



**Universidad Científica del Perú**

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

**TÍTULO PROFESIONAL**  
**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO A NIVEL DE AFIRMADO PARA  
LA VIA VECINAL LO 549: SHUCUSHYACU - LAGO CUIPARI - LIBERTAD  
DE CUIPARILLO - GLORIA, DISTRITO TENIENTE CESAR LOPEZ ROJAS,  
PROVINCIA DE ALTO AMAZONAS – PERÚ, 2021”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR** : BACH. NERVIN NANCY SALVADOR HUAMAN

**ASESOR** : M.SC. ULISES OCTAVIO IRIGOIN CABRERA

**SAN MARTÍN – PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A Dios todopoderoso por brindarme salud, fuerzas y ofrecernos lo necesario para lograr nuestras metas. Gracias por las pruebas que me hacen crecer como persona y me permiten dar lo mejor de mí.

A mi familia y amigos que me brindaron el soporte para lograr el objetivo de culminar la Carrera de Ingeniería Civil.

A mi madre, Felicita Huamán Lizana, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un privilegio ser su hija, eres la mejor mamá.

***Nervin Nancy Salvador Huaman.***

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero brindar mi agradecimiento especial a las siguientes personas e instituciones que estuvieron apoyándome en este proceso de aprendizaje:

- Al Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, por haberme asesorado en todo el proceso de investigación. En verdad, su persona es merecedora de mi reconocimiento.
- Al Ing. Caleb Ríos Vargas, por su constante apoyo y asesoramiento brindado para el desarrollo del presente Informe de Ingeniería.
- A la Universidad Científica del Perú, por brindarme la oportunidad de realizarme como profesional a través de los conocimientos impartidos que con paciencia y perseverancia supieron darme la formación sólida para esta Carrera en dicha Casa Superior de Estudios. A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, por su constante y dedicada labor en la enseñanza y formación de los Futuros Profesionales.

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

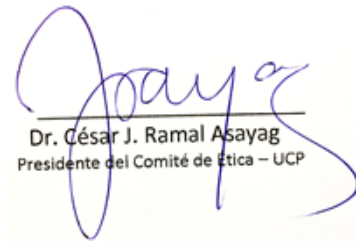
El Trabajo de Suficiencia Profesional titulado:

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO A NIVEL DE AFIRMADO PARA LA  
VIA VECINAL LO 549: SHUCUSHYACU - LAGO CUIPARI - LIBERTAD DE  
CUIPARILLO - GLORIA, DISTRITO TENIENTE CESAR LOPEZ ROJAS, PROVINCIA  
DE ALTO AMAZONAS – PERÚ, 2021”**

De los alumnos: **NERVIN NANCY SALVADOR HUAMAN**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **18% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 2 de Agosto del 2021.



Dr. César J. Ramal Asayag  
Presidente del Comité de Ética – UCP

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** UCP\_Ingenieríacivil\_2021\_TSP\_NancySalvador\_V1.pdf  
(D110702287)  
**Submitted:** 7/23/2021 7:33:00 PM  
**Submitted By:** revision.antiplagio@ucp.edu.pe  
**Significance:** 18 %

### Sources included in the report:

Selma\_Huaringa\_Trabajo\_de\_Suficiencia\_Profesional\_2016.pdf (D27023909)  
TESIS Jorge Luis Cruz Bajaña via el naranjo-guabito completo-cap. del 1 al 12.pdf (D14931610)  
<https://docplayer.es/209628530-Facultad-de-ingenieria-arquitectura-y-urbanismo.html>  
<http://repositorio.uprit.edu.pe/bitstream/handle/UPRIT/441/IC-TESIS-COTRINA%20JAMBO-PALOMINO%20ROJAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50941/L%C3%B3pez\\_GCM%20-%20Tumbajulca\\_CCA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50941/L%C3%B3pez_GCM%20-%20Tumbajulca_CCA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
<https://docplayer.es/180156456-Facultad-de-ingenieria.html>  
<https://core.ac.uk/download/pdf/287332481.pdf>  
<https://core.ac.uk/download/pdf/287332024.pdf>  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/20.500.12692/11746/4/cardenas\\_sb.pdf.txt](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/20.500.12692/11746/4/cardenas_sb.pdf.txt)  
[https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2298/CIV\\_T030\\_72640311\\_T%20%20%20ROM%C3%81N%20HUACHO%20WILDE%20RENZO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2298/CIV_T030_72640311_T%20%20%20ROM%C3%81N%20HUACHO%20WILDE%20RENZO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
[http://www.carreteros.org/hispana/peru/11\\_peru.pdf](http://www.carreteros.org/hispana/peru/11_peru.pdf)  
[http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2008/Abril/09/RM-303-2008-MTC-02\\_09-04-08.pdf](http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2008/Abril/09/RM-303-2008-MTC-02_09-04-08.pdf)  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/UNAP/9476/5/Chuquija\\_Valencia\\_Juan.pdf.txt](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/UNAP/9476/5/Chuquija_Valencia_Juan.pdf.txt)  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/259003/232247\\_Pautas\\_Pavimentos.pdf20181218-16260-a98bmq.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/259003/232247_Pautas_Pavimentos.pdf20181218-16260-a98bmq.pdf)

### Instances where selected sources appear:

“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”

FACULTAD DE  
CIENCIAS E  
INGENIERÍA

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Con Resolución Decanal N° 517 -2021- UCP - FCEI del 16 de agosto de 2021, la **FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP** designa como Jurado Evaluador y Dictaminador de la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional a los Señores:

- Ing. Caleb Rios Vargas, M. Sc. Presidente
- Ing. Joel Padilla Maldonado, M. Sc. Miembro
- Ing. Andres Pinedo Delgado, M. Sc. Miembro

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 11:00 horas, del día viernes 20 de agosto de 2021, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la secretaria Académica de la Facultad y el director de Gestión Universitaria de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa del Trabajo de Suficiencia Profesional:

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO A NIVEL DE AFIRMADO PARA LA VIA VECINAL LO 549: SHUCUSHYACU - LAGO CUIPARI - LIBERTAD DE CUIPARILLO - GLORIA, DISTRITO TENIENTE CESAR LOPEZ ROJAS, PROVINCIA DE ALTO AMAZONAS – PERÚ, 2021”**

Presentado por la sustentante:

**NERVIN NANCY SALVADOR HUAMAN**

Asesora: Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, M.Sc.

Como requisito para optar el título profesional de: **Ingeniero Civil.**

Luego de escuchar la Sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS.**

El jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

Por lo que la Sustentación es: **APROBADA POR MAYORÍA CON LA NOTA DE (16) DIECISÉIS.**

En fe de lo cual los miembros del jurado firman el acta.



-----  
Presidente



-----  
Miembro



-----  
Miembro

CAIFICACIÓN:	Aprobado (a) Excelencia	: 19 – 20
	Aprobado (a) Unanimidad	: 16 - 18
	Aprobado (a) Mayoría	: 13 – 15
	Desaprobado (a)	: 00 – 12

**Iquitos – Perú**  
065 - 26 1088 / 065 - 26 2240  
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

**Filial Tarapoto – Perú**  
42 – 58 5638 / 42 – 58 5640  
Leoncio Prado 1070 / Martines de Compagñon 933

Universidad Científica del Perú  
www.ucp.edu.pe

Contáctanos:

## FIRMA DE JURADOS Y ASESOR

### HOJA DE APROBACIÓN

Trabajo de Suficiencia Profesional sustentada mediante la plataforma zoom el día viernes 20 de agosto a las 11:00 am horas del 2021.



---

**M.Sc. Ing. CALEB RÍOS VARGAS**  
PRESIDENTE DEL JURADO



---

**M.Sc. Ing. JOEL PADILLA MALDONADO**  
MIEMBRO DEL JURADO



---

**M.Sc. Ing. ANDRES PINEDO DELGADO**  
MIEMBRO DEL JURADO



---

**M.Sc. Ing. ULISES OCTAVIO IRIGOIN CABRERA**  
ASESOR

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	1
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	2
<b>ACTA DE SUSTENTACION</b> .....	3
<b>FIRMA DE JURADOS Y ASESOR</b> .....	4
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	5
<b>RESUMEN</b> .....	12
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>I: MARCO TEÓRICO</b> .....	14
1.1. Antecedentes .....	14
1.1.1. A nivel internacional .....	14
1.1.2. A nivel nacional .....	15
1.2. Bases Teóricas .....	22
1.2.1. Clasificación de Carreteras.....	22
1.2.1.1. Manual de Diseño Geométrico DG – 2001 – MTC.....	22
1.2.1.2. Manual de Diseño Geométrico DG – 2018 – MTC.....	22
1.2.2. Elementos del diseño Geométrico .....	25
1.2.3. Criterios básicos para el diseño Geométrico.....	26
1.2.3.1. Velocidad de diseño .....	26
1.2.3.2. Distancia de visibilidad .....	28
1.2.4. Diseño Geométrico de la Sección Transversal .....	31
1.2.4.1. Generalidades .....	31
1.2.4.2. Elementos de la Sección Transversal.....	32
1.2.4.3. Calzada o superficie de rodadura .....	36
1.2.4.4. Bermas .....	38
1.2.4.5. Bombeo.....	41
1.2.4.6. Peralte.....	42
1.2.4.7. Derecho de vía o faja de dominio .....	45
1.2.4.8. Separadores.....	47
1.2.4.9. Gálibo .....	48
1.2.4.10. Taludes .....	49
1.2.5. Superficie de Rodadura .....	51
1.2.5.1. Terreno Natural .....	51
1.2.5.2. Afirmado .....	52
1.2.6. Estudio de Pavimentos .....	60



1.2.6.1.	Método NAASRA.....	60
1.3.	Definición de Términos Básicos .....	61
<b>II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>		<b>69</b>
2.1.	Descripción del Problema .....	70
2.2.	Justificación .....	70
2.3.	Delimitación de la Investigación .....	71
2.4.	Formulación del Problema .....	72
2.4.1.	Problema General .....	72
2.4.2.	Problemas Específicos .....	72
2.5.	Objetivos .....	72
2.5.1.	Objetivo General.....	72
2.5.2.	Objetivos Específicos .....	72
2.6.	Variables.....	73
2.6.1.	Identificación de Variables.....	73
2.6.1.1.	Variable Independiente.....	73
2.6.1.2.	Variable Dependiente .....	73
<b>III: METODOLOGÍA .....</b>		<b>74</b>
3.1.	Tipo de Investigación .....	74
3.1.1.	Diseño de investigación.....	74
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	74
3.2.1.	Población.....	74
3.2.2.	Muestra .....	74
3.3.	TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	74
3.3.1.	Técnica de recolección de datos. ....	74
3.3.2.	Instrumentos de recolección de datos. ....	75
3.4.	PROCEDIMIENTO.....	75
3.4.1.	Estudio de Tráfico.....	75
3.4.2.	Estudio de topográfico.....	75
3.4.3.	Estudio de Suelos.....	76
<b>IV: RESULTADOS .....</b>		<b>78</b>
4.1.	Ubicación del trabajo de Investigación .....	78
4.1.1.	Nombre del trabajo de Investigación .....	78
4.1.2.	Ubicación Política .....	78
4.1.3.	Ubicación del terreno de estudio.....	78
4.2.	Estudio de Tráfico .....	80
4.2.1.	Resultados del Conteo Vehicular.....	80
4.2.2.	Proyección de Tránsito .....	81

4.3.	Estudio Topográfico .....	82
4.3.1.	Levantamiento Topográfico .....	82
4.4.	Estudio de Suelos .....	83
4.4.1.	Descripción de vía .....	83
4.4.2.	Evaluación de campo .....	84
4.5.	Estudio de Canteras.....	87
4.5.1.	Trabajos de Laboratorio .....	88
4.5.2.	Descripción de Canteras.....	88
4.5.3.	Ubicación de las fuentes de Agua .....	89
4.6.	Diseño de Pavimento .....	90
4.6.1.	Número de ejes equivalentes ee) de diseño para el afirmado.....	91
4.6.2.	Determinación del CBR de diseño .....	92
4.6.2.	Determinación del CBR de diseño .....	92
4.6.3.	Determinación del Espesor del Pavimento Método del MTC (NAASRA).....	92
<b>V: DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>98</b>
5.1.	Discusión .....	98
5.2.	Conclusiones .....	99
5.3.	Recomendaciones .....	102
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>103</b>
<b>VII: ANEXOS .....</b>		<b>104</b>
ANEXO I: ENSAYOS DE LABORATORIO .....		104
ANEXO 02: PANEL FOTOGRÁFICO .....		109
ANEXO 03: PLANOS .....		109

## ÍNDICE DE CUADROS O TABLAS

Tabla 01: Rangos de Velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera de acuerdo a la orografía y demanda.....	29
Tabla 02: Distancia de visibilidad de parada, en pendiente 0%.....	32
Tabla 03: Distancia de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño y pendiente .....	32
Tabla 04: Distancia de visibilidad de adelantamiento .....	33
Tabla 05: Anchos mínimos de la calzada en tangente.....	38
Tabla 06: Anchos mínimos de la calzada en tramos rectos .....	39
Tabla 07: Anchos de bermas .....	41
Tabla 08: Valores de bombeo de la calzada .....	43
Tabla 09: Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte .....	44
Tabla 10: Valores de peralte máximo .....	45
Tabla 11: Peralte mínimo .....	46
Tabla 12: Proporción de peralte a desarrollar en tangente .....	46
Tabla 13: Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido .....	47
Tabla 14: Anchos mínimos de derecho de vía .....	48
Tabla 15: Resumen del espesor de material afirmado .....	57
Tabla 16: Espesor de capa de revestimiento granular .....	58
Tabla 17: Gradación del material de afirmado AASHTO .....	61
Tabla 18: Gradación del material de afirmado FHA.....	58
Tabla 19: Gradación del material de afirmado FHA.....	58
Tabla 20: Estaciones de conteo de tráfico.....	82
Tabla 21: Resultados de conteo de la Estaciones 1 .....	82
Tabla 22: Resultados de conteo de la Estaciones 2.....	83
Tabla 23: Resultados de conteo de la Estaciones 3.....	83
Tabla 24: Tráfico actual por tipo de vehículo E1 .....	83

Tabla 25: Tráfico actual por tipo de vehículo E2 .....	84
Tabla 26: Tráfico actual por tipo de vehículo E3 .....	84
Tabla 27: Ensayos de laboratorio .....	86
Tabla 28: Resumen de los resultados obtenidos en laboratorio.....	88
Tabla 29: Categorías de subrasante .....	93
Tabla 30: Percentil para determinación de CBR de diseño.....	94
Tabla 31: Estimación de CBR de diseño .....	94
Tabla 32: Cálculo de espesor de afirmado .....	97

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Ilustración 1: Sección transversal típica a media ladera de dos carriles en curva.....	5
Ilustración 2: Sección transversal típica con calzada de dos carriles en poblaciones con zona comercial .....	36
Ilustración 3: Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales.....	37
Ilustración 4: Pendiente transversal de Bermas .....	42
Ilustración 5: Casos de bombeo .....	44
Ilustración 6: Sección típica del túnel .....	51
Ilustración 7: Sección transversal típica en tangente.....	52
Ilustración 8: Catálogo de capas de afirmado, período de diseño 10 años .....	59
Ilustración 9: Determinación de espesor de capa de revestimiento granular ....	63
Ilustración 10: Ubicación general .....	74
Ilustración 11: Ubicación departamental y provincial.....	75
Ilustración 12: Selección de CBR- Método Instituto del Asfalto .....	75
Ilustración 13: Ensayo de CBR – Muestra 1 .....	75
Ilustración 14: Ensayo de CBR – Muestra 19 .....	75
Ilustración 15: Ensayo de CBR – Muestra 21 .....	75
Ilustración 16: Resumen de todas las muestras realizadas .....	75

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Vista panorámica del trabajo realizado en la vía Shucushyacu - Gloria .....	109
Foto 2: En esta vista apreciamos el estado de la vía de Libertad Cuiparillo hacia Gloria .....	109
Foto 3: Vista de la estación de llegada en el centro poblado de Gloria .....	110
Foto 4: Vista de la ruta Cuipari hacia Libertad de Cuiparillo .....	110
Foto 5: Determinación de ancho de la superficie de rodadura .....	111
Foto 6: Determinación del espesor de la capa de afirmado, en la cual se verifica que la calzada de rodadura está deteriorada. ....	111

## RESUMEN

El presente estudio de caso, comprende los estudios básicos de topografía, mecánica de suelos, estudio de tráfico y estudio de canteras; se ha desarrollado con la finalidad de efectuar una Propuesta de Diseño de pavimento a nivel de afirmado para la vía vecinal LO 549: Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo – Gloria, Distrito Teniente Cesar López Rojas, Provincia de Alto Amazonas, que servirá para elaborar el Expediente Técnico de Ingeniería a nivel de ejecución de dicha vía vecinal de 27+285.85 km.

La investigación es de tipo descriptiva y aplicada. El eje de la vía corresponde a una topografía ondulada a llana, el suelo de la subrasante es un material de tipo arcilla inorgánica de mediana plasticidad, de capacidad de soporte de mala a regular para subrasante, se han definido las canteras de Pastizal, Shucushyacu y Cuipari para abastecer material de las diferentes capas del pavimento, cuyas propiedades físicas, químicas y mecánicas se efectuaron de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales para carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones EM – 2016.

Los resultados evidencian a todas luces que si es posible lograr, para este camino, el diseño de una estructura del pavimento a partir de la correcta aplicación de las teorías, estudios básicos de ingeniería y el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras de bajo Volumen de Tráfico y otras normas para el diseño de caminos vecinales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. El CBR de diseño de la capa de afirmado de 0.20 m de espesor es de 6.90%.

Palabras Claves: Afirmado - Pavimento – vía vecinal.

## ABSTRACT

This case of study includes the basic studies of topography, soil mechanics, traffic study and quarry study; the study has been developed in order to carry out an a design proposal about pavement level of vecinal road LO 549: Shucushyacu - Lake Cuipari - Libertad de Cuipari - Gloria, Province of Alto Amazonas - Loreto, which will serve to prepare the Technical Engineering file at the execution level of 27 + 285.85 km for local roads.

The research is descriptive and applicative. The axis of the road corresponds to an undulating to flat topography, the soil of the subgrade is an inorganic clay-type material with medium plasticity, having a bearing capacity from poor to regular for subgrade, the quarries of Pastizal, Shucushyacu and Cuipari have been defined to be supplier of the materia for different layers of the pavement, whose physical, chemical and mechanical properties have been executed according to the instruction manual of trial of materials for roads from the Ministry of Transportation and Communications EM - 2016.

The results clearly show that it is in fact possible to achieve, for this road , the design of a pavement structure based on the correct application of theories, basic engineering studies and the Manual of General Technical Specifications for the Construction of roads with Low Traffic Volume and other standards for the design of local roads of the Ministry of Transport and Communications. The CBR design of the 0.20 m thickness affirmed layer is 6.90 %.

Key Words: Affirmed - Pavement - local road.



## I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

#### 1.1.1. A nivel internacional

(CHAVARRO ACUÑA & MOLINA PINZON, 2015), en su tesis “Evaluación de Alternativas de Pavimentación Para Vías de Bajos Volúmenes de Tránsito”.

Presentan las siguientes conclusiones:

Las soluciones de pavimentación de vías de bajos volúmenes de tránsito están clasificadas, de acuerdo con sus características y con el grado de conocimiento en su aplicación y nivel de uso a nivel mundial, en tres grandes grupos así: Tecnologías universales, innovadoras y experimentales, siendo las primeras las de mayor aplicación y conocimiento desarrollado en cuanto a su aplicación y métodos de construcción; las innovadoras las que se encuentran en estudio, pero su aplicación aún es limitada, y las últimas o experimentales, las alternativas que no se han explorado ni aplicado sino en forma limitada.

Dentro de los tres grupos de soluciones, se encontraron más de 30 alternativas, las cuales se dividen a su vez en dos tipos, dependiendo su objetivo funcional o estructural, es decir son de tipo funcional cuando su objeto es el de corregir problemas o defectos de la superficie de rodamiento, como la producción de polvo, o la rugosidad, y estructurales, cuando lo que buscan es un refuerzo en la capacidad de soporte de cargas de tránsito.

Dentro del tipo funcional, se encuentran aproximadamente trece alternativas, entre tratamientos superficiales y supresores de polvo; en cuanto al tipo estructural se encuentran 17 alternativas que contemplan la estabilización de suelos, o la adición de capas estructurales, con materiales asfálticos, hormigones o adoquín. Aunque pueden existir infinidad de razones para su ejecución, la escogencia del tipo de técnica de mejoramiento debe responder al tipo de problema que se quiere solucionar (funcional o estructural). Es importante resaltar que la técnica utilizada o la combinación de éstas, debe solucionar la problemática de movilidad en su totalidad; en otras palabras, de nada sirve que exista capacidad estructural si no se garantiza la funcionalidad deseada en el camino.

Una gran parte de las soluciones de tipo universal, se encuentran tipificadas y

normalizadas, dentro de las especificaciones de construcción de carreteras de INVIAS, tales como las estabilizaciones de suelos con cal o cemento, y la adición de capas estructurales sean de hormigón o asfálticas, en dichas especificaciones consta el proceso constructivo, equipo, material, y las condiciones de recibo de la actividad, igualmente las condiciones técnicas de estudios y diseños que se deben cumplir en su proceso de diseño, construcción y recibo final, lo cual facilita su aplicación y uso.

Para la elección de la alternativa de mejoramiento, se debe tener en cuenta no solo los aspectos económicos, sino sociales, por esto se ha venido desarrollando en los países en vía de crecimiento, la metodología DAO que involucra no solo el tránsito, sino todos los elementos ambientales, económicos técnicos y sociales; del medio donde se ubica la vía priorizada, ofreciendo la posibilidad de encontrar soluciones generales y específicas para los puntos críticos de la vía a mejorar.

### **1.1.2. A nivel nacional**

(MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2008), ha elaborado el “Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, documento básico que proporciona la normativa a considerar para la elaboración del presente trabajo de tesis.

(MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2011), también ha elaborado las “Especificaciones Técnicas de Rehabilitación Mejoramiento y Mantenimiento de Caminos Vecinales”, documento que proporciona información referente al detalle de las especificaciones técnicas consideradas que se usan en el presente trabajo.

(CHICONA CABANILLAS, 2014), en su tesis “Mejoramiento a Nivel de Afirmado Carretera Cupisnique Trinidad - La Zanja Tramo: Km. 5+00 - 10+00”.

