



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 de la Rehabilitación y
Mejoramiento del Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermúdez
Tramo Km 0+000 – Km 9+000, L=9.00 Km, Provincia de Mariscal
Cáceres y Bellavista, Región San Martín”**

**Tesis presentada para optar el título profesional de
INGENIERO CIVIL**

Autor:

Bach. Jaime Kenneth Montes Macedo

Asesor:

Ing° M. Sc. Víctor Eduardo Samame Zatta

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 DE LA
REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL ALTO
CUÑUMBUZA – PUERTO BERMUDEZ TRAMO KM 0+000 – KM 9+000,
L=9.00 KM, PROVINCIA DE MARISCAL CACERES Y BELLAVISTA,
REGIÓN SAN MARTIN**

**Tesis presentada para optar el título profesional de
INGENIERO CIVIL**

Autor:

Bach. Jaime Kenneth Montes Macedo

Sustentada y aprobada ante el honorable jurado el día 03 de Julio del 2018:

.....
Ing. JORGE ISAACS RIOJA DÍAZ
Presidente

.....
Ing. VÍCTOR HUGO SÁNCHEZ MERCADO
Secretario

.....
Ing. JUVENAL VICENTE DÍAZ AGIP
Vocal

.....
Ing. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA
Asesor

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **Jaime Kenneth Montes Macedo**, con DNI N° 43701542, Bachiller de la facultad de Ingeniería civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la Tesis : “ **DISEÑO DE PAVIMENTO AFIRMADO DE LA REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL ALTO CUÑUMBUZA – PUERTO BERMUDEZ KM 0+000 KM – KM 9+000 KM, PROVINCIA DE MARISCAL CACERES Y BELLAVISTA**”.

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis es de nuestra autoría.
2. Hemos respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo 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 constituirían en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como 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 forma falsa), entre otros, asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 03 de Julio del 2018.


.....
Jaime Kenneth Montes Macedo
DNI N° 43701542

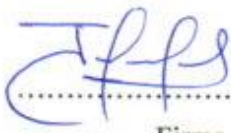


DECLARACION JURADA

Yo, **Jaime Kenneth Montes Macedo**, identificado con DNI ° 43701542 con domicilio en Jr. Francisco Pizarro N° 208 –Tarapoto, 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 toda la documentación y todos los datos e información de la presente tesis y/o informe de Ingeniería, que acompaño es verás y auténtica.

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

Tarapoto 03 de Julio 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: | MONTES MACEDO JAIME KENNETH | |
| Código de alumno : | 033015 | Teléfono: 925006050 |
| Correo electrónico : | Jaime.montes.macedo@gmail.com | DNI: 43701592 |

(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 DE LA REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL ALTO CUMBUZU - Puerto Bermúdez TRAMO Km 0+000 - Km 9+000, L= 9.000 Km, Provincia de MARIACA CACERES y Bellavista, Región San Martín |
| Año de publicación: |

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:

26 / 10 / 2018




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

A Dios: Por darme la vida, por indicarme el camino y sobre todo por poner en mi vida a Arturo y Marlin como padres.

Jaime Kenneth Montes Macedo

A mis Padres: A mi papa Arturo y Mama Marlin por darme soporte y fortaleza, por haber apoyado e inspirado en todo momento al camino de la superación, por su confianza depositada en mi persona.

A mi familia: A mis hijos, Alina Annelize y Kenneth Junior por ser mi vida, a mi esposa Miriam Consuelo por apoyarme a conseguir los objetivos trazados y estar a mi lado incondicionalmente.

Jaime Kenneth Montes Macedo

AGRADECIMIENTO

A mi asesor de tesis: Ing°. Víctor Eduardo Samamé Zatta, quien me brindo sus conocimiento como docente en mi vida universitaria y ahora comparte sus experiencias, asesorándome con sus conocimientos en el presente trabajo de tesis.

A los Ingenieros de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín, mi más sincero agradecimiento por ser parte de mi formación profesional.

A mis hermanos, compañía de travesuras, juegos y aventuras.

Jaime Kenneth Montes Macedo

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| DEDICATORIA | xiii |
| AGRADECIMIENTO | xiv |
| ÍNDICE | xv |
| RESUMEN | xix |
| ABSTRACT | xx |
| CAPÍTULO I:INTRODUCCIÓN | xxi |
| 1.1. Generalidades..... | xxii |
| 1.2. Exploración preliminar orientando la investigación | xxii |
| 1.3. Aspectos generales del estudio | 3 |
| 1.3.1. Características Generales | 3 |
| CAPÍTULO II:MARCO TEÓRICO | 11 |
| 2.1. Antecedentes, planteamiento, delimitación, formulación del problema a resolver .. | 11 |
| 2.1.1. Antecedentes del problema | 11 |
| 2.1.2. Planteamiento del problema | 12 |
| 2.1.3. Delimitación del problema | 13 |
| 2.1.4. Formulación del problema a resolver | 13 |
| 2.2. Objetivos : | 14 |
| 2.2.1. Objetivo general.- | 14 |
| 2.2.2. Objetivos específicos..... | 14 |
| 2.3. Justificación de la investigación | 14 |
| 2.4. Delimitación de la investigación..... | 15 |
| 2.5. Marco teórico | 15 |
| 2.5.1 Antecedentes de la investigación | 15 |
| 2.5.2 Fundamentación teórica de la investigación | 16 |
| 2.5.3 Marco conceptual: definición de términos básicos | 42 |
| 2.5.4 Marco histórico | 44 |
| 2.6 Hipótesis | 45 |
| CAPITULO III:MATERIALES Y MÉTODOS | 46 |
| 3.1. Materiales..... | 46 |
| 3.1.1. Recursos humanos..... | 46 |
| 3.1.2. Recursos materiales y servicios..... | 46 |
| 3.1.3. Recursos de Equipos | 46 |
| 3.2. Metodología de la investigación | 47 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2.1. Universo y/o muestra | 47 |
| 3.2.2. Sistema de variables | 47 |
| 3.2.3. Tipos y nivel de la investigación | 47 |
| 3.2.4. Diseño de instrumentos | 48 |
| 3.2.5. Procesamiento de la información | 49 |
| 3.2.6. Análisis e interpretación de datos y resultados | 49 |
| 3.2.7. Información del proyecto: diseño obtenido..... | 50 |
| 3.2.8. Criterio general de aplicación | 50 |
| 3.2.9. Excepciones consentidas | 52 |
| 3.2.10. Alineamiento horizontal..... | 52 |
| 3.2.11. Curvas horizontales | 52 |
| 3.2.12. Secciones transversales | 53 |
| ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS..... | 54 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 75 |
| BIBLIOGRAFÍA | 76 |
| ANEXOS..... | 77 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación | 5 |
| Figura 2. Elementos de una curva simple..... | 20 |
| Figura 3. Altura libre en túneles..... | 28 |
| Figura 4. Sección típica de una carretera a media ladera. | 31 |
| Figura 5. Determinacion de espesor de capa de revestimiento granular..... | 39 |
| Figura 6. Catálogo de capas de revestimiento granular..... | 41 |
| Figura 7. Diseño del método de la investigación | 48 |
| Figura 8. Sección transversal típica en terraple y curva | 54 |
| Figura 9. Sección transversal en tangente | 55 |
| Figura 10. Sección transversal en curva | 56 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Población actual total proyectada | 7 |
| Tabla 2 Población censada por provincia y distrito; departamento de San Martín. | 8 |
| Tabla 3 Población censada por provincia y distrito; departamento de San Martín. | 9 |
| Tabla 4 Elementos de curvas simples | 20 |
| Tabla 5 Radios mínimos y peraltes máximos en curvas | 21 |
| Tabla 6 Ancho mínimo de calzada en tangente (en metros)..... | 24 |
| Tabla 7 Sobre ancho de la calzada en curvas circulares(m) | 25 |
| Tabla 8 Taludes de corte..... | 29 |
| Tabla 9 Taludes de relleno..... | 30 |
| Tabla 10 Granulometría para material de afirmado..... | 33 |
| Tabla 11 Cuadro de la clase de tráfico que circula por el tramo en estudio. | 38 |
| Tabla 12 Diseño de carreteras..... | 51 |

