



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO PARA LA MEJORA DE LA
TRANSITABILIDAD DE UNA CARRETERA EN EL DISTRITO ACOS VINCHOS,
AYACUCHO – 2021

Línea de investigación:

Seguridad vial e infraestructura de transporte

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Mejía Mendoza, Francisco Santiago

Asesor:

Tabory Malpartida, Gustavo Augusto

(ORCID: 0000-0002-8455-8938)

Jurado:

Bedia Guillen, Ciro Sergio

Torres Matos, Amparo Paulina

Arevalo Vidal, Samir Augusto

Lima - Perú

2022



Referencia:

Mejía, F. (2022). *Propuesta de rehabilitación de pavimento para la mejora de la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/6363>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO PARA LA MEJORA DE LA
TRANSITABILIDAD DE UNA CARRETERA EN EL DISTRITO ACOS VINCHOS,
AYACUCHO – 2021**

Línea de Investigación:

Seguridad vial e Infraestructura de Transporte

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor:

Mejía Mendoza, Francisco Santiago

Asesor:

Tabory Malpartida, Gustavo Augusto
(ORCID: 0000-0002-8455-8938)

Jurado:

Bedia Guillen, Ciro Sergio
Torres Matos, Amparo Paulina
Arevalo Vidal, Samir Augusto

Lima – Perú

2022

Dedicatoria

A mi Familia, por ser mi motivación constante.

A mis padres, hermanos y suegros, por darme el ejemplo
de lucha y perseverancia en lograr cada objetivo.

Dedico especialmente a la memoria de mi Hermano Marco,
quien en vida fue, un ejemplo de superación y de apoyo incondicional,
a quien estoy muy agradecido por todo lo que hizo y dejó en nosotros,
y sé que desde donde se encuentre va estar feliz por este logro.

Reconocimiento

Mi especial reconocimiento para los distinguidos Miembros del Jurado:
Por su criterio objetivo en la evaluación de este trabajo de investigación.

Asimismo, mi reconocimiento para mi asesor:
Por las sugerencias recibidas para el mejoramiento de este trabajo.

Muchas gracias para todos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción y formulación del problema	2
1.1.1. Descripción del problema	3
1.1.2. Formulación del problema	6
1.2. Antecedentes	7
1.2.1. Antecedentes nacionales	7
1.2.2. Antecedentes internacionales	10
1.3. Objetivos	13
1.3.1. Objetivo general	13
1.3.2. Objetivos específicos	13
1.4. Justificación	13
1.5. Hipótesis	14
1.5.1. Hipótesis principal	14
1.5.2. Hipótesis específicas	14
II. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	15
2.1.1. Rehabilitación de pavimentos	15
2.1.2. Transitabilidad vehicular	24
III. MÉTODO	29
3.1. Tipo de investigación	29
3.1.1. Tipo	29
3.1.2. Nivel	29
3.2. Ámbito temporal y espacial	30
3.3. Variables	32
3.4. Población y Muestra	33
3.3.1. Población	33
3.3.2. Muestra	33
3.5. Instrumentos	33

3.6. Procedimientos	34
3.7. Análisis de datos	34
3.8. Consideraciones éticas	35
IV. RESULTADOS	36
4.1. Contrastación de hipótesis	54
4.1.1. Hipótesis general	54
4.1.2. Análisis e interpretación	57
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
VI. CONCLUSIONES	59
VII. RECOMENDACIONES	61
VIII. REFERENCIAS	62
IX. ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Soluciones básicas de pavimentación para carreteras con IMDA<300 vehículos... 17	17
Tabla 2 Categorías de subrasante..... 21	21
Tabla 3 Clasificación de la transitabilidad de una carretera 25	25
Tabla 4 Modos de fallas en pavimento flexible 26	26
Tabla 5 Operacionalización de las variables..... 32	32
Tabla 6 Evaluación de la superficie de rodadura 37	37
Tabla 7 Prospecciones efectuadas..... 39	39
Tabla 8 Resumen de valores del ensayo de límite de consistencia..... 43	43
Tabla 9 Índices de consistencia, humedad y análisis granulométricos 46	46
Tabla 10 Resumen de valores del ensayo ASTM D-1883 50	50
Tabla 11 Espesor de capa de rodadura..... 52	52
Tabla 12 Espesor de afirmado..... 53	53
Tabla 13 Espesor propuesto 54	54
Tabla 14 Correlación de la propuesta de rehabilitación del pavimento y la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho– 2021 54	54
Tabla 15 Correlación de propuesta de rehabilitación de pavimento y flujo vehicular de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021..... 55	55
Tabla 16 Correlación de la propuesta de rehabilitación de pavimento y la condición operativa de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021. 56	56
Tabla 17 Estructura de pavimento 60	60
Tabla 18 Conformación de estructura de vía a rehabilitar según progresiva..... 61	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Boletín Estadístico de construcción civil	6
Figura 2 Curva de diseño para estructuras -método USACE	31
Figura 3 Curva de diseño para estructuras -método USACE	53

RESUMEN

En la presente investigación se promueve la rehabilitación vial del camino vecinal Acos Vinchos – Lucaspata distrito Acos Vinchos, Provincia Huamanga departamento Ayacucho. Su objetivo principal es Analizar de qué manera la propuesta de rehabilitación de pavimento mejora de la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

Es por eso que el tipo de investigación utilizo un enfoque cuantitativo es de tipo aplicada, un diseño no experimental – transeccional y nivel descriptivo, la población estará representada por la carretera Acos Vinchos – Urcay – Huaychao – Huamancocha – Lucaspata cuya dimensión viene dada por la progresiva 25 + 308 km de longitud, es decir, una longitud de 25.308 km, siendo la muestra de disturbadas mediante la ejecución de calicatas distribuidas cada 500 m de la población de estudio, en forma alternada derecha – izquierda (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2014); las cuales se remitirán a un laboratorio externo especializado para su posterior análisis. Por lo que se concluyó que La propuesta de rehabilitación del pavimento mejora la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021. Esto es resultado de que, el coeficiente de correlación Rho de Spearman, que tiene el valor de 0.820 y la sigma (bilateral) es de 0,001 el mismo que es menor al parámetro teórico de 0,05.

Palabras claves: caminos, transitabilidad vial, rehabilitación vial, diseño de pavimento afirmado.

ABSTRACT

In the present investigation, the road rehabilitation of the local road Acos Vinchos - Lucaspata, Acos Vinchos district, Huamanga Province, Ayacucho department, is promoted. Its main objective is to analyze how the pavement rehabilitation proposal improves the pass ability of a highway in the Acos Vinchos district, Ayacucho - 2021. That is why the type of research I use a quantitative approach is of an applied type, a non-experimental design - transactional and descriptive level, the population will be represented by the Acos Vinchos - Urpay - Huaychao - Huamanccocha - Lucaspata highway whose dimension is given by the progressive 25 + 308 km in length, that is, a length of 25,308 km, being the sample of disturbed by the execution of pits distributed every 500 m of the study population, alternately right - left (MTC, 2014); which will be sent to a specialized external laboratory for further analysis. Therefore, it was concluded that the pavement rehabilitation proposal improves the pass ability of a road in the Acos Vinchos district, Ayacucho - 2021. This is the result of the Spearman's Rho correlation coefficient, which has a value of 0.820 and the sigma (bilateral) is 0.001, which is less than the theoretical parameter of 0.05.

Key words: roads, road pass ability, road rehabilitation, affirmed pavement design.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación determinó que en el Perú hay poca importancia en la conservación vial al punto de esperar que la vía se deteriore por completo para poder rehabilitarla. El presente proyecto se centra en el estudio del camino Acos Vinchos tramo Acos Vinchos – Lucaspata que pertenece al distrito de Acos Vinchos, Provincia Huamanga departamento de Ayacucho,

La tesis propone la rehabilitación del camino Acos Vinchos tramo Acos Vinchos-Lucaspata tramos: de 25 km, realizando un análisis de la vía para delimitar la mejor opción de solución, que plantea el mejoramiento del pavimento y transitabilidad vial del camino Acos Vinchos tramo Acos Vinchos - Lucaspata.

La problemática planteada es que el camino Acos Vinchos tramo Acos Vinchos-Lucaspata que pertenece al distrito de Huamanga, presenta daños en la vía por lo que se propone corregir el estado tramo que conforma la Acos Vinchos-Lucaspata y la señalización en toda la vía. Por este motivo se justifica realizar la propuesta de rehabilitación con el fin de mejorar la transitabilidad con técnicas que se ajusten a la necesidad de la vía siendo éstas de carácter económicas y ecológicas frente a otras posibles soluciones.

Finalmente, la presente tesis denominada “PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO PARA LA MEJORA DE LA TRANSITABILIDAD DE UNA CARRETERA EN EL DISTRITO ACOS VINCHOS, AYACUCHO – 2021”, está conformada por el Capítulo I, donde se describe la realidad problemática, la formulación del problema, los objetivos, la importancia de la investigación, los alcances, limitaciones y la viabilidad de la investigación. El Capítulo II engloba el marco teórico, detalla los antecedentes de la investigación, las bases Teóricas y el marco conceptual. Asimismo, el Capítulo III relata la metodología del proyecto. El Capítulo IV relata los resultados obtenidos en la presente tesis como el estado del tramo que

Conforman el camino Acos Vinchos tramo Acos Vinchos - Lucaspata, la propuesta final de solución del comportamiento vial para ambos tramos y el planteamiento final de la señalización vial y el Capítulo V desarrolla la discusión de la propuesta del proyecto y el Capítulo VI plantea las conclusiones y el Capítulo VII Plantea los resultados.

1.1. Descripción y formulación del problema

Uno de los problemas que se identifican a una escala mayor en Perú relacionado con el transporte; nuestro país cuenta con muchas vías pavimentadas en mal estado o en su defecto vías de acceso sin pavimentar. Provocando frecuentemente congestión vehicular, accidente de tránsito, entre otros.

Al igual que en muchos países del mundo, con el crecimiento y desarrollo de la población, la necesidad de conformar nuevos centros urbanos aumenta a su vez la demanda de transporte, expandiendo el número de la flota vehicular del país, causando graves problemas a las vías existentes que no se encuentran diseñadas para hacer frente a tal incremento, afectando a tal punto que las vías se deterioran prematuramente.

Por el corto tiempo como distrito no ha elaborado proyectos de gran magnitud que incrementen su presupuesto, por esta razón los recursos destinados al distrito Acosvinchos frente a los otros distritos es escaso. Por este motivo nace el interés de cuidar su infraestructura existente, específicamente de índole vial con el fin de preservarlas y no se destine el presupuesto a obras de reconstrucción vial. Por esta razón es indispensable realizar mejoramientos de transitabilidad.

El problema se agudiza porque por lo general no se da prioridad a este tipo de mejoramientos viales, no teniendo en cuenta que al realizar específicamente los mantenimientos periódicos evita obras de rehabilitación el cual son de gran presupuesto a comparación de un mejoramiento vial si es que este se realiza en el debido tiempo de las redes viales urbanas de pavimentos flexibles de Acosvinchos.

Los recursos disponibles para los mantenimientos que se encuentran dentro de los mejoramientos viales son reducidos no solo para el pavimento directamente sino que no se toma mucha importancia en el mejoramiento de la señalización que complementa el buen funcionamiento de la vía y la seguridad de los usuarios de tránsito automotor y peatonal, por esta razón, es indispensable realizar estudios que nos permiten saber en qué estado se encuentra la vía para poder proponer un correcto mejoramiento del pavimento incluyendo la señalización vial con el fin de que la vía pueda desenvolverse adecuadamente, presentando un apropiado nivel de serviciabilidad, es decir una adecuada transitabilidad vial.

En otras palabras, la vía debe ser segura y confortable, para lograr estas características, simplemente no se trata de plantear buenos diseños y ejecutar buenos procesos constructivos, sino también, implementar eficaces planes de mantenimiento del pavimento, que permitan retardar el deterioro de la vía y prolongar su vida útil, a la vez realizar una correcta señalización vial que ayude a brindar la seguridad correspondiente a los usuarios. Este conjunto engloba el mejoramiento de la vía.

1.1.1. Descripción del problema

La infraestructura es uno de los factores básicos para que un país adquiera niveles de competitividad adecuados, genere sostenibilidad en el tiempo, avance en la inclusión social y pueda lograr su integración interna y externamente. Así, una eficiente y adecuada infraestructura vial propicia el desarrollo económico, pues con ella se realiza con facilidad el transporte de personas, bienes y servicios representando un gran valor social (Zarate, 2019). En concreto, la provisión de carreteras, puentes y caminos favorece la integración de los mercados, disminuye los costos de transporte y reduce los tiempos de desplazamiento que, a su vez, dinamizan el comercio en la zona de influencia (Comex Perú, 2020).

Al respecto, el World Economic Forum (WEF, 2019) en su “Global Competitiveness Report”, el cual mide el índice de competitividad de un país, Perú ocupa el puesto 88 de las 141

economías evaluadas; ubicándose en el lugar 97 del subpilar de infraestructura de transporte. No obstante, en los indicadores de conectividad vial y calidad de infraestructura en carreteras, se ubicó en los puestos 102 y 110 respectivamente. En contraste con países cercanos como Chile, el cual se posicionó en el puesto 42 de los 141 países evaluados; en infraestructura de transporte se encontró el puesto 54, representando el 9 y 25 puesto en conectividad vial y calidad de infraestructura de carreteras; se refleja una alarmante situación del país en cuanto a infraestructura vial.

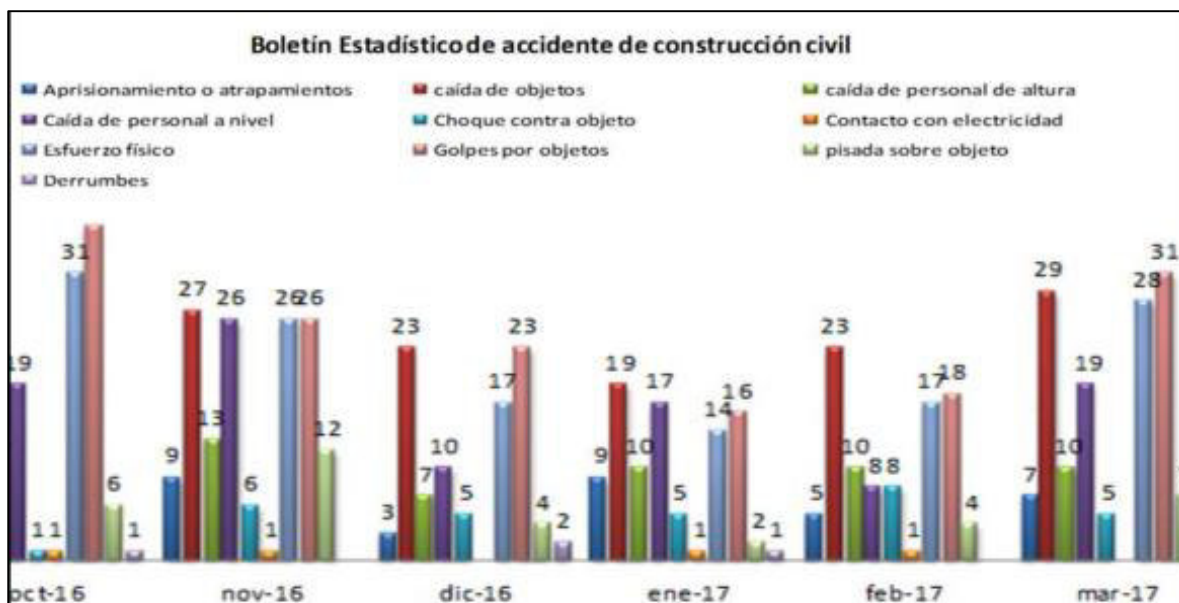
En contexto, la red vial del Perú está comprendida por un sistema de tres niveles: Red Vial Nacional (RVN), Red Vial Departamental (Regional) y Red de caminos vecinales. La RVN conformado por tres grandes ejes longitudinales y 20 ejes transversales, tiene como fin vincular a las capitales de departamentos, los principales centros productivos con las ciudades como centros de consumo y puertos marítimos como nodos del comercio exterior, constituyendo la base del todo el sistema de carreteras del país. En tanto que la red departamental, comprende las rutas de importancia regional que articulan las capitales de departamentos con las principales ciudades al interior de la región. Por su parte, la red vecinal conforma las vías que enlazan a las capitales distritales y centros poblados importantes con la capital de la provincia (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2020).

Este sistema vial cuenta con una longitud total de 168,359.2 km; de los cuales 27,060.9 km corresponden a carreteras nacionales, cuyo 80% se encuentra pavimentadas al 2019. En tanto que la red departamental está representada por 27,505.6 km (16.3%) y la red vecinal por 113,792.7 km (86.6%). Del total nacional, el 87% de la red departamental y el 98% de la red vecinal, no se encuentran pavimentadas. De esta realidad forma parte el departamento de Ayacucho que, de un total de 1801 km de carretera, se encuentra pavimentada 709.3 km del tipo asfaltada, 989 km en solución básica y el resto 102.6 km, en estado no pavimentado del tipo afirmado (MTC, 2020).