Presentan las siguientes conclusiones:

Se optó por un ancho de calzada de 3.50 m. (IMD<50), y la ubicación de plazoletas de cruce cada 500 m. para mejorar el diseño geométrico de la carretera. Los métodos empleados para el diseño del afirmado, son los que más se ajustan al tipo de carretera en estudio, en donde se considera una sola capa

de pavimento, obteniendo de ellos un espesor promedio de 30 cm.

Al evaluar los impactos positivos y negativos que se darían con la ejecución del presente estudio se propusieron las medidas de mitigación, control y seguimiento del Proyecto en sus etapas de construcción, operación y cierre.

(BRICEÑO CUEVA, LUIS CLEVER, 2017), en su tesis “Propuesta de Mejoramiento de la Carretera a Nivel Afirmado Entre los Tramos del Caserío de Nueva Delicia - Chinchupata, Chillia – Pataz la Libertad 2017”.

Presenta las siguientes conclusiones:

Se logró proponer una adecuada propuesta de mejoramiento a nivel afirmado entre los caseríos nueva delicia – chinchupata obteniendo como resultados estudios básicos, garantizando así un buen estado de vía para una buena transitabilidad.

El levantamiento topográfico, se realizó en un terreno con topografía accidentada, con pendientes transversales entre 51% y 100%; y en el diseño se ha considerado una pendiente máxima de 10% que están contempladas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014 a fin de que el trazo y diseño sean lo correcto para la carretera.

Se realizó un estudio de suelos, lo cual corresponde en su mayoría es arena Arcillosa de mediana plasticidad (SC) así como Arena Limosa con grava de baja plasticidad (SM) y de menor proporción tenemos grava arcillosa con arena de baja plasticidad (GC), con una humedad entre el 6.04% al 14.52%. El CBR al 95% arroja valores entre 12.85% y 18.15%, lo cual se interpreta como un suelo regular y bueno.

El CBR de diseño se tomó como un promedio desde el km 0+000 al km 1+511 por poseer valores de CBR similares dando un valor de 10%, requiriendo una superficie afirmada de 25 cm de espesor como carpeta de rodadura. El análisis de cantera arrojó Gravas Arcillosas con arena, mezcla grava-arena-limo. Arena limosa con grava con una máxima densidad de 2.048 gr/cm<sup>3</sup>, así como humedad óptima de 9.75%.

El estudio hidrológico y de las cuencas nos permitió calcular las dimensiones de las obras de arte.

- Cunetas de 0.30 x 0.75 m

En el diseño geométrico se consideró una carretera de Tercera Clase, tiene características geométricas mínimas de una carretera, de acuerdo al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014, se definió una velocidad directriz de 30 km/h, pendientes máximas de 10% y mínimas de 0.50%, culminando con la ubicación de señalización vertical en los lugares que se requiere.

El Impacto ambiental del área de estudio a la ejecución de los trabajos es necesario adoptar las medidas que tiendan a minimizar los posibles impactos negativos que pudieran presentarse. En el estudio de impacto ambiental, se establece la existencia de impactos negativos (Acarreo de material de la cantera, sustancias toxicas, cambio del ecosistema y otros).

(MONTES MACEDO, 2018), en su proyecto para obtener el título de Ingeniero Civil “Diseño del Pavimento a Nivel de Afirmado de la Rehabilitación y Mejoramiento del Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermúdez Tramo Km 0+000 – Km 9+000, L=9.00 Km, Provincia de Mariscal Cáceres y Bellavista, Región San Martín”.

Presenta las siguientes conclusiones:

El tramo de la carretera vecinal Cuñumbuza-Puerto Bermúdez se desarrolla en trocha carrozable, presentando topografía moderada a ondulada de acceso a dichas localidades.

Íntegramente el tramo de la carretera Vecinal se desarrolla en el flanco occidental de la Cordillera Oriental de los Andes Peruanos y se desarrolla sobre material suelto arcillo arenoso.

A lo largo del tramo de la carretera vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermúdez no se han encontrado estructuras existentes (puentes y pontones).

El material suelto arcillo arenoso presente a lo largo del tramo de la carretera vecinal, al saturarse con agua producto de las precipitaciones pluviales se convierte en un lodo, haciendo intransitable ciertos tramos, por lo que se requiere obras de subdrenaje (pedraplen), con lo que se evitaría la acumulación de dicho elemento.

El material predominante a lo largo del tramo de la carretera vecinal Alto

Cuñumbuzza Puerto Bermúdez son arcillas (CL).

La proyección del tráfico para el diseño de la estructura del pavimento, ha sido calculado en base al estudio de tráfico realizado.

Se determinó según el manual para estudio de tráfico vehicular 2 factores de corrección en el mes de enero, el equivalente para vehículos ligeros igual a 1.178276 y para vehículos pesados 1.100681, determinados para el tramo Moyobamba - Tarapoto.

Se obtuvo un índice medio diario semanal en la estación Alto Cuñumbuzza, IMDs de 33 vehículos, los resultados del índice medio diario anual (IMDa), se ha obtenido un IMDa de 38 vehículos y el IMD Projectado es de 50 vehículos en la estación Alto Cuñumbuzza.

La capacidad de soporte de los suelos existentes, presentan valores considerados como malos y regulares, con los cuales se han determinado el valor del CBR de diseño; que para este caso se ha considerado en valor promedio, que corresponde a un valor de 9.19%.

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

---

Tramo:	
ESTRUCTURA	Alto Cuñumbuzza – Pto. Bermudez
	Km 0+000 – Km 9+000
AFIRMADO	20.0 cm.

---

El diseño del camino vecinal se realizó aplicando las normas para el diseño de caminos vecinales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

(DIAZ CORDOVA & CARDOZO HUANCI, 2018), en su proyecto para obtener el título de Ingeniero Civil "Diseño De Pavimento A Nivel De Afirmado Del Camino Vecinal Sm-533 Emp.Pe5n (Puente Tonchima)- Emp– Sm-504 (Sector Shica) L=9+530 Km, En Los Distritos De Habana Y Calzada, Provincia De Moyobamba, Región San Martín"

Concluye lo siguiente:

El Proyecto del Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado del Camino Vecinal SM-533: Emp. PE-5N (Puente Tonchima) – Emp. SM-504 (Sector Shica) es ambientalmente viable siempre que se ejecuten las medidas propuestas en el Plan de Manejo Ambiental que forma parte del presente estudio.

El Proyecto del Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado del Camino Vecinal SM-533: Emp. PE-5N (Puente Tonchima) – Emp. SM-504 (Sector Shica) favorecerá la comunicación de la población del área de influencia, agilizando sus actividades económicas y como consecuencia mejorando su calidad de vida.

No se considera que la afectación de la fauna silvestre sea representativa en esta zona, por desarrollarse en un terreno ya intervenido, con una fuerte presencia de centros poblados en las zonas del Proyecto.

Los mayores impactos ambientales se podrían generar durante la etapa de construcción del Proyecto, los cuales estarían directamente asociados a la alteración de la calidad del aire, la calidad del agua, la calidad el paisaje, la flora, la fauna de la zona, así como la salud y seguridad de la población perteneciente al área de influencia directa.

En la etapa de operación la calidad de aire se verá beneficiada por la disminución de la cantidad de polvo generado por el tránsito de vehículos públicos y privados.

El empleo de canteras existentes disminuirá el impacto paisajístico que se puede generar como consecuencia de su explotación, para los fines del Proyecto.

(RAMIREZ GUERRERO & RODAS TENAZOA, 2019), en su proyecto para obtener el título de Ingeniero Civil “Estudio definitivo de la rehabilitación del Camino Vecinal San Juan – La Unión L= 7.673 Km., Distrito Tres Unidos, Provincia Picota - San Martín”

Concluyen lo siguiente:

Por las características de la obra y la configuración topográfica donde se efectuará la Rehabilitación, los impactos negativos al medio ambiente son mínimos; sin embargo, se debe de evitar en lo posible provocar efectos

contaminantes durante la ejecución de los trabajos constructivos. Los elementos contaminantes pueden ser los residuos de materiales de construcción, residuos sólidos y materia fecal desechados por la intervención de los trabajadores y pobladores del lugar.

Los impactos ambientales potenciales de mayor significancia son los positivos y se producirían fundamentalmente en la etapa de operación del Camino Vecinal, siendo el medio de Interés Humano, a través de sus componentes Zonas Culturales y Ecoturísticas, los más beneficiado; pues, el funcionamiento del Camino Vecinal permitirá el ingreso de unidades móviles de transporte masivo provenientes de los distritos aledaños, generando mayor fluidez y comunicación entre ellos, propiciando mejores motivaciones para los visitantes o turistas, favoreciendo los flujos poblacionales y fluidez comercial en los distritos mencionados, con los demás poblados ubicados a lo largo de la carretera.

Los mayores impactos potenciales negativos, característicos en los proyectos de infraestructura vial, específicamente durante la construcción de Camino Vecinal, ocurren en todas las etapas del proceso constructivo del puente proyectado, siendo de mayor relevancia aquellos que ocurrirán durante la etapa de construcción sobre los componentes Aire, Agua, Suelo, Pérdida de la Cobertura Vegetal, Fragmentación o Eliminación de Hábitats, Desplazamiento de Especies, que serían originados durante los trabajos de movimientos de tierras, Construcción de Afirmado, Circulación de la Maquinaria de Construcción, Explotación de Canteras, Uso de Depósito de Material Excedente. Estos impactos, deberán ser de Moderada Significancia.

Podemos concluir que la “Estudio Definitivo de la Rehabilitación del Camino Vecinal San Juan - La Unión. L. = 7.673 Km., Distrito Tres Unidos, Provincia Picota – San Martín”., es ambientalmente viable, siempre que se implementen las especificaciones técnicas y los diseños que forman parte del Estudio de Ingeniería, incluyendo en toda su extensión las recomendaciones del Plan de Manejo Ambiental.

Los trabajos de Rehabilitación de la carretera consistirán principalmente en el afirmado de la vía a nivel granular  $e = 20$  cm, construcción de obras de arte y drenaje y señalización de la vía, por lo tanto, los impactos ambientales serán mínimos, por la emisión de polvos siendo controlado con agua permanente.

Habr  un incremento de la demanda por puestos de trabajo, elevándose los niveles de poder adquisitivo de la población, favoreciendo en forma y la Unión.

Se realizará la construcción de estructuras de drenaje transversal tales como alcantarilla, que en total se construirán nueve (09 unid.) alcantarillas tipo marco de sección típica, drenaje longitudinal tales como cunetas triangulares revestidas con concreto simple en un total de 6,095 ml., y badenes t picos de concreto armado más mampostería de piedra asentado con concreto simple en una cantidad de cinco (05 unid.), de tal manera que la vía tenga un buen sistema de drenaje.

Las cunetas tendrán en general sección triangular y se proyectarán para todos los tramos al pie de taludes de corte. Se consideró el diseño de cunetas revestidas de concreto, de sección 0.50 x 1.00 m. en tramos con pendientes pronunciadas.

Se consideraron dentro el diseño, Alcantarillas de sección cuadrada, de 1.00 x 1.00 m. y 1.20 x 1.20 m. Se consideraron dentro el diseño, Badenes de 5.00 x 5.00 m.

Las canteras a utilizar para el afirmado de la vía son las sgtes:

Cantera 01, material de rio (Rio Mishquiyacu) que tendrá una participación del 80 % en proporción en el diseño final del material de afirmado.

Cantera 02, material ligante, que tendrá una participación del 20 % en proporción en el diseño final del material de afirmado.

Cantera 03, se utilizará como material de préstamo en los tramos a rellenar.

Del estudio de trafico realizado y según la proyección calculada para un periodo de diseño de 10 años, nos da un IMDA = 24 Veh/Dia; y por temas estrictamente de diseño, relacionado a la topografía y la propiedad de terceros, se determinó trabajar con un IMDA = 20 Veh/Dia.

El lastrado tendrá el espesor de 20 cm, (8") en todo el tramo desde el Km 0+000 al Km 07+763, el ancho de lastrado será de 5.00 m.



## **1.2. Bases Teóricas**

### **1.2.1. Clasificación de Carreteras**

#### **1.2.1.1. Manual de Diseño Geométrico DG – 2001 – MTC**

Clasificación según su función

a) Red Vial Primaria (Sistema Nacional) “Este tipo de vía vendría a ser la red principal ya que se conforma por carreteras que unen las principales ciudades del país, con puertos y fronteras de los países vecinos.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2001, p. 26)

b) Red Vial Secundaria (Sistema Departamental) “Esta red vial está circunscrita principalmente a la zona de un departamento, división política de la nación, o en zona de influencia económica.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2001, p. 26)

c) Red Vial Terciaria o Local (Sistema Vecinal) “Este tipo de red vial está compuesta por caminos troncales vecinales que unen pequeñas poblaciones, comunidades aledañas y caminos rurales alimentadores, este tipo de vías por lo general no son pavimentadas.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2001, p. 26)

#### **1.2.1.2. Manual de Diseño Geométrico DG – 2018 – MTC**

El manual DG-2018 es la presente versión del Manual de Carreteras, este manual es un documento normativo de vigencia obligatoria en el Perú, el mismo que reúne los métodos y procedimientos necesarios para proyectar el diseño de la infraestructura vial; todos los aspectos tratados en el manual son recomendaciones de carácter geométrico de acuerdo a estándares internacionales como la norma AASHTO. Según esta norma las clasifica de la siguiente manera:

Clasificación de acuerdo a la demanda

a) Autopistas de Primera Clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, las calzadas de este tipo de autopistas están divididas por medio de un separador

central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, presenta control de ingresos y salidas que proporcionan flujos vehiculares continuos. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

b) Autopistas de Segunda Clase

Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4 001 veh/día, para este tipo de autopistas las calzadas están divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Ministerio de Transportes de Comunicaciones, 2018, p. 12).

c) Carreteras de Primera Clase

Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

d) Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

e) Carreteras de Tercera Clase

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

f) Trochas Carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 13).

Clasificación por condiciones orográficas:

a) Terreno plano (tipo 1)

“Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazo” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).

b) Terreno ondulado (tipo 2)

“Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios, sin mayores dificultades en el trazo.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).

c) Terreno accidentado (tipo 3)

“Según el MTC (2018), el terreno accidentado “tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales influyentes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazo.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).

d) Terreno escarpado (tipo 4)

“Según el MTC (2018), el terreno escarpado “tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazo.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14)

### **1.2.2. Elementos del diseño Geométrico**

MTC (2008), el manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (p.16), elaborado por el, indica lo siguiente:

“Los elementos que definen la geometría de la carretera son:

- a) La velocidad de diseño seleccionada.
- b) La distancia de visibilidad necesaria.
- c) La estabilidad de la plataforma de la carretera, de las superficies de rodadura, de puentes de obras de arte y de los taludes.
- d) La preservación del medio ambiente”.

En la aplicación de los requerimientos geométricos que imponen los elementos mencionados, se tiene como resultante el diseño final de un proyecto de carretera estable y protegida contra las inclemencias del clima y del tránsito.

Para este efecto, este manual incluye la manera en que debe resolverse los aspectos de diseño de la plataforma de la carretera; estabilidad de la carretera y de los taludes inestables; preservación del ambiente; seguridad vial; y diseño propiamente, incluyendo los estudios básicos necesarios, tales como topografía, geología, suelos, canteras e hidrología, que permiten dar sustento al proyecto.

### **1.2.3. Criterios básicos para el diseño Geométrico**

La Sección Transversal según el Manual de Diseño Geométrico DG-2018, “es una variable dependiente tanto de la categoría de la vía como de la velocidad de diseño, pues para cada categoría y velocidad de diseño corresponde una sección transversal tipo, cuyo ancho responde a un rango acotado y en algunos casos único” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 16).

El estándar de una obra vial, que responde a un diseño acorde con las instrucciones y límites normativos establecidos en el presente, queda determinado por:

- a) La Categoría que le corresponde (autopista de primera clase, autopista de segunda clase, carretera de primera clase, carretera de segunda clase y carretera de tercera clase).
- b) La velocidad de diseño ( $V$ ).
- c) La sección transversal definida.

#### **1.2.3.1. Velocidad de diseño**

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, usado para determinar las características geométricas de una carretera nueva durante el proyecto.

En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios. Por ello, la velocidad de diseño a lo largo del trazo, debe ser tal, que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

El proyectista, para garantizar la consistencia de la velocidad, debe identificar a lo largo de la ruta, tramos homogéneos a los que, por las condiciones topográficas, se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, denominada Velocidad de Diseño del tramo homogéneo, es la base para la definición de las características de los elementos geométricos, incluidos en dicho tramo.

Para identificar los tramos homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño, se debe atender a los siguientes criterios:

- a) La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño dada, debe ser de tres (3.0) kilómetros, para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4.0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 km/h).
- b) La diferencia de la Velocidad de Diseño entre tramos adyacentes, no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h).
- c) No obstante, lo anterior, si debido a un marcado cambio en el tipo de terreno en un corto sector de la ruta, es necesario establecer un tramo con longitud menor a la especificada, la diferencia de su Velocidad de Diseño con la de los tramos adyacentes no deberá ser mayor de diez kilómetros por hora. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.96).

Velocidad de diseño del tramo homogéneo:

“La Velocidad de Diseño está definida en función de la clasificación por demanda u orografía de la carretera a diseñarse. A cada tramo homogéneo se le puede asignar la Velocidad de Diseño en el rango que se indica en la Tabla N°1” (Ministerio de Transportes de Comunicaciones, 2018, p. 96).

Tabla 01: Rangos de velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera de acuerdo a la orografía y demanda

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
<b>Autopista de primera clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Autopista de segunda clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Carretera de primera clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Carretera de segunda clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
<b>Carretera de tercera clase</b>	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 97)

### 1.2.3.2. Distancia de visibilidad

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En los proyectos se consideran tres distancias de visibilidad:

- a) Visibilidad de parada.
- b) Visibilidad de paso o adelantamiento.
- c) Visibilidad de cruce con otra vía.

Las dos primeras influyen el diseño de la carretera en campo abierto y serán tratadas en esta sección considerando alineamiento recto y rasante de pendiente uniforme. Los casos con condicionamiento asociados a singularidades de planta o perfil se tratarán en las secciones correspondientes. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 103).

#### a) Distancia de Visibilidad de Parada

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria. La distancia de parada para pavimentos húmedos, se calcula mediante (fórmula 1):

$$D_p = 0.278 * V * t_p + 0.039 \frac{V^2}{a} \dots\dots\dots(1)$$

Dónde:

D<sub>p</sub> : Distancia de parada (m)

V : Velocidad de diseño (km/h)

t<sub>p</sub> : Tiempo de percepción + reacción (s)

a : deceleración en m/s<sup>2</sup> (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo).

El primer término de la fórmula 1 representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción (d<sub>tp</sub>) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención (d<sub>f</sub>).

El tiempo de reacción de frenado, es el intervalo entre el instante en que el conductor reconoce la existencia de un objeto, o peligro sobre la plataforma, adelante y el instante en que realmente aplica los frenos. Así se define que el tiempo de reacción estaría de 2 a 3 segundos, se recomienda tomar el tiempo de percepción – reacción de 2.5 segundos.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será  $\geq$  a la distancia de visibilidad de parada. Para vías con pendiente superior a 3%, tanto en ascenso como en descenso, se puede calcular con la siguiente (fórmula 2):

$$D_p = 0.278Vt_p + \frac{V^2}{254\left(\frac{a}{9.81} \pm i\right)} \dots\dots\dots(2)$$

Dónde:

d : distancia de frenado en metros V : velocidad de diseño en km/h

a : deceleración en m/s<sup>2</sup> (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo)

i : Pendiente longitudinal (tanto por uno)

+i : Subidas respecto al sentido de circulación

-i : Bajadas respecto al sentido de circulación.

Se considera obstáculo aquél de una altura  $\geq$  a 0.15 m, con relación a los ojos de un conductor que está a 1.07 m sobre la rasante de circulación.

Si en una sección de la vía no es posible lograr la distancia mínima de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad de diseño, se deberá señalar dicho sector con la velocidad máxima admisible, siendo éste un recurso excepcional que debe ser autorizado por la entidad competente.

Asimismo, la pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Ésta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada => a 6% y para velocidades de diseño > a 70 km/h. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pp. 103-104).

La Tabla N°2 muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño.



Tabla 02: Distancia de visibilidad de parada (metros), en pendiente 0%

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de percepción reacción (m)	Distancia durante el frenado a nivel (m)	Distancia de visibilidad de parada	
			Calculada (m)	Redondeada (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83.0	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129.0	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	93.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 104)

En la Tabla 03 se muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño y pendiente.

Tabla 0 3: Distancia de visibilidad de parada (metros)

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	283	293	304	234	223	214
130	310	338	375	267	252	238

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 105)

b) Visibilidad de paso o adelantamiento.

Manual de Especificaciones Técnicas para Construcción de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Distancia de visibilidad de adelantamiento (paso) es la mínima distancia que debe ser visible para facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a velocidad 15 km/h menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso.

Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento, se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1.10 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es 1.10 m.

La visibilidad de adelantamiento debe asegurarse para la mayor longitud posible de la carretera cuando no existen impedimentos impuestos por el terreno y que se reflejan, por lo tanto, en el costo de construcción.

La distancia de visibilidad de adelantamiento a adoptarse varía con la velocidad directriz tal como se muestra en la tabla 04.

Tabla 04: Distancia de visibilidad de adelantamiento

Velocidad directriz Km./h	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)
30	200
40	270
50	345
60	410

Fuente: Manual de Especificaciones Técnicas para Construcción de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito. MTC (2008, p. 39)

#### 1.2.4. Diseño Geométrico de la Sección Transversal

##### 1.2.4.1. Generalidades

De acuerdo a la Norma de Diseño Geométrico DG-2018 dice lo siguiente de la sección transversal:

La sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplan y de las características del trazado y del terreno.