RESUMEN

El presente trabajo de Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, se ha desarrollado con la finalidad de efectuar un aporte técnico-científico para contribuir a determinar el diseño de un pavimento a nivel de afirmado de un Camino Vecinal.

La investigación es de tipo aplicada y se ha llevado a cabo por la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín, desarrollando el proyecto en las provincias de Mariscal Cáceres y Bellavista, en la Región San Martín. Este trabajo se ha desarrollado aplicando sobre el terreno las teorías y normas existentes de topografía, mecánica de suelos, estudio de Trafico, diseño de pavimento y otros afines, y que han permitido contar con el Diseño de Pavimento a nivel de Afirmado de la Rehabilitación y Mejoramiento del Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez, tramo Km 0+ 000 – Km 9+000 en una longitud de 9.00 Kms.

Los resultados evidencian a todas luces que es posible lograr, a partir de la correcta aplicación de las teorías, estudios y diseños correspondientes el espesor del pavimento a nivel de afirmado del camino vecinal estudiado.

Este diseño de pavimento a nivel de afirmado realizado en el Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez, Tramo Km 0+000-Km 9+000, nos servirá para el Expediente a nivel de Ejecución de la Rehabilitación y Mejoramiento de dicho camino y cuando se ejecute dicho proyecto beneficiara a los pobladores de dichas provincias.

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.

Palabras Claves: Mejoramiento, Afirmado, Camino Vecinal , Pavimento.

ABSTRACT

The present work of Thesis to choose the Professional Title of Civil Engineer, has been developed with the purpose of making a technical-scientific contribution to help determine the design of a pavement at the level of a neighborhood road.

The research is of applied type and has been carried out by the Faculty of Civil Engineering and Architecture of the National University of San Martín, developing the project in the provinces of Mariscal Cáceres and Bellavista, in the San Martín Region. This work has been developed applying in the field the existing theories and norms of topography, soil mechanics, traffic study, pavement design and other related, and that have allowed to have the Pavement Design at the Affirmed level of the Rehabilitation and Improvement of the Alto Cuñumbuza Neighborhood Road - Puerto Bermudez, section Km 0+ 000 - Km 9 + 000 in a length of 9.00 Kms.

The results show clearly that it is possible to achieve, from the correct application of the theories, studies and corresponding designs, the thickness of the pavement at the level of the neighborhood road studied.

This pavement design at the level of the road built in the Alto Cuñumbuza - Puerto Bermudez Road, Km 0 + 000-Km 9 + 000, will be used for the Execution of Rehabilitation and Improvement of this road and when execute this project will benefit the residents of these provinces.

The development of a nation depends to a large extent on the extent and condition of its road network. The roads and highways condition the capacity and speed of mobilization of people and goods, aspects that directly affect social, political and economic progress.

Key Words: Improvement, Affirmed, Neighborhood Road, Pavement.



INTRODUCCIÓN

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 aun 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 del Pavimento a Nivel de Afirmado de la Rehabilitación y Mejoramiento del Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez, Tramo Km 0+000 – Km 9+000, Provincia de Mariscal Cáceres y Bellavista, Región San Martín”.

CAPITULO I

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

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 Mariscal Cáceres y 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 del Pavimento a Nivel de Afirmado de la Rehabilitación y Mejoramiento del Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez, Tramo Km 0+000 – Km 9+000, Provincia de Mariscal Cáceres y Bellavista, Región 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 orientando 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.

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 aun 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 del Pavimento a Nivel de Afirmado de la Rehabilitación y Mejoramiento del Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez, Tramo Km 0+000 – Km 9+000, Provincia de Mariscal Cáceres y Bellavista, Región 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 los Distritos de Campanilla y Alto Biavo correspondientes a las provincias de Mariscal Cáceres y Bellavista respectivamente. El Tramo del Camino Vecinal **Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez**, se inicia en el Km 0+000 (Alto Cuñumbuza) y termina en el Km 9+000 (Puerto Bermúdez)

Aspecto Político

Localidades: Alto Cuñumbuza, Puerto Bermudez.

Distritos: Campanilla, Alto Biavo.

Provincias: Mariscal Cáceres, Bellavista

Región: San Martín

- **Ubicación:**

| | | | |
|-----------------------|------------------|---|--------------|
| Región: | San Martín | | |
| Departamento: | San Martín | | |
| Provincia: | Mariscal Cáceres | - | Bellavista |
| Distritos: | Campanilla | - | Alto Biavo |
| Latitud Sur: | 07° 25' 40'' | - | 07° 15' 30'' |
| Longitud Oeste: | 76° 39' 55'' | - | 76° 30' 15'' |
| Altitud (m.s.n.m.): | 400 | - | 480 |

- Ubicación del Proyecto

**TRAMO: RUTA N° SM-119: ALTO CUÑUMBUZA – PTO. BERMUDEZ,
L=19.060 KM.**



Figura 1. Ubicación

1.3.1.2. Vías de acceso

La accesibilidad a la zona del Proyecto, es posible desde la ciudad de Juanjuí por la carretera a Tocache hasta el Km 5+000 (Puerto Cangrejo), para luego cruzar el Río Huallaga por Balsa Cautiva Motorizada, en la cual se inicia una vía que une varias localidades tales como son: Bajo Juñao, Dos Unidos, Retama, Costa Rica, Capirona, Soledad, Aucararca y llegar hasta la localidad de Alto Cuñumbuza. Dicho tramo de carretera, actualmente se encuentra en buen estado; hasta el Km. 43+000 el cual es el punto de inicio del tramo.

