



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo
Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Cueva Yopla, Esau (orcid.org/0000-0002-7588-4184)

Díaz Quiliche, Saul (orcid.org/0000-0002-7988-5141)

ASESOR:

Mg. Medrano Sanchez, Emilio Jose (orcid.org/0000-0003-0002-5876)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO - PERÚ

2023

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a Dios, quien nos ha otorgado la vida y la determinación para seguir adelante en nuestra carrera profesional. También dedicamos esta tesis a nuestros padres, quienes han sido nuestra principal fuente de apoyo y ánimo en los momentos más desafiantes.

Agradecimiento

Estamos enormemente agradecidos con todas las personas que nos apoyaron y nos ayudaron a alcanzar nuestra meta de completar esta tesis.

En honor a este agradecimiento, queremos expresar nuestra gratitud:

A Dios, por brindarnos la determinación y el apoyo necesario para superar los desafíos de este proceso de realización personal.

A nuestras familias, por su constante respaldo sin condiciones y por habernos enseñado a tener las ganas y la fe necesarias para ser profesionales.

A la Universidad César Vallejo, por proporcionarnos los recursos necesarios para formarnos como profesionales de gran calidad.

A nuestro asesor de tesis, Mg. Medrano Sánchez, Emilio José, por ser una persona con un gran profesionalismo y habernos guiado en este trabajo de tesis.

¡Muchas gracias a todos!

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación	16
3.2. Variables y operacionalización.....	17
3.3. Población, muestra y muestreo.....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5. Procedimientos	19
3.6. Método de análisis de datos.....	23
3.7. Aspectos éticos	24
IV. RESULTADOS	25
V. DISCUSIÓN.....	46
VI. CONCLUSIONES	49
VII. RECOMENDACIONES.....	50
REFERENCIAS	51
ANEXOS.....	56

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Ensayos de mecánica de suelos</i>	14
Tabla 2 <i>% de tráfico para cada tipo de intervención</i>	22
Tabla 3 <i>Ubicación</i>	25
Tabla 4 <i>Puntos topográficos de inicio y fin</i>	26
Tabla 5 <i>Clasificación vehicular promedio semanal diario por tipo de vehículo</i>	27
Tabla 6 <i>Factores de Corrección Estacional 2010 – 2016 – Peaje Ciudad de Dios</i>	27
Tabla 7 <i>Índice Medio Diario Anual</i>	28
Tabla 8 <i>Resumen de tráfico vehicular</i>	29
Tabla 9 <i>Factor de Distribución Direccional y de Carril</i>	31
Tabla 10 <i>Factor Camión</i>	31
Tabla 11 <i>Ejes equivalentes</i>	32
Tabla 12 <i>Cálculo de ESAL</i>	33
Tabla 13 <i>Tráfico vehicular proyectado</i>	34
Tabla 14 <i>Relación detallada de calicatas ejecutadas en la vía</i>	35
Tabla 15 <i>Resultados de las propiedades físicas</i>	35
Tabla 16 <i>Resultados de las propiedades mecánicas</i>	36
Tabla 17 <i>Categorización de subrasante</i>	36
Tabla 18 <i>Resumen de parámetros de diseño</i>	37
Tabla 19 <i>Categorización de subrasante para efectos de diseño</i>	38
Tabla 20 <i>Resumen de variables de diseño</i>	41
Tabla 21 <i>Valores recomendados de Espesores Mínimos</i>	41
Tabla 22 <i>Valores de espesores del pavimento</i>	42
Tabla 23 <i>Tráfico vehicular proyectado - “Tráfico Normal VS Tráfico Generado”</i>	43
Tabla 24 <i>Pruebas de chi-cuadrado para Hipótesis General</i>	44
Tabla 25 <i>Pruebas de chi-cuadrado para Hipótesis específica 01</i>	45
Tabla 26 <i>Pruebas de chi-cuadrado para Hipótesis específica 02</i>	45

Índice de figuras

Figura 1 <i>Estructura de un pavimento flexible</i>	12
Figura 2 <i>Recolección, procesamiento y análisis de datos</i>	20
Figura 3 <i>Variación diaria</i>	26
Figura 4 <i>Clasificación vehicular IMDa</i>	29
Figura 5 <i>Distribución vehicular IMDa</i>	30
Figura 6 <i>Número Estructural</i>	40

Resumen

En esta investigación, se buscó determinar si el Pavimento flexible influye en la Transitabilidad del tramo Mirador Bellavista - San Vicente Alto en Cajamarca, Perú en 2022. La metodología utilizada fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental transversal. Se seleccionó como muestra por conveniencia el tramo de vía Mirador Bellavista - Barrio Delta, con una extensión de 1.7 km.

Para recolectar los datos, se utilizó la observación y se usó formatos como instrumentos de recolección de datos. El estudio del tráfico se realizó de acuerdo con el “Formato de Clasificación Vehicular” de la “Oficina de Planeamiento y Presupuesto” y el “Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos”. El diseño estructural se llevó a cabo mediante el uso del método AASHTO 93, asegurando que cumpla con las especificaciones y las condiciones específicas del área de estudio. La transitabilidad vehicular se evaluó con un 15% de tráfico normal según la “Guía para la Formulación de Proyectos de Inversión”.

Los resultados del estudio de tráfico mostraron una tasa de 220 veh/día, y con una proyección a 20 años, se obtuvo un IMDa de 252 vehículos/día. En cuanto al diseño estructural, para un CBR del 14.7%, se determinó un espesor de 6cm, 15cm y 15cm. En relación a la transitabilidad, considerando un tráfico normal del 15%, se estimó un aumento promedio de entre 38 y 43 vehículos/día cada dos años durante un período de 20 años.

Finalmente, el test estadístico chi cuadrado dio como resultado una significancia de 0.001, siendo esta menor a 0.05, lo que confirma nuestra hipótesis general planteada. En conclusión, se pudo afirmar que el pavimento flexible influye en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto.

Palabras clave: influencia, diseño, pavimento flexible, transitabilidad, vehicular.

Abstract

In this research, the aim was to determine whether flexible pavement influences the drivability of the Mirador Bellavista - San Vicente Alto section in Cajamarca, Peru in 2022. The methodology used was of an applied type, with a quantitative approach and a non-experimental cross-sectional design. The stretch of road from Mirador Bellavista to Barrio Delta, with a length of 1.7 km, was conveniently selected as the sample.

Observation was used to collect data and data collection formats were used as instruments. The traffic study was conducted in accordance with the "Vehicle Classification Format" of the "Office of Planning and Budget" and the "Highway Manual: Soils, Geology, Geotechnics, and Pavements". The structural design was carried out using the AASHTO 93 method, ensuring that it meets the specifications and specific conditions of the study area. Vehicle drivability was evaluated with 15% of normal traffic according to the "Guide for the Formulation of Investment Projects".

The traffic study results showed a rate of 220 vehicles/day, and with a 20-year projection, an IMDa of 252 vehicles/day was obtained. Regarding the structural design, for a CBR of 14.7%, a thickness of 6cm, 15cm, and 15cm was determined. In relation to drivability, considering a normal traffic increase of 15%, an average increase of between 38 and 43 vehicles/day every two years was estimated over a 20-year period.

Finally, the chi-square statistical test resulted in a significance of 0.001, which is less than 0.05, confirming our general hypothesis. In conclusion, it can be affirmed that flexible pavement influences the drivability of the Mirador Bellavista - San Vicente Alto section.

Keywords: influence, design, flexible pavement, drivability, vehicular.

I. INTRODUCCIÓN

Es fundamental para la mejora económica y social de las naciones en desarrollo contar con un sistema de transporte por carretera confiable y eficiente. En el tramo de vía Mirador Bellavista - San Vicente Alto se ha registrado un aumento significativo del flujo de vehículos en los últimos años, lo que ha causado problemas de congestión y seguridad vial. El uso de un revestimiento de carretera con características flexibles puede mejorar la movilidad de los vehículos en este tramo de carretera, al proporcionar una superficie de rodadura más segura y resistente, lo que permite una mayor fluidez del tráfico y reducción del riesgo de accidentes. Dado que el transporte por carretera es fundamental para el avance económico y social, es necesario llevar a cabo una investigación y evaluación detallada sobre el diseño del pavimento flexible y su influencia en la transitabilidad del tramo de vía Mirador Bellavista - San Vicente Alto, utilizando técnicas precisas de campo y análisis estadísticos.

La construcción y conservación de las rutas de transporte son esenciales para garantizar un sistema de movilidad seguro y eficiente. A nivel internacional, la inversión en infraestructura vial es una parte importante del presupuesto estatal. Según la tesis doctoral de López (2018) "los 28 países miembros de la Unión Europea destinan cerca de 20.000 millones de euros anualmente para la edificación y conservación de sus vías de transporte terrestre" (p. 1). Asimismo, "los pavimentos flexibles influyen significativamente en la transitabilidad, permitiendo un tráfico más fluido y fomentando el desarrollo territorial" (p. 2).

A nivel regional, en Bogotá, Colombia, la tesis de Salamanca y Godoy (2013) señala el deficiente estado actual de las vías de comunicación en el municipio de Timaná, y en especial en la zona de la Vereda Cosanza, no permiten la circulación de vehículos con facilidad, debido a que diferentes tramos de la vía que conduce desde el municipio de Timaná se encuentran dañados, "los factores climáticos (lluvias y fenómenos naturales) también contribuyen al empeoramiento de la situación y hacen que la vía quede en mal estado permanente". La vía Timaná – Cosanza tiene un problema de agravamiento debido a que actualmente se encuentra debilitada para el tráfico vehicular, por lo que propusieron "un diseño estructural adecuado para el pavimento flexible,

con el fin de garantizar el tránsito seguro de vehículos que transportan productos agrícolas en la zona diariamente, e impulsar el desarrollo de la región a corto plazo” (p. 15).

En Ecuador, la tesis de Castillo y Castro (2019) menciona que la implementación de un pavimento flexible en las comunidades de Ayancay, Corozapal, Mesaloma, Gullancay y San Alfonso, podría mejorar significativamente la transitabilidad vehicular y la calidad de vida de los residentes de estas zonas. Estas comunidades enfrentan problemas de salud debido a la falta de una superficie de rodadura adecuada, lo que ha generado problemas de polvo y tiempos de viaje más largos. La implementación de un pavimento flexible podría resolver estos problemas y proporcionar una superficie de rodadura segura y duradera, lo que permite una mayor fluidez del tráfico y un menor riesgo de accidentes (p. 21).

En Cañar, Ecuador, la tesis de Mora y Ordoñez (2019) destaca que la infraestructura vial que conecta varias comunidades se encuentra en un estado precario y deficiente, tanto en cuanto a su diseño geométrico como a su capa de rodadura. Esto complica la conectividad y la comunicación entre estas áreas. Sin embargo, señala que mediante la ampliación, rectificación y mejoramiento de estas vías, se podría mejorar las actividades de las comunidades, disminuyendo los gastos de operación y cuidado de los vehículos, favoreciendo el comercio, fortaleciendo la economía y aumentando la seguridad de los conductores o propietarios de los vehículos (p. 26).

A nivel nacional, en Chiclayo, Lambayeque, la tesis de Gonzales y Manay (2020) señalan que el CCPP José Leonardo Ortiz, distrito de José Leonardo Ortiz, la infraestructura vial es insuficiente y presenta problemas como la formación de charcos y agujeros en la parte superior de la vía de tránsito. Existe también mucha contaminación a la salud por partículas de polvo y lodo, esto resulta en problemas respiratorios, aumenta los accidentes peatonales con graves repercusiones, sobre todo en los niños, por tales motivos “es necesario contar con una carretera bien planificada que disminuya el costo del transporte para los pasajeros”, reduzca la generación de polvo, permita mejora el nivel de seguridad y ahorrar tiempo, por lo que “propusieron el diseño el pavimento

asfáltico, esto posibilitará una mejora en la calidad de vida de los residentes de la zona” (p. 2).

La tesis de Fernández (2017) destaca que “en Tarapoto, la construcción y conservación de carreteras es esencial, ya que son las principales vías de comunicación y comercio”. Además, menciona que “Perú cuenta con una oportunidad única para el crecimiento a largo plazo debido a la necesidad de ampliar su red de carreteras y conectar a diferentes regiones, en relación con otros países cercanos en la región que ya tienen una infraestructura vial más desarrollada” (p. 1).

A nivel local, en Cajamarca, la tesis de Delgado e Infante (2021) menciona que las fuertes lluvias que afecta la ciudad de Jaén, las más frecuentes de noviembre a mayo, generan la acumulación de charcos en la Avenida Pakamuros, provocando baches, ahuellamientos pronunciados y grandes lodazales, reduciendo la calidad de la infraestructura vial, causando molestias a los vecinos y conductores que tienen que circular a la menor velocidad, lo que aumenta el tiempo de viaje en la zona. “Las casas y comercios sufren por el exceso de polvo en el aire, el lodo en las calles y el polvo en las fachadas y mercancías, lo cual genera un impacto negativo en el bienestar y el nivel de vida de las personas”. Además, “la falta de mantenimiento en la vía también puede causar problemas de seguridad vial, como accidentes y congestión del tráfico, lo que también tiene un impacto negativo en la economía y la calidad de vida de la comunidad” (págs. 1-2).

En el distrito de Cajamarca, la tesis de Teatino y Vásquez (2020) menciona que: “La escasez de pavimentos sigue siendo uno de los mayores problemas en nuestra zona debido a las intensas lluvias, lo que tiene consecuencias graves en términos de seguridad vial, salud pública y economía local”. Indica también que “el hundimiento de ciertos tramos de las vías públicas también genera problemas de seguridad, ya que puede dificultar el tránsito vehicular y peatonal, lo cual aumenta el riesgo de accidentes” (p. 1).

De acuerdo con las diferentes realidades mencionadas anteriormente, donde se indican las pésimas condiciones en las que se encuentran las vías sin

pavimentar, razón por la cual no hay igualdad de oportunidades de acceso a puestos de trabajo y comercio, además, el polvo en estas zonas es persistente lo que intensifica las enfermedades respiratorias, por tal motivo es necesario realizar la presente investigación, con el fin de mejorar las condiciones de vida de la zona de estudio.

Observando la realidad problemática, en esta investigación, se presenta el problema general ¿El Pavimento flexible influye en la Transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022?, luego planteamos los **problemas específicos**; Pe1: ¿El Estudio de Tráfico del del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022?; Pe2: ¿El Diseño estructural del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022?.

En cuanto a la **justificación de la investigación**, la razón detrás de esta es de carácter social, ya que mejorar la movilidad vehicular en la localidad San Vicente Alto tendría un efecto beneficioso en la calidad de vida de los residentes al proporcionarles acceso a servicios, oportunidades laborales y educativas. Además, una mejor movilidad vehicular puede ayudar a aumentar la conectividad y movilidad en la zona, lo que puede mejorar el bienestar económico y social de la comunidad.

En resumen, la implementación de un pavimento flexible en el tramo de vía Mirador Bellavista – San Vicente Alto, tiene una justificación social ya que puede mejorar la transitabilidad vehicular y la movilidad en la zona, lo que puede tener un impacto positivo en la calidad de vida de los residentes y contribuir al desarrollo económico y social de la comunidad.

Además, el pavimento flexible también puede reducir los costos de reparación y reconstrucción debido a su capacidad para adaptarse a los cambios en el suelo y resistir las condiciones climáticas extremas. Esto puede ayudar a reducir los costos de reparación y reconstrucción en caso de eventos climáticos extremos o eventos de deterioro del suelo. En resumen, la implementación de una superficie de carretera con pavimento flexible en la sección de vía Mirador

Bellavista – San Vicente Alto puede proporcionar una solución económica a largo plazo con el fin de optimizar la transitabilidad vehicular y disminuir los gastos asociados a mantenimiento y reparaciones.

Por lo tanto, se llevará a cabo un estudio de tráfico y se desarrollará un diseño de pavimento flexible siguiendo las pautas establecidas en el procedimiento AASHTO 93. La transitabilidad vehicular se evaluará a través de proyecciones de vehículos, estas proyecciones pueden proporcionar una idea general sobre la dirección que tomará el tráfico en el futuro con el diseño de pavimento propuesto.

Con esto, se busca obtener información necesaria para la futura implementación del proyecto de pavimentación con el fin de aumentar la transitabilidad en la zona.

El **objetivo general** consiste en Determinar si el Pavimento flexible influye en la Transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022 y los **objetivos específico** son; Oe1: Determinar si el Estudio de Trafico del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022; Oe2: Determinar si el Diseño estructural del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022.

Finalmente, se plantea la **Hipótesis general**; El Pavimento flexible influye en la Transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022 y las **hipótesis específicas** He1: El Estudio de Trafico del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022; He2: El Diseño estructural del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel **internacional**, Jameson (2020) en su tesis titulada “Structural design of new and rehabilitated flexible road pavements: twenty contributions to road pavement engineering 1992-2019”, investigación para alcanzar el grado de Doctor en Ingeniería en la Universidad de Monash – Australia. Esta tesis es una colección de artículos de investigación seleccionados del trabajo realizado durante un período de 30 años en una serie de estudios nacionales relacionados con el diseño, rendimiento y mejoramiento de pavimentos viales. Específicamente, la investigación se relaciona con los métodos para diseñar las estructuras de pavimento vial más rentables en relación con los tipos de materiales utilizados y sus espesores, teniendo en cuenta la resistencia de la estructura del pavimento proporcionada por el suelo de soporte y el tráfico vial futuro previsto. Este trabajo de investigación se utiliza para la planificación de superficies de carreteras en Australia y Nueva Zelanda y se incluye en programas informáticos comúnmente utilizados para el diseño de pavimentos mecánico-empíricos. Además, “los métodos de diseño desarrollados a través de esta investigación se enseñan en cursos de pregrado y posgrado en Australia y Nueva Zelanda” (págs. 1-2).

A nivel **regional**, Pérez y Mayancela (2015) en su trabajo de tesis “Diseño de pavimento flexible de una vía urbana de la Cdla. Pedro Menéndez Gilbert desde la calle de los 10 carriles (Nicolás Lapenti) hasta la Avenida Amazonas Cantón Durán, Provincia del Guayas”, presentada con el propósito de obtener el grado de Ingeniero Civil, llevada a cabo en la Universidad de Guayaquil – Ecuador, teniendo como objetivo, diseñar una infraestructura vial que ofrezca confort y seguridad a través del diseño de un pavimento asfáltico entre las avenidas Nicolás Lapenti – Amazonas, en la ciudadela Pedro Menéndez Gilbert, ubicada en el estado de Durán, en la provincia de Guayas. Se tuvieron en cuenta los estudios de campo iniciales, se realizó un planteamiento de diseño para un levantamiento topográfico adecuado bajo las condiciones encontradas hasta el momento, y este estudio proporcionó los parámetros requeridos para brindar el diseño final. Midieron el tráfico por conteo manual para obtener el volumen de tráfico diario promedio anual (TPDA), proyectaron a 20 años obteniendo el

tráfico futuro, “determinaron los ejes de carga equivalentes para calcular los ESALs, lo que, con la información del índice de soporte California obtenido durante el estudio, se pudo determinar el espesor adecuado para la capa de pavimento” (p. 6).

Díaz y Rodríguez (2019) en su trabajo de investigación “Diseño de pavimento flexible de la carrera 13 entre calles 37 y 40 del barrio Gaitán, Ibagué -Tolima” para optar al título de Especialista en Diseño y Construcción de Pavimentos, realizado en la Universidad Cooperativa de Colombia – Colombia, teniendo como objetivo el diagnosticar el estado de la carretera y calcular el espesor de diseño de la nueva estructura con base en el método AASHTO 93. Se ha determinado mediante la estratigrafía del suelo que la capacidad de expansión de la capa inferior es limitada, pero es necesario asegurar, mediante un sistema de drenaje eficaz, que el subsuelo no esté expuesto a variaciones en la humedad que puedan afectar el cambio natural en el volumen del suelo. Considerando las propiedades de deformación del material situado debajo de la capa de asfalto, como su índice de plasticidad del 16% al 18%, así como su tamaño de partícula, se puede inferir que el material no cumple con los requisitos establecidos por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia para ser utilizado como material de base o subbase. Finalmente, “utilizando el método de análisis estructural AASHTO 93, se consideró necesario construir los siguientes espesores: MDC=12cm, BG=16cm y SBG=46cm, incluyendo geotextiles con función de separación del subsuelo. Mejorar el material para evitar contaminarlo, ya que los finos pueden migrar a la subrasante” (p. 45).