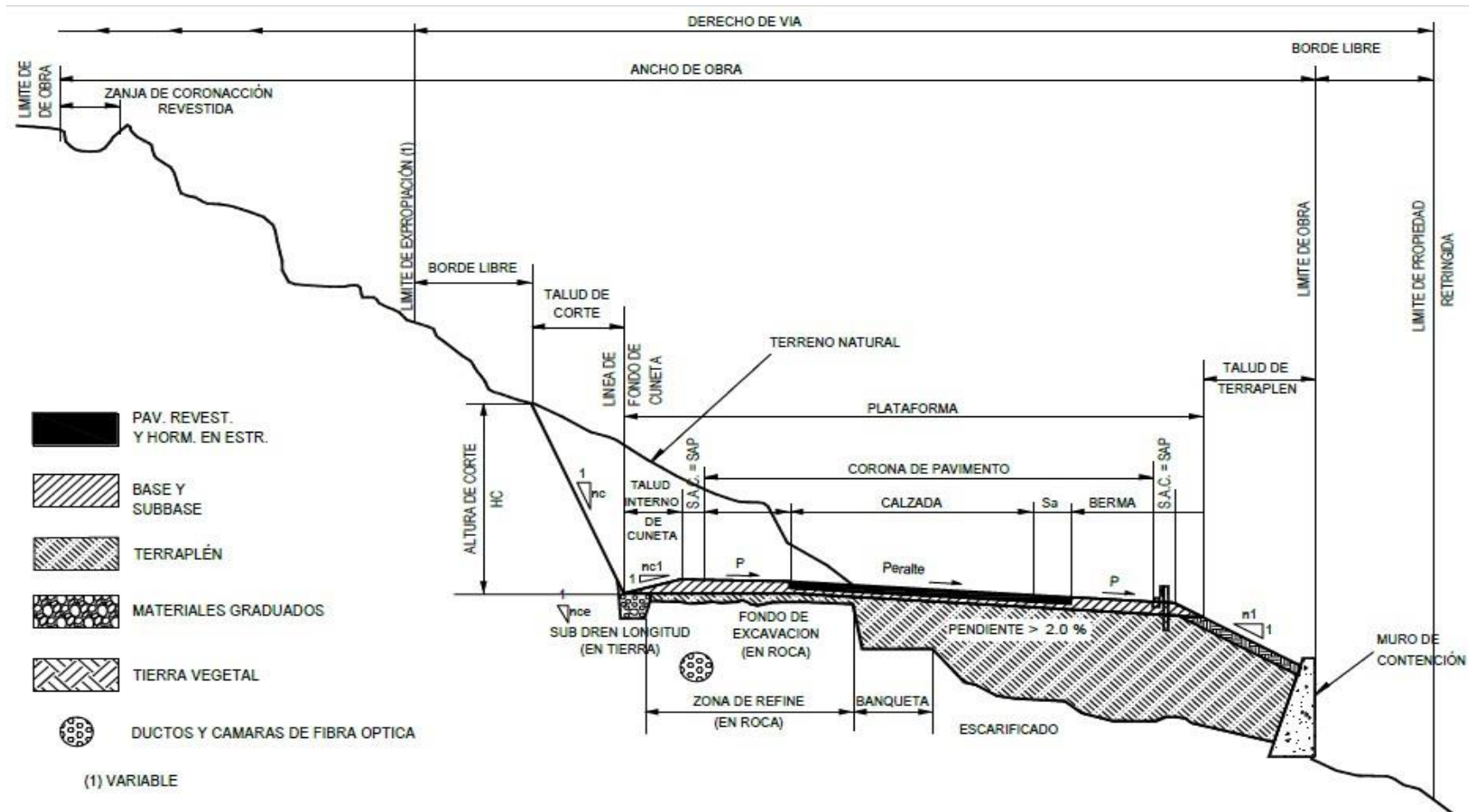
Constituyen secciones transversales singulares, las correspondientes a las intersecciones vehiculares a nivel o desnivel, los puentes vehiculares, pasos peatonales a desnivel, túneles, estaciones de peaje, pesaje y ensanches de plataforma. En zonas de concentración de personas, comercio y/o tránsito de vehículos menores, maquinaria agrícola, animales y otros, la sección transversal debe ser proyectada de tal forma que constituya una solución de carácter integral a tales situaciones extraordinarias, y así posibilitar, que el tránsito por la carretera se desarrolle con seguridad vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 183).

#### **1.2.4.2. Elementos de la Sección Transversal**

“Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios, que se encuentran dentro del Derecho de Vía del proyecto. Cuando el tránsito de bicicletas sea importante, deberá evaluarse la inclusión de carriles especiales para ciclistas (ciclovías), separados tanto del tránsito vehicular como de los peatones.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 183).

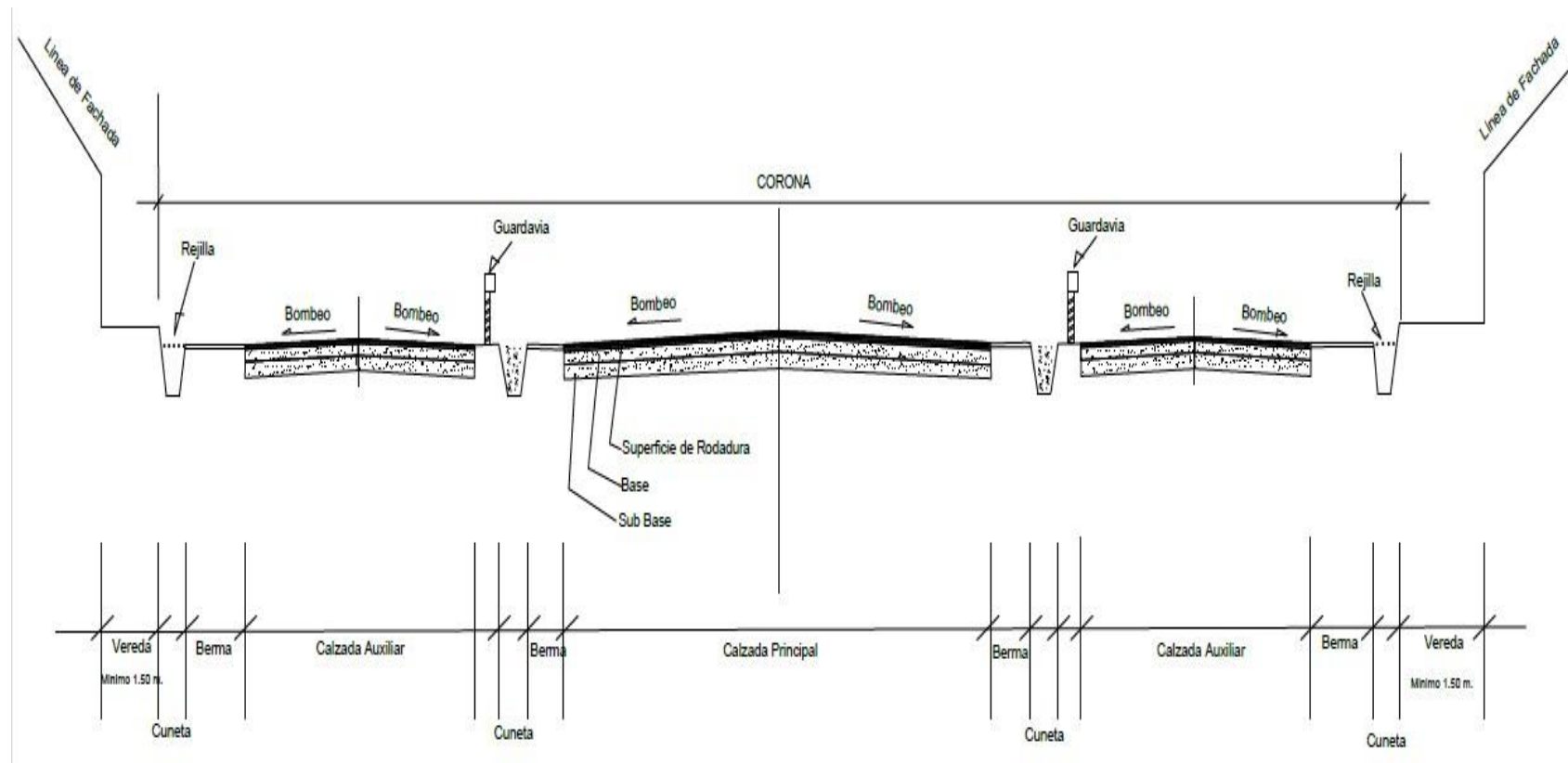
Las figuras N° 1-3 muestran los elementos de la sección transversal.

Ilustración 1: Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva



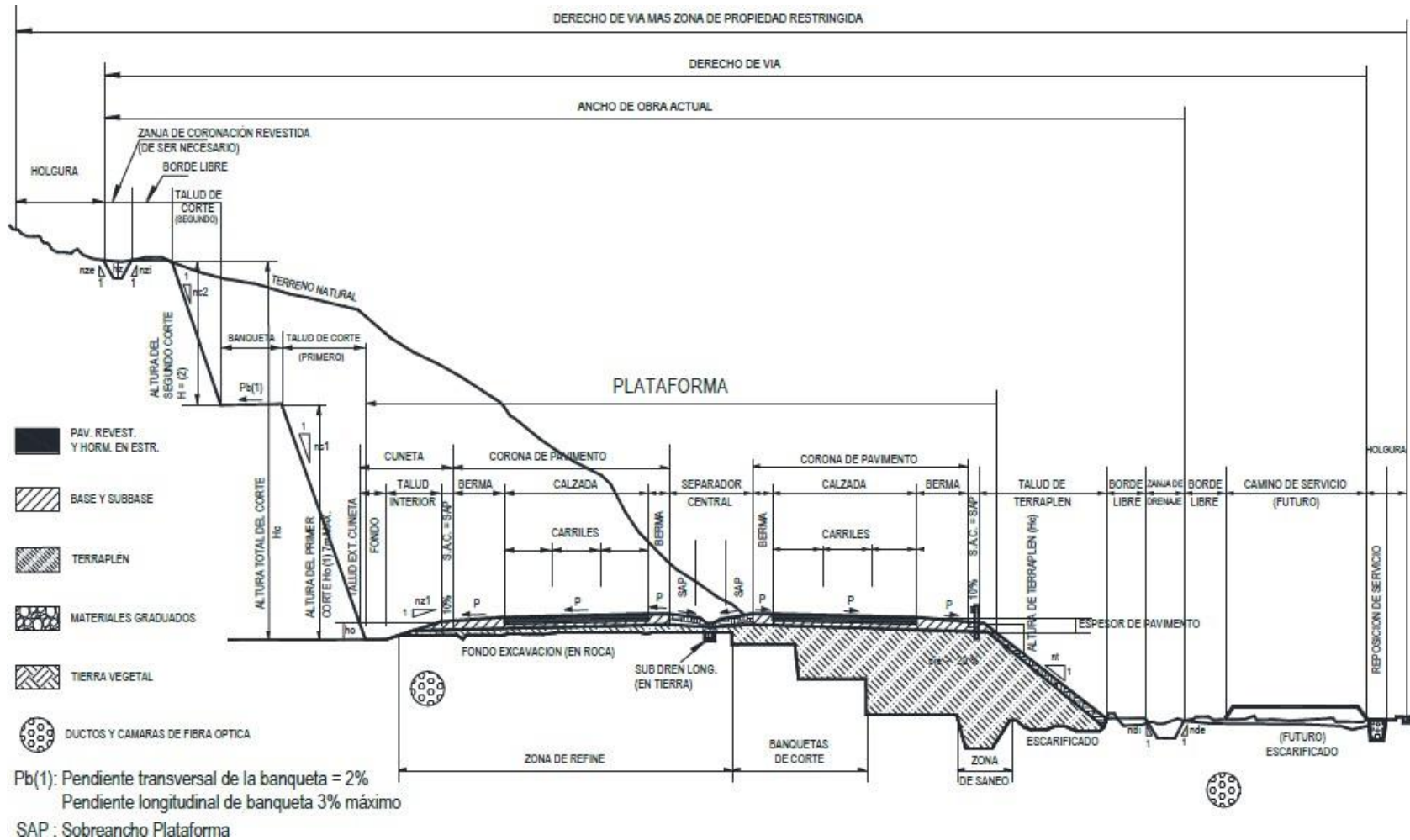
Fuente: "Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018", por MTC (2018, p. 185)

Ilustración 2: Sección transversal típica con calzada de dos carriles en poblaciones con zona comercial



Fuente: "Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018", por MTC (2018, p. 186)

Ilustración 3: Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales



Fuente: "Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018", por MTC (2018, p. 187)

### 1.2.4.3. Calzada o superficie de rodadura

La calzada se distribuye en carriles, los que están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito. La cantidad de carriles para cada calzada se obtendrá del cálculo y conteo del tráfico, así como del nivel de servicio querido. Según la DG-2018, los anchos de carril que se usen, serán de 3,00 m, 3,30 m y 3,60 m, teniéndose en cuenta las siguientes consideraciones:

En autopistas: El número mínimo de carriles por calzada será de dos. En carreteras de calzada única: Serán dos carriles por calzada.

#### Ancho de la calzada en tangente

El ancho de la calzada en tangente, se obtendrá a base del nivel de servicio querido al concluir el período de diseño. Por tanto, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 190)

En la Tabla 05, se indican los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6,000				6,000 – 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																			5.00	6.00
40 km/h															6.60	6.60	6.60	6.60	5.00	
50 km/h										7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	5.00	
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7.20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Tabla 05: Anchos mínimos de la calzada en tangente

Notas:

- Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 500 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 191)

“En casos particulares, la vía materia de diseño puede requerir una sección transversal que contenga elementos complementarios, tales como barreras de seguridad u otros, en cuyo caso, se contemplará los anchos adicionales que requiera la instalación de dichos elementos.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 192)

MTC (2008), el manual indica que “en el diseño de carreteras de muy bajo volumen de tráfico IMDA < 50, la calzada podrá estar dimensionada para un solo carril. En los demás casos, la calzada se dimensionará para dos carriles” (p.36).

En la Tabla 06 se indican los valores apropiados del ancho de la calzada en tramos rectos para cada velocidad directriz en relación al tráfico previsto y a la importancia de la carretera.

Tabla 06: Ancho mínimo de calzada en tangente (en metros)

Trafico IMDA	<15	16 á 50		51 á 100		101 á 200	
Velocida d Km./h	*		**		**		**
25	3.50	3.50	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00
30	3.50	4.00	5.50	5.50	5.50	5.50	6.00
540	3.50	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
50	3.50	5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00
60	3.50	5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00
* Calzada de un solo carril, con plazoleta de cruce y/o adelantamiento.							
**carreteras con predominio de tráfico pesado.							

Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

MTC (2008), Asimismo el Manual precisa que “en los tramos en recta, la sección transversal de la calzada presentará inclinaciones transversales (bombeo) desde el centro hacia cada uno de los bordes para facilitar el drenaje superficial y evitar el empozamiento del agua.



#### **1.2.4.4. Bermas**

Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

Cualquiera sea la superficie de acabado de la berma, en general debe mantener el mismo nivel e inclinación (bombeo o peralte) de la superficie de rodadura o calzada, y acorde a la evaluación técnica y económica del proyecto, está constituida por materiales similares a la capa de rodadura de la calzada.

Las autopistas contarán con bermas interiores y exteriores en cada calzada, siendo las primeras de un ancho inferior. En las carreteras de calzada única, las bermas deben tener anchos iguales.

Adicionalmente, las bermas mejoran las condiciones de funcionamiento del tráfico y su seguridad; por ello, las bermas desempeñan otras funciones en proporción a su ancho tales como protección al pavimento y a sus capas inferiores, detenciones ocasionales, y como zona de seguridad para maniobras de emergencia.

La función como zona de seguridad, se refiere a aquellos casos en que un vehículo se salga de la calzada, en cuyo caso dicha zona constituye un margen de seguridad para realizar una maniobra de emergencia que evite un accidente. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 192).

#### **Ancho de las Bermas**

En la Tabla 07, se establece el ancho de bermas en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

Tabla 07: Anchos de Bermas

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
Tráfico vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			0.50	0.50
40 km/h															1.20	1.20	0.90	0.50		
50 km/h										2.60	2.60		1.20	1.20	1.20	0.90	0.90			
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

**Notas:**

- a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
  - b) Los anchos indicados en la tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1.20 m para Autopistas de Segunda Clase
  - c) Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.
- Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 193)

**Inclinación de las Bermas**

En las vías con pavimento superior, la inclinación de las bermas, se regirá según la figura para las vías a nivel de afirmado, en los tramos en tangente las bermas seguirán la inclinación del pavimento.

En el caso de que la berma se pavimente, será necesario añadir lateralmente a la misma para su adecuado confinamiento, una banda de mínimo 0,5 m de ancho sin pavimentar.

A esta banda se le denomina Sobreancho de compactación y puede permitir la localización de señalización y defensas. (Ministerio de Transportes y

Comunicaciones, 2018, p. 194)

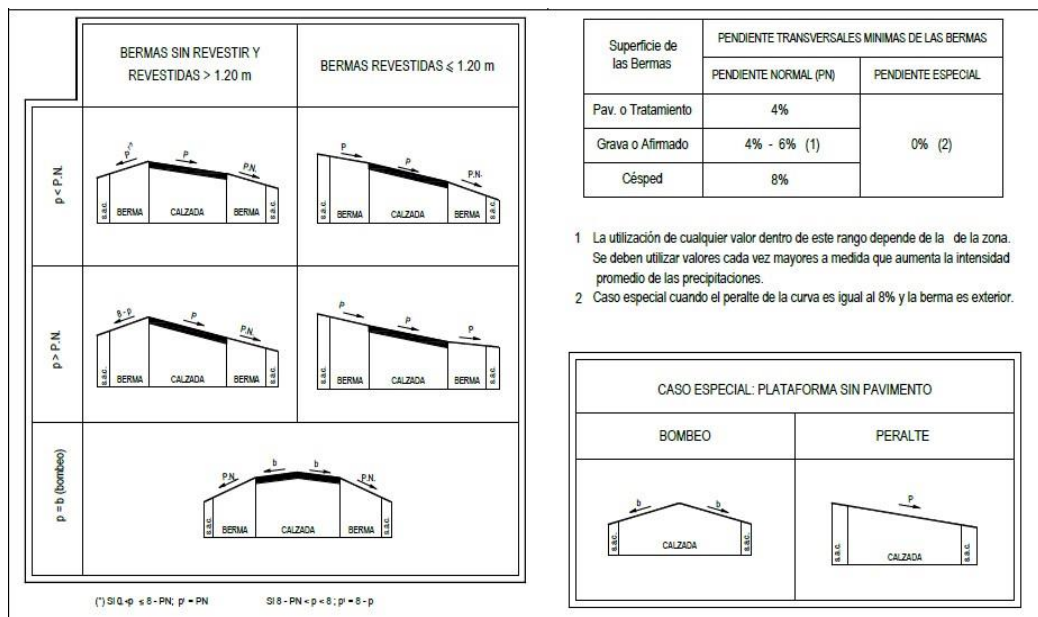
En el caso de las carreteras de bajo tránsito:

- a) En los tramos en tangentes, las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.
- b) La berma situada en el lado inferior del peralte, seguirá la inclinación de éste cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al 4%.
- c) La berma situada en la parte superior del peralte, tendrá en lo posible, una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada será siempre igual o menor a 7%. Esto significa que cuando la inclinación del peralte es igual a 7%, la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7% la berma superior quedará con una inclinación hacia la calzada, igual a la del peralte menos 7%. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 194).

La Ilustración 4 nos muestra la pendiente transversal de bermas sin revestir y bermas revestidas.

Ilustración 4: Pendiente transversal de bermas



Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 195)

#### 1.2.4.5. Bombeo

“En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 195).

La Tabla 08 especifica los valores de bombeo de acuerdo a la precipitación y tipo de superficie de la calzada.

Tabla 08: Valores del bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 195)

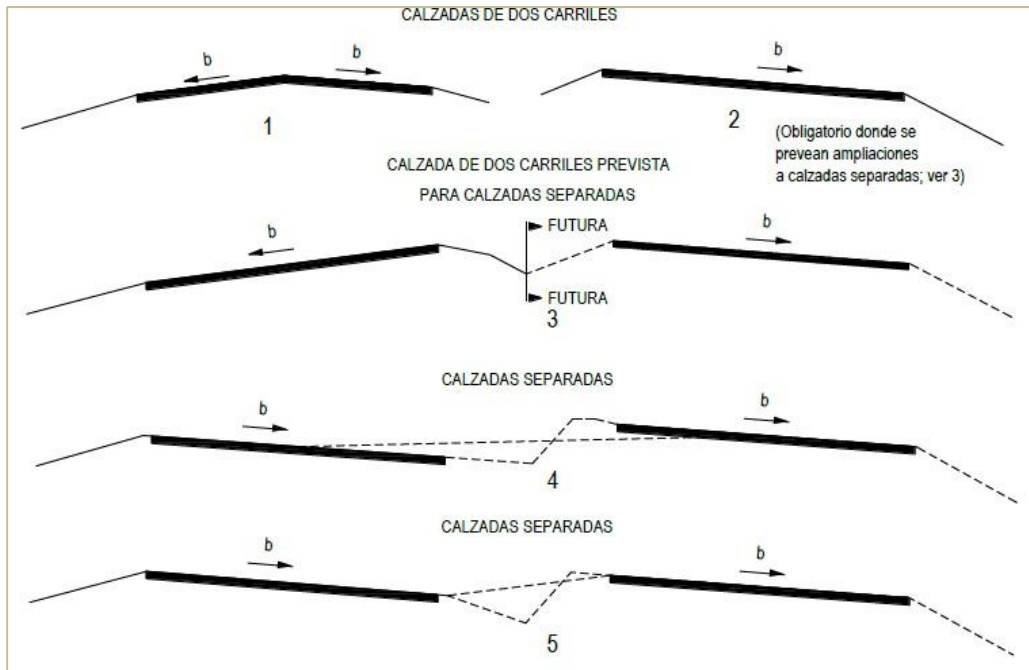
El bombeo puede darse de varias maneras, dependiendo del tipo de carretera y la conveniencia de evacuar adecuadamente las aguas, entre las que se indican:

a) La denominada de dos aguas, cuya inclinación parte del centro de la calzada hacia los bordes.

b) El bombeo de una sola agua, con uno de los bordes de la calzada por encima del otro. Esta solución es una manera de resolver las pendientes transversales mínimas, especialmente en tramos en tangente de poco desarrollo entre curvas del mismo sentido. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pp. 195-196).

Los casos antes descritos se presentan en la Ilustración 5.

### Ilustración 5: Casos de Bombeo



Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 196)

#### 1.2.4.6. Peralte

“El peralte es la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, por lo que la fuerza centrífuga del vehículo va a ser contrarrestada debido a la pendiente transversal que tendrá.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 196)

Valores del peralte (máximos y mínimos)

Las curvas horizontales deben ser peraltadas; con excepción de los valores establecidos fijados en la Tabla 09.

Tabla 09: Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥100
Radio (m)	3,500	3,500	3,500	7,500

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 196)

En la Tabla 10 se indican los valores máximos del peralte, para las condiciones descritas:

Tabla 10: Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0	8.0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8.0	6.0%	302.05

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 196)

Para calcular el peralte bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, se utilizará la siguiente (fórmula 3):

$$p = \frac{V^2}{127R} - f \dots\dots\dots(3)$$

Dónde:

p : Peralte máximo asociado a V V : Velocidad de diseño (km/h) R : Radio mínimo absoluto (m)

f : Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

Usualmente, se utiliza radios superiores al mínimo, con peraltes inferiores al máximo, por resultar más cómodos tanto para los vehículos lentos (disminuyendo la incidencia de f negativo), como para vehículos rápidos (que necesitan menores f). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 197).