En el departamento de Ayacucho, se ubica la carretera (camino vecinal) tramo de 25 Km Acos Vinchos – Urpay- Haychao- Huamancchocha – Lucaspata perteneciente al distrito Acos Vinchos en la provincia de Humanaga; la cual es objeto de estudio de la presente investigación. Esta carretera, según levantamiento de campo del investigador, se encuentra en malas condiciones de transitabilidad debido al deterioro de su plataforma de rodadura, la cual presenta baches y ahuellamientos a lo largo de todo el tramo. Aunado a ello, este camino vecinal se ubica geográficamente en una zona con períodos lluviosos, condiciones que ocasionan la meteorización física y química de los taludes rocosos y suelos, produciendo desprendimientos de variadas dimensiones, según describe el informe geológico del estudio.

Lo anterior, aunado a la baja eficiencia en el grado de conectividad que impera en todo el distrito vista la ubicación de los centros poblados y la accidentada geografía, obstaculiza las actividades agrícolas que se desarrollan en el sector, incrementando los costos de transportes de los rubros permanentes y transitorios que se producen en el sector, al producirse accidentes o tener que tomar vías alternas, más largas, para garantizar la distribución de los mismos (Municipalidad de Huamanga, 2018).

Por lo antes expuesto, la presente investigación pretende desarrollar una propuesta de rehabilitación de pavimento para la mejora de la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021”, visto su baja calidad de servicio y dificultades en el flujo vehicular, con la que se pueda proveer alternativas de solución basadas en la estabilización de los suelos y seguridad vial. Con esta lógica, es preciso mencionar que una red de infraestructura vial eficiente, conectada y coherente, incrementa la competitividad local debido a que conlleva a una reducción de los costos generalizados, facilitando intercambios comerciales y mejorando la economía nacional (MTC, 2020).

Figura 1*Boletín estadístico de construcción civil*

Fuente: Ministerio del trabajo (adaptado).

1.1.2. Formulación del problema

Problema general

¿De qué manera la propuesta de rehabilitación de pavimento mejora la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021?

Problemas específicos

- ¿De qué manera la propuesta de rehabilitación de pavimento mejora el flujo vehicular de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021?
- ¿De qué manera la propuesta de rehabilitación de pavimento mejora de la condición operativa de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes nacionales

Cruz y Malgarejo (2020) elaboraron una tesis orientada en el mejoramiento de la transitabilidad vehicular del Camino Vecinal Recuay – Huancapampa – Ancash – 2020. Para ello, llevaron a cabo el estudio de tráfico, el levantamiento topográfico, el estudio de mecánica de suelos para así proponer el tipo y diseño de pavimento de la vía estudiada.

Sus estudios se basaron en las normas peruanas para el diseño de carreteras, en normativa AASHTO y ASTM. De los resultados se concluyó: con el estudio de tráfico se consiguió un índice medio diario anual (IMDA) de 211 Veh/día con lo cual se obtuvo una carretera de clase III. Asimismo, se determinó un ESAL para una proyección de 20 años de 936,839.7726. De acuerdo a la topografía, se clasificó la vía como accidentada con una pendiente del 6%. Según los estudios de suelos, la vía presentó una subrasante buena, con un CBR de 16%. Con ello se propuso un diseño de pavimento flexible, con espesores de 8 cm para la carpeta asfáltica, 20 cm para la base y 20 cm para la subbase. Finalmente, se concluye que una red vial va a mejorar de una manera notoria la calidad de vida de los habitantes de Recuay y Huancapampa.

Mestanza y Sánchez (2018), desarrollaron estudio definitivo para el mejoramiento del camino vecinal Pinshapampa – José Paraíso, Distrito de Alonso de Alvarado, Provincia de Lamas – Región San Martín. Para ello, elaboraron un estudio socio – económico y cultural de las comunidades que se encuentran en el área de influencia del proyecto, realizaron diferentes estudios de ingeniería como geológicos, topográficos, de diseño vial, entre otros; así como también, determinaron los costos del proyecto y efectuaron el estudio de impacto ambiental.

Aplicaron metodologías como la USACE, de las normas peruanas del diseño de carreteras, así como normativa internacional ASTM y AASHTO. Entre los resultados más

relevantes se destaca una proyección de tráfico de 50 vehículos por día para un período de 5 años; un CBR de diseño de 10%, que dieron lugar a un espesor de capa de afirmado de 20 cm.

Así mismo, entre los parámetros resultantes más importantes del diseño geométrico, se obtuvieron la velocidad directriz de 30km/h, una distancia entre ejes de 6.00 metros, una pendiente máxima excepcional de 10.00% y el ancho de calzada con una superficie de rodadura de 4.00 metros; así mismo, de los ensayos realizados para los valores del CBR, se concluyó que el mejoramiento del camino vecinal no ofrece mayor riesgo en cuanto a su capacidad portante, proponiendo la mejora para su transitabilidad.

Gutiérrez y Pumayali (2018) realizaron una tesis que consistió en el mejoramiento y rehabilitación del camino vecinal tramo: Nogalpampa – Cotarma – Piscaya, distrito Pichirhua, provincia Abancay, región Apurímac. Para ello, describieron las características técnicas, topográficas, geotécnicas e hidrológicas necesarias con fines de realizar el diseño geométrico de la vía mediante levantamiento topográfico, diagnóstico de campo y pruebas de laboratorio, que luego de su procesamiento permitió diseñar la vía cumpliendo con las normas y reglamentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual para el Diseño Geométrico de Carreteras DG 2013. De los resultados se destaca: el diseño geométrico pertenece a una vía de categoría T0 (carretera de bajo volumen de tránsito) con ancho de calzada entre 3.50 a 4.50 metros, plazoletas de cruce cada 500 metros en promedio, superficie de rodadura afirmado en tierra mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado de 15 cm, velocidad directriz entre 20 a 30 km/h, distancia de visibilidad de parada de 35 metros, distancia de visibilidad de paso de 110 metros, Radio Mínimo Normal de 30 m, pendientes máxima normal de 6%, hasta 12%, bombeo de calzada de 2.5% y un derecho de vía de 15 m, a su vez que se plantea la construcción de 36 obras de arte, principalmente alcantarillas tipo TMC con una longitud promedio de 5.6 metros lineales. Por otro lado, la clasificación de los suelos más prevalente según la AASHTO es A – 2 – 4 grava, arena arcillosa o limosa, y

según el SUCS, es de tipo SC, arenas arcillosas y mezcla de arena limo, con humedad óptima entre 10.16% a 12% y densidad seca máxima de 1.06 toneladas por m³, el ensayo CBR promedio es de 20.25%, y el presupuesto total de implementar el proyecto es de 4'090,525.15 soles distribuido en 2'776,420.27 soles el costo fijo y 1'314,104.88 soles el costo variable, el costo por kilómetro es de 314,655.78 soles.

Merino (2018) realizó una tesis que abordó el diseño para el mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular y peatonal en el caserío el porvenir, distrito Sayapullo, provincia Gran Chimú, departamento La Libertad. Para ello se efectuaron estudios topográficos, mecánica de suelos, hidrológico y obras de arte. Como parte de la metodología, se consideraron los requisitos y procedimientos establecidos en Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2018, Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014; así como la aplicación de software de diseño. En consecuencia, se realizó el diseño geométrico y de pavimento teniendo como resultados, una longitud 3.500 km de vía, una velocidad de diseño de 30 km/h con radios mínimos de 25 m y peraltes máximos de 10%, 9elocidadese una adecuada señalización; en función del CBR (19%), se obtuvo una estructura de pavimento de 10 cm de subbase de afirmado, 15 cm de base granular y 2.50 cm de micro – pavimento. Finalmente, se obtuvo un costo total de obra de 2'552,640.65 nuevos soles.

Barreto y Cueva (2018) llevaron a cabo una tesis orientada a elaborar una propuesta de mejoramiento a nivel de afirmado de la carretera Cusca – Aco, Provincia de Corongo, Ancash, según diseño geométrico DG-2018. Para ello, implementaron estudios de ingeniería de topografía, mecánica de suelos, obras de arte y puentes, hidrología, drenaje, caminos e ingeniería gráfica mediante las metodologías de las normas peruanas de infraestructura vial, así como de las normativas internacionales AASHTO y ASTM, además del uso de software especializado para el diseño. De los resultados se destacan las siguientes conclusiones: la topografía de la zona presenta pendiente del 10%, lo que la clasifica como vía escarpada; la

velocidad de diseño resulto 30 km/h con un ESAL de 2.07E+04 y CBR del suelo de 9%, con lo que se obtuvo una estructura de pavimento de espesor de 200 mm de capa de afirmado.

Adicionalmente, redimensionaron un badén existente en la progresiva km 0+876 para drenajes tipo cruce diseñados para 25 años de tiempo de retorno.

1.2.2. Antecedentes internacionales

Hamisi (2020), en su artículo científico “Study on the Effects of Pavement Condition on Level of Service of the Road Segments”, tuvo como objetivo determinar el efecto del índice de condición del pavimento (PCI) en el nivel de servicio de una carretera. La metodología aplicada tuvo un alcance explicativo, diseño no experimental y enfoque cuantitativo; la misma partió de mediciones de velocidad, flujo vehicular, parámetros geométricos de la vía, levantamiento de las fallas existente en la superficie del pavimento, con las cuales se calculó el PCI y posteriormente, el nivel de servicio que presentaba la unidad de análisis. La investigación determinó tramos con nivel de servicio tipo C y E, correspondientes a flujo restringido y confort limitado; por tanto, se determinó que el PCI estaba directamente relacionado con el nivel de servicio con un 24.3% de correlación en función de la velocidad de flujo. Finalmente, se recomendó la reposición de la carpeta asfáltica en diferentes tramos de superficie de carretera y para otros resultó necesario la reconstrucción de la estructura de la base granular. Por otro lado, se recomendó un rediseño estructural como medida para la recuperación del nivel de servicio perdido producto del deterioro de la superficie de rodadura.

Fandiño y Porras (2020), llevaron a cabo un trabajo de investigación que consistió en la propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad de la comunidad del Barrio Guanamito en el Municipio de Restrepo – Meta; el cual tuvo como objetivo elaborar una propuesta de diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad de dicha comunidad. La metodología partió de la recolección de datos mediante levantamiento topográfico, utilizando una estación total, realización de un estudio del tráfico y la ejecución

de muestras del suelo para el estudio de caracterización de propiedades. Una vez obtenida la información necesaria, se emplearon los softwares de ingeniería AutoCAD y Civil3D, el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras para la elaboración de la propuesta de diseño, la cual comprendió una capa de pavimento rígido de 18 cm sobre una capa de subbase granular de 25 cm.

Parrado y García (2017) realizaron un trabajo de titulación que consistió en una propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad en un sector periférico del occidente de Bogotá. Para ello, identificaron los principales problemas que afectan la movilidad en el trayecto Mosquera – Funza; efectuaron un reconocimiento de las especificaciones técnicas y operativas de diferentes tipos de vías concesionadas y la elaboraron una propuesta de diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal. Aplicaron las metodologías de la normatividad del Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2020), así como también ejecutaron el estudio de tráfico respectivo y proyectaron el nivel de servicio de la vía estudiada.

Además, utilizaron herramientas computarizadas de dibujo asistido y de evaluación como el AutoCAD Civil 3D y el Software HCS 2000. De los resultados más relevantes, se concluyó: la propuesta de diseño vial resultó efectiva al proyectar un nivel de servicio tipo C, con dos carriles por calzada para una velocidad de flujo libre entre 100 km/h y 120 km/h; el comportamiento de tráfico presentó un flujo vehicular tiende a una velocidad promedio de 45km/h para la mayor cantidad de vehículos que circulan en este corredor vial.

Yugcha (2016) elaboró un trabajo de titulación que consistió en el mejoramiento del tránsito vehicular y peatonal con una propuesta de movilidad continua entre la vía Tisaleo San Diego – Alobamba del Cantón Tisaleo provincia de Tungurahua. La investigación comenzó con el reconocimiento del área de estudio, encuestas a los habitantes, seguido de la toma de

muestras de suelos para sus respectivos ensayos de humedad, granulometría, límites de consistencia y CBR para su posterior clasificación. Posteriormente, se efectuó levantamiento topográfico para definir la ubicación del proyecto, se llevó a cabo el conteo vehicular por un período de 12 horas continuas durante una semana. Con ello, se procedió al respectivo diseño geométrico (horizontal y vertical), el diseño de la estructura del pavimento basado en las normas vigentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas y la norma americana AASHTO. De los resultados se obtuvo para el estudio de tráfico un TPDA proyectado de 1763 vehículos al final del período de diseño (2036), clasificándose la vía de tipo II. Del estudio de suelo, se determinó un CBR de diseño para la subrasante de 19,2%, siendo clasificada de regular – buena. Para el diseño vertical se tiene una longitud mínima para curvas verticales de 30 m, con una gradiente mínima del 0.5%, y una gradiente máxima del 8 %. Finalmente, para la estructura de pavimento se determinaron espesores de 5 cm de capa asfáltica, 10 cm de base clase II y 25 cm de sub – base clase II.

Asqui y Cajas (2016) desarrollaron un trabajo de graduación que consistió en la rehabilitación y mejoramiento del camino vecinal “La Batea – San Simón”, situado en el Cantón Guaranda, provincia de Bolívar”. La investigación abarcó la recopilación de datos del área de influencia, estudios de tráfico, estudios de suelos, topografía preponderante, hidrología, meteorología, entre otros. Con ello, se establecieron los parámetros de diseño gobernantes en toda la longitud del camino. De igual manera, se realizó un diseño preciso de la estructura del pavimento conjuntamente con los parámetros de la mecánica de suelos. Como última etapa, se elaboró un presupuesto referencial de construcción. De los resultados se resalta que el suelo posee poca capacidad de soporte ($CBR < 5$) lo que influye directamente en los espesores, debiéndose colocar una capa de mejoramiento y mejor capa de rodadura para el logro del número estructural (NE) requerido, de esta manera la estructura del pavimento estará constituida por material de mejoramiento de 40 cm, una sub – base clase III de 35 cm, una base

clase II de 20 cm y una carpeta asfáltica de 5 cm. De los estudios de materiales, se determinó que los materiales de canteras cumplen con los requisitos para ser empleados como material para el mejoramiento y para la construcción de la carpeta asfáltica. Finalmente, el costo total del proyecto se estimó en 1, 260, 174.43 dólares americanos, presentándose un costo por km de 265,827.95 dólares.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar de qué manera la propuesta de rehabilitación de pavimento mejora de la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar de qué manera la propuesta de rehabilitación de pavimento mejora el flujo vehicular de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.
- Determinar de qué manera la propuesta de rehabilitación de pavimento mejora de la condición operativa de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

1.4. Justificación

La presente investigación se justifica desde el punto de vista teórico ya que servirá como antecedente para futuras investigaciones que presenten la misma realidad problemática, en la que se pretenda proveer una solución técnica a carreteras, en cumplimiento con establecido en el reglamento de infraestructura vial del Perú, de tal manera, se ajuste a las condiciones geológicas y topográficas de la zona. Por otro lado, se recalca que las vías terrestres facilitan el acceso a los demás bienes y servicios públicos, como la educación y la salud, muchos de los cuales son limitados para gran parte de la población rural. Así, es incuestionable la importancia de la infraestructura vial como pilar de la competitividad y determinante para el desarrollo económico de un país.

Por otro lado, esta investigación adquiere importancia práctica y social puesto que de llevarse a cabo la rehabilitación del servicio de transitabilidad, se estaría proveyendo una solución a las malas condiciones actuales de la carretera rural que comprende el tramo en estudio, lo que beneficiaría a la comunidad local facilitando diferentes accesos de comunicación vial, lo que a su vez propicia el desarrollo social y económico de la zona; puesto que el distrito de Acos Vinchos del departamento de Ayacucho, tiene como actividad económica principal la agricultura, en la cual se enfoca el 70% de la población mayor a 14 años. De esta manera, aporta al movimiento y accesibilidad de estas actividades.