Salamanca y Zuluaga (2014), en su investigación “Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucía Barranca Lebrija entre los abscisas K19+250 A K25+750 ubicada en el departamento del Cesar”, llevada a cabo con el objetivo de obtener el título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos, realizado en Universidad Católica de Colombia – Colombia, con el objetivo de diseñar la estructura de un pavimento flexible en un tramo de 6.5 kilómetros de la vía La Ye Santa Lucía Barranca Lebrija. Emplearon distintas técnicas, tales como INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto. En la zona, los suelos

predominantes son limos arcillosos y arenas limosas. Se determinó la estructura del pavimento para cada método de evaluación con un horizonte de diseño de diez años. La propuesta de estructura se evaluó utilizando el método del Instituto del Asfalto y se optimizó el espesor con el método AASHTO 93 (p. 71).

En el ámbito **nacional**, Junchaya (2019) en su tesis para optar el grado de Maestro en Transportes y Conservación Vial “Diseño del pavimento y obras de arte para mejorar la infraestructura vial y peatonal en el Conoden San Felipe del distrito de Cascas - La Libertad”, establecido un área de estudio de 8 km de longitud, comprendida entre el Km 12+000 y el Km 20+000, con el objetivo principal de mejorar la calidad de vida de la comunidad de la zona. Investigaron distintas alternativas para el diseño del pavimento, pero se concluyó que el método AASHTO 93 es el más apropiado para las condiciones específicas del tramo. Se obtuvo datos de tráfico mediante conteos ya que no había información previa disponible para este tipo de carreteras, esta información fue usada como base para el diseño. También se efectuó un estudio topográfico e hidrológico para identificar la ubicación de las alcantarillas. Se procesó y evaluó la información recopilada para desarrollar el diseño del pavimento y las estructuras hidráulicas de acuerdo con los criterios establecidos en el manual de hidrología del Ministerio de Transporte (p. 13).

Rodríguez (2018) en su tesis “Análisis y propuesta de diseño del pavimento flexible en la carretera Carhuaz – Hualcán”, teniendo como objetivo principal el fomentar el progreso y elevar el nivel de vida de las comunidades ubicadas en la provincia de Caruas.. En este estudio para diseñar el espesor adecuado de la carretera Caruas-Hualcan, se seleccionó una población de 6.1 km y una muestra de 3 km. Se emplearon estudios topográficos y de mecánica de suelos, aplicándose el método AASHTO 93 para el diseño. Se obtuvieron resultados de prueba de CBR del 7% y 6.1%. Se determinó que el espesor óptimo para la subbase es de 25 cm, para la base es de 25 cm y para la capa de asfalto en caliente es de 10 cm (p. 36).

Quispe y Vargas (2020) en su tesis “Diseño de Pavimento flexible Tramo Puente Santo Toribio - Centro Poblado Miraflores, Independencia -Huaraz-

Ancash, 2019”, realizado en la Universidad César Vallejo. Se realizaron estudios exhaustivos con el objetivo principal de mejorar la fluidez del tráfico en la carretera Puente de Santo Toribio y el CCPP de Miraflores. Se realizaron estudios que incluyen análisis de tráfico, topografía, mecánica de suelos y diseño estructural del pavimento flexible, con el objetivo de mejorar la fluidez del tráfico vehicular, así como también estudios hidrológicos. El análisis del tráfico reveló que hay una afluencia de 218 vehículos por día, y se determinó el eje correspondiente de la vía como 227058.6 EE. Los análisis de la mecánica del suelo determinaron un valor CBR del 19% y una capacidad óptima de soporte para el diseño estructural del pavimento flexible (págs. 43-44).

Olórtegui y Vásquez (2022) en su tesis “Diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad distrito nueva Cajamarca, puerto mayo km 00+000 al km 10+088, san martín, 2020”, estudio llevado a cabo en la Universidad César Vallejo con el objetivo de mejorar la infraestructura vial en el tramo de la carretera San Fernando entre Nueva Cajamarca y Puerto Mayo, en las regiones de Rioja y San Martín. Para ello, se realizó un análisis de tráfico que indicó un flujo diario promedio de 352 vehículos, lo cual es típico de una carretera de tercera clase. Se realizaron también estudios topográficos, mecánicos de suelos e hidrológicos, identificando un terreno con pendientes menores al 3%, predominando materiales como grava, arena fina, arcilla y arcilla inorgánica de mediana plasticidad. Además, se evaluó el impacto ambiental a través de la matriz de Leopold y se propusieron medidas de mitigación. Como conclusión, “se determinó que el pavimento flexible de la carretera San Fernando posee un diseño de tercera categoría con orografía plana Tipo 1, y los estudios de mecánica de suelos han identificado cuatro opciones viables para el diseño del pavimento” (p. 54).

Amaya e Hilario (2017) en su tesis “Diseño Estructural del Pavimento Flexible de la Prolongación Avenida Dos con Calle 50 del Centro Poblado Alto Trujillo, El Porvenir, Trujillo, Perú 2021”, realizado en la Universidad Privada Antenor Orrego con el objetivo principal de determinar el diseño estructural apropiado para la pavimentación de la Avenida Dos con Calle 50 en el Centro de Población del Alto Trujillo. Se aplicó la metodología AASHTO 93 y se cumplió con la

normativa vial peruana. Los resultados indicaron un suelo predominantemente de tipo arena de baja calidad, con un CBR para la Avenida Dos es del 9.8%, mientras que para la Calle 50 es del 9.9%. El índice medio anual de tráfico es de 1.536 vehículos por día para la Avenida Dos y de 2.323 vehículos por día para la Calle 50. Basados en estos resultados, “se elaboró un plan de pavimentación con una duración de 20 años, que consta de una capa de asfalto de 9 cm, una base de 20 cm y una subbase de 25 cm, de acuerdo con la metodología AASHTO 93” (p. 68).

Escobar y Huincho (2017) en su tesis “Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica - 2017”, estudio llevado a cabo en la Universidad Nacional de Huancavelica con el fin de evaluar la influencia de los parámetros de diseño en la pavimentación de la carretera Santa Rosa-Sachapite, ubicada en la región de Huancavelica. Se utilizaron los resultados obtenidos en el laboratorio y se calcularon de acuerdo a las normas del Instituto del Asfalto y AASHTO 93, basándose en los parámetros de diseño del Manuales de carreteras. Las variables de diseño se obtuvieron mediante estudios de suelos, tráfico y degradación del pavimento. “El CBR se obtuvo a partir del análisis de muestras de suelo, el estudio de tráfico se determinó por medio del conteo de vehículos en las áreas de estudio y la degradación del pavimento se evaluó examinando los diferentes tamaños de falla del método de modelo de falla por ahuellamiento y agrietamiento” (p. 139).

En nivel **local** tenemos a Cobeñas y Rojas (2021) en su tesis “Análisis del Tráfico para el Diseño Estructural del Pavimento en el Tramo de la Carretera Pueblo Nuevo – San Benito, Distrito de San Benito, Contumazá, Cajamarca”, realizado en Universidad Privada Antenor Orrego, ejecutada en el área de San Benito, con el objetivo principal de identificar elementos de diseño para mejorar la capacidad de tráfico en infraestructuras de pavimento flexible. Se llevaron a cabo análisis de tráfico para calcular el equivalente de ejes, y se emplearon técnicas y metodologías para diseñar el pavimento flexible. Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de la composición del suelo y se empleó el Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones para la

planificación del diseño del pavimento. Se utilizó el método AASHTO 93 para determinar el grosor de la capa de pavimento para una vía de tercera categoría en un terreno accidentado con una longitud de 23,90 Km. Asimismo, llevó a cabo “el diseño de la señalización vial siguiendo las directrices del Manual de Dispositivos de Control de Tráfico Automotor para calles y carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del año 2016” (p. 15).

Alvarado y Vicente (2020) en su tesis “Diseño de la Carretera Vecinal, Tramo Cruce Filadelfia – Unión San José – El Limón, Distrito Callayuc, Cajamarca-2018”, llevado a cabo en la Universidad César Vallejo, tuvo como propósito el diseño de una vía vecinal con pavimento flexible en el distrito de Callayuc, ubicado en la provincia de Cutervo, en Cajamarca. Con el fin de alcanzarlo, se realizó una investigación descriptiva que incluyó recorridos de campo, entrevistas a los habitantes, y estudios de registro topográfico, estudios de suelos y fuentes de agua, hidrología y estructuras, así como el diseño geométrico, pavimento flexible y señalización, impacto ambiental, daño a la propiedad, tráfico e impacto vial. Además, se analizaron las vulnerabilidades y riesgos, así como los costos y presupuestos (p. 43).

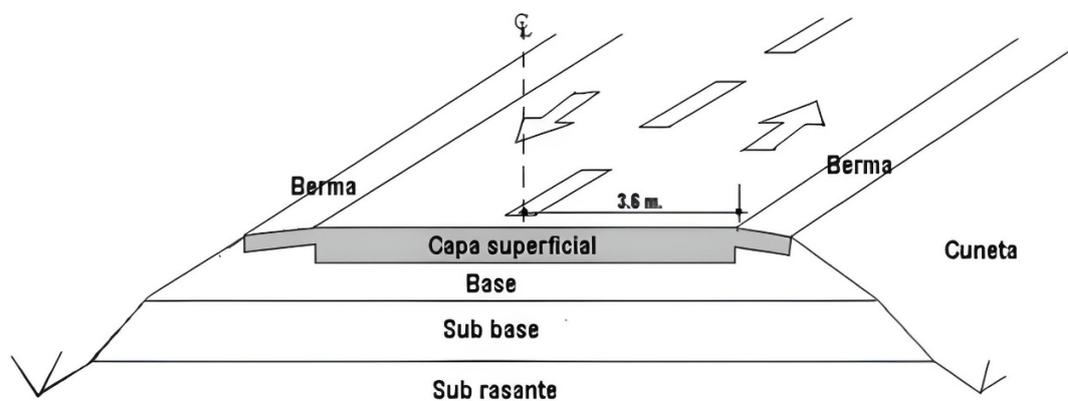
Como **bases teóricas** es pertinente definir **pavimento flexible**, Montejo (1997) precisa que “un tipo de pavimento que consta de una capa asfáltica que reposa sobre dos capas no rígidas, conocidas como base y subbase”. También aclara que “la presencia o ausencia de la base o subbase en un pavimento flexible puede fluctuar según factores y requisitos específicos de cada proyecto” (Montejo, 1997, p. 2).

La configuración del pavimento flexible está formada por la **capa de rodadura** o superficial, que es “la capa superior de un pavimento flexible y tiene la función de soportar directamente el tráfico, compuesta por material bituminoso” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 21), la capa **base** “ubicada debajo de la capa de rodadura y su función principal es resistir, distribuir y transferir las cargas generadas por el tráfico”, esta capa “está conformada por un material granular con capacidad de drenaje, con un CBR igual o superior al 80%, o puede ser estabilizada con asfalto, cal o cemento” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 21) y la **Subbase** “una

capa formada por un material específico con un espesor calculado, que proporciona soporte a la capa base y a la capa de rodadura” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 21), además, “se utiliza para drenar y controlar la capilaridad del agua ... dependiendo del tipo, diseño y tamaño del pavimento, esta capa puede no ser requerida ... puede consistir en un material granular (con un CBR \geq 40%) o puede ser tratada con asfalto, cal o cemento” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 21).

Figura 1

Estructura de un pavimento flexible



Nota. La figura representa la arquitectura estándar de un pavimento con revestimiento bituminoso. Fuente: Monsalve *et al.* (2012, p. 22)

El **diseño de pavimento flexible**, es el “proceso que establece los espesores, propiedades, métodos de construcción y mantenimiento de los elementos que conforman la estructura del pavimento” (Menéndez, 2016, p. 10).

Los **elementos** a tener en cuenta en la elaboración del **diseño**; **el tránsito**, “considera las cargas más elevadas por eje que se anticipan en el carril de diseño durante el período de diseño ... pueden ser simples, tándem o trídem y son importantes porque determinarán la composición estructural y diseño de la vía.” (Montejo, 1997, págs. 8-9); **la subrasante**, “el grosor del pavimento está directamente relacionado con la calidad de esta capa, ya que su efectividad se evalúa mediante su capacidad de resistir deformaciones bajo esfuerzos cortantes generados por la carga del tráfico” (Monsalve *et al.*, 2012, p. 26); **el clima**, para Montejo (1997) “la capa asfáltica es altamente sensible a los

cambios térmicos, lo que puede resultar en deformación o agrietamiento debido a la variación en su módulo de elasticidad, esto puede resultar en una disminución de la calidad del servicio de la vía” (págs. 9-10).

Los **estudios requeridos** para el diseño de una superficie de carretera flexible:

Estudio de tráfico, “la evaluación precisa de la demanda de tráfico vehicular es un factor crítico que el Ingeniero debe considerar cuidadosamente para lograr un diseño exitoso de múltiples aspectos de la infraestructura vial, como el diseño estructural de un pavimento” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 62).

“El índice medio diario anual (IMDa) de secciones específicas de la carretera provee al diseñador vial los datos requeridos para establecer las especificaciones de diseño, clasificación y creación de programas de mejoramiento y mantenimiento” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018b, p. 103).

Según Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008) “el propósito del **estudio topográfico** consiste en obtener datos específicos y precisos en el terreno, los cuales son esenciales para la realización de un diseño efectivo y la creación posterior de los planos” (p. 181).

El **estudio de suelos** determinará la capacidad de la base donde se llevará a cabo la construcción del pavimento. Para Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) “la evaluación del terreno es esencial, ya que facilita la identificación de las características del suelo y asegura la adecuada planificación de la infraestructura del pavimento.” (p. 25). Destaca que “si los datos y muestras remitidas para análisis no son reflejo fiel de la realidad, aunque las pruebas realizadas sean rigurosas y con un elevado nivel de precisión, los resultados obtenidos no serán útiles ni significativos para los objetivos perseguidos” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 25). Se presenta un desglose de los ensayos en la **Tabla 1**.

Tabla 1*Ensayos de mecánica de suelos*

Relación de ensayos	ASTM	MTC	Propósito
Análisis del tamaño de partículas mediante tamizado	D 422	E 107	Analizar la distribución de partículas en el suelo en función de su tamaño
Nivel de humedad	D 2216	E 108	Determinar el contenido de humedad del suelo
Límite líquido (tamiz N.º 40)	D 4318	E 110	Encontrar el contenido de humedad en el rango entre los estados líquido y plástico (límite líquido)
Límite plástico e IP (tamiz N.º 40)	D 4318	E 111	Determinar la cantidad de humedad presente en estados de plasticidad y semisólidos (límite plástico), e índice de plasticidad
Compactación en laboratorio del suelo con una energía modificada, 2700 kN-m/m ³ , 56000pie-lbf/pie ³	D 1557	E 115	Establecer la correlación entre la humedad y peso unitario de los suelos (curva de compactación)
La Relación de Soporte de California (CBR) de compactación de suelos en laboratorio.	D 1883	E 132	Evaluar la capacidad de carga de la subrasante para soportar la carga.
Tipo de clasificación	ASTM	MTC	Propósito
Categorización de suelos con fines de ingeniería (SUCS)	D 2487	--	Clasificación del suelo
Categorización de suelos para su utilización en infraestructuras de transporte (AASHTO)	D 3282	--	Clasificación del suelo

Nota. Elaboración propia.

Diseño de acuerdo al procedimiento del método AASHTO de 1986/1993.

(Menéndez, 2009, p. 91).

- Calcular el flujo de vehículos durante el lapso de diseño (W18).
- Determinar la confiabilidad R y la desviación estándar So.
- Establecer el valor efectivo de resiliencia del suelo subrasante Mr.
- Determinar la degradación de serviciabilidad de diseño.
- Obtener el valor numérico estructural SN (ábaco o fórmula).
- Determinar el grosor o espesor nominal SN.

Para Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018a) la **transitabilidad** es “la eficiencia del sistema de carreteras que asegura que la misma esté en un estado adecuado que permita un tráfico fluido en un tiempo específico” (p. 22).

Según Castillo (2016) la **transitabilidad** “simplifica la movilidad de automóviles y pasajeros de forma continua, lo que les permite moverse de un lugar a otro” (como se citó en Castillo, 2017, p. 29).

Según Fernández (2017), la **transitabilidad** “se puede evaluar la eficiencia de la infraestructura vial mediante la medición de los índices PSI, los cuales indican el grado de servicio que brinda el pavimento y su vinculación con la fluidez del tráfico en la carretera” (como se citó en Castillo, 2017, p. 29).

Para Castillo (2017) la **transitabilidad** se refiere a “la evaluación del nivel de servicio de una vía durante un período específico y se clasifica en una escala que va desde intransitable hasta excelente ... un puntaje de 0 significa que el pavimento es intransitable, mientras que un puntaje de 5 significa que el pavimento es excelente” (p. 30).

“Se tiene en cuenta factores como la proyección de crecimiento vehicular, la capacidad de la vía, la seguridad y la eficacia del flujo vehicular”. Además, “el resultado es utilizado para tomar decisiones acerca de cómo mejorar, construir y mantener la infraestructura de transporte” (Ministerio de Economía y Finanzas, 2011, págs. 24–25).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Para Hernández y Mendoza (2018), “una investigación tiene dos propósitos esenciales: a) generar saberes y construir teorías (investigación básica), y b) solucionar problemas prácticos (investigación aplicada)” (p. XXIV).

Esta investigación aborda un problema práctico y relevante, que busca determinar si el pavimento flexible tiene una influencia en la transitabilidad. En este sentido, se considera una **investigación aplicada** que busca producir soluciones concretas y útiles para la sociedad relacionada con la infraestructura vial y el tráfico vehicular.

El enfoque cuantitativo “emplea la recopilación de información para poner a prueba hipótesis mediante el uso de mediciones numéricas y análisis estadístico, con el objetivo de identificar patrones de comportamiento y corroborar teorías” (Hernández et al., 2014, p. 4).

Esta investigación adopta un **enfoque cuantitativo**, que implica el análisis y evaluación de datos numéricos a través de la recopilación de datos cuantitativos utilizando instrumentos estandarizados y la utilización de análisis estadísticos para procesar los datos y obtener conclusiones.

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), la definición de diseño no experimental es “un tipo de estudio en el que las variables no son manipuladas, y los fenómenos son observados en su entorno natural para su subsiguiente análisis” (p. 175). Además, los autores indican que “las investigaciones transversales capturan información en un instante específico” (p. 177).

Tomando en cuenta las definiciones presentadas anteriormente, la actual investigación adopta un **diseño no experimental transversal**. Esto implica que se recolectará información en un momento específico, sin alterar intencionalmente las variables independientes, con el objetivo de determinar la influencia del pavimento flexible en la transitabilidad. Los patrones identificados podrían resultar valiosos para la planificación y desarrollo de soluciones para mejorar la transitabilidad en zonas rurales.

3.2. Variables y operacionalización

Espinoza (2018) menciona que: “[**variable independiente** (causa)] aquella que es sometida a la manipulación o control del investigador con el fin de observar su efecto en otras variables en un estudio... es un factor que se supone causa un cambio en la variable dependiente” (p. 44).

Independiente: **Pavimento flexible**

Según Avalos (2014) la **variable dependiente** “es aquella que se mide u observa para medir el efecto de las variables independientes en ella” (como se citó en Espinoza, 2018, p. 46).

Dependiente: **Transitabilidad**

Para Medina (2015) “**operacionalizar** es el proceso de definir y especificar cómo una variable abstracta o conceptual se medirá o será observada en términos concretos y medibles en un estudio o investigación ... implica establecer las reglas y procedimientos para la recopilación y estudio de información relacionada con la variable” (p. 11).

La tabla que describe cómo se han definido y medido las variables está incluida en el Anexo 2.

3.3. Población, muestra y muestreo

Hernández *et al.* (2010) sostiene que la población, es “la totalidad de elementos o individuos a los que se hace referencia en la investigación” (como se citó en Castillo, 2017, p. 38).

Por lo que la **población** en estudio es el tramo de vía, Mirador Bellavista – San Vicente Alto, del km 0+000 al km 3+420.

Si hablamos de **muestra**, López (2004) sostiene que “es un grupo representativo que muestra características típicas de la población en cuestión, elegido para ser estudiado con el fin de obtener información y conocimiento sobre la población en su totalidad” (p. 69). Asimismo, Bernal (2010) menciona que: “la elección de la muestra se hace de manera cuidadosa para asegurarse de que sea representativa de la población y que

permita obtener conclusiones válidas y confiables sobre la población” (p. 161).

Para este estudio, la **muestra** está compuesta por tramo de vía, **Mirador Bellavista – Barrio Delta**, del **km 0+000** al **km 1+700**.

