

**PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PASANTÍA PARA
OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUXILIAR DE INGENIERIA EN EL PROYECTO DE MANTENIMIENTO DE
VÍAS EN LOS CORREGIMIENTOS DE LA ELVIRA, PICHINDE, PANCE,
NAVARRO, LA CASTILLA Y LA BUITRERA DEL DISTRITO DE SANTIAGO DE
CALI**



**PRESENTADO POR:
JOSE FERNEY RIVERA OROZCO
CODIGO: 100417011920**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
POPAYÁN
2022**

**PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PASANTÍA PARA
OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUXILIAR DE INGENIERIA EN EL PROYECTO DE MANTENIMIENTO DE
VÍAS EN LOS CORREGIMIENTOS DE LA ELVIRA, PICHINDE, PANCE,
NAVARRO, LA CASTILLA Y LA BUITRERA DEL DISTRITO DE SANTIAGO DE
CALI**

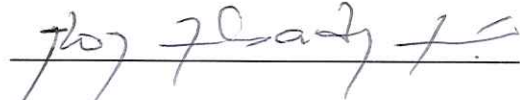
**PRESENTADO POR:
JOSE FERNEY RIVERA OROZCO
Código: 100417011920**

**DIRECTOR:
Ph.D. CARLOS ANIBAL CALERO VALENZUELA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
POPAYAN**

NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y los jurados han evaluado este documento, escuchando la sustentación del mismo por su autor y lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan al egresado para que desarrolle las gestiones administrativas para optar al título de Ingeniero Civil.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jhoan Zelaya', written over a horizontal line.

Firma del presidente del Jurado

Firma del jurado

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Glerco', written over a horizontal line.

Firma del director

Popayán, Noviembre de 2022.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de vivir, bendecirme día a día y permitirme culminar con éxito mi carrera.

A mis padres, quienes con su amor, paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, por los consejos, valores y principios que me han inculcado y hacen de mí cada día una mejor persona.

A mis hermanos por su amor, consejos y apoyo incondicional, por ser una motivación y sinónimo de alegría; a mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mis profesores, quienes con su experiencia, conocimiento y motivación me guiaron e hicieron parte de mi formación académica y personal, especialmente al ingeniero Carlos Aníbal Calero por ser mi mentor durante estos años y además por su interés, amabilidad y disposición constante en la realización de mi trabajo de grado, y los evaluadores del documento, que con sus recomendaciones aportaron al desarrollo del proyecto.

A mi Universidad por haberme permitido formarme como profesional y persona y darme grandes amigos con quienes tuve la oportunidad de compartir y me brindaron día a día su amistad, apoyo, y confianza.

Tabla de contenido

Capítulo 1.	Introducción	1
1.1	Descripción del problema.....	1
1.2	Objetivos	3
1.2.1	Objetivo general	3
1.2.2	Objetivos específicos.....	3
1.3	Justificación.....	4
1.4	Generalidades del proyecto	5
1.4.1	Empresa receptora.....	5
1.4.2	Descripción del proyecto.....	5
1.4.3	Alcance del proyecto.....	5
1.4.4	Localización del proyecto	6
1.4.4.1	Corredor vereda Alto Aguacatal.....	7
1.4.4.2	Corredor vereda Loma de la cajita	8
1.4.4.3	Corredor pueblo Pance	9
1.4.4.4	Corredor principal corregimiento de Navarro	10
1.4.4.5	Corredor vereda El Pinar.....	10
1.4.4.6	Corredor vereda Las Brisas	11
1.4.4.7	Corredor vereda La Esperanza	12
Capítulo 2.	Revisión bibliográfica	14
2.1	Especificaciones generales de construcción de carreteras.....	15
2.1.1	Explanaciones.....	15
2.1.1.1	Artículo 210.....	16
2.1.2	Afirmados, subbases y bases	16
2.1.2.1	Artículo 320.....	16
2.1.2.2	Articulo 330.....	18
2.1.3	Pavimentos asfálticos	20
2.1.3.1	Artículo 420.....	20
2.1.3.2	Articulo 450.....	22
2.2	Señalización vial	23
2.3	Diseño geométrico de vías	24
Capítulo 3.	Metodología	25
Capítulo 4.	Desarrollo de la pasantía	27
4.1	Actividades Realizadas	27

4.1.1	Preliminares.....	27
4.1.1.1	Visita al lugar del proyecto	27
4.1.1.2	Socialización del proyecto a la comunidad	28
4.1.2	Sub-rasante	29
4.1.2.1	Escarificación de la subrasante	29
4.1.2.2	Cargue y transporte de material.....	30
4.1.2.3	Compactación de la subrasante	31
4.1.3	Sub-base granular	33
4.1.3.1	Extensión del material de sub-base	33
4.1.3.2	Compactación de la sub-base	34
4.1.3.3	Toma de densidades en la sub-base.....	35
4.1.4	Base granular.....	37
4.1.4.1	Extensión del material de base	37
4.1.4.2	Compactación de la base	38
4.1.5	Carpeta asfáltica	40
4.1.5.1	Riego de imprimación	40
4.1.5.2	Transporte de la mezcla.....	42
4.1.5.3	Extensión de la mezcla.....	43
4.1.5.4	Compactación.....	45
Capítulo 5.	Conclusiones	48
Capítulo 6.	Bibliografía.....	49

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Localización Municipio de Santiago de Cali, Valle del Cauca	6
Ilustración 2. Ubicación del sector a intervenir en el corredor vereda Alto Aguacatal	7
Ilustración 3. Ubicación del sector a intervenir en el corredor vereda Loma de la Cajita.....	8
Ilustración 4. Ubicación del sector a intervenir en el corredor pueblo Pance.....	9
Ilustración 5. Ubicación del sector a intervenir en el corredor vereda el Pinar	11
Ilustración 6. Ubicación del sector a intervenir en el corredor vereda Las Brisas.....	12
Ilustración 7. Ubicación del sector a intervenir en el corredor vereda La Esperanza	13
Ilustración 8. Corredor Alto aguacatal y corredor vereda las Brisas	27
Ilustración 9. Corredor vereda el pinar	27
Ilustración 10. Socialización del proyecto.....	28
Ilustración 11. Secciones transversales.....	29
Ilustración 12. Escarificación con retroexcavadora	30
Ilustración 13. Cargue y transporte del material.....	30
Ilustración 14. Cargue y transporte de material.....	31
Ilustración 15. Nivelación con motoniveladora.....	31
Ilustración 16. Proceso de ceriado	32
Ilustración 17. Compactación de la subrasante.....	33
Ilustración 18. conformación de la capa subbase con motoniveladora.....	34
Ilustración 19. Compactación del material de subbase	35
Ilustración 20. Toma de densidades de la capa de subbase	36
Ilustración 21. Extensión del material de base	37
Ilustración 22. Humectación del material de base	38
Ilustración 23. Compactación de la base	39
Ilustración 24. Rociado de agua previo a la imprimación	41
Ilustración 25. Emulsión sobre la superficie de la capa de base	42
Ilustración 26. Colocación del material bituminoso con finisher	43
Ilustración 27. Tornillo de control.....	44
Ilustración 28. Revisión de la Superficie	45
Ilustración 29. Compactación de la mezcla asfáltica	46
Ilustración 30. Compactación sobre la junta longitudinal	46

Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas del sector a intervenir en el corredor vereda Alto Aguacatal	7
Tabla 2. Coordenadas del sector a intervenir en el corredor vereda Loma de la Cajita	8
Tabla 3. Coordenadas del sector a intervenir en el corredor pueblo Pance	9
Tabla 4. Coordenadas del sector a intervenir en el corredor corregimiento de Navarro	10
Tabla 5. Coordenadas del sector a intervenir en el corredor vereda el Pinar	10
Tabla 6. Coordenadas del sector a intervenir en el corredor vereda Las Brisas	11
Tabla 7. Coordenadas del sector a intervenir en el corredor vereda La Esperanza	12
Tabla 8. Clase de sub-base granular según el nivel de transito	17
Tabla 9. Franjas granulométricas del material de sub-base granular.....	17
Tabla 10. Requisitos de los agregados para sub-base granular	18
Tabla 11. Clase de base granular según el nivel de transito	19
Tabla 12. Requisitos de los agregados para base granular	19
Tabla 13. Franjas granulométricas del material de base granular	20
Tabla 14. Materiales bituminosos para el riego de imprimación.....	21
Tabla 15. Especificaciones de emulsiones asfálticas catiónicas.....	21
Tabla 16. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.....	22
Tabla 17. Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua..	23
Tabla 18. Densidades de campo vía corregimiento la castilla.....	36
Tabla 19. Densidades de campo vía principal corregimiento de Navarro	39

Anexos

Anexo 1. Resolución No. 8.3.2-90.13/305 de 2022

Anexo 2. Certificación por parte de la empresa

Anexo 3. Estudios y documentos previos del proyecto

Capítulo 1. Introducción

1.1 Descripción del problema

Las vías terciarias en Colombia juegan un papel significativo, debido a que el país en extensión de territorio es más rural que urbano, las interconexiones de caminos entre veredas o que conducen de veredas a los cascos municipales son el primer eslabón de la infraestructura vial del país (Torres, 2019).