Por último, esta investigación se justifica desde el punto de vista legal y metodológico ya que se basa y se ajusta a los lineamientos legales del reglamento nacional de infraestructura vial, así como de códigos y normas internacionales como la ASTM, la AASTHO, entre otras, para la definición, ejecución y diseño de las diferentes metodologías y procedimientos técnicos necesarios para los estudios de suelos, canteras, fuentes de agua, topografía, diseño geométrico y estudio de tráfico que permitan lograr todo el alcance de las necesidades y que resulte en adecuadas alternativas o soluciones técnicas para el área de estudio.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis principal

La propuesta de rehabilitación del pavimento mejora la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La propuesta de rehabilitación de pavimento mejora el flujo vehicular de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.
- La propuesta de rehabilitación de pavimento mejora la condición operativa de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Rehabilitación de pavimentos

2.1.1.1. Pavimentos. El pavimento consiste en una estructura de diversas capas, construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir cargas originadas por los vehículos con el fin de mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. De forma general, dicha estructura está conformada por capa de rodadura, base y subbase según expone el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP, 2015), las cuales se describen a continuación:

- ✓ Capa de rodadura. Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.
- ✓ Capa base. Es la capa inferior a la capa de rodadura, que sostiene, distribuye y trasmite las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante (CBR > 80%) o será tratada con asfalto, cal o cemento.
- ✓ Capa subbase. Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Estructuralmente, esta capa puede ser de material granular (CBR > 40%) o tratada con asfalto, cal o cemento.
- ✓ Por su parte, Castro (2013) menciona que el pavimento es una estructura capaz de transferir los esfuerzos de las cargas de tránsito y el ambiente hacia la subrasante sin exceder la capacidad de soporte de la misma. Además, indica que debe proveer una superficie de rodadura cómoda y segura y duradera. El SNIP (2015), describe tres tipos de pavimentos:

- ✓ Pavimento flexible. Estructura conformada por capas granulares (subbase, base) y capa de rodadura compuesta por una carpeta de materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y, de ser el caso, aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente.
- ✓ Pavimento semi rígido. Estructura compuesta básicamente, por capas asfálticas con un espesor total tipo bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto); también se considera como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o sobre base tratada con cal.
- ✓ Pavimento rígido. Estructura de pavimento compuesta particularmente, por una capa de subbase granular, la cual puede ser de base granular, o estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo.
- ✓ El Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos del MTC (2014), describe varios tipos de caminos pavimentados y no pavimentados; sin embargo, no define particularmente los caminos con pavimentos económicos, es decir, con solución básica. Esta última se refiere alternativas técnicas, económicas y ambientales, que consisten principalmente en la aplicación de estabilizadores de suelos, recubrimientos bituminosos y otros, posibilitando que las capas de rodadura de las carreteras no pavimentadas, tengan una mayor vida útil y presten un mejor nivel de servicio (SNIP, 2015). Entre las principales soluciones básicas, se pueden presentar las siguientes:
 - ✓ Caminos afirmados estabilizados sin recubrimiento. Caminos a nivel de superficie con rodadura compuesta por afirmados estabilizados de productos químicos o caminos a nivel de superficie de rodadura con suelos estabilizados.

- ✓ Caminos afirmados estabilizados con recubrimiento. Caminos a nivel de superficie de rodadura compuestos por afirmados o suelos estabilizados con productos químicos, con una capa de protección bituminosa.
- ✓ Caminos con soluciones básicas pavimentadas. Caminos con pavimentos compuestos por capas granulares y base estabilizada, con una superficie de rodadura bituminosa en frío como: tratamiento superficial monocapa, lechada asfáltica o mortero asfáltico, micropavimento en frío, carpetas de mezclas asfálticas en frío, etc.

2.1.1.2. Alternativas de rehabilitación de pavimentos. Según el SNIP (2015), entre las alternativas tecnológicas de pavimentación recomendadas en el caso de las carreteras peruanas para IMDA < 300 vehículos, se tienen las descritas en la tabla 1.

Tabla 1

Soluciones básicas de pavimentación para carreteras con IMDA < 300 vehículos

Pavimento	Características	IRI promedio en operaciones
Pavimento económico	Compuesto por capas granulares, con base estabilizada y una capa de rodadura bituminosa en frío como: tratamiento superficial bicapa, lechada asfáltica o mortero asfáltico, micropavimento en frío, macadam asfáltico, carpetas de mezclas asfálticas en frío, etc.).	4
Afirmado con protección	Afirmados tratados o suelos estabilizados con una capa de protección bituminosa (monocapa, lechada asfáltica, etc.).	5
Afirmado mejorado	Afirmados con grava tratada con materiales como: asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros. Suelos naturales estabilizados con asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros.	7
Afirmado	Constituidos por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificados naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo de 25 mm.	10

Fuente: SNIP (2015). Nota: *IRI: índice de rugosidad.

2.1.1.3. Estudio de tráfico. La necesidad de información del tráfico se define desde dos puntos de vista; el primero de ellos, el diseño estructural del pavimento y el segundo, la capacidad de los tramos viales para conocer hasta qué límites de volúmenes de tráfico, puede estimarse que aumentará la demanda que afectará a la estructura vial, durante el periodo del análisis vial adoptado para un estudio. El volumen de tránsito indica la necesidad de la mejora y afecta directamente a las características de diseño geométrico como son el número de carriles, anchos, alineaciones, etc. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2018).

El estudio de tráfico se lleva a cabo mediante el índice medio diario anual (IMDA), el cual representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Así, la carretera se diseña para un volumen de tránsito que se determina como la demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual, la cual se expresa de la siguiente manera (MTC, 2018):

$$P_f = P_o \times (1 + r)^n \quad \text{Ec. 1}$$

Donde;

Pf: tránsito final (Veh/día)

Po: tránsito inicial o base (Veh/día)

r: tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo

n: año a proyectarse.

El efecto del tránsito se mide en la unidad de “ejes equivalentes” (EE) acumulados durante el período de tiempo considerado para el estudio. Esta unidad es definida por la AASHTO un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos

ruedas convencionales cargado con 8.2 Ton de peso, con neumáticos a la presión de 80 Lbs/pulg² (MTC, 2018). Los EE se determinan de la siguiente manera:

$$EE_{8.2\text{ Ton}} = \sum [EE_{\text{Día-carril}} \times 365 \times Fc \times Fd \times (1 + r)^{n-1}] / r \quad Ec. 2$$

Donde:

EE_{Día-carril}: ejes equivalentes por día para el carril de diseño.

Fd: factor direccional que depende del uso de los carriles de la calzada.

Fc: factor de carril de diseño.

2.1.1.4. Parámetros y criterios de diseño.

A. Parámetros topográficos. El plano topográfico consiste en la representación gráfica del terreno, sus accidentes, sistema hidrográfico, las instalaciones y edificaciones existentes colocadas por el hombre. Su relevamiento muestra las distancias horizontales y las distintas cotas o elevaciones de los componentes representados en el plano, por medio de curvas de niveles a escalas de interés para la interpretación del plano por el ingeniero y para la adecuada representación de la carretera y de las diversas estructuras que lo componen. Los trabajos topográficos y georreferenciación comprenden los siguientes aspectos: georreferenciación, puntos de control horizontal y vertical, secciones transversales, estacas de talud y referencias, límites de limpieza y roce, establecimiento de la línea del eje, elementos de drenaje, muros de contención, canteras, monumentación, levantamiento de misceláneos (zonas de depósitos de desperdicios, vías que se aproximan a la carretera, zanjas de coronación y de drenaje, etc.) y Trabajos topográficos intermedios (durante el paso de una fase a otra de los trabajos) (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2018).

B. Parámetros geotécnicos. La exploración e investigación del suelo es muy importante, tanto, para la determinación de las características del suelo, como para el correcto diseño de la estructura del pavimento. Si la información registrada y las muestras enviadas al

laboratorio no son representativas, los resultados de las pruebas aún con exigencias de precisión, no tendrán mayor sentido para los fines propuestos (MTC, 2014). Por su parte, Crespo (2004) señala que conocer las principales características físicas de los suelos, es de fundamental importancia el estudio de mecánica de suelos, pues mediante su acertada interpretación, se puede predecir el comportamiento futuro de un terreno bajo cargas, cuando éste presente diferentes contenidos de humedad; estas características se obtienen de los ensayos de laboratorio y se describen a continuación.

- ✓ **Peso volumétrico:** esta propiedad (γ) corresponde al peso del suelo contenido en una unidad de volumen, que generalmente se expresa en kg/m³. Su principal aplicación es para la conversión de pesos de material a volúmenes y viceversa (Crespo, 2004).
- ✓ **Absorción:** proceso por el cual un fluido es retenido por las partículas del suelo (MTC, 2018). Su metodología consiste en determinar la absorción del material en 24 horas en condiciones saturadas, mediante la relación entre los pesos del material después de sumergido en agua y el peso constante que se logra durante el secado. Este valor permitirá comparar con la especificación correspondiente, de acuerdo al uso que se le dará al material, en función de conocer si cumple con la norma en cuestión (Crespo, 2004).
- ✓ **Granulometría:** la composición granulométrica de un suelo permite discernir sobre la influencia que puede tener la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad (en términos porcentuales) de los diferentes tamaños de las partículas que componen el suelo (Crespo, 2004). Análogamente, el MTC (2014) señala que la granulometría representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC EM 107), a partir de la cual se puede estimar con certeza otras

propiedades de interés. Así, de acuerdo al tamaño de las partículas, se puede establecer su clasificación según la AASHTO o la SUCS.

- ✓ Plasticidad: es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite sin sufrir rompimiento; por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en todas las épocas. Para conocer esta propiedad se usan los Límites de Atterberg, los cuales miden la cohesión del suelo y son representados por los estados de consistencia del límite líquido (LL), límite plástico (LP) y límite de contracción (LC) (Crespo, 2004). Estos límites (LL y LP) dan lugar al índice de plasticidad (IP), propiedad también a obtener, la representa la diferencia entre el LL y el LP. El IP indica la magnitud del intervalo de humedades en el que el suelo presenta consistencia plástica y permite una buena clasificación del mismo (MTC, 2014).
- ✓ Valor de soporte de California (CBR): es el índice de la resistencia del suelo frente al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación y humedad, cuyo valor se expresa como el tanto por ciento de la carga necesaria para introducir un pistón de sección circular, en una muestra de suelo respecto a la precisa, para que el mismo penetre a la misma profundidad de una muestra seca cuarteada (Crespo, 2004). El CBR permite clasificar la subrasante de la carretera; así una vez definido su valor de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente:

Tabla 2

Categorías de subrasante

Valor de CBR	Categoría de subrasante
CBR < 3%	S ₀ : subrasante inadecuada
CBR ≥ 3% - CBR < 6%	S ₁ : subrasante pobre
CBR ≥ 6% - CBR < 10%	S ₂ : subrasante regular
CBR ≥ 10% - CBR < 20%	S ₃ : subrasante buena
CBR ≥ 20% - CBR < 30%	S ₄ : subrasante muy buena
CBR ≥ 30%	S ₅ : subrasante excelente

Fuente: MTC (2014).

C. Parámetros de diseño geométrico. Los elementos geométricos de una carretera de planta, perfil y sección transversal deben estar relacionados de forma conveniente para asegurar una circulación ininterrumpida de los vehículos, procurando mantener una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones de la vía. En este sentido, el diseño geométrico se inicia cuando se define dentro de criterios técnicos – económicos, la velocidad de diseño para cada tramo homogéneo en estudio (MTC, 2014). Para el diseño geométrico, se consideran los parámetros establecidos por el manual de carreteras no pavimentadas de bajo tránsito vehicular, descritos de la siguiente manera (MTC, 2008).

- ✓ Curvas horizontales: el mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción para una velocidad directriz determinada. Los valores mínimos de radios y máximos de peraltes se pueden conseguir en el manual mencionado (MTC, 2008).
- ✓ Curvas de transición: cuando se use curva de transición, la longitud de la curva de transición no será menor que L_{min} ni mayor que L_{max} , según las siguientes expresiones

$$L_{min} = 0.0178 \frac{V^3}{R} \quad Ec. 3$$

$$L_{máx} = (24R)^{0.5} \quad Ec. 4$$

Donde;

R: radio de la curvatura circular horizontal

L_{min} : longitud mínima de la curva de transición

$L_{máx}$: longitud máxima de la curva de transición (m)

V: 22 elocidade directriz (Km/h)

- ✓ Peralte de la carretera: se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga. Las curvas horizontales deben ser

peraltadas. El mínimo radio (R_{min}) de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte (e_{max}) y el factor máximo de fricción (f_{max}) seleccionados para una velocidad directriz (V). Este puede ser calculado como sigue.

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{m\acute{a}x} + f_{m\acute{a}x})} \quad Ec. 5$$

- ✓ Curvas verticales: los tramos consecutivos de rasante se enlazarán con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 2% para carreteras afirmadas. Su determinación, se realiza mediante el índice de curvatura (K), el cual representa la longitud (L) de las curvas de la pendiente (A), esto es L/A por el porcentaje de la diferencia algebraica (MTC, 2008).
- ✓ Velocidad directriz: representa la máxima velocidad con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto.
- ✓ Ancho de la plataforma en tangentes: el ancho de la plataforma a rasante terminada es producto de la suma del ancho en calzada y el ancho de las bermas. La plataforma a nivel de la subrasante tendrá un ancho tal que, pueda soportar las capas que comprenderán el afirmado y la cuneta de drenaje.
- ✓ Pendiente: se sugiere evitar pendientes menores a 0.5% en los tramos en corte. Los límites máximos se definirán tomando en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados en las condiciones más desfavorables de la superficie de rodadura.
- ✓ Sobreanchos: cuando se coloque guardavías, se deberá construir un sobre ancho de 0.50 m mínimo.
- ✓ Bombeos en rectas: las carreteras no pavimentadas se deben proveer de bombeo con valores entre 2% y 3%. En las carreteras de bajo volumen de tránsito con IMDA inferior

a 200 veh/día, se puede sustituir el bombeo por una inclinación transversal de la superficie de rodadura de 2.5% a 3% hacia uno de los lados de la calzada.

- ✓ Áreas de descanso: para carreteras de un solo carril con dos sentidos de tránsito, se deberá construir ensanches en la plataforma cada 500 m como mínimo, para facilitar el cruce de los vehículos opuestos o adelantarse aquellos del mismo sentido.

D. Parámetros de diseño estructural. El diseño de pavimento para carreteras no pavimentadas con revestimiento granular en sus capas superiores y superficie de rodadura, por general, corresponden a carreteras de bajo volumen de tránsito y un número de repeticiones de Ejes Equivalentes de hasta 300,000 EE en un periodo de diez años. En este caso, se presenta un diseño estructural de pavimento compuesto por una capa de rodadura con material de afirmado en su totalidad; referida esta como la capa de material granular destinada a soportar las cargas del tránsito, que además puede ser tratada para controlar las partículas de polvo (MTC, 2014). Para establecer el espesor de diseño se consideran los siguientes parámetros de diseño:

- ✓ Características de la subrasante representada por el CBR.
- ✓ Nivel de tránsito expresado en el número de ejes equivalentes (EE) para el período de diseño seleccionado.

2.1.2. Transitabilidad vehicular

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), define la transitabilidad vehicular como el servicio que proporciona una infraestructura vial a vehículos, en el cual se asegura un estado de circulación vehicular de manera regular durante un período de tiempo determinado (MTC, 2018). Análogamente, el Instituto Peruano de Economía (IPE, 2005) indica que la transitabilidad, de manera general, es un concepto referido a las condiciones de tránsito sobre un determinado camino. Además, menciona que un buen nivel de transitabilidad conlleva a un tránsito en condiciones normales, considerando el tipo de camino.

La transitabilidad constituye un indicador del nivel de servicio que un pavimento ofrece a los usuarios, se trata de una opinión subjetiva que se encuentra estrechamente ligada a la opinión objetiva, basada en aspectos que pueden ser medidos en la superficie del pavimento (Solminihaç et al., 2003). Así, puede ser determinada a través de un análisis de la condición operativa de la superficie de rodadura, para lo cual el MTC (2015), establece la siguiente clasificación (tabla 3)

Tabla 3

Clasificación de la transitabilidad de una carretera

Estado transitabilidad	Código	Descripción
Buena	B	No presenta daños significativos
Regular	R	Daños menores a moderados, pero no constituye una obstrucción importante al tráfico.
Mala	M	Daño severo en todo el camino, sólo es transitable por camiones y vehículos de doble tracción.

Fuente: MTC (2015).

2.1.1.5. Estado de operatividad del pavimento. Los daños que pueden afectar la transitabilidad de la una carretera, y que determinan la operatividad de un pavimento, se clasifican en fallas estructurales y fallas superficiales. Las primeras están constituidas por aquellas fallas que afectan el estado estructural del pavimento, tanto al conjunto de capas como a la capa de superficie solamente; estas pueden llegar a ser deformaciones verticales u horizontales elásticas y requieren de trabajos de rehabilitación de costos elevados (Solminihaç et al., 2003). De esta manera, una carretera puede presentar los siguientes modos de falla:

Tabla 4*Modos de fallas en pavimento flexible*

Clasificación de los deterioros/fallas	Código de deterioro/falla	Deterioro/falla	Gravedad
Deterioros o fallas estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (>0.5m) sin material suelto 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5m) sin o con material suelto 3: Malla pequeña (<0.3m) sin o con material suelto
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho $\leq 1\text{mm}$) 2: Fisuras medianas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho $>1\text{mm}$ y $\leq 3\text{mm}$) 3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho $>3\text{mm}$). También se denominan grietas
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario $<2\text{cm}$ 2: Profundidad entre 2cm y 4cm 3: Profundidad $>4\text{cm}$
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario, pero $\leq 6\text{mm}$ 2: Profundidad $>6\text{mm}$ y $\leq 12\text{mm}$ 3: Profundidad $>12\text{mm}$
Deterioros o fallas superficiales	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado
	6	Peladura y desprendimiento	1: Puntual, sin aparición de la base granular (peladura superficial) 2: Continuo, sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular 3: Continuo, con aparición de la base granular
	7	Baches (huecos)	1: Diámetro $<0.2\text{m}$ 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5m 3: Diámetro $>0.5\text{m}$
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras finas (ancho $\leq 1\text{mm}$) 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho $>1\text{mm}$ y $\leq 3\text{mm}$) 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho $>3\text{mm}$). También se denominan grietas

Fuente: MTC (2018).