Finalmente, si hablamos del muestreo, Hernández *et al.*, (2006) sostiene: “El muestreo es un proceso utilizado en investigaciones científicas para seleccionar un subconjunto de la población que es objeto de análisis”. Además, menciona que “el objetivo del muestreo es seleccionar un grupo representativo de la población para que los resultados derivados de la muestra sean extrapolables a la población en su totalidad” (como se citó en Otzen y Manterola, 2017, p. 227).

Otzen y Manterola (2017) sustentan que “en el tipo no probabilístico, no todos los miembros de la población tienen una probabilidad igual de ser elegidos para formar parte de la muestra” (p. 228). También sostienen que: “[muestreo no probabilístico por conveniencia] se fundamenta en la elección arbitraria o en el criterio del investigador para elegir los componentes de la muestra poblacional para incluir en la muestra” (Otzen y Manterola, 2017, p. 228).

El modelo de **muestreo** elegido para nuestro estudio es **no probabilístico por conveniencia**, dado que la muestra de la población se basó en nuestra necesidad de investigación y por la proximidad geográfica, además, es la técnica de muestreo menos costosa.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Bernal (2010) especifica que “es esencial utilizar técnicas de recopilación de datos para cumplir con los objetivos establecidos y verificar la hipótesis de investigación, ya sea de manera individual o combinada” (como se citó en Castillo, 2017, p. 40).

Piza *et al.* (2019) menciona que “los métodos de observación posibilitan obtener un registro del comportamiento en tiempo real, evitando errores y asegurando una mayor precisión en la recopilación de información” (p. 457).

Se utilizó la **observación simple** y el análisis crítico, ya que nuestro propósito solo fue obtener información fundamental para la investigación en cuestión.

Ruiz Bolívar (2002) da a conocer que: “los instrumentos de recolección de datos se categorizan basándose en el método de evaluación utilizado, su propósito (pruebas, exámenes, escalas, cuestionarios, listas de verificación o pautas de observación, guiones de entrevistas y diarios de campo) ... la forma de aplicación y el tiempo disponible para responder” (como se citó en Useche et al., 2019, p. 31).

Usamos formatos como **herramientas para recopilar información**. Todas estas herramientas cumplieron con las normativas vigentes, esto permitió asegurar que todo lo realizado sea verás y confiable. Utilizamos nuestra capacidad analítica para unir todos los estudios y realizar cálculos, y así desarrollar un resumen final bien argumentada que apoyará nuestra investigación.

Adema se utilizaron:

- Los paquetes de Office 365, Autodesk y ArcGIS.
- En el estudio topográfico, libreta de campo, estación total, GPS y winchas.
- En el estudio de suelos se utilizó información preexistente.
- La observación directa para el estudio de tráfico.

3.5. Procedimientos

Para la elaboración del informe se usó los datos recolectados en campo, se pudo realizar las tareas de análisis en el entorno de oficina, lo cual fue un requisito esencial para llevar a cabo la evaluación de los resultados obtenidos. Para la elaboración de la presente investigación y asegurar un proceso completo, se requirió como mínimo la implementación de las siguientes etapas (**ver Figura 2**):

Figura 2

Recolección, procesamiento y análisis de datos



Nota. Elaboración propia.

Forma de recopilación de información:

✓ **Estudios preliminares.**

Para la descripción actual de la vía se tomó como referencia el eje preliminar del proyecto del levantamiento topográfico con Estación total, todos ellos se han georreferenciado con progresivas que se desplazan por toda la plataforma existente.

El Levantamiento Topográfico y el Cálculo de las Coordenadas (UTM), se ejecutaron tomando como referencia la coordenada del hito geodésico oficial del Instituto Geográfico Nacional (IGN) del Perú, más cercano que existe en la zona, y que es el "CJ01".

Para ejecutar la nivelación se buscó información acerca de algún BM cercano al área de estudio en el Instituto Geográfico Nacional, sin embargo, no se pudo conseguir la información de BMs, por lo tanto, para todos los trabajos topográficos se ha empleado coordenadas y cota de este punto: **Este = 773,741.862, Norte = 9'207,007.283 y Cota 2984.234 m.s.n.m.**

Con el software ArcGIS, se procesó las coordenadas UTM obtenidas durante el levantamiento topográfico y se obtuvieron las curvas de nivel y otras características presentes en la zona de estudio.

Estos datos fueron posteriormente transferidos al software Civil 3D para llevar a cabo la planificación de la ruta de la carretera de acuerdo con las

normativas y especificaciones requeridas. Este software brinda la capacidad de simular y evaluar diferentes opciones de diseño, permitiendo tomar decisiones más precisas y eficientes en la planificación final de la carretera.

✓ **Estudio de tráfico (veh/día).**

La medición de la circulación de vehículos se realizó en la estación 1 "Mirador Bellavista", un lugar estratégico y el punto de inicio de la vía, situado en el kilómetro 00+000.

El conteo se realizó durante una semana consecutiva, del 1 al 7 de diciembre de 2022, tomando en cuenta días laborables de lunes a sábado y el día no laborable (domingo). Se registraron tanto los vehículos de entrada como los de salida, durante un periodo de 12 horas diarias, desde las 06:00 am hasta las 06:00 pm.

La clasificación vehicular se realizó en conformidad con el Formato 1 Clasificación Vehicular (Anexo 3) de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Se utilizó la información recopilada en campo para evaluar la cantidad de tráfico actual y hacer una predicción del tráfico futuro. Con estos datos, se determinaron los requerimientos de tráfico necesarios (ejes equivalentes) para diseñar adecuadamente la carretera.

✓ **Diseño estructural.**

Estudio de suelos

Para las características del suelo se utilizó fuentes secundarias de carácter complementario provenientes de Provias Descentralizado y la Municipalidad Provincial de Cajamarca, existentes para la sección evaluada.

Se verificaron los datos recopilados para asegurarse de que cumplieran con las normas establecidas por las regulaciones peruanas relacionadas con la construcción de vías, tales como el Manual de Carreteras, que especifica las profundidades y cantidades necesarias de calicatas para

cada tipo de carretera. En las Tablas 7A y 7B del Anexo 7, se presentan detalles de los números de excavaciones para la investigación de las características del suelo y los ensayos CBR.

Los estudios de tamaño de partículas, propiedades de consistencia y ensayos de Proctor Modificado y CBR proporcionaron información importante sobre el tamaño de las partículas, la estabilidad, la capacidad de moldearse, la máxima densidad en estado seco y el nivel de humedad presente en el terreno, así como la resistencia del terreno ante esfuerzos cortantes. Con esta información, se pudo evaluar la calidad del suelo con el fin de desarrollar el diseño de la superficie de la carretera y asegurarse de cumplir con las normas peruanas aplicables.

Espesores del pavimento

Para determinar el grosor adecuado de la capa que conforma la estructura del pavimento, se utilizó el Método AASHTO 1993. Este proceso siguió las guías establecidas en el “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (RD N° 10-2014 - MTC/14)”.

✓ **Transitabilidad Vehicular.**

Una vez recolectado y analizado la cantidad de vehículos en circulación durante el primer año de funcionamiento, se proyectó su evolución a lo largo del horizonte de evaluación mediante el uso del % de tráfico normal con base en la intervención de **mejoramiento**. En la Tabla 2 se muestra el % de tráfico normal para cada tipo de intervención.

Tabla 2

% de tráfico para cada tipo de intervención

Tipo de intervención	% de tráfico normal
Rehabilitación	10 %
Mejoramiento	15 %

Nota. Extraído de “Caminos vecinales: Guía para la formulación de proyectos de inversión” del Ministerio de Economía y Finanzas, 2011, p. 25.

✓ Procesamiento de datos obtenidos en campo y laboratorio.

- ✓ Se organizó y representó los datos mediante gráficas, tablas y planos.
- ✓ **Contraste de hipótesis**

Para el contraste de hipótesis utilizamos el método estadístico **chi cuadrado**, que mide la disparidad entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas en cada categoría de una variable.

Es importante tener en cuenta que contrastar una hipótesis no significa probarla, sino simplemente evaluar su validez a través de la recolección y análisis de información.

La regla de decisión establecida para el análisis estadístico es la siguiente:

- Si el nivel de significancia (α) es igual o mayor a 0.05, se concluye que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula (H_0), lo cual implica que no se encuentra una diferencia significativa entre los datos analizados, en cambio;
- Si α tiene un valor igual o menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo cual implica que se encuentra una diferencia estadísticamente significativa entre los datos analizados.

Para calcular el Chi-cuadrado de Pearson se utilizó Excel, ya que nuestros datos son mínimos, para datos mayores es necesario usar software especializado.

3.6. Método de análisis de datos

Se aplicó el procedimiento establecido por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) de 1993 en el proceso de diseño de la superficie de la carretera con pavimento flexible.

Se utilizaron diversas herramientas tecnológicas en la evaluación de la información recogida, como software de diseño asistido por computadora (CAD) como AutoCAD, Civil 3D, y aplicaciones de hojas de cálculo, con el objetivo de llevar a cabo el análisis exhaustivo del estudio de flujo vehicular, diseñar la estructura del pavimento y proyectar la transitabilidad vehicular.

Además, se utilizaron programas del paquete de Office y de Autodesk para llevar a cabo el análisis de manera eficiente y precisa.

3.7. Aspectos éticos

Esta investigación cumple con todas las normas y estándares establecidas por la Universidad César Vallejo para garantizar su originalidad y cumplimiento con los estándares éticos y legales.

Se tuvo en cuenta aspectos éticos como: los derechos de autor, se respetó los derechos de autoría referenciándolos en esta investigación, se avaló la confiabilidad del resultado mediante certificados de calibración y la firma de especialistas en cada informe de laboratorio y el análisis de similitud mediante el software Turnitin. Se presentó la información sin alterar su veracidad.

IV. RESULTADOS

Estudios preliminares

El tramo de vía Mirador Bellavista – Barrio Delta se extiende por una distancia de 1.700 kilómetros desde el punto kilométrico 0+000, y está compuesta por una superficie de pavimento afirmado. La Tabla 3 muestra su ubicación política y geográfica. Para una ubicación más detallada, se puede consultar el Plano 1, Anexo 4.

Tabla 3

Ubicación

Política		Cartográfica	
Región, Provincia y Distrito	Cajamarca	Zona	17 M
Localidades en la vía	Cajamarca	Proyección	Transversa de Mercator
Longitud de diseño	1.700 KM	Datum vertical	Nivel medio del mar
Zona del proyecto	Rural	Datum horizontal	WGS84
Región natural	Sierra	Hemisferio	Sur

Nota. La tabla muestra la ubicación política y cartográfica. Elaboración propia.

Situación actual de la vía

El tramo se inicia en el punto donde termina la zona urbana del casco urbano de la ciudad de Cajamarca, a unos 200 m antes de llegar a la zona “El Mirador Bellavista” en el Barrio Quiritimayo, km 0+000 al km 1+700, la carretera se desplaza a media ladera inicia en el Barrio Quiritimayo, pasando por el Barrio Delta hasta llegar a la cumbre. Este tramo (0+000-1+700) tiene una plataforma existente promedio de 6.22 m, con cunetas de 1.0 m de ancho quedando 5.22 m para bermas en ambos lados y 2 carriles, con una variación de pendientes entre 1.09% y 9.66%.

Topografía

En la Tabla 4 y en el Formato 2 (Anexo 3) se muestra los puntos topográficos, punto inicio con coordenadas Este 773,575.13m y Norte 9'207,001.06m y punto final con coordenadas Este 773,417.39m y Norte 9'206,870.79m.

Tabla 4

Puntos topográficos de inicio y fin

	Progresiva	Este	Norte
Inicio	0+000.00	773,575.13	9'207,001.06
Final	1+700.00	773,417.39	9'206,870.79

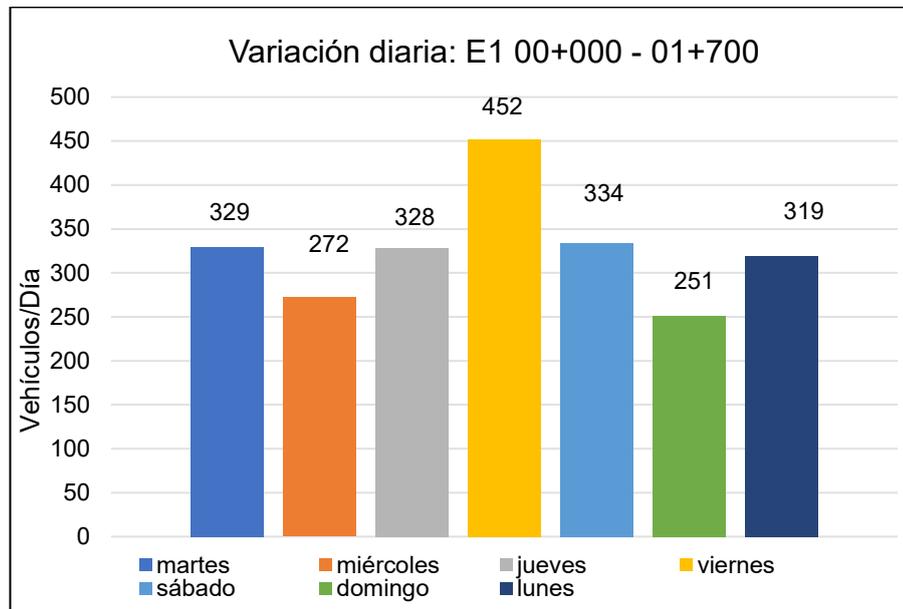
Nota. Puntos topográficos de inicio y fin del tramo resultado del levantamiento topográfico realizado. Elaboración propia.

Estudio de tráfico

La Figura 3 ilustra la fluctuación diaria del tráfico vehicular, indicando que los viernes se registra un mayor movimiento de vehículos, a diferencia de los domingos que se observa una menor cantidad de tráfico.

Figura 3

Variación diaria



Nota. Cambios diarios en la Estación 1. Elaboración propia.

Tabla 5*Clasificación vehicular promedio semanal diario por tipo de vehículo*

Clase de transporte	Total Semanal	Porc. %	IMDsΣ Vi/7
VEHÍCULOS LIGEROS (V.L)			
Automoviles + Station Wagon	1272	55,67	182
Camioneta (Pikup / Panel)	381	16,67	54
Rural (combi)	322	14,09	46
Micro	2	0,09	-
VEHÍCULOS PESADOS (V.P)			
Ómnibus 2E	28	1,23	4
Ómnibus 3E	20	0,88	3
Camión 2E	180	7,88	26
Camión 3E	76	3,33	11
Camión 4E	-	-	-
Semitraylers 2s3	-	-	-
Semitraylers 3s2	-	-	-
Semitraylers >=3S3	4	0,18	1
TOTAL	2285	100,00	326

Nota. La Tabla presenta un resumen del conteo y clasificación vehicular, expresado tanto en números absolutos como en porcentajes. Elaboración propia.

índice diario medio Anual (IMDa)

Ecuación 1: Índice medio diario anual

$$IMDa = IMDs \times FC$$

Tabla 6*Factores de Corrección Estacional 2010 – 2016 – Peaje Ciudad de Dios*

Proyecto	Unidad de peaje	Mes	FC veh. livianos	FC veh. livianos
MIRADOR BELLAVISTA – SAN VICENTE ALTO	CIUDAD DE DIOS	DICIEMBRE	0,65494263	0,663933536

Nota. El factor de corrección se extrajo de “Factor de Corrección promedio para vehículos ligeros y pesados (2016)” correspondiente al punto de peaje Ciudad de Dios. Elaboración propia.

Tabla 7*Índice Medio Diario Anual*

Clase de transporte	Total Semanal	IMDsΣ Vi/7	FC	IMDa (IMDs x FC)
Vehículos Ligeros (V.L)				
Automoviles + Station Wagon	1272	182	0,65494263	120
Camioneta (Pikup / Panel)	381	54	0,65494263	36
Rural (combi)	322	46	0,65494263	31
Micro	2	-	0,65494263	1
Vehículos Pesados (V.P)				
Ómnibus 2E	28	4	0,663933536	3
Ómnibus 3E	20	3	0,663933536	2
Camión 2E	180	26	0,663933536	18
Camión 3E	76	11	0,663933536	8
Camión 4E	-	-	0,663933536	-
Semitraylers 2s3	-	-	0,663933536	-
Semitraylers 3s2	-	-	0,663933536	-
Semitraylers \geq 3S3	4	1	0,663933536	1
TOTAL	2285	326		220

Nota. La tabla muestra IMDa que se calculó aplicando la Ecuación 1. Elaboración propia.

En la tabla 7 se presenta el índice promedio diario anual (IMDa) correspondiente a cada categoría de vehículo, lo que permite identificar la contribución relativa de cada tipo de vehículo al desgaste de la superficie de la carretera. Al analizar estos datos, es posible determinar qué tipo de vehículos son responsables de una mayor cantidad de daño y, por lo tanto, podrían requerir una mayor atención y mantenimiento.

Tabla 8*Resumen de tráfico vehicular*

Resumen de tráfico vehicular		
IMDa (Veh/día)		
Clase de transporte	IMDa	Distrib. %
Automoviles + Station Wagon	120	54,5%
Camioneta (Pikup / Panel)	36	16,4%
Rural (combi)	31	14,1%
Micro	1	0,5%
Ómnibus 2E	3	1,4%
Ómnibus 3E	2	0,9%
Camión 2E	18	8,2%
Camión 3E	8	3,6%
Camión 4E	-	-
Semitraylers 2s3	-	-
Semitraylers 3s2	-	-
Semitraylers >=3S3	1	0,5%
TOTAL IMDa	220	100,0%

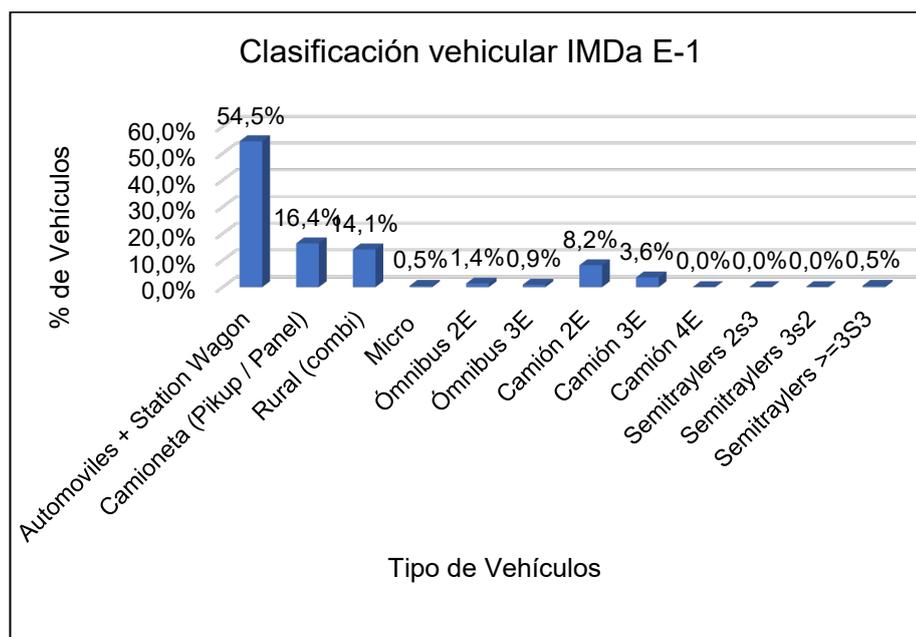
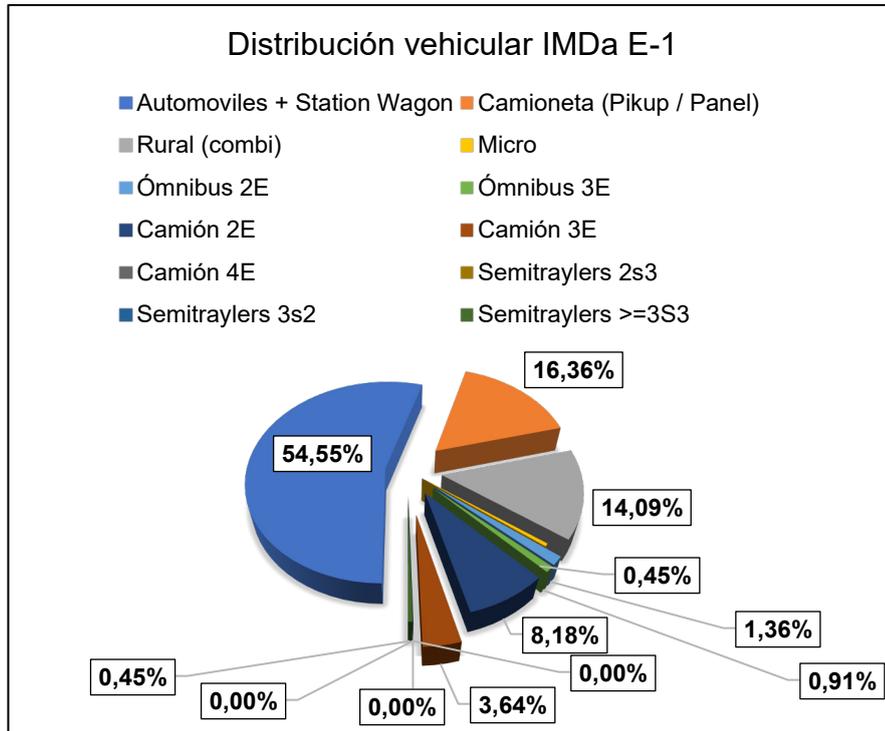
Nota. Resumen de IMDa y distribución. Elaboración propia.**Figura 4***Clasificación vehicular IMDa**Nota.* Clasificación vehicular del IMDa en porcentajes. Elaboración propia.

