



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/)

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal San Pablo – José Pardo Km 0+000 – Km 15+213, L=15.213 km, Distrito San Pablo, Provincia Bellavista - San Martín

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Diego Ramírez Arévalo

ASESOR:

Ing. Juvenal Vicente Díaz Agip

TOMO I

Tarapoto – Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino
vecinal San Pablo – José Pardo Km 0+000 – Km 15+213, L=15.213 km,
Distrito San Pablo, Provincia Bellavista - San Martín**

AUTOR:

Diego Ramírez Arévalo

Sustentada y aprobada el día 22 de noviembre del 2018 ante el honorable jurado:

.....
Ing. Ernesto Eliseo García Ramírez
presidente

.....
Ing. Iván Gustavo Reátegui Acedo
secretario

.....
Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón
miembro

.....
Ing. Juvenal Vicente Díaz Agip
asesor

Declaratoria de autenticidad


Yo, Diego Ramírez Arévalo egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, identificado con DNI N° 48053072, con la tesis titulada **“Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal San Pablo – José Pardo Km 0+000 – Km 15+213, L=15.213 km, Distrito San Pablo, Provincia Bellavista - San Martín”**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respecto a las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni totalmente ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico precio o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, con el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normativa vigente de la Universidad Nacional de San Martín

Tarapoto, 22 de noviembre del 2018


.....
Diego Ramírez Arévalo
DNI N° 48053072



Declaración jurada

Yo, Diego Ramírez Arévalo identificado con DNI N° 48053072, domicilio legal Juan de la Riva # 595, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o informe de ingeniería, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 22 de noviembre del 2018


.....
Firma


.....
Huella Digital

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	RAMÍREZ ARÉVALO DIEGO	
Código de alumno :	113159	Teléfono: 939350568
Correo electrónico :	diego-cd4s@hotmail.com	DNI: 48053032

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de:	INGENIERIA CIVIL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	DISEÑO DEL PAVIMENTO A NIVEL DE AFIRMADO DEL MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL SAN PABLO JOSE PABLO KM 07000 - KM 15+213, L-15-210 KM, DISTRITO DE SAN PABLO, PROVINCIA DE BELAVISTA - SAN MARTIN
Año de publicación:	2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.


7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”**.



.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

11 / 03 / 2019




.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

* **Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

Dedico este trabajo de tesis principalmente a Dios, por guiarme por el camino correcto, por haberme permitido conocer a las personas correctas y así poder llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Gustavo Ramírez Paima y Rubela Arévalo Guerra por su apoyo incondicional, en la parte moral y económica durante este largo trayecto académico.

A mis hermanos por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuestos a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

Diego Ramírez Arévalo

Agradecimiento

Le agradezco a Dios, por tantas bendiciones que me brindó durante lo largo de toda mi vida. Y por darme las fuerzas para levantarme y seguir perseverando en los días más sombríos que pasé junto a mi familia, los cuales me ayudaron a crecer y a luchar por mis sueños y objetivos.

A mis padres por confiar en mí y creer en mis expectativas como persona, gracias a mi papá por el sacrificio que realizó para darme una mejor calidad de vida, a mi mamá por apoyarme en todas las decisiones que tuve y por darme los mejores consejos para afrontar cada día de mi vida de la mejor manera.

A mis hermanos por apoyarme en aquellos momentos de necesidad, y por último agradezco a mis compañeros de clase de la universidad por ese apoyo mutuo que tuvimos en cada plan de estudios hasta tan altas horas de la noche, compartiendo y discutiendo ideas para nuestro futuro.

Diego Ramírez Arévalo

Índice general

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Resumen	xvi
Abstract.....	xvii
Introducción.....	1
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
1.1 Generalidades	2
1.2 Exploración Preliminar Orientado a la Investigación.....	2
1.3 Aspectos Generales del Estudio	3
1.3.1 Características Generales.....	3
1.3.1.1 Ubicación Geográfica del Proyecto	3
1.3.1.2 Vías de Acceso	5
1.3.1.3 Aspectos Climáticos	6
1.3.1.4 Situación Actual de la Vía	6
1.3.1.5 Área de Influencia	7
1.3.1.6 Población Beneficiada	7
1.3.1.7 Condiciones Económicas.....	8
1.3.1.7.1 Características Socio-Económicas.....	8
1.3.1.7.2 Actividades Principales y Niveles de Vida.....	8
1.4 Marco Teórico	9
1.4.1 Antecedentes, Planteamiento, Delimitación, Formulación del Problema a Resolver ...	9
1.4.1.1 Antecedentes del Problema	9
1.4.1.2 Planteamiento del Problema	10
1.4.1.3 Delimitación del Problema	11
1.4.1.4 Formulación del Problema a Resolver.....	11
1.4.2 Objetivos.....	12
1.4.2.1 Objetivo General.....	12
1.4.2.2 Objetivos Específicos.	12
1.4.3 Justificación de la Investigación.....	12
1.4.4 Delimitación de la Investigación	13
1.4.5 Marco Teórico	13
1.4.5.1 Antecedentes de la Investigación	13
1.4.5.2 Fundamentación Teórica de la Investigación	14
1.4.5.2.1 Clasificación de carreteras.....	14
1.4.5.2.1.1 Según su Función.....	14
1.4.5.2.1.2 Según el Servicio	15

1.4.5.2.2 Derecho de Vía	15
1.4.5.2.2.1 Ancho Normal	15
1.4.5.2.2.2 Ancho Mínimo.....	15
1.4.5.2.3 Previsión de Ensanche	16
1.4.5.2.4 Diseño Geométrico	16
1.4.5.2.4.1 Distancia de Visibilidad.....	16
1.4.5.2.4.2 Visibilidad de Parada.....	16
1.4.5.2.5 Elementos del Diseño Geométrico	16
1.4.5.2.6 Alineamiento Horizontal	17
1.4.5.2.6.1 Consideraciones para el Alineamiento Horizontal	17
1.4.5.2.6.2 Curvas Horizontales	17
1.4.5.2.6.3 El Peralte de la Carretera	18
1.4.5.2.7 Alineamiento Vertical.....	19
1.4.5.2.7.1 Consideraciones para el Alineamiento Vertical	19
1.4.5.2.8 Pendiente	21
1.4.5.2.9 Sección Transversal.....	21
1.4.5.2.9.1 Calzada	21
1.4.5.2.9.2 Bermas	22
1.4.5.2.9.3 Ancho de la Plataforma	23
1.4.5.2.9.4 Plazoletas.....	24
1.4.5.2.9.5 Dimensiones en los Pasos Inferiores	24
1.4.5.2.9.6 Taludes.....	25
1.4.5.2.9.7 Sección Transversal Típica.....	27
1.4.5.2.10 Composición de Tráfico	28
1.4.5.2.11 Capacidad Portante del Suelo de Rasante.....	28
1.4.5.2.12 Especificaciones Para Material de Lastrado	28
1.4.5.2.12.1 Granulometría.....	28
1.4.5.2.12.2 Requisito Para el Material de Lastrado.....	29
1.4.5.2.13 Estudio de Pavimentos.....	30
1.4.5.2.14 Diseño Estructural	31
1.4.5.2.15 Tipos de Tránsito	33
1.4.5.2.16 Estudio Hidrológico y Drenaje	37
1.4.5.2.16.1 Generalidades	37
1.4.5.2.16.2 Drenaje Superficial	37
1.4.5.2.17 Estudio de Suelos y Canteras.....	48
1.4.5.2.17.1 Generalidades	48
1.4.5.2.17.2 Estudio de Suelos.....	48

1.4.5.2.17.3 Estabilizaciones	58
1.4.5.3 Marco Conceptual: Definición de Términos Básicos.....	63
1.4.5.4 Marco Histórico.....	64
1.5 Hipótesis	64
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	65
2.1 Materiales	65
2.1.1 Recursos Humanos	65
2.1.2 Recursos Materiales y servicios	65
2.1.3 Recursos de Equipos.....	65
2.2 Metodología de la Investigación.....	65
2.2.1 Universo y/o Muestra	65
2.2.2 Sistema de Variables.....	66
2.2.3 Tipos y Nivel de la Investigación	66
2.2.3.1 Diseño del Método de la Investigación.....	66
2.2.4 Diseño de Instrumentos	67
2.2.4.1 Fuentes Técnicas e Instrumentos de Selección de Datos.....	67
2.2.5 Procesamiento de la Información	67
2.2.6 Análisis e Interpretación de Datos y Resultados	67
2.2.7 Información del proyecto: Diseño obtenido.	68
2.2.8 Criterios generales de aplicación.....	68
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES	71
Resultados.....	71
3.1 Estudios de Topografía.....	71
3.1.1 Equipos empleados	71
3.1.2 Trabajos de Campo.....	72
3.1.3 Alineamiento horizontal y perfil longitudinal	72
3.1.4 Secciones Transversales	74
3.2 Estudio de Mecánica de Suelos	75
3.2.1 Tipos de Suelo de la Subrasante	75
3.2.2 Capacidad Portante (cbr)	76
3.3 Estudio de Canteras	79
3.3.1 Cantera Rio Sisa.	80
3.3.2 Cantera de Afirmado	80
3.4 Estudio de Tráfico	81
3.4.1. Resultados Directos del Conteo Vehicular.....	81
3.4.2 Cálculo del IMD	82
3.4.3 Proyecciones del Tráfico	83

3.4.4 Análisis de la Información y Obtención de Resultados.....	83
3.5 Diseño de Pavimento Afirmado por el Método de NAASRA.....	84
3.5.1 Diseño del Espesor del Pavimento	84
3.5.1.1 Determinación del CBR de diseño	84
3.5.1.2 Espesor de la capa de afirmado	86
3.6 Estudio de Drenaje.....	88
3.6.1 Cunetas y Bombeo.....	88
3.6.2 Cunetas	89
3.6.2.1 Determinación de la zona húmeda de influencia:.....	89
3.6.2.2 Bombeo o Pendiente Transversal del Camino Vecinal	90
3.6.2.3 Pendiente Longitudinal del Camino Vecinal.....	90
3.6.2.4 Sección Geométrica de la Cuneta.....	90
3.6.2.5 Pendiente longitudinal de la Cuneta	90
3.6.2.6 Longitudes de Tramo.....	90
3.6.3 Criterios de Diseño:.....	90
3.6.3.1 Verificación de la Capacidad de las Cunetas.....	91
3.6.3.2 Verificación de la Velocidad en Cunetas	92
3.7 Alcantarillas.....	92
3.7.1 Fisiografía de la Cuenca.	93
3.7.2 Metodología y Formulación del Estudio.	93
3.7.3 Análisis Hidrológico.....	93
3.7.4 Calculo del Caudal a Drenar (Alcantarillas de Área de cuenca más Crítica).....	93
3.7.5 Verificación de la Capacidad de la Alcantarilla	94
3.8 Estructuras y Obras de Arte.....	96
3.9 Estudio de Señalización.....	97
3.9.1 Criterios de Diseño Utilizados en el Proyecto.....	98
3.9.2 Señalización.....	99
3.9.3 Señales Reglamentarias	100
3.9.4 Postes Kilométricos	100
3.9.5 Señales Preventivas	100
3.9.6 Señales Informativas.....	101
Discusiones.....	102
3.10 Estudio Topográfico	102
3.11 Estudio de Mecánica de Suelos	102
3.12 Diseño de Pavimento	102
3.13 Obras de Arte.....	103
3.14 Señalización.....	103

3.15 Contratación a la Hipótesis	103
CONCLUSIONES	104
RECOMENDACIONES	106
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	107
ANEXOS	108

Índice de tablas

Tabla 1 Ubicación.....	4
Tabla 2 Población Censada.....	7
Tabla 3 Tasa de Crecimiento de la Población	8
Tabla 4 Elemento de una Curva Simple	18
Tabla 5 Radios Mínimos y Peraltes Máximos en curvas.....	19
Tabla 6 Ancho mínimo de calzada en tangente	21
Tabla 7 Sobre Ancho de Calzada (m).....	22
Tabla 8 Taludes de Corte.....	26
Tabla 9. Taludes de Relleno	26
Tabla 10 Granulometría para Material de Afirmado	28
Tabla 11 Estudio de IMDA	32
Tabla 12 Clase de tráfico que circula por el tramo en estudio	33
Tabla 13 Riesgo de excedencia (%)	38
Tabla 14 Periodos de Retorno	39
Tabla 15 Coeficiente de duración lluvias entre 48 horas y una hora.....	40
Tabla 16 Valores para la determinación del coeficiente de escorrentía	41
Tabla 17 Coeficiente de escorrentía I.....	42
Tabla 18 Coeficiente de escorrentía II.....	42
Tabla 19 Valores del coeficiente de Manning	43
Tabla 20 Dimensiones mínimas de las cunetas	44
Tabla 21 Tamaños de partículas para agregados	50
Tabla 22 Clasificación de los suelos – método AASHTO	52
Tabla 23 Clasificación de suelos según índice de grupo	53
Tabla 24 Valores correspondientes a las muestras patrón (MACADAM).....	56
Tabla 25 Clasificación Típica de CBR	57
Tabla 26 Rangos de la velocidad de diseño en función a su clasificación	69
Tabla 27 Cuadro de Elementos de Curvas.....	73
Tabla 28 Tipos de suelos de la sub-rasante	75
Tabla 29 Análisis de la Subrasante en Función al C.B.R.....	76
Tabla 30 Estado Situacional del Camino Vecinal en Estudio	82
Tabla 31 Conteo de Trafico del Camino Vecinal	82
Tabla 32 Trafico Actual por Tipo de Vehículo	83

Tabla 33 Resumen de Descripción de los Suelos	84
Tabla 34 Estimación del CBR de Diseño	85
Tabla 35 Características de la Vía Situación Actual	97

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del Proyecto	4
Figura 2. Croquis del Camino	5
Figura 3. Elementos de una Cuerva Simple	18
Figura 4. Altura Libre en Túneles	25
Figura 5. Sección Típica de una Carretera a Media Ladera	27
Figura 6. Gráfico para determinar el Espesor de capa de revestimiento granular.....	34
Figura 7. Catálogo de Capas de Revestimiento Granular	36
Figura 8. Cuneta revestida.....	45
Figura 9. Línea típica revestida. Desagüe de las cunetas	45
Figura 10. Badenes	47
Figura 11. Sección Transversal Típica	74

Resumen

El presente proyecto de tesis denominado **“Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado del Mejoramiento del Camino Vecinal San Pablo – José Pardo (Km 0+000 – Km 15+213), L= 15.213 km, En el Distrito de San Pablo, Provincia Bellavista-San Martín”**, se desarrolló en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. El proyecto de tesis está enfocado para dar a conocer una solución rápida, económica y óptima para el mejoramiento vial, ya que en muchas vías, el descuido en el drenaje o la ausencia de ésta, hace que las mismas se deterioren y presenten agrietamientos, fisuras, etc. Causando malestar para los usuarios, falta de comunicación entre pueblos y ciudades, o en el peor de los casos el cambio total de la carpeta de rodadura. Surgió ante la necesidad de la población que incluyen los productores del sector Peña Negra de solucionar los problemas causados por el mal estado de la vía de acceso y que generan altos costos de flete para el transporte de los productos cultivados en la zona hacia los mercados de consumo, por lo que el presente proyecto de investigación busca solucionar estos problemas, empezando con el diagnóstico de la realidad en cuanto al estado de la vía y la importancia de la misma. Para el Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado, de la vía se realizaron estudios preliminares en campo como , estudio de tráfico, posteriormente en gabinete se realizaron cálculos de diseño siguiendo los parámetros de las normas de diseño geométrico para carreteras no pavimentadas y de bajo volumen de tránsito, determinando los elementos de diseño y posteriormente el espesor del afirmado necesario para garantizar la fácil y óptima transitabilidad de vehículos livianos y pesados, y así facilitar a los productores transportar sus productos en buen estado y con bajo costo de flete hacia los mercados de consumo. Se desarrolló el Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado de la vía proponiendo, elementos de señalización vial, de esta manera contribuir al desarrollo socioeconómico de los productores, así mismo poner en práctica los conocimientos de la carrera de Ingeniería Civil, obtenidos en las aulas de la facultad.

Palabras clave: Diseño Geométrico, Estado, Vía, Transitabilidad.

Abstract

The following thesis project titled as "Pavement Design at Affirmed Level of the San Pablo - José Pardo Neighborhood Road Improvement (Km 0 + 000 - Km 15 + 213), L = 15.213 km, in the District of San Pablo, Provincia Bellavista-San Martín ", was developed in the Faculty of Civil Engineering of the National University of San Martín - Tarapoto. The thesis project is focused on a quick, economic and optimal solution for road improvement, since in many ways, the neglect in the drainage or the absence of it, causes them to deteriorate and present cracks, fissures, etc. Causing discomfort for users, lack of communication between towns and cities, or in the worst case the total change of the rolling folder. It arose in response to the need of the population that includes the producers of the Peña Negra sector to solve the problems caused by the bad state of the access road and that generate high freight costs for the transport of the grown products in the area to the markets of consumption, so that the following research project seeks to solve these problems, starting with the diagnosis of reality in terms of the state of the road and the importance of it. For the Design of Pavement at Affirmed Level, preliminary studies were carried out in the field such as traffic study, later in design calculations were made following the parameters of geometric design standards for unpaved and low volume roads of transit, determining the elements of design and later the thickness of the necessary affirmed to guarantee the easy and optimal passability of light and heavy vehicles, and thus to facilitate the producers to transport their products in good condition and low cost of freight towards the markets of consumption. The Pavement Design was developed at the Affirmed Level of the road, proposing elements of road signs, in this way contributing to the socioeconomic development of the producers, likewise putting into practice the knowledge of the Civil Engineering career, obtained in the classrooms of the faculty.

Keywords: Geometric Design, State, Track, Transitability.



Introducción

El presente trabajo de tesis, se desarrolla en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto como una contribución a la sociedad, debido a la problemática vial de nuestro departamento, y las localidades que requieren desarrollarse.

El aporte consiste en diseñar el pavimento a nivel de afirmado en el sector rural de la provincia de Bellavista, donde se aprecia el mal estado de los caminos vecinales, es así que nace la idea de elaborar el proyecto de tesis denominado **Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado del Mejoramiento del Camino Vecinal San Pablo – José Pardo (Km 0+000 – Km 15+213), L= 15.213 km, En el Distrito de San Pablo, Provincia Bellavista-San Martín**, el mismo que nos permitirá utilizarlo cuando se elabore el expediente técnico del proyecto y de esta manera colaborar al desarrollo de las localidades que se encuentran ubicadas a lo largo del proyecto, y al mismo tiempo poner a disposición de la Universidad una investigación que servirá como base para futuros proyectos de desarrollo.

En nuestra región se puede apreciar que aún existen distritos, centros poblados que no cuentan con sus carreteras y en el mejor de los casos si existen estas, en su mayor parte son caminos vecinales que se encuentran en malas condiciones y que no cumplen con las condiciones mínimas para un eficiente servicio.

Entendiendo así la trascendental importancia de las redes viales y frente a la imperiosa necesidad de contar con un sistema vial eficiente que genere progreso y bienestar social, se ha elaborado el presente trabajo de tesis, denominado **Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado del Mejoramiento del Camino Vecinal San Pablo – José Pardo (Km 0+000 – Km 15+213), L= 15.213 km, En el Distrito de San Pablo, Provincia Bellavista-San Martín**

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Generalidades

El presente trabajo de tesis, se desarrolla en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto como una contribución a la sociedad, debido a la problemática vial de nuestro departamento, y las localidades que requieren desarrollarse.

El aporte consiste en diseñar el pavimento a nivel de afirmado en el sector rural de la provincia de Bellavista, donde se aprecia el mal estado de los caminos vecinales, es así que nace la idea de elaborar el proyecto de tesis denominado “**Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado del Mejoramiento del Camino Vecinal San Pablo – José Pardo (Km 0+000 – Km 15+213), L= 15.213 Km, En el Distrito de San Pablo, Provincia Bellavista-San Martín**”, el mismo que nos permitirá utilizarlo cuando se elabore el expediente técnico del proyecto y de esta manera colaborar al desarrollo de las localidades que se encuentran ubicadas a lo largo del proyecto, y al mismo tiempo poner a disposición de la Universidad una investigación que servirá como base para futuros proyectos de desarrollo.

1.2 Exploración Preliminar Orientado a la Investigación

En la actualidad el país busca un desarrollo integral en base a la eficiencia y calidad de servicios, garantizando para ello la seguridad a los inversionistas privados a fin de facilitar las condiciones de invertir en todos los campos de la actividad económica, y por tanto, el departamento de San Martín no está ajeno a esta realidad, por lo que es necesario e imprescindible estar acorde a la dinámica de desarrollo a fin de no quedarnos marginados, social, cultural y económicamente, y siempre estar a la vanguardia de los cambios estructurales que sufre el país en su conjunto.

El desarrollo de una nación depende en gran medida, de la extensión y el estado de su red vial. Los caminos y las carreteras condicionan a la capacidad y velocidad de movilización de personas y mercaderías, aspectos que repercuten directamente en el progreso social, político y económico.

En el departamento de San Martín, es necesario un plan de desarrollo de la red vial tanto en las carreteras de carácter nacional así como las carreteras del sistema departamental y vecinal; para que integren la unidad del país, de manera que los pueblos interconectados por la red vial, puedan satisfacer sus necesidades de consumo, además de elevar el nivel social, cultural y económico de sus habitantes.

En nuestra región se puede apreciar que aún existen distritos, centros poblados que no cuentan con sus carreteras y en el mejor de los casos si existen estas, en su mayor parte son caminos vecinales que se encuentran en malas condiciones y que no cumplen con las condiciones mínimas para un eficiente servicio.

Entendiendo así la trascendental importancia de las redes viales y frente a la imperiosa necesidad de contar con un sistema vial eficiente que genere progreso y bienestar social, se ha elaborado el presente trabajo de tesis, denominado **Diseño de Pavimento a Nivel de Afirmado del Mejoramiento del Camino Vecinal San Pablo – José Pardo (Km 0+000 – Km 15+213), L= 15.213 km, En el Distrito de San Pablo, Provincia Bellavista-San Martín.**

1.3 Aspectos Generales del Estudio

1.3.1 Características Generales

1.3.1.1 Ubicación Geográfica del Proyecto

El presente Camino vecinal se encuentra ubicado en el Distrito de San Pablo correspondiente a la provincia de Bellavista. El Camino Vecinal se inicia en el Km 0+000 (San Pablo) y termina en el Km 15+213 (José Pardo).

Aspecto Político

Localidad : San Pablo – José Pardo

Distrito : San Pablo

Provincia : Bellavista

Región : San Martín

Tabla 1

Ubicación

Región:	San Martín
Departamento:	San Martín
Provincia:	Bellavista
Distritos:	San Pablo
Latitud Sur:	07° 04' 1''
Longitud Oeste:	76° 35' 05''
Altitud (m.s.n.m.):	400

Fuente: Wikipedia

La Provincia de Bellavista se encuentra ubicada en las coordenadas 07° 04' 1'' latitud sur y 76° 35' 05'' latitud oeste, a 400 metros sobre el nivel del mar en la capital, con una superficie de 8050.9 km².

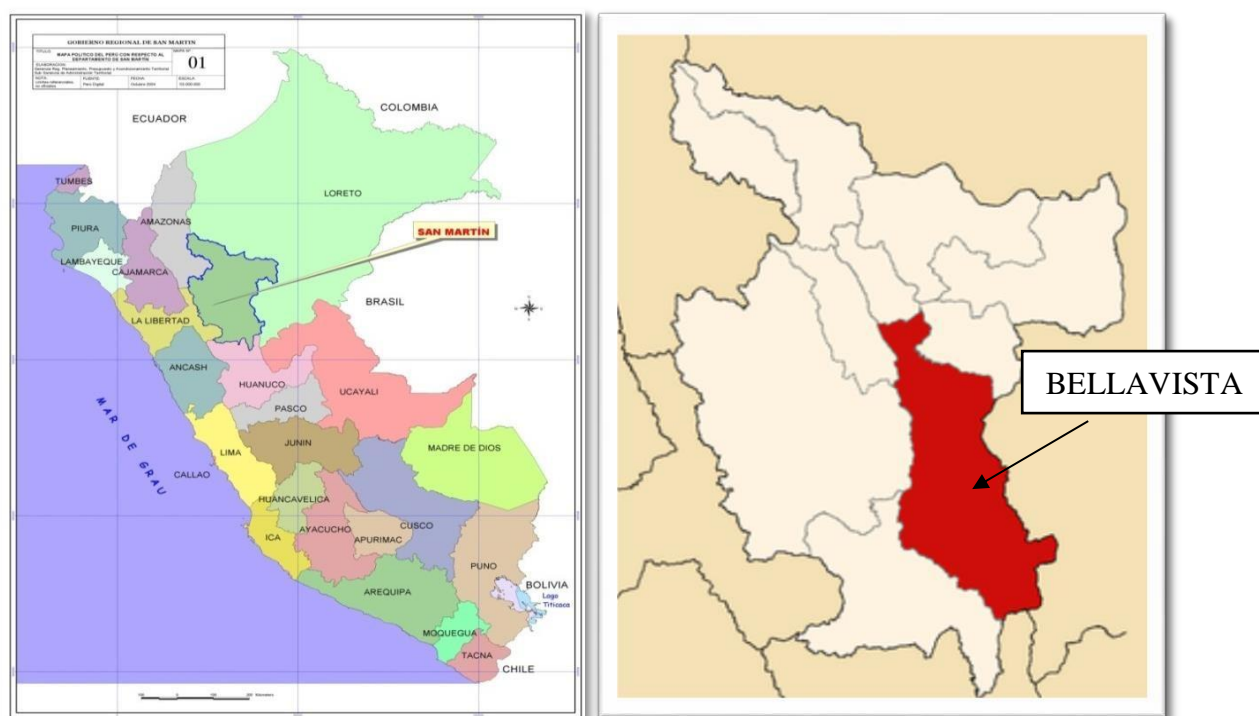
Ubicación del Proyecto

Figura 1. Ubicación del Proyecto (Fuente: Google)

1.3.1.2 Vías de Acceso

La zona de trabajo cuenta con una vía terrestre principal que es la Carretera Fernando Belaunde Terry, esta vía une a la provincia de Moyobamba por el Norte con las ciudades de Rioja, Bagua, Chiclayo (Carretera Panamericana Sur y Norte); y por el sur con las ciudades de Tarapoto, Juanjuí, Tocache, Tingo María, Huánuco, etc. Cabe resaltar que esta vía desde Chiclayo hasta la ciudad de Tarapoto se encuentra asfaltada, con algunos tramos que se encuentran a nivel de afirmado mayormente en tramos críticos por el condicionamiento geológico.