1.3.1.3. Aspectos climáticos

La obra se localiza en una zona húmeda tropical en plena selva Alta, las precipitaciones pluviales en la cercanía de la carretera está regida por Patrones Estacionales con intensidades de media a alta en los periodos lluviosos, presentándose con mayor frecuencia en los meses de: Enero, Febrero, Marzo y Abril. Tiene precipitaciones pluviales de 1,8000 mm/Año y temperatura Máximas y Mínimas de 30°C y 18 °C respectivamente.

1.3.1.4. Situación actual de la vía

En la actualidad el Camino Vecinal que une Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez, es solo transitable en épocas de verano, debido a las características plásticas de la sub rasante, así como carecer de un drenaje pluvial adecuado, hace difícil el tránsito en esta vía, sobre todo en temporada de alta pluviosidad.

La presente vía se ubica en los Distritos de Campanilla y Alto Biavo en las Provincias de Mariscal Cáceres y Bellavista respectivamente, en el Departamento de San Martín,

El Tramo del Camino Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez, se inicia en el Km 43+000 de la vía Bajo Cuñao – Alto Cuñumbuza. El Tramo abarca las progresivas Km 0+000 (en Alto Cuñumbuza) al Km 9 + 000 (Puerto Bermudez).

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, Bajo Juñao, Dos Unidos, Retama, Costa Rica, Capirona, Soledad, Aucararca y Alto Cuñumbuza en el distrito de Mariscal Cáceres y Bellavista.

1.3.1.6. Población beneficiada

Con la ejecución del Proyecto de tesis en mención se beneficiarán los centros poblados de Bajo Juñao, Dos unidos, Retama, Costa Rica, Capirona, Soledad, Aucararca, Alto Cuñumbuza, del distrito de Campanilla y Alto Biavo.

La población directamente beneficiada es de 13,945 habitantes, correspondiente al distrito de Campanilla (8,028 Háb.) y al distrito de Alto Biavo (5,917 Háb.). Esta población ha sido censada al año 2007 según información del INEI (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática), distribuyéndose de la siguiente manera:

Tabla 1

Población actual total proyectada

| Población Actual Total Proyectada | |
|--|-----------------------|
| Descripción | Nº de Personas |
| Población al 2007 (Háb) → (Pi) | 13,945 |
| Tasa de Crecimiento Anual (*) → (Tc) | 2.60% |

Fuente: Elaboración Propia / INEI (*) Según el último Censo del 2007 a nivel de todo el departamento de San Martín

Por lo tanto la población directa beneficiada, al año de ejecución del Estudio Definitivo es de 13,945 habitantes según el censo de población Año 2007, como se muestra en la Tabla N° 02.

Tabla 2

Población censada por provincia y distrito; departamento de San Martín.

| 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 |
| Mariscal Cáceres | 49,798 | 50,884 |
| Juanjuí | 27,335 | 27,151 |
| Campanilla | 8,499 | 8,028 |
| Huicungo | 5,677 | 6,219 |
| Pachiza | 4,567 | 4,367 |
| Pajarillo | 3,720 | 5,119 |

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

1.3.1.7. Condiciones económicas

1.3.1.8. Características socio-económicas

La población total del ámbito de influencia de la carretera es de **13,945 habitantes** del distrito de Campanilla y el distrito de Alto Biavo (Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática), distribuidos como sigue:

- Población Campanilla 8,028 Habitantes
- Población Alto Biavo 5,917 Habitantes

La Provincia de Bellavista tiene una **Tasa de Crecimiento Promedio Anual de 2.6 %** y la Provincia de Mariscal Cáceres tiene una **Tasa de Crecimiento Promedio Anual de 0.2 %**, con respecto al período 1993 - 2007, como se ve en la Tabla N° 03.

Tabla 3

Población censada por provincia y distrito; departamento de San Martín.

| 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 |
| Mariscal Cáceres | 4.5 | -0.7 | 0.2 |
| Juanjuí | 2.8 | 7.1 | 0.0 |
| Huicungo | 2.5 | 3.6 | 0.7 |
| Pachiza | 2.2 | 4.8 | -0.3 |
| Campanilla | 1.0 | 6.0 | -0.4 |
| Pajarillo | 1.2 | 4.9 | 2.3 |

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

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.

1.3.1.9. Actividades principales y niveles de vida

En la zona de influencia del proyecto correspondiente Bajo Juñao, Dos Unidos, Retama, Costa Rica, Capirona, Soledad, Aucamarca, Alto Cuñumbuza, del distrito de Campanilla y Alto Biavo, la actividad principal es la producción agropecuaria, la cual está destinada al autoconsumo en mayor proporción, y al intercambio, con las limitaciones en el flujo de transporte para la comercialización externa.

Los principales productos agropecuarios en orden de importancia son:

Agrícolas: Arroz, Café, plátano, maíz.

Pecuarias: Vacunos, caprinos, equinos y animales menores.

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.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes, planteamiento, delimitación, formulación del problema a resolver

2.1.1. 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 la **“Rehabilitacion Y Mejoramiento Del Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez Tramo Km 0+000 – Km 9+000, L= 9.00 Km., Provincia De Mariscal Caceres Y Bellavista, Region San Martin”**

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.

Los poblados de Bajo Juñao, Dos Unidos, Retama, Costa Rica, Capirona, Soledad, Aucararca, Alto Cuñumbuza, del distrito de Campanilla y Alto Biavo, 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 la red vial principal Arq° Fernando Belaúnde Ferry, para que logren desarrollar sus objetivos socio - económicos ansiados y postergados.

2.1.2. 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 Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez en los Distrito de Campanilla y Alto Biavo, 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.

2.1.3. Delimitación del problema

El problema está delimitado al **Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez Tramo Km 0+000 – Km 9+000, L= 9.00 Km., Provincia De Mariscal Caceres Y Bellavista, Region San Martin”**

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.

2.1.4. Formulación del problema a resolver

Los pobladores de Bajo Juñao, Dos unidos, Retama, Costa Rica, Capirona, Soledad, Aucararca, Alto Cuñumbuza, del distrito de Campanilla y Alto Biavo 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 Estudio Definitivo a Nivel de afirmado del Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez Tramo Km 0+000 – Km 9+000, L= 9.00 Km., Provincia De Mariscal Caceres Y Bellavista, Region San Martin”, mejorará las condiciones socioeconómicas de la población de estas localidades y anexos?**

2.2.Objetivos :

2.2.1. Objetivo general.-

Realizar el Diseño de Pavimento a nivel de afirmado de la “**Rehabilitacion Y Mejoramiento Del Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez Tramo Km 0+000 – Km 9+000, L= 9.00 Km, Provincia De Mariscal Caceres Y Bellavista, Region San Martin**”.