Figura 5

Distribución vehicular IMDa



Nota. Distribución vehicular IMDa en %. Elaboración propia.

La Tabla 8 y las Figuras 4 y 5 presenta la distribución vehicular IMDa en porcentaje, donde se puede observar que los vehículos ligeros tienen la mayor participación, representando más del 85,4% del total. Por otro lado, los vehículos pesados tienen una participación menor en la IMDa, con un porcentaje combinado de menos del 14.6%.

Factor direccional y factor carril

Tabla 9

Factor de Distribución Direccional y de Carril

N° de calzadas	N° de sentidos	N° de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50

Nota. El factor ponderado se determinó teniendo en cuenta una calzada, según se presenta en la Tabla 7G del Anexo 7. Elaboración propia.

Factor Camión (F.C.)

Tabla 10

Factor Camión

Tipo de Vehículos	F.C.
Vehículos Ligeros (V.L)	
Automoviles + Station Wagon	0,0050
Camioneta (Pikup / Panel)	0,0050
Rural (combi)	0,0050
Micro	2,5356
Vehículos Pesados (V.P)	
Ómnibus 2E	2,5356
Ómnibus 3E	1,4712
Camión 2E	2,4659
Camión 3E	1,8430
Camión 4E	0,9857
Semitraylers 2s3	3,6850
Semitraylers 3s2	2,9924
Semitraylers >=3S3	2,8201

Nota. El Factor Camión fue hallados en base a la Configuración de Ejes de la Tabla 7H (Anexo 7), el valor que presenta cada Tipo de Eje de la Tabla 7I (Anexo 7) y la carga efectiva por eje se midió en toneladas. Elaboración propia.

Presión de neumáticos (Fp)

El factor Fp se determinó con el valor mínimo de 80psi, resultando en un Fp= 1.00, de acuerdo con la Tabla 7J del Anexo 7.

Ejes equivalentes (EE)

Ecuación 2: Ejes Equivalentes

$$EE = IMDa \times Fd \times Fc \times F.C \times Fp$$

Tabla 11

Ejes equivalentes

Tipo de Vehículos	IMDa	Fc x Fd	F.C	Fp	EE
Vehículos Ligeros (V.L)					
Automoviles + Station Wagon	120	0,5	0,0050	1,0	0,30
Camioneta (Pikup / Panel Rural (combi)	36	0,5	0,0050	1,0	0,09
Micro	31	0,5	0,0050	1,0	0,08
	1	0,5	2,5356	1,0	1,27
Vehículos Pesados (V.P)					
Ómnibus 2E	3	0,5	2,5356	1,0	3,80
Ómnibus 3E	2	0,5	1,4712	1,0	1,47
Camión 2E	18	0,5	2,4659	1,0	22,19
Camión 3E	8	0,5	1,8430	1,0	7,37
Camión 4E	-	0,5	0,9857	1,0	0,00
Semitraylers 2s3	-	0,5	3,6850	1,0	0,00
Semitraylers 3s2	-	0,5	2,9924	1,0	0,00
Semitraylers >=3S3	1	0,5	2,8201	1,0	1,41

Nota. La determinación de los ejes equivalente se obtuvo con la Ecuación 2.

Elaboración propia.

La Tabla 11 muestra información detallada sobre los ejes equivalentes de los diferentes tipos de vehículos, los cuales junto con el Factor de crecimiento se utilizaron para calcular los Ejes equivalentes acumulados a lo largo del tiempo, según se muestra en la Tabla 12. Estos cálculos brindaron información valiosa sobre la evolución del tráfico y su impacto en la carretera.

Factor de crecimiento (Fca)

El Fca se determinó en base a las tasas anuales de crecimiento de la región de Cajamarca, crecimiento poblacional para vehículos livianos (V.L) y del PBI para vehículos pesados (V.P) del 0,57% y 1,29%, respectivamente. Para un etapa de diseño único de 20 años.

Se determinó el Fca mediante la utilización de la Ecuación 3.

Ecuación 3: Factor de crecimiento

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Fca para Vehículos Ligeros (V.L):

$$Fca_{VL} = \frac{(1 + 0,0057)^{20} - 1}{0,0057}$$

$$Fca_{VL} = 21,1209$$

Fca para Vehículos Pesados (V.P):

$$Fca_{VP} = \frac{(1 + 0,0129)^{20} - 1}{0,0129}$$

$$Fca_{VP} = 22,6515$$

Ejes equivalentes acumulados (Trafico de diseño)

Ecuación 4: Trafico de diseño

$$W18 = \sum EE \times Fca \times 365$$

Tabla 12

Cálculo de ESAL

Tipo de Vehículos	IMDa	EE	Fca	ESAL
Vehículos Ligeros (V.L)				
Automoviles + Station Wagon	120	0,3	21,1209	2312,73855
Camioneta (Pikup / Panel)	36	0,09	21,1209	693,821565
Rural (combi)	31	0,0775	21,1209	597,4574588
Micro	1	1,2678	21,1209	9773,633112

Tipo de Vehículos	IMDa	EE	Fca	ESAL
Vehículos Pesados (V.P)				
Ómnibus 2E	3	3,8034	22,6515	31445,74101
Ómnibus 3E	2	1,4712	22,6515	12163,58368
Camión 2E	18	22,1931	22,6515	183488,0567
Camión 3E	8	7,372	22,6515	60950,20317
Camión 4E	-	-	22,6515	-
Semitraylers 2s3	-	-	22,6515	-
Semitraylers 3s2	-	-	22,6515	-
Semitraylers >=3S3	1	1,41005	22,6515	11658,00786
W18				313083,24

Nota. El cálculo de los Ejes equivalentes acumulados se realizó utilizando la Ecuación 4, circulación planificada para dos décadas. Elaboración propia.

Tráfico vehicular proyectado

Ecuación 5: Trafico de diseño

$$T_n = T_0 \times (1 + r)^n$$

Tabla 13

Tráfico vehicular proyectado

Clase de transporte	Año										
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Tráfico Normal	220	221	226	228	232	234	239	243	245	249	252
Automóvil + Station Wagon	120	121	123	124	126	127	129	130	132	133	135
Camioneta (Pickup/Panel)	36	36	37	37	38	38	39	39	39	40	40
Rural (combi)	31	31	32	32	32	33	33	34	34	34	35
Micro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ómnibus 2E	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
Ómnibus 3E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Camión 2E	18	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23
Camión 3E	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10
Camión 4E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitraylers 2s3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitraylers 3s2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitraylers >=3S3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Nota. El cálculo de la Proyección de Tráfico con la Ecuación 5. Tasas de crecimiento $r_{vl} = 0,57\%$ y $r_{vp} = 1,29\%$. Elaboración propia.

En la Tabla 13 se muestra una proyección minuciosa del flujo de vehículos durante un lapso de 20 años, utilizando el crecimiento anual de la región de

Cajamarca para el análisis de la demanda futura de la carretera. Esta información es valiosa para la planificación y estructuración de la carretera, permitiendo anticipar el nivel de tráfico futuro y asegurar que la carretera sea capaz de manejarlo eficientemente.

Diseño estructural

Estudio de suelos

Tabla 14

Relación detallada de calicatas ejecutadas en la vía

Calicata	Coordenadas UTM WGS 84	Datos de la vía		Datos de las exploraciones		
		Lado	Progresiva	Estrato	Muestra	Profundidad
C - 01	773577E - 9207004N	Izquierdo	KM 0+000	E - 01	M - 01	0.00 - 0.30m
				E - 02	M - 02	0.30 - 1.60m
C - 02	773806E - 9206955N	Derecho	KM 0+250	E - 01	M - 01	0.00 - 0.75m
				E - 02	M - 02	0.75 - 1.60m
C - 03	773592E - 9206969N	Izquierdo	KM 0+500	E - 01	M - 01	0.00 - 0.35m
				E - 02	M - 02	0.35 - 1.75m
C - 04	773338E - 9206982N	Derecho	KM 0+750	E - 01	M - 01	0.00 - 0.40m
				E - 02	M - 02	0.40 - 1.60m
C - 05	773108E - 9207085N	Izquierdo	KM 1+000	E - 01	M - 01	0.00 - 0.35m
				E - 02	M - 02	0.35 - 1.10m
C - 06	773037E - 9207008N	Derecho	KM 1+250	E - 01	M - 01	0.00 - 0.45m
				E - 02	M - 02	0.45 - 0.75m
				E - 03	M - 03	0.75 - 1.30m
C - 07	773241E - 9206941N	Izquierdo	KM 1+500	E - 01	M - 01	0.00 - 1.50m
C - 08	773406E - 9206833N	Derecho	KM 1+700	E - 01	M - 01	0.00 - 0.35m
				E - 02	M - 02	0.35 - 1.60m

Nota. La tabla presenta la información de las calicatas. Extraído de Provias Descentralizado y la Municipalidad Provincial de Cajamarca.

Propiedades físicas

Tabla 15

Resultados de las propiedades físicas

Calicata	Estrato	Muestra	% Retenido Tamiz N.º 04 4,75 mm	% Retenido Tamiz N.º 200 0.074 mm	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	Hum. Nat. (%)	SUCS	AASHTO
C - 01	E - 01	M - 01	48.2	84.0	N.P.	N.P.	N.P.	3.6	GM	A - 1 - b (0)
	E - 02	M - 02	31.6	84.5	N.P.	N.P.	N.P.	4.4	SM	A - 1 - b (0)
C - 02	E - 01	M - 01	33.6	83.7	27.4	23.2	4.2	13.3	SM	A - 1 - b (0)
	E - 02	M - 02	40.1	84.3	N.P.	N.P.	N.P.	12.2	SM	A - 1 - b (0)
C - 03	E - 01	M - 01	48.6	84.0	N.P.	N.P.	N.P.	4.9	GM	A - 1 - b (0)
	E - 02	M - 02	39.4	83.8	N.P.	N.P.	N.P.	5.8	SM	A - 1 - b (0)
C - 04	E - 01	M - 01	52.5	86.5	N.P.	N.P.	N.P.	4.3	GM	A - 1 - b (0)

Calicata	Estrato	Muestra	%	%	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	Hum. Nat. (%)	SUCS	AASHTO
			Retenido Tamiz N.º 04 4,75 mm	Retenido Tamiz N.º 200 0.074 mm						
C - 05	E - 02	M - 02	40.2	84.0	N.P.	N.P.	N.P.	4.1	SM	A - 1 - b (0)
	E - 01	M - 01	69.0	93.2	15.7	N.P.	N.P.	1.5	GP-GM	A - 1 - a (0)
	E - 02	M - 02	55.9	92.3	N.P.	N.P.	N.P.	3.1	GW-GM	A - 1 - a (0)
C - 06	E - 01	M - 01	44.9	86.4	19.7	N.P.	N.P.	7.1	GM	A - 1 - b (0)
	E - 02	M - 02	33.0	86.1	N.P.	N.P.	N.P.	9.7	SM	A - 1 - b (0)
C - 07	E - 03	M - 03	40.2	86.1	N.P.	N.P.	N.P.	11.1	SM	A - 1 - b (0)
	E - 01	M - 01	24.8	82.1	N.P.	N.P.	N.P.	7.0	SM	A - 1 - b (0)
C - 08	E - 01	M - 01	46.2	85.3	N.P.	N.P.	N.P.	3.6	GM	A - 1 - b (0)
	E - 02	M - 02	35.7	87.2	N.P.	N.P.	N.P.	15.5	SM	A - 1 - b (0)

Nota. La clasificación se realizó de acuerdo con las Tablas 7C, 7D, 7E y 7F del Anexo 7. Extraído de Provias Descentralizado y la Municipalidad Provincial de Cajamarca.

Propiedades mecánicas

Tabla 16

Resultados de las propiedades mecánicas

Calicata	Muestra	Proctor modificado		CBR al 95% (0.1")
		Óptimo de humedad (%)	Máxima densidad Seca (gr/cm3)	
C - 01	M - 02	13.1	1.772	39.0
C - 05	M - 02	4.8	2.189	84.0
C - 08	M - 02	20.9	1.712	14.7

Nota. La tabla muestra las características mecánicas del suelo. Extraído de Provias Descentralizado y la Municipalidad Provincial de Cajamarca.

CBR de diseño

Tabla 17

Categorización de subrasante

Progresiva	CBR	Categoría
0+000	39.0	S5: subrasante Excelente
1+000	84.0	S5: subrasante Excelente
1+700	14.7	S3: subrasante Buena

Nota. Categorización realizada conforme a la Tabla 7L (Anexo 7). Elaboración propia.

Descripción de los suelos (Tablas 15, 16 y 17)

El tramo objeto de estudio cuenta con una extensión de longitud de 1700 metros y se caracteriza por presentar suelos compuestos principalmente de grava y arcilla o limo (GM, SM, GP-GM, GW-GM), con un índice de plasticidad no plástico (IP=N.P) y una baja plasticidad (IP<4.2). La subrasante ha sido clasificada según el método AASHTO como A-1-a, A-1-b, y se ha categorizado como una subrasante de calidad S3: Buena a S5: Excelente.

Espesores del pavimento

Consideraciones de diseño

Consideraciones de diseño establecidos por el “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (RD N° 03-2018-MTC/14)”.

Se ha establecido un declive suave no mayor al 0,5% para garantizar que el agua no se estanque en la superficie de la carretera y evitar problemas de inundación.

De acuerdo con las Tablas 6A y 6B del Anexo 6, para una vía de tercera categoría, se establece una velocidad planificada de 30 km/h y una inclinación máxima del 10%.

Tabla 18

Resumen de parámetros de diseño

Elementos de diseño RD N° 03-2018-MTC/14	
Categorización	
Por demanda	Carretera de Tercera Clase
Parámetros de diseño	
Calzadas	1
Carriles	1
IMDa	220 veh/día
Velocidad de diseño	30km/h
Pend. Mín.	0,50%
Pend. Máx.	10,00%
Radio Mín. curvatura	30,00 m
Radio Mín. excepcional	15,00 m
Ancho de calzada	5,00 m
Bombeo calzada %	2,50%

Elementos de diseño RD N° 03-2018-MTC/14	
Berma	0,50 m
Bombeo de berma %	4,00%
Peralte mínimo	2,20%
Peralte máximo	8,00%

Nota. La tabla resume los parámetros de diseño establecidos en el "Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (RD N° 03-2018-MTC/14)". Elaboración propia.

Variables de diseño

Se han tomado en cuenta las variables de diseño establecidas por el "Manual de carreteras RD N° 10-2014 – MTC/14" para garantizar que el diseño cumpla con las normas y estándares necesarios para su construcción y funcionamiento adecuado.

Trafico de diseño

Según el análisis de flujo vehicular realizado, se ha determinado un tráfico de diseño de 313083 (W18). Conforme a la Tabla 7K del Anexo 7, esto clasifica al tramo en estudio como tipo de tráfico T_{P2} .

Periodo de diseño

20 años tomando en cuenta una sola etapa de construcción.

CBR y Calidad de subrasante

Tabla 19

Categorización de subrasante para efectos de diseño

CBR	Categoría
39.0	S5: subrasante Excelente
84.0	S5: subrasante Excelente
14.7	S3: subrasante Buena

Nota. El CBR seleccionado para el diseño es 14,7%. Elaboración propia.

Módulo de resiliencia (Mr)

Ecuación 6: Cálculo de Mr

$$Mr = 2555 \times CBR^{0.64}$$

$$Mr = 2555 \times 14,7^{0.64} = \mathbf{14271,64 \text{ psi}}$$

Confiabilidad (R%)

Según la Tabla 7M del Anexo 7, se ha establecido una confiabilidad del 75% para el tipo de tráfico T_{P2}.

Desviación Estándar Normal (Zr)

Se ha establecido para una confiabilidad del 75%, un Zr de -0,674, de acuerdo con la Tabla 7N del Anexo 7.

Desviación Estándar Combinada (So)

Para los pavimentos con características flexibles, el valor de So es de 0,45.

Índice de serviciabilidad inicial (Pi)

Se adoptó un Pi de 3,80 para pavimentos flexibles de tipo de tráfico T_{P2}, según la Tabla 7O del Anexo 7.

Índice de Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)

Para la clase de circulación T_{P2} el Pt es de 2,00, lo cual indica que el pavimento debe tener una calidad aceptable al final del periodo de diseño, según la Tabla 7P del Anexo 7.

Numero Estructural (SN)

La ecuación es la siguiente:

Ecuación 7: Ecuación para el cálculo de SN

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9,39 \log_{10}(SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5}\right)}{0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10}(M_R) - 8,07$$

Figura 6

Número Estructural

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
75 % Zr=-0.674 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial 3.80 PSI final 2.00

Módulo resiliente de la subrasante
Mr 14271.64 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 313083.24**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 2.01

Calcular Salir

Nota. El número estructural SN es de 2,01. Software “Ecuación AASHTO 93”.
Elaboración propia.

Coeficientes estructurales de capas

Se usó los ábacos presentes en la Guía AASHTO 93 (Anexo 9), en concordancia con el CBR para base ($\geq 80\%$) y subbase ($\geq 40\%$) establecidos por el MTC.

Carpeta asfáltica (a_1)

Según la Figura 9A (Anexo 9), el valor de a_1 (cm) para la carpeta asfáltica con una estabilidad Marshall de 9000 N es de **0,43**.

Base (a_2)

El valor de a_2 (cm) para la base es de **0,13** según la Figura 9B (Anexo 9).

Subbase (a_3)

El valor de a_3 (cm) para la base es de **0,12** según la Figura 9C (Anexo 9).

Coeficientes de drenaje (m1 y m2)

Debido a la falta de información precisa sobre los tiempos de evacuación de lluvia, se asumió un valor de **1,00**.

Tabla 20

Resumen de variables de diseño

Elementos de diseño RD N° 10-2014 – MTC/14	
Variables de diseño	
Trafico de diseño	T_{P2}
Periodo de diseño	20 años
CBR subrasante	14,70%
CBR base	$\geq 80,00\%$
CBR subbase	$\geq 40,00\%$
R%	75%
Zr	-0,674
So	0,45
Pi	3,80
Pt	2,00
SN	2,01
Coeficientes estructurales de capas	
a1	0,43
a2	0,13
a3	0,12
m1 y m2	1,00

Nota. La tabla presenta un resumen de las variables de diseño establecidos, así como los índices estructural establecidos por la Guía AASHTO 93 en sus correspondientes ábacos. Elaboración propia.

Dimensiones mínimos

Tabla 21

Valores recomendados de Espesores Mínimos

Secciones de estructuras de pavimento flexible	Espesores mínimos
Carpeta asfáltica	6,00 cm
Base	15,00 cm
Subbase	15,00 cm

Nota. La tabla presenta los espesores mínimos recomendados para un tráfico de tipo T_{P2} , según la Tabla 7R del Anexo 7. Elaboración propia.

Numero Estructural Propuesto (SNR)

Utilizando la formulación matemática establecida por AASHTO, se calcularon las dimensiones en términos de espesor necesarios del pavimento flexible con base en los datos recolectados. Es importante tener en cuenta que estos valores pueden variar debido a la posible combinación de factores.

Ecuación 8: Ecuación para el cálculo de SNR

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Tabla 22

Valores de espesores del pavimento

Estructuras de pavimento flexible	Espesor (Calculado)	Espesor (Propuesto)
Carpeta asfáltica	5,08	6,00 cm
Base	15,24	15,00 cm
Subbase	15,24	15,00 cm

Nota. Las dimensiones de la estructura en términos de espesor del pavimento fueron determinados a través del método de tanteo, utilizando la herramienta Excel (Anexo 8), garantizando así la eficiencia y precisión en los cálculos. La tabla presenta los espesores en centímetros (cm). Elaboración propia.