El peralte mínimo será del 2%, para los radios y velocidades de diseño indicadas en la Tabla 11.

Tabla 11: Peralte mínimo

Velocidad de diseño km/h	Radios de curvatura
$V \geq 100$	$5,000 \leq R < 7,500$
$40 \leq V < 100$	$2,500 \leq R < 3,500$

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 197)

a) Transición del bombeo de peralte:

“En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la calzada, desde el bombeo hasta el peralte correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente a lo largo de la longitud de la Curva de Transición.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 197)

Cuando no exista Curva de Transición, se desarrolla una parte en la tangente y otra en la curva. La Tabla 12 indica las proporciones del peralte a desarrollar en tangente.

Tabla 12: Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente\*

$p < 4.5\%$	$4.5\% < p < 7\%$	$p > 7\%$
0.5 p	0.7 p	0.8 p

(\*) Las situaciones mínima y máxima, se permiten en aquellos casos en que por la proximidad de dos curvas, existe dificultad para cumplir con algunas de las condicionantes del desarrollo del peralte.

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 197)

b) Desarrollo del peralte entre curvas sucesivas

“Para el desarrollo adecuado de las transiciones de peralte entre dos curvas sucesivas del mismo sentido, deberá existir un tramo mínimo en tangente, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 13.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 198).

Tabla 13: Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido

Velocidad (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mín. (m)	40	55	70	85	100	110	125	140	155	170	190

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 198)

#### 1.2.4.7. Derecho de vía o faja de dominio

Es la faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario.

La faja del terreno que conforma el Derecho de Vía es un bien de dominio público inalienable e imprescriptible, cuyas definiciones y condiciones de uso se encuentran establecidas en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado con Decreto Supremo N° 034-2008-MTC y sus modificatorias, bajo los siguientes conceptos:

- a) Del ancho y aprobación del Derecho de Vía.
- b) De la libre disponibilidad del Derecho de Vía.
- c) Del registro del Derecho de Vía.
- d) De la propiedad del Derecho de Vía.
- e) De la propiedad restringida.
- f) De las condiciones para el uso del Derecho de Vía.

##### a) Ancho y aprobación del derecho de vía

Cada autoridad competente establecida en el artículo 4to del Reglamento



Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, establece y aprueba mediante resolución del titular, el Derecho de Vía de las carreteras de su competencia en concordancia con las normas aprobadas por el MTC.

Para la determinación del Derecho de Vía, además de la sección transversal del proyecto, deberá tenerse en consideración la instalación de los dispositivos auxiliares y obras básicas requeridas para el funcionamiento de la vía. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 198).

La Tabla 14 indica los anchos mínimos que debe tener el Derecho de Vía, en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

Tabla 14: Anchos mínimos de Derecho de Vía

<b>Clasificación</b>	<b>Anchos mínimos (m)</b>
Autopistas Primera Clase	40
Autopistas Segunda Clase	30
Carretera Primera Clase	25
Carretera Segunda Clase	20
Carretera Tercera Clase	16

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 199)

En general, los anchos de la faja de dominio o Derecho de Vía, fijados por la autoridad competente se incrementarán en 5.00 m, en los siguientes casos:

Del borde superior de los taludes de corte más alejados. Del pie de los terraplenes más altos.

Del borde más alejado de las obras de drenaje Del borde exterior de los caminos de servicio.

Para los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas, la autoridad competente fijará el Derecho de Vía, en función al ancho requerido por la sección transversal del proyecto, debiendo efectuarse el saneamiento físico legal, para cumplir con los anchos mínimos fijados en la tabla; excepcionalmente podrá fijarse anchos mínimos inferiores, en función a las construcciones e instalaciones permanentes adyacentes a la carretera. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 199).

b) Demarcación y señalización del Derecho de Vía

La faja de terreno que constituye el derecho de vía de las carreteras del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC, será demarcada y señalizada por la autoridad competente, durante la etapa de ejecución de los proyectos de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras, delimitando y haciendo visible su fijación a cada lado de la vía con la finalidad de contribuir a su preservación, de acuerdo a lo establecido por la R.M. N° 404-2011-MTC/02, o la norma que se encuentre vigente.

En tal sentido este aspecto debe ser considerado en el estudio definitivo del Proyecto. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 199).

c) Faja de propiedad restringida

A cada lado del Derecho de Vía habrá una faja de terreno denominada Propiedad Restringida, dónde está prohibido ejecutar construcciones permanentes que puedan afectar la seguridad vial a la visibilidad o dificulten posibles ensanches.

El ancho de dicha faja de terreno será de 5.00 m a cada lado del Derecho de Vía, el cual será establecido por resolución del titular de la entidad competente; sin embargo, el establecimiento de dicha faja no tiene carácter obligatorio sino dependerá de las necesidades del proyecto, además no será aplicable a los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas. Este ancho podrá ser mayor en los casos que se requiera, el mismo que deberá tener la evaluación técnica correspondiente que lo justifique y sea aprobado por la autoridad competente. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 199).

#### **1.2.4.8. Separadores**

Los separadores son por lo general fajas de terreno paralelas al eje de la carretera, para separar direcciones opuestas de tránsito (separador central) o para separar calzadas del mismo sentido del tránsito. El separador está comprendido entre las bermas o cunetas interiores de ambas calzadas. Aparte de su objetivo principal, independizar la circulación de las calzadas, el separador puede contribuir a disminuir cualquier tipo de interferencia como el deslumbramiento nocturno, o como zona de emergencia en caso de despiste.

En terreno plano u ondulado el ancho del separador suele ser constante, con lo que se mantiene paralelas las dos calzadas. En terreno accidentado, el ancho del separador central es variable.

Se debe prever en el diseño que el separador tenga un apropiado sistema de drenaje superficial.

En Autopistas de Primera Clase el separador central tendrá un ancho mínimo de 6.00 m y en las Autopistas de Segunda Clase, variará de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular. Por lo general los separadores laterales deben tener un ancho menor que el separador central. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pp. 199-200).

#### **1.2.4.9. Gálibo**

Según el Manual DG-2018:

En carreteras, se denomina Gálibo a la Altura Libre que existe entre la superficie de rodadura y la parte inferior de la superestructura de un puente carretero, ferroviario o peatonal. Dicha altura para el caso de túneles, se mide según lo indicado en la Figura.

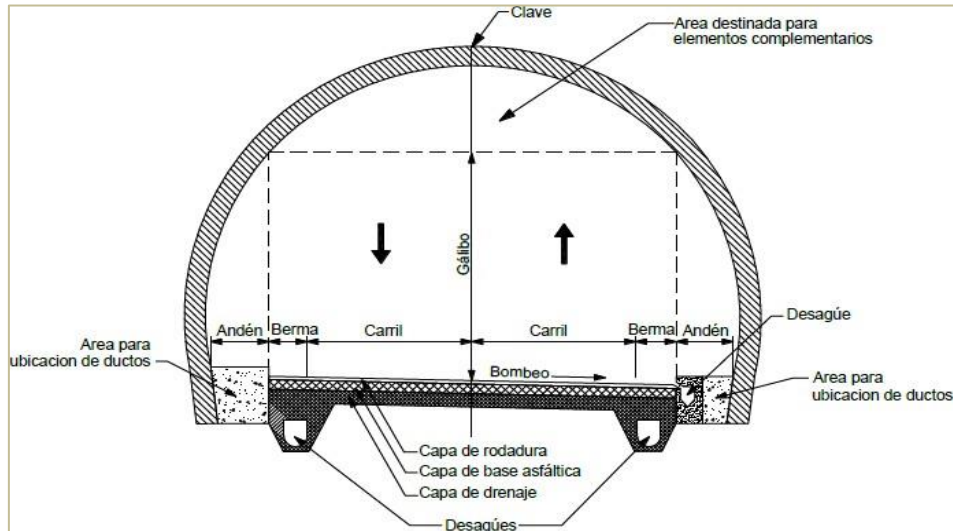
En puentes sobre cursos de agua se denomina Altura Libre, y es la que existe entre el nivel máximo de las aguas y la parte inferior de la superestructura de un puente.

Dicho Gálibo para el caso de las carreteras será 5.50 m como mínimo. Para el caso de los puentes sobre cursos hídricos, la Altura Libre será determinada por el diseño particular de cada Proyecto, que no será menor a 2.50 m. Para los puentes sobre cursos navegables, se diseñará alturas libres acorde a las características y dimensiones de las naves que harán uso de la vía.

Cuando una carretera pase debajo de una estructura vial, su sección transversal debe permanecer inalterada y los estribos o pilares de la obra debajo de la cual pasa, deberán encontrarse fuera de las bermas y/o de las cunetas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 200).

En la Ilustración 6 se muestran casos típicos de gálibos y luces libres laterales.

Ilustración 6: Sección típica del túnel



Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 200)

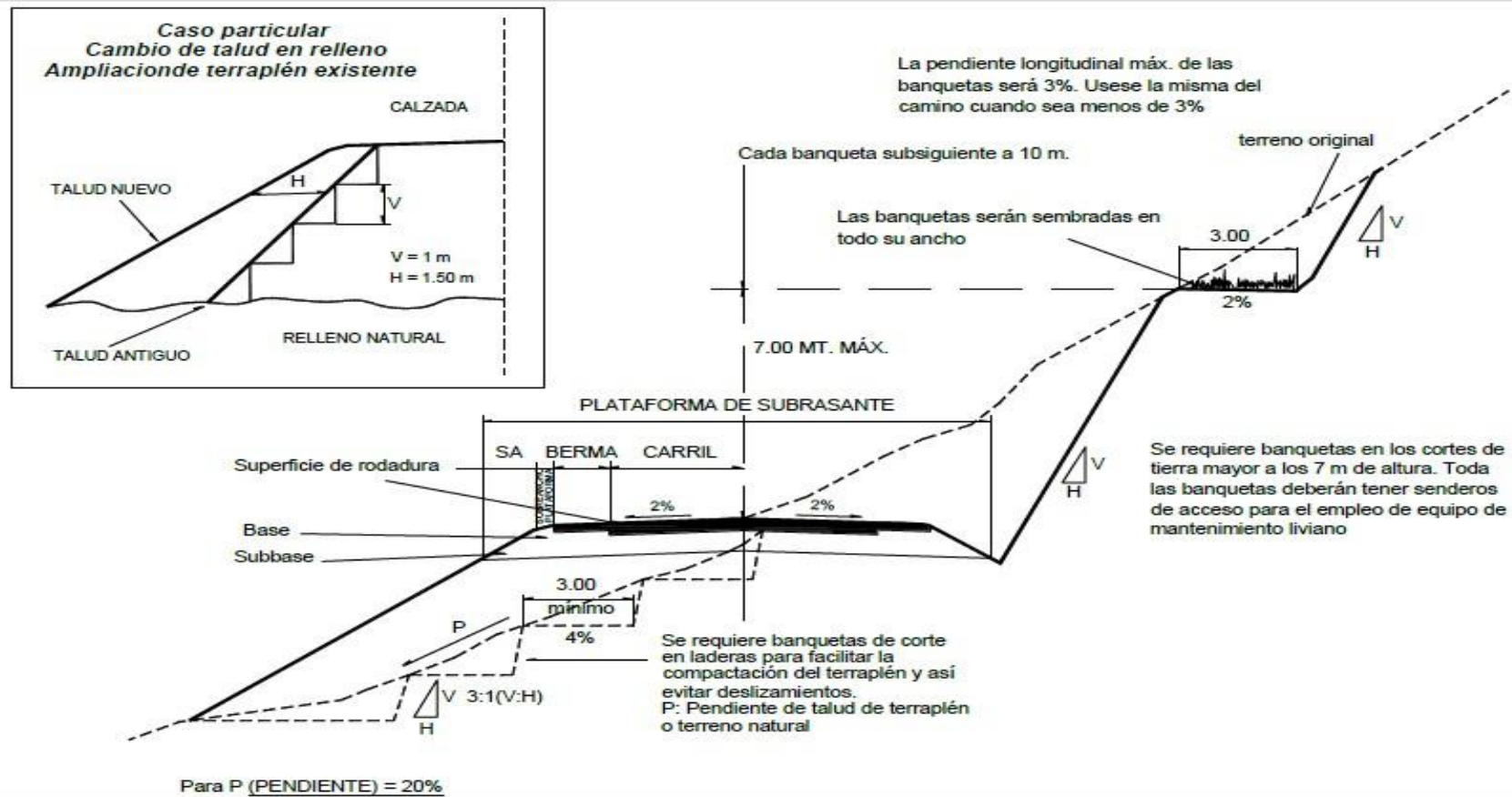
#### 1.2.4.10. Taludes

El talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal.

Los taludes para las secciones en corte, variarán de acuerdo a las características geo mecánicas del terreno; su altura, inclinación y otros detalles de diseño o tratamiento, se determinarán en función al estudio de mecánica de suelos o geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, según sea el caso, con la finalidad de determinar las condiciones de su estabilidad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 202).

La Ilustración 7, ilustra una sección transversal típica en tangente a media ladera, que permite observar hacia el lado derecho, el talud de corte y hacia el lado izquierdo, el talud del terraplén.

Ilustración 7: Sección transversal típica en tangente



Fuente: "Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018", por MTC (2018, p. 203)

## **1.2.5. Superficie de Rodadura**

### **1.2.5.1. Terreno Natural**

“Los caminos de tierra “no son más que una explanación debidamente compactada, condición ésta absolutamente necesaria, pues, en caso contrario, su deformación es inmediata. La tierra debe quedar consolidada lo más perfectamente que sea posible, para evitar asentamientos durante la explanación del camino”. (Ferrer, José M., 1967, p. 7)

La compactación de estos caminos debe hacerse siempre en presencia de la humedad óptima de Próctor, con la que se consigue obtener la mayor densidad. Para su determinación necesaria llevar a cabo un análisis, los cuales, en medios rurales, no son fáciles de ejecutar. Esta humedad óptima no es una constante de cada suelo; depende de la intensidad del apisonado. Cuanto mayor es la fuerza de compactación, menor es el valor de la humedad óptima.

Para suelos arcillosos, la humedad óptima es del 20 al 30 por 100; para los suelos limo arcillosos, del 15 al 20 por 100, y para los arenos arcillosos, del 8 al 15 por 100. Los tantos por ciento indicados se refieren al peso en seco del terreno.

Una práctica que puede orientar sobre la cantidad correcta de humedad es la siguiente: Se humedece la tierra del camino y se hace una bola con la mano de tres a cuatro centímetros de diámetro, dejándola caer desde una altura aproximada de 1,5 metros. Cuando la muestra, así ensayada, tiene una humedad próxima a la óptima de Próctor, al chocar contra el suelo se deforma ligeramente sin resquebrajarse, deshacerse o aplastarse excesivamente. En los suelos arenosos, la humedad óptima es baja, creciendo la misma conforme aumente la cantidad de arcilla.

El perfil transversal del camino de tierra debe tener un bombeo o inclinación transversal del 4 al 6 por 100, sin que sea aconsejable sobrepasar este límite superior para evitar las erosiones superficiales debidas a las escorrentías del agua, ni tampoco del límite inferior, a fin de que el agua no sea retenida durante mucho tiempo sobre la superficie del camino.

El camino debe tener un drenaje eficaz mediante la construcción de cunetas adecuadas.

Si en los caminos de tierra se forman baches con facilidad, se puede corregir este defecto añadiendo arena y mezclando íntimamente la arena con el suelo del camino, lo cual puede lograrse mediante pases sucesivos de escarificadores agrícolas y gradas de discos, efectuando la compactación posteriormente.

Si los caminos son demasiado arenosos, conviene añadir algo de arcilla hasta lograr una estabilidad adecuada.

En cualquier caso, no debe emplearse tierra vegetal en ninguno de los estratos de construcción de un camino. (Ferrer José M., 1967, pp. 7-8)

#### **1.2.5.2. Afirmado**

Las carreteras no pavimentadas con revestimiento granular en sus capas superiores y superficie de rodadura corresponden en general 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; estas carreteras no pavimentadas pueden ser clasificadas como sigue:

- a) Carreteras de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo y finos ligantes.
- b) Carreteras gravosas constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.
- c) Carreteras afirmadas constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25mm. Pudiendo ser estos: Afirmados con gravas naturales o zarandeadas, ó Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado.
- d) Carreteras con superficie de rodadura tratada con materiales industriales:

d.1 Afirmados con superficie tratada para el control de polvo, con materiales como: cloruros, aditivos, productos asfálticos (imprimación reforzada o diferentes tipos de sello asfáltico), cemento, cal u otros estabilizadores químicos.

d.2 Suelos naturales estabilizados con: emulsión asfáltica, cemento, cal, cloruros, geosintéticos y otros aditivos que mejoren las propiedades del suelo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p. 137)

### **Secciones de Capa de Afirmado:**

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adoptó como representativa la siguiente ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTRROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE (fórmula 4):

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} (\text{Nrep}/120) \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

e = espesor de la capa de afirmado en mm. CBR = valor del CBR de la subrasante.

Nrep = número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

En las Tablas N° 15-16 se presentan los espesores de afirmado propuestos considerando subrasantes con CBR > 6% hasta un CBR > 30% y tráfico con número de repeticiones de hasta 300,000 ejes equivalentes.

Es necesario precisar que los sectores que presenten subrasantes con CBR menor a 6% (subrasante pobre o subrasante inadecuada), serán materia de un estudio específico de estabilización o reemplazo de Suelos de la Subrasante. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p. 138).

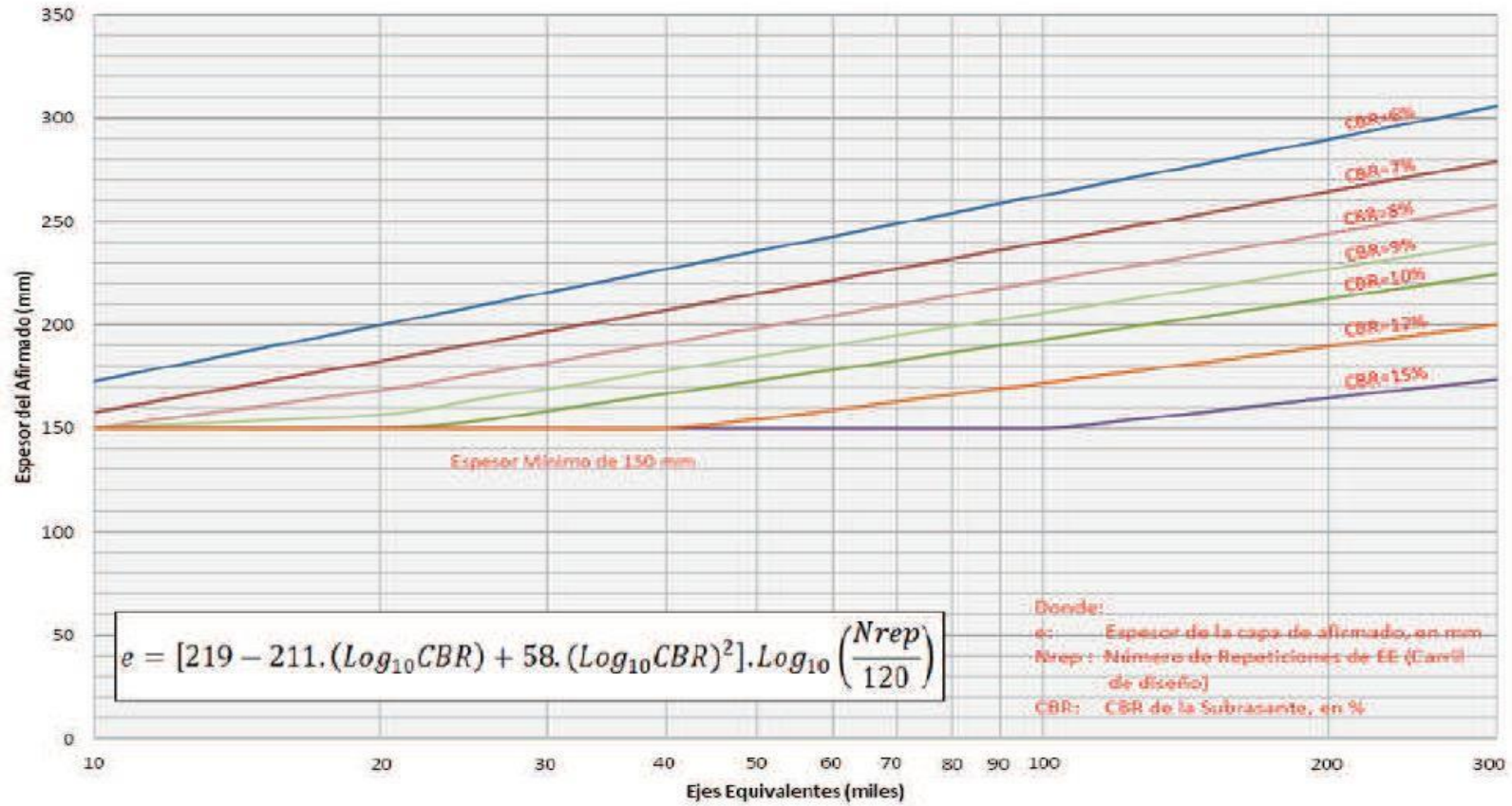


Tabla N° 15: Cuadro Resumen del Espesor de Material del Afirmado

CBR % Diseño	EJES EQUIVALENTES																		
	10,000	20,000	25,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	75,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000	150,000	200,000	300,000
	ESPESOR DE MATERIAL DE AFIRMADO (mm)																		
6	200	200	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350
7	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300	300	300
8	150	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
9	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250
10	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250
11	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250
12	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
13	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
14	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
15	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200
16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200
17	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200
18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
19	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
21	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
22	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
25	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
26	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
27	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
28	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
29	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
30	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
> 30 *	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

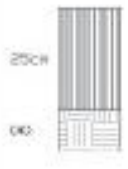

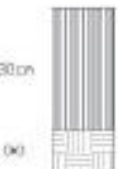

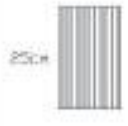























Fuente: “Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, por MTC (2013, p. 139)

Tabla 16: Espesor de capa de Revestimiento Granular



Fuente: “Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, por MTC (2013, p. 140)

Ilustración 8: Catálogo de Capas de Afirmado (Revestimiento Granular) Periodo de Diseño 10 años

EE CBR %	Tnp1	Tnp2	Tnp3	Tnp4
	< 25,000	25,001-75,000	75,001-150,000	150,001-300,000
CBR < 6%				
6% < CBR < 10%				
				
10% < CBR < 20%				
				
20% < CBR < 30%				
CBR ≥ 30%				

Fuente: “Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, por MTC (2013, p. 141)

## **Materiales de afirmado**

El material a usarse puede variar según la región donde se encuentre, cantera de cerro o de río, también se diferencia si se utilizará como una capa superficial o capa inferior, porque de ello depende el tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica necesaria en la carretera de afirmado.