2.1.1.6. Nivel de servicio. El MTC (2018), los define como indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que, normalmente, se emplean como límites admisibles hasta los cuales pueden cambiar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad. Estos indicadores son propios de cada vía y varían en función de factores técnicos y económicos, dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.

El cálculo de nivel de servicio se realiza independientemente del estimativo de la Capacidad. Al igual que esta última, el nivel de servicio se calcula partiendo de una velocidad en condiciones casi ideales, la cual se va reduciendo mediante la aplicación de distintos factores de corrección (INVIAS, 2020). Por otro lado, según National Academy of Sciences (NAS, 2010): el High Capacity Manual (HCM) establece seis niveles de servicios identificados como A, B, C, D, E y F, los cuales se describen a continuación:

- ✓ Nivel A: corresponde a las condiciones de libre flujo vehicular, donde los motoristas tienen alta libertad para escoger la velocidad y efectuar maniobras dentro del tránsito; este nivel ofrece al conductor, una excelente comodidad física y psicológica.
- ✓ Nivel B: hace referencia a condiciones de flujo estable, en este nivel existen otros vehículos en la circulación; sin embargo, los conductores tienen libertad para ejecutar maniobras y elegir la velocidad, pero en menor magnitud que el nivel de servicio A; igualmente el nivel de comodidad y conveniencia también es menor que el nivel de servicio A, ya que la presencia de otros vehículos influye en la conducta de cada uno.
- ✓ Nivel C: en este nivel, la influencia de la densidad del tráfico en el flujo vehicular determina un ajuste en la velocidad. La presencia de grupos de vehículos, disminuyen la capacidad de maniobra y posibilidades de adelantamiento. En

carreteras de varios carriles con velocidades mayores a los 80 km/h, decrecerá el flujo libre sin llegar a detenerse totalmente. Las interrupciones menores pueden afectar el nivel de servicio y formar colas de vehículos frente a estas.

- ✓ Nivel D: en este nivel se ve complicado el flujo vehicular y se producen problemas de funcionamiento debido a la restricción severa de la velocidad y las maniobras, por tanto, el nivel de comodidad y conveniencia es bajo.
- ✓ Nivel E: este nivel el funcionamiento se acerca al límite de su capacidad, la velocidad es muy baja y solo se podrán efectuar maniobras cuando algún usuario ceda el paso, por tanto, el nivel de comodidad y maniobra son muy bajos. Las interrupciones no se pueden disipar rápidamente y frecuentemente causan colas, pudiendo deteriorar el servicio hasta llegar al nivel F. Para el caso de carreteras de varios carriles donde la velocidad de flujo libre sea entre 70 – 100 km/h, los vehículos experimentan velocidades menores e impredecibles.
- ✓ Nivel F: en este nivel, se presenta un flujo forzado y de alta congestión, lo cual ocurre cuando la demanda llega a ser mayor que la capacidad de la carretera. En estas condiciones, se generan colas que experimentan periodos cortos de desplazamiento seguidos de paradas. Cabe mencionar que este nivel se utiliza para caracterizar el punto de colapso y las condiciones de operación dentro de la cola vehicular.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Tipo

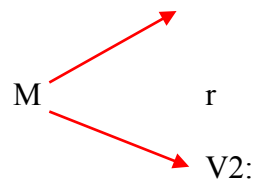
Según la finalidad que persigue, la investigación es tipo aplicada, puesto que esta contempla propósitos prácticos inmediatos, es decir, se enfoca en solventar una problemática práctica o, en transformar las condiciones de una realidad de preocupación científica para el investigador (Carrasco, 2017).

Además, cuenta con un enfoque cuantitativo según lo mencionado por Ramírez et al. (2007) porque considera como objeto y campos de investigación solo los hechos o fenómenos observables, susceptibles de medición y adopta el método hipotético-deductivo cuyos procedimientos son: la observación, la formulación de hipótesis y posteriormente la contrastación o prueba de hipótesis, finalmente la correlación de variables para conseguir el rigor del método científico.

3.1.2. Nivel

Según su nivel, esta investigación es de tipo descriptiva; definida por Carrasco (2017) como aquella que refiere acerca de las características, cualidades internas y externas, propiedades y rasgos esenciales de los hechos y los fenómenos de la realidad, en un momento y tiempo histórico determinado. Según su diseño, la presente investigación es no experimental – transeccional; visto que en el diseño no experimental se efectúan los estudios sin manipular de forma determinada las variables y, en el cual sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural u original para ser analizados; además, el tipo transeccional comprende la recolección de datos en un único momento. (Hernández et al., 2014). De esta manera, la presente investigación busca desarrollar una propuesta de mejoramiento del servicio de transitabilidad

vehicular de la carretera Acos Vinchos – Urpay – Huaychao – Huamanccocha – Lucastapa; a través de un estudio de tráfico actual y futuro, de la evaluación de las características topográficas y mecánicas de los suelos y del análisis de los parámetros de diseño adecuados para lograr determinar su incidencia sobre la capacidad y nivel de servicio de dicha carretera.



Donde:

m = Muestras tomadas para observaciones

V. 1 = Variable 1

V. 2= Variable 2

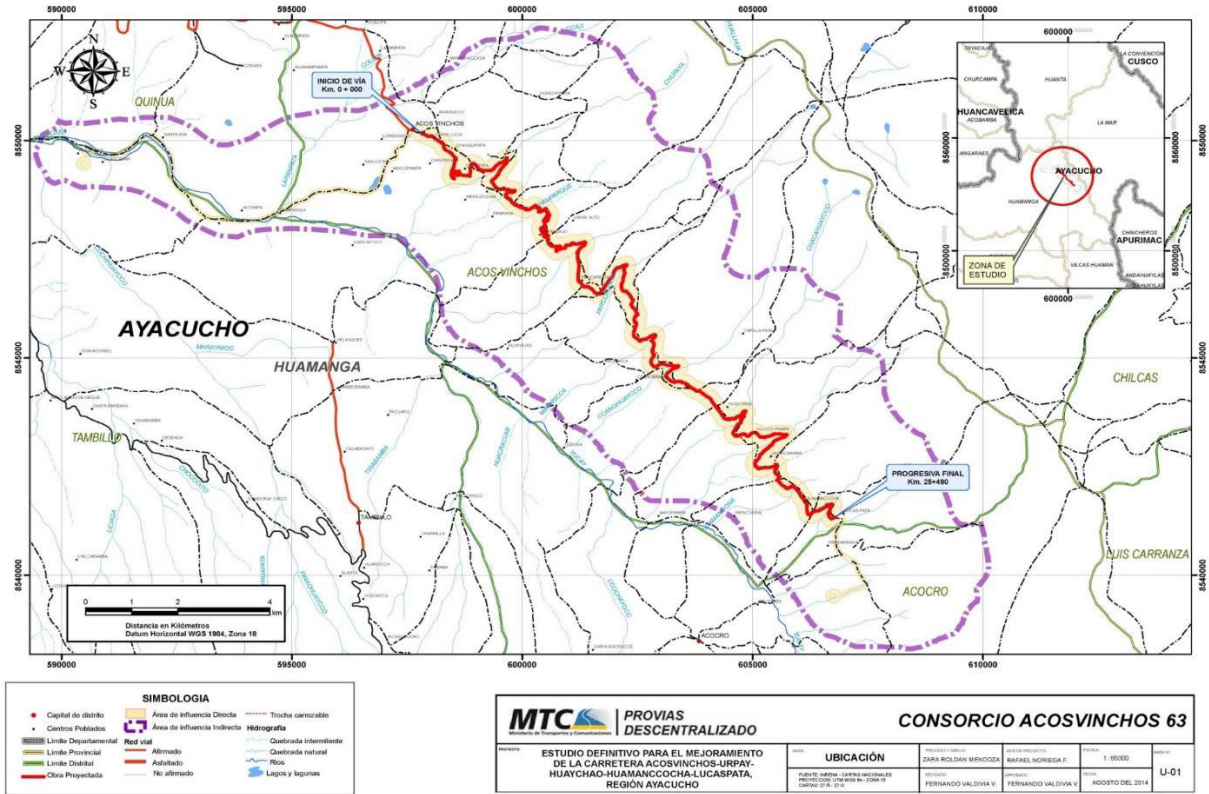
r = Correlación

3.2 Ámbito temporal y espacial

La investigación tendrá lugar en el período 2021, en el distrito de Acos Vinchos; el cual se encuentra ubicado en el margen derecho de la cuenca del Río Yucaes, al noreste de la ciudad de Ayacucho en la provincia de Huamanga. Geográficamente, el distrito está comprendido entre las altitudes de 2.500 a 3.500 m.s.n.m.; presentando una altitud promedio de 2.848 m.s.n.m, latitud sur de 13 - 06'33" y longitud oeste de 74-05'48" en la capital del mismo. Por el noroeste limita con el distrito de Quinua; por el noreste con la provincia de La Mar; por el sureste con el distrito de Acocro, por el suroeste con los distritos de Acocro y Tambillo, como se puede observar en el mapa de la figura 1.

Figura 2

Ubicación del área de estudio



Fuente: Consorcio Acos Vinchos 63 (2020).

3.3. Variables

Tabla 5

Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente: Rehabilitación de pavimento	Combinaciones de tratamientos individuales de rehabilitación de un pavimento que dan lugar a alternativas de actuación, desarrolladas con suficiente detalle para estimar confiablemente su comportamiento y sus costos. Los tratamientos individuales permiten alcanzar el mejoramiento deseado en su capacidad estructural, así como la suficiencia funcional y del drenaje (Méndez y Ramírez, 2017).	Diseño geométrico	- Long. Tangentes (m) - Velocidad directriz (km/h) - Peralte en curvas (%) - Curvas verticales (%) - Pendiente (%) - Ancho tangente (m)
	Proporciona una infraestructura vial a vehículos, en el cual se asegura un estado de circulación vehicular de manera regular durante un período de tiempo determinado; la cual puede ser determinada a través de un análisis de la condición operativa de la superficie de rodadura (MTC, 2018).	Diseño estructural	- EE 8.2 Ton - CBR de diseño - Espesor de capas (cm)
Variable dependiente: Transitabilidad		Flujo vehicular	IMDA (veh/día)
		Condición operativa	- Buena (B) - Regular PUNTOS CLAVE - Mala (M)

Fuente: elaboración propia.

3.4. Población y Muestra

3.3.1. Población

Hernández et al. (2014) definen a la población como el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. De esta manera, la población estará representada por la carretera Acos Vinchos – Urpay – Huaychao – Huamanccocha – Lucaspata cuya dimensión viene dada por la progresiva 25 + 308 km de longitud, es decir, una longitud de 25.308 km.

3.3.2. Muestra

La muestra constituye un subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos que debe ser representativo de ésta (Hernández et al., 2014). Para el presente estudio, el muestreo será de tipo no probabilístico o dirigido, en donde la selección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características del estudio. De esta manera, se tomarán muestras disturbadas mediante la ejecución de calicatas distribuidas cada 500 m de la población de estudio, en forma alternada derecha – izquierda (MTC, 2014); las cuales se remitirán a un laboratorio externo especializado para su posterior análisis

3.5. Instrumentos

El instrumento de recolección de datos es un recurso que utiliza el investigador para el registro de la información o datos sobre las variables que estudia (Hernández et al., 2014). Para la presente investigación, se empleará la ficha técnica como instrumento de recolección de datos, aplicándose varias de estas según las características de las dimensiones de estudio (estudio de tráfico, características topográficas, de los suelos, fallas del pavimento, etc.) según se presenta en los anexos 1, 2 y 3.

3.6. Procedimientos

Los procedimientos para llevar a cabo esta investigación se resumen en las siguientes etapas:

- Etapa inicial pre – campo (gabinete): esta etapa comprende la revisión documental, el mapeo del muestreo según las progresivas a las cuales correspondan y la elaboración de los instrumentos de recolección de datos.
- Etapa de campo: esta etapa consiste en la aplicación de los instrumentos en campo, con lo cual se realizará el levantamiento topográfico – geométrico, toma de las muestras para enviar al laboratorio, el estudio de tráfico e inspección de las condiciones de fallas de la vía.
- Etapa final post – campo (gabinete): en esta etapa se realiza el procesamiento y análisis de los datos obtenidos, que permitirá estimar la proyección del tráfico futuro, evaluar las condiciones operativas de la carretera, las características geométricas y de suelos para determinar los parámetros de diseño adecuados para las condiciones de la carretera en estudio que permitan mejorar la transitabilidad.
- Recorrido de vía: se ha verificado durante el recorrido daños en pavimento para tramos existentes y ausencia de obras de arte como badenes, por lo que se propone rediseñar la estructura del pavimento para su rehabilitación, e implementar badenes en puntos clave utilizando el diseño de estructura de pavimento, también se ha podido precisar pendientes muy pronunciadas en curvas horizontales y la falta de señalización vertical a lo largo de la vía, por lo que se propone el rediseño geométricos de la vía existente según la norma DG 2013 dispuesta por el MTC y la implementación de señales verticales a lo largo de la vía.

3.7. Análisis de datos

El análisis de los datos se llevará a cabo mediante la estadística descriptiva, los parámetros y métodos establecidos en los manuales del Ministerio de Transporte y

Comunicaciones; con los cuales se realizará las respectivas comparaciones pertinentes a fin de que se cumplan los aspectos técnicos necesarios para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular; considerándose principalmente, los manuales de diseño geométrico (2018) y de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen tránsito (2008).

3.8. Consideraciones éticas

Para la realización de la presente investigación se respetarán los siguientes aspectos éticos:

- Derecho de autores de las referencias bibliográficas utilizadas.
- Consideración de la normativa dispuesta por el MTC para estos casos de estudio, principalmente los manuales de diseño de carreteras y diseño geométrico.
- Autorizaciones por parte de la Municipalidad.
- Honestidad en el tratamiento de los datos obtenidos.
- Autenticidad de los resultados.

IV. RESULTADOS

El Proyecto de MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA ACOS VINCHOS – URPAY – HUAYCHAO – HUAMANCCOCHA – LUCASPATA, ubicado en el distrito de Acos Vinchos, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

La topografía del presente proyecto es propia de la zona de sierra, presentándose media ondulada y poco sinuosa en sus 24.892 km de longitud.

En esta es la etapa inicial antes de evaluar las otras etapas, corresponde a determinar las características de los suelos y la evaluación de la vía existente en el área en estudio.

La carretera en estudio tiene una longitud de 24.892 km.

En su recorrido se puede apreciar que la vía discurre a través de un terreno de topografía semi ondulada y poco sinuosa en la mayoría de su longitud.

La plataforma o superficie de rodadura presenta las siguientes características:

- Del km 00+000 – km 05+500, el camino se encuentra a nivel de una superficie de rodadura de material granular en regular estado de conservación; presenta material grava suelta, pérdida de finos, baches puntuales, ondulaciones por pérdida de materiales.
- Del km 05+500 – km 10+500, el camino presenta una superficie de rodadura a nivel de terreno natural, en mal estado de conservación; se observaron la presencia de baches, pérdida de materiales, presencia de bolonería, erosiones de la plataforma, materiales finos; y sectores con presencia de gravas sueltas.
- Del km 10+500 – km 16+000.- el camino presenta una superficie de rodadura a nivel de materiales granulares, con presencia de grava suelta de tamaño mayor a 2 pulgadas, sector en regular a mal estado de transitabilidad, se aprecian piedras de gran tamaño en la superficie de rodadura.

- Del km 16+000 – km 20+500.- el camino presenta una superficie de rodadura a nivel de terreno natural en caso todo el sector, algunos sectores puntuales con material granular; la condición de transitabilidad es de regular a mala, presenta material suelto, finos, baches, ondulaciones por pérdida de materiales, ahuellamientos, erosiones, grava suelta.
- Del km 20+500 – km 25+310.- el camino se encuentra a nivel de terreno natural, en regular a mal estado de transitabilidad, presenta ahuellamientos severos, erosiones, material suelto, baches puntuales.

En la tabla N.º 06 “Evaluación y Condición de la Superficie de Rodadura”, se describe la condición de la vía en estudio de manera detallada.