Transitabilidad Vehicular

Tabla 23

Tráfico vehicular proyectado - "Tráfico Normal VS Tráfico Generado"

Clase de transporte	Año										
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Tráfico Normal	220	221	226	228	232	234	239	243	245	249	252
Automóvil + Station Wagon	120	121	123	124	126	127	129	130	132	133	135
Camioneta (Pikup/Panel)	36	36	37	37	38	38	39	39	39	40	40
Rural (combi)	31	31	32	32	32	33	33	34	34	34	35
Micro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ómnibus 2E	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
Ómnibus 3E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Camión 2E	18	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23
Camión 3E	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10
Camión 4E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitraylers 2s3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitraylers 3s2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitraylers >=3S3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tráfico Generado	38	39	39	39	39	40	41	42	42	42	43
Automóvil + Station Wagon	18	19	19	19	19	20	20	20	20	20	21
Camioneta (Pikup/Panel)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Rural (combi)	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6
Micro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ómnibus 2E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ómnibus 3E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Camión 2E	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
Camión 3E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Camión 4E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitraylers 2s3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitraylers 3s2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semitraylers >=3S3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IMDa TOTAL	258	260	265	267	271	274	280	285	287	291	295

Nota. El tráfico generado fue estimado en un 15% del tráfico normal, considerando una intervención de mejoramiento. Elaboración propia.

La estimación del tráfico generado (Tabla 23) se hizo considerando un aumento del 15% en el tráfico normal debido a una intervención de mejoramiento en la carretera. Esta información es relevante para el diseño de la carretera, pues posibilita la predicción de la demanda de tráfico con anticipación y planificar una carretera capaz de manejar eficazmente el tráfico adicional.

Contraste de hipótesis

Hipótesis General

Ha: El Pavimento flexible influye en la Transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022

Ho: El Pavimento flexible **NO** influye en la Transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022

Tabla 24

Pruebas de chi-cuadrado para Hipótesis General

Análisis de chi-cuadrado	
X ²	1,000
DF	10
Chi-cuadrado de Pearson	0,001

Nota. Estadístico chi cuadrado para las variables Pavimento flexible y Transitabilidad. Cálculo elaborado por Cristina Emely Colorado Huatay, Anexo 10 (Tabla 10A y Tabla 10B).

Según el cálculo del chi cuadrado realizado para las variables Pavimento flexible y Transitabilidad, se observa que la significancia es de 0,001, como este valor es menor a 0.05, se demostró que la hipótesis nula no es válida y se adoptó la hipótesis alternativa como verdadera.

Hipótesis específicas

Hipótesis específica 01

Ha: El Estudio de Trafico del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022

Ho: El Estudio de Trafico del Pavimento flexible **NO** influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022

Tabla 25

Pruebas de chi-cuadrado para Hipótesis específica 01

Análisis de chi-cuadrado	
X ²	1,000
DF	10
Chi-cuadrado de Pearson	0,004

Nota. Chi cuadrado realizado para las dimensiones Estudio de Tráfico y Vehicular. Cálculo elaborado por Cristina Emely Colorado Huatay, Anexo 10 (Tabla 10A y Tabla 10B).

Dado que el valor obtenido de la significancia 0,004, es menor a 0.05, se demostró que la hipótesis nula no es válida y se adoptó la hipótesis alternativa como verdadera.

Hipótesis específica 02

Ha: El Diseño estructural del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022

Ho: El Diseño estructural del Pavimento flexible **NO** influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022

Tabla 26

Pruebas de chi-cuadrado para Hipótesis específica 02

Análisis de chi-cuadrado	
X ²	1,000
DF	10
Chi-cuadrado de Pearson	0,125

Nota. Chi cuadrado realizado para las dimensiones Diseño estructural y Vehicular. Cálculo elaborado por Cristina Emely Colorado Huatay, Anexo 10 (Tabla 10A y Tabla 10B).

Se ha determinado mediante el cálculo del chi cuadrado que la significancia es de 0,125, la cual es mayor a 0.05, en consecuencia se demostró que la hipótesis alternativa no es válida y se adoptó la hipótesis nula como verdadera.

V. DISCUSIÓN

En la presente discusión, se ha considerado la revisión de estudios previos relacionados con el tema de la investigación actual, para contextualizar y enriquecer los hallazgos y conclusiones obtenidos.

Con el resultado obtenido de la prueba estadística se ha podido comprobar la hipótesis general, que sostenía que “El Pavimento flexible influye en la Transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022”. Los datos recolectados (Tabla 23) muestran que al aplicarse el 15% de tráfico normal en función de la intervención de mejoramiento, se genera un aumento promedio de entre 38 y 43 veh/día cada dos años en un lapso de 20 años, lo que respalda la hipótesis planteada y demuestra que el pavimento flexible influye la transitabilidad en este tramo de carretera.

La metodología AASHTO 93 fue utilizada en esta investigación para diseñar un pavimento flexible con una duración operativa de 20 años en el tramo Mirador Bellavista – Barrio Delta, Cajamarca. Se encontró coincidencia con investigaciones previas, como la de Quispe y Vargas (2020) en su investigación titulada “Diseño de Pavimento flexible Tramo Puente Santo Toribio - Centro Poblado Miraflores, Independencia – Huaraz - Ancash, 2019”, quienes también utilizaron la metodología de diseño AASHTO 93 en su estudio de pavimentos flexibles para un horizonte de diseño de 20 años. Sin embargo, se debe mencionar que otros estudios, como en la investigación de Salamanca y Zuluaga (2014) titulada “Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucía Barranca Lebrija entre los abscisas K19+250 A K25+750 ubicada en el departamento del Cesar” utilizaron otras metodologías además del AASHTO 93, lo cual les permitió comparar y evaluar su eficacia en relación a las condiciones específicas del área de estudio y el periodo de diseño considerado. Es importante señalar también que aunque estos estudios anteriores utilizaron la metodología AASHTO 93, no abordan la hipótesis general desarrollada en esta investigación.

Igualmente, los resultados obtenidos del análisis estadístico han permitido confirmar la validez de la hipótesis específica 1, según la cual, “El Estudio de

Trafico del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022”, se han visto respaldados a partir de la información recolectada del estudio de tráfico, específicamente en la Tabla 13, se observa -utilizando las tasas de crecimiento- un incremento del IMDA, pasando de 220 veh/día a 252 veh/día en el año 20.

En base al IMDa, encontramos coincidencia con la investigación de Quispe y Vargas (2020) titulada "Diseño de Pavimento flexible Tramo Puente Santo Toribio - Centro Poblado Miraflores, Independencia -Huaraz-Ancash, 2019" en la cual se obtuvo un IMDa de 218 ve/día. Esta similitud se debe a que en ambas investigaciones la vía en cuestión conecta una ciudad con un área rural. Sin embargo, Olórtegui y Vásquez (2022) en su investigación "Diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en el distrito de Nueva Cajamarca, Puerto Mayo km 00+000 al km 10+088, San Martín, 2020", obtuvieron un IMDa de 352 veh/día, esto se debe a que el tráfico vehicular también puede variar debido a factores como la ubicación geográfica, las particularidades de la ruta, entre otros. Es importante señalar que los estudio de Quispe y Vargas y Olórtegui y Vásquez no aborda la hipótesis específica desarrollada en esta investigación.

Finalmente, se determinó el diseño estructural para las capas de asfalto, base y subbase del pavimento flexible, con grosor de 6.00 cm, 15.00 cm y 15.00 cm, respectivamente, de acuerdo con las especificaciones de la metodología de diseño AASHTO 93 y las condiciones específicas del área de estudio. A través de la prueba estadística de la hipótesis específica 2, "El diseño estructural del pavimento flexible influye en la transitabilidad vehicular del tramo Mirador Bellavista-Barrio Delta, Cajamarca, 2022", se determinó que el nivel de significancia es superior a 0.05, lo cual implica la aceptación de la hipótesis nula "El Diseño estructural del Pavimento flexible **NO** influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022”.

En cuanto a las dimensiones de las capas del pavimento, es importante mencionar que los resultados obtenidos en esta investigación difieren de lo encontrado en la investigación de Amaya e Hilario (2017) titulada “Diseño Estructural del Pavimento Flexible de la Prolongación Avenida Dos con Calle 50 del Centro Poblado Alto Trujillo, El Porvenir, Trujillo, Perú 2021”. En este

estudio se obtuvo una capa de pavimento de asfalto de 9 cm, base 20 cm y subbase de 25 cm. La variación en los espesores se debe a que el CBR utilizado en el diseño en la investigación de Amaya e Hilario fue de 9,9%, mientras que en nuestra investigación se empleó un CBR de diseño de 14,7%. La relación entre el CBR (California Bearing Ratio) y los espesores del pavimento es directa. A medida que el CBR aumenta, el grosor de la capa asfáltica, base y subbase deben ser menores, ya que la subrasante es más resistente y capaz de soportar cargas más pesadas. Por otro lado, cuando el CBR es menor, los espesores deben ser mayores para proporcionar una mayor estabilidad y durabilidad al pavimento. Es importante señalar que el estudio de Amaya e Hilario no aborda la hipótesis específica desarrollada en nuestra investigación.

VI. CONCLUSIONES

Después de analizar los hallazgos logrados en relación a los objetivos de la investigación y tomando en cuenta los datos estadísticos, se pudo deducir las siguientes conclusiones:

1. En lo que concierne al objetivo general, se concluye que el pavimento flexible tiene una influencia significativa en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista - San Vicente Alto. Esta conclusión se basa en el resultado obtenido en el análisis estadístico realizada a la hipótesis general, donde se obtuvo una significancia estadística de 0.001.
2. En cuanto al objetivo específico 1, se concluye que el estudio de tráfico del pavimento flexible influye significativamente en la transitabilidad vehicular. Esta conclusión se basa en el resultado obtenido en la evidencia estadística de la hipótesis específica 1, donde se obtuvo un valor de significancia de 0.004.
3. En lo que respecta al objetivo específico 2, se concluye que no hay una influencia significativa del diseño estructural del pavimento flexible en la transitabilidad vehicular. Esta conclusión se basa en el resultado obtenido de la evaluación estadística realizada a la hipótesis específica 2, donde se obtuvo un estadístico significativo de 0.125.

En resumen, los hallazgos derivados de esta investigación indican que la construcción de un pavimento flexible puede mejorar significativamente la transitabilidad en la zona estudiada.

VII. RECOMENDACIONES

Tras la valoración de los resultados y el análisis estadístico de la investigación realizada, se derivaron las siguientes sugerencias y/o recomendaciones:

1. Se recomienda realizar estudios de tráfico exhaustivos en futuros proyectos de construcción de carreteras, ya que se ha comprobado que estos influyen significativamente en la transitabilidad vehicular y son fundamentales para garantizar un flujo óptimo de vehículos en la vía.
2. En vista de que los hallazgos obtenidos del análisis estadístico no respaldan la hipótesis específica 2, se recomienda que, en investigaciones posteriores se reconsidere la hipótesis y verifique si se pueden hacer ajustes para hacerla más precisa. También se puede recopilar más datos para apoyar la hipótesis o explorar otros factores que puedan influir en la relación entre las dimensiones. En resumen, es importante ser crítico con los resultados y continuar investigando hasta obtener una conclusión robusta y precisa.
3. En este estudio, debido a la falta de información precisa sobre los tiempos de evacuación de lluvia, se asumió un valor de 1,00. Para futuros proyectos e investigaciones, se recomienda obtener información precisa sobre los tiempos de evacuación de lluvia a través de mediciones o estimaciones confiables, en lugar de asumir un valor. Esta acción ayudará a garantizar una estimación más precisa y fiable del espesor del pavimento, mejorando la eficacia y eficiencia del diseño y construcción.

REFERENCIAS

- Alvarado, C. A., y Vicente, R. (2020). *Diseño de la Carretera Vecinal, Tramo Cruce Filadelfia – Unión San José – El Limón, Distrito Callayuc, Cajamarca-2018* [Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/54673>
- Amaya, M. de los A., e Hilario, H. O. (2017). *Diseño Estructural del Pavimento Flexible de la Prolongación Avenida Dos con Calle 50 del Centro Poblado Alto Trujillo, El Porvenir, Trujillo, Perú 2021* [Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/9106>
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación* (O. Fernández (ed.); 3a ed.). Editorial Pearson. <https://srsolucionario.com/Evaluacion de Proyectos/4.html>
- Castillo, C. R., y Castro, E. A. (2019). *Diseños definitivos de la vía comprendida desde el ingreso Ayancay hasta la comunidad de San Alfonso* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32231>
- Castillo, J. N. (2017). *Diseño del pavimento para el mejoramiento de la transitabilidad vial entre los jirones Helmes y Ortiz- Los Olivos, 2018*. Universidad César Vallejo.
- Cobeñas, H. A., y Rojas, A. (2021). *Análisis del Tráfico para el Diseño Estructural del Pavimento en el Tramo de la Carretera Pueblo Nuevo – San Benito, Distrito de San Benito, Contumazá, Cajamarca* [Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/7639>
- Delgado, L. E., e Infante, E. M. (2021). *Evaluación de la estructura del pavimento flexible aplicando el método índice de daño en la Avenida Pakamuros, Jaén, Cajamarca* [Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/70427>
- Díaz, D. A., y Rodríguez, J. D. (2019). *Diseño de pavimento flexible de la carrera 13 entre calles 37 y 40 del barrio Gaitán, Ibagué -Tolima*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Escobar, L., e Huincho, J. (2017). *Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica - 2017* [Universidad Nacional de Huancavelica].

<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1388>

- Espinoza, E. E. (2018). Las variables y su operacionalización en la Investigación Educativa. Parte I. *Revista pedagógica de la Universidad de Cienfuegos*, 14(#65), 39–49.
- Fernández, D. (2017). *Mejoramiento de la infraestructura vial en el jirón lima cuadras del 01 al 08, en el distrito de Tarapoto* [Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/36032>
- Gonzales, O. A., y Manay, D. M. (2020). *Diseño de pavimento flexible aplicando el método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad en el centro poblado Ramiro Priale, distrito de José Leonardo Ortiz provincia de Chiclayo - Departamento de Lambayeque* [Universidad Nacional San Martín de Porres]. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/7892>
- Hernández, R., Baptista, P., y Fernández, C. (2014). Metodología de la investigación. En *Editorial Mc Graw Hill Education* (6a ed.). <https://g.co/kgs/xu1dcj>
- Hernández, R., y Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. En *Editorial Mc Graw Hill Education* (2018a ed.). shorturl.at/mwS39
- Jameson, G. W. (2020). *Structural design of new and rehabilitated flexible road pavements: twenty contributions to road pavement engineering 1992-2019* [Monash University]. <http://hdl.handle.net/10.26180/5e72c0e8b2631>
- Junchaya, K. C. (2019). *Diseño del pavimento y obras de arte para mejorar la infraestructura vial y peatonal en el Conoden San Felipe del distrito de Cascas - La Libertad* [Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/5702>
- López, P. L. (2004). Población muestra y muestreo. *Punto Cero*, 09(08), 69–74. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012
- López, R. D. (2018). *Aportaciones al proyecto, construcción y reparación de pavimentos de hormigón* [Universitat Politècnica de Catalunya].

<http://hdl.handle.net/2117/122285>

- Medina, N. F. (2015). Las variables complejas en investigaciones pedagógica. *Apuntes Universitarios*, 5(2), 9–18. <https://doi.org/10.17162/au.v0i2.244>
- Menéndez, J. R. (2009). *Ingeniería de Pavimentos. Materiales, Diseño y Conservación* (1a ed.). Fondo Editorial Instituto de la Construcción y Gerencia - ICG.
- Menéndez, J. R. (2016). *Ingeniería de Pavimentos. Materiales* (5a ed., Vol. 1). Fondo Editorial Instituto de la Construcción y Gerencia - ICG.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2011). *Caminos vecinales: Guía para la formulación de proyectos de inversión*. <https://www.gob.pe/mef>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Tarea Asociación Gráfica Educativa.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *MANUAL DE CARRETERAS: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos (RD N° 10-2014 – MTC/14)* (2014a ed.). Diario Oficial “El Peruano”. <https://bit.ly/3LFD7hE>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018a). Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. *Portal del MTC*, 1–23. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018b). *MANUAL DE CARRETERAS: Diseño Geométrico (RD N° 03-2018-MTC/14)* (2018a ed.). Diario Oficial “El Peruano”. <https://bit.ly/3LFD7hE>
- Monsalve, L. M., Giraldo, L. C., y Maya, J. (2012). *Diseño de pavimento flexible y rígido* [Universidad del Quindío]. https://www.academia.edu/12022457/DISEÑO_DE_PAVIMENTO_FLEXIBLE_Y_RÍGIDO
- Montejo, A. (1997). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras - Fundamentos, estudios básicos y diseño* (2a ed.). <https://amzn.to/3fjxxp2>

- Mora, C. A., y Ordoñez, E. (2019). *Estudios y diseños definitivos para el mejoramiento de la vía Playa de Fátima – Cachi – Jerusalén, cantón Biblián, provincia del Cañar* [Universidad de Cuenca].
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32158>
- Olórtogui, M. Á., y Vásquez, J. G. (2022). *Diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad distrito nueva cajamarca, puerto mayo km 00+000 al km 10+088, san martín, 2020* [Universidad César Vallejo].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/88474>
- Otzen, T., y Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232.
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Pérez, F. A., y Mayancela, C. E. (2015). *Diseño de pavimento flexible de una vía urbana de la Cdma. Pedro Menéndez Gilbert desde la calle de los 10 carriles (Nicolás Lapenti) hasta la Avenida Amazonas Cantón Durán, Provincia del Guayas*. Universidad de Guayaquil.
- Piza, D., Amaiquema, A., y Beltrán, E. (2019). Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias. *Revista Conrado*, 15(70), 455–459. <http://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado>
- Quispe, J. J., y Vargas, Y. M. (2020). *Diseño de Pavimento flexible Tramo Puente Santo Toribio - Centro Poblado Miraflores, Independencia -Huaraz-Ancash, 2019* [Universidad César Vallejo].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, J. J. (2018). *Análisis y propuesta de diseño del pavimento flexible en la carretera Carhuaz – Hualcán* [Universidad César Vallejo].
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/26946>
- Salamanca, J. A., y Godoy, O. J. (2013). *Diseño de la vía Timaná – Cosanza en pavimento flexible* [Universidad Católica de Colombia].
<http://hdl.handle.net/10983/981>
- Salamanca, M. A., y Zuluaga, S. A. (2014). *Diseño de la estructura de pavimento*

flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucía Barranca Lebrija entre los abscisas K19+250 A K25+750 ubicada en el departamento del Cesar [Universidad Católica de Colombia]. file:///C:/Users/Eliana Mezcuida/Downloads/Diseño-estructura-pavimento-flexible-Aashto-Invias-Insituto-Asfalto-Barranca_Lebrija.pdf

Teatino, E. F., y Vásquez, R. D. (2020). *Diseño de pavimento rígido para la transitabilidad vehicular con el método AASHTO 93 en la carretera del Distrito Cajamarca – Cumbe mayo - 2021 [Universidad César Vallejo].*
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/81567>

Useche, M. C., Artigas, W., Queipo, B., y Perozo, É. (2019). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos (1a ed.)*. Editorial Gente Nueva.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSITENCIA

Título: Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicadores
General					
¿El Pavimento flexible influye en la Transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022?	Determinar si el Pavimento flexible influye en la Transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022	El Pavimento flexible influye en la Transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022	X: Pavimento flexible	Estudio de Tráfico	IMDa, Ejes equivalentes (EE), Ejes equivalentes acumulados (W18)
Específicos					
¿El Estudio de Tráfico del del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022?	Determinar si el Estudio de Trafico del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022	El Estudio de Trafico del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022		Diseño estructural	Estudio de suelos (propiedades físicas y propiedades mecánicas), Espesores
¿El Diseño estructural del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022?	Determinar si el Diseño estructural del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022	El Diseño estructural del Pavimento flexible influye en la Transitabilidad Vehicular del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022	Y: Transitabilidad	Vehicular	Tráfico vehicular proyectado

Nota. Elaboración propia.