En conclusión podemos afirmar que existen dos vías de acceso hasta la ciudad de Moyobamba:

Lima – Huánuco – Tingo María – Moyobamba – Juanjuí – Tarapoto– Moyobamba (1,083 Km.) utilizando la carretera Central y luego la Carretera Fernando Belaunde Terry con una duración de 30 a 32 horas aproximadamente, en ómnibus. No obstante la menor longitud, esta ruta se encuentra a nivel de afirmado entre el Ramal de Aspuzana (a unos 20 Km. de Tingo María) y Juanjuí, presentando tramos en muy mal estado, en particular el sub – tramo Aucayacu (a unos 45 Km. de Tingo María) – Moyobamba – Juanjuí.

De Moyobamba a 1h 45min. A Tarapoto y de Tarapoto a Bellavista a 1h 36min.

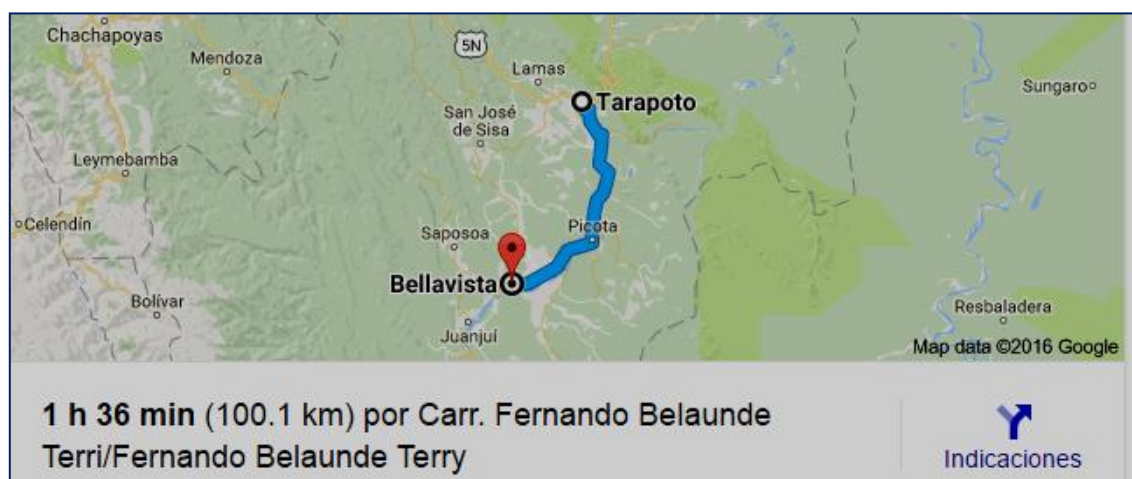


Figura 2. Croquis del Camino (Fuente: Google Map)

1.3.1.3 Aspectos Climáticos

Las temperaturas que corresponden a este tipo climático fluctúan entre 25.0 °C y 26.8 °C; que muestran una oscilación media anual muy estrecha de 18°C. Los promedios mensuales máximos extremos (PMME), y los promedio mensuales mínimos extremos (PMME), también mantienen uniformidad a lo largo del año, así, los promedios máximos varían entre 34.9°C (Enero), y 31.7°C (Junio), siendo los promedios mínimos entre 20.6°C (Abril) y 18.0°C (Julio).

La Humedad Relativa se encuentra alrededor del 80%, siendo ligeramente mayor entre Marzo y Agosto; y menor entre Septiembre y Febrero.

1.3.1.4 Situación Actual de la Vía

El camino vecinal que establece la integración de la localidad de José Pardo con el distrito de San Pablo, tiene una extensión de 15.213 Km, se encuentra actualmente en pésimas condiciones, generado por la falta de una adecuada capa de afirmado en toda su extensión, la inoperatividad de sus cunetas, la falta de bombeo en la rasante; la inexistencia de obras de arte, lo que permite que las aguas de lluvias discurran por la plataforma causando erosión y pérdida de sección en la rasante. Situación que se agrava con el paso de camionetas rurales, lo que a su vez origina que en épocas de lluvias este camino vecinal se vuelva intransitable para cualquier vehículo que intente transitar por ella; motivo por el cual la población tiene muchas dificultades para trasladar sus productos desde los centros de producción a los mercados de consumo local.

El camino se desarrolla bajo una topografía inclinada, con presencia de curvas horizontales con radios moderados, con pendientes que llegan hasta el 18%. La sección del camino generalmente es “En corte” y en algunos tramos “relleno”, existiendo en algunos tramos charcos o humedales que se forman por la falta de un buen drenaje del camino. En la actualidad los vehículos que circulan por la carretera son en su mayoría de tipo liviano y de carga, para sacar los productos de las chacras, y en gran porcentaje las mototaxis y furgonetas.

En el recorrido del tramo se ha podido observar la falta de obras de arte, al igual que las señalizaciones verticales.

1.3.1.5 Área de Influencia

Con la realización de este proyecto de tesis y posterior ejecución, se verán influenciados en su desarrollo, socioeconómico y cultural, San Pablo, José Pardo en el distrito de San Pablo –Provincia de Bellavista.

1.3.1.6 Población Beneficiada

Con la ejecución del Proyecto de tesis en mención se beneficiará la localidad de San Pablo, José Pardo del distrito de San Pablo.

La población directamente beneficiada es de 8,919 habitantes, correspondiente al distrito de San Pablo. Esta población ha sido censada al año 2007 según información del INEI (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática).

Por lo tanto la población directa beneficiada, al año de ejecución del Estudio Definitivo es de 8,919 habitantes según el censo de población Año 2007, como se muestra en la Tabla N° 02.

Tabla 2

Población Censada

PROVINCIA/DISTRITO	1993	2007
Bellavista	34,414	49,293
Bellavista	13,583	14,238
Alto Biavo	3,839	5,917
Bajo Biavo	3,611	11,780
Huallaga	2,190	2,803
San Pablo	8,108	8,919
San Rafael	3,083	5,636

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, Censos Nacionales de Población y Vivienda 1972, 1981, 1993 y 2007 – Oficina Zonal San Martín-Tarapoto.

1.3.1.7 Condiciones Económicas

1.3.1.7.1 Características Socio-Económicas

La población total del ámbito de influencia de la carretera es de **8,919 habitantes** del distrito de San Pablo (Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática).

La Provincia de Bellavista tiene una **Tasa de Crecimiento Promedio Anual de 2.6 %** y el distrito de San Pablo tiene una **Tasa de Crecimiento Promedio Anual de 0.7 %**, con respecto al período 1993 - 2007, como se ve en la Tabla N° 03.

Población censada por Provincia y Distrito; Departamento de San Martín, según Censos 1972, 1981, 1993 y 2007

Tabla 3

Tasa de Crecimiento de la Población

PROVINCIA/DISTRITO	1972	1981	1993-2007
Bellavista	-	-	2.6
Bellavista	3.3	6.4	0.3
Alto Biavo	1.1	3.4	3.1
Bajo Biavo	1.8	3.0	8.8
Huallaga	2.2	-0.6	1.8
San Pablo	4.6	9.1	0.7
San Rafael	2.0	3.4	4.4

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, Compendio Estadístico 2010 Departamento de San Martín.

En cuanto al movimiento emigratorio, este proceso se da en 2 sentidos: el flujo migratorio interno que está definido, principalmente desde las ciudades a las áreas rurales del interior del departamento, y el flujo migratorio externo o extra departamental, con las principales ciudades como son: Bellavista, Mariscal Cáceres Tocache Lima, Chiclayo, Lambayeque, Trujillo, Cajamarca y Amazonas.

1.3.1.7.2 Actividades Principales y Niveles de Vida

La actividad preponderante es sin duda la actividad agropecuaria y también la actividad ganadera.

Los cultivos que producen principalmente son el Café y en la parte baja el Cacao y como forma complementaria plátano, frijol, Maíz entre otros, los cuales no les remunera mucho, por el mal estado de la vía. Y la ganadería en poca proporción.

Los productos agropecuarios que se comercializan en el mercado regional son de un número reducido de personas que poseen mayor cantidad de tierras y ganados y que el volumen de producción les permite cubrir los costos altos de transporte que implica evacuar sus productos hacia el mercado local; sin embargo la mayoría produce sólo para el autoconsumo; el intercambio de sus productos mediante el trueque y un mínimo volumen de comercialización debido a la carencia de una carretera transitable que les facilite evacuar a bajo costo su producción hacia los mercados de consumo, situación que será superada al ejecutarse el presente proyecto.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Antecedentes, Planteamiento, Delimitación, Formulación del Problema a Resolver

1.4.1.1 Antecedentes del Problema

Para poder desarrollar este proyecto de tesis debemos de tener en cuenta los conocimientos adquiridos en las distintas asignaturas desarrolladas en pre grado como Topografía, Caminos I, Caminos II, Pavimentos y Mecánica de Suelos, la integración de estas Asignaturas nos dará como resultado el diseño del pavimento a nivel de afirmado del Proyecto en mención.

La Red Vial Nacional, Departamental, Vecinal y la infraestructura vial urbana del Perú, tiene especial importancia como base para el progreso y bienestar económico y social de los distritos, constituyéndose en integrador y facilitador del intercambio social, cultural y económico de los pueblos, asimismo facilita enormemente la implementación de otros proyectos en Salud, Educación, y Producción.

Las vías nacionales, departamentales, vecinales e infraestructura vial urbana entonces, son un valioso patrimonio nacional que se debe promover, cuidar y preservar mediante políticas adecuadas de gestión y mantenimiento adecuado y oportuno que permita una transitabilidad satisfactoria para los usuarios.

Se ha demostrado, que un apropiado diseño y mantenimiento de la red vial nacional, departamental, vecinal y urbana disminuye significativamente los costos de operación de los vehículos, reduce los tiempos de recorrido, mejora la comodidad para la circulación vehicular y aminora los accidentes de tráfico por causa del mal estado de la vía, todo lo cual facilita el acceso de los bienes producidos en las localidades apartadas hacia los centros consumidores y ayuda a expandir los servicios públicos de diferente índole en las zonas rurales.

Se ha encontrado, dentro del ámbito de la Región San Martín, la realización de Proyectos como **“El Mejoramiento Del Camino Vecinal San Pablo – José Pardo Km 0+000 – Km 15+213, L= 15.213 km., Distrito San Pablo, Provincia Bellavista- San Martín”**

En el Departamento de San Martín, como en todas las regiones de nuestro territorio, uno de los grandes problemas que atrasa el desarrollo integral, es entre otros, principalmente la falta y la intransitabilidad de las vías de comunicación, lo que impide el desarrollo de los pueblos.

El distrito de San Pablo como la localidad de José Pardo , por años han tratado de lograr su desarrollo Socio - Económico, y uno de los problemas que afrontan los pobladores de las mencionadas localidades, es la intransitabilidad de la carretera de acceso que les permita comercializar sus productos agrícolas con los principales mercados de abastos de una forma rápida. Por lo tanto es de vital importancia el mejoramiento de la carretera que integre los pueblos antes mencionados con las red vial principal Arq° Fernando Belaúnde Ferry, para que logren desarrollar sus objetivos socio - económicos ansiados y postergados.

1.4.1.2 Planteamiento del Problema

En la solución de los problemas sociales y económicos del País, y en particular para aumentar la calidad de vida de la población rural y urbana, así como para un mejor desarrollo en la comunicación entre el campo y la ciudad, y de esta manera propiciando que la población rural y urbana cuente con un sistema vial rápido, económico y seguro hacia los mercados de consumo a nivel nacional e internacional. Es por ello que al mejorar una superficie de rodadura, trae mejores oportunidades para el desarrollo de un pueblo, ciudad y el país entero. En la Región San Martín, es necesario un plan de mejoramiento de la red vial, tanto en las carreteras de carácter Nacional, así como las carreteras del sistema Departamental y

Vecinal y de igual manera el sistema vial urbano, para que integren la unidad del país, de manera que los pueblos interconectados por carreteras puedan satisfacer sus necesidades de consumo, además de elevar el nivel social, cultural y económico de sus habitantes.

El problema que actualmente existe en las carreteras e infraestructura vial urbana es el deterioro continuo del pavimento, ya que esto se da por motivos de mal diseño o por problemas geológicos que puede tener la zona. Es por eso que debemos tener en cuenta la gran importancia que tienen los estudios de suelos, la geología, la geotecnia, la topografía, el índice de tránsito y el tipo de tráfico para un buen diseño estructural del pavimento.

El tramo de carretera existente entre la localidad de San Pablo y José Pardo , presenta en la actualidad problemas de intransitabilidad; por el mal estado que se encuentra dicha vía solamente es transitable en época de verano, no permitiendo sacar sus productos a los mercados regionales y nacionales.

1.4.1.3 Delimitación del Problema

El problema está delimitado al **Camino Vecinal San Pablo – José Pardo Km 0+000 – Km 15+213, L= 15.213 km., Distrito San Pablo, Provincia Bellavista- San Martín**

El mejoramiento de éste importante camino vecinal permitirá facilitar el tránsito vehicular de la zona, propiciando el desarrollo de los pueblos involucrados, a través de la cual, los pequeños y medianos agricultores, madereros o ganaderos podrán trasladar sus productos hacia los mercados de comercialización en cualquier época del año con la mayor facilidad del caso.

1.4.1.4 Formulación del Problema a Resolver

Los pobladores de la localidad de San Pablo y José Pardo, del distrito de San Pablo tienen la necesidad de contar con una vía de acceso rápida, que pueda integrarse con la carretera Arq° Fernando Belaunde Terry, y por ende con los principales mercados para comercializar sus productos y elevar cuantitativamente el comercio y el movimiento económico de la zona en estudio.

De manera que es necesario responder la siguiente interrogante: **¿En qué medida el Diseño del Pavimento a Nivel de afirmado del Camino Vecinal San Pablo – José Pardo Km 0+000 – Km 15+213, L= 15.213 km, Distrito San Pablo, Provincia Bellavista- San Martín**”, solucionará el problema de transitabilidad de la vía propuesta y, en este sentido, mejorará las condiciones socioeconómicas de la población de estas localidades y anexos?

1.4.2 Objetivos

1.4.2.1 Objetivo General.

Realizar el Diseño de Pavimento a nivel de afirmado del **“Mejoramiento del Camino Vecinal San Pablo – José Pardo Km 0+000 – Km 15+213, L= 15.213 km., Distrito San Pablo, Provincia Bellavista- San Martín”**

1.4.2.2 Objetivos Específicos.

Ejecutar los estudios de Topografía del tramo propuesto.

Realizar los estudios de Mecánica de Suelos, para el diseño del pavimento del tramo propuesto.

Elaborar el estudio de tráfico en el área del proyecto.

Diseño del Pavimento a nivel de afirmado por el método de NAASRA.

Realizar los estudios hidrológicos del tramo propuesto, para el diseño de las obras de drenaje.

1.4.3 Justificación de la Investigación

La infraestructura vial existente se encuentra en pésimas condiciones, debido a la falta de una capa de afirmado, obviado en la etapa inicial de apertura del camino vecinal, y por las condiciones climatológicas adversas como son; las fuertes precipitaciones que se dan en la zona, así como también la acumulación de agua de lluvia en ciertos tramos, convierte esta carretera en intransitable en épocas de invierno, creando un ambiente inadecuado de traslado de los grandes volúmenes de producción hacia los mercados de consumo y su integración tanto regional como nacional.

En forma general, se puede afirmar que el Camino Vecinal San Pablo – José Pardo, Distrito San Pablo, Provincia Bellavista se encuentra afectada en todo su Longitud, motivo por el

cual la transitabilidad, resulta inadecuada, puesto que los costos de transporte y los tiempos de viaje aumentan, bajo las condiciones indicadas en el párrafo anterior. Asimismo, en algunas ocasiones originan un flujo vehicular restringido, lo que conlleva a que los productos de la zona no lleguen oportunamente al mercado, y la producción tienda a perderse, así como también se tiene la pérdida de horas hombre por los largos tiempos de viaje y por consiguiente la población referenciada presenta dificultad para acceder a servicios básicos como son: educación y salud.

Es de interés para la población que esta situación sea corregida o solucionada, demandando trabajos de Mejoramiento de su vía, con la finalidad de garantizar el flujo vehicular constante, durante todo el año y por consiguiente asegurar mejores ingresos económicos a sus familias.

Entendida así la trascendental importancia de las redes viales y dadas las condiciones socio-económicas actuales de las Localidades de San Pablo y la localidad de José Pardo debido a que entre otros factores no cuenta con una carretera de acceso rápida, que le permita lograr su desarrollo integral está debidamente Justificado la materialización del presente Proyecto de Tesis que va a ser utilizado en el estudio definitivo de dicho camino vecinal.

1.4.4 Delimitación de la Investigación

La investigación se limita a efectuar el **Diseño del Pavimento a Nivel de afirmado del Mejoramiento del Camino Vecinal San Pablo – José Pardo Km 0+000 – Km 15+213, L= 15.213 km., Distrito San Pablo, Provincia Bellavista- San Martín**”, lo que demanda encontrar todos los argumentos justificatorios tanto sociales, económicos y técnicos, que permiten tener un proyecto sustentable para que sea utilizado en el estudio definitivo de dicho camino vecinal.

1.4.5 Marco Teórico

1.4.5.1 Antecedentes de la Investigación

El **Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)**, 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.

El **Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)**, 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.

VALLE RODAS, RAUL en su Texto de Carreteras, Calles y Aeropistas, nos presenta información sobre los principios generales de mecánica de suelos aplicados a la pavimentación así como métodos de cálculo de pavimentos flexibles.

RÍOS VARGAS, CALEB en el año 2000, presentó un trabajo denominado: “Diseño Geométrico y Asfaltado de La Avenida Circunvalación - Tarapoto”, por el cual define el diseño de una vía, pero no elabora el Costo del Presupuesto.

COSVALENTE VELA, NERY, en el año 2005, presentó un trabajo denominado “Asfaltado Jr. Alfonso Ugarte Tarapoto: Presupuesto y Programación, Tramo I: Km 0+000 - Km 1+122.683”.

PONCE TORRES, JUAN en el año 2010, presentó un trabajo denominado “Estudio definitivo a nivel de ejecución del Camino Vecinal Calzada - Sector Potrerillo Tramo: Km 0+000 - Km 2+920”.

BARDALES BARTRA, JORGE LUIS en su tesis: Estudio Definitivo para el Mejoramiento del Camino Vecinal Tioyacu – La Victoria tramo: km 0 + 000 – km 4 + 520, nos indica los criterios para el diseño de pavimentos en una infraestructura.

1.4.5.2 Fundamentación Teórica de la Investigación

1.4.5.2.1 Clasificación de carreteras

1.4.5.2.1.1 Según su Función

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), en el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, vías que conforman el mayor porcentaje del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), establece que “*por su función las carreteras se clasifican en:*

- a) Carreteras de la Red Vial Nacional.
- b) Carreteras de la Red Vial Departamental o Regional.
- c) Carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural”.

1.4.5.2.1.2 Según el Servicio

Asimismo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, según norma establece que, a pesar que las Normas peruanas para Diseño de Carreteras no considera una sub clasificación de los Caminos Vecinales, “la Oficina de Asesoría Técnica del Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha emitido el proyecto de Normas para el Diseño de Caminos Vecinales que complementa a las Normas Viales vigentes con el propósito de lograr un aprovechamiento más racional de las inversiones”.

A continuación se detalla la subclasificación de los caminos vecinales y según la cual se considera al presente proyecto como un Camino Vecinal Tipo CV – 3

Camino CV - 1 tráfico de diseño con un IMD entre 100 y 200 veh/día.

Camino CV - 2 tráfico de diseño con un IMD entre 30 y 100 veh/día.

Camino CV - 3 tráfico de diseño con un IMD hasta 30 veh/día.

Trochas carrozables - Sin IMD definido”.

1.4.5.2.2 Derecho de Vía

1.4.5.2.2.1 Ancho Normal

El MTC, establece que *“La faja de dominio o derecho de vía, dentro de la que se encuentra la carretera y sus obras complementarias, se extenderá hasta 5.00 m más allá del borde de los cortes, del pie de los terraplenes o de borde más alejado de las obras de drenaje que eventualmente se construyen”.*

1.4.5.2.2.2 Ancho Mínimo

El MTC también precisa que “en zona Urbana el ancho necesario no será menor de 10.00 mts, es decir 5.00 mts. a cada lado del eje.

En zona de Cultivo el ancho requerido no será menor de 15 m.

En zona de Montaña el ancho requerido será menor de 20 m”.

1.4.5.2.3 Previsión de Ensanche

Asimismo, que “en zonas donde es frecuente el tránsito de animales de carga y ganado que no pueda ser desviado por caminos de herradura, se ampliará la faja de dominio en un ancho suficiente”.

1.4.5.2.4 Diseño Geométrico

1.4.5.2.4.1 Distancia de Visibilidad

El MTC establece que “Distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante de la carretera que es visible al conductor del vehículo. En diseño, se consideran tres distancias: la de visibilidad suficiente para detener el vehículo; la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaja a velocidad inferior en el mismo sentido; y la distancia requerida para cruzar o ingresar a una carretera de mayor importancia”.

1.4.5.2.4.2 Visibilidad de Parada

Para el MTC “Distancia de visibilidad de parada es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria.

Para efecto de la determinación de la visibilidad de parada se considera que el objetivo inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante de la carretera”.

1.4.5.2.5 Elementos del Diseño Geométrico

El Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, elaborado por el MTC, 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.

1.4.5.2.6 Alineamiento Horizontal

El Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (en adelante el Manual), elaborado por el MTC, indica lo siguiente:

1.4.5.2.6.1 Consideraciones para el Alineamiento Horizontal

El Manual establece que “el alineamiento horizontal deberá permitir la circulación ininterrumpida de los Vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible.

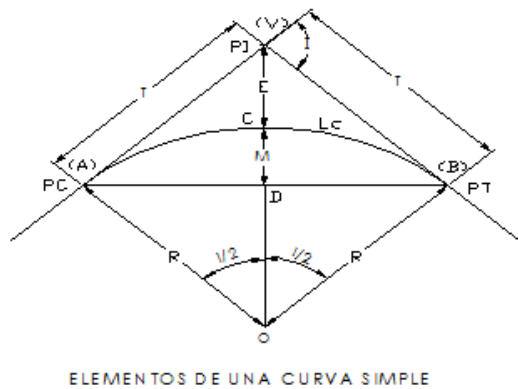
El alineamiento carretero se hará tan directo como sea conveniente adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambios de dirección. El trazado en planta de un tramo carretero está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición”.

1.4.5.2.6.2 Curvas Horizontales

También el Manual indica que “el mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción para una velocidad directriz determinada”. En la Tabla N° 05 (cuadro N° 3.2.6.1b) se muestran los radios mínimos y los peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz.

“En el alineamiento horizontal de un tramo carretero diseñado para una velocidad directriz, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo”. En general, se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas.

Elementos de curvas horizontales. Los elementos de curvas horizontales que permiten su ubicación y trazo en el campo se muestran en la Tabla N° 04:



ELEMENTOS DE UNA CURVA SIMPLE

Figura 3. Elementos de una Curva Simple

Tabla 4

Elemento de una Curva Simple

Elemento	Símbolo	Fórmula
Tangente	T	$T = R \tan (I / 2)$
Longitud de curva	Lc	$Lc = \pi R I / 180^\circ$
Cuerda	C	$C = 2 R \text{ Sen } (I / 2)$
Externa	E	$E = R [\text{Sec } (I / 2) - 1]$
Flecha	F	$f = R [1 - \text{Cos } (I / 2)]$

Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras

1.4.5.2.6.3 El Peralte de la Carretera

El Manual, elaborado por el MTC, indica lo siguiente: *Se denomina **peralte** a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga. Las curvas horizontales deben ser peraltadas.*

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

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 (0.01 e_{\max} + f_{\max})}$$

Tabla 5

Radios Mínicos y Peraltes Máximos en curvas

Cuadro N°3.2.6.1b
RADIOS MÍNIMOS Y PERALTES MÁXIMOS

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e(%)	Valor límite de fricción f_{max}	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

1.4.5.2.7 Alineamiento Vertical

1.4.5.2.7.1 Consideraciones para el Alineamiento Vertical

El Manual establece que “en el diseño vertical, el perfil longitudinal conforma la rasante, la misma que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales dichas rectas son tangentes.

Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante. El diseño de estas curvas asegurará distancias de visibilidad adecuadas.