2.2.2. Objetivos específicos.

- Ejecutar los estudios de Topografía, Mecánica de Suelos, para el diseño del pavimento del tramo propuesto.
- Elaborar el estudio de tráfico en el área del proyecto.
- Diseño del Pavimento a nivel de afirmado utilizando el método USACE.

2.3.Justificación de la investigación

La presente Investigación se encuentra justificada por lo siguiente:

Bien sabemos que el transporte es una de las principales actividades que integra a los pueblos y logra el desarrollo Socio - Económico cumpliendo principalmente los siguientes roles:

Apoyo al Proceso Productivo.- Integrando los centros de producción con las principales mercado de abastos, posibilitando la comercialización interna y externa.

Servicios a la Población.- Facilitando a las personas su acceso a los servicios sociales culturales y Centros de Comercialización.

Integración Interna.- Interconectando los diferentes espacios socio - económicos en base al establecimiento de la infraestructura vial de manera de incorporar zonas de fronteras económicas insuficientemente desarrolladas a la economía nacional.

En la jurisdicción de Bajo Juñao, Dos unidos, Retama, Costa Rica, Capirona, Soledad, Aucararca, Alto Cuñumbuza, del distrito de Campanilla y Alto Biavo, existen recursos naturales y culturales que posibilitan el desarrollo de actividades de eco-turismo, en un paisaje de belleza natural, con bosques primarios que albergan una gran biodiversidad de flora y fauna.

Entendida así la trascendental importancia de las redes viales y dadas las condiciones socio-económicas actuales de las Localidades de Bajo Juñao, Dos Unidos, Retama, Costa Rica, Capirona, Soledad, Aucararca, Alto Cuñumbuzo 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.

2.4. Delimitación de la investigación

La investigación se limita a efectuar el **Estudio Definitivo a Nivel de afirmado del Camino Vecinal Alto Cuñumbuzo – Puerto Bermudez Tramo Km 0+000 – Km 9+000, L= 9.00 Km.**, lo que demanda encontrar todos los argumentos justificatorios tanto sociales, económicos y técnicos, que permiten tener un proyecto sustentable para la búsqueda de su financiamiento y ejecución.

Son parte complementaria en el estudio el respeto al derecho de vía del camino ya que existen sembríos a lo largo del trazo y esto dificulta al normal desarrollo del proyecto. Se agrega a ello, que no se cuenta con fotografías aéreas que muestren la configuración del terreno donde está ubicada el camino vecinal en estudio, haciéndolo más laborioso, así como que las precipitaciones son muy constantes y ello ocasiona que los trabajos de campo se atrasen. En fin, muchas variables fueron tomadas en cuenta para el desarrollo de este trabajo.

2.5 Marco teórico

2.5.1 Antecedentes de la investigación

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008), ha elaborado el “Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”, documento básico que proporciona la normativa a considerar para la elaboración del presente trabajo de tesis.

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

Valle, R. (1954), 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, C. (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.

Cosavalente, N. (2005), presentó un trabajo denominado “Asfaltado Jr. Alfonso Ugarte Tarapoto: Presupuesto y Programación, Tramo I: Km 0+000 - Km 1+122.683”.

Ponce, J. (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, J. (2014), 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.

2.5.2 Fundamentación teórica de la investigación

2.5.2.1 Clasificación de carreteras

- *Según su función:*

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2011), 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) (p.08) 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”.

- *Según el servicio:*

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2011), 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”.

2.5.2.2 Derecho de vía

- *Ancho normal:*

MTC (2001), 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” (p.64).

- *Ancho mínimo:*

MTC (2001), 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 (p.64).

- En zona de Cultivo el ancho requerido no será menor de 15 m.
- En zona de Montaña el ancho requerido será de 20 m”.

2.5.2.3 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”.

2.5.2.4 Diseño geométrico

- *Distancia de visibilidad:*

MTC (2008), 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” (p.17).

- *Visibilidad de parada:*

MTC (2008), “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” (p.17).

2.5.2.5 Elementos del diseño geométrico

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

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

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

2.5.2.6 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:

- *Consideraciones para el alineamiento horizontal:*

MTC (2008), 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.

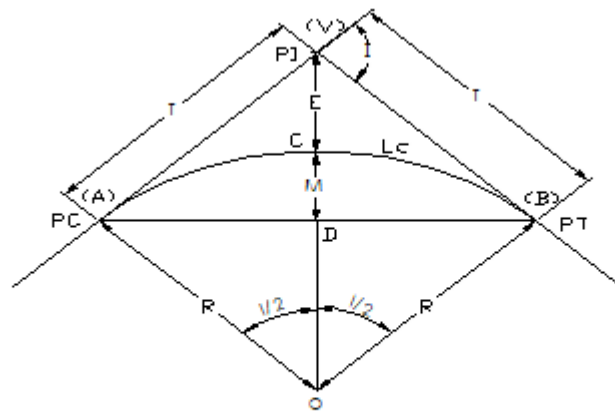
El alineamiento carretero se hará tan directo como sea conveniente adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambios de dirección. El trazado en planta de un tramo carretero está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición” (p.19).

- *Curvas horizontales:*

MTC (2008), 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° 03 (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” (p.20). 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, son:



ELEMENTOS DE UNA CURVA SIMPLE

Tabla 4

Figura 2. Elementos de una curva simple

Elementos de curvas simples

| Elemento | Símbolo | Fórmula |
|-------------------|---------|---------------------------------------|
| Tangente | T | $T = R \tan (I / 2)$ |
| Longitud de curva | Lc | $Lc = \square RI / 180^\circ$ |
| 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.

- *El peralte de la carretera:*

MTC (2008), el Manual, 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 (p.22).

El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos, podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%.

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:

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

Tabla 5

Radios mínimos y peraltes máximos en curvas

| Velocidad directriz(km/h) | Peralte máximo e(%) | Valor límite de fricción f_{\max} | Calculado radio mínimo (m) | Redondeo radio minino (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

2.5.2.7 Alineamiento vertical

- *Consideraciones para el alineamiento vertical*

MTC (2008), 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” (p.31).

2.5.2.8 Pendiente

MTC (2008), 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%” (p.36).

2.5.2.9 Sección transversal

- Calzada

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

En la Tabla 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

Anchomínimo de calzada en tangente (en metros)

| Trafico 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 trafico pesado.

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

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

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” (p.36).

Para determinar el ancho de la calzada en un tramo en curva, deberán considerarse las secciones indicadas en el cuadro N°6 Estarán provistas de sobre anchos, en los tramos en curva, de acuerdo a lo indicado en la Tabla N° 7.