Tabla 6

Evaluación de la superficie de rodadura

Tramo		Longitud	Descripción de la Superficie de Rodadura Existente
Km	Km	(km)	Por tramo
00+000	01+000	1.0	Sector presenta una superficie de rodadura a nivel de material granular en regular a mal estado de conservación. Sector de topografía poco ondulada.
01+000	02+000	1.0	Sector presenta una superficie de rodadura a nivel de material granular en regular a mal estado de conservación. Sector de topografía poco ondulada.
02+000	03+000	1.0	Sector presenta una superficie de rodadura a nivel de material granular en regular a mal estado de conservación. Sector de topografía poco ondulada.
03+000	04+000	1.0	Sector presenta una superficie de rodadura a nivel de material granular en regular a mal estado de conservación. Sector de topografía poco ondulada.
04+000	05+000	1.0	Sector presenta una superficie de rodadura a nivel de material granular en regular a mal estado de conservación. Sector de topografía poco ondulada.
05+000	08+000	3.0	Sector presenta una superficie de rodadura a nivel de terreno natural y una capa de material granular en sectores, lo cual brinda estabilidad a la plataforma de la vía. Se aprecia una superficie de rodadura en regular a mal estado de transitabilidad, debido a la presencia de baches, desprendimientos de materiales, ahuellamiento y material suelto y erosión de la plataforma.
08+000	10+000	2.0	Sector presenta una superficie de rodadura a nivel de terreno natural y una capa de material granular en sectores, lo cual

			brinda estabilidad a la plataforma de la vía. Se aprecia una superficie de rodadura en regular a mal estado de transitabilidad, debido a la presencia de baches, desprendimientos de materiales, ahuellamiento y material suelto y erosión de la plataforma.
10+000	11+500	1.5	Este sector presenta una superficie de rodadura a nivel de terreno natural en mal estado, presenta baches, ahuellamiento, erosión de la superficie, pérdida de materiales; corresponde a la zona rural.
11+500	15+000	3.5	Este sector presenta una superficie de rodadura a nivel de terreno natural en mal estado, presenta baches, ahuellamiento, erosión de la superficie, pérdida de materiales; corresponde a la zona rural.
15+000	16+000	1.0	Sector presenta una superficie de rodadura a nivel de terreno natural y una capa de material granular en sectores, lo cual brinda estabilidad a la plataforma de la vía. Se aprecia una superficie de rodadura en regular a mal estado de transitabilidad, debido a la presencia de baches, desprendimientos de materiales, ahuellamiento y material suelto y erosión de la plataforma.
16+000	18+000	2.0	Sector presenta una superficie de rodadura a nivel de terreno natural y una capa de material granular en sectores, lo cual brinda estabilidad a la plataforma de la vía. Se aprecia una superficie de rodadura en regular a mal estado de transitabilidad, debido a la presencia de baches, desprendimientos de materiales, ahuellamiento y material suelto y erosión de la plataforma.
18+000	20+000	2.0	Sector presenta una superficie de rodadura a nivel de terreno natural y una capa de material granular en sectores, lo cual brinda estabilidad a la plataforma de la vía. Se aprecia una superficie de rodadura en regular a mal estado de transitabilidad, debido a la presencia de baches, desprendimientos de materiales, ahuellamiento y material suelto y erosión de la plataforma.
20+000	21+000	1.0	Este sector presenta una superficie de rodadura a nivel de terreno natural y material granular por sectores, en regular a mal estado de transitabilidad, presenta baches, ahuellamiento, erosión de la superficie, pérdida de materiales, grava suelta.
21+000	22+000	1.0	Este sector presenta una superficie de rodadura a nivel de terreno natural y material granular por sectores, en regular a mal estado de transitabilidad, presenta baches, ahuellamiento, erosión de la superficie, pérdida de materiales, grava suelta.
22+000	24+000	2.0	Este sector presenta una superficie de rodadura a nivel de terreno natural y material granular por sectores, en regular a mal estado de transitabilidad, presenta baches, ahuellamiento, erosión de la superficie, pérdida de materiales, grava suelta.
24+000	25+310	1.31	Este sector presenta una superficie de rodadura a nivel de terreno natural y material granular por sectores, en regular a mal estado de transitabilidad, presenta baches, ahuellamiento, erosión de la superficie, pérdida de materiales, grava suelta.

Las calicatas se realizaron manualmente a un costado y dentro de la vía en estudio hasta una profundidad de 1.50 m, empleándose herramientas tales como pala, pico y barreta. Las calicatas se efectuaron a intervalos de cada 500 m, no ha sido necesario realizar calicatas a menor distancia dado que las características del terreno han permanecido uniformes.

Se extrajeron muestras de cada estrato de la calicata para su evaluación en el laboratorio. Con los resultados que se obtengan de los análisis en laboratorio, se determinara el perfil estratigráfico de la carretera en estudio; no se realizaron calicatas a menor distancia dado que las características del terreno han permanecido uniformes.

En la tabla N.º 07 siguiente, “prospecciones efectuadas”, se describe la ubicación de las calicatas efectuadas, así como la descripción de los materiales encontrados en cada una de ellas

Tabla 7

Prospecciones efectuadas

A	Calicata Profundidad (m)	Progresiva (km)	Descripción del material
1	C-1 1.50	00+050	Presenta en la primera capa un material grava limosa. En el segundo estrato se aprecia un material tipo limo de alta plasticidad, color marrón oscuro.
2	C-2 1.50	00+500	Presenta un material arena limoso, color marrón claro.
3	C-3 1.50	01+000	Presenta un solo estrato de material limoso de baja plasticidad.
4	C-4 1.50	01+500	Presenta una sola capa de un material tipo arcilla de baja plasticidad.
5	C-5 1.50	02+000	Presenta en la primera capa un material limoso de alta plasticidad. En la segunda capa presenta una capa de material arcilloso de baja plasticidad, medio compacto y medio húmedo.
6	C-6 1.50	02+500	Presenta en la primera capa un material limo de baja plasticidad, color marrón claro. En la segunda capa presenta arena limosa.
7	C-7 1.50	03+000	Presenta en la primera capa un material limo de baja plasticidad, color marrón claro. En la segunda capa presenta arena limosa.

8	C-8 1.50	03+500	Presenta una sola capa de un material tipo arcilla de baja plasticidad.
9	C-9 1.50	04+000	Presenta una sola capa de un material tipo grava limosa.
10	C-10 1.50	04+500	Presenta una sola capa de un material tipo arcilla de baja plasticidad.
11	C-11 1.50	05+000	Presenta en la primera capa un material limoso de alta plasticidad. En la segunda capa presenta una capa de material limo – arcilloso de baja plasticidad. Presenta en la primera capa un material grava limo – arcillosa
12	C-12 1.50	05+500	Una segunda capa de un material limo – arcilloso. En la tercera capa, presenta una grava arcillosa.
13	C-13 1.50	06+000	Presenta una sola capa de un material tipo grava arcillosa.
14	C-14 1.50	06+500	Presenta una sola capa de un material tipo grava arcillosa.
15	C-15 1.50	07+000	Presenta una sola capa de un material tipo grava limosa.
16	C-16 1.50	07+500 (7+064 con variante)	Presenta una sola capa de un material tipo grava arcillosa.
17	C-17 1.50	08+000 (7+564 con variante)	Presenta una sola capa de un material tipo grava limosa.
18	C-18 1.50	08+500	Presenta una sola capa de un material tipo arena arcillosa.
19	C-19 1.50	09+000	Presenta en la primera capa un material granular arcilloso, semi compacto, color beige. En la segunda capa presenta un material areno limoso medio compacto y medio húmedo, de color marrón.
20	C-20 1.50	09+500	Presenta en la primera capa un material tipo grava bien graduada, grava limosa. Presenta en la primera capa un material granular arcilloso, semi compacto, color beige.
21	C-21 1.50	10+000	En la segunda capa presenta un material arcilla de baja plasticidad, medio compacto y medio húmedo, de color marrón.
22	C-22 1.50	10+500	Presenta una sola capa un material limo – arcilloso de baja plasticidad.
23	C-23 1.50	11+000	Presenta una sola capa de un material tipo arena limosa.
24	C-24 1.50	11+500	Presenta una sola capa de un material tipo arcilla de baja plasticidad.
25	C-25 1.50	12+000	Presenta una sola capa de un material tipo grava limosa.
26	C-26 1.50	12+500	Presenta una sola capa de un material tipo gravosos limo – arcilloso.
27	C-27 1.50	13+000	Presenta una sola capa de un material tipo grava pobremente graduada y limosa, medio compacta, medio húmeda de color marrón claro.

28	C-28 1.50	13+500	Presenta una sola capa de un material tipo arena limo – arcillosa.
29	C-29 1.50	14+000	Presenta una sola capa de un material tipo grava arcillosa. Presenta en la primera capa un material grava limosa.
30	C-30 1.50	14+500	En el segundo estrato se aprecia un material tipo limo de alta plasticidad, color marrón oscuro.
31	C-31 1.50	15+000	Presenta una sola capa de un material tipo grava arcillosa
32	C-32 1.50	15+500	Presenta un material arena limoso, color marrón claro.
33	C-33 1.50	16+000	Presenta un solo estrato de material limoso de baja plasticidad.
34	C-34 1.50	16+500	Presenta una sola capa de un material tipo arcilla de baja plasticidad.
35	C-35 1.50	17+000	Presenta en la primera capa un material limoso de alta plasticidad. En la segunda capa presenta una capa de material arcilloso de baja plasticidad, medio compacto y medio húmedo.
36	C-36 1.50	17+500	Presenta en la primera capa un material limo de baja plasticidad, color marrón claro. En la segunda capa presenta arena limosa.
37	C-37 1.50	18+000	Presenta en la primera capa un material limo de baja plasticidad, color marrón claro. En la segunda capa presenta arena limosa.
38	C-38 1.50	18+500	Presenta una sola capa de un material tipo arcilla de baja plasticidad.
39	C-39 1.50	19+000	Presenta una sola capa de un material tipo grava limosa.
40	C-40 1.50	19+500	Presenta una sola capa de un material tipo arcilla de baja plasticidad.
41	C-41 1.50	20+000	Presenta en la primera capa un material limoso de alta plasticidad. En la segunda capa presenta una capa de material limo – arcilloso de baja plasticidad.
42	C-42 1.50	20+500	Presenta en la primera capa un material grava limo – arcillosa Una segunda capa de un material limo – arcilloso. En la tercera capa, presenta una grava arcillosa.
43	C-43 1.50	21+000	Presenta una sola capa de un material tipo grava arcillosa.
44	C-44 1.50	21+500	Presenta una sola capa de un material tipo grava arcillosa.
45	C-45 1.50	22+000	Presenta una sola capa de un material tipo grava limosa.
46	C-46 1.50	22+500	Presenta una sola capa de un material tipo grava arcillosa.
47	C-47 1.50	23+000	Presenta una sola capa de un material tipo grava limosa.

48	C-48 1.50	23+500	Presenta una sola capa de un material tipo arena arcillosa. Presenta en la primera capa un material granular arcilloso, semi compacto, color beige.
49	C-49 1.50	24+000	En la segunda capa presenta un material areno limoso medio compacto y medio húmedo, de color marrón.
50	C-50 1.50	24+500	Presenta en la primera capa un material tipo grava bien graduada, grava limosa. Presenta en la primera capa un material granular arcilloso, semi compacto, color beige.
51	C-51 1.50	25+000	En la segunda capa presenta un material arcilla de baja plasticidad, medio compacto y medio húmedo, de color marrón.
52	C-52 1.50	25+300	Presenta una sola capa un material limo – arcilloso de baja plasticidad.

Limite Liquido (ASTM D-423) y Limite Plástico (ASTM D-424)

Se conoce como plasticidad de un suelo a la capacidad de este de ser moldeable. Esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa la malla N° 200, porque este material actúa como ligante.

Un material, de acuerdo al contenido de humedad en la cual se encuentra húmedo de modo que no puede moldearse, se dice que está en estado semilíquido. Conforme se le va quitando agua, llega un momento en el que el suelo, sin dejar de estar húmedo, comienza a adquirir una consistencia que permite moldearlo o hacerlo trabajable, entonces se dice que está en estado plástico.

Al seguir quitando agua, llega un momento en el que el material pierde su trabajabilidad y se cuarte al tratar de moldearlo, entonces se dice que está en estado semi seco. El contenido de humedad en el cual el agregado pasa del estado semilíquido al plástico es el límite líquido (ASTM D-423), y el contenido de humedad es el que pasa del estado plástico al semi seco es el límite plástico (ASTM D-424).

En la tabla N.º 08 “Resumen de valores del ensayo de límite de consistencia” (LL y LP).

Tabla 8*Resumen de valores del ensayo de límite de consistencia*

N.º	Progresiva	Calicata	Muestra	Prof. (m)	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)
1	Km 00+050	C-1	M-1	0.00 - 1.50	29	26	3
2	Km 00+500	C-2	M-1	0.00 - 1.50	33	24	9
3	Km 01+000	C-3	M-1	0.00 - 0.60	32	20	12
			M-2	0.60 - 1.50	26	20	8
4	Km 01+500	C-4	M-1	0.00 - 0.40	37	24	13
			M-2	0.40 - 1.50	32	24	8
5	Km 02+000	C-5	M-1	0.00 - 1.50	24	22	2
6	Km 02+500	C-6	M-1	0.00 - 0.65	28	22	6
			M-2	0.65 - 1.50	29	21	8
7	Km 03+000	C-7	M-1	0.00 - 1.50	30	21	9
8	Km 03+500	C-8	M-1	0.00 - 1.50	36	24	12
9	Km 04+000	C-9	M-1	0.00 - 0.60	31	20	11
			M-2	0.60 - 1.50	28	22	6
10	Km 04+500	C-10	M-1	0.00 - 1.50	32	23	9
11	Km 05+000	C-11	M-1	0.00 - 1.50	33	22	11
12	Km 05+500	C-12	M-1	0.00 - 1.50	35	26	9
13	Km 06+000	C-13	M-1	0.00 - 0.25	34	24	10
			M-2	0.25 - 1.50	38	22	16
14	Km 06+500	C-14	M-1	0.00 - 0.70	44	25	19
			M-2	0.70 - 1.50	38	21	17
15	KM 07+000	C-15	M-1	0.00 - 1.50	33	23	10
16	KM 07+500	C-16	M-1	0.00 - 0.10	35	22	13
			M-2	0.10 - 1.50	35	18	17
17	KM 08+000	C-17	M-1	0.00 - 0.70	37	20	17
			M-2	0.70 - 0.95	31	NP	NP
			M-3	0.95 - 1.50	62	40	22
18	KM 08+500	C-18	M-1	0.00 - 0.90	32	23	9
			M-2	0.90 - 1.50	38	21	17
19	KM 09+000	C-19	M-1	0.00 - 1.50	31	21	10
20	KM 09+500	C-20	M-1	0.00 - 0.90	34	28	6
			M-2	0.90 - 1.50	35	22	13
21	KM 10+000	C-21	M-1	0.00 - 1.50	35	26	9
22	KM 10+500	C-22	M-1	0.00 - 0.15	28	22	6
			M-2	0.15 - 1.50	32	23	9
23	KM 11+000	C-23	M-1	0.00 - 1.50	31	21	10
24	KM 11+500	C-24	M-1	0.00 - 0.75	32	24	6
			M-2	0.75 - 1.50	33	24	9

25	KM 12+000	C - 25	M - 1	0.00 - 0.20	31	23	8
			M - 2	0.20 - 1.50	29	19	10
			M - 1	0.00 - 0.20	24	NP	NP
26	KM 12+500	C - 26	M - 2	0.20 - 0.55	39	30	9
			M - 3	0.55 - 0.70	35	30	5
			M - 4	0.70 - 1.50	AFLORAMIENTO ROCOSO		
27	KM 13+000	C - 27	M - 1	0.00 - 1.50	34	28	6
28	KM 13+500	C - 28	M - 1	0.00 - 0.35	33	23	10
			M - 2	0.35 - 1.50	33	27	6
			M - 1	0.00 - 0.50	32	21	11
29	KM 14+000	C - 29	M - 2	0.50 - 1.00	34	28	6
			M - 3	1.00 - 1.50	34	27	7
30	KM 14+500	C - 30	M - 1	0.00 - 1.50	25	NP	NP
31	KM 15+000	C - 31	M - 1	0.00 - 0.40	34	20	14
			M - 2	0.40 - 1.50	35	24	11
32	KM 15+500	C - 32	M - 1	0.00 - 0.40	35	23	12
			M - 2	0.40 - 1.50	60	40	20
33	KM 16+000	C - 33	M - 1	0.00 - 0.75	35	23	12
			M - 2	0.75 - 1.50	51	38	13
			M - 1	0.00 - 0.20	52	38	14
34	KM 16+500	C - 34	M - 2	0.20 - 1.35	30	25	5
			M - 3	1.35 - 1.50	61	43	18
			M - 1	0.00 - 0.95	37	25	12
35	KM 17+000	C - 35	M - 2	0.95 - 1.50	31	27	4
			M - 1	0.00 - 0.15	28	NP	NP
36	KM 17+500	C - 36	M - 2	0.15 - 1.50	31	22	9
			M - 1	0.00 - 0.10	31	24	7
37	KM 18+000	C - 37	M - 2	0.10 - 1.50	28	16	12
			M - 1	0.00 - 0.30	35	30	5
38	KM 18+500	C - 38	M - 2	0.30 - 1.50	30	25	5
			M - 1	0.00 - 1.50	33	26	7
40	KM 19+500	C - 40	M - 1	0.00 - 0.10	35	24	11
			M - 2	0.10 - 1.20	58	32	26
			M - 3	1.20 - 1.50	34	21	13
41	KM 20+000	C - 41	M - 1	0.00 - 1.50	27	21	6
			M - 1	0.00 - 0.30	26	22	4
42	KM 20+500	C - 42	M - 2	0.30 - 0.60	27	22	5
			M - 3	0.60 - 1.50	SUELO CONSOLIDADO		
43	KM 21+000	C - 43	M - 1	0.00 - 1.50	33	21	12
			M - 1	0.00 - 0.05	34	20	14
44	KM 21+500	C - 44	M - 2	0.05 - 0.85	30	20	10
			M - 3	0.85 - 1.50	26	20	6
			M - 1	0.00 - 0.15	32	20	12
45	KM 22+000	C - 45	M - 2	0.10 - 0.50	35	28	7
			M - 3	0.50 - 1.50	29	20	9