El afirmado es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Si por alguna razón no existe una adecuada combinación, el afirmado será pobre y no podrá cumplir con su resistencia necesaria para soportar las cargas de los vehículos.

El afirmado necesita de un porcentaje de piedras para que obtenga resistencia y pueda soportar cargas. Asimismo, necesita un porcentaje de arena clasificada, según tamaño, para llenar los vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa y, necesariamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de afirmado.

Existen pocos depósitos naturales de material que tiene una gradación ideal, donde el material sin procesar se puede utilizar directamente por lo que será necesario zarandear el material para obtener la granulometría especificada. En general, los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Las características que deberá de cumplir el material de afirmado será la que se describe en el presente Manual. No obstante, es importante indicar que todos los materiales para afirmados no son los mismos, en tal sentido, la calidad del material debe determinarse mediante ensayos.

Para la dosificación y mezcla del material para afirmado, se tendrá como referencia y punto de partida las gradaciones que se recomiendan en la Tabla N° 16 referidas a AASHTO M 147 y en la Tabla N° 17 referidas a Federal Highway Administration. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p. 142)

Tabla 17: Gradación del material de afirmado

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D	GRADACIÓN E	GRADACIÓN F
50 mm ( 2" )				
37.5 mm ( 1½" )				
25 mm ( 1" )	100	100	100	100
19 mm ( ¾" )				
12.5 mm ( ½" )				
9.5 mm ( 3/8" )	50 - 85	60 - 100		
4.75 mm ( N° 4 )	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2.36 mm ( N° 8)				
2.0 mm ( N° 10 )	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
4.25 um ( N° 40 )	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
75 um ( N° 200 )	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25
Índice de Plasticidad	4 - 9	4 - 9	4 - 9	4 - 9
Límite Líquido	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%
CBR [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)]	Min. 40%	Min. 40%	Min. 40%	Min. 40%

Fuente: "Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", por MTC (2013, p. 143)

Tabla 18: Gradación del material de afirmado

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	FHWA – FP 03	FHWA – SD LTAP
50 mm ( 2" )		
37.5 mm ( 1½" )		
25 mm ( 1" )	100(1)	
19 mm (¾")	97 – 100(1)	100
12.5 mm ( ½" )		
9.5 mm ( 3/8" )		
4.75 mm ( Nº 4 )	41 – 71 (7)	50 - 78
2.36 mm (Nº 8)		37 - 67
2.0 mm ( Nº 10 )		
4.25 um (Nº 40 )	12 – 28 (5)	13 - 35
75 um (Nº 200 )	9 -16 (4)	4 - 15
Índice de Plasticidad	8 (4)	4 - 12
Límite Líquido	Máx. 35%	Máx. 35%
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	Máx. 50%
CBR [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)] (*)	Min. 40%	Min. 40%
Nota: (1) = Procedimiento estadístico no aplica ( ) = desviación admisible ( ± ) del valor indicado		

Fuente: "Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", por MTC (2013, p. 144)

## 1.2.6. Estudio de Pavimentos

### 1.2.6.1. Método NAASRA

El “Manual Para Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Transito” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, presenta alternativas de diseños en un “Catalogo Estructural De Superficie de Rodadura”, elaborado en base a la metodología NAASRA.

Basada en la ecuación empírica que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado expresado en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes:

$$e = \left[ 219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2 \right] * \log_{10} * (Nrep/120)$$

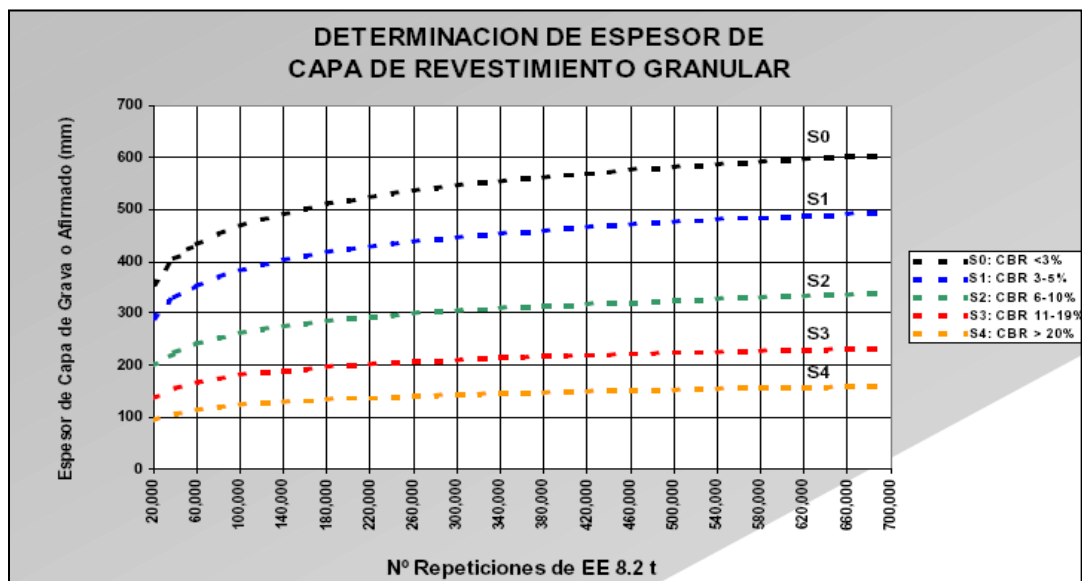
Dónde:

e = Espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = Valor del CBR de la subrasante.

Nrep = Número de repeticiones de EE para el carril de Diseño

Ilustración 9: Determinación de espesor de capa de revestimiento granular



(Fuente: Elaboración en base a la ecuación de diseño del método NAASRA).

Sin ser una limitación, en el Manual de diseño (MTC) se incluye catálogos de secciones de capas granulares de rodadura, para cada tipo de tráfico y de subrasante, elaborados en función a la ecuación antes indicada.

El espesor total que será determinado, deberá estar compuesto por una estructura que corresponderá a una capa de afirmado, la cual no deberá ser menor a 150 (según manual de diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tráfico).

### 1.3. Definición de Términos Básicos

Según, (MTC, Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial, 2013).

**ABRASIÓN:** Desgaste mecánico de agregados y rocas resultante de la fricción y/o impacto.

**AFIRMADO:** Capa compactada de material granular natural ó procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

**AGREGADO BIEN GRADUADO:** Agregado cuya gradación va desde el tamaño máximo hasta el de un relleno mineral y que se encuentra centrado a una curva granulométrica “huso” especificada.

**AGREGADO FINO:** Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.

Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).

**AHUELLAMIENTO:** Surcos o huellas que se presentan en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado



de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito.  
**ALUVIAL:** Suelo sedimentado a través del tiempo, que ha sido transportado en suspensión del agua y luego depositado.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO O MECÁNICO:** Procedimiento para determinar la granulometría de un material ó la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

**ARCILLAS:** Partículas finas con tamaño de grano menor a 2  $\mu\text{m}$  (0,002 mm) provenientes de la alteración física y química de rocas y minerales.

**ARENA:** Partículas de roca que pasan la malla N.º 4 (4,75 mm.) y son retenidas por la malla N.º 200.

**ASENTAMIENTO:** Desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía.

**BACHE:** Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

**BACHEO:** Actividad de mantenimiento rutinario que consiste en rellenar y compactar los baches o depresiones que pudieran presentarse en la superficie de rodadura.

**BADÉN:** Estructura construida con piedra y/o concreto para permitir el paso vehicular sobre quebradas de flujo estacional o de flujos de agua menores. A su vez, permiten el paso de agua, materiales y de otros elementos sobre la superficie de rodadura.

**BANCO DE GRAVA:** Material que se encuentra en depósitos naturales y usualmente mezclado en mayor ó menor cantidad con material fino (arenas, arcillas) que da lugar a bancos de gravas arcillosas, gravas arenosas.

**BASE:** Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una subbase o de la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños. La base es parte de la estructura de un pavimento.

**BERMA:** Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

**BOLONERÍA:** Fragmento rocoso, usualmente redondeadas por el intemperismo o la abrasión, con una dimensión promedio de más de 12" (305mm).

**BOMBEO:** Inclinación transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.

**CALICATA:** Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

**CAMINO:** Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados y no motorizados, peatones y animales, con excepción de las vías férreas.

**CANAL:** Es una zanja construida para recibir y encauzar medianas o pequeñas cantidades de agua provenientes del terreno natural o de otras obras de drenaje.

**CANTERA:** Deposito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras.

**CANTO RODADO:** Fragmento de roca que al ser transportado a lo largo del tiempo por el flujo de agua ha adquirido formas no angulares y superficie lisa.

**CARRETERA:** Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**CARRETERA AFIRMADA:** Carretera cuya superficie de rodadura está constituida por una o más capas de AFIRMADO.

**CARRETERA NO PAVIMENTADA:** Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

**CARRETERA PAVIMENTADA:** Carretera cuya superficie de rodadura, está conformada por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto Pórtland (rígida).

**CARRETERA SIN AFIRMAR:** Carretera a nivel de subrasante ó aquella donde la superficie de rodadura ha perdido el AFIRMADO.

**CARRIL:** Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

**CBR (California Bearing Ratio):** Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.

**CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO:** Es el contenido de humedad al cual un suelo ó material granular al ser compactado utilizando un esfuerzo especificado proporciona una máxima densidad seca. El esfuerzo puede ser estándar ó modificado.

**CONTENIDO DE HUMEDAD:** Volumen de agua de un material determinado bajo ciertas condiciones y expresado como porcentaje de la masa del elemento húmedo, es decir, la masa original incluyendo la sustancia seca y cualquier humedad presente.

**COTA:** Altura de un punto sobre un plano horizontal de referencia

**CORTE:** El corte es la parte de la explanación constituida por la excavación del terreno natural hasta alcanzar el nivel de la Subrasante del Camino.

**CUNETA DE CORONACIÓN:** Cuneta construida en la parte alta de una ladera, para alejar las aguas que pudieran llegar a la carretera.

**CUNETAS:** Canales abiertos contruidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y sub-superficiales procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes a fin de proteger la estructura del pavimento.

**CURVA DE COMPACTACIÓN (curva de Proctor):** Representación gráfica que

relaciona el peso unitario seco (densidad) y el contenido de agua del suelo para un determinado esfuerzo de compactación.

**CURVA DE TRANSICIÓN:** Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular, o entre dos circulares de radio diferente.

**CURVA GRANULOMÉTRICA:** Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados.

**CURVA HORIZONTAL:** Curva circular que une los tramos rectos de una carretera en el plano horizontal.

**CURVA VERTICAL:** Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente.

**DERECHO DE VÍA:** Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario. Su ancho se establece mediante resolución del titular de la autoridad competente respectiva.

**DERRUMBE:** Desprendimiento y precipitación de masas de tierra y piedra, obstaculizando el libre tránsito de vehículos por la carretera.

**DESBROCE:** Acción de cortar y eliminar todo arbusto, hierba, maleza, vegetación que crezca en los costados de la carretera y que impida su visibilidad.

**DESQUINCHE:** Acción de eliminar toda piedra, roca o material ubicado en el talud que presente signos de inestabilidad, evitando la caída de dichos elementos hacia las cunetas o superficie de rodadura.

**EJE DE LA CARRETERA:** Línea longitudinal que define el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. Para el caso de

autopistas y carreteras duales el eje se ubica en el centro del separador central.

**EMERGENCIA VIAL:** Daño imprevisto que experimenta la vía por causa de las fuerzas de la naturaleza o de la intervención humana, y que obstaculiza o impide la circulación de los usuarios de la vía.

**ENCAUZAMIENTO:** Acción de dirigir una corriente de agua hacia un cauce determinado.

**ENCALAMINADO:** Ondulaciones u hondas en la superficie de rodadura de una vía, producto de un tipo de movimiento plástico en sentido longitudinal.

**ENSANCHE DE PLATAFORMA:** Obra de una carretera que amplía su sección transversal, utilizando parte de la plataforma existente.

**EROSIÓN:** Desgaste producido por el agua en la superficie de rodadura o en otros elementos de la carretera.

**ESCORRENTÍA:** Agua de lluvia que discurre por la superficie del terreno

**ESTIAJE:** Nivel más bajo de las aguas de un río en un período determinado.

**ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA:** Documento técnico que forma parte del estudio definitivo y contiene como mínimo lo siguiente: tráfico; topografía; suelos; canteras y fuentes de agua; hidrología y drenaje; geología y geotecnia.

**GRAVA:** Agregado grueso, obtenido mediante proceso natural o artificial de los materiales pétreos.

**MATERIAL DE CANTERA:** Material de características apropiadas para su utilización en las diferentes partidas de construcción de obra, que deben estar económicamente cercanas a las obras y en los volúmenes significativos de necesidad de la misma.

**MÁXIMA DENSIDAD SECA:** Máximo valor de densidad seca definido por la curva de compactación para un esfuerzo especificado (estándar ó modificado).

**NIVELES DE SERVICIO:** Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.

**PAVIMENTO:** Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y rodadura.

**PERALTE:** Inclinação transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

**RASANTE:** Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.

**RED VIAL VECINAL O RURAL:** Conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito local, cuya función es articular las capitales de provincia con capitales de distrito, éstas entre sí, con centros poblados ó zonas de influencia local y con las redes viales nacional y departamental o regional.

**SECCIÓN TRANSVERSAL:** Representación gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas.

**SOBREANCHO:** Ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

**SOCAVAR:** Erosión de la cimentación de una estructura u otro elemento de la vía por la acción del agua.

**SUBRASANTE:** Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

**SUELO ARCILLOSO:** Conformado por arcillas o con predominancia de éstas. Por lo general, no es adecuado para el tránsito vehicular.

**SUELO ARENOSO:** Conformado por arena o con predominancia de ésta. Por lo general, no es adecuado para el tránsito vehicular.

**SUELOS EXPANSIVOS:** Suelos que al ser humedecidos sufren una expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

**SUPERFICIE DE RODADURA:** Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma.

**TALUD:** Inclinação de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes.

**TAMIZ:** Aparato, en un laboratorio, usado para separar tamaños de material, y donde las aberturas son cuadradas.

**TERRAPLÉN:** El terraplén es la parte de la explanación situada sobre el terreno preparado. También se conoce como relleno.

**TRANSITABILIDAD:** Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.

**VEHÍCULO:** Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles.

**VEHÍCULO LIVIANO:** Vehículo automotor de peso bruto mayor a 1,5 t hasta 3,5 t.

**VEHÍCULO PESADO:** Vehículo automotor de peso bruto mayor a 3,5 t.

**VÍA:** Camino, arteria o calle, que comprende la PLATAFORMA y sus obras complementarias.

**ZANJA DE CORONACIÓN:** Canal abierto en terreno natural, encima de un talud de corte, destinado a captar y conducir las aguas de escorrentía y evitar la erosión del talud.

## II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las vías de comunicación como las carreteras han sido una evidencia clara de una civilización ya que siempre ha sido una necesidad la comunicación entre los pueblos, siendo las primeras calzadas modernas desarrolladas por los Romanos, estas civilizaciones dan origen al aumento de tamaño y densidad de las ciudades, por lo que fue necesario transportar suministros alimenticios a las a las mismas así como para comercializar con los agricultores del campo y viceversa, aquí es donde cobra importancia las carreteras.

Actualmente en el Perú se han desarrollado notablemente especialmente en la costa, pero existe un gran déficit en las sierra y selva, donde hay una gran cantidad de pueblos sin vías de comunicación terrestre o en pésimas condiciones que son muy desfavorables para las diversas actividades comerciales y por ende no ayudan a mejorar la calidad de vida de la población local.

El trabajo que se presenta a continuación está referida a la: "Propuesta de Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado para la Vía Vecinal LO 549: Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo – Gloria, Distrito Teniente Cesar López Rojas, Provincia de Alto Amazonas – Perú, 2021.", donde se describe las definiciones básicas de una vía afirmada que son de gran importancia para su comprensión, descripción de las características y métodos de construcción; de tal forma que cumplan las especificaciones técnicas establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones(MTC).

Las especificaciones técnicas dadas por el MTC están normados a través de la dirección general de caminos y ferrocarriles, sobre el uso y desarrollo de infraestructura de las carreteras; para lo cual se ha tomado como base el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, ya que las carreteras de esta categoría hacen el mayor porcentaje de vías en el Perú y de ahí su gran importancia para lograr el desarrollo local, regional y nacional.

Este Informe ha sido estructurado en capítulos: Capítulo I: Marco Teórico; Capítulo II: Planteamiento del Problema; Capítulo III: Metodología de la Investigación; Capítulo IV: Resultados; Capítulo V: Discusión; Conclusiones y Recomendaciones; Capítulo VI: Referencias Bibliográficas; Capítulo VII: Anexos.



## **2.1. Descripción del Problema**

La infraestructura vial existente se encuentra deteriorada debido a que se abrió sin criterios técnicos, ya que fue construida por los mismos moradores de la zona, debido a la necesidad que tenían para trasladar sus productos de la zona de producción al mercado más cercano. Si a esto le añadimos el mal tiempo y uso constante, la carencia de un programa de mantenimiento, constantes lluvias, inexistencia de un adecuado sistema de drenaje, ahuellamiento producido por los vehículos de carga, la cual ha generado la intransitabilidad en algunos tramos nos encontramos frente a un problema general de deficiente nivel de transitabilidad.

Así mismo el camino vecinal en estudio carece de obras de arte y drenaje longitudinal y transversal, los cauces de evacuación de las descargas pluviales son cursos naturales en donde se han colocado maderos formando puentes rústicos a fin de dar continuidad a la vía.

La vía afectada se inicia en el Km. 00+000 en localidad Shucushyacu, posteriormente se atraviesa el CC.PP. Cuipari y CC.PP. Libertad de Cuiparillo, continuando la vía se llega hasta el CC.PP. de Gloria km 27+285.85, en la margen izquierda del Río Huallaga.

El siguiente estudio muestra una Propuesta de Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado para la Vía Vecinal LO 549: Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo – Gloria, Distrito Teniente Cesar López Rojas, Provincia de Alto Amazonas – Perú, 2021.

## **2.2. Justificación**

Este proyecto se justifica por ser de interés para mejorar las condiciones de transitabilidad.

Con el presente trabajo de investigación basado en la Propuesta de Diseño de Pavimento a nivel de Afirmado de la Vía Vecinal se está coberturando a una de las necesidades de transitabilidad actualmente insatisfecha en los Centros Poblados, por lo cual se justifica hacer el estudio y así solucionar el principal

problema de más de 3347 familias de manera directa; de esta forma los pobladores tengan un acceso vehicular en buenas condiciones reduciendo tiempo y costos para comercializar sus productos agrícolas dando lugar a una mejor calidad de vida de los mismos.

El trabajo será desarrollado mediante un diseño para mejorar la transitabilidad de la población de los CC.PP. Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo – Gloria, Distrito Teniente Cesar López Rojas, Provincia de Alto Amazonas –Perú, 2021; para lo cual se utilizará la tecnología actual, basado en software, equipos de topografía, mecánica de suelos teniendo presente los principios, reglas y normas tanto para la recolección de datos como para su procesamiento en gabinete y los informes ofreciendo así un buen estudio del mismo.

### **2.3. Delimitación de la Investigación**

La investigación se limita a efectuar la “Propuesta de Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado para La Vía Vecinal LO 549: Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo – Gloria, Distrito Teniente Cesar López Rojas, Provincia de Alto Amazonas – Perú, 2021”, lo que demanda encontrar todos los argumentos justificatorios tanto sociales, económicos y técnicos, que permiten tener un proyecto sustentable.

A pesar de la importancia de los Pavimentos a Nivel de Afirmado y evaluación de sus características de resistencia son escasos los laboratorios de concreto y pavimentos dedicados a obtener este tipo de información, la dificultad se agudiza con las distancias entre los laboratorios y los diversos proyectos en zonas alejadas.

Existen investigaciones realizadas por profesionales afines a la materia, sin embargo, nuestro país no cuenta con una Guía especializada en el diseño de pavimentos donde se analicen materiales locales o determinen relaciones para diferentes tipos de pavimentos rígidos; es por esto que, por lo limitado del recurso bibliográfico, se recurre a informaciones basadas en las Especificaciones AASHTO 1993, ACI, investigaciones profesionales y publicaciones oficiales.

## **2.4. Formulación del Problema**

### **2.4.1. Problema General**

¿En qué medida la Propuesta de Diseño a nivel de afirmado para la vía vecinal LO 549: Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo – Gloria, Distrito Teniente Cesar López Rojas, Provincia de Alto Amazonas – PERÚ, 2021 contribuye con el mejoramiento de esta vía y las condiciones socioeconómicas de la población de estas localidades

### **2.4.2. Problemas Específicos**

¿De qué manera los estudios de topografía y mecánica de suelos aportan en la elaboración del proyecto?

¿De qué manera el estudio de tráfico aporta en la elaboración del proyecto?

¿De qué manera la identificación de las canteras de material aporta en la elaboración del proyecto?

## **2.5. Objetivos**

### **2.5.1. Objetivo General**

Proponer un Diseño a nivel de afirmado para la vía vecinal LO 549: Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo – Gloria, Distrito Teniente Cesar López Rojas, Provincia de Alto Amazonas – PERÚ, 2021.

### **2.5.2. Objetivos Específicos**

- Ejecutar los estudios de Topografía, Mecánica de Suelos, para el diseño del pavimento del tramo propuesto.
- Elaborar el estudio de tráfico en el área del proyecto.
- Definir las canteras abastecedoras de material para el proyecto.

## **2.6. Variables**

### **2.6.1. Identificación de Variables**

#### **2.6.1.1. Variable Independiente**

- Propuesta de Diseño del Pavimento a Nivel de Afirmado para la vía vecinal LO 549: Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo – Gloria.

#### **2.6.1.2. Variable Dependiente**

- Estudio Topográfico.
- Estudio de Mecánica de Suelos.
- Estudio de Tráfico.
- Estudio de canteras.

### **III: METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

Estudios Correlacionales: Tienen como objetivo analizar las relaciones entre dos o más variables en un contexto en particular. Los estudios correlacionales miden el grado de asociación entre dos o más variables. Es decir, miden cada variable presuntamente relacionada entre los mismos sujetos y después miden y analizan la correlación. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a pruebas.