Según cifras del departamento de planeación nacional, Colombia cuenta con una malla vial de aproximadamente 204.855 km, de los cuales 142.284 km corresponden a la red vial terciaria, donde 27.577 km están a cargo de INVIAS, 100.748 Km a cargo de los municipios y 13.959 Km a cargo de los departamentos (DNP, 2016).

A pesar de la innegable importancia que tienen este tipo de infraestructura en el desarrollo de nuestro país, actualmente este tipo de vías presentan grandes vacíos a nivel de investigación como de inventario por parte de las entidades públicas, tanto así que el índice de la red terciaria a nivel nacional es de 12,8 km por cada 100 km² de territorio (Narvaez, 2017).

Realizando un enfoque regional en el municipio de Santiago de Cali, departamento del Valle del Cauca, la secretaria de infraestructura determinó que la red vial rural cuenta con un total de 290,07 km, repartidas en 15 corregimientos de los cuales el 3,16% se encuentran a cargo del departamento, 10,12% corresponden a vías terciarias nacionales a cargo de INVIAS y un 86,72% se encuentra a cargo del municipio.

Esta misma entidad estima que del total de las vías terciarias a cargo del distrito solo se encuentran pavimentadas el 27,98%, mientras que el 46,08% se encuentra en afirmado y el

25,94% restante en superficie en tierra, es decir, que el 72,02% de las vías terciarias a cargo del municipio cuentan con superficie de afirmado en tierra.

En este sentido, el sector rural del municipio de Santiago de Cali presenta baja productividad y competitividad, a causa de la falta de inversión y mantenimiento de la infraestructura de la red vial terciaria. De tal manera la presente administración en las metas propuestas en el plan de desarrollo distrital 2020-2023 “Cali, unida por la vida”, está impulsando la inversión con la construcción y mejoramiento de la infraestructura vial en la zona rural a través del mantenimiento de vías en afirmado, siendo esta una alternativa económicamente viable y fácil de ejecutar.

De acuerdo con lo anterior, en el siguiente documento se presentan las actividades realizadas por el pasante como auxiliar de obra en el proyecto de **mantenimiento de vías en los corregimientos de La Elvira, Pichinde, Navarro, La Castilla y La Buitrera del distrito de Santiago de Cali.**

1.2 Objetivos

El proyecto de grado posee los siguientes objetivos:

1.2.1 Objetivo general

Aplicar conocimientos técnicos, teóricos y habilidades adquiridas en la formación universitaria, como auxiliar de ingeniería en el proyecto de mantenimiento de vías en los corregimientos de la Elvira, Pichinde, Pance, Navarro, la Castilla y la Buitrera del municipio de Santiago de Cali.

1.2.2 Objetivos específicos

- Brindar apoyo en la supervisión de los diferentes procesos constructivos que se llevan a cabo durante el proyecto, como también la calidad de los materiales y equipos, de acuerdo con las normativas vigentes.
- Apoyar al ingeniero residente de obra en el seguimiento periódico de la obra, a través del control de calidad de los materiales que componen la sub-rasante y sub-base de cada sector a intervenir.
- Adquirir nuevas destrezas y conocimientos cotidianos en campo, aplicados por el personal directivo, técnico y profesional presente en la ejecución del proyecto.

1.3 Justificación

Uno de los objetivos de la ingeniería civil es modificar el entorno de manera favorable para suplir necesidades esenciales de una determinada población en términos de infraestructura; es por ello, que cualquier rama seleccionada dentro de esta área debe ser ejercida teniendo en cuenta un contexto social, cultural y económico.

Por lo tanto, en la formación del ingeniero civil se desarrollan diferentes modalidades que permiten al estudiante tener un acercamiento con la actividad profesional, permitiendo de esta manera desarrollar la base teórica adquirida durante la etapa universitaria, comprobar sus criterios y adquirir competencias, destrezas y habilidades.

Es así como la universidad del Cauca a través del artículo tercero del acuerdo número 27 de 2012 establece la pasantía como modalidad de trabajo de grado, regulado en la resolución 820 de 2014, emitida por El Consejo de Facultad de Ingeniería Civil, donde se indican las condiciones en las cuales se debe realizar dicha modalidad para obtener el título de ingeniero civil.

1.4 Generalidades del proyecto

1.4.1 Empresa receptora



Ing- VICTOR GABRIEL PARRA JURADO

Contratista: Víctor Gabriel Parra Jurado

Nit: 10.536.855-8

Correo electrónico: vicparra@hotmail.com

Dirección: Calle 17 Norte No. 12-43, Popayán- Cauca

1.4.2 Descripción del proyecto

El proyecto consistió en el mantenimiento vial de aproximadamente 3,16 Km de vía en afirmado, en los corregimientos de La Elvira, Pichindé, Pance, La Castilla, la Buitrera y 0,10 km de mantenimiento superficial de pavimento flexible en el corregimiento de Navarro, para un total de intervención de mantenimiento de vías rurales de 3,26 km. Esto se realizó con el fin de mejorar la movilidad, disminuir los tiempos de desplazamiento, reducir la accidentalidad, los efectos del invierno y mejorar la calidad de vida de los residentes del sector y usuarios de estas vías, tanto peatones como de vehículos de transporte público y particular.

1.4.3 Alcance del proyecto

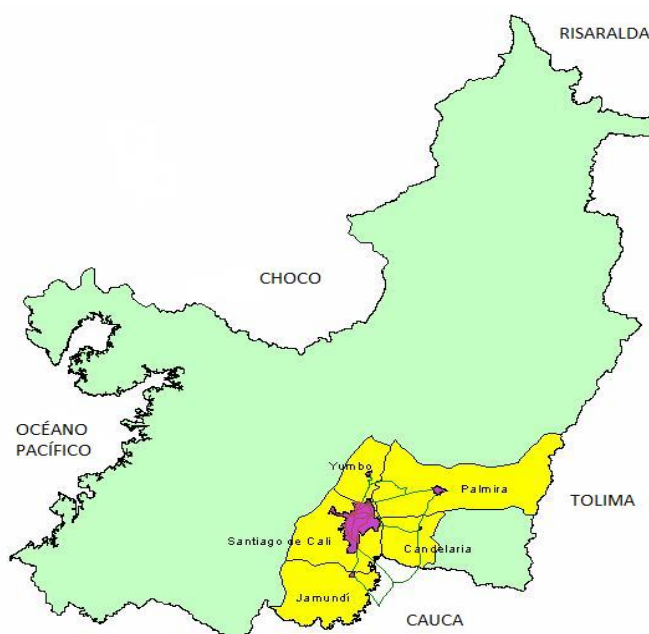
El alcance del proyecto abarca todas las labores fundamentales (Anexo 3) que el contratista tuvo que desarrollar para buscar el mejoramiento de 3,26 Km de infraestructura vial en la zona rural del municipio de Santiago de Cali, en un tiempo estimado de 6 meses y teniendo en cuenta la normativa aplicable para este caso. De esta manera se buscó generar un impacto

significativo a la comunidad, ya que este tipo de intervenciones mejora el desarrollo económico y social, integra y conecta la comunicación de la zona sur, centro y norte del municipio y dignifica la vida en el campo.

1.4.4 Localización del proyecto

El municipio de Santiago de Cali está localizado en la zona sur del departamento del Valle del Cauca, en las coordenadas geográficas 3° 27' 26'' de latitud norte y 76°31'42'' de longitud oeste. Limita al norte con los municipios de Yumbo y la Cumbre, al oriente con los municipios de Palmira y Calendaría, por el sur con el municipio de Jamundí y por el Oeste con Buenaventura y Dagua, todos pertenecientes al departamento del Valle del Cauca.

Ilustración 1. Localización Municipio de Santiago de Cali, Valle del Cauca



Fuente. Alcaldía Municipal de Santiago de Cali.

Su extensión territorial es de 564 km², se encuentra a una altitud media de 1079 m.s.n.m y presenta una temperatura media de 25°C. Además, cuenta con 2'280.907 habitantes, de acuerdo con las estimaciones de población 2005-2017 y proyecciones municipales de población 2018-2023 (DANE, 2020).

El proyecto se desarrolló en los siguientes corredores viales:

1.4.4.1 Corredor vereda Alto Aguacatal

Las obras de mejoramiento y mantenimiento se realizaron en el tramo vial comprendido en el sector de la Gorgona, el cual pertenece a la vía carretable de la vereda Alto Aguacatal, corregimiento La Elvira. A continuación, se presenta la localización del sitio.