ANEXO 2: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable de Estudio	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Escala de medición
Pavimento flexible	Según Menéndez (2009) es el “proceso por el cual los componentes estructurales ... de un segmento de carretera son determinados tomando en consideración la naturaleza de la subrasante, las consideraciones ambientales, densidad y composición del tráfico” (p. 9).	El Diseño estructural del pavimento flexible se realizará mediante el estudio de tráfico, estudio de suelos y estudio topográfico; todos estos estudios nos permitirán sugerir el posible diseño.	Estudio de tráfico	Razón
			Diseño estructural	Razón
Transitabilidad	Para el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018a) la transitabilidad es “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” (p. 22).	Número de vehículos que se desplazan de un lugar a otro	Vehicular	Razón

Nota. Elaboración propia.

ANEXO 3: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Formato 1. Clasificación vehicular

		“Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – Barrio Delta, Cajamarca, 2022”					 Ministerio de Transportes y Comunicaciones				Viceministerio de Transportes		Provias Descentralizado							
CLASIFICACIÓN VEHICULAR																				
Proyecto		Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022					Ubicación		00+000											
Responsables		Cueva Yopla, Esau Díaz Quiliche, Saul					Sentido		AMBOS SENTIDOS											
Lugar		Cajamarca – Cajamarca - Cajamarca					Día		jueves		Fecha		1-dic-22							
Hora	Automóvil	Station Wagon	Camionetas			Micro	Ómnibus		Camión			Semitrayers			Trayles			TOTAL	PORC. %	
			Pick Up	Panel	Rural (Combi)		2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3
06-07	6,00	-	-	-	4,00	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,00	3,54
07-08	6,00	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,00	2,65
08-09	11,00	-	4,00	4,00	4,00	-	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	27,00	7,96
09-10	9,00	-	5,00	-	6,00	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,00	6,49
10-11	6,00	-	-	-	4,00	-	-	-	2,00	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	15,00	4,42
11-12	16,00	2,00	6,00	-	3,00	-	-	-	2,00	4,00	-	-	-	-	-	-	-	-	38,00	11,21
12-13	22,00	-	2,00	4,00	10,00	-	-	-	1,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	41,00	12,09
13-14	23,00	-	2,00	2,00	8,00	-	-	-	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43,00	12,68
14-15	35,00	-	2,00	6,00	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,00	14,75
15-16	17,00	2,00	-	-	2,00	-	-	-	3,00	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	29,00	8,55
16-17	17,00	-	2,00	2,00	10,00	-	-	-	4,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	10,32
17-18	12,00	2,00	2,00	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,00	5,31
TOTAL	180,00	6,00	25,00	20,00	60,00	-	-	-	24,00	14,00	-	-	-	-	-	-	-	-	329,00	100,00
%	54,71	1,82	7,60	6,08	18,24	-	-	-	7,29	4,26	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	

Nota. Elaboración propia.



"Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – Barrio Delta, Cajamarca, 2022"



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Provias Descentralizado

ESTUDIO DE TRÁFICO

Proyecto	Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022											Ubicación	00+000							
Responsables	Cueva Yopla, Esau Díaz Quiliche, Saul											Sentido	AMBOS SENTIDOS							
Lugar	Cajamarca – Cajamarca - Cajamarca											Día	viernes	Fecha	2-dic-22					
Hora	Automóvil	Station Wagon	Camionetas			Micro	Ómnibus		Camión			Semitraylers			Trayles				TOTAL	PORC. %
			Pick Up	Panel	Rural (Combi)		2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
06-07	5,00	-	2,00	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,00	3,31
07-08	10,00	1,00	3,00	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,00	5,88
08-09	9,00	1,00	3,00	2,00	3,00	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	19,00	6,99
09-10	5,00	-	2,00	-	-	-	-	-	3,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	11,00	4,04
10-11	9,00	1,00	4,00	-	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-	18,00	6,62
11-12	12,00	1,00	13,00	1,00	4,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,00	11,76
12-13	11,00	-	3,00	-	4,00	-	-	-	4,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,00	8,09
13-14	16,00	-	5,00	4,00	6,00	-	-	-	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,00	13,60
14-15	16,00	-	2,00	-	3,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,00	8,09
15-16	10,00	-	7,00	-	7,00	-	-	-	2,00	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	28,00	10,29
16-17	14,00	1,00	5,00	1,00	6,00	-	-	-	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,00	11,76
17-18	13,00	-	2,00	1,00	4,00	-	-	-	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,00	9,56
TOTAL	130,00	5,00	51,00	9,00	42,00	-	-	-	30,00	3,00	-	-	-	2,00	-	-	-	-	272,00	100,00
%	47,79	1,84	18,75	3,31	15,44	-	-	-	11,03	1,10	-	-	-	0,74	-	-	-	-	100,00	

Nota. Elaboración propia.



“Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – Barrio Delta, Cajamarca, 2022”



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Provias Descentralizado

ESTUDIO DE TRÁFICO

Proyecto	Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022	Ubicación	00+000
Responsables	Cueva Yopla, Esau Díaz Quiliche, Saul	Sentido	AMBOS SENTIDOS
Lugar	Cajamarca – Cajamarca - Cajamarca	Día	sábado
		Fecha	3-dic-22

Hora	Automóvil	Station Wagon	Camionetas			Micro	Ómnibus		Camión			Semitraylers			Trayles				TOTAL	PORC. %
			Pick Up	Panel	Rural (Combi)		2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
06-07	3,00	-	3,00	-	3,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,00	3,04
07-08	6,00	-	5,00	-	3,00	-	1,00	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,00	4,86
08-09	8,00	-	1,00	-	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	17,00	5,17
09-10	11,00	-	9,00	-	-	-	-	2,00	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	24,00	7,29
10-11	23,00	-	3,00	-	-	-	2,00	2,00	2,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	34,00	10,33
11-12	18,00	-	6,00	-	4,00	-	1,00	2,00	3,00	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	36,00	10,94
12-13	10,00	-	4,00	-	9,00	-	4,00	3,00	7,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	39,00	11,85
13-14	17,00	1,00	6,00	-	6,00	-	1,00	-	4,00	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	37,00	11,25
14-15	12,00	-	5,00	-	2,00	-	3,00	-	1,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	25,00	7,60
15-16	17,00	-	10,00	-	5,00	-	-	-	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,00	10,64
16-17	21,00	-	5,00	1,00	2,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,00	9,12
17-18	13,00	-	4,00	1,00	6,00	-	1,00	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,00	7,90
TOTAL	159,00	1,00	61,00	2,00	43,00	1,00	14,00	10,00	25,00	10,00	-	-	-	2,00	-	-	-	-	328,00	100,00
%	48,48	0,30	18,60	0,61	13,11	0,30	4,27	3,05	7,62	3,05	-	-	-	0,61	-	-	-	-	100,00	

Nota. Elaboración propia.



“Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – Barrio Delta, Cajamarca, 2022”



PERÚ
Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Provias Descentralizado

ESTUDIO DE TRÁFICO

Proyecto	Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022	Ubicación	00+000
Responsables	Cueva Yopla, Esau Díaz Quiliche, Saul	Sentido	AMBOS SENTIDOS
Lugar	Cajamarca – Cajamarca - Cajamarca	Día	domingo
		Fecha	4-dic-22

Hora	Automóvil	Station Wagon	Camionetas			Micro	Ómnibus		Camión				Semitraylers			Trayles				TOTAL	PORC. %
			Pick Up	Panel	Rural (Combi)		2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
06-07	11,00	-	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,00	4,05
07-08	9,00	-	3,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,00	4,05
08-09	29,00	-	-	-	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,00	10,28
09-10	33,00	-	5,00	-	-	-	-	2,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41,00	12,77
10-11	3,00	2,00	3,00	-	-	-	2,00	2,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,00	4,05
11-12	5,00	-	5,00	-	4,00	-	1,00	2,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,00	5,61
12-13	20,00	3,00	3,00	-	9,00	-	4,00	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,00	13,08
13-14	29,00	4,00	3,00	-	2,00	-	1,00	-	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,00	13,71
14-15	33,00	2,00	-	-	-	-	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38,00	11,84
15-16	17,00	-	1,00	-	3,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,00	6,85
16-17	17,00	-	3,00	1,00	2,00	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,00	7,79
17-18	12,00	3,00	-	-	3,00	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,00	5,92
TOTAL	218,00	14,00	26,00	1,00	25,00	1,00	14,00	10,00	12,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	321,00	100,00
%	67,91	4,36	8,10	0,31	7,79	0,31	4,36	3,12	3,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	



“Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – Barrio Delta, Cajamarca, 2022”



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Provias Descentralizado

ESTUDIO DE TRÁFICO

Proyecto	Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022	Ubicación	00+000
Responsables	Cueva Yopla, Esau Díaz Quiliche, Saul	Sentido	AMBOS SENTIDOS
Lugar	Cajamarca – Cajamarca - Cajamarca	Día	lunes
		Fecha	5-dic-22

Hora	Automóvil	Station Wagon	Camionetas			Micro	Ómnibus		Camión			Semitraylers			Trayles				TOTAL	PORC. %
			Pick Up	Panel	Rural (Combi)		2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
06-07	8,00	-	-	1,00	1,00	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,00	3,59
07-08	2,00	1,00	-	2,00	1,00	-	-	-	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	8,00	2,40
08-09	11,00	-	2,00	2,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,00	5,09
09-10	9,00	-	4,00	1,00	6,00	-	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	22,00	6,59
10-11	7,00	2,00	5,00	-	9,00	-	-	-	5,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	30,00	8,98
11-12	18,00	3,00	3,00	-	4,00	-	-	-	2,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	32,00	9,58
12-13	20,00	-	2,00	2,00	8,00	-	-	-	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	34,00	10,18
13-14	29,00	-	4,00	3,00	6,00	-	-	-	5,00	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	50,00	14,97
14-15	33,00	1,00	1,00	2,00	7,00	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46,00	13,77
15-16	15,00	1,00	1,00	3,00	1,00	-	-	-	2,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	25,00	7,49
16-17	17,00	-	2,00	1,00	6,00	-	-	-	2,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	29,00	8,68
17-18	18,00	1,00	1,00	1,00	6,00	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29,00	8,68
TOTAL	187,00	9,00	25,00	18,00	57,00	-	-	-	24,00	14,00	-	-	-	-	-	-	-	-	334,00	100,00
%	55,99	2,69	7,49	5,39	17,07	-	-	-	7,19	4,19	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	

Nota. Elaboración propia.



“Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – Barrio Delta, Cajamarca, 2022”



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Provias Descentralizado

ESTUDIO DE TRÁFICO

Proyecto	Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022	Ubicación	00+000
Responsables	Cueva Yopla, Esau Díaz Quiliche, Saul	Sentido	AMBOS SENTIDOS
Lugar	Cajamarca – Cajamarca - Cajamarca	Día	martes
		Fecha	6-dic-22

Hora	Automóvil	Station Wagon	Camionetas			Micro	Ómnibus		Camión			Semitraylers			Trayles				TOTAL	PORC. %
			Pick Up	Panel	Rural (Combi)		2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
06-07	2,00	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,00	1,58
07-08	7,00	1,00	2,00	1,00	-	-	-	-	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,00	5,53
08-09	8,00	1,00	-	2,00	1,00	-	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	14,00	5,53
09-10	7,00	-	5,00	3,00	1,00	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,00	7,11
10-11	5,00	2,00	7,00	-	2,00	-	-	-	2,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	1,00	20,00	7,91
11-12	12,00	2,00	5,00	-	1,00	-	-	-	2,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	1,00	24,00	9,49
12-13	18,00	-	-	1,00	4,00	-	-	-	2,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	26,00	10,28
13-14	16,00	1,00	1,00	1,00	8,00	-	-	-	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,00	11,86
14-15	17,00	-	9,00	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,00	11,07
15-16	9,00	-	8,00	1,00	6,00	-	-	-	2,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	28,00	11,07
16-17	14,00	-	6,00	1,00	3,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,00	9,88
17-18	9,00	1,00	1,00	1,00	4,00	-	-	-	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,00	8,70
TOTAL	124,00	9,00	44,00	11,00	33,00	-	-	-	23,00	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	251,00	100,00
%	49,40	3,59	17,53	4,38	13,15	-	-	-	9,16	2,79	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	

Nota. Elaboración propia.



"Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – Barrio Delta, Cajamarca, 2022"



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Provias Descentralizado

ESTUDIO DE TRÁFICO

Proyecto	Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022	Ubicación	00+000
Responsables	Cueva Yopla, Esau Díaz Quiliche, Saul	Sentido	AMBOS SENTIDOS
Lugar	Cajamarca – Cajamarca - Cajamarca	Día	miércoles
		Fecha	7-dic-22

Hora	Automóvil	Station Wagon	Camionetas			Micro	Ómnibus		Camión			Semitraylers			Trayles				TOTAL	PORC. %
			Pick Up	Panel	Rural (Combi)		2E	3E	2E	3E	4E	2s3	3s2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
06-07	4,00	-	3,00	-	3,00	-	-	-	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	13,00	4,06
07-08	6,00	-	5,00	1,00	-	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,00	4,38
08-09	8,00	-	-	-	7,00	-	-	-	-	4,00	-	-	-	-	-	-	-	-	19,00	5,94
09-10	10,00	-	3,00	1,00	-	-	-	-	5,00	4,00	-	-	-	-	-	-	-	-	23,00	7,19
10-11	20,00	-	9,00	-	4,00	-	-	-	2,00	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	42,00	13,13
11-12	13,00	1,00	3,00	-	2,00	-	-	-	5,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	26,00	8,13
12-13	10,00	-	6,00	1,00	8,00	-	-	-	4,00	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-	34,00	10,63
13-14	18,00	1,00	6,00	-	5,00	-	-	-	7,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	39,00	12,19
14-15	11,00	-	4,00	-	5,00	-	-	-	4,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	25,00	7,81
15-16	18,00	-	10,00	-	4,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,00	10,31
16-17	17,00	-	6,00	1,00	2,00	-	-	-	4,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	31,00	9,69
17-18	13,00	-	2,00	-	4,00	-	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,00	6,56
TOTAL	148,00	2,00	57,00	4,00	44,00	-	-	-	37,00	27,00	-	-	-	-	-	-	-	-	319,00	100,00
%	46,39	0,63	17,87	1,25	13,79	-	-	-	11,60	8,46	-	-	-	-	-	-	-	-	100,00	

Nota. Elaboración propia.

Formato 2. Coordenadas UTM y elevaciones

	"Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – Barrio Delta, Cajamarca, 2022"		Ministerio de Transportes y Comunicaciones	Viceministerio de Transportes	Provisión Descentralizada
			ESTUDIO TOPOGRÁFICO		

Proyecto	Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022
Responsables	Cueva Yopla, Esau Diaz Quiliche, Saul
Fecha	13 de diciembre del 2022 al 16 de diciembre del 2022
Hora (Inicio)	08:00 AM
Hora (Final)	04:00 PM

PUNTO	ESTE (UTM WGS84)	NORTE (UTM WGS84)	COTA (UTM WGS84)	PROGRESIVA
1	773.575,13	9.207.001,06	2943,53	
2	773.594,78	9.206.997,34	2944,17	
3	773.614,58	9.206.994,66	2944,73	
4	773.634,57	9.206.994,62	2945,54	
5	773.654,42	9.206.996,97	2946,24	
6	773.674,23	9.206.999,73	2946,72	
7	773.694,04	9.207.002,49	2946,97	
8	773.713,95	9.207.003,64	2947,21	
9	773.733,29	9.206.998,79	2947,33	
10	773.752,20	9.206.992,30	2947,95	
11	773.771,12	9.206.985,81	2948,46	
12	773.790,04	9.206.979,32	2948,84	
13	773.805,26	9.206.967,21	2949,25	
14	773.806,52	9.206.947,83	2949,77	
15	773.793,03	9.206.933,84	2950,99	0+000.00
16	773.773,61	9.206.934,40	2952,83	-
17	773.759,12	9.206.947,95	2954,26	1+700.00
18	773.745,50	9.206.962,56	2955,6	
19	773.728,05	9.206.972,05	2957,11	
20	773.708,27	9.206.974,15	2958,28	
21	773.688,27	9.206.973,62	2959,13	
22	773.668,28	9.206.973,10	2959,8	
23	773.648,29	9.206.972,58	2960,49	
24	773.628,30	9.206.972,06	2961,1	
25	773.608,30	9.206.971,54	2961,68	
26	773.588,31	9.206.971,01	2962,35	
27	773.568,32	9.206.970,49	2962,95	
28	773.548,32	9.206.969,97	2963,61	
29	773.528,33	9.206.969,45	2964,46	
30	773.508,34	9.206.968,93	2965,53	
31	773.488,34	9.206.968,40	2966,59	

32	773.468,35	9.206.968,02	2967,64
33	773.448,35	9.206.968,26	2968,76
34	773.428,37	9.206.969,17	2969,66
35	773.408,43	9.206.970,75	2970,7
36	773.388,56	9.206.972,98	2971,04
37	773.368,75	9.206.975,74	2971,59
38	773.348,95	9.206.978,55	2972,44
39	773.329,15	9.206.981,35	2974,16
40	773.309,34	9.206.984,15	2974,76
41	773.289,62	9.206.987,43	2975,35
42	773.270,46	9.206.993,10	2976,09
43	773.252,22	9.207.001,26	2976,86
44	773.234,92	9.207.011,30	2977,75
45	773.217,70	9.207.021,47	2978,37
46	773.200,48	9.207.031,65	2979,1
47	773.183,27	9.207.041,83	2979,81
48	773.166,05	9.207.052,00	2980,42
49	773.148,83	9.207.062,18	2981,2
50	773.131,61	9.207.072,36	2981,84
51	773.114,39	9.207.082,53	2982,44
52	773.097,06	9.207.092,49	2983,22
53	773.077,56	9.207.095,88	2984,05
54	773.058,82	9.207.089,50	2984,93
55	773.042,09	9.207.078,54	2985,65
56	773.025,37	9.207.067,57	2986,58
57	773.008,64	9.207.056,61	2987,54
58	772.991,91	9.207.045,64	2988,66
59	772.975,58	9.207.034,17	2989,89
60	772.968,64	9.207.015,98	2991,54
61	772.976,79	9.206.998,28	2993,11
62	772.995,11	9.206.991,68	2994,45
63	773.013,67	9.206.998,66	2995,01
64	773.031,56	9.207.007,60	2995,43
65	773.049,45	9.207.016,55	2995,94
66	773.067,33	9.207.025,49	2996,77
67	773.085,70	9.207.033,27	2997,85
68	773.105,53	9.207.033,36	2998,5
69	773.123,48	9.207.024,91	2999,04
70	773.138,84	9.207.012,10	2999,61
71	773.154,19	9.206.999,28	3000,35
72	773.169,54	9.206.986,46	3001,14
73	773.184,88	9.206.973,63	3002,01
74	773.200,45	9.206.961,08	3003,04
75	773.217,27	9.206.950,28	3004,42
76	773.235,27	9.206.941,59	3005,71
77	773.254,18	9.206.935,12	3006,95
78	773.273,37	9.206.929,47	3008,12
79	773.292,55	9.206.923,81	3009,04
80	773.311,73	9.206.918,16	3009,85

81	773.330,92	9.206.912,50	3010,54
82	773.350,10	9.206.906,85	3011,32
83	773.369,29	9.206.901,19	3012,16
84	773.388,47	9.206.895,54	3013,25
85	773.406,45	9.206.887,21	3014,4
86	773.417,39	9.206.870,79	3015,18

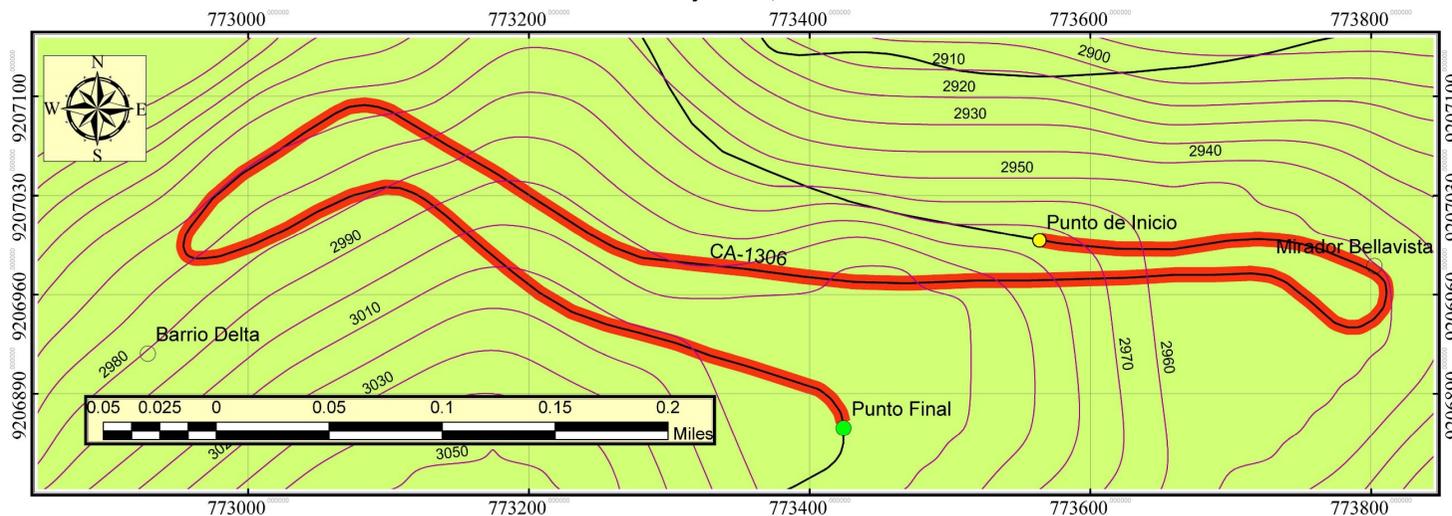
-

Nota. Elaboración propia.