46	KM 22+500	C - 46	M - 1	0.00 - 0.70	33	21	12
			M - 2	0.70 - 1.50	33	22	11
47	KM 23+000	C - 47	M - 1	0.00 - 0.05	30	22	8
			M - 2	0.05 - 1.50	36	21	15
48	KM 23+500	C - 48	M - 1	0.00 - 0.20	30	24	6
			M - 2	0.20 - 1.50	32	20	12
			M - 1	0.00 - 0.15	36	24	12
49	KM 24+000	C - 49	M - 2	0.15 - 0.25	28	18	10
			M - 3	0.25 - 1.50	33	23	10
50	KM 24+500	C - 50	M - 1	0.00 - 0.10	30	22	8
			M - 2	0.10 - 1.50	30	24	6
51	KM 25+000	C - 51	M - 1	0.00 - 0.40	29	21	8
			M - 2	0.40 - 1.50	29	22	7
52	KM 25+308	C - 52	M - 1	0.00 - 0.35	27	19	8
			M - 2	0.35 - 1.50	29	20	9

Clasificación de Suelos por el Método SUCS y AASHTO

Los diferentes tipos de suelos son definidos por el tamaño de sus partículas. Son frecuentemente encontrados en combinación de dos o más tipos de suelos diferentes, como por ejemplo arenas, gravas, limo, arcillas y limo arcilloso, etc. La determinación del rango de tamaño de las partículas (gradación) es según la estabilidad del tipo de ensayos para la determinación de los límites de consistencia. Uno de los más usuales sistemas de clasificación de suelos es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el cual clasifica al suelo en 15 grupos identificados por nombre y por términos simbólicos.

El sistema de clasificación para construcción de carreteras AASHTO, es también usado de manera general. Los suelos pueden ser también clasificados en grandes grupos, pueden ser porosos, de grano grueso o grano fino, granular o no granular y cohesivo, semi cohesivo y no cohesivo. Los resultados de propiedades como índices de consistencia, humedad y análisis granulométricos se presentan la tabla N.º 09.

Tabla 9

Índices de consistencia, humedad y análisis granulométricos

N.º	Progresiva	Calicata	Muestra	Prof. (m)	Contenido humedad	SUCS	AASHTO
1	Km 00+050	C-1	M-1	0.00-1.50	3.70	GM	A-2-4-(0)
2	Km 00+500	C-2	M-1	0.00-1.50	12.10	SM	A-4(1)
3	Km 01+000	C-3	M-1	0.00-0.60	5.8	CL	A-6(3)
			M-2	0.60-1.50	6.6	CL	A-4(4)
4	Km 01+500	C-4	M-1	0.00-0.40	8.30	SC	A-6(2)
			M-2	0.40-1.50	9.5	GM	A-2-4-(0)
5	Km 02+000	C-5	M-1	0.00-1.50	7.30	ML	A-4(0)
6	Km 02+500	C-6	M-1	0.00-0.65	5.50	SC- SM	A-4(0)
			M-2	0.65-1.50	9.40	CL	A-4(2)
7	Km 03+000	C-7	M-1	0.00-1.50	13.00	CL	A-4(4)
8	Km 03+500	C-8	M-1	0.00-1.50	10.80	GC	A-2-6(0)
			M-1	0.00-0.60	7.30	GC	A-6(1)
9	Km 04+000	C-9	M-2	0.60-1.50	6.20	SC- SM	A-4(0)
			M-1	0.00-1.50	13.00	CL	A-4(4)
11	Km 05+000	C-11	M-1	0.00-1.50	5.90	GC	A-2-6(0)
12	Km 05+500	C-12	M-1	0.00-1.50	10.40	ML	A-4(5)
13	Km 06+000	C-13	M-1	0.00-0.25	7.10	SM	A-4(1)
			M-2	0.25-1.50	11.70	CL	A-6(16)
14	Km 06+500	C-14	M-1	0.00-0.70	10.80	GC	A-2.7(0)
			M-2	0.70-1.50	9.70	GC	A-2-6-(0)
15	KM 07+000	C-15	M-1	0.00-1.50	16.10	GC	A-2-4-(0)
16	KM 07+500	C-16	M-1	0.00-0.10	5.70	GC	A-2-6-(0)
			M-2	0.10-1.50	6.00	SC	A-2-6-(1)
			M-1	0.00-0.70	15.30	CL	A-6(15)
17	KM 08+000	C-17	M-2	0.70-0.95	12.90	ML	A-4(0)
			M-3	0.95-1.50	23.00	MH	A-7-5(19)
18	KM 08+500	C-18	M-1	0.00-0.90	12.50	CL	A-4(4)
			M-2	0.90-1.50	13.00	CL	A-6(16)
19	KM 09+000	C-19	M-1	0.00-1.50	14.50	CL	A-4(4)
20	KM 09+500	C-20	M-1	0.00-0.90	13.60	SM	A-2-4-(0)
			M-2	0.90-1.50	7.10	SC	A-2-6-(1)
21	KM 10+000	C-21	M-1	0.00-1.50	11.62	ML	A-4(5)
22	KM 10+500	C-22	M-1	0.00-0.15	4.60	GC- GM	A-2-4(0)
			M-2	0.15-1.50	15.40	CL	A-4(4)
23	KM 11+000	C-23	M-1	0.00-1.50	17.90	CL	A-4(7)
24	KM 11+500	C-24	M-1	0.00-0.75	7.90	GM	A-2-4(0)
			M-2	0.75-1.50	5.60	SM	A-2-4(0)

25	KM 12+000	C - 25	M - 1	0.00 - 0.20	12.50	ML	A-4(3)
			M - 2	0.20 - 1.50	9.60	GC	A-2-4(0)
			M - 1	0.00 - 0.20	13.90	GM	A-2-4(0)
26	KM 12+500	C - 26	M - 2	0.20 - 0.55	18.50	ML	A-4(3)
			M - 3	0.55 - 0.70	16.10	GM	A-2-4(0)
			M - 4	0.70 - 1.50	AFLORAMIENTO ROCOSO		
27	KM 13+000	C - 27	M - 1	0.00 - 1.50	6.30	GM	A-1-b(0)
28	KM 13+500	C - 28	M - 1	0.00 - 0.35	18.20	CL	A-4(7)
			M - 2	0.35 - 1.50	30.10	ML	A-4(4)
			M - 1	0.00 - 0.50	12.00	CL	A-4(3)
29	KM 14+000	C - 29	M - 2	0.50 - 1.00	9.20	GM	A-1-b(0)
			M - 3	1.00 - 1.50	11.10	ML	A-4(4)
30	KM 14+500	C - 30	M - 1	0.00 - 1.50	7.10	SM	A-2-4(0)
31	KM 15+000	C - 31	M - 1	0.00 - 0.40	9.00	ML	A-4(5)
			M - 2	0.40 - 1.50	18.20	CL	A-6(7)
32	KM 15+500	C - 32	M - 1	0.00 - 0.40	16.80	CL	A-6(3)
			M - 2	0.40 - 1.50	8.10	MH	A-7-5(9)
33	KM 16+000	C - 33	M - 1	0.00 - 0.75	8.50	CL	A-6(5)
			M - 2	0.75 - 1.50	16.50	MH	A-7-5(13)
			M - 1	0.00 - 0.20	21.60	MH	A-7-5-(13)
34	KM 16+500	C - 34	M - 2	0.20 - 1.35	13.60	ML	A-4(1)
			M - 3	1.35 - 1.50	24.40	MH	A-7-5(26)
35	KM 17+000	C - 35	M - 1	0.00 - 0.95	13.00	ML	A-6(6)
			M - 2	0.95 - 1.50	13.90	ML	A-4(1)
36	KM 17+500	C - 36	M - 1	0.00 - 0.15	6.00	SM	A-2-4(0)
			M - 2	0.15 - 1.50	16.90	CL	A-4(5)
37	KM 18+000	C - 37	M - 1	0.00 - 0.10	6.80	SM	A-4(1)
			M - 2	0.10 - 1.50	9.40	CL	A-6(9)
38	KM 18+500	C - 38	M - 1	0.00 - 0.30	17.40	SM	A-4(0)
			M - 2	0.30 - 1.50	13.60	ML	A-4(1)
39	KM 19+000	C - 39	M - 1	0.00 - 1.50	9.80	GM	A-2-4(0)
			M - 1	0.00 - 0.10	18.20	CL	A-6(7)
40	KM 19+500	C - 40	M - 2	0.10 - 1.20	16.00	MH	A-7-5(17)
			M - 3	1.20 - 1.50	8.90	CL	A-6(5)
41	KM 20+000	C - 41	M - 1	0.00 - 1.50	14.80	ML	A-4(0)
			M - 1	0.00 - 0.30	17.50	ML	A-4(0)
42	KM 20+500	C - 42	M - 2	0.30 - 0.60	17.50	ML	A-4(0)
			M - 3	0.60 - 1.50	SUELO CONSOLIDADO		
43	KM 21+000	C - 43	M - 1	0.00 - 1.50	11.00	CL	A-6(10)
			M - 1	0.00 - 0.05	11.00	CL	A-6(10)
44	KM 21+500	C - 44	M - 2	0.05 - 0.85	10.70	CL	A-4(9)
			M - 3	0.85 - 1.50	13.00	GC	A-2-4(0)
45	KM 22+000	C - 45	M - 1	0.00 - 0.15	11.60	SC	A-2-6(0)
			M - 2	0.10 - 0.50	7.20	ML	A-4(5)
			M - 3	0.50 - 1.50	3.90	GC	A-2-4(0)

46	KM 22+500	C – 46	M – 1	0.00 – 0.70	9.20	CL	A-6(9)
			M – 2	0.70 – 1.50	17.60	CL	A-6(8)
47	KM 23+000	C – 47	M – 1	0.00 – 0.05	6.30	SC	A-4(1)
			M – 2	0.05 – 1.50	15.40	CL	A-6(9)
48	KM 23+500	C – 48	M – 1	0.00 – 0.20	11.80	GM	A-4(0)
			M – 2	0.20 – 1.50	9.70	CL	A-6(11)
49	KM 24+000	C – 49	M – 1	0.00 – 0.15	8.10	CL	A-6(6)
			M – 2	0.15 – 0.25	9.00	CL	A-6(9)
			M – 3	0.25 – 1.50	10.30	CL	A-4(7)
50	KM 24+500	C – 50	M – 1	0.00 – 0.10	21.00	SC	A-4(1)
			M – 2	0.10 – 1.50	13.10	GM	A-4(0)
51	KM 25+000	C – 51	M – 1	0.00 – 0.40	9.40	CL	A-4(2)
			M – 2	0.40 – 1.50	8.10	GC – GM	A-4(0)
52	KM 25+308	C – 52	M – 1	0.00 – 0.35	4.50	GC	A-2-4(0)
			M – 2	0.35 – 1.50	12.60	GC – GM	A-4(0)

Ensayo Próctor Modificado (ASTM D-1557)

El ensayo de próctor se efectúa para determinar un óptimo contenido de humedad, para la cual se consigue la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada. Este ensayo se debe realizar antes de usar el agregado sobre el terreno, para así saber qué cantidad de agua se debe agregar para obtener la mejor compactación.

Con este procedimiento de compactación se estudia la influencia que ejerce en el proceso el contenido inicial de agua del suelo, encontrando que valor es de fundamental importancia en la compactación lograda. En efecto, se observa que a contenidos de humedad creciente, a partir de valores bajos, se obtienen más altos pesos específicos secos y por lo tanto mejores compactaciones del suelo, pero que esta tendencia no se mantiene indefinidamente, sino que al pasar la humedad de un cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminuían, resultado peores compactaciones en la muestra. Es decir, para un suelo dado y empleando el procedimiento descrito, existe una humedad inicial, llamada la “óptima”, que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación. Lo anterior puede explicarse, en términos generales, teniendo en cuenta que, a

bajos contenidos de agua, en los suelos finos, del tipo de los suelos arcillosos, el agua está en forma capilar `produciendo compresiones entre las partículas constituyentes del suelo lo cual tiende a formar grumos difícilmente desintegrables que dificultan la compactación. El aumento en el contenido de agua disminuye esa tensión capilar en el agua haciendo que una misma energía de compactación produzca mejores resultados. Empero, si el contenido de agua es tal que haya exceso de agua libre, el grado de llenar casi los vacíos del suelo, esta impide una buena compactación, puesto que no puede desplazarse instantáneamente bajo los impactos del pistón.

California Bearing Ratio – CBR (ASTM D-1883)

El índice de California (CBR) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad, cuidadosamente controladas. Se usa en el proyecto de pavimentos flexibles auxiliándose de curvas empíricas. Se expresa en porcentaje como la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón a la misma profundidad en una muestra de tipo piedra partida. Los valores de carga unitaria para las diferentes profundidades de penetración dentro de la muestra patrón están determinados. El CBR que se usa para proyectar, es el valor que se obtiene para una profundidad de 0.1 pulgadas.

Como el CBR de un agregado varía de acuerdo a su grado de compactación y el contenido de humedad, se debe repetir cuidadosamente en el laboratorio las condiciones del campo, para lo que se requiere un control minucioso. A menos que sea seguro que el suelo no acumulara humedad después de la construcción, los ensayos CBR se llevan a cabo sobre muestras saturadas.

En la tabla N.º 10 “resumen de valores del ensayo ASTM D-1883”, se muestra las características mecánicas de los suelos, valores con los que se ha calculado la capacidad de soporte del suelo de fundación (subrasante)

Tabla 10*Resumen de valores del ensayo ASTM D-1883*

N.º	Progresiva	Calicata	Muestra	Prof. (m)	L.L. (%)	Proctor		CBR	
						MDS	OCH	95%	100%
1	Km 00+060	C - 1	M - 1	0.00 - 1.50					
2	Km 02+000	C - 5	M - 1	0.00 - 1.50	24	1.879	9.4	9.0	15.0
3	Km 04+000	C - 9	M - 2	0.60 - 1.50	28	1.981	8.2	11.0	17.0
4	Km 06+000	C - 13	M - 2	0.25 - 1.50	38	1.847	12.2	6.0	9.0
5	Km 08+500	C - 18	M - 1	0.00 - 0.90	32	1.823	8.7	7.0	12.0
6	Km 10+000	C - 21	M - 1	0.00 - 1.50	35	1.885	11.7	6.0	11.0
7	Km 12+000	C - 25	M - 2	0.20 - 1.50	29	2.163	7.6	49.0	74.0
8	Km 14+000	C - 29	M - 2	0.20 - 1.00	34	2.173	7.6	43.0	78.0
9	Km 16+000	C - 33	M - 2	0.75 - 1.50	51	1.701	12.9	5.0	8.0
10	Km 18+000	C - 37	M - 2	0.10 - 1.50	28	1.831	12.5	6.0	9.0
11	Km 20+000	C - 41	M - 1	0.00 - 1.50	27	1.879	12.2	7.0	16.0
12	Km 21+500	C - 44	M - 2	0.05 - 0.85	30	1.838	10.9	5.0	9.0
13	Km 23+500	C - 48	M - 2	0.20 - 1.50	32	1.836	12.4	4.0	6.0
14	Km 25+308	C - 52	M - 2	0.35 - 1.50	29	2.171	7.2	40.0	81.0

Perfil estratigráfico

Con la información integrada, tanto de campo como en laboratorio, se ha establecido los horizontes de los materiales que se encuentren en la vía. Cada exploración generó la descripción de campo de los suelos y con los resultados de laboratorio se ha establecido técnicamente los tipos de suelos y se han generado los estratos.

Descripción del Perfil**Primera Capa**

La primera capa de la subrasante presenta en caso todo el tramo, un material del tipo grava limosa, que en algunos casos son gravas pobremente graduadas; y zonas puntuales con suelos finos limosos y limo-arcillosos. Estos materiales son calificados como buenas a regulares como subrasante.

Segunda Capa

La segunda capa del terreno presenta suelos del tipo limosos en su mayoría, luego suelos limo-arcillosos y arenas; que presentan capacidades e soporte calificados como regular a bajos; y en zonas localizadas suelos arcillosos, los cuales presentan una capacidad de soporte de bajas, las cuales requieren de un mejoramiento en estos sectores.