Tabla 1.Coordenadas del sector a intervenir en el corredor vereda Alto Aguacatal

Coordenadas Geograficas, Elipsoide WGS84		
Punto	Latitud (g,m,s)	Longitud (g,m,s)
Inicio	3°31'33.04559823	76°35'57.42240108"
Fin	3°31'31.80719871	76°36'0.70920894"

Fuente. Secretaria de Infraestructura de Santiago de Cali.

Ilustración 2. Ubicación del sector a intervenir en el corredor vereda Alto Aguacatal



Fuente. Adaptación a partir de Google Earth

Se contempla excavación de 10 cm con respecto a la rasante actual, escarificación, conformación y compactación de la subrasante, suministro e instalación de material seleccionado, suministro e instalación de material tipo subbase, compactado al 95% del proctor modificado. El tramo para intervenir tiene una longitud de 480 metros, ancho 5,75 metros y un área aproximada de 2760 m².

1.4.4.2 Corredor vereda Loma de la cajita

Las obras de mejoramiento y mantenimiento se realizaron en el tramo vial comprendido en el sector de EMCALI, el cual pertenece a la vía carretable de la vereda Loma de la Cajita, corregimiento de Pichindé. A continuación, se presenta la localización del sitio.

Tabla 2.Coordenadas del sector a intervenir en el corredor vereda Loma de la Cajita

Coordenadas Geograficas, Elipsoide WGS84		
Punto	Latitud (g,m,s)	Longitud (g,m,s)
Inicio	3°26'48.58675911"	76°36'50.24897105"
Fin	3°26'49.14885178"	76°36'47.56725145"

Fuente. Secretaria de infraestructura de Santiago de Cali.

Ilustración 3. Ubicación del sector a intervenir en el corredor vereda Loma de la Cajita



Fuente. Adaptación a partir de Google Earth

En este tramo vial se considera una excavación de 15 cm con respecto a la rasante actual, escarificación, conformación y compactación de la subrasante, suministro e instalación de material tipo subbase, compactado al 95% del proctor modificado. El tramo por intervenir tiene una longitud de 120 metros, ancho 5 metros y un área aproximada de 600 m².

1.4.4.3 Corredor pueblo Pance

Las obras de mejoramiento y mantenimiento se realizaron en el tramo vial comprendido en el sector entre la chorrera del Indio y la Bombonera, el cual pertenece a la vía carreteable de pueblo Pance, corregimiento de Pance. A continuación, se presenta la localización del sitio.

Tabla 3.Coordenadas del sector a intervenir en el corredor pueblo Pance

Coordenadas Geograficas, Elipsoide WGS84		
Punto	Latitud (g,m,s)	Longitud (g,m,s)
Inicio	3°19'53.28588937"	76°36'48.29566128"
Fin	3°19'51.87519531"	76°36'52.26090238"

Fuente. Secretaria de infraestructura de Santiago de Cali.

Ilustración 4. Ubicación del sector a intervenir en el corredor pueblo Pance



Fuente. Adaptación a partir de Google Earth.

Se contempla excavación de 15 cm con respecto a la rasante actual, escarificación, conformación y compactación de la subrasante, suministro e instalación de material seleccionado con suministro e instalación de material tipo base, compactado al 100% del proctor modificado. El tramo por intervenir tiene una longitud de 121 m, ancho 6 m y un área de 780 m².

1.4.4.4 Corredor principal corregimiento de Navarro

Las obras de mejoramiento y mantenimiento se realizaron en el tramo vial comprendido en el sector Balneario azul, el cual pertenece a la vía principal del corregimiento de Navarro. A continuación, se presenta la localización del sitio.

Tabla 4.Coordenadas del sector a intervenir en el corredor corregimiento de Navarro

Coordenadas Geograficas, Elipsoide WGS84		
Punto	Latitud (g,m,s)	Longitud (g,m,s)
Inicio	3°17'25.61728626"	76°28'15.21656107"
Fin	3°23'21.71009461"	76°27'56.96938832"

Fuente. Secretaria de infraestructura de Santiago de Cali.

Se contempla excavación de 25 cm con respecto a la rasante actual, escarificación, conformación y compactación de la subrasante, suministro e instalación de material seleccionado, suministro e instalación de material tipo base, compactación de material granular al 100% del proctor modificado, imprimación con emulsión asfáltica, suministro e instalación de carpeta asfáltica MCD-19. El tramo por intervenir tiene una longitud de 100 m, con ancho 6.30 m y un área aproximada de 630 m².

1.4.4.5 Corredor vereda El Pinar

Las obras de mejoramiento y mantenimiento se realizaron en el tramo vial comprendido en el sector los Higueros, el cual pertenece a la vía carretable de la vereda El Pinar, corregimiento La Castilla. A continuación, se presenta la localización del sitio.

Tabla 5.Coordenadas del sector a intervenir en el corredor vereda el Pinar

Coordenadas Geograficas, Elipsoide WGS84		
Punto	Latitud (g,m,s)	Longitud (g,m,s)
Inicio	3°29'43.39574113"	76°34'19.62496262"
Fin	3°29'49.36093035"	76°34'15.50377459"

Fuente. Secretaria de infraestructura de Santiago de Cali.

Ilustración 5.Ubicación del sector a intervenir en el corredor vereda el Pinar



Fuente. Adaptación a partir de Google Earth

Se contempla excavación de 15 cm con respecto a la rasante actual, escarificación, conformación y compactación de la subrasante, suministro e instalación de material seleccionado y compactación de material granular. El tramo por intervenir tiene una longitud de 450 m, ancho 5 m y un área aproximada de 2250 m².

1.4.4.6 Corredor vereda Las Brisas

Las obras de mejoramiento y mantenimiento se realizaron en la vía carretable de la vereda Las Brisas, corregimiento La Castilla. A continuación, se presenta la localización del sitio.

Tabla 6.Coordenadas del sector a intervenir en el corredor vereda Las Brisas

Coordenadas Geograficas, Elipsoide WGS84		
Punto	Latitud (g,m,s)	Longitud (g,m,s)
Inicio	3°30'2.99411606"	76°35'46.02494508"
Fin	3°29'47.66161407"	76°35'37.86274818"

Fuente. Secretaria de infraestructura de Santiago de Cali.

Ilustración 6.Ubicación del sector a intervenir en el corredor vereda Las Brisas



Fuente. Adaptación a partir de Google Earth

Se contempla excavación de 15 cm con respecto a las rasante actual, escarificación, conformación y compactación de la subrasante, suministro e instalación de material seleccionado y compactación de material granular. El tramo por intervenir tiene una longitud de 330 m, ancho 5 m, y un área de 1650 m².

1.4.4.7 Corredor vereda La Esperanza

Las obras de mejoramiento y mantenimiento se realizaron en el tramo vial comprendido en el sector conocido como callejón Guatines, el cual pertenece a la vía carretable de la vereda Esperanza, corregimiento La Buitrera. A continuación, se presenta la localización del sitio.

Tabla 7.Coordenadas del sector a intervenir en el corredor vereda La Esperanza

Coordenadas Geograficas, Elipsoide WGS84		
Punto	Latitud (g,m,s)	Longitud (g,m,s)
Inicio	3°23'10.88987469"	76°34'3.36533398"
Fin	3°23'12.22230188"	76°34'0.35233943"

Fuente. Secretaria de infraestructura de Santiago de Cali.

Ilustración 7.Ubicación del sector a intervenir en el corredor vereda La Esperanza



Fuente. Adaptación a partir de Google Earth

Se contempla realizar obras de mejoramiento y mantenimiento, tales como la excavación de 15 cm con respecto a la rasante actual, escarificación y compactación de la subrasante, suministro e instalación de material tipo base, compactado al 100% del proctor modificado. El tramo por intervenir tiene una longitud de 1661 m, ancho 5,20 m y un área de 8793 m².

Capítulo 2. Revisión bibliográfica

Las redes viales son fundamentales para el transporte local e internacional y brindan beneficios a la economía, al mismo tiempo que incurren en costos significativos de construcción y mantenimiento.

En el caso particular de las vías terciarias, su existencia y nivel de funcionamiento posee una importancia fundamental para la conectividad con el territorio, así como para proveer servicios de movilidad tanto a la población que allí reside como a las cadenas agroindustriales y otros bienes que se producen, lo cual genera inversiones que son fundamentales para una transformación productiva, institucional y social que sea incluyente y sostenible (PNUD., 2014).

En consecuencia, los desplazamientos de personas, bienes y servicios en las zonas rurales se ven influenciados por la existencia y el estado que presenten las vías (Gabriel, 2020). Por tanto, construir o mejorar vías en un país no es una decisión para un fin personal, sino que las decisiones surgen en base de un propósito como el de controlar y erradicar el rezago de la infraestructura vial, tomando como punto de partida una política sectorial, nacional, departamental o municipal (González, 2019).