##### **3.1.1. Diseño de investigación**

Diseño de Investigación Pre experimental: se denominan así porque su grado de control es mínimo.

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

##### **3.2.1. Población**

Todas las vías vecinales del Distrito de Teniente Cesar López Rojas, provincia de Alto Amazonas.

##### **3.2.2. Muestra**

La vía vecinal LO 549: Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo – Gloria, Distrito Teniente Cesar López Rojas, Provincia de Alto Amazonas.

#### **3.3. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

##### **3.3.1. Técnica de recolección de datos.**

En el presente estudio se utilizaron las siguientes técnicas de recolección de datos:

1. La técnica de la anotación.
2. La técnica de la medición.
3. La técnica exploratoria.

### **3.3.2. Instrumentos de recolección de datos.**

1. Estudio de tráfico: Para la estimación del IMD.
2. Estudio topográfico: Para la descripción de vía.
3. Estudio de suelos: Para la verificación de capa existente y la comprobación de espesores promedio.
4. Definir Canteras: características del agregado a utilizar.

## **3.4. PROCEDIMIENTO**

### **3.4.1. Estudio de Tráfico**

La metodología utilizada en el estudio de tráfico fueron los siguientes:

1. Recopilación de la información: Consiste en la aplicación de los formatos para el conteo de tráfico y otros, para el levantamiento de la información necesaria.
  - Los conteos fueron realizados durante 7 días en cada estación, tomando como días representativas laborables los días lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado, domingo.
  - Los conteos se realizaron en 3 estaciones diferentes; la E1 (tramo shucushyacu – Lago Cuipari); E2 (tramo Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo); E3 (tramo Libertad de Cuiparillo – Gloria).
2. Análisis de la información y obtención de resultados: consiste en analizar todos los datos obtenidos en la etapa anterior, con la finalidad de obtener el cálculo del IMD.

### **3.4.2. Estudio de topográfico**

La metodología utilizada para el estudio de topografía comprende los siguientes pasos:

1. Trabajos de campo: Los trabajos de campo consistieron básicamente en el control topográfico, el cual fue llevado a cabo durante el tiempo que se permaneció en el lugar. La toma de datos se efectuó con una Estación Total TOPCON OS – 105, GPS GARMIN Etrex 20, dos prismas, Nivel Topográfico,

wincha, cámara fotográfica digital, pintura, libretas de campo.

- Ubicación y medida de puntos de control horizontal “Estación Total TOPCON OS – 105”.
- Colocación de una poligonal básica de apoyo a lo largo del tramo, con una descripción de P1 en cada hito monumentados.
- Monumentación y nivelación de BM’s.
- Levantamiento de detalles de los bordes de la plataforma actual del tramo con el apoyo de la poligonal básica para el diseño del eje de trazo.
- Colocación y monumentación de PI’s y de las referencias.
- Replanteo del eje aprobado y nivelación del mismo.
- Seccionamiento del estacado en forma directa con estación y nivel.
- Levantamiento topográfico de la franja de la vía.

2. Trabajos en Gabinete: Los trabajos de gabinete consistieron básicamente en:

- Exportación de datos topográficos de la Estación Total hacia el software Top link. 7.5.
- Procesamiento de los datos de campo, se utilizó el software “Autocad Civil 3D”
- Elaboración del Plano Topográfico en el software Autocad.

### **3.4.3. Estudio de Suelos**

La metodología utilizada en el estudio de suelos fue la siguiente:

1. Excavación de calicata: se realiza la limpieza de la parte exterior del terreno, para así obtener la muestra de suelo libre de impurezas.

2. Obtención de la muestra: se retira una muestra de suelo del interior de la calicata, asegurándose de que esta esté libre de impurezas.
3. Determinar los parámetros físico mecánicos del suelo: se lleva la muestra al laboratorio y se procede con el estudio y análisis respectivo, estos parámetros son la densidad, granulometría, peso específico, límites líquido y plástico y el contenido de humedad.
4. Determinación del CBR de la subrasante.



## IV: RESULTADOS

### 4.1. Ubicación del trabajo de Investigación

#### 4.1.1. Nombre del trabajo de Investigación

Propuesta de Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado para La Vía Vecinal LO 549: Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo – Gloria, Distrito Teniente Cesar López Rojas, Provincia de Alto Amazonas – Perú, 2021”

#### 4.1.2. Ubicación Política

Localidades	:	Shucushyacu, Cuipari, Cuiparillo y	Gloria
Distrito	:	Teniente Cesar López Rojas	
Provincia	:	Alto Amazonas	
Región	:	Loreto	

#### 4.1.3. Ubicación del terreno de estudio

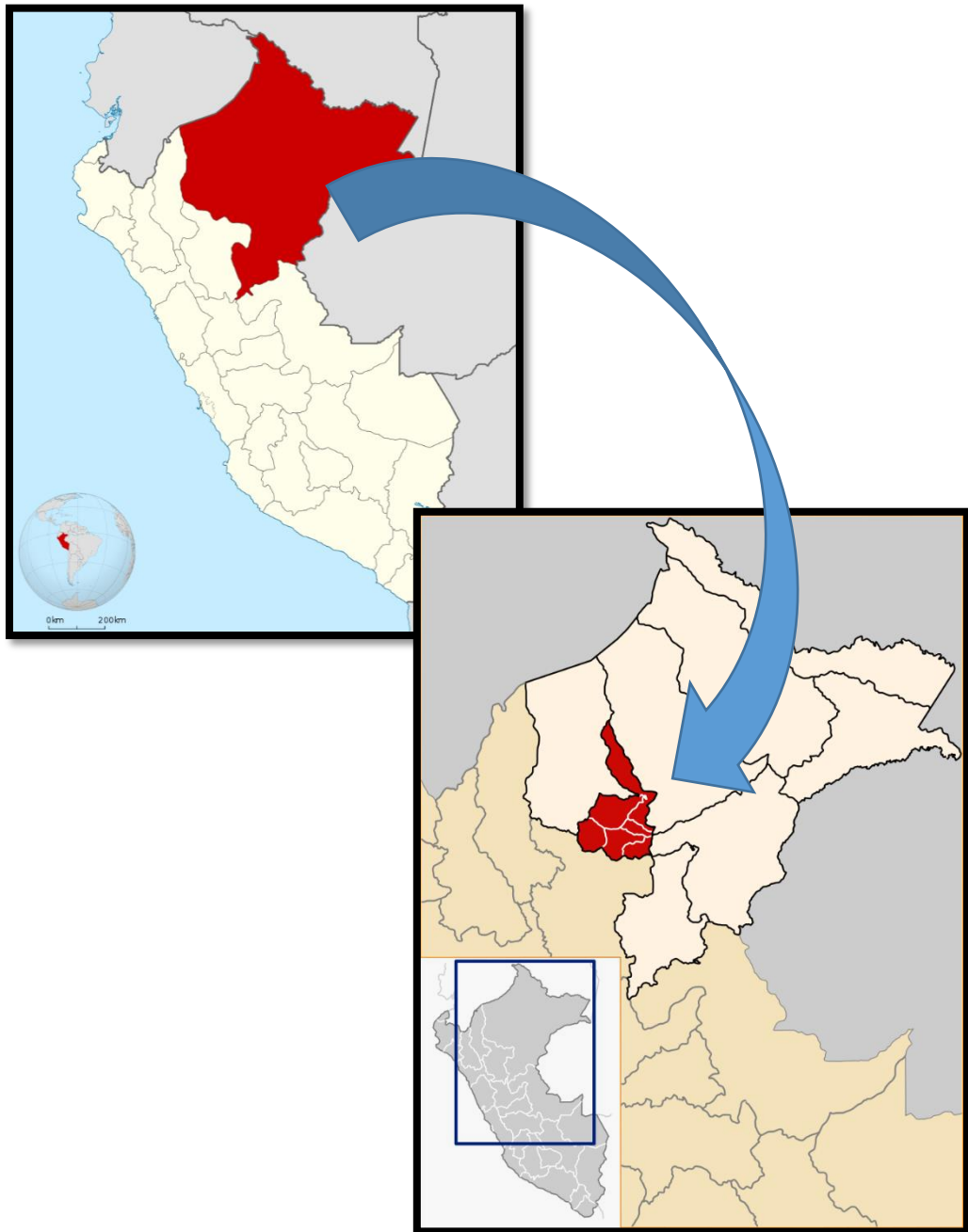
La vía vecinal en estudio, forma parte de la red vial del departamento de Loreto, en la provincia de Teniente Cesar López Rojas, del distrito de Shucushyacu y su inicio se localiza a 50 km de la vía nacional FBT, vía fluvial hasta llegar al puerto del mismo distrito, en el inicio del camino vecinal LO-549 (Shucushyacu), km. 00+000, de ahí sigue en dirección nor oeste, hasta el punto final del tramo en la localidad de Gloria (Km. 27+285).

Ilustración 10: Ubicación General



Fuente: google Maps.

Ilustración 11: Ubicación del Departamento de Loreto y Provincia de Alto Amazonas



Fuente: Google

## 4.2. Estudio de Tráfico

En la nuestra zona de estudio se logró observar solo la presencia de vehículos livianos (motocicletas, mototaxis y motofurgon), debido a su ubicación geográfica y difícil acceso al Distrito y sus localidades.

En las estaciones de conteo establecidas se ubicó a los encuestadores, previa capacitación para los trabajos a realizar, a fin de obtener resultados óptimos. El conteo volumétrico (aforo vehicular) se realizó en la estación E-1 (Shucushyacu), E-2 (Lago Cuipari) y E-3 (Libertad de Cuiparillo).

Tabla 20: Estaciones de conteo

CÓDIGO	ESTACIÓN	ESTUDIO / ENCUESTA	UBICACIÓN
E-1	Shucushyacu	Conteo / O-D	Entrada al Tramo 0+000(Shucusyacu)
E-2	Cuipari	Conteo / O-D	Entrada al Tramo 13+230(Cuipari)
E-3	Libertad de Cuiparillo	Conteo / O-D	Entrada al Tramo 18+945.85(Cuipari)

Fuente: Propia

### 4.2.1. Resultados del Conteo Vehicular

- Estación E-1 k=0+000 (Shucushyacu).

Tabla 21: Resultados de conteo de Estación 1

Tipo de Vehículo	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
Automóvil	87	37	47	42	46	33	22
Camioneta	30	16	15	21	15	16	18
C.R.	0	0	0	0	0	0	0
Micro	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	0	0	0	0	0	0	0
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>117</b>	<b>53</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>61</b>	<b>49</b>	<b>40</b>

Fuente: propia

- Estación E- 2 k=13+230 (Lago Cuipari).

Tabla 22: Resultados de conteo de Estación 2

Tipo de Vehículo	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
Automóvil	20	18	19	18	18	22	20
Camioneta	14	10	0	8	12	8	12
C.R.	0	0	0	0	0	0	0
Micro	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	0	0	0	0	0	0	0
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>	<b>28</b>	<b>19</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>32</b>

Fuente: propia

- Estación E- 3 k=18+945.85 (Libertad de Cuiparillo).

Tabla 23: Resultados de conteo de Estación 3

Tipo de Vehículo	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
Automóvil	17	20	18	20	17	16	18
Camioneta	6	8	8	8	8	10	12
C.R.	0	0	0	0	0	0	0
Micro	0	0	0	0	0	0	0
Bus Grande	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	0	0	0	0	0	0	0
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>30</b>

Fuente: propia

#### 4.2.2. Proyección de Tránsito

##### - Tránsito Normal

Tabla 24: Tráfico actual por tipo de vehículo E-1

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automóvil	47	70.15
Camioneta	20	29.85
C.R.	0	0.00
Micro	0	0.00
Bus Grande	0	0.00
Camión 2E	0	0.00
Camión 3E	0	0.00
<b>IMD</b>	<b>67</b>	<b>100.00</b>

Fuente: propia

Tabla 25: Tráfico actual por tipo de vehículo E-2

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automóvil	20	66.67
Camioneta	10	33.33
C.R.	0	0.00
Micro	0	0.00
Bus Grande	0	0.00
Camión 2E	0	0.00
Camión 3E	0	0.00
<b>IMD</b>	<b>30</b>	<b>100.00</b>

Fuente: propia

Tabla 26: Tráfico actual por tipo de vehículo E-3

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automóvil	19	67.86
Camioneta	9	32.14
C.R.	0	0.00
Micro	0	0.00
Bus Grande	0	0.00
Camión 2E	0	0.00
Camión 3E	0	0.00
<b>IMD</b>	<b>28</b>	<b>100.00</b>

Fuente: propia

### 4.3. Estudio Topográfico

#### 4.3.1. Levantamiento Topográfico

Para el desarrollo de estos trabajos de campo se ha contado con el apoyo de mano de obra no calificada de los pobladores de la zona para formar una brigada de topografía, además se utilizaron equipos de topografía de última generación como estación total, GPS y software especializado (Civil 3D) para el diseño en gabinete.

Para los trabajos de levantamiento de franja de la vía, así como el replanteo del eje se ha hecho uso de la poligonal básica de apoyo. Los trabajos de levantamiento de la franja de la carretera, han incluido el levantamiento de todas las estructuras existente.

La nivelación y ubicación de los BM's ha sido tomada de acuerdo a la posición satelital georeferenciada con GPS, siendo estas monumentados cada 500 metros y a partir de estos las cotas de las estacas replanteadas, que han permitido obtener el perfil longitudinal de la carretera.

#### **4.4. Estudio de Suelos**

Los trabajos de mecánica de suelos se desarrollaron con la finalidad de investigar las características del suelo que nos permitan establecer los criterios de diseño de la vía.

El estudio se desarrolló en tres etapas; los trabajos corresponden al levantamiento de información, ejecutados directamente en el campo; posteriormente los trabajos que evalúan las características de los materiales involucrados en el proyecto, y finalmente el procesamiento de toda la información recopilada que permita establecer los parámetros de diseño.

Los trabajos de campo se orientaron a explorar la superficie de rodadura y el sub suelo (subrasante), mediante la ejecución de calicatas distribuidas en el área de estudio (en forma alternada derecha – izquierda). Se tomaron muestras disturbadas de cada una de las exploraciones ejecutadas, las mismas que se llevaron al laboratorio para su análisis respectivo.

Los trabajos en el laboratorio se orientaron a determinar las características físicas y mecánicas de los suelos obtenidos del muestreo, las que sirvieron de base para determinar las características de diseño.

##### **4.4.1. Descripción de vía**

El Proyecto “Propuesta de Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado para La Vía Vecinal LO 549: Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo – Gloria, Distrito Teniente Cesar López Rojas, Provincia de Alto Amazonas – Perú, 2021”, está ubicado en el distrito Teniente Cesar López Rojas, provincia de Alto Amazonas.

Se encuentra suelos de préstamo no clasificado, lo cual no brinda estabilidad a la plataforma de la vía y se observa que la composición de la superficie de rodadura es grava de forma angulosa – sub angulosa en matriz grava arcillosa.

La plataforma o superficie de rodadura se encuentra a nivel de terreno natural casi en toda su longitud.

Se encuentra presencia de baches, pérdida de materiales de la superficie, ahuellamientos y erosión de la superficie de rodadura por efecto de pase de agua.

Con referencia al drenaje de la carretera se aprecia a lo largo de la misma la carencia de cunetas, ocasionando que el agua erosione la superficie y la inundación de la vía en varios sectores.

#### **4.4.2. Evaluación de campo**

Los trabajos para evaluar los materiales que componen la superficie de rodadura y la subrasante se ha realizado mediante la toma de muestras; ensayos destructivos del tipo calicatas.

##### **Trabajos de campo**

A lo largo del Tramo en estudio se realizaron en total 28 calicatas distribuidas a lo largo de la vía hasta una profundidad de 1.50m por debajo de la superficie de rodadura existente.

Las calicatas se efectuaron a intervalos de cada 1000 m, no ha sido necesario realizar calicatas a menor distancia dado que las características del terreno han permanecido uniforme.

Inmediatamente después de realizada la excavación se procedió a extraer las muestras representativas por cada estrato, las cuales serán reducidas mediante el cuarteo, en una cantidad suficiente para realizar los diversos ensayos de laboratorio.

## **Descripción del Perfil**

### **Primera Capa**

La primera capa de la subrasante presenta en casi todo el tramo, un material del tipo arcilla inorgánica de mediana plasticidad. Estos materiales son calificados como regular para sub- rasante.

Por las características de los suelos existentes del terreno, se establece que, para fines de diseño del pavimento, el proyecto en estudio será evaluado como un solo tramo.

### **Capacidad portante del suelo**

Para la determinación del CBR de la subrasante se ha considerado la variación de los diferentes tipos de suelos encontrándose según el perfil estratigráfico seleccionado para cada tipo de suelo muestras representativas para ser sometidas a ensayos de CBR, de los cuales se concluye que existen tramos cuyo suelo de fundación varían.

Las pruebas a las que fueron sometidas las muestras se encuentran dentro de lo establecido en las normas, y los valores han sido obtenidos para un 95% de la MDS según el proctor Modificado.



Tabla 27: De los ensayos de laboratorio realizados se presenta el resumen siguiente de las calicatas estudiadas.

CARACTERÍSTICAS	Norma	C - 1	C - 2	C - 3	C - 4	C - 5	C - 6	C - 7	C - 8
		M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
FÍSICO - MECÁNICO		KM: 00+00	KM: 1+000	KM: 2+000	KM: 3+000	KM: 4+000	KM: 5+000	KM: 6+000	KM: 7+000
Limite líquido (%)	ASTM-D-4318	43.99	40.3	40.32	50.21	46.19	44.43	50.97	54.23
Limite Plástico (%)	ASTM-D-4318	18.24	22.83	25.41	22.45	27.04	24.38	26.42	25.15
Índice Plástico (%)		25.75	17.47	14.91	27.76	19.15	20.05	24.55	29.08
% Pasa tamiz N° 4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
% Pasa tamiz N° 200	ASTM-D-422	82.7	79.8	80.8	91.3	78.7	77.7	90.8	90.3
Clasificación Succs	ASMT-D-2487	CL	CL	CL	CH	CL	CL	CH	CH
Clasificación Aashto		A-7-6 (14)	A-6 (11)	A-6 (10)	A-7-6 (17)	A-7-6 (12)	A-7-6 (12)	A-7-6 (15)	A-7-6 (18)
Húmedo Natural (%)	ASMT-D-2216	23	21.5	18.7	26.6	17.4	15.5	14.00	16.1
Densidad Máxima Proctor		1.810	1.903	1.887	1.725	1.835	1.857	1.718	1.67
Óptimo Húmedo		15.4	12.8	12.1	15.4	13.00	14.1	16.6	18.00
C.B.R A1 95%		8.5	9.4	6.00	3.5	7.6	7.6	4.5	3.2
C.B.R A1 100%		11.00	13.6	12.5	6.2	10.1	11.6	6.2	4.1
Profundidad de Perforación		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,5	1,5	1,5

CARACTERÍSTICAS	Norma	C - 9	C - 10	C - 11	C - 12	C - 13	C - 14	C - 15	C - 16
		M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
FÍSICO - MECÁNICO		KM: 8+000	KM: 9+000	KM: 10+000	KM: 11+000	KM: 12+000	KM: 13+000	KM: 14+000	KM: 15+000
Limite líquido (%)	ASTM-D-4318	40.42	38.23	44.43	20.09	50.9	44.91	39.94	39.13
Limite Plástico (%)	ASTM-D-4318	24.31	20.81	18.42	14.48	22.96	25.32	21.21	22.72
Índice Plástico (%)		16.11	17.42	26.01	5.61	27.94	19.59	18.73	16.41
% Pasa tamiz N° 4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
% Pasa tamiz N° 200	ASTM-D-422	88.8	82	90.9	50.8	91.7	88.0	85.3	86.4
Clasificación Succs	ASMT-D-2487	CL	CL	CL	CL-ML	CH	CL	CL	CL
Clasificación Aashto		A-6 (10)	A-6 (11)	A-7-6 (15)	A-4 (3)	A-7-6 (17)	A-7-6 (12)	A-6 (11)	A-6 (11)
Húmedo Natural (%)	ASMT-D-2216	12.6	15.4	11.3	18.4	18.7	19.6	14.10	22.8
Densidad Máxima Proctor		1.836	1.699	1.876	1.909	1.658	1.82	1.882	1.849
Óptimo Húmedo		17.3	16.7	15.00	13.00	17.50	13.00	13.4	12.00
C.B.R A1 95%		6.9	9.7	7.20	10.8	4.7	5.1	7.6	7.6
C.B.R A1 100%		8.80	14.9	9.9	15.7	3.2	6.2	9.7	10.7
Profundidad de Perforación		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,5	1,5	1,5

CARACTERÍSTICAS	Norma	C - 17	C - 18	C - 19	C - 20	C - 21	C - 22	C - 23	C - 24
		M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
FÍSICO - MECÁNICO		KM: 16+000	KM: 17+000	KM: 18+000	KM: 19+000	KM: 20+000	KM: 21+000	KM: 22+000	KM: 23+000
Limite líquido (%)	ASTM-D-4318	30.88	42.32	44.43	40.18	35.11	54.09	42.17	44.34
Limite Plástico (%)	ASTM-D-4318	18.81	25.63	18.42	23.89	19.28	29.07	24.3	25.09
Índice Plástico (%)		12.07	16.69	26.01	16.27	15.83	25.02	17.87	19.25
% Pasa tamiz Nº 4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
% Pasa tamiz Nº 200	ASTM-D-422	79.1	88.3	83.3	79.9	87.5	90.1	80.9	87
Clasificación Succs	ASMT-D-2487	CL	CL	CL	CL	CL	CH	CL	CL
Clasificación Aashto		A-6 (09)	A-7-6 (12)	A-7-6 (11)	A-6 (11)	A-6 (10)	A-7-6 (16)	A-7-6 (11)	A-7-6 (12)
Húmedo Natural (%)	ASMT-D-2216	23.3	24.4	21.6	13.9	12.7	14.0	13.40	15.9
Densidad Máxima Proctor		1.888	1.927	1.805	1.725	1.78.7	1.669	1.796	1.832
Óptimo Húmedo		15.1	12.7	16.60	14.20	12.30	17.20	14.5	13.40
C.B.R AI 95%		7.7	6.9	4.70	3.5	6.9	2.9	4.6	6.4
C.B.R AI 100%		9.70	8.9	6.5	4.5	10.0	3.6	6.1	8.9
Profundidad de Perforación		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.5	1.5	1.5

CARACTERÍSTICAS	Norma	C - 25	C - 26	C - 27	C - 28
		M-1	M-1	M-1	M-1
FÍSICO - MECÁNICO		KM: 24+000	KM: 25+000	KM: 26+000	KM: 27+000
Limite líquido (%)	ASTM-D-4318	55.27	54.08	57.33	57.15
Limite Plástico (%)	ASTM-D-4318	26.67	28.83	27.54	29.53
Índice Plástico (%)		28.6	25.25	29.79	27.62
% Pasa tamiz Nº 4		100%	100%	100%	100%
% Pasa tamiz Nº 200	ASTM-D-422	91.5	88.6	84.3	90.2
Clasificación Succs	ASMT-D-2487	CH	CH	CH	CH
Clasificación Aashto		A-7-6 (18)	A-7-6 (17)	A-7-6 (19)	A-7-6 (18)
Húmedo Natural (%)	ASMT-D-2216	17.9	16.4	18.6	15.4
Densidad Máxima Proctor		1.662	1.634	1.677	1.733
Óptimo Húmedo		17.8	18.4	18.60	17.50
C.B.R AI 95%		2.9	3.3	2.80	2.6
C.B.R AI 100%		3.80	3.8	3.3	3.3
Profundidad de Perforación		1,50"	1.50	1,50	1,50

Fuente: Laboratorio de Suelos - Tarapoto

#### 4.5. Estudio de Canteras

Siendo las canteras, las fuentes de aprovisionamiento de material apropiado, necesarias para la construcción de la carretera, se procedió a efectuar el reconocimiento de los depósitos existentes más cercanos para determinar la calidad de las canteras, y si estas corresponden a las especificaciones normadas, además se determinó la potencia y el rendimiento, así como el estado de los accesos y la situación legal de las mismas.