El sistema de cotas del proyecto se referirá en lo posible al nivel medio del mar, para lo cual se enlazarán los puntos de referencia del estudio con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional.

A efectos de definir el perfil longitudinal, se considerarán como muy importantes las características funcionales de seguridad y comodidad que se deriven de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una transición gradual continua entre tramos con pendientes diferentes. Para la definición del perfil longitudinal se adoptarán los siguientes criterios, salvo casos suficientemente justificados:

En carreteras de calzada única, el eje que define el perfil coincidirá con el eje central de la calzada, Salvo casos especiales en terreno llano, la rasante estará por encima del terreno a fin de favorecer el drenaje. En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante se acomodará a las inflexiones del terreno, de acuerdo con los criterios de seguridad, visibilidad y estética.

En terreno montañoso y en terreno escarpado, también se acomodará la rasante al relieve del terreno evitando los tramos en contra pendiente cuando debe vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario del recorrido de la carretera.

Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas que presente variaciones graduales entre los alineamientos, de modo compatible con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.

Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica podrán emplearse en el trazado cuando resulte indispensable. El modo y oportunidad de la aplicación de las pendientes determinarán la calidad y apariencia de la carretera.

Rasantes de lomo quebrado (dos curvas verticales de mismo sentido, unidas por una alineación corta), deberán ser evitadas siempre que sea posible. En casos de curvas convexas, se generan largos sectores con visibilidad restringida y cuando son cóncavas, la visibilidad del conjunto resulta antiestética y se generan confusiones en la apreciación de las distancias y curvaturas”.

1.4.5.2.8 Pendiente

El Manual indica que “en los tramos en corte, se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%”.

1.4.5.2.9 Sección Transversal

1.4.5.2.9.1 Calzada

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”.

En la Tabla N° 6 (cuadro N° 3.5.1.a), 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 6

Ancho mínimo de calzada en tangente

CUADRO N° 3.5.1.a
ANCHO MÍNIMO DESEABLE DE LA CALZADA EN TANGENTE (en metros)

Tráfico IMDA	<15	16 á 50	51 á 100	101 á 200
Velocidad Km./h	*	**	**	**
25	3.50	3.50	5.00	5.50
30	3.50	4.00	5.50	5.50
40	3.50	5.50	5.50	6.00
50	3.50	5.50	6.00	6.00
60		5.50	6.00	6.00

* Calzada de un solo carril, con plazoleta de cruce y/o adelantamiento.

** Carreteras con predominio de tráfico pesado.

Fuente: MTC: Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

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.

Las carreteras no pavimentadas estarán provistas de bombeo con valores entre 2% y 3%. En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte. En las carreteras de bajo volumen de tránsito con IMDA inferior a 200 veh/día, se puede sustituir el bombeo por una inclinación transversal de la superficie de rodadura de 2.5% a 3% hacia uno de los lados de la calzada”.

Para determinar el ancho de la calzada en un tramo en curva, deberán considerarse las secciones indicadas en el cuadro N° 3.5.1.a. Estarán provistas de sobre anchos, en los tramos en curva, de acuerdo a lo indicado en la Tabla N° 7 (cuadro N° 3.2.7).

Tabla 7

Sobre Ancho de Calzada (m)

**CUADRO N° 3.2.7
SOBRE ANCHO DE LA CALZADA EN CURVAS CIRCULARES (m)
(Calzada de dos carriles de circulación)**

Velocidad directriz km/h	Radio de curva (m)																
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	300	400	500	750	1000
20	*	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.70	0.55	0.39	0.30	0.25	0.18	0.14
30			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79	0.62	0.44	0.35	0.30	0.22	0.18
40					2.68	2.20	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	0.69	0.50	0.40	0.34	0.25	0.21
50								1.57	1.31	1.10	0.95	0.76	0.56	0.45	0.39	0.29	0.24
60									1.41	1.19	1.03	0.83	0.62	0.50	0.43	0.33	0.27

* Para Radio de 10 m se debe usar plantilla de la maniobra del vehículo de diseño

Fuente: MTC: Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

1.4.5.2.9.2 Bermas

El Manual indica que “a cada lado de la calzada, se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías.

Cuando se coloque guardavías se construirá un sobre ancho de min. 0.50 m.

En los tramos en tangentes las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.

La berma situada en el lado inferior del peralte seguirá la inclinación de este cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al 4%.

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 inclinada hacia la calzada con una inclinación igual a la inclinación del peralte menos 7%”.

1.4.5.2.9.3 Ancho de la Plataforma

El ancho de la plataforma a rasante terminada resulta de la suma del ancho en calzada y del ancho de las bermas. La plataforma a nivel de la subrasante tendrá un ancho necesario para recibir sobre ella la capa o capas integrantes del afirmado y la cuneta de drenaje.

1.4.5.2.9.3.1 Sobreancho

Según el Manual para Diseño Geométrico de Carreteras, “se define al Sobreancho, como el ancho adicional que se debe dar a la superficie de rodadura en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido, al contrarrestar la fuerza centrífuga que se genera en los vehículos”.

El Sobreancho varía según el tipo de vehículo considerado, ya que es función de la distancia entre ejes del mismo. Para el tramo en estudio se ha tomado un valor de 6.00 mts., que corresponde a la distancia entre ejes de un camión, ya que este es el medio de transporte más utilizado en las zonas de cultivo.

El Sobreancho se obtiene de la fórmula:

$$S = n \times \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{Vd}{10\sqrt{R}} \quad \dots\dots (2)$$

Donde:

S = Sobreancho

n = Número de carriles

Vd = Velocidad Directriz

L = Distancia entre ejes del vehículo

R = Radio de la curva

1.4.5.2.9.4 Plazoletas

El Manual establece que “en carreteras de un solo carril con dos sentidos de tránsito, se construirán ensanches en la plataforma, cada 500 m como mínimo para que puedan cruzarse los vehículos opuestos o adelantarse aquellos del mismo sentido.

La ubicación de las plazoletas se fijará de preferencia en los puntos que combinen mejor la visibilidad a lo largo de la carretera con la facilidad de ensanchar la plataforma”.

1.4.5.2.9.5 Dimensiones en los Pasos Inferiores

El Manual establece que “la altura libre deseable sobre la carretera será de por lo menos 5.00 m. En los túneles, la altura libre no será menor de 5.50. Ver figura N° 4 (figura 3.5.5.1).

Cuando la carretera pasa debajo de una obra de arte vial, su sección transversal permanece inalterada y los estribos o pilares de la obra debajo de la cual pasa deben encontrarse fuera de las bermas o de las cunetas eventuales agregándose una sobre berma no menor a 0.50 (1.50 deseable)”.

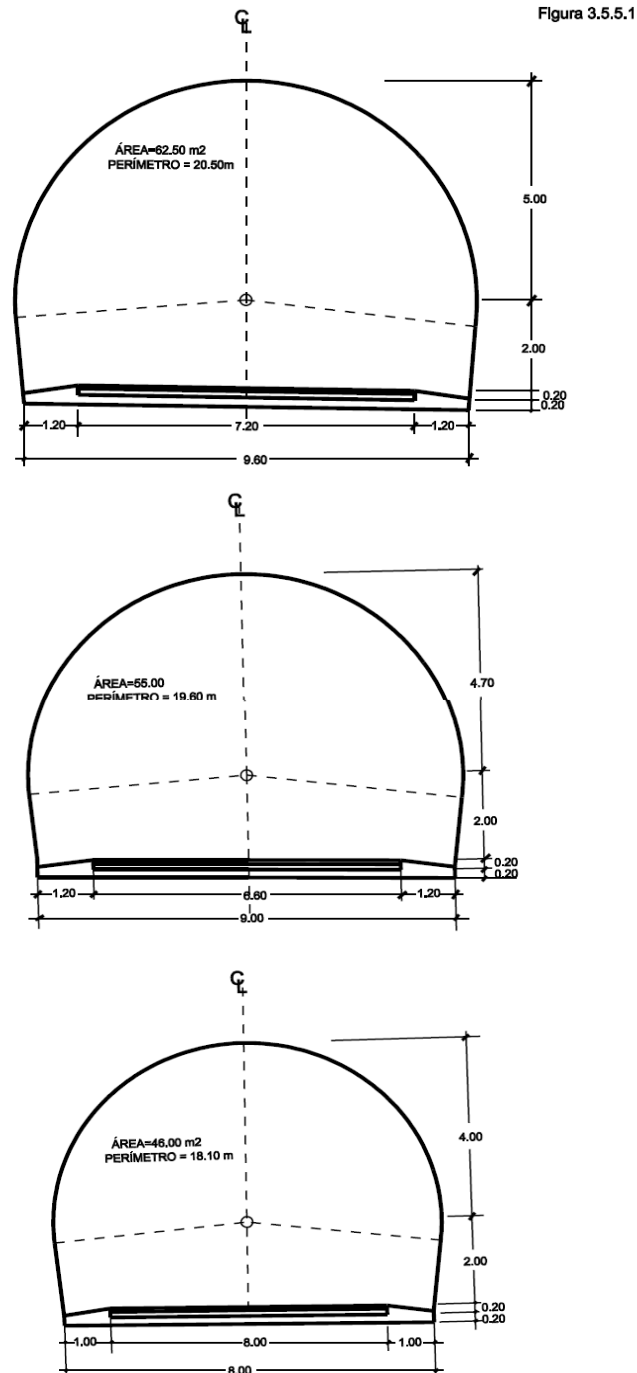


Figura 4. Altura Libre en Túneles (Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.)

1.4.5.2.9.6 Taludes

Según el Manual “los taludes para las secciones en corte y relleno variarán de acuerdo a la estabilidad de los terrenos en que están practicados. Las alturas admisibles del talud y su inclinación se determinarán en lo posible, por medio de ensayos y cálculos o tomando en

cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes de corte ejecutados en rocas o suelos de naturaleza y características geotécnicas similares que se mantienen estables ante condiciones ambientales semejantes”.

Los valores de la inclinación de los taludes en corte y relleno serán de un modo referencial los indicados en la Tabla N° 8 (Cuadro N° 5.2.1) y Tabla N° 9 (Cuadro N° 5.2.2) respectivamente, como se indica:

Tabla 8

Taludes de Corte

**CUADRO N° 5.2.1
TALUDES DE CORTE**

CLASE DE TERRENO	TALUD (V: H)		
	H < 5	5 < H < 10	H > 10
Roca fija	10 : 1	(*)	(**)
Roca suelta	6 : 1 - 4 : 1	(*)	(**)
Conglomerados cementados	4 : 1	(*)	(**)
Suelos consolidados compactos	4 : 1	(*)	(**)
Conglomerados comunes	3 : 1	(*)	(**)
Tierra compacta	2 : 1 - 1 : 1	(*)	(**)
Tierra suelta	1 : 1	(*)	(**)
Arenas sueltas	1 : 2	(*)	(**)
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	1 : 2 hasta 1 : 3	(*)	(**)

(*) Requiere banquetta o análisis de estabilidad

(**) Requiere análisis de estabilidad

Fuente: MTC: Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Tabla 9.

Taludes de Relleno

Cuadro N° 5.2.2

TALUDES DE RELLENO			
MATERIALES	TALUD (V : H)		
	H < 5	5 < H < 10	H > 10
Enrocado	1 : 1	(*)	(**)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1 : 1.5	(*)	(**)
Arena compactada	1 : 2	(*)	(**)

(*) Requiere banquetta o análisis de estabilidad

(**) Requiere análisis de estabilidad

Fuente: MTC: Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

1.4.5.2.9.7 Sección Transversal Típica

Según el Manual “la figura N° 5 (figura 3.5.7.1) ilustra una sección transversal típica de la carretera, a media ladera, que permite observar hacia el lado derecho la estabilización del talud de corte y hacia el lado izquierdo, el talud estable de relleno. Ambos detalles por separado, grafican en el caso de presentarse en ambos lados, la situación denominada, en el primer caso carreteras en cortes cerrados y, en el segundo caso de carreteras en relleno”.

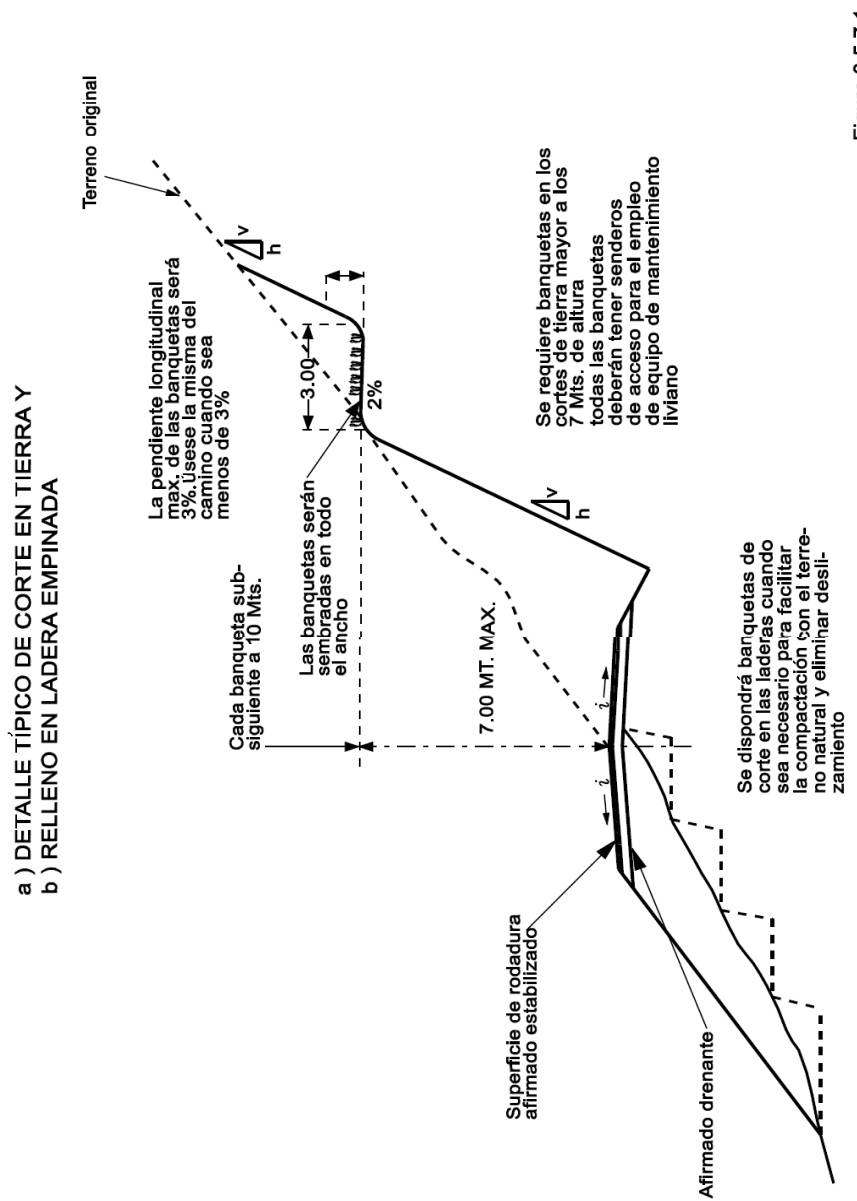


Figura 3.5.7.1

Figura 5. Sección Típica de una Carretera a Media Ladera (Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.)

1.4.5.2.10 Composición de Tráfico

Según el Manual, “el método aproximado consiste en determinar un factor de composición de tráfico (M) basado en tres categorías de porcentajes de camiones (Bajo, Mediano y Alto) y tres categorías de rango probable de la distribución de ejes de carga (Liviano, Mediano y Pesado), de los camiones. Una vez estimado el factor M, el cálculo de N de ejes equivalentes a 18 kips, durante el primer año y durante el periodo de diseño (en función de la tasa de crecimiento), se realiza en forma convencional”.

1.4.5.2.11 Capacidad Portante del Suelo de Rasante

Para el Manual, “el suelo de rasante es la capa superficial de las explanaciones y sobre el que se construye la estructura del pavimento. El diseño del espesor del pavimento se basa en el valor de la resistencia mecánica de este suelo. Las curvas de diseño mostrados en la Fig. 06 se basan en el indicador de la resistencia del suelo más difundido y que es el Valor Soporte de California o **C.B.R.** (California Bearing Ratio)”.

1.4.5.2.12 Especificaciones Para Material de Lastrado

1.4.5.2.12.1 Granulometría

Se podrán utilizar los usos granulométricos de los materiales a emplearse como lastrado, siendo estos los siguientes (Tabla 10):

Tabla 10

Granulometría para Material de Afirmado

MALLA N°	A	B	C	D
2	100	100	--	--
1	--	75-95	100	100
3/8	30-65	40-75	50-85	60-100
4	25-55	30-60	35-65	50-85
10	15-40	20-45	25-50	40-70
40	8-20	15-30	15-30	25-45
200	2.8	5-15	5-15	8-15

Fuente: M.T.C: Especificaciones Técnicas de Rehabilitación Mejoramiento y Mantenimiento de Caminos Vecinales.

Tendrá una tolerancia de:

6% máximo deberá retener la malla de 2”

40% máximo deberá pasar la malla de 4”

Resultados:

CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca = 45%

El valor calculado Indica que los materiales a usarse en la construcción del pavimento deberá tener un CBR al 100% de la Densidad Máxima del 65% como mínimo.

1.4.5.2.12.2 Requisito Para el Material de Lastrado

En general, los materiales granulares que conforman las capas del pavimento lastrado deberán tener las siguientes características:

“El tamaño máximo del agregado debe tener entre 2” con el objetivo de facilitar el mantenimiento, aumentar la resistencia y la durabilidad de capa, así como para mejorar el rodamiento de los vehículos.

El porcentaje pasante del tamiz N^o 200 debe de estar entre 10 y 25% según sea el tamaño máximo del agregado, con la finalidad de reducir la permeabilidad de la capa y disminuir la infiltración de agua de las capas inferiores.

Los finos en una capa granular de rodadura sin revestimiento deben poseer un índice de plasticidad adecuado ya que los finos plásticos sirven como material cementante y ligante de la matriz granular, aumentado la durabilidad de la capa y reduciendo la pérdida del material de rodadura.

La capa del pavimento afirmado estará constituido por gravas naturales sin triturar, mezclados con la cantidad necesaria de finos locales para satisfacer la granulometría y plasticidad requeridas. Estas mezclas deberán experimentarse valores de CBR mayores de 65%, para ensayos de laboratorio en muestras moldeados al 100% de la máxima densidad Próctor (AASHTO 1-180), y dentro de un rango de contenido de humedad del 3% así mismo las pérdidas observadas en los ensayos de abrasión en la Máquina de los Ángeles no deberán

tener perdida al desgaste mayores al 50%.

En cuanto a las consideraciones constructivas de compactación, la capa de pavimento deberá tener una densidad mayor o Igual al 95% de la densidad máxima obtenida según el ensayo Próctor Modificado (Norma AASHTO 1-1 80-D)".

1.4.5.2.13 Estudio de Pavimentos

MÉTODO DEL NAASRA: Según **OZROADS**, señala que NAASRA hoy Austroads "es el órgano principal en Australia para el transporte por carretera. Austroads produce los estándares de Australia para la construcción de carreteras y el diseño, así como directrices para la planificación urbana.

Una conferencia de la Commonwealth y Ministros de Estado de Transportes, en Melbourne en 1933 decidió que debía haber una conferencia anual de la autoridad estatal de carreteras ejecutivos. Como resultado, el Comisionado de NSW para Carreteras principales instigó la Primera Conferencia Anual de Autoridades carretera estatal (COSRA) y escribió en su invitación que "sería una buena cosa para que nos reunamos los hombres carretera interesados en el desarrollo de nuestros estados y de transporte instalaciones, y hay muchos problemas que se cree podría tratarse mejor en forma conjunta.

La primera reunión COSRA tuvo lugar en Melbourne durante 3 días en febrero de 1934. El programa se ocupa de asuntos como la organización de la conferencia, las finanzas carreteras y la legislación, la coordinación de la investigación y la difusión de información, junto con una serie de cuestiones técnicas. El principal beneficio de COSRA es que se dio a las autoridades de carreteras del Estado la oportunidad de descubrir lo que otros estados estaban haciendo. En lugar de cada estado tratando de resolver los mismos problemas, podrían hacer una contribución independiente pero coordinada a la solución.

Hubo dos reuniones cada año, uno de los cuales los responsables de las autoridades de tráfico del estado asistieron y el otro que era una reunión de sus oficiales técnicos. Las reuniones técnicas abordan cuestiones de ingeniería y prácticas de política en detalle, ayudando a crear innovaciones que luego se convirtieron en algo común, como un método estándar para el uso de hitos o cuestiones más complejas como la carga de diseño de puentes. En 1939, la

conferencia fue pospuesta indefinidamente debido a la Segunda Guerra Mundial y no se reanudó hasta 1945.

Según el MTC después de la guerra, COSRA se reanudó y una de las cuestiones clave abordadas por la Conferencia fue la de señalamiento de la ruta. COSRA trabajó para elaborar un plan maestro para un esquema de la ruta nacional marcado en 1954, diseñado para producir un sistema de navegación que fue consistente a través de todo el país, independientemente de las fronteras estatales.

La primera ruta que se firmó como un ensayo fue la Ruta Nacional 31 (Hume Highway) en 1954 y el plan fue ampliamente exitosa. Para mantener el sistema nacional, COSRA fue inculcado como la autoridad de coordinación - todas las propuestas de cambios en el sistema de la Ruta Nacional tenían que ser aprobados por COSRA. La Secretaría de COSRA lleva un registro de las rutas nacionales aprobadas, sin embargo, este registro parece haber sido destruidos o perdidos como parece que no puede recuperarlo.

El nombre de la conferencia fue cambiado a la Asociación Nacional de Autoridades Australia State Road '(NAASRA) en octubre de 1959 para reflejar su crecimiento en una organización, no sólo a una conferencia. En 1960 NAASRA creó la Junta de Investigación del Camino australiano (ARRB) para coordinar mejor y fomentar la investigación en todos los aspectos de la carretera de decisiones, la planificación y la gestión.

NAASRA continuó en COSRA dejó en la coordinación de los sistemas de señalización de ruta a través de Australia. Se establecieron directrices para garantizar la uniformidad en la señalización del sistema nacional de ruta y directrices desarrolladas para el establecimiento de un sistema de marcado de la ruta estatal”.

1.4.5.2.14 Diseño Estructural

En el diseño de un pavimento moderno, es de primera importancia evaluar las cantidades y los pesos de las cargas por eje supuestos a aplicarse al pavimento durante un período de tiempo dado.

Las investigaciones nos muestran que el efecto sobre el comportamiento del pavimento, de una carga por eje de mayor, puede representarse por una cantidad equivalente a 8.2 Tn de

aplicación de carga por eje simple. Como referencia del cálculo se presenta la tabla siguiente, para períodos de 5 y 10 años (Tabla 11)

Tabla 11

Estudio de IMDA

IMDA (total ambos sentidos)	Veh. Pesados (carril de diseño)	5 años (carril de diseño)		10 años (carril de diseño)	
		N° Repeticiones EE 8.2 tn	N° Repeticiones EE 8.2 tn	N° Repeticiones EE 8.2 tn	N° Repeticiones EE 8.2 tn
10	3	13,565	1.36E+04	15,725	1.57E+04
20	6	27,130	2.71E+04	31,451	3.15E+04
30	9	40,695	4.07E+04	47,176	4.72E+04
40	12	56,197	5.62E+04	65,148	6.51E+04
50	15	67,824	6.78E+04	78,627	7.86E+04
60	17	75,576	7.56E+04	87,613	8.76E+04
70	20	96,892	9.69E+04	112,324	1.12E+05
80	23	104,643	1.05E+05	121,310	1.21E+05
90	26	122,084	1.22E+05	141,528	1.42E+05
100	28	131,773	1.32E+05	152,761	1.53E+05
110	31	147,275	1.47E+05	170,733	1.71E+05
120	34	160,840	1.61E+05	186,458	1.86E+05
130	37	172,467	1.72E+05	199,937	2.00E+05
140	40	187,970	1.88E+05	217,909	2.18E+05
150	43	203,473	2.03E+05	235,881	2.36E+05
160	45	209,286	2.09E+05	242,620	2.43E+05
170	48	226,727	2.27E+05	262,838	2.63E+05
180	51	236,416	2.36E+05	274,071	2.74E+05
190	54	253,856	2.54E+05	294,289	2.94E+05
200	56	265,483	2.65E+05	307,768	3.08E+05
250	71	335,245	3.35E+05	388,641	3.89E+05
300	84	399,194	3.99E+05	462,775	4.63E+05
350	99	468,956	4.69E+05	543,648	5.44E+05
400	112	529,029	5.29E+05	613,289	6.13E+05

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito

1.4.5.2.15 Tipos de Tránsito

Según el autor del Libro Carretera, Calles y Aeropistas del Ing. Raúl Valles Rodas:

Los diferentes tipos de tránsito que se considera para el método de espesores de afirmado son los siguientes:

Tránsito Ligero (Liviano): Es aquel que tiene un tránsito comercial menor de 50 camiones y autobuses diarios.

Tránsito Mediano: Aquel cuyo tránsito comercial está comprendido entre 50 y 300 camiones y autobuses diarios.

Tránsito Pesado: Aquel que tiene un tránsito comercial mayor de 300 camiones y autobuses diarios.

En todo los casos que se vienen de describir, se supone que un máximo del 15% de vehículos, tiene una carga por rueda de 9,000 las. (5.364 Kilogramos).