En este sentido, la viabilidad de este tipo de proyectos depende de las políticas públicas de las entidades territoriales, además de los profesionales quienes los ejecutan, pues son ellos quienes aportan sus conocimientos técnicos, para hacer regir lineamientos que se han establecido en libros, manuales y normativas y de esta manera cumplir con las exigencias actuales de seguridad y nivel de servicio de la carretera (González, 2019).

El gobierno Nacional, por medio del Ministerio de transporte y el Instituto Nacional de vías (INVIAS) ha generado a lo largo de las últimas décadas, normativas actualizadas para el

diseño geométrico y construcción de las carreteras, las cuales ayudan a sintetizar los criterios que debe tener el ingeniero diseñador y constructor al momento de realizar un proyecto vial. A continuación, se presentan los lineamientos más relevantes para el desarrollo del proyecto.

2.1 Especificaciones generales de construcción de carreteras

Las especificaciones técnicas son una serie de documentos que definen las normas, exigencias y procedimientos generales de ejecución que deben ser empleados y aplicados en todos los trabajos que se realizan en una determinada obra civil. En el caso de la infraestructura vial, este tipo de información es relevante debido a que permite conocer los requisitos de calidad, establecer estándares y detalles de control y entrega que se deben tener en cuenta en este tipo de proyectos (INVIAS, 2012).

En Colombia, el correcto proceso constructivo de la malla vial se encuentra definido por las Especificaciones generales de construcción de carreteras, publicado por el Instituto Nacional de Vías y el Ministerio de transporte en el año 2012. En este documento se detallan técnicas actualizadas de la construcción vial debidamente avaladas y aprobadas por agencias internacionales de renombre y por la industria de la construcción de carreteras, distribuidas en nueve capítulos, de los cuales el capítulo 2, 3 y 4 corresponden a explanaciones, afirmados, subbases, bases y pavimento flexible, los cuales son relevantes para el desarrollo de este proyecto de grado.

2.1.1 Explanaciones

En el capítulo 2 de las especificaciones de construcción de carreteras se detallan las disposiciones generales que se deben tener en cuenta en los procesos de limpieza, remoción, explanación y mejoramiento que pueden presentarse en un proyecto de infraestructura vial, distribuidos en 15 artículos, de los cuales se resalta el siguiente:

2.1.1.1 Artículo 210

En este artículo se menciona la ejecución que deben tener los trabajos de excavación en roca o material común, de canales, explanación y zonas de préstamo, tales como remoción, carga y transporte hasta el límite de acarreo libre, teniendo en cuenta lo dispuesto en los planos y secciones transversales del proyecto.

Respecto a la excavación de explanación, en el artículo se detallan las actividades previas que deben realizarse antes de dicha operación y de igual manera se menciona el correcto manejo que debe tener la subrasante hasta realizar el proceso de compactación, como también las condiciones de recibo que debe cumplir el ingeniero constructor y que deben ser verificadas por el interventor y supervisor.

2.1.2 Afirmados, subbases y bases

En el capítulo 3 de las especificaciones de construcción de carreteras se detallan las disposiciones generales que se deben tener en cuenta para la realización de los trabajos sobre afirmados, subbases y bases granulares y estabilizadas, distribuidos en 9 artículos, de los cuales resaltan los siguientes:

2.1.2.1 Artículo 320

Este apartado detalla la ejecución de los trabajos que se deben realizar en la conformación de la capa de subbase granular, tales como el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión, conformación y compactación. Estos trabajos se deben realizar sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicadas en los documentos del proyecto, de igual manera se establece el tipo de material que puede ser utilizado en función de los diseños

previos o del nivel de tránsito del proyecto según lo establecido en la Tabla 8, como también los requisitos que este debe cumplir respecto a sus propiedades físicas y mecánicas.

Las propiedades del material se evalúan por medio de los ensayos presentados en las Tabla 9 y 10. La calidad del material granular se define por la granulometría y algunos ensayos mecánicos para los materiales que conformaran las carreteras, además de los controles y condiciones específicas que debe cumplir la estructura conformada para su recibo respecto a la calidad de los agregados y del producto terminado, los cuales deben ser verificados por el ingeniero constructor e interventor.

Tabla 8. Clase de sub-base granular según el nivel de tránsito

Clase de sub-base granular	Nivel de tránsito
Clase C	NT1
Clase B	NT2
Clase A	NT3

Fuente. Artículo 320-13 INVIAS

Tabla 9. Franjas granulométricas del material de sub-base granular

Tipo de gradación	TAMIZ (mm/U.S.Standard)								
	50.0 2"	37.5 1 1/2"	25.0 1	12.5 1/2	9.5 3/8	4.75 No. 4	2.00 No. 10	0.425 No. 40	0.075 No. 200
	% PASA								
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38		100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0%	7%				6%			3%

Fuente. Artículo 320-13 INVIAS

Tabla 10. Requisitos de los agregados para sub-base granular

Característica	Norma de ensayo INV	Sub-base granular		
		Clase C	Clase B	Clase A
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) -500 revoluciones (%)	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo %	E-218		35	30
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	12	12	12
Sulfato de sodio				
Sulfato de magnesio	18	18	18	
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas desleznables, máximo (%)	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): Porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo.	E-148	30	30	40

Fuente. Artículo 320-13 INVIAS

2.1.2.2 Artículo 330

Esta sección detalla la ejecución de los trabajos que se deben realizar en la conformación de la capa de base granular, tales como el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión, conformación y compactación. Estas actividades se deben realizar sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicadas en los documentos del proyecto, de igual manera se establece el tipo de material que puede ser utilizado en función de los diseños previos o del nivel de tránsito del proyecto según se dispuso en la Tabla 11, como también los requisitos que este debe cumplir respecto a sus propiedades físicas y mecánicas.

Las propiedades del material se evalúan por medio de los ensayos presentados en las Tablas 13 y 12. La calidad del material granular se define por la granulometría y algunos ensayos

mecánicos para los materiales que conformaran las carreteras, además de los controles y condiciones específicas que debe cumplir la estructura conformada para su recibo respecto a la calidad de los agregados y del producto terminado, los cuales deben ser verificados por el ingeniero constructor e interventor.

Tabla 11. Clase de base granular según el nivel de tránsito

Clase de base granular	Nivel de tránsito
Clase C	NT1
Clase B	NT2
Clase A	NT3

Fuente. Artículo 330-13 INVIAS

Tabla 12. Requisitos de los agregados para base granular

Característica	Norma de ensayo INV	Base granular		
		Clase C	Clase B	Clase A
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%)	E-218			
-500 revoluciones (%)		40	40	35
-500 revoluciones (%)		8	8	7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo %	E-218		30	25
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224			
Valor en seco, mínimo (Kn)			70	90
Relación húmedo/seco, mínimo (%)			75	75
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220			
Sulfato de sodio		12	12	12
Sulfato de magnesio		18	18	18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25		
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	3		
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	2	2	2
Geometría de las partículas (F)				
Índice de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%)	E-227			
Una cara		50	70	100
Dos caras			50	70
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	E-239		35	35
Resistencia del material (F)				
CBR (%): Porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2), el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión	E-148	≥80	≥80	≥95

Fuente. Artículo 330-13 INVIAS

Tabla 13. Franjas granulométricas del material de base granular

Tipo de gradación	TAMIZ (mm/U.S.Standard)							
	37.5 1 1/2 "	25.0 1"	19.0 3/4"	9.5 3/8"	4.75 No. 4	2.00 No. 10	0.425 No. 40	0.075 No. 200
	% PASA							
BASES GRANULARES DE GRADACIÓN GRUESA								
BG-40	100	75-100	65-90	45-68	30-50	15-32	7-20	0-9
BG-27		100	75-100	52-78	35-59	20-40	8-22	0-9
BASES GRANULARES DE GRADACIÓN FINA								
BG-38	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	5-15
BG-27		100	70-100	50-80	35-65	20-45	10-30	5-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0%	7%			6%			3%

Fuente. Artículo 330-13 INVIAS

2.1.3 Pavimentos asfálticos

En el capítulo 5 de las especificaciones de construcción de carreteras se detallan las disposiciones generales que se deben tener en cuenta para la realización de los trabajos de aplicación de capas de protección tales como riegos asfálticos tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto y lechadas asfálticas, como también la disposición y conformación de bases, capas de mezclas asfálticas y bacheos asfálticos en frío y caliente y reciclados con productos bituminosos, distribuidos en 27 artículos, de los cuales se resaltan los siguientes:

2.1.3.1 Artículo 420

Esta sección detalla la ejecución de los trabajos que se deben realizar en el proceso de imprimación sobre una superficie preparada, los cuales se concentran en la determinación de la dosificación del ligante y el agregado de protección como también su respectiva extensión y aplicación.

La superficie debe ser preparada por equipos de limpieza mientras que la extensión y aplicación de los materiales debe realizarse por medio de equipos mecánicos de irrigación y distribución, además el material bituminoso que será empleado en el proceso de imprimación

puede ser cualquiera de los que se detalla en la Tabla 14 o el que se especifique en los diseños del proyecto.