Tabla 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 10m se debe usar plantilla de la maniobra del vehículo de diseño

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

- *Bermas:*

MTC (2008), 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%” (p.36).

- *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.

- *Sobreancho*

Manual para Diseño Geométrico de Carreteras (2011), “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” (p.114).

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:

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

Donde:

S = Sobreancho

n = Número de carriles

Vd = Velocidad Directriz

L = Distancia entre ejes del vehículo

R = Radio de la curva

- *Plazoletas*

MTC (2008), 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” (p.37).

- *Dimensiones en los pasos inferiores*

MTC (2008), 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° 3.

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)” (p.37).

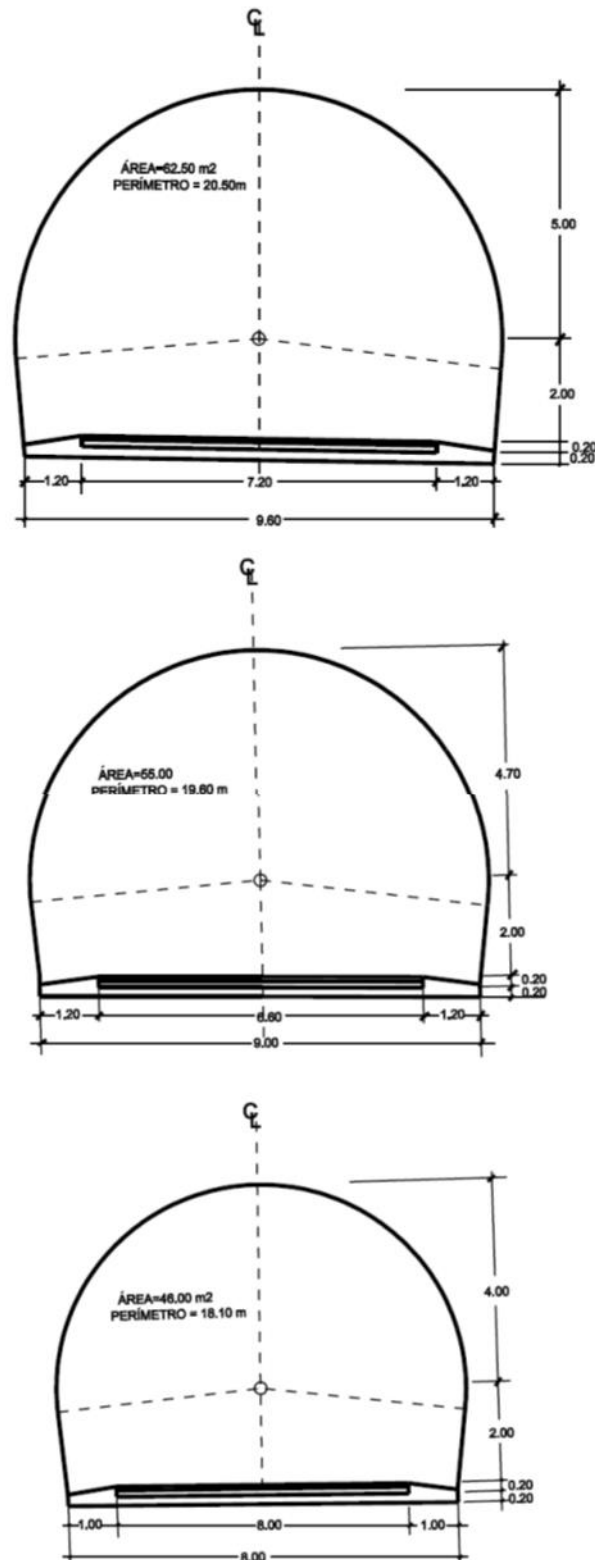


Figura 3 Altura Libre en Túneles. (FUENTE: Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito).

- *Taludes:*

MTC (2008), 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” (p.37).

Los valores de la inclinación de los taludes en corte y relleno serán de un modo referencial los indicados en la Tabla N° 6 (Cuadro N° 5.2.1) y Tabla N° 7 (Cuadro N° 5.2.2) respectivamente, como se indica:

Tabla 8

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 arcilla o zonas humedecidas por filtraciones | 1 : 2 hasta 1:3 | (*) | (**) |

(*) requiere banquetta o análisis de estabilidad
 (**) requiere análisis de estabilidad

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

Tabla 9*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 banquetas o análisis de estabilidad
(**) requiere análisis de estabilidad

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

- *Sección transversal típica*

MTC (2008), Según el Manual “la figura N° 4 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” (p.37).