La exploración de campo consistió en la ubicación verificación y extracción de muestras representativas de los materiales característicos de cada una de las canteras.

#### 4.5.1. Trabajos de Laboratorio

Los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales de cantera; se efectuaron de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales para carreteras el MTC (EM-2016) y son:

Tabla 28: Estudio de Laboratorio de canteras

ENSAYO	USO	ASSTO	ASTM	PROPÓSITO
Análisis Granulométrico por tamizado	Clasificación	T88	D422	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Limite liquido	Clasificación	T89	D4318	Hallar el contenido de agua entre los estados líquidos y plástico
Limite plástico	Clasificación	T90	D4318	Hallar el contenido de agua entre los estados líquidos y plástico
índice plástico	Clasificación	T90	D4318	Hallar el rango contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico
Abrasión (los Ángeles)		T96	C131 C535	Cuantificación de la dureza o resistencia al impacto de los agregados gruesos
Proctor modificado	Diseño de espesores	T180	D1557	Determinación del óptimo contenido de humedad y de la máxima densidad seca del material
CBR	Diseño de espesores	T193	D1883	Determina la capacidad de soporte del suelo, el cual permite inferir el módulo resiliente del suelo

Fuente. Elaboración Propia.

#### 4.5.2. Descripción de Canteras

- Cantera: “Pastizal”

La cantera se ubica fuera del área de trabajo a lado izquierdo a unos 2.75 Km. Del inicio de la vía Km 0+000.00, para acceder a la cantera se hace un recorrido por una vía afirmada en buen estado. El material identificado será usado para las diferentes de la estructura del pavimento (afirmado, mejoramiento y relleno).

- Cantera: “Shucushyacu”

Esta cantera se ubica fuera del área del proyecto a unos 0.25 Km del inicio de la vía km 0+000.00 (Shucushyacu), el material identificado será usado para las diferentes capas de la estructura del pavimento (afirmado, mejoramiento y relleno).

- Cantera: “Cuipari”

Esta cantera se ubica al lado izquierdo a 0.20 km del inicio de la vía en el centro poblado de Cuipari, para acceder a la cantera se hace un recorrido por una vía afirmada en buen estado. El material identificado será usado como material de relleno (terraplén) y ligante para afirmado.

#### **4.5.3. Ubicación de las fuentes de Agua**

Durante el recorrido por la carretera, se ha podido identificar fuentes de agua, las mismas han sido escogidas considerando su accesibilidad, la facilidad para la extracción de agua y principalmente el flujo permanente que presentan, lo que garantiza el aprovisionamiento de agua por todo el año. Las fuentes de agua identificadas son:

- **FUENTE DE AGUA N° 01: Km 1+018**

Ubicación : En el km 1+018 de la carretera en estudio

Coordenadas : 402585E, 9336017N

- **FUENTE DE AGUA N° 02: Km 9+547**

Ubicación : En el km 9+547 de la carretera en estudio

Coordenadas : 396702E, 9340530N

- **FUENTE DE AGUA N° 03: Km 13+191**

Ubicación : En el km 13+191 de la carretera en estudio

Coordenadas : 393618E, 9341747N

- **FUENTE DE AGUA N° 04: Km 18+080**

Ubicación : En el km 18+080 de la carretera en estudio

Coordenadas : 389982E, 9344205N

- **FUENTE DE AGUA N° 05: Km 20+115**

Ubicación : En el km 20+115 de la carretera en estudio

Coordenadas : 389701E, 9345970N

- **FUENTE DE AGUA N° 06: Km 24+002**

Ubicación : En el km 24+002 de la carretera en estudio

Coordenadas : 392499E, 9347837N

Se elaboró un plano con ubicación de las canteras y fuentes de agua, se podrá apreciar en los anexos.

#### **4.6. Diseño de Pavimento**

El pavimento es la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidos entre la superficie de la Subrasante y la Superficie de Rodadura, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie uniforme de textura apropiada, resistentes a la acción del tráfico, intemperismo y de otros agentes perjudiciales, así mismo transmitir adecuadamente al terreno de fundación, los esfuerzos producidos por las cargas del tráfico. En otras palabras, el Pavimento es la estructura de la obra vial, que hace posible el tránsito fluido de los vehículos con la Seguridad, Confort y Economía.

La estructuración de un pavimento, así como las características de los materiales empleados en su construcción, ofrece una variedad de posibilidades de tal manera que puede estar formado por sólo una capa o varias y a su vez, dichas capas pueden ser de materiales naturales seleccionados, procesados o sometidos a algún tipo de tratamiento o estabilización.

#### 4.6.1. Número de ejes equivalentes ee) de diseño para el afirmado

El estudio de tráfico tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de vehículos que circulan por el tramo de la carretera en estudio. Información indispensable para la determinación de las características de diseño del pavimento, para estos cálculos se ha considerado exclusivamente la acción de los vehículos pesados, dado que el efecto destructivo de los vehículos ligeros se puede considerar prácticamente despreciable.

El estudio determino el tráfico actual existente en las vías, sus características y proyecciones para el periodo de vida útil, en número acumulado de repeticiones de carga de ejes equivalentes de 8.2 toneladas, dato necesario para el diseño de la estructura del pavimento para caminos no pavimentados.

Con los datos proporcionados en el Estudio de Trafico se determinó el número acumulado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 toneladas para el periodo de diseño, de acuerdo a la fórmula:

$$EAL_{(aÑOS)} = 365 \times Fc \times FpII \times (IMD_{2E} \times F_{2E} + IMD_{2E} \times F_{2E} + IMD_{2E} \times F_{2E} + IMD_{2E} \times F_{2E}) \times \frac{[(1+i)^n - 1]}{i}$$

Ecuación de cálculo de Ejes equivalentes proyectados en el periodo de diseño

Donde:

**EAL (8.2 Tn):** Número de Ejes Equivalentes a 8.2 tn en el periodo de diseño.

**IMD2E:** Índice Medio Diario de Camiones de 2 ejes **IMD3E:** Índice Medio Diario de Camiones de 3 ejes **IMDT y ST:** Índice Medio Diario de Camiones de T y ST

**FD2E:** Factor Destructivo de Camiones de 2E

**FD3E:** Factor Destructivo de Camiones de 3E

**FDT y ST:** Factor Destructivo de Camiones de T y ST

**Fc.:** Factor Carril (si la vía es doble sentido es 0.5 si es de un sentido es 1)

**FpII:** Factor de Presión de Llantas (por lo general se usa el valor de 1)



Dando como resultado del estudio realizado, **Nrep de EE<sub>8.2t</sub> = 16,757.75 (1.68x10<sup>4</sup>)** y clasificándolo, de acuerdo al Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" en su Sección Suelos y Pavimentos, como un TNP1 por presentar Ejes Equivalentes menor o igual a 25,000 EE

#### 4.6.2. Determinación del CBR de diseño

En base a los resultados de laboratorio se determina los valores de la capacidad de soporte de los suelos (CBR), el mismo que para fines de diseño será calculado en base a la metodología de percentiles (Instituto del Asfalto), con la cual se determinará la capacidad de soporte de diseño de los suelos (CBR diseño). El mismo que corresponderá al percentil de 95%.

CARACTERÍSTICAS	Norma	C - 1	C - 2	C - 3	C - 4	C - 5	C - 6	C - 7	C - 8
		M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
FÍSICO - MECÁNICO		KM: 00+00	KM: 1+000	KM: 2+000	KM: 3+000	KM: 4+000	KM: 5+000	KM: 6+000	KM: 7+000
Limite líquido (%)	ASTM-D-4318	43.99	40.3	40.32	50.21	46.19	44.43	50.97	54.23
Limite Plástico (%)	ASTM-D-4318	18.24	22.83	25.41	22.45	27.04	24.38	26.42	25.15
Índice Plástico (%)		25.75	17.47	14.91	27.76	19.15	20.05	24.55	29.08
% Pasa tamiz Nº 4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
% Pasa tamiz Nº 200	ASTM-D-422	82.7	79.8	80.8	91.3	78.7	77.7	90.8	90.3
Clasificación Succs	ASMT-D-2487	CL	CL	CL	CH	CL	CL	CH	CH
Clasificación Aashto		A-7-6 (14)	A-6 (11)	A-6 (10)	A-7-6 (17)	A-7-6 (12)	A-7-6 (12)	A-7-6 (15)	A-7-6 (18)
Húmedo Natural (%)	ASMT-D-2216	23	21.5	18.7	26.6	17.4	15.5	14.00	16.1
Densidad Máxima Proctor		1.810	1.903	1.887	1.725	1.835	1.857	1.718	1.67
Óptimo Húmedo		15.4	12.8	12.1	15.4	13.00	14.1	16.6	18.00
C.B.R./I 95%		8.5	9.4	6.00	3.5	7.6	7.6	4.5	3.2
C.B.R./I 100%		11.00	13.6	12.5	6.2	10.1	11.6	6.2	4.1
Profundidad de Perforación		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.5	1.5	1.5

CARACTERÍSTICAS	Norma	C - 9	C - 10	C - 11	C - 12	C - 13	C - 14	C - 15	C - 16
		M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
FÍSICO - MECÁNICO		KM: 8+000	KM: 9+000	KM: 10+000	KM: 11+000	KM: 12+000	KM: 13+000	KM: 14+000	KM: 15+000
Limite líquido (%)	ASTM-D-4318	40.42	38.23	44.43	20.09	50.9	44.91	39.94	39.13
Limite Plástico (%)	ASTM-D-4318	24.31	20.81	18.42	14.48	22.96	25.32	21.21	22.72
Índice Plástico (%)		16.11	17.42	26.01	5.61	27.94	19.59	18.73	16.41
% Pasa tamiz Nº 4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
% Pasa tamiz Nº 200	ASTM-D-422	88.8	82	90.9	50.8	91.7	88.0	85.3	86.4
Clasificación Succs	ASMT-D-2487	CL	CL	CL	CL-ML	CH	CL	CL	CL
Clasificación Aashto		A-6 (10)	A-6 (11)	A-7-6 (15)	A-4 (3)	A-7-6 (17)	A-7-6 (12)	A-6 (11)	A-6 (11)
Húmedo Natural (%)	ASMT-D-2216	12.6	15.4	11.3	18.4	18.7	19.6	14.10	22.8
Densidad Máxima Proctor		1.836	1.699	1.876	1.909	1.658	1.82	1.882	1.849
Óptimo Húmedo		17.3	16.7	15.00	13.00	17.50	13.00	13.4	12.00
C.B.R./I 95%		8.9	9.7	7.20	10.8	4.7	5.1	7.5	7.6
C.B.R./I 100%		8.80	14.9	9.9	15.7	3.2	6.2	9.7	10.7
Profundidad de Perforación		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.5	1.5	1.5

CARACTERÍSTICAS	Norma	C - 17	C - 18	C - 19	C - 20	C - 21	C - 22	C - 23	C - 24
		M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
FÍSICO - MECÁNICO		KM: 16+000	KM: 17+000	KM: 18+000	KM: 19+000	KM: 20+000	KM: 21+000	KM: 22+000	KM: 23+000
Limite líquido (%)	ASTM-D-4318	30.88	42.32	44.43	40.16	35.11	54.09	42.17	44.34
Limite Plástico (%)	ASTM-D-4318	18.81	25.63	18.42	23.89	19.28	29.07	24.3	25.09
Índice Plástico (%)		12.07	16.69	26.01	16.27	15.83	25.02	17.87	19.25
% Pasa tamiz Nº 4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
% Pasa tamiz Nº 200	ASTM-D-422	79.1	88.3	83.3	79.9	87.5	90.1	80.9	87
Clasificación Succs	ASMT-D-2487	CL	CL	CL	CL	CL	CH	CL	CL
Clasificación Aasho		A-6 (09)	A-7-6 (12)	A-7-6 (11)	A-6 (11)	A-6 (10)	A-7-6 (16)	A-7-6 (11)	A-7-6 (12)
Húmedo Natural (%)	ASMT-D-2216	23.3	24.4	21.6	13.9	12.7	14.0	13.40	15.9
Densidad Máxima Proctor		1.888	1.927	1.805	1.725	1.78.7	1.869	1.796	1.832
Óptimo Húmedo		15.1	12.7	16.60	14.20	12.30	17.20	14.5	13.40
C.B.R Al 95%		7.7	6.9	4.70	3.5	6.9	2.9	4.6	6.4
C.B.R Al 100%		9.70	8.9	6.5	4.5	10.0	3.6	6.1	8.9
Profundidad de Perforación		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.5	1.5	1.5

CARACTERÍSTICAS	Norma	C - 25	C - 26	C - 27	C - 28
		M-1	M-1	M-1	M-1
FÍSICO - MECÁNICO		KM: 24+000	KM: 25+000	KM: 26+000	KM: 27+000
Limite líquido (%)	ASTM-D-4318	55.27	54.08	57.33	57.15
Limite Plástico (%)	ASTM-D-4318	26.67	28.83	27.54	29.53
Índice Plástico (%)		28.6	25.25	29.79	27.62
% Pasa tamiz Nº 4		100%	100%	100%	100%
% Pasa tamiz Nº 200	ASTM-D-422	91.5	88.6	84.3	90.2
Clasificación Succs	ASMT-D-2487	CH	CH	CH	CH
Clasificación Aasho		A-7-6 (18)	A-7-6 (17)	A-7-6 (19)	A-7-6 (18)
Húmedo Natural (%)	ASMT-D-2216	17.9	16.4	18.6	15.4
Densidad Máxima Proctor		1.662	1.634	1.677	1.733
Óptimo Húmedo		17.6	18.4	18.60	17.50
C.B.R Al 95%		2.9	3.3	2.80	2.6
C.B.R Al 100%		3.80	3.8	3.3	3.3
Profundidad de Perforación		1,50"	1,50	1,50	1,50

### Clasificación del suelo de acuerdo al CBR

El MTC, en su Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" en su Sección Suelos y Pavimentos, ha determinado una clasificación que define el uso que se le puede dar a un suelo con respecto al valor de su CBR.

Tabla 29: Categorías de Subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S <sub>0</sub> : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>0</sub> : Subrasante Pobre	3% ≤ CBR < 6%
S <sub>0</sub> : Subrasante Regular	6% ≤ CBR < 10%
S <sub>0</sub> : Subrasante Buena	10% ≤ CBR < 20%
S <sub>0</sub> : Subrasante Muy Buena	20% ≤ CBR < 30%
S <sub>0</sub> : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Instituto del Asfalto



## Categorización de la Subrasante

Teniendo en cuenta los resultados de los ensayos de laboratorio y la tabla de clasificación por CBR, es posible determinar el CBR de diseño.

Para establecer el CBR de diseño, nos basamos en el criterio del Instituto del Asfalto que recomienda tomar un valor de CBR tal, que el 60, el 75 o el 87.5% de los valores individuales sea mayor o igual que él, para determinar el valor del percentil es necesario tener en cuenta la tabla que lo relaciona con el número de ejes de 8.2 ton. Así.

Tabla 30: Percentil para determinación de CBR de diseño

Numero de ejes equivalentes de 8.2 ton. en el carril de diseño	Percentil a seleccionar para determinar el CBR de diseño
$\geq 10^4$	60.0
$10^4 - 10^6$	75.0
$\geq 10^6$	87.5

Fuente: Instituto del Asfalto

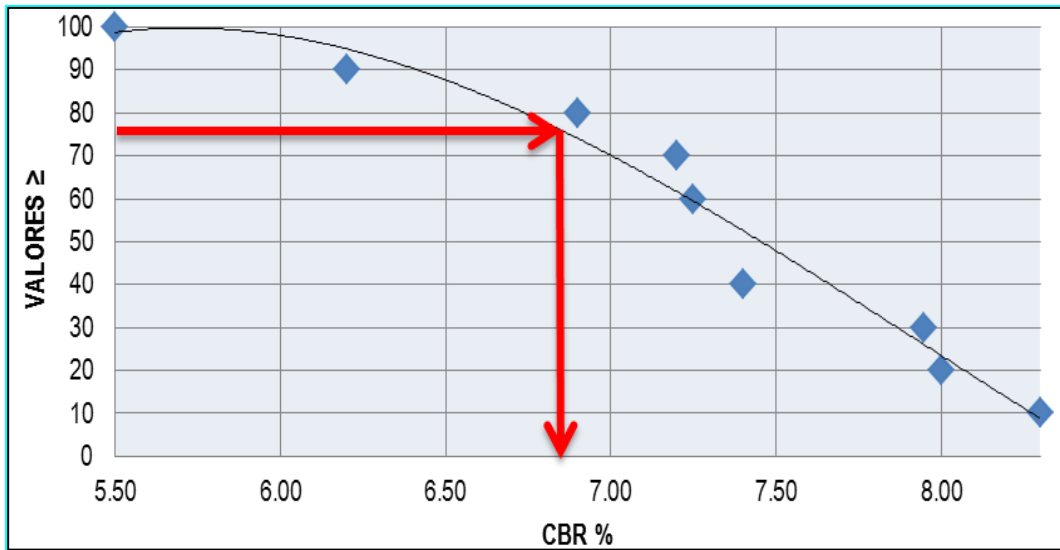
Para el diseño se tiene en cuenta los valores de CBR del resumen de descripción de suelos, obtenidos por análisis de laboratorio y correlaciones, se ordenan de mayor a menor y se establece el número y el porcentaje de valores iguales o mayores que cada uno, como se muestra a continuación:

Tabla 31: Estimación de CBR de diseño

N°	CBR	≥ VALORES	% VALORES ≥
1	8.30	1	10
2	8.00	2	20
3	7.95	3	30
4	7.40	4	40
5	7.25	6	60
6	7.20	7	70
7	6.90	8	80
8	6.20	9	90
9	5.50	10	100
	<b>64.70</b>		<b>Sumatoria</b>
	<b>7.19</b>		<b>CBR Promedio</b>

Fuente: Propia

Ilustración 12: Selección de CBR – Método Instituto del Asfalto



Fuente: Propia

Luego se grafican los valores de CBR contra el percentil 75%, que corresponde al rango de tránsito de diseño y se determina el valor de CBR, que da como resultado un valor de CBR = 6.90%.

CBR de diseño:

Método	CBR diseño
Instituto del Asfalto	6.90

#### 4.6.3. Determinación del Espesor del Pavimento Método del MTC (NAASRA)

El “Manual Para Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Transito” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, presenta alternativas de diseños en un “Catalogo Estructural De Superficie de Rodadura”, elaborado en base a la metodología NAASRA.

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado, se adopta como representativa la siguiente ecuación del método NAASRA, (National Association Of Australian State Road Authorities [hoy AUSTRROADS]), que relaciona el valor soporte del suelo (CBR), y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes:

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} CBR) + 58 \times (\log_{10} CBR)^2] \times \log_{10} \left( \frac{N_{rep}}{120} \right)$$

Donde:

e: Espesor de la capa de Afirmado en mm.

CBR: Valor del CBR de la Subrasante.

Nrep: Número de repeticiones de Ejes Equivalentes para el carril de Diseño.

Sin ser una limitación, en el Manual de diseño (MTC) se incluye catálogos de secciones de capas granulares de rodadura, para cada tipo de tráfico y de subrasante, elaborados en función a la ecuación antes indicada.

El espesor total que será determinado, deberá estar compuesto por una estructura que corresponderá a una capa de afirmado, la cual no deberá ser menor a 150 (según manual de diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tráfico).

En nuestro caso tenemos:

**CBR diseño = 6.90%**

**Nrep de EE<sub>8,2t</sub> = 16,757.75 (1.68x10<sup>4</sup>)**

Por lo tanto, con los datos anteriormente determinados, procedemos a calcular el espesor de la capa de afirmado.

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} CBR) + 58 \times (\log_{10} CBR)^2] \times \log_{10} \left( \frac{Nrep}{120} \right)$$

e =	177.64	mm
e =	0.18	m

Entonces, para el tramo Shucushyacu - Gloria, se considera un espesor de afirmado de:

<b>e =</b>	<b>0.20</b>	<b>m</b>
------------	-------------	----------

### **Espesor Propuesto**

De los valores obtenidos, 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 32: Espesor de CBR de diseño

	<b>TRAMO</b>
<b>ESTRUCTURA</b>	Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo – Gloria, Km 0+000 – Km 27+285.85
<b>AFIRMADO</b>	20 cm.

Fuente: Propia

Existen sectores con presencia de materiales finos limosos 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.

Dado que el resultado calculado por el método NAASRA, está en función a la demanda real del camino, tomaremos como espesor de diseño  $e=0.20m$  por ser el requerido.