De acuerdo con este mismo artículo la denominación del tipo de emulsión asfáltica se compone de la letra C, representativa del emulsificante catiónico utilizado en su fabricación, seguida de las letra RL, las cuales indican su tipo de rotura. A continuación de la letras anteriores se ubica un guión y el número cero o uno, indicativos del contenido de ligante residual en la emulsión.

Tabla 14. Materiales bituminosos para el riego de imprimación

Tipo de material	Denominación	Requisitos
Emulsión asfáltica	Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-0	Artículo 411
	Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-1	
Asfalto Líquido	Asfalto líquido MC-30	Artículo 416

Fuente. Artículo 420-13 INVIAS

Las propiedades de las emulsiones asfálticas definidas en la Tabla 14 se evalúan por medio de los ensayos presentados en la Tabla 15.

Tabla 15. Especificaciones de emulsiones asfálticas catiónicas

Ensayos sobre la emulsión	Norma de ensayo INV	CRL-0		CRL-1	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Viscosidad Saybolt Furo a 25° C, s	E-763		50	20	200
Contenido de agua %	E-761		50		43
Estabilidad durante el almacenamiento (24 horas), %	E-764				1
Sedimentación a los 5 días, %			10		5
Destilación	E-762			57	
Contenido de asfalto residual, %		40			
Contenido de aceite %		10	20		
Tamizado	E-765				
Retenido tamiz No, 20 (850 m) %			0.1		0.1
Carga de partícula	E-767	Positiva		Positiva	
pH	E-768		6		6

Fuente. Artículo 411-13 INVIAS

2.1.3.2 Artículo 450

Esta sección detalla la ejecución de los trabajos que se deben realizar en la conformación de la capa de rodadura, tales como la preparación de la superficie, transporte, extensión y compactación de la mezcla, de igual manera describe los criterios que deben tenerse en cuenta en la elaboración de mezclas asfálticas de gradación continua preparadas y colocadas en caliente.

Los criterios en la conformación de la mezcla se concentran en las características físicas y mecánicas que debe cumplir el material granular y el material bituminoso como según se indica en las Tabla 17 y 16 y las cuales se evalúan por medio de los ensayos que según se encuentran establecidos en las normas de materiales para carreteras, además de las condiciones de recibo que debe cumplir la estructura ya conformada y las cuales deben ser verificadas por el interventor o supervisor, con el fin de determinar la calidad de la carpeta asfáltica.

Tabla 16. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

Tipo de mezcla		TAMIZ (mm/U.S.Standard)									
		37.5 1 1/2 "	25.0 1"	19.0 3/4"	12.5 1/2 "	9.5 3/8"	4.75 No. 4	2.00 No. 10	0.425 No. 40	0.180 No. 80	0.075 No. 200
		% PASA									
Densa	MDC-25		100	80-95	67-85	60-77	43-59	29-45	14-25	8-17	4-8
	MDC-19			100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8-17	4-8
	MDC-10					100	65-87	43-61	16-29	9-19	5-10
Semidensa	MSC-25		100	80-95	65-80	55-70	40-55	24-38	9-20	6-12	3-7
	MSC-19			100	80-95	65-80	40-55	24-38	9-20	6-12	3-7
Gruesa	MGC-38	100	75-95	65-85	47-67	40-60	28-46	17-32	7-17	4-11	2-6
	MGC-25		100	75-95	55-75	40-60	28-46	17-32	7-17	4-11	2-6
Alto módulo	MAM-25		100	80-95	65-80	55-70	40-55	24-38	10-20	8-14	6-9
Tolerancias en producción sobre la formula de trabajo (±)			4%					3%			2%

Fuente. Artículo 450-13 INVIAS

Tabla 17. Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

Característica	Norma de ensayo INV	Nivel de tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)				
Capa de rodadura / intermedia / base, 500 revoluciones (%)	E-218	25/35	25/35/35	25/35/35
Capa de rodadura / intermedia / base, 100 revoluciones (%)		5/7	5/7/7	5/7/7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-218			
Capa de : rodadura / intermedia / base			25/30/30	20/25/25
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10% de finos, capa de : rodadura / i intermedia / base	E-224			
Valor en seco, mínimo (Kn)				110/90/75
Relación húmedo/seco, mínimo (%)				75/75/75
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	E-232	0.45	0.45	0.45
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máximo (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
Limpieza, gradación combinada (F)				
índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	10	10	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%)				
Una cara : rodadura / intermedia / base	E-227	75/60/-	75/75/60	85/75/60
Dos caras ; rodadura / intermedia / base			60/-/-	70/-/-
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%)	E-239	40/35/-	45/40/35	45/40/35
Capa de: rodadura / intermedia / base				

Fuente. Artículo 450-13 INVIAS

2.2 Señalización vial

Cuando se ejecutan trabajos de construcción, rehabilitación, mantenimiento o actividades relacionadas con servicios públicos en una determinada vía, o en una zona adyacente a la misma, se presentan condiciones especiales que afectan la circulación de vehículos y personas. Dichas situaciones deben ser atendidas especialmente, aplicando normas y medidas técnicas apropiadas que se incorporan al desarrollo del proyecto, con el objetivo de reducir el riesgo de accidentes y hacer más ágil y expedito el tránsito de los usuarios (INVIAS, 2015). De acuerdo con lo anterior, el gobierno Nacional dispuso un documento, denominado “Manual de Señalización Vial”, publicado por el Ministerio de transporte y elaborado por

instituciones que hacen parte de esta dependencia tales como la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), la secretaria distrital de movilidad de Bogotá D.C y el entonces Fondo de Prevención Vial.

Este documento se encuentra dividido en 9 capítulos, en los cuales se brinda información acerca de los diversos tipos de señalización, demarcaciones y medidas de seguridad, que ayudan a regular el tránsito como también la debida implementación de cada uno de estos.

2.3 Diseño geométrico de vías

El objetivo esencial de una vía se enmarca en permitir la circulación de vehículos desde un punto de origen hasta un destino, siendo imprescindible para cumplir esta función a cabalidad, aspectos tales como funcionalidad, seguridad, economía, comodidad, estética e integración ambiental (Jove, 2020), los cuales permiten obtener un diseño geométrico basado en la consistencia, capaz de ordenar los elementos de la vía y sus características geométricas. Por tanto, para lograr un correcto diseño geométrico se deben seguir varios criterios, los cuales corresponden a la sistematización de experiencias obtenidas en diferentes partes del mundo (INVIAS, 2008) . En Colombia, dichos criterios se encuentran establecidos en el “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras”, publicado por el Instituto Nacional de Vías y el Ministerio de transporte en el año 2008, documento en el cual se establecen los criterios y pautas que el diseñador debe tener en cuenta al momento de realizar un diseño vial, en el cual se asignan dimensiones de los elementos en planta, perfil y la sección transversal, como también los procesos para el diseño de las intersecciones viales y el análisis de la consistencia del diseño geométrico.

Capítulo 3. Metodología

El proyecto de grado modalidad pasantía se desarrolló en un tiempo de 384 horas y fue supervisado por el Ingeniero Roberth Jesús Hoyos Samboni, el cual ejerce como director de obra y quien realizó el acompañamiento al pasante durante el tiempo que tomó realizar la práctica profesional. Además, se contó con el acompañamiento del Ph.D. Carlos Aníbal Calero Valenzuela docente de la Facultad de Ingeniería Civil, al cual se le hizo entrega de un informe mensual donde se describieron las actividades desarrolladas durante cada mes.

Al iniciar la práctica profesional, junto con el director de obra e ingeniero residente se realizó el proceso de inducción en el cual se le brindó y describió al pasante la información referente al contrato de obra, tales como el cronograma de actividades, estudios previos, pólizas, actas y elementos de seguridad. Luego se efectuó el reconocimiento del personal administrativo y de obra, se describieron sus funciones y se presentó el estado y avance del proyecto.

El pasante brindó un apoyo al ingeniero residente de obra por medio de asistencia y acompañamiento en labores de campo, especialmente en los procesos de conformación de las capas de sub-base, base y carpeta asfáltica, en la cuales se realizaron actividades de escarificación hasta la profundidad establecida para cada tramo, extensión de materiales pétreos y mezclas asfálticas, humectación y compactación. Estos procedimientos fueron realizados por medio de equipos mecánicos tales como excavadoras hidráulicas, motoniveladoras, tanques de irrigación, pavimentadora y compactadores de rodillo liso y neumático, teniendo en cuenta la normativa aplicable para cada caso y las especificaciones dadas en los estudios previos del contrato.

La debida conformación de las diferentes capas se verificó por medio de la densidad optima de cada material, la cual se tomó en campo por medio del ensayo de cono y arena,

reglamentado en INV E-161-13 y del proceso de ceriado con el cual se buscaba controlar el espesor de las capas a lo largo del tramo vial.