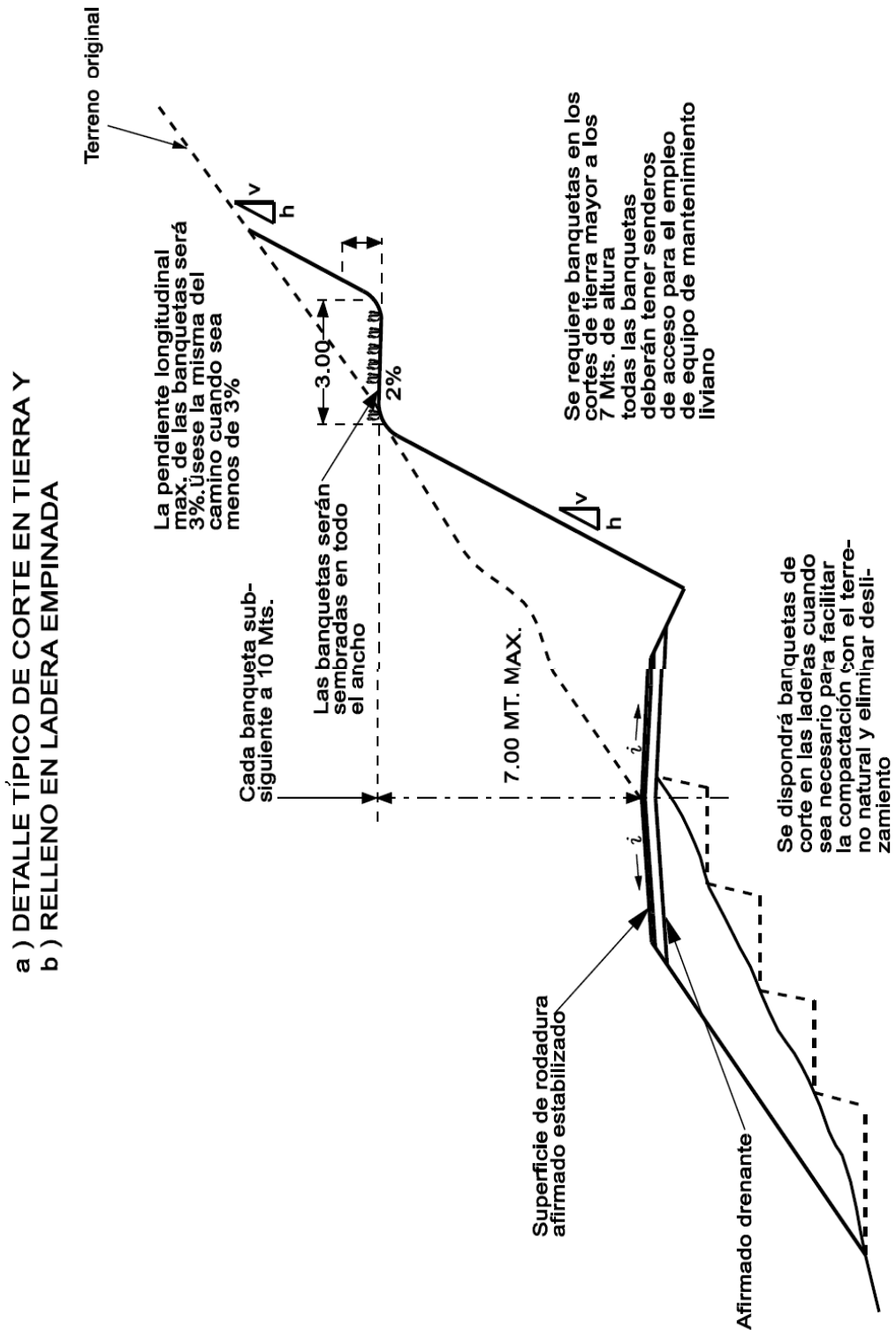


Figura 4. Sección típica de una carretera a media ladera. (FUENTE: Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito).

2.5.2.10 Composición de tráfico

MTC (2008), 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. Los valores del factor de composición de tráfico (M); están tabulados en el cuadro N° 03

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” (p.96).

2.5.2.11 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. SHNE-04 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)”.

2.5.2.12 Especificaciones para material de lastrado

- *Granulometría.:*

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

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: 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.

- *Requisito para el material de lastrado*

MTC (2008), 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, aumentando 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 pérdida 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)” (p.112).

2.5.2.13 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 (p.138).

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”(p.138).

Tomando en consideración los criterios procedentes, los resultados de los ensayos de laboratorio, las observaciones de campo la experiencia acumulada en estudios anteriores para el análisis del CBR de la subrasante se tomará un CBR Promedio de 3.33 % diseño.

2.5.2.14 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

| 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

Interpolando del cuadro anterior se obtiene: **Nrep de EE_{8.2 Tn} = 7.46 x 10⁴**

2.5.2.15 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).

Desde el punto de vista del diseño de la capa de rodadura sólo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso bruto excede de 2.5Tn. El resto de los vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles y camionetas) provocan un efecto mínimo sobre la capa de rodadura, por lo que no se tienen en cuenta en su cálculo.

Tabla 11

Cuadro de la 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 AUSTRROADS)).

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

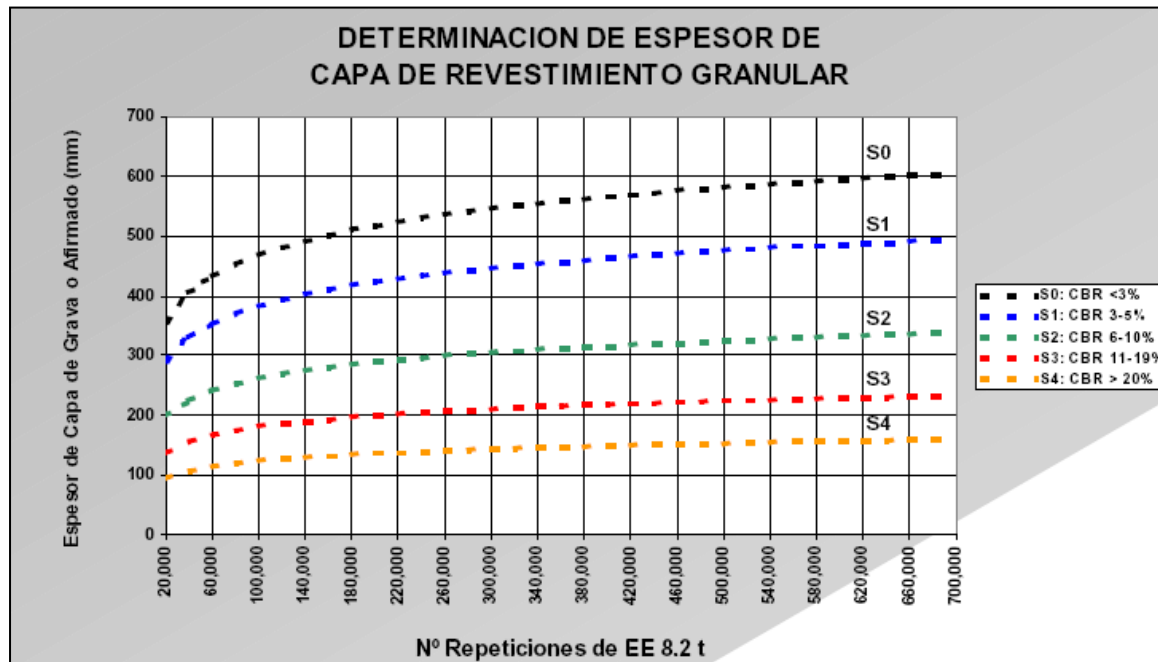


Figura 5. Determinación de espesor de capa de revestimiento granular (Fuente: Elaboración en base a la ecuación de diseño del método NAASRA).

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 ligantes 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 18,0000 libras de carga, en el periodo de diseño y la calidad de material a emplear como capa granular.

CALCULO DE EAL: 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(p.01).