ANEXO 4: PLANOS

Plano 1: Ubicación

Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022



UBICACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO			
Km	ESTE	NORTE	ZONA UTM
0+000	773575.13	9207001.06	17 S
1+700	773417.39	9206870.79	17 S

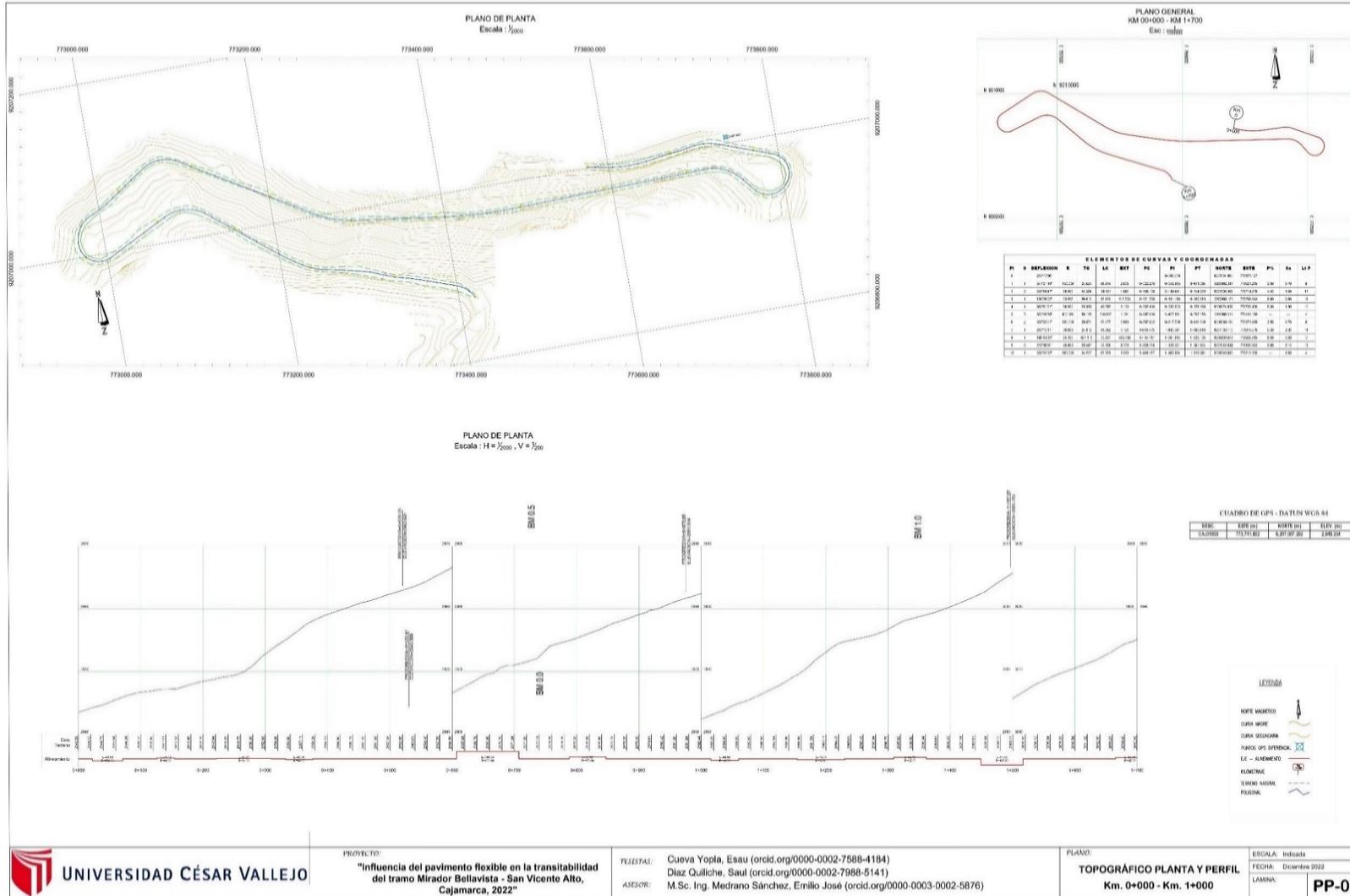
LEYENDA	
INICIO DE TRAMO	
FIN DE TRAMO	
TRAMO DE ESTUDIO	



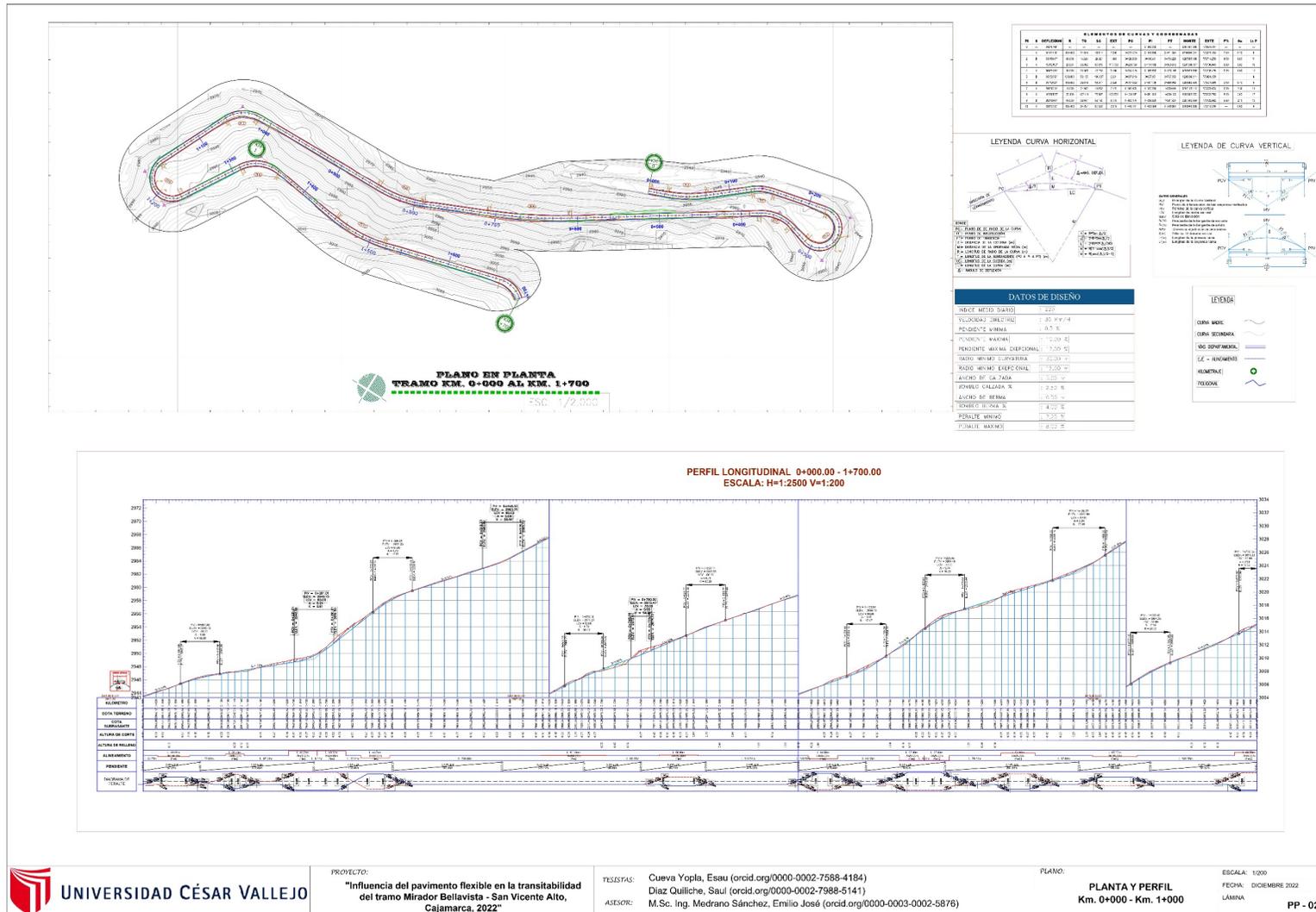
TESISTAS: Cueva Yopla, Esau (orcid.org/0000-0002-7588-4184)
 Diaz Quiliche, Saul (orcid.org/0000-0002-7988-5141)
 ASESOR: M.Sc. Ing. Medrano Sánchez, Emilio José (orcid.org/0000-0003-0002-5876)

PLANO:	SISTEMA DE COORDENADAS		ESCALA
PLANO DE UBICACIÓN	PROYECCIÓN: UTM		1:2500
DATUM:	ZONA:	ZONA:	FECHA:
WGS84	17S	COORDENADAS: UTM-84	DICIEMBRE / 2023

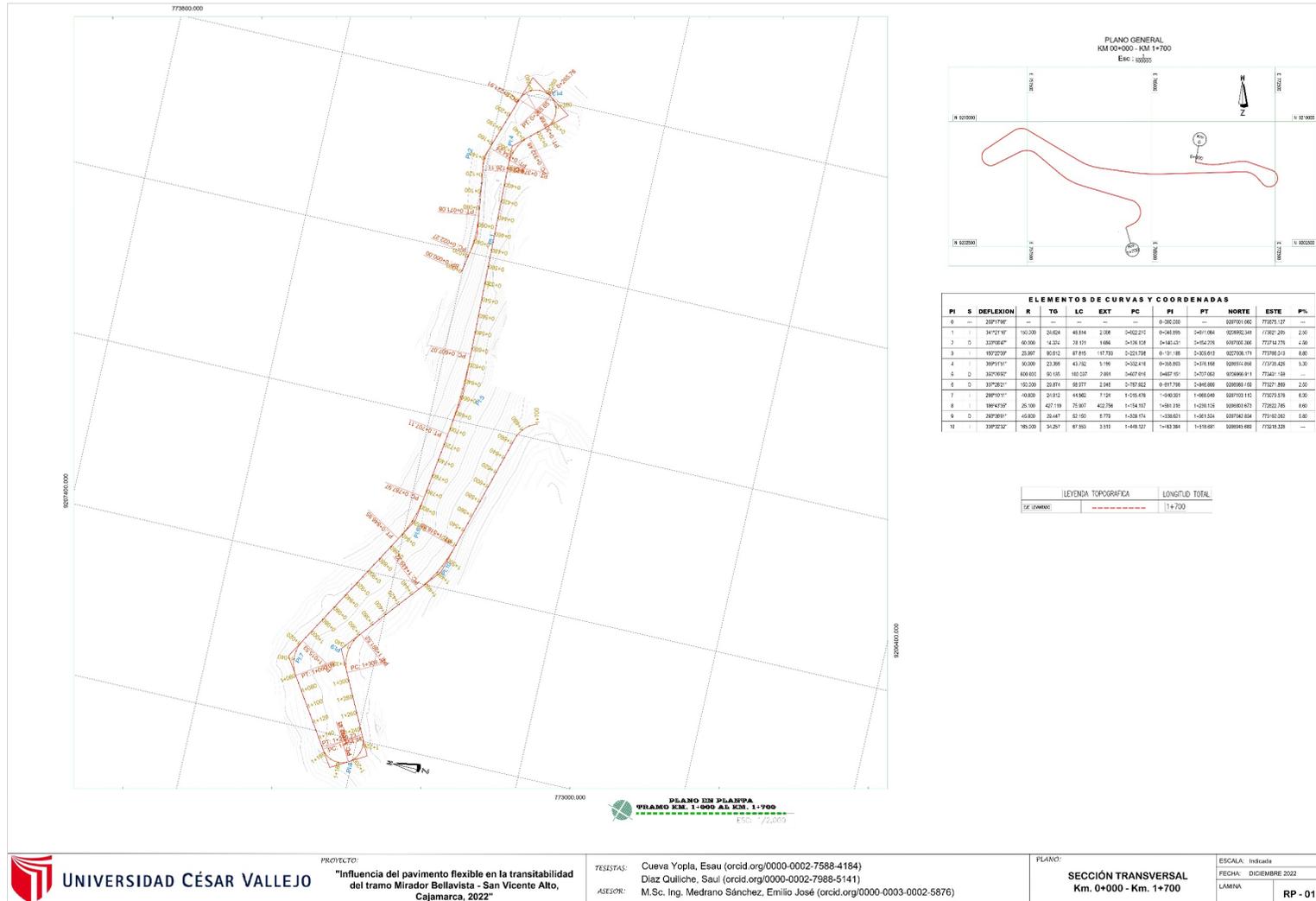
Plano 2: Planta y perfil



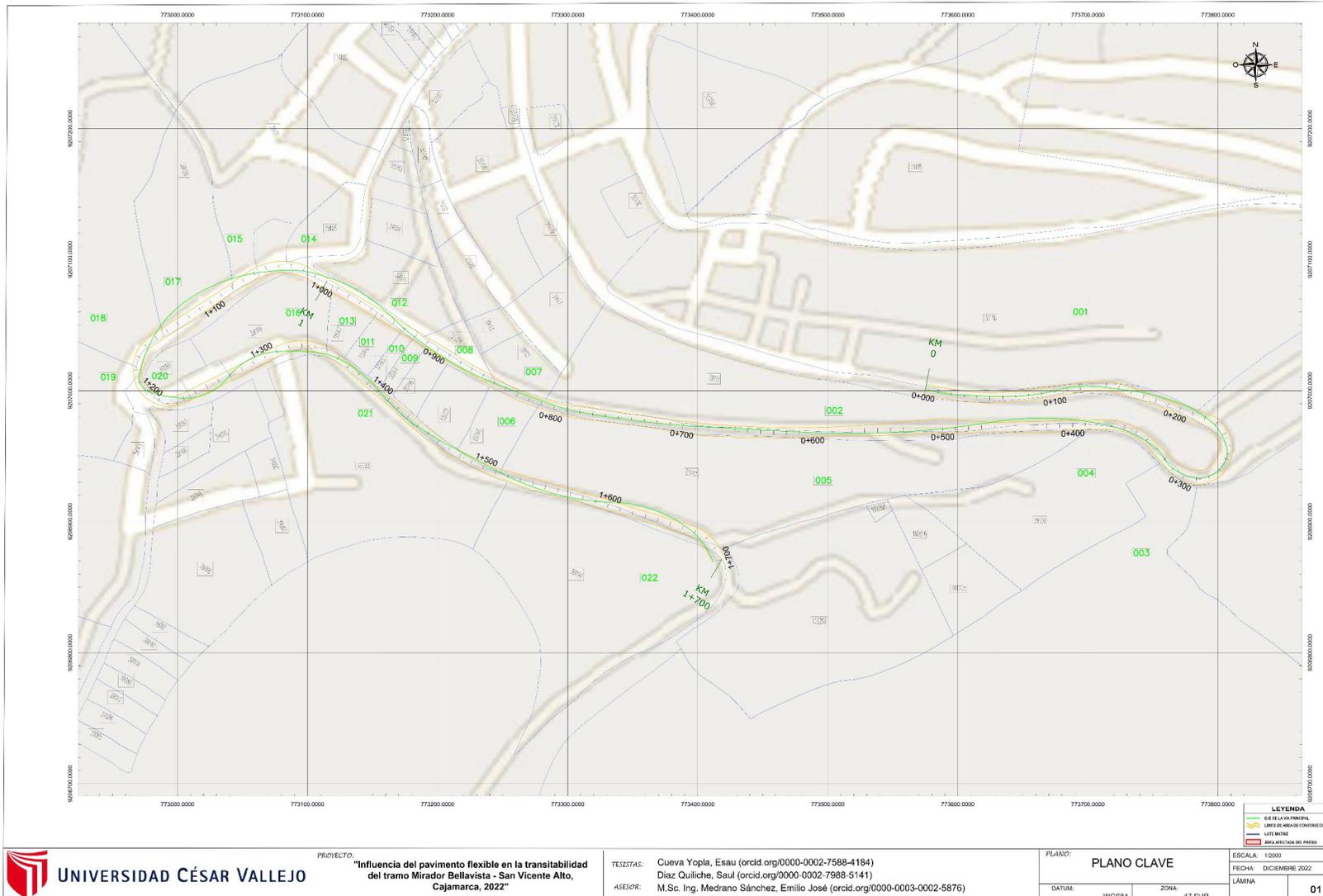
Plano 3: Planta y perfil en detalle



Plano 4: Sección transversal



Plano 5: Clave



Plano 6. Plano perfil estratigráfico

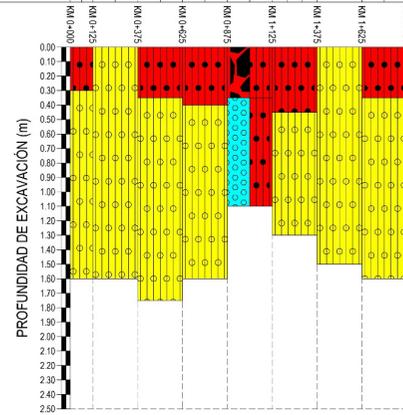
PERFIL ESTRATIGRÁFICO PARA LA INFLUENCIA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA TRANSITABILIDAD DEL TRAMO MIRADOR BELLAVISTA – SAN VICENTE ALTO, CAJAMARCA, 2022

NÚMERO DE CALICATA	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05	C-06	C-07	C-08
LADO	120	16R	120	25R	120	16R	120	25R
PROGRESIVA	KM 0+000	KM 0+250	KM 0+500	KM 0+750	KM 1+000	KM 1+250	KM 1+500	KM 1+700
COORDENADAS UTM WGS-84	77387E 92070N	77388E 92069N	77389E 92068N	77390E 92067N	77391E 92070N	77392E 92069N	77393E 92068N	77394E 92067N
COTA DE TERRENO (M.A.S.N.)	2943.53	2948.44	2952.35	2957.30	2962.44	2969.22	3006.71	3015.18
COTA DE SUBRARENA DE PROYECCIÓN (M.A.S.N.)	2943.32	2948.06	2952.16	2957.01	2962.47	2969.20	3000.66	3015.18
CANTIDAD DE ESTRATOS	02	02	02	02	02	03	03	02
MUESTRA	M-01 M-02	M-01 M-02	M-01 M-02	M-01 M-02	M-01 M-02	M-01 M-02	M-01 M-02	M-01 M-02
PROFUNDIDAD (m)	0.00- 0.15	0.00- 0.15	0.00- 0.15	0.00- 0.15	0.00- 0.15	0.00- 0.15	0.00- 0.15	0.00- 0.15
ESPESOR (m)	0.30	0.75	0.85	0.35	1.40	0.40	0.35	0.35
HUMEDAD NATURAL (PROMEDIO (%))	3.6	4.4	13.3	12.2	4.9	5.8	4.3	4.1
RETENIDO EN EL TAMIZ Nº 60 (%)	48.20	16.33	33.6	40.1	46.8	39.4	52.5	43.2
RETENIDO EN EL TAMIZ Nº 200 (%)	0.04	0.15	0.37	0.63	0.40	0.38	0.65	0.40
LÍMITE ELÁSTICO (%)	N.P.	N.P.	27.4	N.P.	N.P.	N.P.	15.7	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO (%)	N.P.	N.P.	23.3	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	N.P.	N.P.	4.2	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
CLASIFICACIÓN UCSC	GM	GM	SM	GM	GM	GM	GM	GM
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-1	A-1	A-1	A-1	A-1	A-1	A-1	A-1
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.3	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
CBR 0.1% 95%	100	100	100	100	100	100	100	100
CBR 0.1% 100%	100	100	100	100	100	100	100	100
CBR 0.7% 95%	100	100	100	100	100	100	100	100
CBR 0.7% 100%	100	100	100	100	100	100	100	100

TRAMO KM. 0+000 AL KM. 00+1700
 ESCALA HORIZONTAL: 1/10000
 ESCALA VERTICAL: 1/12.5

LEYENDA:

- GRAVA LIMSA CON ARENA
- GRAVA MAL GRADADA CON ARELLA Y ARENA
- GRAVA MAL GRADADA CON LIMO Y ARENA
- GRAVA ANELOGA CON ARENA
- GRAVA BIEN GRADADA CON LIMO Y ARENA
- ARENA LIMSA CON O SIN GRAVA



ANEXO 5: Panel fotográfico

Figura 5A

Inicio del tramo "Mirador Bellavista"



Nota. Se muestra el inicio del tramo KM 0+000.