De esta manera el estudiante profundizó en los conocimientos técnicos y teóricos obtenidos durante toda la etapa universitaria y adquirió nuevas destrezas para su vida personal y profesional.

Capítulo 4. Desarrollo de la pasantía

4.1 Actividades Realizadas

4.1.1 Preliminares

4.1.1.1 Visita al lugar del proyecto

Se realizó la visita junto al ingeniero residente a los lugares que hacen parte del proyecto, con el fin de realizar un reconocimiento de cada una de las zonas, su acceso, el estado que presentan y las obras de drenaje vial existentes en cada tramo a intervenir, tales como alcantarillas y cunetas, las cuales permiten retirar las aguas que provienen principalmente de las precipitaciones.

Ilustración 8. Corredor Alto aguacatal y corredor vereda las Brisas



Ilustración 9. Corredor vereda el pinar



Fuente. Autor

4.1.1.2 Socialización del proyecto a la comunidad

En compañía del contratista y la entidad contratante se realizó la socialización a la comunidad del proyecto “mantenimiento de vías en los corregimientos de La Elvira, Pichinde, Navarro, La Castilla y La Buitrera del distrito de Santiago de Cali” el cual se encuentra incluido en el plan indicativo denominado “Vías con mantenimiento y rehabilitación ecosostenible” de la Alcaldía de Santiago de Cali (Ilustración 10).

En este espacio, se expuso la ubicación, objetivos, alcance y beneficios que obtendría la población en términos de seguridad vial, tiempo de traslados y crecimiento económico. También, se dio a conocer a la comunidad las actividades principales a desarrollar y el tiempo estimado que tomaría el proyecto.

Ilustración 10. Socialización del proyecto



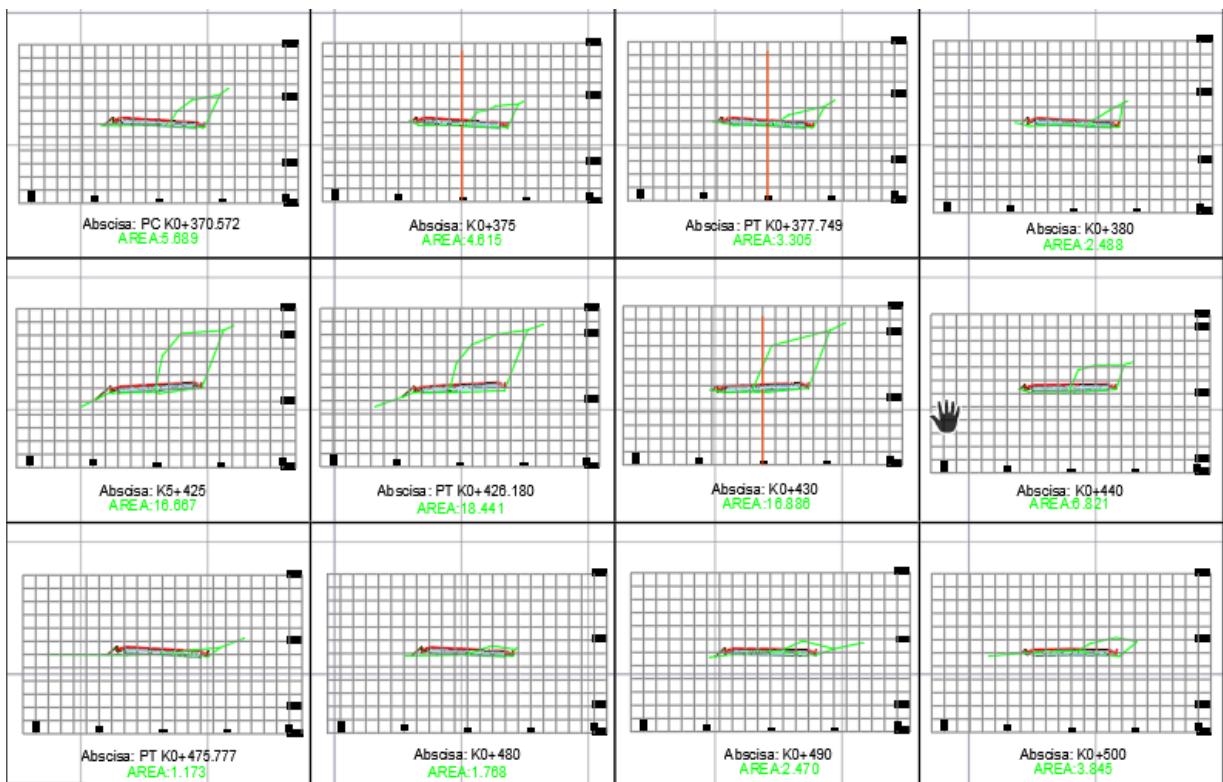
Fuente. Autor

4.1.2 Sub-rasante

4.1.2.1 Escarificación de la subrasante

Luego de la localización y replanteo, se dio inicio al proceso de disgregación de la superficie del suelo a lo largo y ancho del tramo vial a intervenir, con el objetivo de que esta capa afectada adquiriera una condición suelta. La excavación se efectuó de manera mecánica con una excavadora hidráulica como se muestra en la Ilustración 12 hasta la profundidad establecida para cada tramo según lo indicado en los estudios previos (Anexo 3), además se realizó teniendo en cuenta lo dispuesto en el ítem 210.4.1 de las especificaciones de construcción.

Ilustración 11. Secciones transversales



Fuente. Autor

Ilustración 12.Escarificación con retroexcavadora



Fuente. Autor

4.1.2.2 Cargue y transporte de material

Posteriormente, se realizó el cargue y transporte del material suelto que se obtuvo del proceso de excavación y escarificación. Esta actividad se efectuó por medio de una retroexcavadora y volquetas de capacidad de 18 m³ (Ilustración 13), teniendo en cuenta que estos equipos no circularan directamente sobre la subrasante como según se recomienda en el párrafo 210.4.1 de las especificaciones de construcción.

Ilustración 13.Cargue y transporte del material



Fuente. Autor

Ilustración 14. Cargue y transporte de material



Fuente. Autor

4.1.2.3 Compactación de la subrasante

Con ayuda de una motoniveladora se realizó el proceso de nivelación, por medio del cual se quería lograr que la subrasante previamente alterada por la escarificación presentara una condición homogénea a lo largo y ancho de la calzada (Ilustración 15).

Ilustración 15. Nivelación con motoniveladora



Fuente. Autor

Luego, se efectuó la compactación de esta capa mediante las técnicas convencionales en el movimiento de tierras por medio de un compactador de rodillo liso como se muestra en la Ilustración 17, debido a que es el equipo recomendado para la compactación de suelos granulares y además es el requerido según las especificaciones dadas en los estudios previos del contrato. Finalizado este proceso se comprobó que en la superficie terminada no se mostraran a simple vista deformaciones y altibajos y conservara la planicidad como según se indica en el parágrafo 210.5.2 de las especificaciones de construcción.

Posteriormente, se realizó el respectivo control de cotas con ayuda de una comisión topográfica y equipos de precisión, con la finalidad de verificar que la subrasante conformada no variará en más de un centímetro con respecto a la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo. El ceriado (Ilustración 16) se realizó tanto en los bordes como en el eje central de la vía y las mediciones obtenidas cumplieron con la tolerancia establecida, por lo cual la interventoría permitió continuar con la construcción de las siguientes capas.

Ilustración 16. Proceso de ceriado



Fuente. Autor

Es importante mencionar que la correcta ejecución de estas actividades permitió que se llegara a los niveles de diseño establecidos en los estudios previos y de esta manera garantizar que las capas ubicadas por encima de esta llegaran al espesor que tenían señalado.

Ilustración 17. Compactación de la subrasante



Fuente. Autor

4.1.3 Sub-base granular

4.1.3.1 Extensión del material de sub-base

Conformada y recibida la capa de sub-rasante, se autorizó el transporte del material que conformaría la sub-base. Con el material en el sitio, se realizó el respectivo vaciado a lo largo del tramo y luego se extendió con ayuda de la motoniveladora (Ilustración 18) para que el material presentara una distribución uniforme, sin segregaciones evidentes como según se establece en el párrafo 320.4.5 de las especificaciones de construcción de INVIAS, además se realizó por carriles para no evitar el tránsito y de esta manera garantizar que no hubiera paso de vehículos sobre el material extendido como según se indica en el párrafo 320.4.8.

Ilustración 18. conformación de la capa subbase con motoniveladora



Fuente. Autor

Posteriormente, se humedeció el material con el objetivo de que, al momento de compactar la capa alcanzara su densidad óptima, la cual debía ser igual o mayor al 95% del proctor modificado.