Tabla 12

Clase de tráfico que circula por el tramo en estudio

CLASE	T0	T1	T2	T3
IMDA (Total vehículos ambos sentidos)	< 15	16 - 50	51 - 100	101 - 200
Vehículos pesados (carril de diseño)	< 6	6 - 15	16 - 28	29 - 56
Nº Rep. EE (carril de diseño)	< 2.5x10 ⁴	2.6x10 ⁴ - 7.8x10 ⁴	7.9x10 ⁴ - 1.5x10 ⁵	1.6x10 ⁵ - 3.1x10 ⁵

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de grava o afirmado, se desarrolló el método de NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities (hoy AUSTROADS)).

Método 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

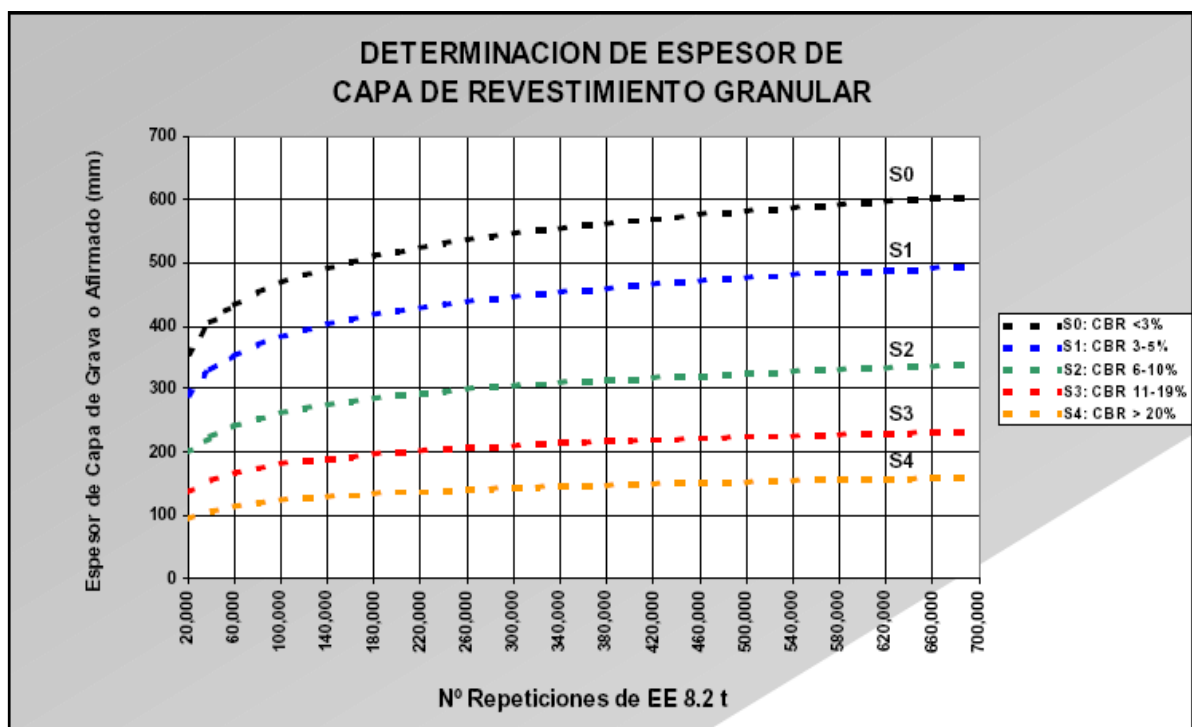


Figura 6. Gráfico para determinar el Espesor de capa de revestimiento granular (Fuente: Elaboración en base a la ecuación de diseño del método NAASRA)

Para los tráficos tipo T2, T3 y T4 el espesor total determinado, está compuesto por dos capas: una capa superficial que es una grava estabilizada con finos ligante y una capa inferior de grava drenante, cuya diferencia depende del tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla.

En todo caso se podrá optimizar las secciones de pavimento propuestas, para lo cual se analizará las condiciones de la subrasante, la calidad de los materiales de las canteras, la

demanda específica de tráfico en el tramo y se determinarán los espesores necesarios de la nueva estructura del pavimento; en caso, de que el tramo tenga una capa de afirmado, se aprovechará el aporte estructural de la capa existente, solo se colocará el espesor de afirmado necesario o el mínimo constructivo (100mm) para completar el espesor obtenido según la metodología de diseño adoptada.

Según la gráfica del método, para determinar el espesor de la capa granular de rodadura, se deberá conocer la capacidad soporte del suelo (C.B.R.) del terreno de fundación, la intensidad del tráfico, en número de ejes equivalentes al eje estándar de 18,000 libras de carga, en el periodo de diseño y la calidad de material a emplear como capa granular.

Calculo de Esal: Según **Cuevadelcivil.Com** “se utiliza para determinar el efecto destructivo, dependiendo de las cargas y tipo de ejes de los vehículos.

Es la cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips (8,16 t = 80 kN) para un periodo determinado, utilizamos esta carga equivalente por efectos de cálculo ya que el tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes.

Los ejes equivalentes se los denominara ESAL's (equivalent simple axial load – sencilla carga axial equivalente)”.

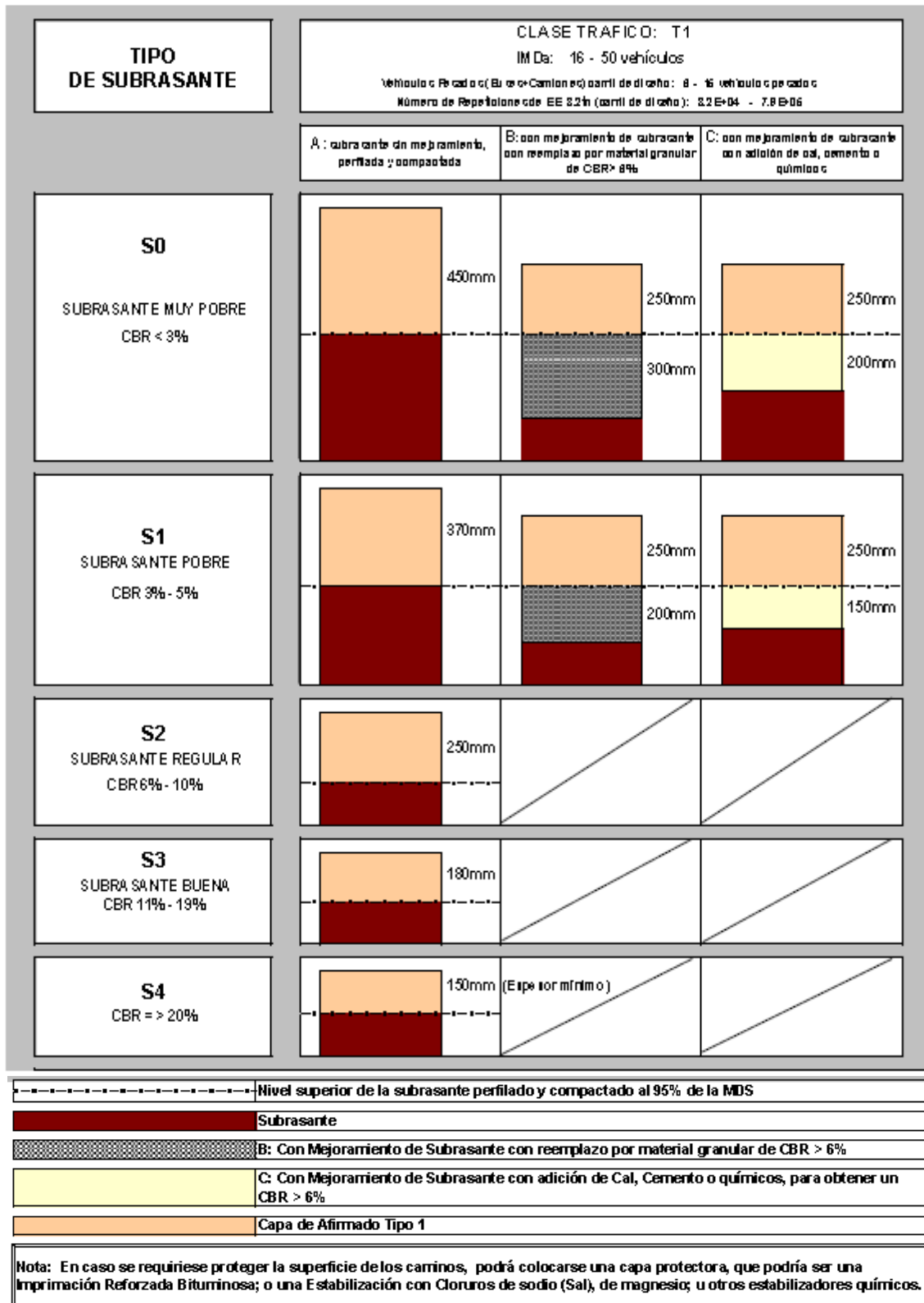


Figura 7. Catálogo de Capas de Revestimiento Granular (Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones)

1.4.5.2.16 Estudio Hidrológico y Drenaje

1.4.5.2.16.1 Generalidades

El sistema de drenaje de un camino tiene esencialmente dos finalidades:

- a) Preservar la estabilidad de la superficie y del cuerpo de la plataforma del camino.
- b) Restituir las características de los sistemas de drenaje y/o de conducción de aguas, natural del terreno o artificial, de estructuras, construidas previamente, que serían dañadas o modificadas por la construcción de camino; y que sin un debido cuidado en el proyecto, resultarían causando daños, algunos posiblemente irreparables, en el medio ambiente.

1.4.5.2.16.2 Drenaje Superficial

1.4.5.2.16.2.1 Consideraciones Generales

Finalidad del Drenaje Superficial

El drenaje superficial tiene como finalidad alejar las aguas del camino, para evitar el impacto negativo de las mismas sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad.

El adecuado drenaje es esencial para evitar la destrucción total o parcial de un camino y reducir los impactos indeseables al ambiente debido a la modificación de la escorrentía a lo largo de este.

El drenaje superficial comprende:

La recolección de las aguas procedentes de la plataforma y sus taludes.

La evacuación de las aguas recolectadas hacia cauces naturales.

La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por el camino.

Criterios Funcionales

Los elementos del drenaje superficial se elegirán teniendo en cuenta criterios funcionales según se menciona a continuación:

Las soluciones técnicas disponibles.

La facilidad de su obtención y así como los costos de construcción y mantenimiento.

Los daños que eventualmente producirían los caudales de agua correspondientes al periodo de retorno, es decir, los máximos del periodo de diseño. Al paso del caudal de diseño, elegido

de acuerdo al periodo de retorno, y considerando el riesgo de obstrucción de los elementos del drenaje se deberá cumplir las siguientes condiciones:

En los elementos de drenaje superficial la velocidad del agua será tal que no produzca daños por erosión ni por sedimentación. El máximo nivel de la lámina de agua será tal que siempre se mantenga un borde libre no menor de 0.10 m. Los daños materiales, a terceros, producibles por una eventual inundación de zonas aledañas al camino, debida a la sobre elevación del nivel de la corriente en un cauce, provocada por la presencia de una obra de drenaje transversal, no deberán alcanzar la condición de catastróficos.

Periodo de Retorno

La selección del caudal de diseño para el cual debe proyectarse un elemento del drenaje superficial está relacionado con la probabilidad o riesgo que ese caudal sea excedido durante el periodo para el cual se diseña el camino. El riesgo o probabilidad de excedencia de una caudal en un intervalo de años está relacionado con la frecuencia histórica de su aparición o con el periodo de retorno.

En la tabla N° 13 se muestran los valores del riesgo de excedencia, del caudal de diseño, durante la vida útil del elemento de drenaje, para diversos períodos de retorno.

Tabla 13

Riesgo de excedencia (%)

PERIODO DE RETORNO	AÑOS DE VIDA ÚTIL				
	10	20	25	50	100
10	65.13%	87.84%	92.82%	99.48%	99.99%
15	49.84%	74.84%	81.18%	96.82%	99.90%
20	40.13%	64.15%	72.26%	92.31%	99.41%
25	33.52%	55.80%	63.96	87.01%	98.31%
50	18.29%	33.24%	39.65	63.58%	86.74%
100	9.56%	18.21%	22.22%	39.50%	63.40%
500	1.98%	3.92%	4.88%	9.3%	18.14%
1000	1.00%	1.98%	2.47%	4.88%	9.52%
10000	0.10%	0.20%	0.25%	0.50%	0.75%

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

En la tabla N° 14 se indican períodos de retorno aconsejables según el tipo de obra de drenaje.

Tabla 14

Periodos de Retorno

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS
Puentes y Pontones	100
Alcantarilla de Paso	50
Alcantarilla de Alivio	10 – 20
Drenaje de la Plataforma	10

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

1.4.5.2.16.2.2 Hidrología y Cálculos Hidráulicos

El método de estimación de los caudales asociados a un período de retorno depende del tamaño y naturaleza de la cuenca tributaria. Por su naturaleza representan casos especiales la presencia de lagos, embalses y zonas inundables que retengan o desvíen la escorrentía.

Cuando las cuencas son pequeñas se considera apropiado el método de la fórmula racional para la determinación de los caudales. Se consideran cuencas pequeñas a aquellas en que el tiempo de concentración es igual o menor a 6 horas. El tiempo de recorrido del flujo en el sistema de cauces de una cuenca, o tiempo de concentración relacionado con la intensidad media de precipitación se puede deducir por la fórmula:

$$T = 0.3 \left(\frac{L}{J} \right)^{3/4}$$

Donde:

T: Tiempo de concentración en horas

L: Longitud del cauce principal en km

J: Pendiente media

Esta fórmula no es aplicable al flujo sobre la plataforma del camino dado que este flujo es difuso y lento. Cuando se disponga de información directa sobre niveles o cualidades de la avenida, se recomienda comparar los resultados obtenidos del análisis con esta información directa.

El caudal de diseño en el que desagüe una cuenca pequeña o superficie se obtendrá mediante la fórmula racional:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

Q : Caudal m³/seg. (Para cuencas pequeñas) en la sección en estudio.

I : Intensidad de la precipitación pluvial máxima, previsible, correspondiente a una duración igual al tiempo de concentración y a un periodo de retorno dado, en mm/h.

A : Área de la cuenca en km².

C : Coeficiente de Escorrentía.

Para el pronóstico de los caudales, el procedimiento racional requiere contar con la familia de curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF). En nuestro país, debido a la escasa cantidad de información pluviográfica que se cuenta, difícilmente pueden elaborarse estas curvas. Ordinariamente solo se cuenta con lluvias máximas en 24 horas, por lo que el valor de la Intensidad de la precipitación pluvial máxima generalmente se estima a partir de la precipitación máxima en 24 horas, multiplicada por un coeficiente de duración; en la tabla N° 15 se muestran coeficientes de duración, entre 1 hora y 48 horas, los mismos que podrán usarse, con criterio y cautela, para el cálculo de la Intensidad, cuando no se disponga de mejor información.

Tabla 15

Coeficiente de duración lluvias entre 48 horas y una hora

DURACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN HORAS	COEFICIENTE
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56

8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1
48	1.32

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

El coeficiente de C, de la fórmula racional, puede determinarse con la ayuda de los valores mostrados en las tablas N° 16 y N° 17.

Tabla 16

Valores para la determinación del coeficiente de escorrentía

CONDICIÓN	VALORES			
Relieve del terreno	K1=40, Muy accidentado pendiente superior al 30%.	K1=30, accidentado pendiente entre 10% y 30%.	K1=20, ondulado pendiente entre 5% y 10%.	K1=10, Llano Pendiente inferior al 5%.
Permeabilidad del suelo	K2=20, Muy impermeable, roca seca.	K2=15, bastante impermeable arcilla.	K2=10, permeable	K2=5 Muy permeable.
Vegetación	K3=20, Sin vegetación.	K3=15, Poca Menos del 10% de la superficie.	K3=10, bastante hasta el 50% de la superficie.	K3=5 Mucha Hasta el 90% de la superficie.
Capacidad de Retención	K4=20, Ninguna.	K4=15, Poca.	K4=10, bastante.	K4=5 Mucha

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Tabla 17

Coefficiente de escorrentía I

K = K1 + K2 + K3 + K4*	C
100	0.80
75	0.65
50	0.50
30	0.35
25	0.20
*Ver Cuadro N° 16	

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Para la determinación del coeficiente de escorrentía también podrán tomarse como referencia, cuando sea pertinente, los valores mostrados en la tabla N° 18.

Tabla 18

Coefficiente de escorrentía II

TIPO DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Pavimento Asfáltico y Concreto	0.70 – 0.95
Adoquines	0.50 – 0.70
Superficie de Grava	0.15 – 0.30
Bosques	0.10 – 0.20
Zonas de vegetación densa <ul style="list-style-type: none"> • Terrenos granulares • Terrenos arcillosos 	0.10 – 0.50 0.30 – 0.75
Tierra sin vegetación	0.20 – 0.80
Zonas cultivadas	0.20 – 0.40

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Para el cálculo de la velocidad y del caudal en un canal con régimen hidráulico uniforme, se puede emplear la fórmula de Manning.

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

$$Q = VA$$

$$R = \frac{A}{P}$$

Donde:**Q** : Caudal m³/s.**V** : Velocidad media m/s.**A** : Área de la sección transversal ocupada por el agua m².**P** : Perímetro mojado m.**R** : A/P; Radio Hidráulico m.**S** : Pendiente del fondo m/m.**n** : Coeficiente de rugosidad de Manning

Tabla 19

Valores del coeficiente de Manning

TIPO DE CANAL	MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
Tubo metálico corrugado.	0.021	0.024	0.030
Tubo de concreto.	0.010	0.015	0.020
Canal revestido en concreto alisado.	0.011	0.015	0.017
Canal revestido en concreto sin alisar.	0.014	0.017	0.020
Canal revestido albañilería de piedra.	0.017	0.025	0.030
Canal sin revestir en tierra o grava.	0.018	0.027	0.030
Canal sin revestir en roca uniforme.	0.025	0.035	0.040
Canal sin revestir en roca irregular.	0.035	0.040	0.050
Canal sin revestir con maleza tupida.	0.050	0.080	0.120
Rio en planicies de cauce recto sin zonas con piedras y malezas.	0.025	0.030	0.035
Rio sinuosos o torrentosos con piedras.	0.035	0.040	0.600

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

1.4.5.2.16.2.3 Elementos Físicos del Drenaje Superficial

Drenaje del agua que escurre superficialmente

Función del bombeo y del peralte

La eliminación del agua de la superficie del camino se efectúa por medio del bombeo en las secciones en tangente y del peralte en las curvas, provocando el escurrimiento de las aguas hacia las cunetas.

Pendiente longitudinal de la rasante

De modo general la rasante será proyectada con pendiente longitudinal no menor de 0.5 %, evitándose los tramos horizontales, con el fin de facilitar el movimiento del agua de las cunetas hacia sus aliviaderos o alcantarillas.

Cunetas

Las cunetas tendrán en general sección triangular y se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte. Sus dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviométricas, siendo las dimensiones mínimas aquellas indicadas en la tabla N° 20.

Tabla 20

Dimensiones mínimas de las cunetas

REGIÓN	PROFUNDIDAD (m)	ANCHO (m)
Seca	0.20	0
Lluviosa	0.30	0
Muy lluviosa	0.50	1

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

El ancho es medido desde el borde de la subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante el fondo o vértice de la cuneta.

Revestimiento de las cunetas

Cuando el suelo es deleznable (arenas, limos, arenas limosas, arena limo arcillosos, suelos francos, arcillas, etc.) y la pendiente de la cuneta es igual o mayor de 4%, ésta deberá revestirse con piedra y lechada de cemento, u otro revestimiento adecuado.

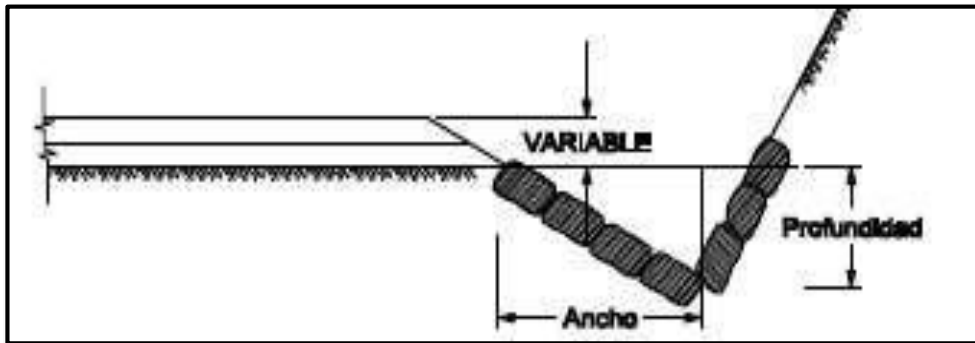


Figura 8. Cuneta revestida

Desagüe de las cunetas

El desagüe del agua de las cunetas se efectuará por medio de alcantarillas de alivio.

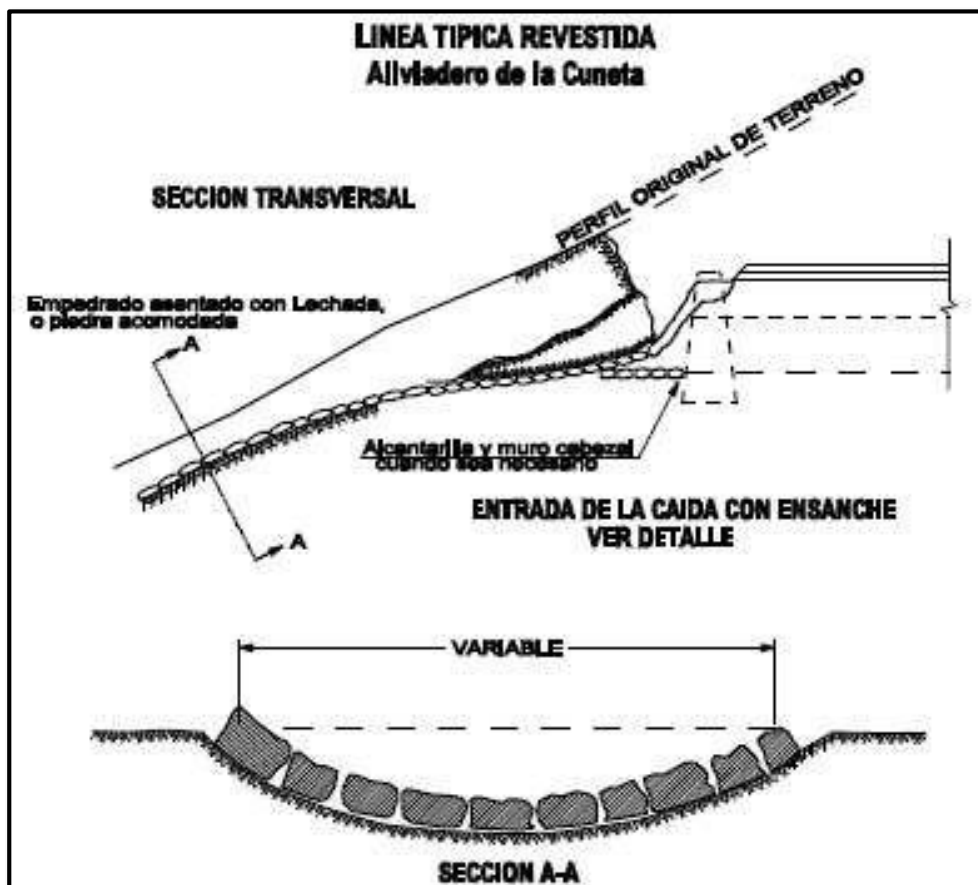


Figura 9. Línea típica revestida. Desagüe de las cunetas

Zanjas de coronación

Ubicación de las zanjas de coronación

Cuando se prevea que el talud de corte está expuesto a efecto erosivo del agua de escorrentía, se deberá diseñar zanjas de coronación.

Zanjas de recolección

La zanja de recolección será necesaria para llevar las aguas de las alcantarillas de alivio hacia los cursos de agua existente.

Dimensiones de las zanjas

Las dimensiones se fijarán de acuerdo a las condiciones pluviométricas de la zona y características del terreno.

Revestimiento de las zanjas de coronación

Se deberá revestir las zanjas en el caso que estén previstas filtraciones que pueden poner en peligro la estabilidad del talud de corte.

Canal de bajada

Cuando el camino en media ladera o en corte cerrado cruza un curso de agua que no es posible desviar, es necesario encauzar las aguas en un canal de bajada, con el fin también de preservar la estabilidad del talud.

Alcantarillas de Paso y Alcantarillas de Alivio

Tipo y ubicación

El tipo de alcantarilla deberá de ser elegido en cada caso teniendo en cuenta el caudal a eliminarse, la naturaleza y la pendiente del cauce; y el costo en relación con la disponibilidad de los materiales. La cantidad y la ubicación serán fijadas en forma de garantizar el drenaje, evitando la acumulación excesiva de aguas. Además, en los puntos bajos del perfil debe proyectarse una alcantarilla de alivio, salvo solución alternativa.

Badenes

Los badenes son una solución satisfactoria para los cursos de agua que descienden por pequeñas quebradas. Descargando esporádicamente caudales con fuerza durante algunas horas, en épocas de lluvia y arrastrando materiales sólidos.

Los badenes tienen como superficie de rodadura una capa de empedrado de protección o cuentan con una superficie mejorada formada por una losa de concreto.

