85,962.50	343,850.00	68,770,000.00
3	Quebrada Shenguriato	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
4	Quebrada Etariato	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
5	Rio timpia	177	85,962.50	343,850.00	60,861,450.00
6	Quebrada Compirushiato	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
7	Quebrada Concariari	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
8	Quebrada Saboroari	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
9	Río Camisea	160	85,962.50	343,850.00	55,016,000.00
10	Quebrada Sangarensiato	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
11	Quebrada Curiosari	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
12	Rio Urubamba	240	85,962.50	343,850.00	82,524,000.00
13	Rio Urubamba	240	85,962.50	343,850.00	82,524,000.00
14	Rio Huipaya	60	96,364.00	385,456.00	23,127,360.00
15	Río Yamehua	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
16	Río Tahuaya	25	100,542.00	402,168.00	10,054,200.00
<b>Total estimado</b>					<b>478,728,850.00</b>

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provias Nacional, 2013

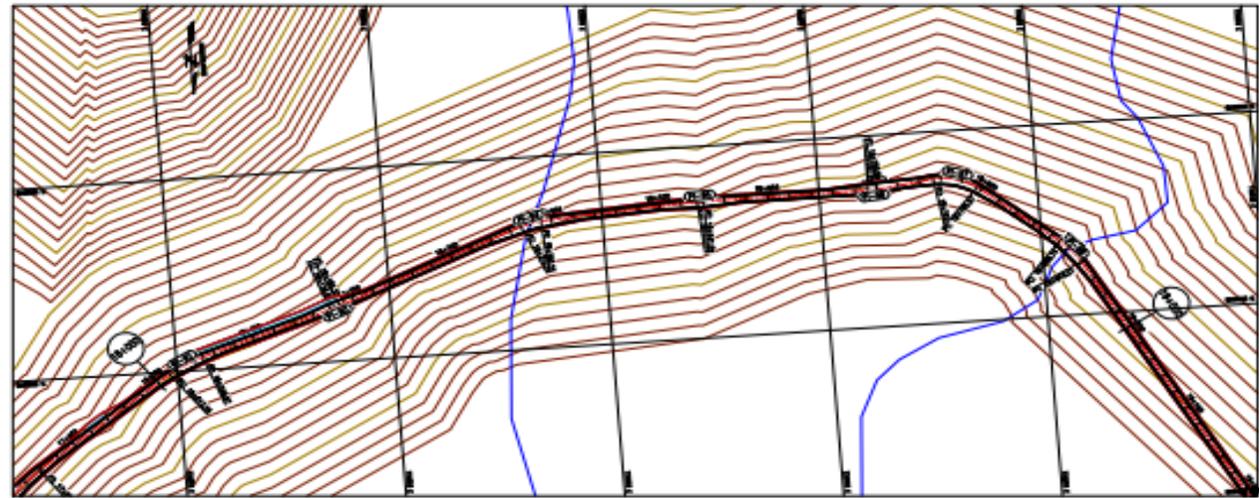
**Total Inversión**

<b>Inversión</b>	<b>Longitud m</b>	<b>Costo S/ml</b>	<b>Costo total S/</b>
Carretera	178,032.43	490.18	87,267,224.41
Puentes	1,342.00	356,727.91	478,728,850.00
<b>Total inversión estimada</b>			<b>565,996,074.41</b>