4.1.3.2 Compactación de la sub-base

Luego de humectar el material, se realizó la compactación del material de sub-base por medio un compactador de rodillo liso (Ilustración 19). Se compactó longitudinalmente en capas, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo, como según se recomienda en el párrafo 320.4. 6. Este proceso se realizó con el fin de que dicha capa obtuviera el grado de compactación mayor o igual al 95% como según se establece en las especificaciones de construcción, teniendo en cuenta que este valor se debe cumplir a lo largo y ancho de la capa.

Ilustración 19. Compactación del material de subbase




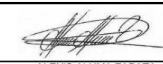
Fuente. Autor

Luego se efectuó el respectivo control de cotas con ayuda de una comisión topográfica y equipos de precisión, con el fin de verificar que el espesor de la sub-base conformada sea constante a lo largo del tramo y sea el establecido en los estudios previos (Anexo 3). La medición se realizó respecto al ceriado realizado previamente en la subrasante y se efectuó tanto en los bordes como en el eje central de la vía.

4.1.3.3 Toma de densidades en la sub-base

Finalizado el proceso de compactación, se realizó el ensayo de cono y arena, el cual se encuentra reglamentado en INVE -161-13 (Ilustración 20), con el objetivo de establecer si la capa se encontraba a la densidad señalada por las especificaciones. Las muestras fueron tomadas de lugares al azar como según se describe en INVE-730, garantizando como mínimo una toma por hectómetro. De acuerdo con los resultados obtenidos del ensayo (Tabla 18), se cumple con el valor requerido en el ítem 320.5.2 de las especificaciones de construcción (GC \geq 95%), por lo cual la interventoría da por recibida la sub-base.

Tabla 18. Densidades de campo vía corregimiento la castilla

		<table border="1"> <tr> <td>Hoja</td> <td>1 de 1</td> </tr> <tr> <td>Muestra N°</td> <td>Uno</td> </tr> <tr> <td>Laboratorista</td> <td>JMAZ</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>13/09/2022</td> </tr> </table>		Hoja	1 de 1	Muestra N°	Uno	Laboratorista	JMAZ	Fecha	13/09/2022
Hoja	1 de 1										
Muestra N°	Uno										
Laboratorista	JMAZ										
Fecha	13/09/2022										
Proyecto: Mejoramiento vial corregimientos Santiago de Cali Localización: Via vereda alto Aguacatal, corregimiento la Elvira Descripción: Toma de densidades en material de subbase granular Solicitante: Ing. Victor Gabriel Parra Jurado											
DENSIDAD O MASA UNITARIA DEL SUELO EN EL TERRENO (METODO CONO Y ARENA)											
Prueba	1	2	3	4	5						
Abcisa	k0+050	k0+120	k0+200								
Peso frasco y arena inicial (g)	6860.00	6394.00	6598.00								
Peso frasco y arena restante (g)	3845.00	3425.00	3610.00								
Peso arena total usada (g)	3015.00	2969.00	2988.00								
Constante del cono (g)	1703.50	1703.50	1703.50								
Peso de arena en el hueco (g)	1311.50	1265.50	1284.50								
Densidad seca suelta de la arena (g/cc)	1.446	1.446	1.446								
Volumen del hueco	906.98	875.17	888.31								
Peso de material extraído húmedo (g)	1992.20	1907.20	1935.15								
Humedad del material extraído (%)	13.020	11.770	11.980								
Peso de material extraído seco (g)	1762.70	1706.36	1728.12								
Densidad seca del material (g/cc)	1.943	1.950	1.945								
Densidad maxima de laboratorio (g/cc)	1.987	1.987	1.987								
Grado de Compactación (%)	97.81	98.12	97.91								
Especificación (%)	95	95	95								
Cumplimiento	cumple	cumple	cumple								
OBSERVACIONES		ELABORA									
Proctor suministrado por el contratista		 ALEXIS ALUMA ZAPATA M.P. 63202-103291 QUINDIO									

Fuente. Autor

Ilustración 20. Toma de densidades de la capa de subbase



Fuente. Autor

4.1.4 Base granular

4.1.4.1 Extensión del material de base

Luego de conformada la sub-base, se autorizó el transporte del material que conformaría la base. Al igual que en la sub-base, se efectuó el respectivo vaciado a lo largo del tramo y luego se extendió con ayuda de una motoniveladora de tal manera que la capa tuviera un espesor uniforme en todo el ancho de la vía (Ilustración 21), como según se recomienda en el párrafo 330.4.5 de las especificaciones de construcción de carreteras.

Extendida la base, se realizó el proceso de humectación con el fin de que la capa al ser compactada alcanzara el grado de compactación establecido, el cual según las especificaciones del contrato debe ser el 100% del proctor modificado (Ilustración 22).

Ilustración 21. Extensión del material de base



Fuente. Autor

Ilustración 22. Humectación del material de base



Fuente. Autor



4.1.4.2 Compactación de la base

Posteriormente, se realizó la compactación del material de sub-base por medio un compactador de rodillo liso debido a que la capa se compone de material granular y el equipo mencionado es el adecuado para lograr de manera correcta dicho proceso. Se efectuó longitudinalmente y en capas, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo como según se recomienda en 330.4.6 (Ilustración 23).

Este procedimiento se realizó con el fin de que la capa obtuviera un grado de compactación igual al 100% como según se establece en las especificaciones del contrato y en el ítem 330.5.2 de las especificaciones de construcción, teniendo en cuenta que este valor debe cumplirse a lo largo y ancho de la capa. Al igual que en la subbase se realizó el ensayo de

cono y arena con el fin de establecer si la capa compactada cumple con la densidad del proctor modificado. Según los resultados obtenidos por el geotecnista la capa cumple con la especificación (Tabla 19).

Tabla 19. Densidades de campo vía principal corregimiento de Navarro

	Hoja	1 de 1			
	Muestra N°	Uno			
	Laboratorista	JMAZ			
	Fecha	25/08/2022			
Proyecto: Mejoramiento vial corregimientos Santiago de Cali					
Localización: Vía corregimiento pueblo Pance					
Descripción: Toma de densidades en material de base granular					
Solicitante: Ing. Victor Gabriel Parra Jurado					
DENSIDAD O MASA UNITARIA DEL SUELO EN EL TERRENO (METODO CONO Y ARENA)					
Prueba	1	2	3	4	5
Abcisa	k0+040	k0+080	k0+115		
Peso frasco y arena inicial (g)	6770.00	6441.00	6398.00		
Peso frasco y arena restante (g)	2496.00	2403.00	2320.00		
Peso arena total usada (g)	4274.00	4038.00	4078.00		
Constante del cono (g)	1703.50	1703.50	1703.50		
Peso de arena en el hueco (g)	2570.50	2334.50	2374.50		
Densidad seca suelta de la arena (g/cc)	1.446	1.446	1.446		
Volumen del hueco	1777.66	1614.45	1642.12		
Peso de material extraído húmedo (g)	4607.00	4156.00	4236.00		
Humedad del material extraído (%)	11.170	10.150	11.330		
Peso de material extraído seco (g)	4144.10	3773.04	3804.90		
Densidad seca del material (g/cc)	2.331	2.337	2.317		
Densidad maxima de laboratorio (g/cc)	2.356	2.356	2.356		
Grado de Compactación (%)	98.95	99.20	98.35		
Especificación (%)	98	98	98		
Cumplimiento	cumple	cumple	cumple		
OBSERVACIONES			ELABORA		
Proctor suministrado por el contratista			 ALEXIS ALUMA ZAPATA M.P. 63202-103291 QUINDIO		

Fuente. Autor

Ilustración 23. Compactación de la base



Fuente. Autor

Luego, se realizó con ayuda de la comisión topográfica y equipo de precisión el proceso de ceriado tanto en los bordes como en el eje central de la vía. Las mediciones tomadas confirmaron que a lo largo del tramo se dispuso el espesor de base adecuado y que era constante a lo largo del mismo.

4.1.5 Carpeta asfáltica

4.1.5.1 Riego de imprimación

Antes de iniciar la imprimación, se limpió la superficie cuidadosamente del polvo, barro seco, suciedad y de cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, por medio de una sopladora mecánica, como según se estableció en los estudios previos del contrato y se recomienda en el parágrafo 420.3.1 de las especificaciones de construcción.

Previo al riego de imprimación se realizó un rociado de agua en las zonas demasiado secas, teniendo en cuenta que el humedecimiento no generara represamiento del agua (ver

Ilustración 24). Cuando la superficie de la base presentó la apariencia de estar seca, se inició con el riego del material por medio del carrotanque irrigador de asfalto, realizando un distribución uniforme y constante a lo largo y ancho del carril y como según se muestra en la Ilustración 25.

Ilustración 24. Rociado de agua previo a la imprimación



Fuente. Autor

Para cumplir con la distribución uniforme del riego de imprimación se revisó con anterioridad que la presión fuera la misma en cada uno de los orificios de la flauta y que los abanicos que se formaban en cada orificio estuvieran puestos en un ángulo mayor a 10° y menor a 30° .