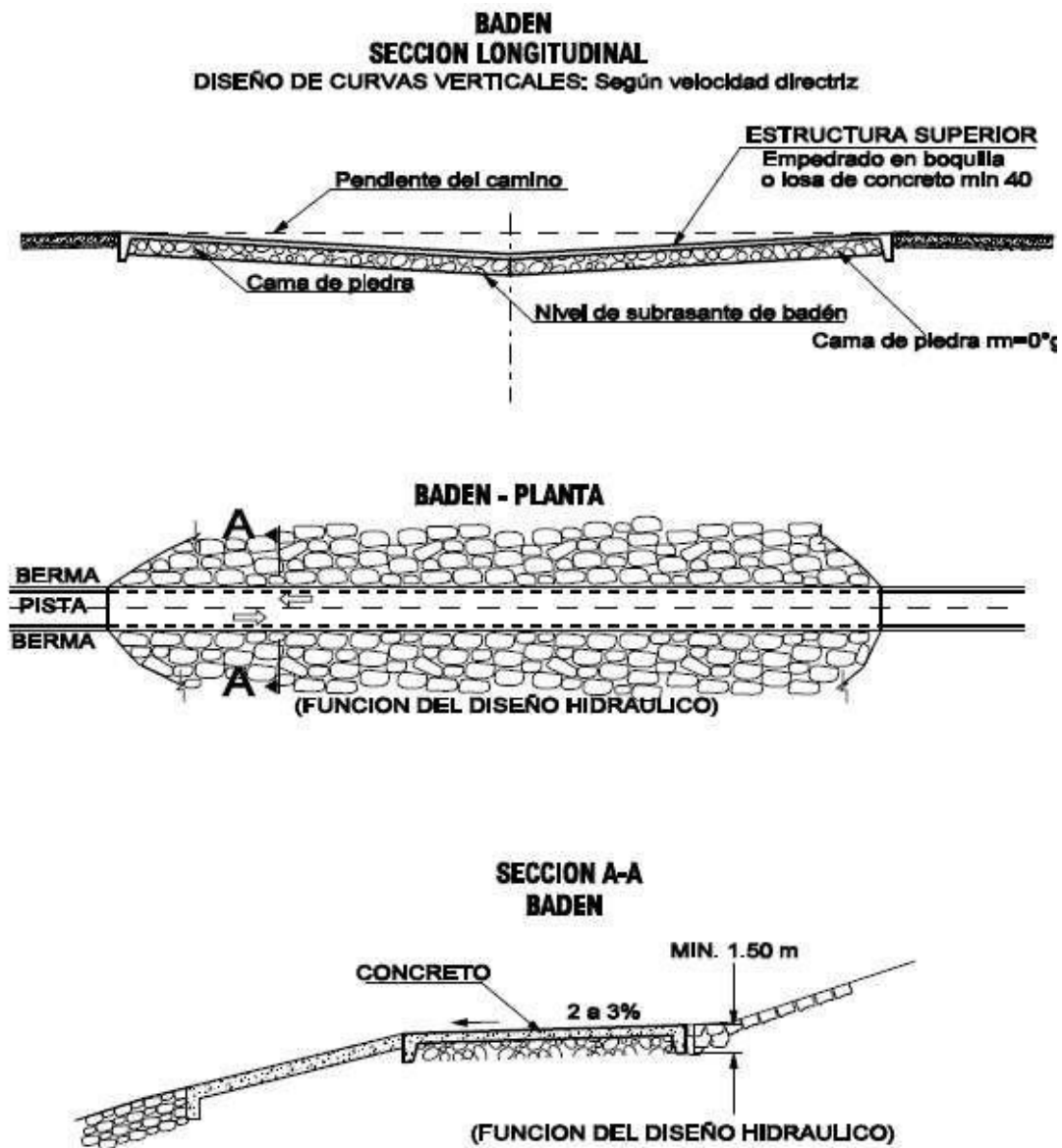


Figura 10. Badenes

1.4.5.2.17 Estudio de Suelos y Canteras

1.4.5.2.17.1 Generalidades

El presente capítulo corresponde al estudio del lugar donde se ejecutaran los trabajos, datos de importancia y trascendencia se obtendrán a partir de la aplicación de métodos y técnicas de la especialidad

Alva Hurtado describe que “La mecánica de suelos es una disciplina de la ingeniería que tiene por objeto el estudio de una serie de métodos, que conducen directa o indirectamente, al conocimiento del suelo en los diferentes terrenos sobre los cuales se va a elegir estructuras de índole variable. La enorme importancia de su conocimiento por el ingeniero moderno ha sido y es demostrada a diario por hechos por todos conocidos.

El tratar de iniciar cualquier construcción sin llevar a cabo, primero, un estudio del suelo, es quizá uno de los mayores riesgos que pueden correrse en el campo de la ingeniería.

Es imposible proyectar una cimentación adecuada para una estructura sin conocer el carácter del suelo que se encuentra bajo ella, ya que, en definitiva, es dicho suelo el que soportará la carga”.

1.4.5.2.17.2 Estudio de Suelos

Muestreo

El método empleado es el de pozos de exploración los que nos van a permitir establecer en forma clara los espesores de los estratos, así como una buena inspección y clasificación del material del subsuelo, la profundidad de la napa freática, etc.

Ubicación de los pozos de muestreo

Para la obtención del perfil longitudinal del subsuelo se han realizado pozos de exploración. Para la ubicación de los pozos de exploración se ha tenido en cuenta el terreno, la obra y el acertado juicio del Ingeniero Asesor, debido a esto se ha alargado las distancias entre pozos de exploración, ya que lo importante es lograr una correcta investigación del suelo.

Ubicación y estudio de canteras

En la construcción de una carretera se tendrá que utilizar materiales para la capa de rodadura, quienes deben cumplir las características necesarias para soportar las principales tensiones

que se producen en la vía, así como resistir al desgaste por rozamiento en su superficie. Por tanto es de mucha importancia conocer las propiedades y características de los materiales de las canteras.

Billón Bajar comenta que la ubicación es un factor muy importante en el costo de la vía y que su elección se deberá tener en cuenta lo siguiente:

Su ubicación será lo más próximo posible a la vía a mejorar, dado que así se logrará disminuir la distancia de acarreo.

La explotación de éstas será la más sencilla y económica posible, a fin de lograr el menor costo de las labores en esta etapa.

Su volumen será cuanto menos aquel que permita realizar el mejoramiento de la vía en su estado inicial, dado que en esta etapa se tendrá el mayor requerimiento de materiales.

Su ubicación será tal que no se tenga problemas legales al momento de la explotación; ya que de lo contrario se sufrirá un retraso de obra y consiguientemente un incremento de los gastos de gestión.

Ensayos de Laboratorio para Determinar las Características de los Suelos y Materiales de Cantera

Los ensayos a realizar con las muestras extraídas de las calicatas efectuadas, son las siguientes:

Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D-422), MTC E 107.

Contenido de Humedad (ASTM D-2216), MTC E 108

Clasificación AASHTO (M - 145)

Limite Líquido (ASTM D-4318), MTC E 110

Limite Plástico (ASTM D-4318), MTC E 111

Densidad Natural “In Situ” (ASTM D-1556)

Ensayos Especiales:

California Bearing Radio C.B.R (ASTM D-1883), MTC E 132

Peso Específico (ASTM D-854)

Análisis granulométrico por tamizado: Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), “sostiene que el análisis granulométrico, se realiza con la finalidad de determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en

función de su tamaño”. Si el material es granular, los porcentajes de piedra grava y arena se pueden determinar fácilmente mediante el empleo de tamices. De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

Tabla 21

Tamaños de partículas para agregados

TIPO DE MATERIAL	TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS
Grava	75 mm – 2 mm
Arena	Arena gruesa: 2 mm – 0.2 mm
	Arena fina: 0.2 mm – 0.05 mm
Limo	0.05 mm – 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

Los resultados se presentan por medio de curvas de distribución granulométrica en la cual se grafica el diámetro de las partículas en el eje de las abscisas y el porcentaje que pasa en el eje de las ordenadas. La forma de la curva es un indicador de la granulometría, tenemos que los suelos uniformes están representados por líneas en forma de S que extienden a través de varios ciclos de la escala logarítmica.

Alva Hurtado, describe que “las características granulométricas de los suelos pueden compararse estudiando ciertos valores numéricos importantes deducidos de las curvas de distribución, los más comunes son: D10, D30 y D60, que son diámetros efectivos en mm. De las partículas correspondientes al 10%, 30% y 60% en la curva granulométrica, lo que significa que el 10%, 30% y 60% de las partículas son menores que el diámetro efectivo.

Coefficiente de Uniformidad (Cu): Su valor numérico decrece cuando la uniformidad de la muestra aumenta, así se tiene:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Si:

$Cu < 3$: Muy uniforme

$3 < Cu < 15$: Heterogéneo

$15 < Cu$: Muy Heterogéneo

Coefficiente de Contracción (Cc): Se expresa con la siguiente formula

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} \times D_{60})}$$

Si:

$1 < Cc < 3$: Bien graduado”

Contenido de Humedad (para muestras de calicata y cantera).

Según **Nicholas J. Garber**, “viene a ser la cantidad de agua que en una masa de suelo se expresa en términos de contenido de humedad”. Así mismo, **Juárez Badillo**, define al contenido de humedad “como la relación que existe entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra completamente seca, que generalmente se expresa en porcentaje:

$$w = \frac{P_w}{P_s} \times 100$$

Dónde:

w (%) : Contenido natural de humedad dado en porcentaje.

P_w : Peso del agua

P_s : Peso de la muestra seca.

En el laboratorio:

$$w(\%) = \frac{P_{hm} - P_{ms}}{P_{ms}} \times 100$$

Dónde:

w (%) : Contenido de humedad en porcentaje.

P_{mh} : Peso de muestra húmeda.

P_{ms} : Peso de la muestra seca”.

Clasificación AASHTO

Según **Alva Hurtado**, “este método es el que se utiliza generalmente en carreteras, el método de clasificación AASHO, divide a los suelos en dos grupos: Suelos Gruesos y Suelos Finos. Los suelos gruesos son aquellos que no pasan por el tamiz No. 200 el 35% o menos de la muestra, y los suelos finos o materiales limo arcillosos son aquellos que pasan por el tamiz N° 200 más de 35% de la muestra”.

Por otro lado AASHTO divide a los suelos en 7 grupos del A1 al A7 y ocho sub grupos (A1-a, A1-b, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A7-5, A7-6), basándose en la composición granulométrica, el límite líquido y el índice de plasticidad de un suelo. Se considera que el mejor suelo para ser usado en la subrasante de una carretera, es un material bien granulado compuesto principalmente de grava y arena, pero que contenga una pequeña cantidad de cementante arcilloso, este material pertenece al grupo A-1.

Tabla 22

Clasificación de los suelos – método AASHTO

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0,08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0,08 mm				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de: 2 mm 0,5 mm 0,08 mm	máx. 50 máx. 30 máx. 15	máx. 50 máx. 25	mín. 50 máx. 10	máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
Límites Atterberg límite de liquidez índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 40 máx. 10	mín. 40 máx. 10	máx. 40 mín. 10	mín. 40 mín. 10	máx. 40 máx. 10	máx. 40 máx. 10	máx. 40 mín. 10	mín. 40 mín. 10 IP<LL-30	mín. 40 mín. 10 IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

La evaluación de cada grupo, se hace por medio de su **Índice de Grupo**, el cual nos da a conocer la calidad del suelo, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$$

Dónde:

IG : Índice de grupo.

a: Porcentaje que pasa el tamiz N° 200, comprendido entre 35% como mínimo y el 75% como máximo, se representa en número entero y varía de 0 a 40, por lo tanto, todo porcentaje menor o igual a 35% será igual a 0 y todo porcentaje igual o mayor a 75% será 40.

b: Porcentaje que pasa el tamiz N° 200, comprendido entre 15% como mínimo y 55% como máximo, se representa sólo en número entero y varía de cero a cuarenta.

c: Parte del límite líquido comprendido entre 40% como mínimo y 60% como máx., se representará sólo en número entero y variará de 0 a 20.

d: Parte del índice de plasticidad, comprendido entre 10% como mínimo y 30% como máximo, se representará sólo en número entero y variará de 0 a 20.

El índice de grupo siempre se reporta aproximándolo al número entero más cercano, a menos que su valor calculado sea negativo, en cuyo caso se reportará como cero. Por ejemplo para un suelo limoso que tenga un índice de grupo de 10, puede clasificarse como A-4(10).

Según **J. Garber, Nicholas**, se recopila la información siguiente: “En el sistema del AASHTO, los suelos granulares se ubican en las clases A1 hasta A3, los suelos A1 constan de materiales granulares bien graduados, los suelos A2 contienen cantidades importantes de limos y arcillas, y los suelos A3 son arenas limpias pero mal graduadas.

Un depósito de suelos es adecuado para la construcción de vías cuando:

Los suelos clasificados como A1-a, A1-b, A2-4, A2-5 y A3 pueden usarse satisfactoriamente como material de subrasante o sub-base si se drenan apropiadamente.

Los materiales clasificados como A2-6, A2-7, A4, A5, A6, A7-5 y A7-6 van a requerir una capa de material para sub-base si se usan para la sub-rasante”.

Tabla 23

Clasificación de suelos según índice de grupo

CLASIFICACIÓN	ÍNDICE DE GRUPO
Suelos Granulares	0 a 4
Suelos Limosos	8 a 12
Suelos Arcillosos	13 a 20

Fuente: Ingeniería de Tránsito y Carreteras

Límites de Consistencia

Por consistencia se entiende el grado de cohesión de las partículas de un suelo y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a deformar o destruir su estructura.

Según **Braja M. Das**, “cuando existen minerales de arcilla en un suelo de grano fino, este puede ser remodelado en presencia de alguna humedad sin desmoronarse. Esta naturaleza

cohesiva es debida al agua absorbida que rodea a las partículas de arcilla. A muy bajo contenido de agua, el suelo se comporta más como un sólido frágil. Cuando el contenido de agua es muy alto, el suelo y el agua fluyen como un líquido. Por tanto, dependiendo del contenido de agua, la naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados básicos, denominados sólidos, semisólido, plástico y líquido.

El contenido de agua, en porcentaje, en el que la transición de estado sólido a semisólido tiene lugar, se define como el límite de contracción. El contenido de agua en el punto de transición de estado semisólido a plástico es el límite plástico, y estado plástico a líquido es el límite líquido. Estos límites se conocen también como límites de Atterberg”.

Así mismo, según **Juárez Badillo**, los límites de consistencia de un suelo están representados por contenidos de agua, los principales son:

Límite Líquido (L.L):

Es el límite entre el estado plástico y semi líquido, definido como el contenido de humedad, bajo el cual el suelo se comporta como un material que exhibe comportamiento plástico.

El límite líquido nos da una idea de la resistencia al corte cuando tiene un determinado contenido de humedad. Cuando el suelo tiene un contenido de humedad igual o mayor al límite líquido, tendrá una resistencia al corte prácticamente nulo.

Los materiales granulares (arena, limo) tienen límites líquidos bajos (25% a 35%) y las arcillas límites líquidos altos (mayores al 40%). Al graficar en escala logarítmica, el número de golpes en las abscisas y a escala natural los contenidos de humedad en el eje de ordenadas, sobre la base de tres puntos obtenidos de cuatro ensayos sobre muestras de suelo a diferentes contenidos de humedad; el límite líquido se obtiene gráficamente, siendo el contenido de humedad correspondiente a 25 golpes.

Es posible también obtener el límite líquido haciendo uso de la ecuación propuesta por la BUREAU OF PUBLICS ROADS, de los Estados Unidos.

$$LL (\%) = \frac{W\%}{1.419 - 0.3LnS}$$

Dónde:

LL (%): Limite líquido

W (%): Contenido de humedad que tiene la muestra que se une a los 25 golpes.

S : Numero de golpes al cabo de los cuales se unen las mitades del suelo.

Límite Plástico (L.P):

Es límite entre el estado plástico y semi-sólido, definido como el contenido de humedad, bajo el cual el suelo exhibe un comportamiento no plástico, es decir la propiedad de deformarse sin llegar a romperse.

Las arenas no tienen plasticidad, los limos la tienen pero muy poca; en cambio las arcillas, y sobre todo aquellos ricos en materia coloidal, son muy plásticas. Cuando se esté construyendo la sub base, y si el contenido de humedad es igual o mayor al límite plástico, deberá evitarse de compactar.

Índice de Plasticidad (IP)

Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo:

$$IP = LL - PL$$

Un índice de plasticidad elevado indica mayor plasticidad. Cuando un material no tiene plasticidad, suelos finos, arena por ejemplo, se considera el índice de plasticidad como cero.

Densidad Natural “IN SITU”

Según **J. Garber, Nicholas**, indica: “Una propiedad del suelo muy útil para los ingenieros de carreteras es la densidad del suelo. La densidad es el cociente que relaciona la parte de masas del diagrama de fases con la parte volumétrica. Generalmente se usan tres densidades en la ingeniería de suelos.

Densidad Total: Es la relación del peso de una muestra dada de suelo entre el volumen:

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

Densidad en Seco: Es la densidad del suelo después de haber retirado el agua, esta dada por:

$$\gamma_d = \frac{W_v}{V}$$

Densidad Sumergida: Es la densidad del suelo cuando se encuentra sumergida en agua, y es la diferencia entre la densidad de saturación y la densidad del agua:

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

Donde:

: Densidad del agua”.

Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R.):

El índice C.B.R. nos indica la resistencia del terreno o de un material. Los valores bajos nos indican que el suelo es malo, en cambio los valores altos, que el suelo es bueno, esto nos sirve para determinar los espesores de las capas de los pavimentos.

El CBR de un suelo se calcula por la fórmula siguiente:

$$\text{CBR (\%)} = \frac{\text{Carga Unitaria del ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patron}} \times 100$$

Para el diseño de obras viales, el C.B.R. que se utiliza es el valor que se obtiene para una penetración de 0.1mm” a 0.2mm” considerándose el mayor valor obtenido.

Para determinar el CBR de un suelo se realizan los siguientes ensayos:

Determinación de la densidad máxima y humedad óptima.

Determinación de propiedades de expansión del material (hinchamiento).

Determinación de la resistencia a la penetración.

Tabla 24

Valores correspondientes a las muestras patrón (MACADAM)

UNIDADES MÉTRICAS		UNIDADES INGLÉSAS	
Penetración (mm)	Carga Unitaria (kg/cm ²)	Penetración (mm)	Carga Unitaria (kg/cm ²)
2.54	70.31	0.10	1000
5.08	105.46	0.20	1500

Fuente: Carreteras, Calles y Aeropuertos

Tabla 25

Clasificación Típica de CBR

CBR (%)	CLASIFICACIÓN
<3	Muy pobre
3 – 5	Pobre
6 – 10	Regular
11 – 19	Bueno
Mayor a 20	Excelente

Fuente: Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito

El ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), recomienda para la elección del CBR de un suelo debe tener las características siguientes: “El CBR de la capa superficial debe ser mayor de 40%, siendo deseable que sea de 60% para los casos de excesivo tráfico de vehículos pesados (ómnibus y camiones).

Dada la variabilidad que presentan los suelos (aun dentro de un mismo grupo de suelos y en un sector homogéneo), así como los resultados de los ensayos de CBR (valor soporte del suelo), se efectuara un mínimo de 6 ensayos de CBR por sector homogéneo del suelo, con el fin de aplicar un criterio estadístico para la selección de un valor único de soporte del suelo.

En caso de que un determinado sector se presente una gran heterogeneidad en los suelo de subrasante que no permite definir uno como predominante, el diseño se basara en el suelo más débil que se encuentre.

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), asume que el valor del CBR de diseño por sector homogéneo, se determinara según lo siguiente:

Si el sector homogéneo presenta para el periodo de diseño un número de repeticiones de EE 8.2 ton, menor de 1×10^5 , el CBR de diseño será aquel que represente al percentil 60% de los valores de CBR.

Si el sector homogéneo presenta un número de repeticiones de EE 8.2ton, entre 1×10^5 y 1×10^6 : el CBR de diseño será aquel que represente al percentil 75% de los valores de CBR.

Peso Específico (para muestras de calicata y cantera)

Según **Alva Hurtado**, indica “que es la relación que existe entre el peso y el volumen de la fase solida de la muestra, su fórmula es la siguiente:

$$Pe = \frac{Pmw}{Pm - Pmw} \left(\frac{gr}{cm^3} \right)$$

Dónde:

Pe : Peso específico del suelo.

Pmw: Peso de la muestra en el agua.

Pm : Peso de la muestra en el aire.

Para partículas menores a 4.75 mm (Tamiz N° 4), se usa el método estándar AASHO T-100-70 (Limo y Arcilla), se determina mediante la siguiente formula:

$$Pe = \frac{Ps}{Ps + Pfa - Pfas} \times \gamma \tau = \frac{Ps}{Vs}$$

Dónde:

Pe : Peso específico del suelo.

Peso específico del agua.

Ps : Peso de la muestra seca.

Pfas : Peso de la fiola, calibrada con agua y suelo.

Pfa : Peso de fiola con agua”

1.4.5.2.17.3 Estabilizaciones

La capacidad portante o CBR, de los materiales de las capas de subrasante y del afirmado, deberá estar de acuerdo a los valores de diseño, no se admitirán valores inferiores. La estabilización de un suelo, es un proceso que tiene por objeto mejorar su resistencia, su durabilidad, su insensibilidad al agua, etc. De esta forma se podrán utilizar suelos de características marginales como subrasante o en capas inferiores de la capa de rodadura y suelos granulares de buenas características, pero de estabilidad insuficiente (CBR menor al mínimo requerido), en la capa de afirmado. La estabilización puede ser granulométrica o mecánica, conformada por mezclas de dos o más suelos de diferentes características, de tal forma de obtener un suelo de mejor granulometría, plasticidad, permeabilidad o impermeabilidad, etc.

También la estabilización se realiza mediante aditivos que actúan física o químicamente sobre las propiedades del suelo; entre los más utilizados están la cal y el cemento, pero

también se emplean cloruro de sodio (Sal), cloruro de magnesio, asfaltos líquidos, escorias y productos químicos.

El grado de estabilización depende del tipo de suelo, del aditivo utilizado, de la cantidad añadida, y muy especialmente de la ejecución.

La técnica de estabilización de suelos se aplicará utilizando materiales granulares locales y el material estabilizador que permita una solución más económica sobre otras alternativas.

Se considera que dentro de los métodos más prácticos desde el punto de vista de su aplicación son los que a continuación se indican:

Capa Superficial del Afirmado

Estabilización granulométrica

Estabilización con cal

Estabilización con cemento

Capa Superficial del Afirmado

Un buen material para capa superficial de afirmado deberá estar constituido principalmente de grava triturada y arena gruesa con partículas más finas para llenar los vacíos y una porción pequeña de arcilla para actuar como ligante.

El material debe ser de buena estabilidad, resistente a la abrasión, no permitir el levantamiento de polvo, que provoque un mínimo desgaste de neumáticos, económico y de fácil mantenimiento.

Diversos tipos de materiales son convenientes como capa superficial del afirmado, como los agregados triturados que al mezclarse con otros materiales locales proporcionan una distribución y características de tamaño necesarias para la construcción apropiada de la capa superficial del afirmado.

El CBR de la capa superficial debe ser mayor de 40%, siendo deseable que sea de 60% para los casos de excesivo tráfico de vehículos pesados (ómnibus y camiones).

Los agregados pueden clasificarse en tres categorías:

Agregados con deficiencia de finos

Agregados con suficiente cantidad de finos

Agregados con exceso de finos

Estas tres clases se pueden utilizar como materiales de la capa superficial del afirmado, pero necesitan ser modificados con la adición de otros materiales.

Los agregados que son deficientes en finos se les pueden añadir materiales finos de fuentes locales tales como arenas, limos o arcillas. Las arcillas pueden ser utilizadas con los agregados de la capa superficial del afirmado, especialmente en zonas particularmente secas, porque proporcionan una capa de rodadura excelente para el afirmado. Sin embargo, puede haber problemas por excesiva humedad.

Los agregados con suficiente cantidad de finos se deben utilizar directamente para la capa superficial del afirmado sin necesidad de modificación.

Los agregados con exceso de finos pueden ser utilizados, incorporando otros agregados con poco contenido de finos, se mezclan hasta homogenizar el producto y obtener la cantidad de finos necesarios. El material a incorporar debe ser deficiente en finos de modo que cuando se combine con el material original se obtenga la distribución granulométrica apropiada.

Tal como se indicó los agregados para la capa superficial del afirmado deben ser de alta resistencia y con una granulometría bien gradada, de tal manera que la mayoría de los vacíos sean llenados y la compactación requerida, 100% de la MDS, sea obtenida.

Estabilización Granulométrica

La estabilización granulométrica consiste en mezclar dos o más suelos para obtener un material de características admisibles para ser utilizado como subrasante o como afirmado. En general, se deben utilizar materiales locales a fin de optimizar los costos de preparación y de transporte. Normalmente uno de los suelos es el natural de la subrasante y el otro es el de aporte para mejorar sus propiedades. Así, por ejemplo, se puede añadir a un suelo granular sin finos, otro de grano fino y cierta plasticidad, a fin de obtener una mezcla de mayor cohesión, más fácil de compactar, más impermeable y en suma más estable.