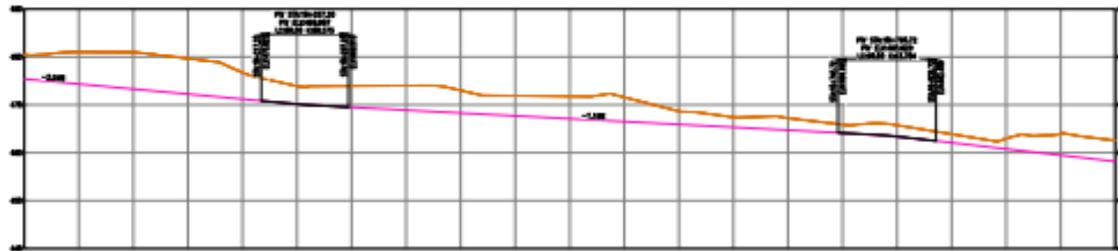




Activar Windows  
 Ve a Configuración para activar



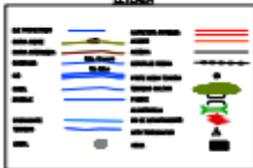
VISTA EN PLANTA  
Ech. 1:2000



ESTACION	SECCIONES TRANSVERSALES	
	SECCIONES TRANSVERSALES	SECCIONES TRANSVERSALES
0+00	SECCION TRANSVERSAL 0+00	SECCION TRANSVERSAL 0+00
0+05	SECCION TRANSVERSAL 0+05	SECCION TRANSVERSAL 0+05
0+10	SECCION TRANSVERSAL 0+10	SECCION TRANSVERSAL 0+10
0+15	SECCION TRANSVERSAL 0+15	SECCION TRANSVERSAL 0+15
0+20	SECCION TRANSVERSAL 0+20	SECCION TRANSVERSAL 0+20
0+25	SECCION TRANSVERSAL 0+25	SECCION TRANSVERSAL 0+25
0+30	SECCION TRANSVERSAL 0+30	SECCION TRANSVERSAL 0+30
0+35	SECCION TRANSVERSAL 0+35	SECCION TRANSVERSAL 0+35
0+40	SECCION TRANSVERSAL 0+40	SECCION TRANSVERSAL 0+40
0+45	SECCION TRANSVERSAL 0+45	SECCION TRANSVERSAL 0+45
0+50	SECCION TRANSVERSAL 0+50	SECCION TRANSVERSAL 0+50
0+55	SECCION TRANSVERSAL 0+55	SECCION TRANSVERSAL 0+55
0+60	SECCION TRANSVERSAL 0+60	SECCION TRANSVERSAL 0+60
0+65	SECCION TRANSVERSAL 0+65	SECCION TRANSVERSAL 0+65
0+70	SECCION TRANSVERSAL 0+70	SECCION TRANSVERSAL 0+70
0+75	SECCION TRANSVERSAL 0+75	SECCION TRANSVERSAL 0+75
0+80	SECCION TRANSVERSAL 0+80	SECCION TRANSVERSAL 0+80
0+85	SECCION TRANSVERSAL 0+85	SECCION TRANSVERSAL 0+85
0+90	SECCION TRANSVERSAL 0+90	SECCION TRANSVERSAL 0+90
0+95	SECCION TRANSVERSAL 0+95	SECCION TRANSVERSAL 0+95
1+00	SECCION TRANSVERSAL 1+00	SECCION TRANSVERSAL 1+00
1+05	SECCION TRANSVERSAL 1+05	SECCION TRANSVERSAL 1+05
1+10	SECCION TRANSVERSAL 1+10	SECCION TRANSVERSAL 1+10
1+15	SECCION TRANSVERSAL 1+15	SECCION TRANSVERSAL 1+15
1+20	SECCION TRANSVERSAL 1+20	SECCION TRANSVERSAL 1+20
1+25	SECCION TRANSVERSAL 1+25	SECCION TRANSVERSAL 1+25
1+30	SECCION TRANSVERSAL 1+30	SECCION TRANSVERSAL 1+30
1+35	SECCION TRANSVERSAL 1+35	SECCION TRANSVERSAL 1+35
1+40	SECCION TRANSVERSAL 1+40	SECCION TRANSVERSAL 1+40
1+45	SECCION TRANSVERSAL 1+45	SECCION TRANSVERSAL 1+45
1+50	SECCION TRANSVERSAL 1+50	SECCION TRANSVERSAL 1+50
1+55	SECCION TRANSVERSAL 1+55	SECCION TRANSVERSAL 1+55
1+60	SECCION TRANSVERSAL 1+60	SECCION TRANSVERSAL 1+60
1+65	SECCION TRANSVERSAL 1+65	SECCION TRANSVERSAL 1+65
1+70	SECCION TRANSVERSAL 1+70	SECCION TRANSVERSAL 1+70
1+75	SECCION TRANSVERSAL 1+75	SECCION TRANSVERSAL 1+75
1+80	SECCION TRANSVERSAL 1+80	SECCION TRANSVERSAL 1+80
1+85	SECCION TRANSVERSAL 1+85	SECCION TRANSVERSAL 1+85
1+90	SECCION TRANSVERSAL 1+90	SECCION TRANSVERSAL 1+90
1+95	SECCION TRANSVERSAL 1+95	SECCION TRANSVERSAL 1+95
2+00	SECCION TRANSVERSAL 2+00	SECCION TRANSVERSAL 2+00

VISTA EN PERFIL  
Ech. 1:2000

ELEMENTOS DE CURVA									
CURVA	Inicio	Fin	Radio	Long.	PC	PT	Fin	Inicio	Fin
CV-01	0+00	0+10	100	10	0+05	0+05	0+10	0+00	0+10
CV-02	0+10	0+20	100	10	0+15	0+15	0+20	0+10	0+20
CV-03	0+20	0+30	100	10	0+25	0+25	0+30	0+20	0+30
CV-04	0+30	0+40	100	10	0+35	0+35	0+40	0+30	0+40
CV-05	0+40	0+50	100	10	0+45	0+45	0+50	0+40	0+50
CV-06	0+50	0+60	100	10	0+55	0+55	0+60	0+50	0+60
CV-07	0+60	0+70	100	10	0+65	0+65	0+70	0+60	0+70
CV-08	0+70	0+80	100	10	0+75	0+75	0+80	0+70	0+80