Para el riego de imprimación se utilizó una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-0 (Tabla 14), debido a que la base granular contiene vacíos y al aplicar el ligante se quiere que este los cubra en su totalidad, es decir, que se necesita tiempo para que se infiltre y de esta manera pueda cumplir con las funciones para las cuales fue aplicada.

Ilustración 25. Emulsión sobre la superficie de la capa de base



Fuente. Elaboración propia

4.1.5.2 Transporte de la mezcla

El transporte de la mezcla asfáltica se realizó en volquetas, donde sus volcos fueron previamente limpiados con un disolvente. Lo anterior, se realizó con el fin de eliminar todos los residuos como tierra y asfalto, los cuales pudieron haber contaminado la mezcla, además se protegió con una lona para evitar que el aire frío accediera al material y de esta manera la pérdida de calor fuera más lenta.

Al llegar la mezcla al lugar de la obra se revisó su temperatura por medio de un termómetro de vástago, el cual se introdujo en la mezcla hasta la mitad. Posterior a ello, se realizó una inspección visual para descartar los siguientes aspectos:

- Humo azul: indica que la mezcla ha sido recalentada.
- Apariencia dura: indica que la mezcla está fría y no podrá cumplir con las especificaciones.
- Apariencia seca u opaca: Mezcla con poco contenido de asfalto o exceso de finos.

- Aplastamiento de la mezcla en el volquete: La mezcla puede contener exceso de asfalto o de humedad, por lo que debe hacerse un control más riguroso.

Luego de haber realizado la inspección visual, se estableció que la mezcla era apta y que se podía continuar con el procedimiento.

4.1.5.3 Extensión de la mezcla

Luego de ser aceptada la mezcla asfáltica, esta se depositó en la tolva receptora de la pavimentadora o finisher de donde se llevó por el transportador alimentador hacia los tornillos de distribución, los cuales esparcieron uniformemente la mezcla a lo largo del ancho del equipo para obtener una colocación pareja y uniforme como según se muestra en la Ilustración 26. El depósito del material se hizo de tal forma que la pavimentadora no fuera tocada por las llantas de la volqueta, debido a que esto favorece la regularidad superficial.

Ilustración 26. Colocación del material bituminoso con finisher



Fuente. Autor

El control del espesor de la carpeta se realizó por medio del tornillo de control, el cual se encuentra en la parte trasera de la finisher, específicamente en la unidad de engrase o plancha (Ilustración 27 Ilustración 27. Tornillo de control). Este tornillo se ubicó a una altura igual al espesor de la capa más el porcentaje de expansión del material, donde dicha altura se midió a partir de la superficie de la base. De esta manera se logró dar cumplimiento a lo dispuesto en el párrafo 450.4.9 de las especificaciones de construcción de INVIAS.

Ilustración 27. Tornillo de control



Fuente. Elaboración propia

Esta altura se estableció de esta manera debido a que el espesor de la capa definido en los estudios es un valor en condiciones compactas, mientras que la mezcla que se trae de la planta se encuentra en condiciones sueltas; por lo tanto, se espera que, al compactar el material, este alcance el espesor propuesto. En este caso la altura de la capa era de 7 cm y el porcentaje de expansión del material fue del 24%, por lo tanto, el tornillo se ubicó a una altura de 8.7 cm.

Seguido de la colocación de la mezcla con la finisher se hizo la revisión de la superficie con rectas planas y plantillas como se observa en la Ilustración 28, además cualquier irregularidad

encontrada se corrigió inmediatamente, puesto que, si se quisieran corregir horas después, no sería posible debido a que la mezcla ya estaría fría y por lo tanto habría perdido su manejabilidad.

Ilustración 28. Revisión de la Superficie



Fuente. Autor

4.1.5.4 Compactación

Para la compactación de la carpeta asfáltica, se tuvo en cuenta que la mezcla ya extendida se encontrara por encima de los 85°C, puesto que, este proceso se hace muy difícil si su temperatura se encuentra por debajo de este valor, debido a que el asfalto en combinación con los finos de la mezcla comienza a ligar firmemente las partículas del agregado, lo cual origina el aumento de su resistencia.

El proceso de compactación se realizó en tres etapas denominadas en inicial, intermedia y final. La compactación inicial e intermedia se realizó con un compactador vibratorio de dos cilindros metálicos (Ilustración 29), iniciando las labores desde la parte más baja de la carpeta y avanzando hacia la parte alta, debido a que la mezclas calientes tienden a escurrirse hacia

la parte baja de la carpeta durante la compactación. Estas dos etapas se realizaron con el fin de que la capa asfáltica alcanzara la densidad establecida en el laboratorio.

Ilustración 29. Compactación de la mezcla asfáltica



Fuente. Autor

Finalizada la compactación intermedia se inició la compactación final por medio de un compactador de rodillo neumático para eliminar las marcas o huellas producidas por las anteriores compactaciones.

Ilustración 30. Compactación sobre la junta longitudinal



Fuente. Autor

Es pertinente mencionar que los procedimientos que se desarrollan en este ítem se realizaron teniendo en cuenta las disposiciones descritas en el párrafo 450.4.10 de las especificaciones de construcción de carreteras, al igual que los equipos utilizados en la compactación de la mezcla densa, debido a que fueron los adecuados según lo describe la normativa en cuestión y las especificaciones dadas en los documentos del contrato.

Capítulo 5. Conclusiones

- Con el desarrollo de la práctica profesional como auxiliar de ingeniería, se logró la aplicación y fortalecimiento de los conocimientos técnicos, teóricos y habilidades adquiridas en la formación universitaria por medio de la visualización de los diferentes procesos ejecutados durante el proyecto, tales como la toma y verificación de las densidades y los procesos de conformación y compactación de las capas. Además, se logró fomentar la ética profesional y personal a partir de la correcta aplicación de las normativas dispuestas para los procesos constructivos de este tipo de infraestructura.
- Se adquirieron nuevos conocimientos técnicos en la construcción de vías como es el caso del control del espesor de la carpeta asfáltica por medio del tornillo de control, debido a que esta acción evitó el desperdicio o falta del material bituminoso y además permitió que el proceso de compactación fuera efectivo.
- La supervisión de los procesos constructivos ejecutados en el proyecto, como la conformación de las diferentes capas del pavimento, cumple un papel fundamental para garantizar un óptimo desarrollo en tiempo y calidad, evitando de esta manera que se originen sobrecostos que puedan ser perjudiciales para su desarrollo.
- La práctica profesional permitió que el pasante desarrollara habilidades para su formación personal por medio de la interacción social y la gestión del personal en obra, estableciendo así una relación de conocimientos que se transforman en aprendizajes.
- Todos los procesos constructivos desarrollados fueron realizados teniendo en cuenta los estudios previos (Anexo 3), especificaciones y normas técnicas vigentes, para garantizar la correcta ejecución del proyecto.

Capítulo 6. Bibliografía

- DANE, D. A. (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda* . Bogota, D.C.: Departamento de Planeación Nacional.
- DNP, D. d. (2016). *CONPES 3857, Consejo Nacional de Política Económica y Social*. Bogota D.C .
- Figueroa, O. y. (2006). *Conectividad, ámbitos de impacto y desarrollo territorial: analisis de experiencias internacionales*. Santiago de Chile : Naciones Unidas .
- Gabriel, P. (2020). *Caminos Rurales: vías claves para la producción, la conectividad y el desarrollo territorial*. Nueva York : Organización de las Naciones Unidas .
- González, C. R. (2019). *Ingeniería de Vías, Diseño, trazado y localización de carreteras* . Bogota D.C: Alfaomega.
- Infraestructura, S. (2022). *Estudios y Documentos previos del proyecto de mantenimiento de vias en los corregimientos de La Elvira, Pichinde, Pance, Navarro, La castilla y la Buitrera del Distrito de Santiago de Cali*. Santiago de CALI: Alcaldia de Santiago de Cali.
- INVIAS. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogota, D.C.: Ministerio de transporte.
- INVIAS. (2012). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras*. Bogota, D.C.: Ministerio de transporte.
- INVIAS. (2015). *Manual de Señalización Vial*. Bogota, D.C.: Ministerio de transporte.
- Jove, F. A. (2020). Velocidades de Operación Vehicular en el Suroeste de Colombia: Una importante base de datos para la futura implementación de modelos de optimización para el diseño geométrico de carreteras en topografía montañosa. *Data in Brief* , 9.
- Narvaez, L. (2017). VÍAS TERCIARIAS: MOTOR DEL DESARROLLO ECÓNOMICO RURAL . *Revista de Ingeniería N°45, Universidad de los Andes*.
- PNUD., P. p. (2014). *Chile Rural. Un desafío para el desarrollo humano*. Gobierno de Chile.
- Torres, C. G. (2019). Vías Terciarias en Colombia: Un desafío que se puede solucionar con la ayuda de la Academia. *17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*: , 5.