Estabilización con Cal

El suelo-cal se obtiene por mezcla íntima de suelo, cal y agua. La cal que se utiliza se compone fundamentalmente de óxido cálcico (cal viva), obtenido; por calcinación de materiales calizos, o hidróxido cálcico (cal apagada). Estas cales se llaman también aéreas por la propiedad que tienen de endurecerse en el aire, una vez mezcladas con agua, por acción del anhídrido carbónico. La experiencia demuestra que los productos de la hidratación del cemento pueden ser reproducidos combinando dos o más componentes primarios de este producto como: CaO , SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 en las proporciones adecuadas y en presencia de agua. Como la mayoría de los suelos contienen sílice y aluminio silicatos, la incorporación de cal anhidra (CaO) o de cal hidratada (Ca(OH)_2) y agua en cantidad apropiada se puede obtener la composición deseada. Al mezclar el suelo con la cal se produce una reacción rápida de floculación e intercambio iónico, seguida de otra muy lenta de tipo puzolánico, con formación de nuevos productos químicos. La sílice y alúmina de las partículas del suelo se combinan con la cal en presencia de agua para formar silicatos y aluminatos cálcicos insolubles. Uno de los efectos más importantes de la cal en el suelo es el de cambiar apreciablemente su plasticidad. Con suelos de baja plasticidad ($\text{IP} < 15$), aumentan tanto el LL como el LP, y también muy ligeramente su IP. En cambio en los suelos de plasticidad media y elevada ($\text{IP} > 15$) disminuye el IP.

También aumenta la humedad óptima de compactación, lo que permite la densificación de suelos de elevada humedad natural, que de otro modo no permitirían la construcción de la capa de rodadura sobre ellos. Los suelos más apropiados para estabilizar con cal son los de granulometría fina, de cierta plasticidad. En cortes e incluso en terraplenes, donde se evidencien suelos arcillosos, resulta conveniente mejorar el suelo con un pequeño porcentaje de cal para proteger la explanación y formar una plataforma para la construcción de la capa de rodadura.

El suelo se vuelve más friable y granular, y al aumentar su límite plástico y humedad óptima de compactación permite su puesta en obra con mayor facilidad. Es frecuente que la mezcla se realice en dos fases, con un periodo intermedio de reacción de 1 - 2 días. La aplicación más usual de las estabilizaciones con cal es en sub rasantes y como capa de rodadura, en zonas de suelos arcillosos y/o con canteras de materiales granulares lejanos.

La National Lime Association resume las propiedades que se obtienen después de una estabilización o mejoramiento con cal, en lo siguiente:

Reducción del índice de plasticidad, debido a una reducción del límite líquido y a un incremento del límite plástico.

Reducción considerable del ligante natural del suelo por aglomeración de partículas.

Obtención de un material más trabajable y fiable como producto de la reducción del contenido de agua en los suelos (rotura fácil de grumos).

La cal ayuda a secar los suelos húmedos lo que acelera su compactación.

Reducción importante del potencial de contracción y del potencial de hinchamiento.

Incremento de la resistencia a la compresión simple de la mezcla posterior al tiempo de curado alcanzando en algunos casos hasta un 40% de incremento.

Incremento de la capacidad portante del suelo (CBR).

Incremento de la resistencia a la tracción del suelo.

Formación de barreras impermeables que impiden la penetración de aguas de lluvia o el ascenso capilar de aguas subterráneas.

Estabilización con Cemento

El material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto; sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos (en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí por lo que el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto. El contenido óptimo de agua se determina por el ensayo Proctor como en la compactación de suelos.

Las propiedades del suelo-cemento dependen de:

Tipo y cantidad de suelo, cemento y agua.

Ejecución.

Edad de la mezcla compactada y tipo de curado

1.4.5.3 Marco Conceptual: Definición de Términos Básicos

El Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, elaborado por el MTC, define lo siguiente:

Sistema Nacional.- Que corresponde a la red de carreteras de interés Nacional y que une los puntos principales de la Nación con sus Puertos y Fronteras.

Sistema Departamental.- Compuesto Por aquellas carreteras que constituyen la red vial circunscripta a la zona de un Departamento.

Sistema Vecinal.- Es el conformado por aquellas carreteras de carácter local y que une las aldeas y pequeñas Poblaciones entre sí.

Carreteras Duales.- Para IMD mayor de 4,000 Veh./día, consisten en carreteras de calzadas separadas

Carreteras de 1° Clase.- Para IMD comprendido entre 2,000 y 4,000 Veh/día

Carreteras de 2° Clase.- Para IMD comprendido entre 400 y 2,000 Veh/día.

Carreteras de 3° Clase.- Para IMD hasta 400 Veh./día

Trocha Carrozable.- No identifica IMD, constituye una clasificación aparte, pudiéndosele definir como aquellos caminos a los que les falta requisitos para poder ser clasificados en tercera clase.

Visibilidad de Parada.- Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo a una velocidad directriz.

Pendiente.- Cuesta o declive de un terreno, Angulo que forma un plano o línea con los horizontes.

Alcantarilla.- Paso bajo conducto para circular las aguas, acueducto subterráneo para recoger las aguas.

Cantera.- Sitio al aire libre o subterráneo de donde se extrae agregados grueso o fino otros materiales para la construcción.

Cubicación de Tierras.- En base a las secciones transversales se procede al areado de las mismas, separando las áreas de corte, de relleno y de muro. Luego se realiza la cubicación de tierras mediante el método de volúmenes mixtos.

1.4.5.4 Marco Histórico

Sabemos que las vías de comunicación terrestre son requisitos indispensables para la realización de las principales actividades humanas y para el desarrollo de los pueblos. En ese sentido, el desarrollo de una nación depende en gran medida de la extensión y el estado de su red vial. En efecto, los caminos y carreteras condicionan a la capacidad y velocidad de movilización de personas y carga, que repercuten directamente en el progreso social, político y social.

En el Departamento de San Martín, como en todas las regiones de nuestro territorio, uno de los grandes problemas que atrasa el desarrollo integral, es entre otros, la falta y la intransitabilidad de las vías de comunicación. El tramo del camino vecinal San Pablo-José Pardo Km 0+000-Km 15+213 presenta en la actualidad los problemas que generan atraso, que dan origen a que los pobladores de las localidades de San Pablo y José Pardo, tengan la necesidad urgente de contar con una vía de acceso rápida, que pueda integrarse con la carretera Arq. Fernando Belaunde Terry, y por ende con los principales mercados para comercializar sus productos y elevar cuantitativamente el comercio y el movimiento económico de la zona en estudio.

Este proyecto ha sido largamente acariciado por los pobladores de las distintas localidades que se encuentra en el tramo en estudio. Desde mi punto de vista, considero que a fin de extender nuestro accionar social desde la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de nuestra Universidad Nacional de San Martín hoy estamos tomando acciones en la línea de lograr un proyecto que permita elaborar el expediente técnico correspondiente y por ende buscar el financiamiento para atender esta necesidad de dichas localidades.

1.5 Hipótesis

La ejecución del Diseño de Pavimento a nivel de afirmado del “ **Mejoramiento del Camino Vecinal San Pablo- José Pardo Km 0+000 – Km 15+213, L= 15.213 Km, Distrito San Pablo, Provincia Bellavista - San Martín**”, mejorará las condiciones de transitabilidad de la vía propuesta, permitiendo un crecimiento significativo en los aspectos socioeconómicos de la población beneficiada.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

Para el presente trabajo se ha hecho uso de lo siguiente:

2.1.1 Recursos Humanos

Tesista

Asesor

Técnico de Laboratorio de Mecánica de Suelos

Digitador

Ayudantes

2.1.2 Recursos Materiales y servicios

Ensayos de Laboratorio

Material bibliográfico

Material de escritorio

Movilidad y viáticos

2.1.3 Recursos de Equipos

01 Computadora

01 Estación Total, marca TOPCON, modelo GPT-3005 LW, completos.

01 Nivel Topográfico, marca TOPCON, modelo AT-G7, Completos.

02 PS GARMIN.

01 Computador portátil.

01 Plotter

2.2 Metodología de la Investigación

2.2.1 Universo y/o Muestra

Universo: Carreteras y Caminos de la Región San Martín

Población: Carreteras y Caminos de la provincia de Bellavista.

Muestra: Camino Vecinal San Pablo – José Pardo, Km 0+000 – Km 15+213.

2.2.2 Sistema de Variables

Para probar la Hipótesis planteada, será necesario obtener los siguientes datos:

Variable Independiente:

Estudio Topográfico.

Estudio de Mecánica de Suelos.

Estudio de Tráfico.

Variables Dependientes:

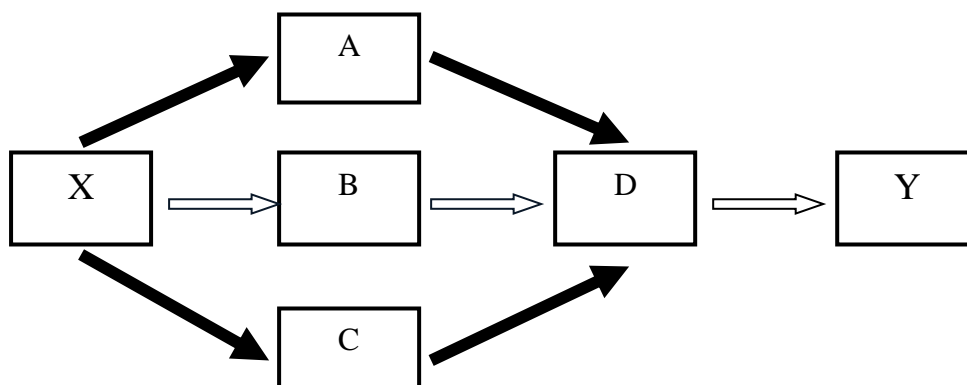
Diseño del Pavimento a Nivel de Afirmado del Mejoramiento del Camino San Pablo – José Pardo Km 0+000 – Km 15+213.

2.2.3 Tipos y Nivel de la Investigación

TIPO: Investigación aplicada

NIVEL: Básico

2.2.3.1 Diseño del Método de la Investigación



X: Situación inicial problematizada que requiere la intervención de estudio.

A: Estudio Topográfico.

B: Estudio de Mecánica de Suelos.

C: Estudio de Tráfico.

D: Estudios de compatibilidad de procesos y alternativas que respaldan la toma de decisión para definir la alternativa de solución.

Y: Resultado de la intervención que presenta la alternativa de solución del diseño del pavimento a nivel de afirmado.

2.2.4 Diseño de Instrumentos

El levantamiento topográfico del Camino Vecinal será utilizado en la elaboración de los planos de planta, perfil y secciones del tramo en estudio.

Los datos recopilados del estudio de suelos en campo deberán ser sometidos a distintos tipos de Ensayos los cuales se llevarán a cabo en las instalaciones de Laboratorio de Mecánica de Suelos de R&R CONSULTORES S.C.R.L. ubicado en el Distrito de Tarapoto.

2.2.4.1 Fuentes Técnicas e Instrumentos de Selección de Datos

Se utilizará Bibliografía Variada y adecuada para la Investigación, las cuáles se detallan en el marco teórico y en las referencias bibliográficas.

2.2.5 Procesamiento de la Información

Los Procesamientos y presentación de Datos se realizará de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas de Diseño de Carreteras, y utilizando cálculos estadísticos adecuados con la finalidad de obtener resultados satisfactorios.

Con respecto al estudio de suelos realizado se utilizará el CBR en el diseño del espesor del pavimento y la calidad del agregado en la conformación de la subrasante y afirmado, los cuales se presentan en los diferentes anexos del presente estudio.

2.2.6 Análisis e Interpretación de Datos y Resultados

El análisis se hará a través del Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, aprobado con Resolución Ministerial N* 303-2008-MTC/02 del 04/04/2008, así como la interpretación de los distintos ensayos a realizarse, se utilizará las Normas ASTM.

El método empleado para el diseño del espesor del pavimento fue el **MÉTODO DEL NAASRA**: Según **OZROADS** señala que NAASRA hoy Austroads “es el órgano principal en Australia para el transporte por carretera. Austroads produce los estándares de Australia para la construcción de carreteras y el diseño, así como directrices para la planificación urbana.

2.2.7 Información del proyecto: Diseño obtenido.

Secciones transversales

La determinación del ancho de la sección transversal, está en función a la velocidad directriz del camino vecinal. Esto significa que después del ancho de la calzada al borde del talud viene directamente la cuneta, se consideró la tabla 6 del Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito para el cálculo del mismo.

Trazo del perfil longitudinal

Perfil longitudinal propuesto

Tratándose de un proyecto de mejoramiento y del cálculo del espesor del afirmado, donde se mejora la carpeta de rodadura y ancho, se trató de adaptar la rasante al terreno existente.

Pendientes

En el tramo se encontraron algunas pendientes muy pronunciadas, las cuales se han reducido con cortes del terreno y ajustándose a los valores recomendados en el manual para diseño de carreteras no pavimentados de bajo volumen de tránsito los cuales son:

Pendiente mínima = 0.5%

Pendiente máxima = 12%

2.2.8 Criterios generales de aplicación

Velocidad directriz

La velocidad directriz condiciona todas las características geométricas de la vía. De acuerdo a la topografía del terreno sobre el cual se desarrolla esta y en concordancia con la necesidad de evitar excesivos movimientos de tierra.

Tabla 26

Rangos de la velocidad de diseño en función a su clasificación

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

Fuente: Manual de carreteras, diseño geométrico dg-2014

En el tramo en estudio la topografía sobre el cual se desarrolla el camino vecinal San Pablo – José Pardo, corresponde a una topografía ondulada - accidentada, por lo que en cumplimiento a las Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras la velocidad adoptada es de 30 km/h. Teniendo como criterios generales de diseño:

Categoría : Tercera Clase (T1)
 Velocidad Directriz : 30 Km/h
 Longitud : 15.213 Km
 Ancho de calzada : 4.0 m
 Cunetas : 0.50m x 1.00m
 Peralte : De acuerdo a Normas
 Radio mínimo : 30.00 m
 Ancho de Berma : 0.5 m
 Pendiente máxima : 12%
 Bombeo : 3.0%

Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal permitirá conservar siempre la velocidad de directriz de diseño.

Curvas horizontales**Radios mínimos normales**

Según las normas de diseño de carretera y para el caso del proyecto se consideró el radio mínimo de 30 m.

Peraltes y sobreaños

La finalidad del uso de peraltes es contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, todas las curvas horizontales deben ser peraltadas.

Secciones transversales**Calzada**

El ancho de calzada resultará de la suma del ancho de la carpeta de rodadura y el ancho de berma y en las curvas será la suma del ancho de la carpeta de rodadura, el ancho de berma y el sobreaño.

Plazoletas de cruce

Se ha previsto ubicar las plazoletas de cruce cada 500 m y las dimensiones de 30.0 x 3.0 m, según las normas del manual de carreteras-Diseño Geométrico.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Resultados

3.1 Estudios de Topografía.

Los proyectos geométricos se basan en los Levantamientos Topográficos y de Georeferenciación medidos con un GPS expresado en el sistema de WSG84, donde el objetivo fundamental es la georeferenciación el eje de la vía y elementos puntuales del terreno y plasmarlos en planos 2D y 3D para que estos representen con la mayor precisión la información resultante de campo.

El estudio básico de Topografía para la vía forma parte del estudio ha sido elaborado en base a los términos de Referencias de uso para este tipo de trabajos, correspondiendo a una precisión de segundo orden y teniendo en cuenta las restricciones naturales del terreno: así como del diseño de la obra de arte y drenaje definidos a instalarse.

Con el empleo de Wincha de 50 m de longitud y jalones y personal calificado se procedió a medir el eje del camino existente y el estacado y pintado de las progresivas a cada 50m con color rojo. En cada kilómetro el pintado de la progresiva fue con fondo blanco.

Una vez estacado se procedió a realizar el seccionamiento con una cuadrilla provista con eclímetros, winchas y estacas, seccionando cada 20 m en tangentes y cada 10 m en curvas.

Durante y una vez terminado el trabajo en campo de topografía se procedió al procesamiento en gabinete de la información topográfica en el software AutoCAD Civil 3D 2015, elaborando planos topográficos de planta, perfil y secciones a escala adecuadas.

3.1.1 Equipos empleados

Un GPS Navegador, marca Garmin, modelo Montana 600, con error de aprox. +/- 3 m.

4 Jalones de madera.

2 winchas de 50 m. nuevos.

1 Eclímetros nuevos.

Libreta de campo.

Pinturas y aerosoles.

Estacas de madera.

Un operador de GPS, 1 seccionadores y 4 ayudantes de campo.

3.1.2 Trabajos de Campo

Para ejecutar los trabajos de campo, se realizó previamente un programa relacionado con todas las necesidades y requerimientos para esta actividad así como para atender a las distintas disciplinas que intervienen en el proyecto.

3.1.3 Alineamiento horizontal y perfil longitudinal

El alineamiento horizontal de la carretera a mejorar y rehabilitar se ha basado en aprovechar al máximo la plataforma existente en el tramo existente, tratando de respetar en lo posible las características geométricas actuales, pero tomando en consideración la necesidad de mejorar la geometría de la vía, cumpliendo los parámetros establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2014) y el Manual de Diseño de carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito – 2008.

En todo su recorrido el camino se desarrolla totalmente en terrenos ondulados y accidentados propios de la región ceja de selva, por lo que el alineamiento del camino, presentan curva de volteo, curvas cerradas, presentado tangentes considerables.

Los trabajos de determinación del alineamiento horizontal y perfil longitudinales realizo de la siguiente manera: se instaló el GPS sobre las manos del operador. Luego de alcanzar una buena recepción de satélites (mínimo 5 satélites) con buena señal, se procedió a realizar el recorrido por todo el recorrido de las tres rutas del camino vecinal a pie. De esta manera se obtuvo el ruteo de la carretera, para luego procesarlos mediante el CIVIL 3D y obtener eje de la carretera existente.

El alineamiento horizontal de replanteo se ha realizado de acuerdo a los requerimientos de los Términos de Referencia, así como se indica a continuación:

Tramos en tangente : estacado cada 20 m;

Tramos en curvas : estacado cada 10 m;

Tramos en curvas de volteo : estacado cada 10 m

Tabla 27

Cuadro de Elementos de Curvas

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA
KM 00+000 AL KM 15+213.00

Nº PI	SENT.	DELTA	RADIO	TANG.	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	P.T.	NORTE	ESTE	P%	SA
0	I	180°00'00"	0.000	0.000	0.000	0.000	0 + 000.000	0 + 000.000	0 + 000.000	246860.106	325777.135	0	0.00
1	I	24°46'40"	50.000	10.983	21.623	1.192	0 + 168.207	0 + 157.224	0 + 178.847	246839.633	325944.092	7	1.30
2	D	3°59'20"	50.000	1.741	3.481	0.030	0 + 275.149	0 + 273.408	0 + 276.889	246872.403	326046.250	7	1.30
3	I	0°49'50"	0.000	0.000	0.000	0.000	0 + 381.937	0 + 381.937	0 + 381.937	246897.871	326149.958	0	1.30
4	I	8°15'30"	50.000	3.610	7.207	0.130	0 + 692.587	0 + 688.977	0 + 696.184	246976.324	326450.538	7	1.30
5	D	51°14'00"	50.000	23.974	44.710	5.450	0 + 779.734	0 + 755.760	0 + 800.470	247010.221	326530.836	7	1.30
6	I	29°33'40"	40.000	10.554	20.638	1.369	0 + 868.918	0 + 858.364	0 + 879.002	246966.339	326612.176	7	1.50
7	D	60°49'50"	30.000	17.612	31.851	4.788	0 + 916.842	0 + 899.230	0 + 931.081	246967.364	326660.559	8	2.00
8	I	39°32'40"	25.000	8.987	17.255	1.566	0 + 954.047	0 + 945.060	0 + 962.315	246932.358	326681.082	8	2.30
9	D	39°43'20"	25.000	9.031	17.332	1.581	1 + 007.835	0 + 998.804	1 + 016.136	246913.650	326732.278	8	2.30
10	D	43°16'10"	100.000	39.663	75.519	7.579	1 + 338.787	1 + 299.124	1 + 374.644	246626.998	326899.140	5	0.80
11	I	32°57'10"	100.000	29.577	57.513	4.282	1 + 505.626	1 + 476.049	1 + 533.563	246460.770	326860.564	5	0.80
12	I	33°05'30"	150.000	44.563	86.634	6.479	2 + 341.422	2 + 296.859	2 + 383.493	245673.280	327145.448	4	0.60
13	D	61°17'00"	120.000	71.086	128.352	19.475	3 + 350.810	3 + 279.724	3 + 408.076	245064.040	327953.363	4	0.70
14	I	17°15'40"	100.000	15.178	30.126	1.145	3 + 751.600	3 + 736.422	3 + 766.548	244653.776	327893.487	5	0.80
15	I	10°47'50"	100.000	9.450	18.845	0.446	4 + 660.754	4 + 651.304	4 + 670.148	243755.484	328035.083	5	0.80
16	D	50°50'50"	120.000	57.041	106.494	12.867	4 + 940.136	4 + 883.095	4 + 989.589	243492.490	328129.527	4	0.70
17	I	0°55'30"	0.000	0.000	0.000	0.000	5 + 397.007	5 + 397.007	5 + 397.007	243094.759	327889.669	0	0.70
18	I	79°36'10"	100.000	83.321	138.933	30.163	5 + 940.555	5 + 857.234	5 + 996.167	242624.829	327616.520	5	0.80
19	D	43°03'00"	100.000	39.441	75.136	7.497	6 + 201.942	6 + 162.501	6 + 237.637	242436.831	327836.141	5	0.80
20	D	0°13'30"	0.000	0.000	0.000	0.000	6 + 676.660	6 + 676.660	6 + 676.660	241961.335	327889.354	0	0.80
21	I	0°44'50"	0.000	0.000	0.000	0.000	7 + 393.807	7 + 393.807	7 + 393.807	241248.329	327966.317	0	0.80
22	I	36°00'20"	80.000	25.998	50.273	4.118	7 + 900.264	7 + 874.266	7 + 924.539	240745.549	328027.231	6	0.90
23	D	51°43'30"	80.000	38.781	72.222	8.904	8 + 009.710	7 + 970.929	8 + 043.150	240664.133	328102.927	6	0.90
23	D	51°43'30"	80.000	38.781	72.222	8.904	8 + 009.710	7 + 970.929	8 + 043.150	240664.133	328102.927	6	0.90
24	D	0°40'00"	0.000	0.000	0.000	0.000	8 + 336.874	8 + 336.874	8 + 336.874	240335.551	328052.002	0	0.90
25	I	44°04'40"	130.000	52.626	100.009	10.248	8 + 612.831	8 + 560.205	8 + 660.214	240063.360	328006.569	4	0.60
26	D	43°07'40"	130.000	51.376	97.854	9.784	9 + 355.841	9 + 304.465	9 + 402.319	239447.453	328431.471	4	0.60
27	I	26°15'50"	100.000	23.330	45.839	2.685	9 + 871.604	9 + 848.274	9 + 894.114	238932.547	328354.275	5	0.80
28	D	41°32'50"	100.000	37.934	72.514	6.953	10 + 244.999	10 + 207.065	10 + 279.579	238576.118	328468.271	5	0.80
29	D	18°01'00"	40.000	6.341	12.578	0.500	10 + 495.860	10 + 489.519	10 + 502.097	238343.542	328365.638	7	1.50
30	I	49°47'30"	30.000	13.923	26.071	3.073	10 + 584.478	10 + 570.555	10 + 596.626	238277.429	328306.471	8	2.00
31	D	26°36'50"	30.000	7.096	13.935	0.828	10 + 646.307	10 + 639.211	10 + 653.146	238214.439	328315.285	8	2.00
32	I	20°06'10"	80.000	14.180	28.069	1.247	10 + 741.629	10 + 727.449	10 + 755.518	238123.878	328284.723	6	0.90
33	D	44°47'10"	50.000	20.601	39.083	4.078	11 + 072.081	11 + 051.480	11 + 090.563	237793.241	328293.115	7	1.30
34	D	2°51'30"	0.000	0.000	0.000	0.000	11 + 214.967	11 + 214.967	11 + 214.967	237687.767	328193.607	0	1.30
35	D	8°34'00"	140.000	10.486	20.932	0.392	11 + 327.927	11 + 317.441	11 + 338.374	237609.570	328112.089	4	0.60
36	I	37°27'20"	80.000	27.122	52.298	4.472	11 + 557.333	11 + 530.211	11 + 582.509	237477.174	327924.695	6	0.90
37	I	53°52'30"	60.000	30.489	56.418	7.302	12 + 036.576	12 + 006.087	12 + 062.505	237017.763	327781.573	6	1.10
38	D	19°49'20"	80.000	13.978	27.677	1.212	12 + 444.012	12 + 430.034	12 + 457.711	236686.882	328027.049	6	0.90
39	I	33°33'40"	100.000	30.155	58.575	4.448	12 + 712.229	12 + 682.074	12 + 740.649	236429.777	328104.428	5	0.80
40	D	27°55'50"	100.000	24.868	48.748	3.046	13 + 135.178	13 + 110.310	13 + 159.058	236158.564	328431.230	5	0.80
41	D	8°17'20"	200.000	14.492	28.934	0.524	13 + 609.831	13 + 595.339	13 + 624.273	235718.745	328612.321	3	0.50
42	I	61°16'20"	100.000	59.225	106.940	16.222	13 + 923.065	13 + 863.840	13 + 970.780	235414.887	328688.596	5	0.80
43	D	28°52'45"	100.000	24.75	201.17	3.21	14 + 137.755	14 + 238.341	14 + 037.17	236156.574	328432.220	5	0.75
44	I	8°17'20"	40.000	14.55	30.55	0.48	14 + 555.245	14 + 539.97	14 + 570.52	235716.735	328611.331	3	0.55
45	D	60°17'21"	40.000	24.13	13.83	15.91	14 + 622.41	14 + 615.20	14 + 629.03	235413.587	328687.594	5	0.85
46	D	13°17'18"	80.000	25.14	13.68	08.51	14 + 743.23	14 + 736.39	14 + 750.07	235412.812	328687.291	4	0.86
47	D	23°17'54"	100.000	35.14	64.33	07.50	14 + 840.505	14 + 808.34	14 + 872.67	235421.245	328671.492	6	0.65
48	D	10°17'47"	40.000	45.16	43.10	06.34	14 + 922.41	14 + 903.41	14 + 946.51	235414.785	328686.421	3	0.70
49	I	14°17'21"	25.000	32.15	44.73	05.24	15 + 055.41	15 + 033.61	15 + 078.34	235412.854	328681.214	4	0.45
50	----	----	----	----	----	----	15 + 213.000	----	----	234679.363	329501.325	8	2.30

Complementariamente se han realizado seccionamientos de los cauces de ríos, quebradas, etc. para poder hacer la proyección de las obras correspondiente.