PERFIL LONGITUDINAL 00+000 - 01+000  
Ech. 1:2000 - 1:2000

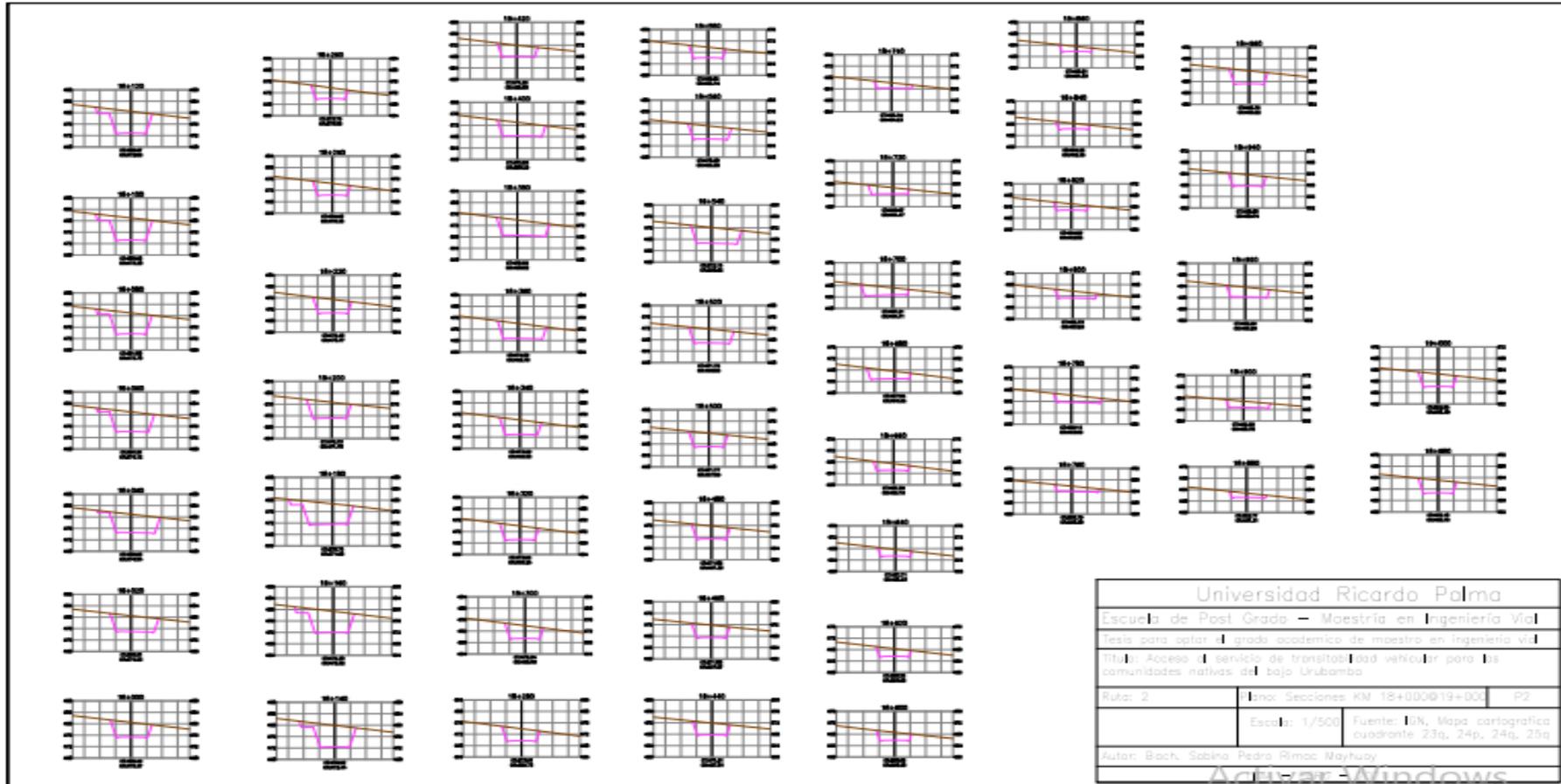
Universidad Ricardo Palma  
Escuela de Post Grado - Maestría en Ingeniería Vial  
Tesis para optar al grado académico de maestría en Ingeniería Vial  
Título: Acceso al servicio de tránsito y seguridad vial para las comunidades nativas del bajo Urubamba

Ruta: 2 | Tramo: Ionta Perú | KM 18+000-19+000 | P1

Escala: 1/2000 | Fuente: IGN, Mapa cartográfica cuadrante 23q, 24q, 24q, 25q

Autor: Bach. Sabino Pedro Rivas Mayhuay

Activar Windows  
Ve a Configuración para activar



Nota importante: los planos en planta y perfil completo de cada una de las rutas trazadas se encuentran en el enlace:  
<https://drive.google.com/drive/folders/1Z78-qy9I38acFU9esVuOiREBc4rR7jrT?usp=sharing>