Figura 5B

Fin del tramo "Barrio Delta"



Nota. Se muestra el fin del tramo KM 1+700.

Figura 5C

Inicio del levantamiento topográfico



Nota. La imagen muestra el punto de inicio KM 0+000 del levantamiento topográfico.

Figura 5D

Proceso del levantamiento topográfico



Nota. La imagen muestra otro punto del proceso del levantamiento topográfico.

Figura 5E

Fin del levantamiento topográfico



Nota. La imagen muestra el punto final KM 1+700 del levantamiento topográfico.

Figura 5F

Conteo vehicular Estación 1



Nota. La imagen muestra el paso de una camioneta. Conteo realizado en la Estación 1 KM 0+000.

Figura 5G

Conteo vehicular



Nota. Se muestra el paso de un station wagon. Estación 1.

Figura 5H

Conteo vehicular



Nota. Se muestra el paso de una combi. Estación 01.

ANEXO 7: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.
Sección Suelos y Pavimentos, SGGP - 2014 (RD N° 10-2014 – MTC/14)

Tabla 7A

Número de calicatas

Tipo de Carretera	Profundida (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respect al nivel de sub rasante del proyecto	4 calicatas x km	
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respect al nivel de sub rasante del proyecto	3 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respect al nivel de sub rasante del proyecto	2 calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respect al nivel de sub rasante del proyecto	1 calicata x km	

Nota. Número de calicatas para exploración de suelos. Adaptado de Cuadro 4.1, SGGP - 2014.

Tabla 7B

Número de ensayos CBR

Tipo de Carretera	N° CBR
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1 Mr cada 3 km y 1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Cada 1.5 km se realizará un CBR (*)
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Cada 2 km se realizará un CBR (*)
Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	Cada 3 km se realizará un CBR

Nota. Número de ensayos CBR (Relación de Soporte de California). Adaptado de Cuadro 4.2, SGGP - 2014.

Tabla 7C*Clasificación de suelos según Tamaño de partículas*

Tipo de Material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm - 4.75 mm
Arena	Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
	Arena media: 2.00 mm – 0.425mm
	Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo 0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla Menor a 0.005 mm

Nota. Clasificación de suelos según Tipo de material y Tamaño de partículas. Adaptado de Cuadro 4.5, SGGP - 2014.

Tabla 7D*Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	Media	suelos arcillosos
IP > 7		
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Nota. Clasificación de suelos según Índice de plasticidad. Adaptado de Cuadro 4.6, SGGP - 2014.

Tabla 7E*Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS*

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-144	Clasificación de Suelos SUCS ASTM – D-2486
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

Nota. Clasificación de suelos según AASHTO y SUCS. Adaptado de Cuadro 4.9, SGGP - 2014.

Tabla 7F

Clasificación de los Suelos – Método AASHTO

Clasificación general	Suelos granulados 35% máximo que pasa tamiz de 0.08 mm (N°200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm (N° 200)				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Símbolo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis granulométrico												
% que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.5 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	min. 50									
0.8 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx. 10	máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	min. 35	min. 35	min. 35	min. 35	min. 35
Limite Atterberg												
				máx. 40	min. 40	máx. 40	min. 40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	min. 40	min. 40
LL: limite líquido	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	min. 10	min. 10	máx. 10	máx. 10	min. 10	min. 10	min. 10
IP: índice de Plasticidad											IP<LL-30	IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedra, gravas y arenas		Arena fina	Gravas y arenas limos o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estación general del suelo como subrasante	De excelente a bueno							De pasable a malo				

Nota. Clasificación de suelos según método AASHTO. Adaptado de Cuadro 4.11, SGGP - 2014.

Tabla 7G

Factores de Distribución Direccional y de Carril

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Nota. Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño. Adaptado de Cuadro 6.1, SGGP - 2014.

Tabla 7H

Factores de Distribución Direccional y de Carril

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Gráfico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Nota. Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño. Adaptado de Figura 6.1, SGGP - 2014.

Tabla 7I

Relación de Cargas por Eje

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 ton})
Eje Simple de ruedas simples (EES1)	$EES1 = [P / 6.6] 4.0$
Eje Simple de ruedas dobles (EES2)	$EES2 = [P / 8.2] 4.0$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETA1)	$EETA1 = [P / 14.8] 4.0$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EETA2)	$EETA2 = [P / 15.1] 4.0$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EETR1)	$EETR1 = [P / 20.7] 3.9$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EETR2)	$EETR2 = [P / 21.8] 3.9$

P = peso real por eje en toneladas

Nota. Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos. Adaptado de Cuadro 6.3, SGGP - 2014.

Tabla 7J*Factores de ajustes para presión de neumáticos (Fp)*

Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psi PCN = 0.90x[Presión de inflado del neumático] (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1	1.3	1.8	2.13	2.91	3.59	4.37
60	1	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1	1.3	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.2
90	1	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1	1.19	1.38	1.59	1.8	2.02	2.25
130	1	1.17	1.34	1.52	1.7	1.89	2.09
140	1	1.15	1.3	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Nota. Factores de ajustes para presión de neumáticos (Fp). EE = Ejes Equivalentes. Presión de inflado del neumático (Pin): promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado. Presión de contacto del neumático (PCN): igual al 90% del promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado. Para espesores menores de capa de rodadura asfáltica, aplicará el Factor de Ajuste igual al espesor de 50 mm. Adaptado de Cuadro 6.13, SGGP - 2014.

Tabla 7K*Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t*

Tipos tráfico pesado expresado en EE	Rangos de tráfico pesado expresado en EE
T _{P0}	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
T _{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T_{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T _{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T _{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Nota. Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño. T_{PX}: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño PX = Pavimentada, X = número de rango (1, 2, 3, 4). Adaptado de Cuadro 12.1, SGGP - 2014.

Tabla 7L*Categorías de Subrasante*

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Nota. Categorías de Subrasante según CBR. Adaptado de Cuadro 12.4, SGGP - 2014.

Tabla 7M*Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño*

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de confiabilidad (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T_{P2}	300,001	500,000	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	80%
	T _{P4}	750 001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	...	...	...	...
	TP ₁₅	>30'000,000		95%

Nota. Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico. Adaptado de Cuadro 12.6, SGGP - 2014.

Tabla 7N*Coefficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr)*

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Desviación estándar normal (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T_{P2}	300,001	500,000	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	-0.842
	T _{P4}	750 001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	...	...	...	...
	TP ₁₅	...	...	...

Nota. Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico. Adaptado de Cuadro 12.8, SGGP - 2014.

Tabla 7O*Índice de Serviabilidad Inicial (Pi)*

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Índice de serviabilidad inicial (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,00	150,000	3.8
	T _{P1}	150,001	300,000	3.8
	T_{P2}	300,001	500,000	3.8
	T _{P3}	500,001	750,000	3.8
	T _{P4}	750 001	1,000,000	3.8
Resto de Caminos	...	...	...	...
	T _{P15}	...	...	...

Nota. Índice de Serviabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico. Adaptado de Cuadro 12.10, SGGP - 2014.

Tabla 7P*Índice de Serviabilidad Final (Pt)*

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Índice de serviabilidad final (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	2
	T _{P1}	150,001	300,000	2
	T_{P2}	300,001	500,000	2
	T _{P3}	500,001	750,000	2
	T _{P4}	750 001	1,000,000	2
Resto de Caminos	...	...	...	...
	T _{P15}	...	...	...

Nota. Índice de Serviabilidad Final (Pt) según Rango de Tráfico. Adaptado de Cuadro 12.11, SGGP - 2014.

Tabla 7Q*Diferencial de Serviabilidad (ΔPSI)*

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Diferencial de serviabilidad (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,001	1,500,000	1.8
	T _{P1}	150,001	300,000	1.8
	T_{P2}	300,001	500,000	1.8
	T _{P3}	500,001	750,000	1.8
	T _{P4}	750 001	1,000,000	1.8
Resto de Caminos	...	...	...	...
	T _{P15}	...	...	...

Nota. Diferencial de Serviabilidad (ΔPSI) según Rango de Tráfico. Adaptado de Cuadro 12.12, SGGP - 2014.

Tabla 7R

Valores recomendados de Espesores Mínimos de Capa Superficial y Base Granular

Tipo de caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados		Capa superficial	Base granular
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 50mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 50mm	150 mm
	T _{P2}	300,001	500,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 60mm	150 mm
	T _{P3}	500,001	750,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm Micropavimento: 25mm	150 mm
	T _{P4}	750 001	1,000,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frío: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
Resto de Caminos	...	...	...	...	...
	T _{P15}	...	...	...	...

Nota. Valores recomendados de Espesores Mínimos de Capa Superficial y Base Granular. Adaptado de Cuadro 12.17, SGGP - 2014.

ANEXO 8: Reporte de diseño de pavimento flexible.

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
Diseño de espesores de Pavimento de acuerdo a:
1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures

Proyecto	Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022
Responsables	Cueva Yopla, Esau; Diaz Quiliche, Saul
Asesor	M.Sc. Ing. Medrano Sánchez, Emilio José
Ubicacion:	Cajamarca – Cajamarca - Cajamarca

Diseño de Pavimento Flexible

Número Estructural	2,01	Módulo Resiliente (Psi)	14.271,64
Design ESALs	313.083,24	Serviciabilidad Inicial	3,80
Confiabilidad	75%	Serviciabilidad Final	2,00
Desviación Estandar	-0,674		

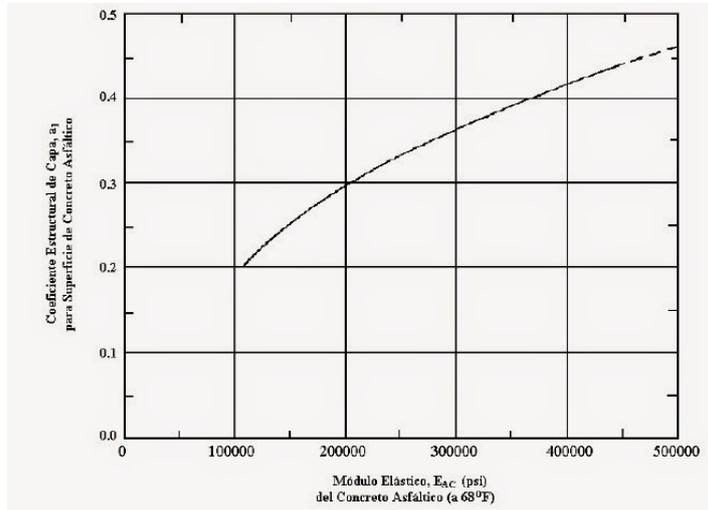
Diseño de Espesores de Pavimento

CAPA DE MATERIAL	Coefficiente de Capa (a)	Coefficiente de Drenaje (m)	ESPESOR (Pulg)	Numero Estructural de Capa (SN)	ESPESOR (cm)	Numero Estructural de Capa (SN)
Asfalto	0,43	1,00	2,00	0,87	6,00	2,59
Base Granular	0,13	1,00	6,00	0,78	15,00	1,95
Sub Base Granular	0,12	1,00	6,00	0,70	15,00	1,75
				2,35		6,30

ANEXO 9: Ábacos para estimar el número estructural extraídos de AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Figura 9A

Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica “a1”

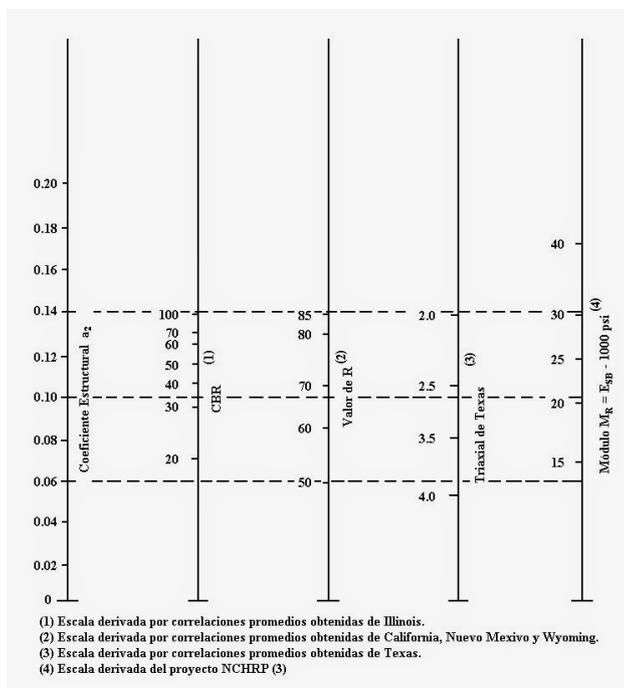


Coeficiente Estructural Capa Asfáltica		
Estabilidad Marshall (N)	Estabilidad Marshall (Kg)	Coeficiente Estructural (a_1)
5000	510	0,33
6000	612	0,36
7000	714	0,39
8000	816	0,41
9000	918	0,43
10000	1020	0,45

Nota. Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica “a1”. Adaptado de AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Figura 9B

Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica “a2”

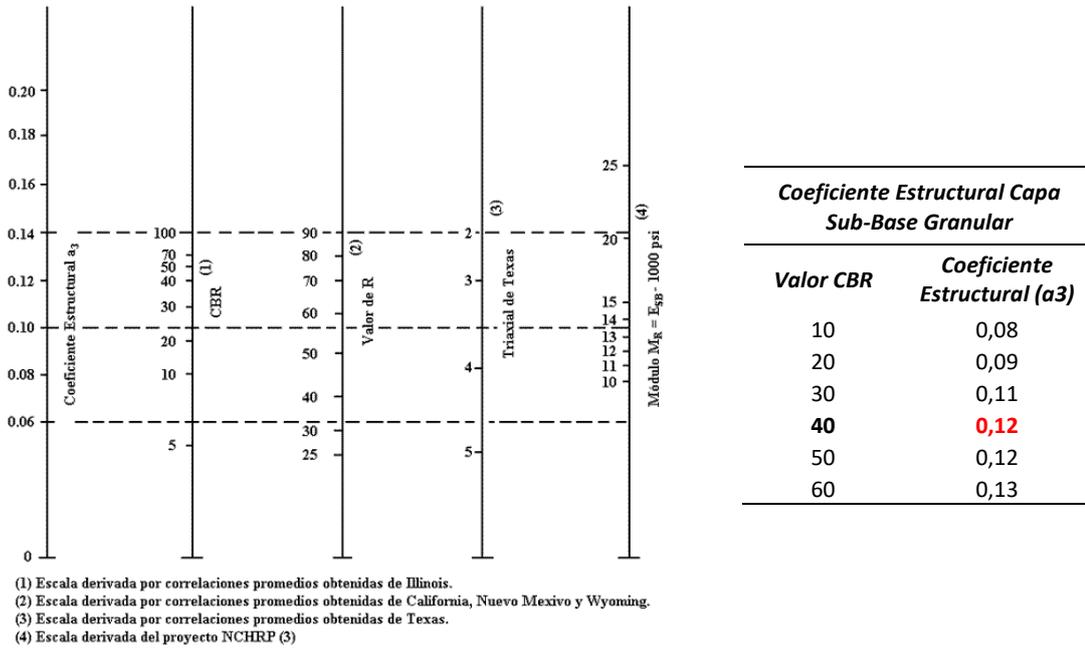


Coeficiente Estructural Capa Base Granular Triturada	
Valor CBR	Coeficiente Estructural (a_2)
40	0,11
50	0,12
60	0,12
70	0,13
80	0,13
90	0,14
100	0,14

Nota. Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica “a2”. Adaptado de AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Figura 9C

Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica “a3”



Nota. Ábaco para estimar el número estructural de la carpeta asfáltica “a2”.
 Adaptado de AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

ANEXO 10: Contraste de hipótesis con chi cuadrado

Tabla 10A

Datos de variables

Pavimento flexible Variable independiente		Transitabilidad Variable dependiente
Estudio de trafico	Diseño estructural	Vehicular
220	6	258
221	6	260
226	6	265
228	6	267
232	6	271
234	6	274
239	6	280
243	6	285
245	6	287
249	6	291
252	6	295

Nota. Resumen de cada una de las dimensiones estudiadas. Elaboración propia.

Tabla 10B

Resumen de datos de variables

Pavimento flexible	Transitabilidad	Estudio de tráfico	Diseño estructural	Vehicular
113	258	220	6	258
113,5	260	221	6	260
116	265	226	6	265
117	267	228	6	267
119	271	232	6	271
120	274	234	6	274
122,5	280	239	6	280
124,5	285	243	6	285
125,5	287	245	6	287
127,5	291	249	6	291
129	295	252	6	295

Nota. Resumen de cada una de las variables y dimensiones estudiadas. Elaboración propia.

ANEXO 11: Certificado de calibración de Estación total



Equipos de Topografía - Drones
División para Minería y
Construcción



indecopi

CERTIFICADO DE CALIBRACION

N° de Certificado
2022-2199

Datos del Cliente: INGENIERIA CON LIDERAZGO SERVICIAL CAJAMARCA E.I.R.L.	Ruc / Dni: 20609040107
--	----------------------------------

Equipo	Marca	Modelo	Serie
ESTACION TOTAL	LEICA	TS06 PLUS – 1 Seg.	1892451

PATRÓN MEDICION DEL SISTEMA	GRADOS		MINUTOS		SEGUNDOS	
Valor de Patrón de Medición	360°		00'		00"	
SISTEMA ANGULARES	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
Valor Leído en el Instrumento	360°	360°	00'	00'	00"	00"
Valor a Corregir	00°	00°	00'	00'	00"	00"
Rango de Tolerancia	360°	360°	00'	00'	00"	00"

INCERTIDUMBRE DEL EQUIPO	1 Seg.
---------------------------------	--------

PATRÓN MEDICION DE DISTANCIA	30 mts.	60 mts.	120 mts.
Valor leído	30 mts.	60 mts.	120 mts.
Error a corregir	00 mm	00 mm	00 mm

PATRÓN CERTIFICADO DE INACAL	
Patrón: DISTO LEICA D110	Serie: 2062933830 Precisión: +/- 1.5 mm



NORMA APLICADA	ISO 17123-3 | ISO 17123-4 | DIN18723 Determinado por el fabricante
EQUIPO DE CALIBRACION UTILIZADO	SET COLIMADOR LEICA DNA CGT-C-01 Serie 11928

El control angular se ejecuta en la base soporte metálica fijada en cemento específico a influencias del clima y enfocados los retículos al infinito, DIMCA SERVICE CENTER SAC certifica que el equipo de topografía arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas del fabricante y los estándares internacionales establecidos. Trabajamos con **PATRONES INACAL** y la verificación del alineamiento de los colimadores se realiza de forma diaria según manual de instrucciones, se sugiere la re-calibración por un periodo de 6 meses.

Se emite el presente certificado para los fines que estime conveniente.

CALIBRACION	
Equipo en Venta	<input type="checkbox"/>
Periódica(6 Meses)	<input checked="" type="checkbox"/>
Mantenimiento General	<input type="checkbox"/>

DIMCA Service Center
ING. EDUARDO M. VAZ
Servicio Técnico
2022-2199



FECHA DE CALIBRACION	29/11/2022
FECHA DE VENCIMIENTO	29/05/2023

Nikon
GARMIN
THALES
SOKKIA
Leica Geosystems
TOPCON

☎ 01 727-6595 / 925-719066 / 931-675351 / 957-246811

✉ laboratorio@dimcaperu.com

🌐 www.dimcaperu.com

Importadores Directos
Distribuidores a nivel nacional



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MEDRANO SANCHEZ EMILIO JOSÉ, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Influencia del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo Mirador Bellavista – San Vicente Alto, Cajamarca, 2022", cuyos autores son DIAZ QUILICHE SAUL, CUEVA YOPLA ESAU, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 13 de Marzo del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MEDRANO SANCHEZ EMILIO JOSÉ DNI: 21815819 ORCID: 0000-0003-0002-5876	Firmado electrónicamente por: EMEDRANOS el 13- 03-2023 22:07:08

Código documento Trilce: TRI - 0536609