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

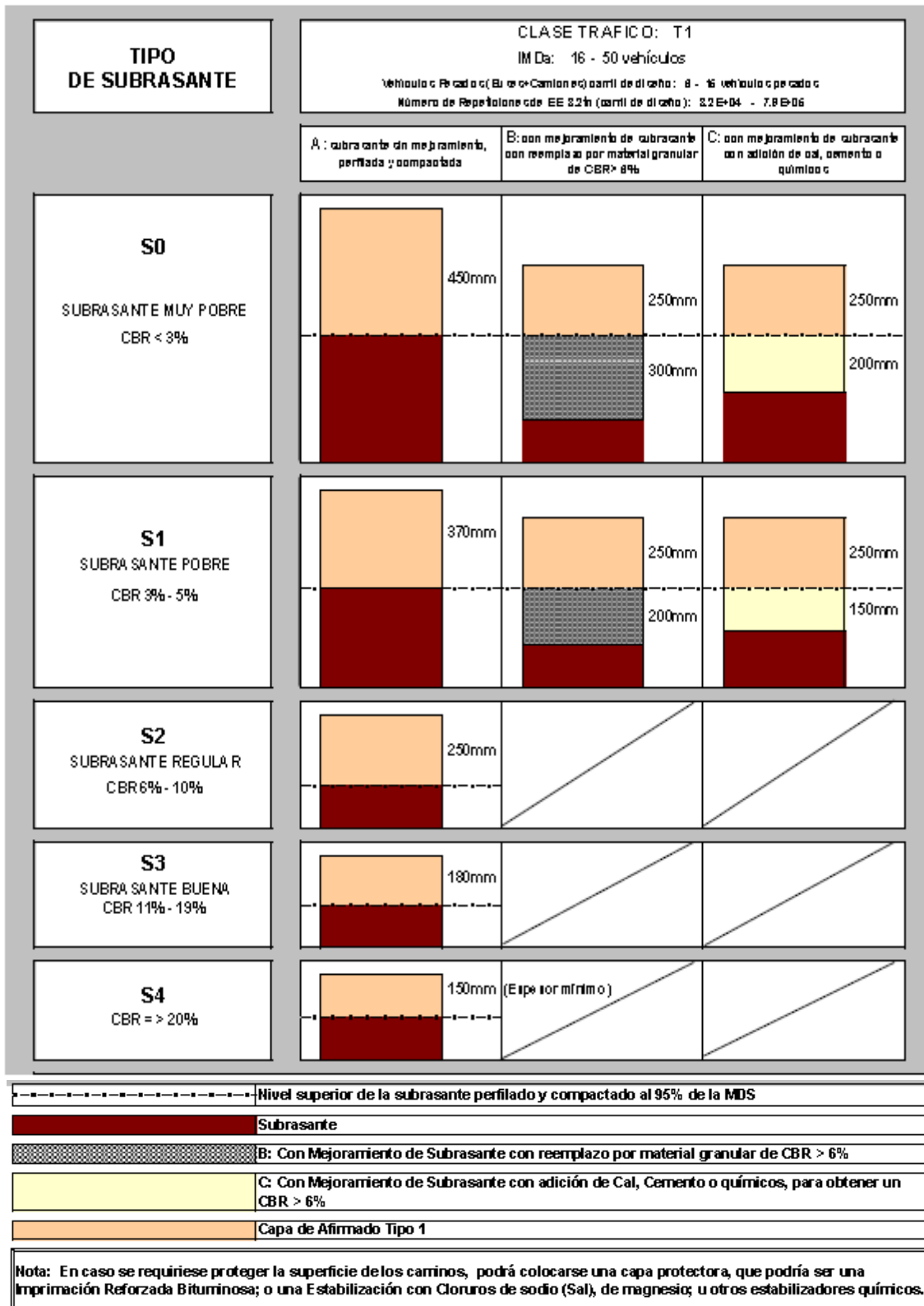


Figura 6. Catálogo de capas de revestimiento granular (fuente: ministerio de transportes y comunicaciones).

METODO USACE

El método que será empleado para el diseño del pavimento es el establecido por el cuerpo de Ingenieros del ejército norteamericano (U.S. Army Corps of Engenieers), para el dimensionamiento de caminos afirmados. En este método se contempla la utilización de una capa de material granular de cierta plasticidad que a la vez cumple la función de capa de rodadura, permitiendo mantener un nivel de servicio adecuado cuando un volumen de tráfico proyectado es bajo, considerándose un periodo de diseño de 5 años.

La capa granular puede estar constituido por materiales que pueden tener calidad de sub-base o de base dependiendo de su capacidad de soporte o C.B.R.

Las curvas de diseño elaborado por el USACE, en donde se observa que los factores tomados en cuenta para determinar el espesor de la capa granular de rodadura son:

El Valor Soporte de California (C.B.R) del suelo de subrasante.

La intensidad del tráfico en números de ejes simples, equivalente al eje standard de 18,000 libras de carga, en un período de diseño (N18).

Un factor adicional considerado en el método propuesto es el concerniente a la calidad de los materiales a emplearse. Para ello se verificará el C.B.R. que debe tener la capa de pavimento en función del tráfico C.B.R. de la subrasante y espesor requerido.

2.5.3 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.

2.5.4 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 Alto Cuñumbuza-Puerto Bermudez tramo Km 0+000-Km 9+000 presenta en la actualidad los problemas que generan atraso, que dan origen a que los pobladores de las localidades beneficiarán los centros poblados de Bajo Juñao, Dos Unidos, Retama, Costa Rica, Capirona, Soledad, Aucararica, Alto Cuñumbuza, 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. Los pueblos de Bajo Juñao, Dos Unidos, Retama, Costa Rica, Capirona, Soledad, Aucararca, Alto Cuñumbuza, así lo han considerado y hemos unido esfuerzos para contar con la documentación suficiente para más adelante elaborar el Expediente Técnico y que a la vez me sirva para sustentarlo y optar mi título profesional de Ingeniero Civil.

2.6 Hipótesis

La ejecución del Diseño de Pavimento a nivel de afirmado de la **“Rehabilitación Y Mejoramiento Del Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez Tramo Km 0+000 – Km 9+000, L= 9.00 Km, Provincia De Mariscal Cáceres Y Bellavista, Region San Martín”**, nos permitirá elaborar el Expediente Técnico y por ende buscar el financiamiento correspondiente para atender la necesidad de los pobladores del lugar.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

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

3.1.1. Recursos humanos

- . Tesista
- . Asesor
- . Técnico de Laboratorio de Mecánica de Suelos
- . Digitador
- . Ayudantes

3.1.2. Recursos materiales y servicios

- . Ensayos de Laboratorio
- . Material bibliográfico
- . Material de escritorio
- . Movilidad y viáticos

3.1.3. 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 GPS GARMIN.
- . 01 computador portátil.
- . 01 Plotter

3.2. Metodología de la investigación

3.2.1. Universo y/o muestra

Universo: Carreteras y Caminos de la Región San Martín

Población: Carreteras y Caminos de la provincia de Bellavista y Mariscal Cáceres.

Muestra: Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez, Tramo Km 0+000 – Km 9+0000.

3.2.2. 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 Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez Tramo Km 0+000 – Km 9+000.