Los planos relativos al perfil longitudinal y sub rasante se han dibujado en las siguientes escalas:

Horizontal : 1/2000
Vertical : 1/200

3.1.4 Secciones Transversales

Las secciones transversales fueron tomadas en el campo con eclímetro sobre el estacado del eje entre 25 m. a 30 m. a cada lado del eje.

Sobre el estacado se procedió a realizar el seccionamiento con dos cuadrillas provistas con eclímetros, winchas y estacas, seccionando cada 20 m en tangentes y cada 10 m en curvas.

Todos estos trabajos han servido para ejecutar el relleno topográfico (Generación de Curvas de Nivel) a lo largo de todo el trazado, con el programa computarizado AutoCAD Civil 3D 2015.

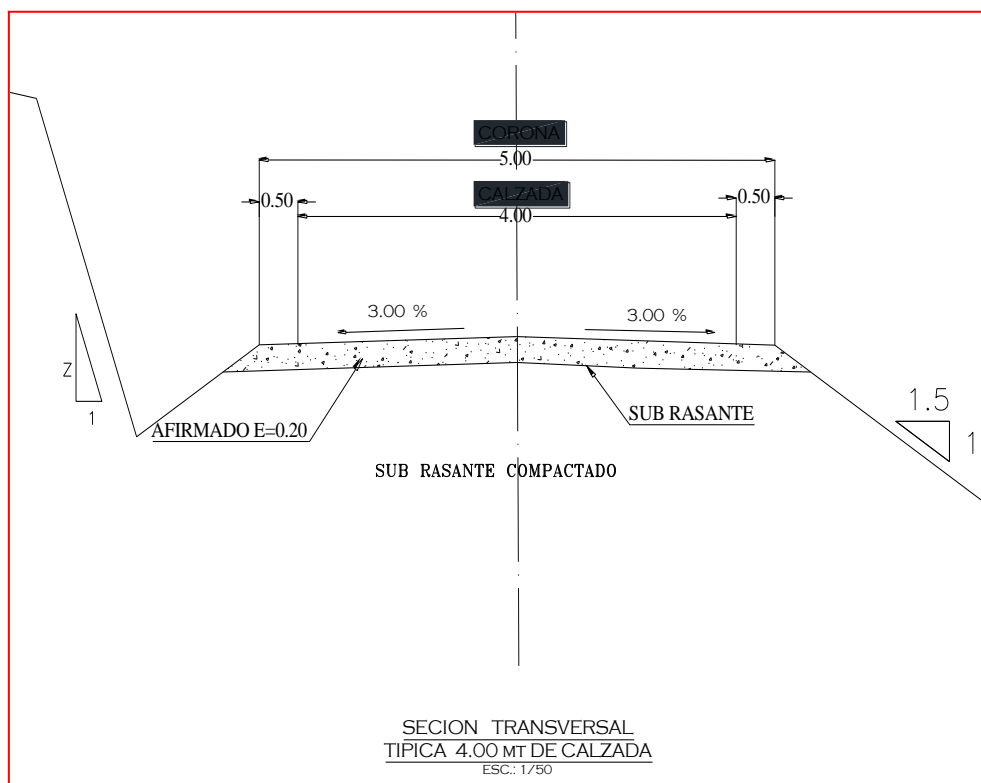


Figura 11. Sección Transversal Típica

3.2 Estudio de Mecánica de Suelos

3.2.1 Tipos de Suelo de la Subrasante

En la tabla N° 28, se describen los tipos de suelos encontrados según los estudios de suelos **ANEXO N° 01 Estudio de Mecánica de Suelos** en cada una de las calicatas según la clasificación SUCS y AASHTO

Tabla 28

Tipos de suelos de la sub-rasante

N°	PROG. (Km)	PROF. (m)	SUCS	AASHTO	M.D.S gr/cm ³	O.C.H. (%)	C.B.R. (%)		OBSERVACIONES
							100% MDS	95% MDS	
1	00+000	0.20-1.50	CH	A-7-6(20)	1.725	15.60	3.40	2.60	Subrasante de Pobre a regular
2	01+000	0.15-1.50	C-H	A-7-6(18)	1.828	15.10	9.60	7.40	Subrasante regular
3	02+000	0.10-1.50	CL	A-7-6(16)	1.862	14.50	15.70	12.10	Subrasante regular
4	03+000	0.20-1.50	CL	A-6(7)	1.823	12.20	13.30	10.90	Subrasante Regular
5	04+000	0.10-1.50	CL	A-6(12)	1.820	13.10	13.00	10.00	Subrasante Regular
6	05+000	0.20-1.50	CL	A-7-6(15)	1.714	16.10	4.10	2.70	Subrasante de Pobre a regular
7	06+000	0.10-1.50	CL	A-6(11)	1.825	14.90	12.50	9.10	Subrasante Regular
8	07+000	0.15-1.50	CL	A-7-6(14)	1.762	15.20	8.20	6.10	Subrasante Regular
9	08+000	0.20-1.50	CL	A-6(13)	1.802	14.50	12.20	9.10	Subrasante Regular
10	09+000	0.10-1.50	CL	A-7-6(16)	1.732	15.90	3.60	2.60	Subrasante de Pobre a regular
11	10+000	0.20-1.50	CL	A-7-6(13)	1.752	15.30	5.90	4.60	Subrasante regular
12	11+000	0.10-1.50	CL	A-6(13)	1.798	15.10	11.80	8.80	Subrasante regular
13	12+000	0.10-1.50	CL	A-6(6)	1.912	11.20	14.70	12.40	Subrasante Regular
14	13+000	0.10-1.50	CL	A-6(12)	1.870	14.70	12.70	9.90	Subrasante Regular
15	14+000	0.20-1.50	CL	A-7-6(15)	1.700	16.10	4.00	2.90	Subrasante de pobre a regular
16	15+000	0.20-1.50	CL	A-6(10)	1.865	12.80	12.20	10.00	Subrasante Regular

Fuente: elaboración propia

3.2.2 Capacidad Portante (cbr)

En la Tabla N° 29, se describen los valores del C.B.R. según los estudios de suelos **Anexo N° 01 Estudio de Mecánica de Suelos** en cada una de las calicatas

Valores de C.B.R

CBR PROMEDIO

Tabla 29

Análisis de la Subrasante en Función al C.B.R.

CBR AL 100%(%)	CBR AL 95%(%)
9.81	7.58

El material predominante en la sub rasante, permite mantener un criterio homogéneo y determinar el valor promedio de CBR, tomando de esta manera valores promedio, ya que la mayoría son parecidos.

Según el cuadro de resumen, y teniendo en cuenta la tabla N° 29, podemos caracterizar el tramo como de Sub- Base **REGULAR**.

Descripción y análisis de calicatas procesadas

Calicata N° 01 – Progresiva 00+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.20 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.20 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color marrón rojizo, material de alta plasticidad y húmedo, clasificación SUCSC: CH, AASTHO: A-7-6(20).

Calicata N° 02 – Progresiva 01+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.10 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.10 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color marrón, material de alta plasticidad y húmedo, clasificación SUCSC: CH, AASTHO: A-7-6(18).

Calicata N° 03 – Progresiva 02+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.10 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.10 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia firme, color marrón, material de mediana plasticidad y húmedo, clasificación SUCSC: CL, AASTHO: A-7-6(16).

Calicata N° 04 – Progresiva 03+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.20 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.20 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color marrón claro, material de mediana plasticidad y de bajo contenido de humedad natural, clasificación SUCSC: CL, AASTHO: A-6(7).

Calicata N° 05 – Progresiva 04+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.20 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.20 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color marrón, material de mediana plasticidad y de bajo contenido de humedad natural, clasificación SUCSC: CL, AASTHO: A-6(12).

Calicata N° 06 – Progresiva 05+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.20 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.20 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color marrón rojizo, material de media plasticidad, clasificación SUCSC: CL, AASTHO: A-7-6(15).

Calicata N° 07 – Progresiva 06+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.10 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.10 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color rojizo, material de mediana plasticidad y húmedo, clasificación SUCSC: CL, AASTHO: A-6(11).

Calicata N° 08 – Progresiva 07+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.15 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.15 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color marrón claro, material de mediana plasticidad y húmedo, clasificación SUCSC: CL, AASTHO: A-6(12).

Calicata N° 09 – Progresiva 08+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.20 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.20 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color marrón, material de mediana plasticidad y húmedo, clasificación SUCSC: CL, AASTHO: A-6(13).

Calicata N° 10 – Progresiva 09+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.10 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.10 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color beige, material de mediana plasticidad y mediamente húmedo, clasificación SUCSC: CL, AASTHO: A-7-6(16).

Calicata N° 11 – Progresiva 10+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.20 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.20 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color marrón, material de mediana plasticidad y húmedo, clasificación SUCSC: CL, AASTHO: A-7-6(15)

Calicata N° 12 – Progresiva 11+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.10 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.10 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color marrón rojizo, material de mediana plasticidad y húmedo, clasificación SUCSC: CL, AASTHO: A-6(13)

Calicata N° 13 – Progresiva 12+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.15 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.15 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color marrón claro, material de mediana plasticidad y húmedo, clasificación SUCSC: CL, AASTHO: A-6(6)

Calicata N° 14 – Progresiva 13+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.10 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.10 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color beige oscuro, material de mediana plasticidad y húmedo, clasificación SUCSC: CL, AASTHO: A-6(12)

Calicata N° 15 – Progresiva 14+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.20 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.20 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color marrón oscuro, material de mediana plasticidad y húmedo, clasificación SUCSC: CL, AASTHO: A-7-6(15)

Calicata N° 16 – Progresiva 15+000

S/M (Prof. 0.00 – 0.20 m.) Presenta material orgánico de olor y color característico.

Muestra N°1 (Prof. 0.20 – 1.50 m.) está compuesto de arcilla inorgánica de consistencia media, color marrón rojizo, material de mediana plasticidad y húmedo, clasificación SUCSC: CL, AASTHO: A-6(10)

3.3 Estudio de Canteras

El material de la capa anticontaminante será arena no plástica, además debe cumplir las relaciones de diámetros entre el material que está por colocarse (el material anticontaminante) y el suelo de sub rasante, que a continuación se indica:

(a) Para impedir el movimiento de las partículas del suelo hacia el material filtrante:

$$\frac{D_{50}}{S_{50}} = \leq 25 \qquad \frac{D_{15}}{S_{85}} = \leq 5$$

(b) Para impedir el movimiento de las partículas del suelo hacia el material filtrante, cuando el terreno tiene una granulometría uniforme:

$$\frac{D_{15}}{S_{85}} = \leq 4 \qquad \frac{D_{50}}{S_{50}} = \leq 25$$

(c) Para que el agua alcance fácilmente el dren:

$$\frac{D_{15}}{S_{15}} = \geq 5$$

En estas relaciones:

D_x: Corresponde a la abertura del tamiz por el cual pasa el x% en peso del material de la capa anticontaminante.

S_x: Corresponde a la abertura del tamiz por el cual pasa el x% en peso del material del suelo.

El material para capa anticontaminante se podrá tomar de las canteras:

3.3.1 Cantera Rio Sisa.

Antes de su aplicación estos materiales deberán ser zarandeados por un tamiz de tam. Máx. ¾", para obtener la arena.

3.3.2 Cantera de Afirmado

La zona de estudio no cuenta con una cantera que cumpla individualmente los requisitos para conformación de la capa de Afirmado de tal manera que se tomará de la cantera **Perhuaté** ubicado en la localidad del mismo nombre, para llegar a esta cantera se tomará la vía que desde la localidad de José Pardo, hasta la localidad de San Pablo – Consuelo tomando desde esta localidad por la vía asfaltada, tramo Consuelo – Bellavista, a 18 km. Se encuentra la localidad de Perhuaté, la cantera tiene un acceso de 1,200 m.

3.4 Estudio de Tráfico

Se realizó la determinación del Índice Medio Diario (IMD), el cual fue definido en base al conteo de vehículos que usualmente atraviesan la vía y a la realización de encuestas. Esto nos permitió realizar el diseño del camino vecinal y definir su geometría, de acuerdo a las siguientes características:

Caminos de Bajo Transito ($IMD < 15$ veh/día).

Caminos de transito intermedio ($15 \text{ veh/día} < IMD < 50 \text{ veh/día}$).

Caminos de Alto Transito ($IMD > 50$ veh/día).

La realización del estudio del tráfico es importante porque tiene como objetivo conocer la cantidad de vehículos que transitan por el camino en estudio, el cual es un elemento muy importante en el estudio socioeconómico y en la determinación de las características geométricas de diseño del camino.

3.4.1. Resultados Directos del Conteo Vehicular

La información del tráfico a obtener nos servirá para desarrollar y calibrar modelos de simulación de demanda de transportes. Es importante porque proporciona información para el planeamiento del sistema de transporte:

Para comparación sobre volumen de tráfico entre unas vías y otras, a los efectos de cualquier programa de transportes.

Justificación económica de las inversiones en las que el tráfico puede intervenir como variable.

Establecimientos de señalización.

Asignaciones de tráfico a futuro.

Itinerarios de rutas de empresas de transportes.

Determinación de las necesidades de infraestructura, tales como:

Mejoramiento de la carretera.

Construcción de nuevas carreteras.

Diseño del tipo de superficie de rodadura.

Mejoramiento de carreteras.

Mantenimiento de carreteras.

Tabla 30

Estado Situacional del Camino Vecinal en Estudio

Distrito	Camino Vecinal		Vía		Tráfico		Población Total Servida
	Desde	Hasta	Longitud (Km.)	Estado	Ligero	Pesado	
SAN PABLO	SAN PABLO	JOSÉ PARDO	(15.213 Km)	Malo	16	04	8,919

Fuente: Estudio de Trafico – Elaboración Equipo Técnico

Tabla 31

Conteo de Trafico del Camino Vecinal

DÍA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		CAMIÓN	TOTAL	PORC.
			PICK UP	RURAL Combi	2 E		%
LUNES	4	4	4	0	4	16	14.68
MARTES	2	5	3	1	3	14	12.39
MIÉRCOLES	3	0	5	1	5	14	12.84
JUEVES	5	4	4	2	4	19	16.81
VIERNES	4	5	3	1	3	16	14.16
SÁBADO	4	3	5	1	3	16	14.16
DOMINGO	5	2	5	1	5	18	15.93
TOTAL	27	23	29	7	27	113	100.00
IMDs	4	3	4	1	4	16	
FC	1.03349	1.03349	1.03349	1.03349	1.05547		
IMDa	4	3	4	1	4	16	

Fuente: Estudio de Trafico – Elaboración Equipo Técnico

3.4.2 Cálculo del IMD

Para convertir el volumen de tráfico obtenido del conteo, en Índice Medio Diario (IMD), se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{IMDa} = \text{IMDs} * \text{FC}$$

Dónde:

IMDa : Índice Medio Anual.

IMDs : Índice Medio Semanal.

FC : Factor de Corrección Estacional.

Tabla 32

Trafico Actual por Tipo de Vehículo

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
AUTO	4	25.00
STATION WAGON	3	18.75
PICK UP	4	25.00
RURAL COMBI	1	06.25
CAMION 2 E	4	25.00
IMD	16	100.00

Fuente: propia

3.4.3 Proyecciones del Tráfico

En el caso del flujo de vehículos de pasajeros, de carga se observa que tiene como origen y/o destino el Distrito de San pablo – José Pardo y el límite con la provincia de Picota, Distrito de la Provincia de Bellavista, así como la ciudad de Tarapoto.

En el flujo de vehículos de pasajeros, considerando solo los vehículos ligeros, como origen y/o destino del tráfico San Pablo – José Pardo, y el límite con la provincia de Picota y la ciudad de Tarapoto y la costa peruana, las comunidades donde se desarrolla la carretera se observa claramente que prevalece el flujo de tráfico local.

Se consideraron los siguientes: Tasa de crecimiento por región en % $r_{vp} = 2.60$ Tasa de crecimiento anual de la población (Para vehículos de pasajero); % $r_{vr} = 3.60$ Tasa de crecimiento anual del PBI regional (Para vehículos de carga).

3.4.4 Análisis de la Información y Obtención de Resultados

Los conteos volumétricos realizados tienen por objeto conocer los volúmenes de tráfico que soporta la carretera en estudio, así como su composición vehicular y variación diaria.

Luego de la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos, se obtuvo los resultados de los volúmenes de tráfico en la vía, por día, tipo de vehículo, y el

consolidado de ambos sentidos. El resumen se incluye en el texto del Informe. Los resultados obtenidos del conteo de vehículos serán expresados en términos de IMD Anual, corregidos por su factor correspondiente.

Para el análisis de la composición de los vehículos, se clasificaron en vehículos ligeros (autos, camionetas), camionetas rurales y microbuses, omnibuses y vehículos pesados (camiones de 2 ejes, 3 ejes y otros). En los cuadros del anexo se resumen los recuentos de tráfico y la clasificación diaria. Los resultados están expresados en cifras absolutas y relativas (porcentajes) respectivamente.

3.5 Diseño de Pavimento Afirmado por el Método de NAASRA.

3.5.1 Diseño del Espesor del Pavimento

3.5.1.1 Determinación del CBR de diseño

Tabla 33

Resumen de Descripción de los Suelos

PROGRESIVA	TIPO DE SUELO		IP (%)	CBR (%)
	SUCS	AASHTO		
0+000	CH	A-7.6	42.80	2.60
1+000	CH	A-7.6	32.50	7.40
2+000	CL	A-7.6	29.50	12.10
3+000	CL	A-6	17.10	10.90
4+000	CL	A-6	21.20	10.00
5+000	CL	A-7.6	24.20	2.70
6+000	CL	A-6	18.00	9.10
7+000	CL	A-7.6	24.90	6.10
8+000	CL	A-6	22.70	9.10
9+000	CL	A-7.6	28.10	2.60
10+000	CL	A-7.6	23.10	4.60
11+000	CL	A-6	22.10	8.80
12+000	CL	A-6	15.70	12.40
13+000	CL	A-6	21.00	9.90
14+000	CL	A-7.6	24.60	2.90
15+000	CL	A-6	19.90	10.00

Fuente: Elaboración Propia

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 ó 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.

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 34

Estimación del CBR de Diseño

N°	CBR
1	12.40
2	12.10
3	10.90
4	10.00
5	9.90
6	9.10
7	8.80
8	7.40
9	6.10
10	4.60
11	2.90
12	2.70
13	2.60
	99.50 Sumatoria
	7.65 CBR Promedio
<hr/>	
CBR Diseño	7.65%

Fuente: Elaboración Propia

3.5.1.2 Espesor de la capa de afirmado

Numero de Repeticiones de Ejes Equivalentes

Con los datos obtenidos en el Estudio de Tráfico se determinará el número acumulado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 Toneladas para el periodo de diseño, de acuerdo a la fórmula

$$N_{\text{rep de EE 8.2t}} = \frac{[EE_{\text{día-carril}} \times 365 \times ((1 + t)^{n-1})]}{t}$$

$EE_{\text{día-carril}} = EE \times \text{Factor Direccional} \times \text{Factor Carril}$

$EE = N^{\circ} \text{ de vehículos según tipo} \times \text{Factor de carga} \times \text{Factor de Presión de Llantas}$

Donde:

$N_{\text{rep de EE 8.2t}} = \text{Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2t}$

$EE_{\text{día-carril}} = \text{Ejes Equivalentes por día para el carril de diseño}$

365 = Número de días del año

t = Tasa de proyección del tráfico, en centésimas

EE = Ejes Equivalentes

Factor Direccional = 0.5, corresponde a caminos de dos direcciones por calzada


Factor Carril = 1, corresponde a un carril por dirección o sentido

Factor de Presión de Llantas = 1, este valor se estima para los CBVT y con capa de revestimiento granular.

Máximo período de diseño = 10 años y vehículo pesados de 2 ejes.

IMD = N° de vehículos según tipo = 4 (Vehículos Pesados).

Factor de Equivalencia por Eje

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LOS VEHÍCULOS		LONG. MÁXIMA (M)
C2			12.3
	$EE_{S1} = [P/6.6]^4$	$EE_{S2} = [P/8.2]^4$	
Ejes	E1	E2	
Carga Según Censo de Carga (t)	7	10	
Tipo de Eje	Rueda Simple	Rueda Doble	
Peso	7	10	Total Factor Camión C2
Factor E.E.	1.265	2.212	3.477

Factor Carga: 3.477

Calculo de Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes

$EE = N^{\circ}$ de vehículos según tipo x Factor de carga x Factor de Presión de Llanta

Reemplazamos: $EE = 4 \times 3.477 \times 1 = 13.908$

$EE_{\text{día-carril}} = EE \times \text{Factor Direccional} \times \text{Factor Carril}$

Reemplazamos: $EE_{\text{día-carril}} = 13.908 \times 0.5 \times 1 = 6.954$

$$N_{\text{rep de EE 8.2t}} = \frac{[EE_{\text{día-carril}} \times 365 \times ((1 + t)^{n-1})]}{t}$$

Reemplazando:

$$N_{\text{rep de EE 8.2t}} = \frac{[6.954 \times 365 \times ((1 + 0.036)^{10-1})]}{0.036}$$

$$N_{\text{rep de EE 8.2t}} = 96931.034708$$

Calculo del Espesor del Afirmado

Del "Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" y de la ecuación del METODO NAASRA

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

$$\text{Nrep de EE 8.2 tn} \quad 96,931.034708 = 96.931\text{E}+03$$

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} 7.65) + 58 \times (\log_{10} 7.65)^2] \times \log_{10}(96,931.0347/120)$$

$$e = 226.2946 \text{ mm}$$

$$e = 0.226 \text{ m}$$

Entonces

$$e = 0.25 \text{ m}$$

3.6 Estudio de Drenaje

A lo largo de la vía se han encontrado un río y una quebrada, cauces con flujos de agua permanentes, estos amerita obra de gran envergadura, los demás no están considerado ejecución alguna, sin embargo, se tienen indicios que en época de lluvia con períodos de retorno considerables, las zonas existentes a lo largo del trazo se activan. Por lo tanto, las Obras de Cruce como las Obras de Alivio de Cunetas (alcantarilla), su elección dependerá de las características del flujo, de la topografía y de la economía en el dimensionamiento de las Obras de Arte.

Por lo tanto, el sistema conformado por cunetas de base que desfogan sus aguas en las alcantarillas de alivio y estas a su vez a los cursos de agua permanentes, constituyen el Sistema de Drenaje Superficial que se planteará para el mejoramiento de la carretera. El diseño estructural de las estructuras de drenaje se rige a lo especificado en la Norma Técnica 060. Concreto Armado, así como a lo expresado en la Norma E-030 Diseño Sismo resistente en lo que fuere aplicable.

3.6.1 Cunetas y Bombeo

Las cunetas tendrán en general sección triangular y se proyectarán para todos los tramos al pie de taludes de corte. Según, el Manual las dimensiones serán fijadas de acuerdo a las

condiciones pluviométricas, siendo las dimensiones mínimas aquellas indicadas en la Tabla 20 antes mencionado.

Estos elementos de Drenaje Superficial se proyectan con la finalidad de evacuar las aguas de precipitaciones pluviales que discurren por la calzada, a través del bombeo, se ha considerado cunetas de sección transversal de 0.50x1.00 m con talud 1:1.5 y variable según el talud de reposo de la ladera, sin revestir a lo largo de la carretera.

Para el control del agua de precipitación que cae en la plataforma se contempla la construcción de un bombeo transversal del 3.0%, para las secciones en tangente y de un peralte máximo de 8%, para las secciones en curva, en la capa de afirmado y sub rasante, con la finalidad de conducir el escurrimiento superficial hacia las cunetas.

Sólo se han proyectado la formación de cunetas en tierra con la finalidad de conducir las aguas del escurrimiento superficial hacia las alcantarillas y/o puntos de descarga.

3.6.2 Cunetas

Las estructuras de drenaje longitudinal denominadas cunetas se instalan con la finalidad de atrapar las aguas de escorrentía superficial en aquellas zonas donde la carretera se desarrolla aledaña a un talud natural y en donde se cuente con disponibilidad de área para atrapar aquellas aguas de escorrentía que inciden directamente sobre la vía.

Toda la recolección del agua será conducida hasta las estructuras de evacuación transversal y a su vez hacia el dren natural de la zona.

El diseño de las cunetas contempla las siguientes consideraciones climáticas y geométricas:

3.6.2.1 Determinación de la zona húmeda de influencia:

Luego del reconocimiento de campo, revisión de información meteorológica, consulta a los pobladores y del análisis de precipitación, se determinó que la zona presenta una precipitación máxima de 34.20 mm para un tiempo de retorno de 10 años.