## V: DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Discusión

- Según el Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, la carretera se diseña para un volumen de tránsito que se determina por la demanda diaria que cubrirá, calculado como el número de vehículos promedio que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual, normalmente determinada por el MTC para las diversas zonas del país.
- El levantamiento topográfico muestra las distancias horizontales y las diferentes cotas o elevaciones de los elementos representados en el plano mediante curvas de nivel a escalas convenientes para la interpretación del plano por el ingeniero y para la adecuada representación de la carretera y de las diversas estructuras que lo componen.
- Para el valor de diseño del CBR se determina, si el sector homogéneo presenta un número de repeticiones de EE 8.2 ton, entre  $1 \times 10^5$  y  $1 \times 10^6$ ; el CBR de diseño será aquel que represente al percentil 75% de los valores de CBR.
- Las canteras serán evaluadas y seleccionadas por su calidad y cantidad (potencia), así como por su menor distancia a la obra. Las prospecciones que se realizarán en las canteras se efectuarán en base a calicatas de las que se obtendrán las muestras necesarias para los análisis y ensayos de laboratorio.

## 5.2. Conclusiones

- El Proyecto “Propuesta de Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado para la Vía Vecinal LO 549: Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo – Gloria, Distrito Teniente Cesar López Rojas, Provincia de Alto Amazonas – Perú, 2021”, favorecerá la comunicación de la población del área de influencia, agilizando sus actividades económicas y como consecuencia mejorando su calidad de vida.
- El empleo de canteras existentes disminuirá el impacto paisajístico que se puede generar como consecuencia de su explotación, para los fines del Proyecto.
- La proyección del tráfico para el diseño de la estructura del pavimento, ha sido calculado en base al estudio de tráfico realizado.
- La proyección del tráfico para el diseño de la estructura del pavimento, se ha realizado en 3 estaciones diferentes; la E1 (tramo shucushyacu – Lago Cuipari); E2 (tramo Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo); E3 (tramo Libertad de Cuiparillo – Gloria)

Se tienen los resultados:

- E - 1 (Shucushyacu – Lago Cuipari) = IMD proyectado 67 vehículos.
  - E - 2 (Lago Cuipari - Libertad de Cuiparillo) = IMD proyectado 67 - vehículos.
  - E - 3 (Libertad de Cuiparillo y Gloria)= IMD proyectado 67 vehículos.
- El tramo de la carretera vecinal, Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo y Gloria, presenta una topografía moderada a ondulada de acceso a dichas localidades se utilizó una pendiente longitudinal máxima normal a 8%, Considerando todo esto y conforme a lo normado por la DG-2018 para la categoría de la carretera y orografía de la zona, se

cuenta con curva vertical máxima de 2.02%. El levantamiento topográfico del Camino Vecinal será utilizado en la elaboración de los planos de planta, perfil y secciones del tramo en estudio.

- Íntegramente el tramo de la carretera Vecinal se desarrolla sobre material suelto arcillo arenoso. El material predominante a lo largo del tramo de la carretera vecinal, Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo y Gloria son arcillas (CL).
- El material suelto arcillo arenoso presente a lo largo del tramo de la carretera vecinal, al saturarse con agua producto de las precipitaciones pluviales se convierte en un lodo, haciendo intransitable ciertos tramos, por lo que se requiere obras de subdrenaje, con lo que se evitaría la acumulación de dicho elemento.
- La capacidad de soporte de los suelos existentes, presentan valores considerados como malos y regulares, con los cuales se han determinado el valor del CBR de diseño; que para este caso se ha considerado en valor promedio, que corresponde a un valor de 6.90%.
- Se identificaron tres canteras abastecedoras de materiales para el proyecto:
  - La primera ubicada fuera del área de trabajo a lado izquierdo a unos 2+750 Km del inicio del tramo, el material identificado será usado en diferentes capas de la estructura del pavimento (afirmado, mejoramiento y relleno).
  - La segunda se ubica fuera del área del proyecto a unos 0.25 Km del inicio de la vía km 0+000.00 (Shucushyacu), el material identificado será usado para las diferentes capas de la estructura del pavimento (afirmado, mejoramiento y relleno). El material identificado será usado como material de relleno (terraplén) y ligante para afirmado.
  - La tercera ubicado al lado izquierdo a 0.20 km del inicio de la vía en el centro poblado de Cuipari.

- Para la propuesta de diseño se ha realizado aplicando el método NAASRA, y teniendo como resultado:

	<b>TRAMO</b>
<b>ESTRUCTURA</b>	Shucushyacu – Lago Cuipari – Libertad de Cuiparillo – Gloria, Km 0+000 – Km 27+285.85
<b>AFIRMADO</b>	20 cm.

- El diseño del camino vecinal se realizó aplicando las normas para el diseño de caminos vecinales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.



### 5.3. Recomendaciones

- Antes de la colocación de la capa de afirmado, se debe reconformar y compactar la subrasante hasta lograr una compactación mínima de 95% de la MDS a lo largo de toda la vía.
- La estructura de la vía a rehabilitar y mejorar debe estar contemplada en todo el trayecto de la vía.
- Se deben tener en cuenta y tomar todas las consideraciones correspondientes a los estudios hidrológicos y geológicos, antes de la colocación de la estructura del pavimento.
- 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.
- Gestionar el mantenimiento constante de la infraestructura vial, tales como mantenimiento rutinario dando mayor prioridad a la limpieza de las obras de drenaje, para cumplir y con ello evitar problemas como pérdida de material granular, baches y deformaciones en la calzada de la vía
- Durante la ejecución se recomienda el uso de materiales de buena calidad y controlar el cumplimiento con los requisitos mínimos requeridos, así mismo se recomienda tener especial cuidado antes de colocar el material para afirmado es decir garantizar la eliminación por completo de materiales extraños que resulten perjudiciales a los trabajos ejecutados. Se recomienda concientizar a la población a través de capacitaciones con la finalidad de promover el cuidado y actitudes responsables ante el mantenimiento de la vía, las obras de drenaje y las señales de tránsito para garantizar el estado óptimo de la vía y la transitabilidad segura y libre de accidentes vehiculares.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MONTES, J. (2018). Diseño del Pavimento a Nivel de Afirmado de la Rehabilitación y Mejoramiento del Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermúdez Tramo Km 0+000 – Km 9+000, L=9.00 Km, Provincia de Mariscal Cáceres y Bellavista, Región San Martín: Tesis de grado de Ingeniero Civil. UNSM.

CASTILLO, R. (2019). Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal San pablo – sector Peña Negra, km 0+000 – km 4+620, L= 4.62 km, distrito san Pablo, provincia de Bellavista-San Martín: Tesis de grado de Ingeniero Civil. UNSM.

Ministerio de Vivienda, C. y. (2010). Norma Técnica CE0.10 Pavimentos Urbanos. Lima- Perú.

Lima. Ministerio de Vivienda, C. y. (2018). Norma Técnica E0.50 Suelos y Cimentaciones. Lima - Perú.

RAMIRO, R., & CARDOZO, M. (2018). Diseño de pavimento a nivel de afirmado del camino vecinal sm-533 emp.pe5n (puente Tonchima)- EMP– sm-504 (sector shica) l=9+530 km, en los distritos de habana y calzada, provincia de moyobamba, región san Martín: Tesis de grado de Ingeniero Civil. UNSM.

MTC. (2008). Manual Para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito. Lima - Perú.

MTC. (2013). Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial. Lima - Perú.

MTC. (2013). Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción. Lima - Perú.

MTC. (2014). Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima. MTC. (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Lima - Perú.

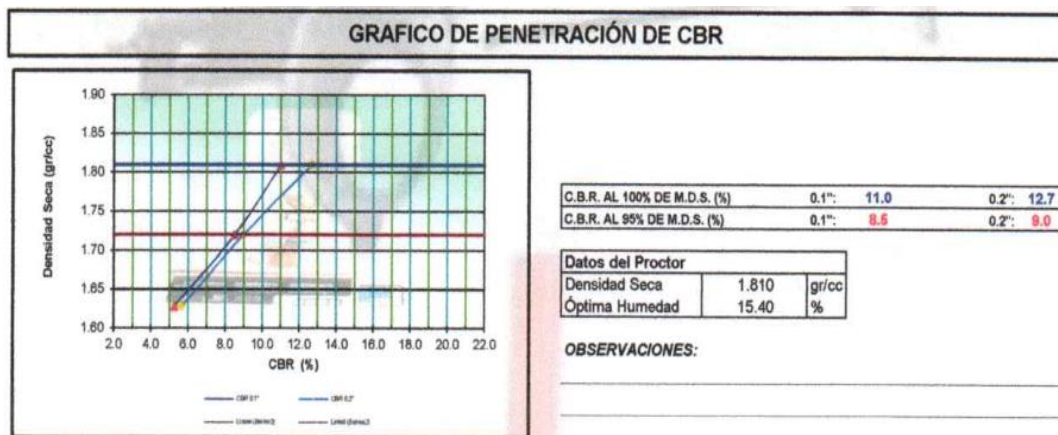
MTC. (2018). Manual de Carreteras, Diseño Geométrico. Lima - Perú.

## VII: ANEXOS

### ANEXO I: ENSAYOS DE LABORATORIO

Ilustración 13: Ensayo de CBR muestra 1

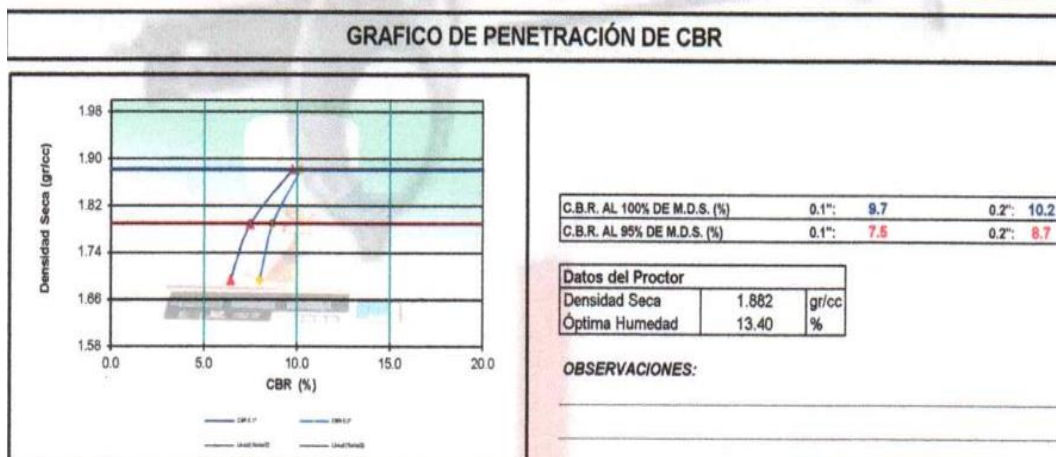
ENSAYO DE CBR MTC E 132 - ASTM D 1583 - AASHTO T-193						
Molde N°		2		3		1
N° Capa		5		5		5
Golpes por capa N°		56		25		12
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)		12956		12029		12158
Peso de molde (gr)		8100		7820		7814
Peso del suelo húmedo (gr)		4856		4209		4344
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )		2325		2123		2315
Densidad húmeda		2.089		1.983		1.876
Humedad (%)		15.40		15.30		15.20
Densidad seca		1.810		1.720		1.628
Tarro N°		-		-		-
Tarro + Suelo húmedo		773.17		726.04		621.16
Tarro + Suelo seco (gr)		677.20		636.20		545.40
Peso del Agua (gr)		95.97		89.84		75.76
Peso del tarro (gr)		54.00		49.00		47.00
Peso del suelo seco		623.20		587.20		498.40
Humedad (%)		15.40		15.30		15.20
Promedio de Humedad (%)		15.40		15.30		15.20



La capa superior é inferior está conformado por Suelo Tipo (CL) ó Arena arcillosa con de baja plasticidad poco húmedo color marrón claro compactado, según la clasificación SUCS y según la clasificación AASHTO pertenecientes a los grupos y sub - grupos A-7-6(14), a una profundidad de 0.20 – 1.50 m.

Ilustración 14: Ensayo de CBR muestra 19

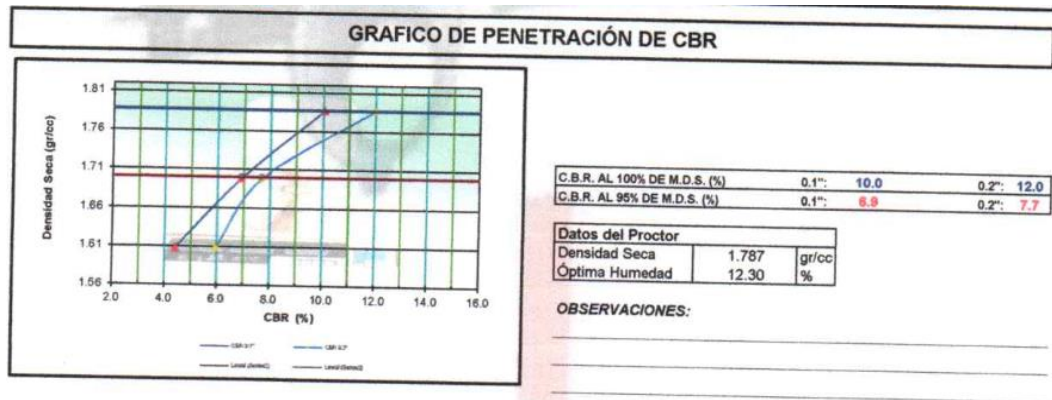
ENSAYO DE CBR MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193						
Molde N°	1		2		3	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	13591		12499		11887	
Peso de molde (gr)	8512		7814		7820	
Peso del suelo húmedo (gr)	5079		4685		4067	
Volumen del molde (cm3)	2380		2315		2123	
Densidad húmeda	2.134		2.024		1.916	
Humedad (%)	13.40		13.20		13.10	
Densidad seca	1.882		1.788		1.694	
Tarro N°	-		-		-	
Tarro + Suelo húmedo	540.84		657.26		774.94	
Tarro + Suelo seco (gr)	480.00		584.00		689.00	
Peso del Agua (gr)	60.84		73.26		85.94	
Peso del tarro (gr)	26.00		29.00		33.00	
Peso del suelo seco	454.00		555.00		656.00	
Humedad (%)	13.40		13.20		13.10	
Promedio de Humedad (%)	13.40		13.20		13.10	



La capa superior está conformado por Suelo Tipo (CL) ó Arcilla inorgánica de baja plasticidad color marrón semi compacto, según la clasificación SUCS y según la clasificación AASHTO pertenecientes a los grupos y sub - grupos A-6(11), a una profundidad de 0.30 – 1.50 m.

Ilustración 15: Ensayo de CBR muestra 21

ENSAYO DE CBR MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193						
Molde N°	4		5		6	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	13160		13020		12292	
Peso de molde (gr)	8512		8610		8100	
Peso del suelo húmedo (gr)	4648		4410		4192	
Volumen del molde (cm3)	2316		2315		2325	
Densidad húmeda	2.007		1.905		1.803	
Humedad (%)	12.30		12.20		12.10	
Densidad seca	1.787		1.698		1.608	
Tarro N°	-		-		-	
Tarro + Suelo húmedo	545.76		702.40		587.93	
Tarro + Suelo seco (gr)	489.60		630.70		527.60	
Peso del Agua (gr)	56.16		71.70		60.33	
Peso del tarro (gr)	33.00		43.00		29.00	
Peso del suelo seco	456.60		587.70		498.60	
Humedad (%)	12.30		12.20		12.10	
Promedio de Humedad (%)	12.30		12.20		12.10	



La capa superior está conformado por Suelo Tipo (CL) ó Arcilla inorgánica de baja plasticidad color marrón semi compacto, según la clasificación SUCS y según la clasificación AASHTO pertenecientes a los grupos y sub - grupos A-6(11), a una profundidad de 0.30 – 1.50 m.



Ilustración 16: Resumen de todas las muestras realizadas

CARACTERÍSTICAS	Norma	C - 1	C - 2	C - 3	C - 4	C - 5	C - 6	C - 7	C - 8
		M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
FÍSICO - MECÁNICO		KM: 00+00	KM: 1+000	KM: 2+000	KM: 3+000	KM: 4+000	KM: 5+000	KM: 6+000	KM: 7+000
Limite líquido (%)	ASTM-D-4318	43.99	40.3	40.32	50.21	46.19	44.43	50.97	54.23
Limite Plástico (%)	ASTM-D-4318	18.24	22.83	25.41	22.45	27.04	24.38	26.42	25.15
Índice Plástico (%)		25.75	17.47	14.91	27.76	19.15	20.05	24.55	29.08
% Pasa tamiz N° 4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
% Pasa tamiz N° 200	ASTM-D-422	82.7	79.8	80.8	91.3	78.7	77.7	90.8	90.3
Clasificación Succs	ASMT-D-2487	CL	CL	CL	CH	CL	CL	CH	CH
Clasificación Aashto		A-7-6 (14)	A-6 (11)	A-6 (10)	A-7-6 (17)	A-7-6 (12)	A-7-6 (12)	A-7-6 (15)	A-7-6 (18)
Húmedo Natural (%)	ASMT-D-2216	23	21.5	18.7	26.6	17.4	15.5	14.00	16.1
Densidad Máxima Proctor		1.810	1.903	1.887	1.725	1.835	1.857	1.718	1.67
Óptimo Húmedo		15.4	12.8	12.1	15.4	13.00	14.1	16.6	18.00
C.B.R. Aí 95%		8.5	9.4	6.00	3.5	7.6	7.6	4.5	3.2
C.B.R. Aí 100%		11.00	13.6	12.5	6.2	10.1	11.6	6.2	4.1
Profundidad de Perforación		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.5	1.5	1.5

CARACTERÍSTICAS	Norma	C - 9	C - 10	C - 11	C - 12	C - 13	C - 14	C - 15	C - 16
		M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
FÍSICO - MECÁNICO		KM: 8+000	KM: 9+000	KM: 10+000	KM: 11+000	KM: 12+000	KM: 13+000	KM: 14+000	KM: 15+000
Limite líquido (%)	ASTM-D-4318	40.42	38.23	44.43	20.09	50.9	44.91	39.94	39.13
Limite Plástico (%)	ASTM-D-4318	24.31	20.81	18.42	14.48	22.96	25.32	21.21	22.72
Índice Plástico (%)		16.11	17.42	26.01	5.61	27.94	19.59	18.73	16.41
% Pasa tamiz N° 4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
% Pasa tamiz N° 200	ASTM-D-422	88.8	82	90.9	50.8	91.7	88.0	85.3	86.4
Clasificación Succs	ASMT-D-2487	CL	CL	CL	CL-ML	CH	CL	CL	CL
Clasificación Aashto		A-6 (10)	A-6 (11)	A-7-6 (15)	A-4 (3)	A-7-6 (17)	A-7-6 (12)	A-6 (11)	A-6 (11)
Húmedo Natural (%)	ASMT-D-2216	12.6	15.4	11.3	18.4	18.7	19.6	14.10	22.8
Densidad Máxima Proctor		1.836	1.699	1.876	1.969	1.658	1.82	1.882	1.849
Óptimo Húmedo		17.3	16.7	15.00	13.00	17.50	13.00	13.4	12.00
C.B.R. Aí 95%		6.9	9.7	7.20	10.8	4.7	5.1	7.5	7.6
C.B.R. Aí 100%		8.80	14.9	9.9	15.7	3.2	6.2	9.7	10.7
Profundidad de Perforación		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.5	1.5	1.5

CARACTERÍSTICAS	Norma	C - 17	C - 18	C - 19	C - 20	C - 21	C - 22	C - 23	C - 24
		M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
FÍSICO - MECÁNICO		KM: 16+000	KM: 17+000	KM: 18+000	KM: 19+000	KM: 20+000	KM: 21+000	KM: 22+000	KM: 23+000
Limite líquido (%)	ASTM-D-4318	30.88	42.32	44.43	40.16	35.11	54.09	42.17	44.34
Limite Plástico (%)	ASTM-D-4318	18.81	25.63	18.42	23.89	19.28	29.07	24.3	25.09
Índice Plástico (%)		12.07	16.69	26.01	16.27	15.83	25.02	17.87	19.25
% Pasa tamiz N° 4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
% Pasa tamiz N° 200	ASTM-D-422	79.1	88.3	83.3	79.9	87.5	90.1	80.9	87
Clasificación Succs	ASMT-D-2487	CL	CL	CL	CL	CL	CH	CL	CL
Clasificación Aashto		A-6 (09)	A-7-6 (12)	A-7-6 (11)	A-6 (11)	A-6 (10)	A-7-6 (16)	A-7-6 (11)	A-7-6 (12)
Húmedo Natural (%)	ASMT-D-2216	23.3	24.4	21.6	13.9	12.7	14.0	13.40	15.9
Densidad Máxima Proctor		1.888	1.927	1.805	1.725	1.78.7	1.669	1.796	1.832
Óptimo Húmedo		15.1	12.7	16.60	14.20	12.30	17.20	14.5	13.40
C.B.R. Aí 95%		7.7	6.9	4.70	3.5	6.9	2.9	4.6	6.4
C.B.R. Aí 100%		9.70	8.9	6.5	4.5	10.0	3.6	6.1	8.9
Profundidad de Perforación		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.5	1.5	1.5

CARACTERÍSTICAS	Norma	C - 25	C - 26	C - 27	C - 28
FÍSICO - MECÁNICO		M-1 KM: 24+000	M-1 KM: 25+000	M-1 KM: 26+000	M-1 KM: 27+000
Límite líquido (%)	ASTM-D-4318	55.27	54.08	57.33	57.15
Límite Plástico (%)	ASTM-D-4318	26.67	28.83	27.54	29.53
Índice Plástico (%)		28.6	25.25	29.79	27.62
% Pasa tamiz Nº 4		100%	100%	100%	100%
% Pasa tamiz Nº 200	ASTM-D-422	91.5	88.6	84.3	90.2
Clasificación Succs	ASMT-D-2487	CH	CH	CH	CH
Clasificación Aashto		A-7-6 (18)	A-7-6 (17)	A-7-6 (19)	A-7-6 (18)
Húmedo Natural (%)	ASMT-D-2216	17.9	16.4	18.6	15.4
Densidad Máxima Proctor		1.662	1.634	1.677	1.733
Óptimo Húmedo		17.8	18.4	18.60	17.50
C.B.R Al 95%		2.9	3.3	2.80	2.6
C.B.R Al 100%		3.80	3.8	3.3	3.3
Profundidad de Perforación		1,50"	1,50	1,50	1,50



## ANEXO 02: PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 1: Vista panorámica del trabajo realizado en la vía Shucushyacu - Gloria.



Foto 2: En esta vista apreciamos el estado de la vía de Libertad Cuiparillo hacia Gloria





Foto 3: Vista de la estación de llegada en el centro poblado de Gloria.



Foto 4: Vista de la ruta Cuipari hacia Libertad de Cuiparillo





Foto 5: Determinación de ancho de la superficie de rodadura.



Foto 6: Determinación del espesor de la capa de afirmado, en la cual se verifica que la calzada de rodadura está deteriorada.

## **ANEXO 03: PLANOS**