Presencia de suelos orgánicos y expansivos

Suelos Orgánicos

La verificación de la presencia de suelos orgánicos en el terreno de fundación se realizó al momento de ejecutar las prospecciones de campo. De dicha inspección se concluye que no existen suelos orgánicos en todo el tramo.

Suelos Expansivos

Un suelo expansivo es aquel que muestra un cambio volumétrico significativo bajo la acción del agua. La presencia de suelos expansivos se determinó después de realizar los ensayos de laboratorio de las diferentes muestras obtenidas, de dicha evaluación se concluye que no existen suelos expansivos a lo largo de todo el tramo de la carretera.

Suelos Inadecuados

Existen sectores con presencia de materiales finos limo-arcillosos y arcillosos, en los cuales la capacidad de soporte (CBR) de estos suelos, son inferiores a la capacidad de soporte establecido para el diseño (CBR diseño); por lo cual es necesario que en estos sectores se realice el mejoramiento de los suelos de la subrasante.

METODO USACE; El cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU. ha acumulado una gran experiencia en el diseño y comportamiento de caminos para bajo volumen de tránsito. Aunque la mayor parte concierne a la transitabilidad de vehículos militares y aviones, la experiencia del USACE incluye también caminos de tierra, de grava y aquellos que poseen tratamientos bituminosos como superficies de rodamiento.

El procedimiento se basa en ecuaciones (Ábaco) que permiten determinar el espesor de material requerido sobre una capa o subrasante, identificada por su resistencia (CBR), a condición de que el CBR del material de recubrimiento sea mayor que el del subyacente.

El término “requerido” se refiere a un espesor que permitirá un cierto número de repeticiones de carga, antes que la estructura alcance un nivel de deformación que corresponda a una serviciabilidad baja. En las ecuaciones de diseño (Ábaco), las cargas por ejes están caracterizadas por equivalentes por ruedas simples (en libras) y por el área de contacto (en pulgadas); de esta manera, se puede establecer en términos de repeticiones de ejes simples equivalentes de 18 000 libras.

Los espesores se determinan en función a:

- Capacidad de Soporte C.B.R. y
- Número de Repeticiones de Ejes Standard

En nuestro caso tenemos:

$$CBR_{\text{diseño}} = 6.6\%$$

$$N_{\text{rep.}} = 4.8 \times 10^5 \text{ ejes equivalentes } 18 \text{ kips}$$

Por tanto, el espesor es:

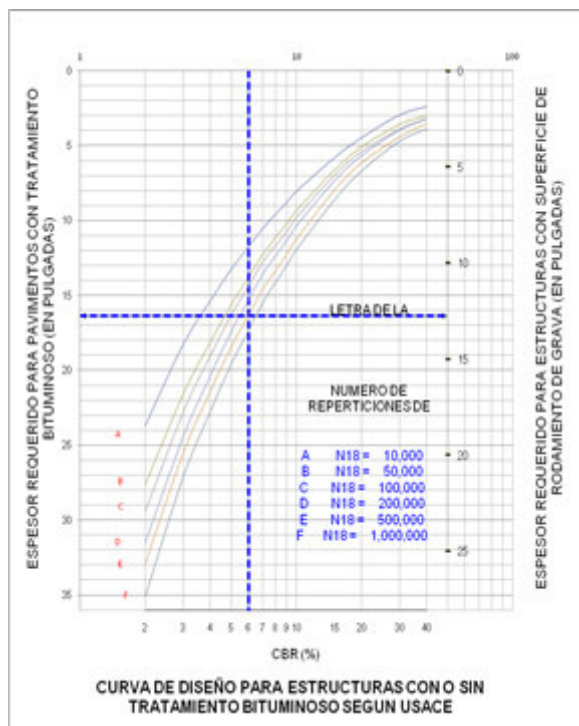
Tabla 11

Espesor de capa de rodadura

ESTRUCTURA	TRAMO: ACOS VINCHOS – LUCASPATA
Capa de rodadura	32.41 cm.

Figura 3

Curva de diseño para estructuras -método USACE



RESUMEN DE ESPESORES

Tabla 12

Espesor de afirmado

ESTRUCTURA	USACE	NAASRA
Afirmado	32.41 cm.	32.6 cm.

Espesor propuesto

De los valores obtenidos con los diferentes métodos de diseño de espesores, se elige el espesor de la estructura de pavimento que se tendrá que colocar para soportar el tráfico previsto sobre la vía para el periodo de diseño. El espesor del pavimento a nivel de Afirmado será:

Tabla 13*Espesor propuesto*

Estructura	Tramo: Acos Vinchos – Lucaspata	Espesor Total
Material granular de cantera	15.0 cm.	
Material granular de cantera estabilizado con aditivo polimero	3.0 cm.	30.0 cm.

4.1. Contratación de hipótesis**4.1.1. Hipótesis general**

Ho: La propuesta de rehabilitación del pavimento no mejora la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

Ha: La propuesta de rehabilitación del pavimento mejora la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

Tabla 14

Correlación de la propuesta de rehabilitación del pavimento y la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho– 2021

		Propuesta de rehabilitación del pavimento	Transitabilidad de una carretera	
Rho de Spearman	propuesta de rehabilitación del pavimento	Coefficiente de correlación	1,000	
		Sig. (bilateral)	,002	
		N	181	
	transitabilidad de una carretera	Coefficiente de correlación	,698**	1,000
		Sig. (bilateral)	,002	.
		N	181	181

**Nota. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Interpretación: Según los resultados obtenidos para comprobar la hipótesis general se ha obtenido que el coeficiente de correlación Rho de Spearman, que tiene el valor de 0.698** y el sigma (bilateral) es de 0,002 el mismo que es menor al parámetro teórico de 0,05 lo que nos permite afirmar que la hipótesis alterna se cumple entonces: La propuesta de rehabilitación del pavimento mejora la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

4.1.1 Hipótesis secundarias

a. Hipótesis específica 1

Ho: La propuesta de rehabilitación de pavimento no mejora el flujo vehicular de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

Ha: La propuesta de rehabilitación de pavimento mejora el flujo vehicular de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

Tabla 15

Correlación de propuesta de rehabilitación de pavimento y flujo vehicular de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

			Propuesta de rehabilitación de pavimento	Flujo vehicular de una carretera
Rho de Spearman	propuesta de rehabilitación de pavimento	Coeficiente de correlación	1,000	,735**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	181	181
flujo vehicular de una carretera	flujo vehicular de una carretera	Coeficiente de correlación	,735**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	181	181

**Nota. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Interpretación: Según los resultados obtenidos para comprobar la hipótesis específica 1 se ha obtenido que el coeficiente de correlación Rho de Spearman, que tiene el valor de 0.735* y la

sigma (bilateral) es de 0,000 el mismo que es menor al parámetro teórico de 0,05 lo que nos permite afirmar que la hipótesis alterna se cumple entonces: La propuesta de rehabilitación de pavimento mejora el flujo vehicular de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

b. Hipótesis específica 2

Ho: La propuesta de rehabilitación de pavimento no mejora la condición operativa de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

Ha: La propuesta de rehabilitación de pavimento mejora la condición operativa de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

Tabla 16

Correlación de la propuesta de rehabilitación de pavimento y la condición operativa de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

			La propuesta de rehabilitación de pavimento	Condición operativa de una carretera
Rho de Spearman	La propuesta de rehabilitación de pavimento	Coefficiente de correlación	1,000	,756
		Sig. (bilateral)	.	,003
		N	181	181
	Condición operativa de una carretera	Coefficiente de correlación	,756	1,000
		Sig. (bilateral)	,003	.
		N	181	181

Interpretación: Según los resultados obtenidos para comprobar la hipótesis específica 2 se ha obtenido que el coeficiente de correlación Rho de Spearman, que tiene el valor de 0.756 y la sigma (bilateral) es de 0,003 el mismo que es menor al parámetro teórico de 0,05 lo que nos permite afirmar que la hipótesis alterna se cumple entonces: La propuesta de rehabilitación de pavimento mejora la condición operativa de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

4.1.2. Análisis e interpretación

Interpretación Hipótesis general: Según los resultados obtenidos para comprobar la hipótesis general se ha obtenido que el coeficiente de correlación Rho de Spearman, que tiene el valor de 0.698** y la sigma (bilateral) es de 0,002 el mismo que es menor al parámetro teórico de 0,05 lo que nos permite afirmar que la hipótesis alterna se cumple entonces: La propuesta de rehabilitación.

Interpretación hipótesis específica 1: Según los resultados obtenidos para comprobar la hipótesis específica 1 se ha obtenido que el coeficiente de correlación Rho de Spearman, que tiene el valor de 0.735* y la sigma (bilateral) es de 0,000 el mismo que es menor al parámetro teórico de 0,05 lo que nos permite afirmar que la hipótesis alterna se cumple entonces: La propuesta de rehabilitación de pavimento mejora el flujo vehicular de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021.

Interpretación hipótesis específica 2: Según los resultados obtenidos para comprobar la hipótesis específica 2 se ha obtenido que el coeficiente de correlación Rho de Spearman, que tiene el valor de 0.756 y la sigma (bilateral) es de 0,003 el mismo que es menor al parámetro teórico de 0,05 lo que nos permite afirmar que la hipótesis alterna se cumple entonces: La propuesta de rehabilitación de pavimento mejora la condición operativa de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a los parámetros de diseño obtenidos y a las metodologías empleadas se establece una estructura de pavimento correspondiente a una capa de afirmado de 30.0 cm de espesor.

Existen sectores con presencia de materiales finos limo-arcillosos y arcillosos, en los cuales la capacidad de soporte (CBR) de estos suelos, son inferiores a la capacidad de soporte establecido para el diseño (CBR diseño); por lo cual es necesario que en estos sectores se mejore los suelos de la subrasante.

El mejoramiento de la subrasante se realizará mediante el reemplazo de una capa de 0.20 m., con material de préstamos de las canteras aprobadas, cuya capacidad de soporte debe ser mayor a 20% (CBR>20% al 95% de la MDS); siendo los sectores a mejorar los siguientes:

- km 00+900 – km 01+600 (longitud = 700 m.)
- km 03+900 – km 04+100 (longitud = 200 m.)
- km 05+900 – km 06+100 (longitud = 200 m.)
- km 07+900 – km 08+100 (longitud = 200 m.)
- km 14+900 – km 17+100 (longitud = 2200 m.)
- km 19+400 – km 20+100 (longitud = 700 m.)
- km 20+900 – km 21+600 (longitud = 700 m.)
- km 22+400 – km 24+100 (longitud = 1700 m.)

VI. CONCLUSIONES

6.1 Para la caracterización de los suelos del terreno de fundación de la carretera, se ha ejecutado 61 pozos exploratorios o perforaciones a “cielo abierto” (calicatas) de 1.5 m de profundidad, distanciadas cada 500 m. uno del otro y distribuidos en forma alternada, por lo cual la información obtenida es representativa de la zona en estudio.

6.2 El presente estudio se ha realizado con la finalidad de investigar las características del suelo de fundación y del estado actual de la vía, factores que permiten establecer las actividades de rehabilitación y/o mejoramiento que la vía en estudio requiere

6.3 A la fecha de estudio, no se ubicó nivel freático en el tramo; sin embargo, de acuerdo a las características hidrológicas de la zona, régimen de lluvias, y orografía; es indispensable el cumplimiento irrestricto de las recomendaciones expuestas en el anexo de Hidrología y Drenaje, a fin de evitar fallas asociadas a movimientos del agua en el pavimento, principalmente por flujo de agua que se infiltre de la superficie

6.4 La capacidad de soporte de los suelos existentes, presentan valores considerados como regulares a malos, con los cuales se ha determinado el valor del CBR de diseño; que para este caso se ha establecido el valor promedio (sin considerar os valores picos), que corresponde a un valor de 6.0%.

6.4 Con los parámetros de diseño determinados, se ha establecido una estructura del pavimento que corresponde al siguiente:

Tabla 17*Estructura de pavimento*

	Tramo: Acos Vinchos – Lucaspata	Espesor Total
Material granular de cantera (M.G.C)	15.0 cm.	
M.G.C estabilizado con aditivo polímero	15.0 cm.	30.0 cm.

VII. RECOMENDACIONES

7.1 La proyección del tráfico para el diseño de la estructura del pavimento, ha sido calculado en base al estudio de tráfico proporcionado por los ejecutores del mismo, y el IMDa ha sido tomado de un anexo del año 2014.

7.2 Antes de la colocación de la capa de rodadura de material granular, se debe reconformar y compactar la subrasante hasta lograr una compactación mínima de 95% de la MDS a lo largo de toda la vía.

7.3 De acuerdo a los suelos existentes determinados en los estudios, se tiene previsto realizar un mejoramiento de la subrasante, mediante el reemplazo con material de préstamo de canteras; por lo que la estructura de la vía a rehabilitar debe estar conformada de la siguiente manera

Tabla 18

Conformación de estructura de vía a rehabilitar según progresiva

	✓	km 00+900 – km 01+600	
Sectores	✓	km 03+900 – km 04+100	Tramo: Acos Vinchos – Lucaspata
	✓	km 05+900 – km 06+100	
Estructura		Mejoramiento 20.0 cm.	Capa de rodadura 30.0 cm.

7.4 Además, se deben tener y tomar todas las consideraciones correspondientes a los estudios hidrológicos y geológicos anexados, antes de la colocación de la estructura del pavimento.

7.5 Se deben tener en cuenta todos los controles correspondientes a la calidad de los materiales y los procesos constructivos, deben ser los correspondientes al Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras de Bajo Volumen de Tráfico del MTC.

VIII. REFERENCIAS

- Asqui, J., & Cajas, L. (2016). *Rehabilitación y Mejoramiento del Camino Vecinal "La Batea - San Simón", Situado en el Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar*. [Trabajo de grado] Universidad Central de Ecuador
- Carrasco, S. (2017). *Metodología de la investigación científica*. Editorial San Marcos.
- Castro, P. (2013). Material de Curso. *Estructuras de Pavimentos*. Cartago.
- Comex Perú. (2020). Infraestructura vial: Gobiernos sub-nacionales estancados. (Seminario 1021 - Economía). Lima, Perú.
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Limusa Noriega Editores.
- Cruz, A., & Malgarejo, G. (2020). *Mejoramiento de la transitabilidad vehicular del Camino Vecinal Recuay – Huancapampa – Ancash – 2020*. [Tesis de grado]. Universidad César Vallejo.
- Fandiño, N., & Porras, Y. (2020). *Propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad de la comunidad del Barrio Guanamito en el Municipio de Restrepo-Meta* [Tesis de Pregrado]. Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio.
- Gutiérrez, J., & Pumayali, K. (2018). *Mejoramiento y rehabilitación del camino vecinal tramo: Nogalpampa – Cotarma - Piscaya, distrito Pichirhua, provincia Abancay, región Apurímac*. [Tesis de grado]. Universidad Tecnológica de los Andes.
- Hamisi, D. (2020). Study on the effects of pavement condition on level of service of the road segments. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 54(1), 118-137. doi:<https://core.ac.uk/reader/337387740>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGraw-HillInteramericana.

- Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2020). Manual. *Capacidad y Niveles de Servicio para Carreteras de dos Carriles*. Bogotá.
- Instituto Peruano de Economía (IPE). (2005). Estudio. *La Infraestructura que Necesita el Perú: Brecha de Inversión en Infraestructura de Servicios Públicos*. Lima, Perú.
- Méndez, C., & Ramirez, H. (2017). Especialización en diseño de pavimentos. *Diseño y Rehabilitación de las Estructuras de Pavimento de un Tramo de la Vía Terciaria Coello a la Vereda Llano de la Virgen, municipio Coello - Departamento de Tolima*. Ibaguë, Colombia. [Trabajo de grado]. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Méndez, J., & Wang, M. (2019). *Estudio y propuesta de mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la avenida Los Incas en la Ciudad de Trujillo – La Libertad*. [Tesis de grado]. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Merino, K. (2018). *Diseño para el mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular y peatonal en el caserío el porvenir, distrito Sayapullo, provincia Gran Chimú, departamento La Libertad*. [Tesis de grado]. Universidad César Vallejo.
- Mestanza, L., & Sánchez, E. (2018). *Estudio definitivo para el mejoramiento del camino vecinal Pinshapampa – José Paraíso, Distrito de Alonso de Alvarado, Provincia de Lamas – Región San Martín*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de San Martín
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). (2008). Manual. *Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles .
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). (2014). Manual de Carreteras. *Suelos geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). (2018). *Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial*. Lima, Perú.

- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). (2018). Manual de Carreteras. *Diseño Geométrico*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). (2020). Informe. *Diagnóstico de la Situación de las Brechas de Infraestructura o de Acceso a Servicios*. Lima, Perú: Transporte y Comunicaciones.
- Moreno, S. (2013). Trabajo de Titulación. *Estudio y diseño vial de la Av. 15 de Noviembre (etapa III de 1.71 km de longitud), Cantón Tena, provincia de Napo*. Quito, Ecuador.
- MTC. (2015). *Manual de Inventarios Viales. Parte IV*. Lima. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20IV%20-%20Parte%20IV.pdf
- National Academy of Sciences. (2010). Highway Capacity Manual. *Transportation Research Board*. USA.
- Parrado, A., & García, A. (2017). *Propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad en un sector periférico del occidente de Bogotá*. [Trabajo de grado]. Universidad Católica de Colombia.
- Sistema Nacional de Inversión Pública. (2015). Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación. Lima, Lima, Peru.
- Solminihaq, H., Salsilli, R., Kohler, E., & Bengoa, E. (2003). Analysis of Pavement Serviceability for the AASHTO Design Method: the Chilean Case. *The arabian journal for science and engineering*. Obtenido de 258113357_Analysis_of_pavement_serviceability_for_the_AASHTO_design_method_The_Chilean_case
- Ureña, A. (2010). Proyecto de titulación. *Mejoramiento Geométrico de la Ruta Cantonal 041 comprendida entre Dulce Nombre y Paraíso de Cartago*. Paraíso, Costa Rica.
- World Economic Forum. (2019). *The Global Competitiveness Report*. Geneva.

- Yugcha, C. (2016). *Mejoramiento del tránsito vehicular y peatonal con una propuesta de movilidad continua entre la vía Tisaleo San Diego - Alobamba del Cantón Tisaleo provincia de Tungurahua*. [Trabajo de grado]. Universidad Técnica de Ambato
- Zarate, M. (2019). La Importancia de la Infraestructura. *Revista Consultoría*.

IX. ANEXOS

ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Operacionalización			Metodología	
General	General	General	Variable	Dimensión	Indicador	Tipo de investigación	Técnicas e Instrumentos
¿De qué manera la propuesta de rehabilitación de pavimento mejora de la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021?	Analizar de qué manera la propuesta de rehabilitación de pavimento mejora de la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021	La propuesta de rehabilitación del pavimento mejora la transitabilidad de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021	Dependiente: Transitabilidad	- Flujo Vehicular - Condición operativa	- IMDA - Buena - Mala - Regular	Tipo: Aplicada (Carrasco, 2017) Nivel o alcance: Descriptiva (Carrasco, 2017) Diseño: No Experimental (Hernández, et. al. 2014) Enfoque: Cuantitativo (Hernández, et. al. 2014)	Técnicas: Observación directa Instrumentos: Fichas Técnicas
Específicos	Específicos	Específicas					
¿De qué manera la propuesta de rehabilitación de pavimento mejora el flujo vehicular de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021?	Determinar de qué manera la propuesta de rehabilitación de pavimento mejora el flujo vehicular de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021	La propuesta de rehabilitación de pavimento mejora el flujo vehicular de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021	Independiente: Rehabilitación del pavimento	Diseño geométrico	-Long. Tangentes (m) - Velocidad directriz (km/h) - Peralte en curvas (%) - Curvas verticales (%) - Pendiente (%) - Ancho tangente (m)		
¿De qué manera la propuesta de rehabilitación de pavimento mejora de la condición operativa de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021?	Determinar de qué manera la propuesta de rehabilitación de pavimento mejora de la condición operativa de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021	La propuesta de rehabilitación de pavimento mejora la condición operativa de una carretera en el distrito Acos Vinchos, Ayacucho – 2021				Diseño estructural	- EE 8.2 Ton - CBR de diseño - Espesor de capas (cm)

ANEXO B. FICHA TÉCNICA PARA EL ESTUDIO DE ESTADO OPERATIVIDAD DE LA CARRETERA (FALLAS)

REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA ACOSVINCHOS-LUCASPATAS						
Inventario Vial: Pavimentos						
Tipo Daño:	Ahuellamiento: A		Baches: B		Deformación: D	Lodazal: L
	Hundimiento: H		Encalaminado: E		Erosión: ER	Curva cerrada: C
Progresiva	Pavimento		Daños Pavimento		Observaciones / Comentarios	
	Ancho(m)	Espesor(m)	Tipo	Dimensiones (cm)		
0+140	3.00	0.15	A	180	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 25cm	
0+210	0.50	0.15	ER	200	Borde erosionado por agua M.I.	
0+375	0.50	0.20	ER-H	7000	Borde erosionado por agua M.I. 70 mts de largo	
0+421	0.60	0.20	ER-H	2500	Firme con hundimientos laterales en el medio de la calzada	
0+488	0.50	0.20	ER-H	500	Firme con hundimientos laterales en la M.I.	
0+502	0.40	0.10	A	1000	Firme con hundimientos laterales en el medio calzada	
0+532	0.50	0.25	ER-H	500	Firme con hundimientos laterales en la M.I.	
0+751	0.60	0.25	ER-H	300	Firme con hundimientos laterales en la M.I.	
0+826	3.20	0.10	A	60	La pista se estrecha mucho (paso de un coche)	
0+940	5.00	0.15	H	500	Presenta hundimiento de sección M.I. de 5 mts de largo	
1+125	4.00	0.15	H	2500	Presenta hundimiento de sección M.I. de 25 mts de largo	
1+204	0.40	0.20	A	1000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20cm	
1+255	0.30	0.20	A	2000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20cm M.D.	
1+354	0.35	0.15	A	3000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 35 cm M.D.	
1+518	0.30	0.15	A	2500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en el centro de la calzada	
1+600	3.20	0.10	A	35	La pista se estrecha mucho (paso de un coche) en M.D.	
1+636	0.30	0.15	A	2000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 30 cm en el centro de la calzada	
1+689	0.35	0.20	H	500	Presenta hundimiento de sección M.I. de 5 mts de largo	
1+742	0.45	0.20	H	1000	Presenta hundimiento de sección M.I. de 10 mts de largo	

1+864	0.50	0.20	H	500	Presenta hundimiento de sección M.I. de 5 mts de largo
2+333	0.45	0.20	H	1000	Presenta hundimiento de sección M.I. de 10 mts de largo
2+380	0.50	0.20	H	2500	Presenta hundimiento de sección M.I. de 25 mts de largo
2+462	0.40	0.20	H	300	Presenta hundimiento de sección M.I. de 3 mts de largo
2+564	0.40	0.25	A	3500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 25 cm en el centro- dcha de la calzada
2+615	0.30	0.20	A	1500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 30 cm en la M.D. de la calzada de 15 mts de largo
2+833	0.30	0.15	A	5000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 30 cm en la M.D. de la calzada de 50 mts de largo
2+877	0.60	0.30	H	300	Presenta hundimiento de sección M.I. de 3 mts de largo
2+905	0.30	0.10	A	3000	Curva cerrada sin visibilidad.
3+125	0.50	0.30	H	300	Presenta hundimiento de sección M.I. de 3 mts de largo
3+211	0.50	1.00	B	150	Existe bache profundo en medio de la calzada
3+356	0.20	0.10	A	800	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.D. de la calzada de 8 mts de largo
3+421	0.20	0.15	A	2000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.D. de la calzada de 20 mts de largo
3+666	0.40	0.10	A	1000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm M.D.
3+790	0.60	0.60	H	300	Presenta hundimiento de sección M.I. de 3 mts de largo
3+860	0.80	0.60	H	200	Presenta hundimiento de sección M.I. de 2 mts de largo
3+900	0.40	0.20	A	1500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.I. de la calzada de 15 mts de largo
3+955	0.50	0.20	A	1800	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en el centro de la calzada de 15 mts de largo
4+065	0.60	0.15	A	800	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.I. de la calzada de 8 mts de largo
4+120	-	-	B	10000	Zona con baches y estrechamiento en 100 mts de largo.
4+633	-	-	B	5000	Zona con baches y estrechamiento en 50 mts de largo.
4+855	0.30	0.15	A	3000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.I. de la calzada de 30 mts de largo

4+988	0.40	0.20	A	1500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.I. de la calzada de 15 mts de largo
5+074	-	-	D	1000	Existe una deformación en la M.D. de la calzada de 25 mts de larga
5+231	-	-	D	2500	Existe una deformación en la M.D. de la calzada de 25 mts de larga
6+620	2.30	0.15	A	200	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.D. de la calzada de 2 mts de largo
6+814	-	-	D	10000	Existe una deformación en la M.D. de la calzada de 100 mts de larga
8+555	-	-	D	10000	Existe una deformación en la M.D. de la calzada de 100 mts de larga
8+652	0.50	0.20	A	600	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.D. de la calzada de 6 mts de largo
8+761	0.50	0.30	H	400	Presenta hundimiento de sección M.I. de 4 mts de largo
8+914	0.40	0.15	A	3000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.D. de la calzada de 3 mts de largo
9+156	-	-	D	10000	Existe una deformación en la M.D. de la calzada de 100 mts de larga
9+264	0.60	0.15	A	1000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.D. de la calzada de 3 mts de largo
9+492	0.80	0.90	H	200	Presenta hundimiento de sección M.I. de 2 mts de largo
10+225	0.30	0.10	A	800	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 10 cm en la M.D. de la calzada de 8 mts de largo
10+436	0.40	0.15	A	300	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.D. de la calzada de 3 mts de largo
10+522	0.45	0.10	A	500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 10 cm en la M.D. de la calzada de 5 mts de largo
10+854	3.40	0.20	A	3000	Existe ahuellamiento muy profundo de 20 cm en la M.D. de la calzada de 30 mts de largo
10+915	0.40	0.15	A	2500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 10 cm en la M.D. Yy M.I. de la calzada de 25 mts de largo
11+656	0.50	0.20	A	1000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 10 cm en la M.I. de la calzada de 10 mts de largo
11+865	0.50	0.20	A	100000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.D. de la calzada de 100 mts de largo
11+987	0.40	0.15	A	6000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.I. de la calzada de 60 mts de largo
















12+055	0.40	0.15	A	3000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.I. Y M.D. de la calzada de 30 mts de largo
12+347	0.30	0.15	A	500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.I. de la calzada de 5 mts de largo
12+450	0.40	0.20	A	600	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.D. de la calzada de 6 mts de largo
12+598	0.40	0.15	A	700	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.D. de la calzada de 7 mts de largo
13+222	0.50	0.20	D	100	Se presenta un declive al lado izquierdo de la vía
13+468	0.50	0.15	A	4000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.D. Y M.I. de la calzada de 40 mts de largo
14+654	0.40	0.15	A	1000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.D. Y M.I. de la calzada de 10 mts de largo
14+923	0.50	0.20	A	2000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.I. de la calzada de 20 mts de largo
15+544	0.40	0.20	A	3500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.I. Y M.D. de la calzada de 35 mts de largo
16+235	0.30	0.15	A	300	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.D. de la calzada de 3 mts de largo
16+877	0.40	0.20	A	500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.D. de la calzada de 5 mts de largo
17+654	0.50	0.15	A	1000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.D. de la calzada de 10 mts de largo
18+254	0.50	0.50	H	200	Presenta hundimiento de sección M.I. de 2 mts de largo
18+561	0.60	0.20	A	3000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.D. de la calzada de 30 mts de largo
18+777	0.50	0.25	A	2000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 25 cm en la M.D. de la calzada de 20 mts de largo
19+147	6.00	0.30	A	1000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 25 cm en la M.D. Y M.I. de la calzada de 10 mts de largo
19+326	0.50	0.50	H	200	Presenta hundimiento de sección M.I. de 2 mts de largo
19+655	2.00	0.30	A	5000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 30 cm en la M.D. Y M.I. de la calzada de 50 mts de largo

16+965	0.50	0'2	A	10000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.D. de la calzada de 100 mts de largo
17+025	5.00	0.30	A	1000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 30 cm en la M.D.Y M.I de la calzada de 10 mts de largo
17+658	0.50	0.50	H	200	Presenta hundimiento de sección M.I. de 2 mts de largo
18+024	6.00	0.35	A	1500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 35 cm en la M.D.Y M.I de la calzada de 15 mts de largo
18+222	0.60	0.20	A	2000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.D. de la calzada de 20 mts de largo
18+432	0.50	0.15	A	1500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.D. de la calzada de 15 mts de largo
18+658	0.50	0.10	A	500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 10 cm en la M.D. de la calzada de 5 mts de largo
19+335	6.00	0.20	A	1500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.D.Y M.I de la calzada de 15 mts de largo
19+587	0.80	0.20	A	5000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.D. de la calzada de 50 mts de largo
19+778	-	-	C	-	Curva cerrada maniobra para volteo
20+654	0.30	0.10	A	1000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 10 cm en la M.D. de la calzada de 10 mts de largo
20+845	0.35	0.15	A	1500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.D. de la calzada de 15 mts de largo
21+110	3.80	0.20	D	2000	Se presenta un declive al lado dcha de la vía
21+198	0.30	0.15	A	2500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.D. de la calzada de 25 mts de largo
21+264	0.40	0.20	A	10000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 20 cm en la M.D. de la calzada de 100 mts de largo
21+524	0.30	0.10	A	6000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 10 cm en la M.D. de la calzada de 60 mts de largo
21+701	0.70	0.80	H	200	Presenta hundimiento de sección M.I. de 2 mts de largo
21+915	0.70	0.80	H	400	Presenta hundimiento de sección M.I. de 4 mts de largo
22+325	-	-	B	20000	Zona de 200 mts de baches continuos
22+617	0.90	0.80	H	300	Presenta hundimiento de sección M.I. de 3 mts de largo

22+865	0.70	0.90	H	500	Presenta hundimiento de sección M.I. de 5 mts de largo
23+250	0.70	0.80	H	400	Presenta hundimiento de sección M.I. de 4 mts de largo
23+462	0.60	0.10	A	2500	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 10 cm en la M.D. de la calzada de 25 mts de largo
24+136	0.70	0.90	H	300	Presenta hundimiento de sección M.I. de 3 mts de largo
24+689	0.60	0.15	A	5000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.D. de la calzada de 50 mts de largo
24+856	0.50	0.15	A	2000	Existe un pequeño ahuellamiento no muy profundo de 15 cm en la M.D. de la calzada de 20 mts de largo
25+210	0.70	0.90	H	200	Presenta hundimiento de sección M.I. de 2 mts de largo

ANEXO C: FICHAS TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE TRÁNSITO VEHICULAR

							
<p>PROYECTO: "PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA CARRETERA ACOS VINCHOS – URPAY – HUAYCHAO – HUAMANCCOCHA – LUCASPATA, DISTRITO ACOS VINCHOS – 2021"</p>							
ESTUDIO DE TRÁNSITO VEHICULAR							
<p>Período de conteo: _____</p> <p>Elaborado por: _____</p>							
Días	Vehículos ligeros			Bus	Camiones unitarios		
	Auto	Pick up	Combi	B2	C2	C3	C4
Lunes							
Martes							
Miércoles							
Jueves							
Viernes							
Sábado							
Domingo							
Total:							
IMDS							
FE							
IMDA							
OBSERVACIONES							

SIMBOLO	DIAGRAMA	DESCRIPCION	EJE DELANTERO	EJE POSTERIOR				TOTAL
				1er. EJE	2do. EJE	3er. EJE	4to. EJE	
B2		CARGA (TON)	7	10			17	
		F.EE.	1.2728	2.2561			3.52896	
B3		CARGA (TON)	7	16			23	
		F.EE.	1.2728	2.1335			3.40637	
C2		CARGA (TON)	7	10			17	
		F.EE.	1.2728	2.2561			3.52896	
C3		CARGA (TON)	7	16			23	
		F.EE.	1.2728	2.1335			3.40637	
C4		CARGA (TON)	7	21			28	
		F.EE.	1.2728	2.56121			3.83404	
T2S1 o 2S1		CARGA (TON)	7	10	10		27	
		F.EE.	1.2728	2.2561	2.2561		5.78508	
T2S2 o 2S2		CARGA (TON)	7	10	16		33	
		F.EE.	1.2728	2.2561	2.1335		5.66250	
T2S3 o 2S3		CARGA (TON)	7	10	23		40	
		F.EE.	1.2728	2.2561	2.98373		6.51269	
T3S1 o 3S1		CARGA (TON)	7	16	10		33	
		F.EE.	1.2728	2.1335	2.2561		5.66250	
T3S2 o 3S2		CARGA (TON)	7	16	16		39	
		F.EE.	1.2728	2.1335	2.1335		5.53991	
T3S3 o 3S3		CARGA (TON)	7	16	23		46	
		F.EE.	1.2728	2.1335	2.98373		6.39010	
C2R2 o 2T2		CARGA (TON)	7	10	10	10	37	
		F.EE.	1.2728	2.2561	2.2561	2.2561	8.04121	
C2R3 o 2T3		CARGA (TON)	7	10	10	16	43	
		F.EE.	1.2728	2.2561	2.2561	2.1335	7.91862	
C3R2 o 3T2		CARGA (TON)	7	16	10	10	43	
		F.EE.	1.2728	2.1335	2.2561	2.2561	7.91862	
C3R3 o 3T3		CARGA (TON)	7	16	10	16	49	
		F.EE.	1.2728	2.1335	2.2561	2.1335	7.79603	

ANEXO E. PANEL FOTOGRÁFICO