3.6.2.2 Bombeo o Pendiente Transversal del Camino Vecinal

Con el fin de facilitar el ingreso de las aguas de escorrentía superficial que discurren sobre la superficie de rodadura y facilitar su orientación hacia las cunetas, se ha considerado una pendiente de 3.0% en el sentido transversal de la plataforma de la carretera.

3.6.2.3 Pendiente Longitudinal del Camino Vecinal

Todo el tramo de la carretera supera la pendiente mínima que se especifica en las Normas Peruanas de Carreteras.

3.6.2.4 Sección Geométrica de la Cuneta

De acuerdo a las condiciones Hidrológicas y topográficas, la sección geométrica de las cunetas será de forma triangular y de tierra, cuyos taludes tanto interno como externo son las que se indican en el plano respectivo.

3.6.2.5 Pendiente longitudinal de la Cuneta

La pendiente longitudinal de la cuneta se ha adoptado igual a la pendiente del trazo vial.

3.6.2.6 Longitudes de Tramo

La longitud de recorrido de un tramo de cuneta, para el presente estudio, se ha detectado que depende de varios factores, tales como: ubicación de entregas naturales, ubicación de puntos bajos que presenta el perfil de la carretera, caudales de recolección en un tramo según los niveles de precipitación.

3.6.3 Criterios de Diseño:

Considerando que la longitud del tramo ($L = 15.213 \text{ Km}$) y siendo la condición homogénea, se ha analizado el caso típico más desfavorable. La mayor longitud de cuneta continua proyectada es 2658 metros, que es el caso más crítico que requiere análisis: Considerando un ancho de 100 m. y la longitud de 400 m. indicada, el área de escurrimiento es:

$$A=400m*100m$$

$A = 40,000 \text{ m}^2 (0.04 \text{ Km}^2)$

$C = 0.59$ de $(K1+K2+K3+K4)$ de Tabla 17

$I = 34.20 \text{ mm/h}$. Información Recopilada

Para el cálculo de caudal aplicamos la Fórmula Racional:

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

Según el cálculo realizado para alcantarillas, dada las mismas condiciones, se tiene que el caudal de diseño para cunetas es:

$$Q_d = 0.224 \text{ m}^3/\text{s}.$$

3.6.3.1 Verificación de la Capacidad de las Cunetas

El cálculo de la velocidad y descarga se hará para las condiciones siguientes:

Pendiente predominante en el tramo: $S = 0.12$

Sección de la cuneta triangular: $1.00 \text{ m} \times 0.50 \text{ m}$ de profundidad

Coefficiente de Manning: $n = 0.017$

Aplicando el Programa Hcanales y con la fórmula de Manning y los datos que se indican se tienen los resultados siguientes:

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **BELLAVISTA** Proyecto: **VERIFICACION**
 Tramo: **SAN PABLO - JOSE PARDO** Revestimiento: **S/R**

Datos:

Tirante (y): **0.4** m
 Ancho de solera (b): **0** m
 Talud (Z): **1/1.5**
 Coeficiente de rugosidad (n): **0.017**
 Pendiente (S): **0.12** m/m

Resultados:

Caudal (Q): **0.8850** m³/s Velocidad (v): **5.5312** m/s
 Área hidráulica (A): **0.1600** m² Perímetro (p): **1.1314** m
 Radio hidráulico (R): **0.1414** m Espejo de agua (T): **0.8000** m
 Número de Froude (F): **3.9488** Energía específica (E): **1.9593** m-Kg/Kg
 Tipo de flujo: **Subcrítico**

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresar el nombre del lugar del Proyecto 12:51 a.m. 23/10/2018

Para el caudal de diseño $Q_d = 0.224 \text{ m}^3/\text{s}$, la capacidad hidráulica de la cuneta que se está proyectando corresponde los valores a $Q_e = 0.8850 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$Q_d = 0.224 \text{ m}^3/\text{s} < Q_e = 0.8850 \text{ m}^3/\text{s} \dots \dots \dots \text{OK}$$

Con los resultados indicados, se concluye que la cuneta triangular de $0.50 \times 1.00 \text{ m}$, corresponde a una sección parcialmente llena; por lo que el borde libre le permitiría a la sección trabajar con cierto margen en el caso de obstrucción.

3.6.3.2 Verificación de la Velocidad en Cunetas

En el caso de flujos de aguas superficiales, se recomienda una velocidad mínima de $0.60 \text{ m}/\text{seg}$. Con fines de que no se produzca sedimentación y velocidades máximas hasta de $6 \text{ m}/\text{seg}$. Con fines de evitar la erosión.

Para las condiciones que se dan a continuación, que corresponde a las cunetas, se calcula la velocidad en las cunetas:

Área de la sección mojada de la cuneta: $A = 0.1600 \text{ m}^2$

Caudal a drenar: $Q_{\text{drenar}} = 0.224 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Luego velocidad en las cunetas será:

$$V_c = \frac{Q_{\text{drenar}}}{A} = 5.5312 \text{ m}/\text{seg}.$$

La velocidad en las cunetas $V = 5.5312 \text{ m}/\text{seg}$, se encuentra dentro del rango establecido e indicado líneas arriba, por tanto no existirá sedimentación ni erosión.

3.7 Alcantarillas

Se ha hecho la inspección e inventario de las alcantarillas existentes, que se ubican desde el inicio del Camino Vecinal. Las Obras de arte que se encuentran posteriormente, en su totalidad están construidas de material rústico, es decir de madera no tratada y que serán remplazadas por alcantarillas de TMC.

Incorporación de alcantarillas nuevas en las zonas identificadas con cauces de quebradas definidas y aguas estancadas, para descarga de cunetas con sus respectivos aliviaderos en la entrada y salida de las mismas.

3.7.1 Fisiografía de la Cuenca.

Las características geomorfológicas de la cuenca permite definir las características de distribución espacial temporal de las variables hidrológicas a fin de poderlas cuantificar, considerando para nuestro objetivo que el área y altitud media de la cuenca son elementos importantes, habiéndose obtenidos estos parámetros con la cartografía recopilada donde el área es de 137.51 Ha aproximadamente que representa el 40% de cuencas y áreas drenadas presentando la topografía por un relieve de ondulado a accidentado.

3.7.2 Metodología y Formulación del Estudio.

En el estudio de recursos hídricos en la zona de selva baja frecuentemente se enfrenta al gran problema de carencia de información Hidrométrica adecuada, tanto en el tiempo como en el espacio. La zona en estudio no es la excepción por lo tanto obliga al desarrollo de diversas técnicas y criterios, cuyo objetivo es la transferencia de información al mismo tiempo rescatar aquellas informaciones siendo propia de la cuenca, aunque de corto periodo puede ser utilizable. En el presente estudio se empleará esta relación de información obtenida.

3.7.3 Análisis Hidrológico.

El drenaje de lluvia que cae en las laderas y en la propia plataforma será evacuada por cunetas que eviten que el agua discurra sobre la plataforma lo que dañaría la plataforma de la carretera, para lo cual se ha proyectado la formación de cunetas en tierra a lo largo de toda la vía, el drenaje de quebradas se hace mediante alcantarillas metálicas TMC. Las que funcionan en su mayor capacidad en épocas de lluvia.

3.7.4 Cálculo del Caudal a Drenar (Alcantarillas de Área de cuenca más Crítica)

Se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

En zonas lluviosas la longitud máxima permitida para el desfogue de las aguas que discurren por las cunetas es de 250 a 400 metros de longitud.

Como no se cuenta con datos hidrológicos de la zona se considerara una intensidad de lluvia de $I = 34.20$ mm/Hr. La misma que es muy común en la zona por tratarse de una zona lluviosa.

$A = 19.63$ Ha Información Recopilada

$C = 0.59$ de $(K1+K2+K3+K4)$ de Tabla 17

$I = 34.20$ mm/h.

Se usara la formula racional:

$$Q = CIA/360.$$

Donde

$I =$ Intensidad de precipitación

$A =$ Área en Ha.

$C =$ Coeficiente de escorrentía.

Remplazando valores se tiene

$$Q_t = 1.100 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

Para el cálculo de la precipitación pluvial que escurre por el pavimento se tiene:

$C = 0.70$ de Tabla 17

$I = 34.20$ mm/h.

$A = 400 \times 2.00 = 0.080$ ha.

Remplazando valores en la formula se tiene:

$$Q_p = 0.0053 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

Caudal total a drenar:

$$Q_d = Q_t + Q_p + Q_c = 1.100 + 0.0053 + 0.224 = 1.33 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

3.7.5 Verificación de la Capacidad de la Alcantarilla

El cálculo de la velocidad y descarga se hará para las condiciones siguientes:

Pendiente predominante en el tramo: $S = 0.05$

Alcantarilla: $D = 36''$.

Coefficiente de Manning: $n = 0.03$

Aplicando el Programa Hcanales y con la fórmula de Manning y los datos que se indican se tienen los resultados siguientes:

$$Q_d = 1.33 \text{ m}^3/\text{seg} < Q_e = 1.65 \text{ m}^3/\text{seg} \text{OK}$$

Con los resultados indicados, se concluye que la alcantarilla $D = 36'' = 0.9144 \text{ m}$., corresponde a una sección parcialmente llena; por lo que el borde libre le permitiría a la sección trabajar con cierto margen en el caso de obstrucción, para los demás alcantarillas por contar con área de caudal menor al analizado, se colocara $D = 36''$, esto para facilitar su limpieza y mantenimiento.

El diseño, tamaño y forma de las alcantarillas se hace siguiendo métodos de aceptación general, los cuales varían mucho de acuerdo a los antecedentes pluviométricos, el agua superficial debe alejarse de la plataforma de la carretera, tan pronto como sea posible.

3.8 Estructuras y Obras de Arte

En particular se ha encontrado 01 quebrada con pontones de madera deteriorados, que requieren la proyección de pontones de concreto armado. Igualmente se proyectaron alcantarillas del tipo TMC que por evaluación hidráulica requieren. Con relación a las alcantarillas existentes, que se encuentran en buen estado y son de TMC de 36" de diámetro se mantendrán y solo requieren mantenimiento (limpieza y desbroce).

OBRAS DE ARTE PROYECTADAS

Relación de Alcantarillas Proyectadas

<u>ITEM</u>	<u>PROGRESIVA</u>	<u>ELEMENTO</u>	<u>LONGITUD</u> (metros)
<u>TRAMO : KM 00+000 AL KM 15+213.00</u>			
1	02+600.00	Alcantarilla HDPE D=36"	7.60
2	03+350.00	Alcantarilla HDPE D=36"	8.30

Relación de Badenes Proyectados

<u>ITEM</u>	<u>PROGRESIVA</u>	<u>ELEMENTO</u>	<u>LONGITUD</u> (metros)	<u>ANCHO</u> (metros)
<u>TRAMO : KM 00+000 AL KM 15+213.00</u>				
1	00+890.00	Badén Aliviadero	40.00	5.00
2	01+290.00	Badén de C.A°	6.00	5.00
3	01+600.00	Badén de C.A°	6.00	5.00
4	02+160.00	Badén de C.A°	6.00	5.00
5	04+420.00	Badén de C.A°	6.00	5.00
6	05+060.00	Badén de C.A°	6.00	5.00
7	07+690.00	Badén de C.A°	6.00	5.00
8	10+650.00	Badén de C.A°	6.00	5.00

Relación de Muro de Gaviones Proyectados

<u>ITEM</u>	<u>PROGRESIVA</u>	<u>ELEMENTO</u>	<u>LONGITUD</u> (metros)
<u>TRAMO : KM 00+000 AL KM 15+213.00</u>			
1	2+520.00	Muro de Gaviones Lado Izquierdo	200.00
2	3+230.00	Muro de Gaviones Lado Izquierdo	190.00
3	4+920.00	Muro de Gaviones Lado Izquierdo	20.00
4	5+720.00	Muro de Gaviones Lado Izquierdo	20.00
5	6+600.00	Muro de Gaviones Lado Izquierdo	20.00
6	9+440.00	Muro de Gaviones Lado derecho	10.00
7	9+710.00	Muro de Gaviones Lado derecho	10.00
8	9+840.00	Muro de Gaviones Lado izquierdo	10.00
9	9+920.00	Muro de Gaviones Lado izquierdo	40.00
10	10+220.00	Muro de Gaviones Lado izquierdo	15.00

3.9 Estudio de Señalización

Las características físicas de la vía son propias de un camino a nivel de sub rasante, con una superficie erosionada por sectores por la acción de los vientos y aguas que rebasan cunetas de tierra, tramos muy angostos de hasta 2.80 m sin bermas y presencia de tramos con baches y lodazal ante la falta de mantenimiento, que dificultan el paso de vehículos en ambos sentidos, a lo que se suma curvas con problemas de visibilidad y trazo deficiente que a altas velocidades de circulación generan accidentes.

Tabla 35

Características de la Vía Situación Actual

CARRETERA	TRAMO
Característica de la Vía y Pavimento.	A nivel de Sub rasante
Red Vial	Vecinal

Tipo de Camino	
Estado de Conservación	Malo
Longitud (km)	15.213
Índice Medio Diario	16 veh/día
Velocidad de Diseño km/hora	25
Tipo de Material de la Superficie	Tierra Compactada
Ancho de la Calzada (m)	4.00
Radio Mínimo Normal	10
Pendiente Mínima (%)	0.33
Pendiente Máxima (%)	18
Bombeo (2)	2
Talud en Relleno	V: 1 / H: 1.5
Talud en Corte	Roca Suelta V: 1 / H: 6 Material Suelo V: 1 / H: 2

Fuente: Estudio Topográfico del Proyecto

3.9.1 Criterios de Diseño Utilizados en el Proyecto

A continuación se detallan los principales criterios de diseño adoptados.

En la visita de campo efectuada y por indagaciones se ha podido determinar los puntos críticos, con los siguientes accidentes:

Camionetas.- Velocidades excesivas en todo su trayecto; se ha podido notar el uso de altas velocidades, los cuales son propensos a generar accidentes de tránsito debido a la geografía del terreno y las quebradas que presenta.

Teniendo en cuenta que la vía cuenta con un gran número de radios de giro en muchos casos los que se encuentran muy estrechados y con un ascenso permanente, los que pueden ocasionar accidentes.

Camiones Pesados. Por volcadura al esquivar animales y/o dar pase en retroceso por el limitado ensanche de la carretera en curvas cerradas, en las zonas de donde se puede apreciar un continuo ascenso así como por exceso de velocidad.

Peatones.- Por cegamiento de las luces de los vehículos durante la noche, al colocarse al borde de la carretera, por un mal paso, pisando en falso, por ensanche de la vía debido a la existencia de cercos de propiedad privada, en varios tramos de la vía y generalmente por lo accidentado de la Topografía los que muchas veces ocasionan que la superficie del relieve terrestre sea un peligro para los peatones.

Las medidas tomadas para mitigar los accidentes son:

Se ha tomado todo el tramo limitando las velocidades desde el Km. 0+000 al 15+213 con una velocidad máxima de 30 km/h. y min de 25 km/h.

En los puntos críticos (puntos negros), como curvas de radios mínimos excepcionales tanto horizontales como verticales, zonas de gran pendiente, se prevé señales reglamentarias como: mantenga su derecha (R-15), no adelantar (R-16), pendiente pronunciada (P-35) y otros dependiendo de la característica de desarrollo de la carretera.

3.9.2 Señalización

Las señales que requiere el proyecto son:

Señales de reglamentación, para notificar al usuario de la vía de las limitaciones, prohibiciones o restricciones que gobiernan el uso de ella y cuya violación constituye un delito.

Señales de prevención, Para advertir a los usuarios de la vía de la existencia de un peligro y la naturaleza de esta.

3.9.3 Señales Reglamentarias

Señales de información, Para guiar al usuario a través de la carretera, proporcionándole la información que pueda necesitar.

3.9.4 Postes Kilométricos

Estas señales son de forma como se indica en el plano de $h = 1.20$ metros.

Los postes kilométricos deben colocarse en donde se cumpla cada kilómetro de la vía, la prohibición o restricción. Mayores detalles sobre los postes kilométricos se encuentran en las especificaciones técnicas del proyecto, planos y en el manual correspondiente del M.T.C.

Estas señales son de forma rectangular de 0.60×0.60 metros.

Las señales reglamentarias deberán colocarse en el lugar donde exista la prohibición o restricción mayores detalles sobre las señales reglamentarias se encuentran en las especificaciones técnicas del proyecto, planos y en el manual correspondiente del M.T.C.

3.9.5 Señales Preventivas

Las señales preventivas han sido diseñadas y ubicadas de acuerdo al desarrollo de la vía, en las zonas que presentan un peligro real o potencial que puede ser evitado disminuyendo la velocidad del vehículo o tomando las precauciones del caso.

Las señales preventivas para el presente caso tienen una dimensión de 0.60×0.60 metros con fondo de material reflectorizante de alta intensidad de color amarillo y símbolos, letras y borde de marco pintados con tinta xerográfica color negro, con uno de los vértices del cuadrado hacia abajo.

Los postes de fijación de estas señales serán de tubo galvanizado de 2”, pintados con franjas de 0.50 m con esmalte de color blanco y negro.

Los detalles en cuanto a las características de los mensajes y las formas de las señales preventivas se indican en los planos, así como en las Especificaciones Técnicas del proyecto y el manual indicado que tiene carácter oficial.

En líneas generales, indicamos a continuación las distancias recomendadas para la ubicación de las señales preventivas.

- Zona Urbana: 60 m –75 m

- Zona Rural: 90 m –110 m

3.9.6 Señales Informativas

Las señales informativas tienen la finalidad de guiar al conductor a través de determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino. También tiene por objeto identificar puntos notables como ciudades, ríos, lugares de destino y dar información útil al usuario de la carretera.

Las señales informativas que se utilizan en el proyecto serán las de localización y destino, las cuales proporcionan información al conductor de los lugares o poblaciones más importantes en el trayecto.

Las señales informativas serán de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal y de dimensiones variables según el mensaje a transmitir. Se ubicarán al lado derecho de la carretera de manera que los conductores puedan distinguirlas de manera clara y oportuna.

Discusiones

3.10 Estudio Topográfico

El diseño geométrico de la carretera en estudio presenta características que beneficien a los pobladores, garantizando la seguridad, el buen servicio, además es económica para una solución a menor tiempo posible. Para el diseño geométrico es determinante conocer la topografía, para determinar los diferentes parámetros máximos y mínimos que la norma de diseño para Caminos Vecinales de bajo volumen de tránsito del Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú establece.

3.11 Estudio de Mecánica de Suelos

Con las calicatas realizadas en la vía, de acuerdo a las normas, se han detectado en el tramo del proyecto sectores con presencia de suelos inadecuados, como son los tipos CL y CH, según la clasificación de suelos por el método de SUCS, los cuales deberán ser eliminados y reemplazados con materiales adecuados de cantera.

Para determinar la capacidad portante de la sub-rasante, se realizó un total de 16 calicatas a lo largo de todo el tramo. Correspondiente a las canteras del cual se obtendrá material para el afirmado, presenta características adecuadas para ser explotada para el mejoramiento de la carpeta de rodadura del tramo.

3.12 Diseño de Pavimento

El conteo vehicular IMD actual por día es de 16 vehículos/día (camioneta, camión, camión simple de dos ejes), la cual amerita realizar una calzada de 4.00 m de ancho, de un carril en dos sentidos y bermas de 0.5 m a cada lado del eje de la vía.

Con la visita de campo en el tramo en estudio, se constató que las causas del bajo valor del IMD es el mal estado de la vía, por lo que los pobladores presentan dificultad para transportar sus productos.

Para el dimensionamiento de espesores de afirmado, se utilizó la ecuación del método NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado.

El espesor del afirmado es igual a 0.25 m., según diseño.

3.13 Obras de Arte

Las obras de arte son el complemento de las obras viales que sirven para prevenir y proteger a la estructura vial del contacto del agua, para ello se consideró la construcción de alcantarillas y badenes teniendo en cuenta criterios como:

Para el diseño hidráulico de las alcantarillas se ha tenido en cuenta la función que cumplirá cada una de ellas dentro del proyecto, ya sea para el alivio de las áreas de cultivos y el paso de agua de riego

Se plantean la construcción de badenes como soluciones efectivas en los tramos en los cuales el nivel de la rasante de la carretera coincide con el nivel de fondo del cauce del curso natural que intercepta su alineamiento, porque permite dejar pasar flujo de sólidos esporádicamente.

3.14 Señalización

En el tramo de la vía, se consideró la ubicación colocación de señales de tránsito preventivas, informativas y reglamentarias, así mismo la ubicación de los hitos kilométricos, los cuales permitirán el tránsito seguro en el tramo en estudio.

3.15 Contrastación a la Hipótesis

La contrastación de la hipótesis se hizo a la necesidad de presentar a la población para una mejora en la calidad de la vía, y apunte al traslado de los productos cultivados en la zona, generando la reducción de los costos en transporte con el consecuente incremento de beneficios para productores, de tal manera contar con una vía en condiciones óptimas. Por tanto la hipótesis, es correcta, porque mejorará las condiciones de transitabilidad de la vía, además que formará parte del expediente técnico, para poder solicitar su financiamiento y así al ser ejecutada, y por consecuencia, aumentará el nivel socioeconómico de la población.

CONCLUSIONES

El diseño de Pavimento a nivel de afirmado del camino vecinal mejorará el transporte de los productos cultivados en la zona hacia el mercado de consumo, reduciendo los costos de transporte y el buen estado de los productos, contribuyendo al desarrollo socioeconómico de los productores.

Con los estudios de mecánica de suelos se ha detectado en el tramo del proyecto presencia de suelo de tipo CL y CH lo cual indica la presencia de arcilla inorgánica de mediana y alta plasticidad, y el cálculo del CBR permitió diseñar el espesor de la capa de afirmado.

Según la categoría de la vía y las condiciones orográficas, se plantean los siguientes parámetros de diseño:

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Tramo		
San Pablo – José Pardo		
Longitud del tramo	km	15+213
Clasificación Vial		
Según su jurisdicción		Sistema vecinal
Según su demanda		Tercera clase
Según su orografía		Terreno ondulado - accidentado
Criterio Básico para el Diseño Geométrico		
Velocidad Directriz	Km/h	30
Diseño Geométrico de la Sección Transversal		
Espesor de afirmado granular	m	0.25
Ancho de calzada	m	4
Ancho de berma (c/lado)	m	0.5
Ancho de la plataforma	m	5
Bombeo	%	3
Peralte	%	8
Derecho de Vía	m	16
Talud de corte		01:01
Talud de relleno (H:V)		01:01.5
Cunetas	m	0.50 x 1.00
Diseño Geométrico en Planta		
Radio mínimo	m	30
Sobre ancho máximo	m	3.31

Diseño Geométrico en Perfil Longitudinal		
Pendiente mínima	%	0.50
Pendiente máxima	%	12

Se proyectaron 2 alcantarillas de TMC en el transcurso de la carretera, las cuales facilitarán la evacuación de las aguas provenientes de las precipitaciones y pases de agua de riego para el cultivo de arroz.

El diseño y la evaluación de la señalización se realizaron de acuerdo al Manual de Dispositivos de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

Por ser una zona con curvas tanto verticales como horizontales se ha considerado el uso de señales Informativas, Preventivas y Reglamentarias.

De acuerdo a las últimas recomendaciones de las normas de señalización no se considera el pintado de los guardavías debido a sus componentes tóxicos y por qué estas están formadas por fierro galvanizado en caliente; encontrándose con material reflectorizante y capta faros. Este criterio es de acuerdo con las últimas disposiciones contempladas en el reglamento.

Teniendo en cuenta que el destino principal más frecuente en el tramo en estudio es el Distrito de **SAN PABLO**, el tiempo promedio de recorrido es de 45 minutos, adquiriendo una velocidad promedio de 25 km/h.

Una vez ejecutado el proyecto y considerando la velocidad promedio de diseño de 30 km/h se tendrá un tiempo de recorrido medio de 30 minutos, notándose la disminución considerable en los tiempos de traslado.

En lo posible, las cunetas deben descargar a las alcantarillas, o drenes transversales; de no ser así, deberán hacerlo hacia los cursos naturales más próximos o hacia zonas previamente seleccionadas por su baja vulnerabilidad a la erosión. Esto ocurre frecuentemente en los tramos en curva.

RECOMENDACIONES

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.

De acuerdo a las últimas recomendaciones de las normas de señalización no se considera el pintado de los guardavías debido a sus componentes tóxicos y por qué estas están formadas por fierro galvanizado en caliente; encontrándose con material reflectorizante y capta faros. Este criterio es de acuerdo con las últimas disposiciones contempladas en el reglamento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007), *Censo Poblacional*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones: *Especificaciones Técnicas de Rehabilitación y Mejoramiento y Mantenimiento de Caminos Vecinales*; Lima Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones: *Manual Ambiental para la Rehabilitación y Mantenimiento de Caminos Rurales*, Lima Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones: *Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*, Lima Perú.

Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción: *Reglamento de Señalización*, Lima Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones: *Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras y Normas para el Diseño de Caminos Vecinales*, Lima Perú.

Ponce, J. *Estudio Definitivo a nivel de ejecución del Camino Vecinal Calzada - Sector Potrerillo Km 0+000 - Km 2+920*, Informe de Ingeniería, Tarapoto Perú.

Ríos, C. *Diseño Geométrico y Asfaltado de la Avenida Circunvalación - Tarapoto*, Informe de Ingeniería, Tarapoto Perú.

ANEXOS

ANEXO N° 01
ESTUDIO DE SUELOS