3.2.3. Tipos y nivel de la investigación

TIPO: Investigación aplicada

NIVEL: Básico

3.2.3.1. Diseño del método de la investigación

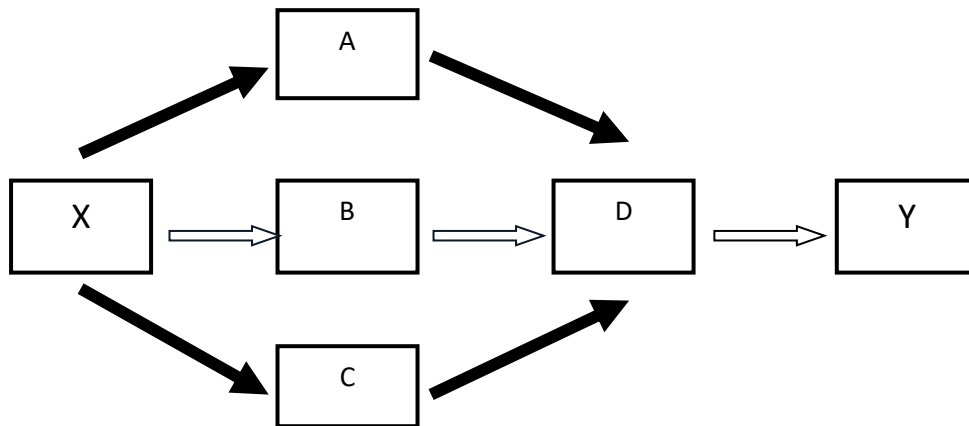


Figura 7. Diseño del método de la investigación.

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.*

3.2.4. 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 y de cantera en campo deberán ser sometidos a distintos tipos de Ensayos los cuales se llevarán a cabo en las instalaciones de Laboratorio Generales E.I.R.L ubicado en la Ciudad de Tarapoto.

3.2.4.1. 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.

3.2.5. 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 utilizó 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.

3.2.6. Análisis e interpretación de datos y resultados

El análisis se hizo 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 utilizó las Normas ASTM.

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.

Método USACE

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

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

3.2.7. Información del proyecto: diseño obtenido

3.2.7.1. Detalles de ejecución de las secciones transversales

La sección transversal que se ha optado, está en función a la velocidad directriz del camino vecinal. Esto significa después del ancho de la calzada al borde del talud viene directamente la cuneta.

3.2.7.2. Trazo del perfil longitudinal

- *Perfil longitudinal existente y propuesto:*

Tratándose de una obra de Rehabilitación y Mejoramiento del camino vecinal a nivel de afirmado, la rasante propuesta en gran parte se adapta a la forma del terreno.

- *Pendientes*

Las pendientes fuertes en algunas curvas verticales, han sido reducidas con algunos cortes en el terreno tratando de ajustarse a los valores recomendados por las normas de diseño de caminos vecinales.

3.2.8. Criterio general de aplicación

Se ha considerado en lo posible las características técnicas de la vía existente, tales como radios mínimos, trazo en planta y la limpieza de las obras de drenaje existentes.

La Velocidad Directriz, es la escogida para el diseño de un tramo determinado de la carretera, de acuerdo a las características del terreno sobre el cual se desarrolla esta y en concordancia con la necesidad de evitar un excesivo movimiento de tierras, preservando las condiciones de seguridad. En nuestro tramo la topografía sobre la cual se desarrolla el camino vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez, Tramo Km 0+000 – Km 9+000,

corresponde a una topografía ondulada, por lo que en cumplimiento de las Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras la velocidad adoptada es de 25-35 Km/hora. Veamos:

Tabla 12

Diseño de carreteras

| PARÁMETRO | VALOR |
|--|---------------------------------|
| Topografía | Ondulada |
| Clasificación del camino | Camino Vecinal de Tránsito Bajo |
| Velocidad Directriz | 30 Km/h |
| Radio Mínimo de Curvas Horizontales | 15.00 m |
| Longitud Mínima de Curvas Verticales | 30.00 m |
| Ancho de Superficie de Rodadura | 5.00 m |
| Sobreancho | Min.0.30, máx.4.50 |
| Bombeo de Superficie de Rodadura | 2.5% |
| Peralte en Curvas | Variable, 6% máximo |
| Taludes de Corte | |
| Suelos Consolidados y Compactos Material | |
| Suelto | 4:1 |
| Conglomerados Comunes | 3:1 |
| Roca Suelta | 4:1 |
| Roca Fija | 10:1 |
| Taludes de Relleno | |
| Enrocados | 1:1 |
| Suelos Diversos Compactados | 1:1.5 |
| Cunetas sección triangular | 1.00 x 0.50 |

3.2.9. Excepciones consentidas

Teniendo una velocidad directriz de 30.00 Km/Hora, el tramo no cuenta con algunas excepciones consentidas.

3.2.10. Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal permitirá conservar siempre la velocidad directriz de diseño. No se ha realizado variantes del trazo en el camino vecinal.

3.2.11. Curvas horizontales

3.2.11.1. Radios mínimos normales

Según las Normas de Diseño de Carreteras, se determina el radio mínimo excepcional.

Radio Mínimo normal 15 m.

Radio Mínimo excepcional 12 m.

Para el caso del presente proyecto, el radio mínimo proyectado es de 20.00 m.

3.2.11.2. Homogeneidad del trazo

Se diseña un alineamiento en el cual las condiciones sean consistentes. Se evita tanto como sea posible los cambios súbitos en el alineamiento. Teniendo en cuenta que las tangentes largas se conectarán con curvas suaves, y las curvas cortas y agudas no se combinarán con curvas largas de pequeña curvatura.

En la zona la pendiente presenta el mayor problema porque el alineamiento horizontal está condicionado por el criterio de máxima pendiente.

3.2.11.3. Desarrollo de curvas

El criterio usado en el desarrollo de las curvas, es que las ramas de los desarrollos tengan la máxima longitud posible y la máxima pendiente admisible evitando la superposición de varias de ellas en una misma ladera.

3.2.11.4. Peraltes y sobre anchos

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

El valor del Sobreancho varía en función al tipo de vehículos, radio de la curva y la velocidad directriz.

3.2.12. Secciones transversales

3.2.12.1. Calzada

El ancho de la calzada a rasante terminada resulta de la suma del ancho del pavimento, del ancho de las bermas y su curva aumentadas del sobreancho.

El ancho de la superficie de la carretera es adecuado para acomodar el tipo y capacidad de tránsito previsto, y la velocidad de proyecto propuesta.

3.2.12.2. Taludes

Los taludes laterales y contra-taludes varían en gran medida, los taludes, planos bien acabados presentan una apariencia agradable y son más económicas en su construcción y mantenimiento, por la ubicación geográfica y el tipo de material existente en la zona se utilizara los parámetros siguientes:

Taludes de corte:

| | |
|--|------|
| Suelos Consolidados y Compactos Material Suelto: | 4:1 |
| Conglomerados Comunes: | 3:1 |
| Roca Suelta: | 4:1 |
| Roca Fija: | 10:1 |

Taludes de relleno:

| | |
|--|-------|
| Enrocados: | 1:1 |
| Suelos Diversos Compactados Terrenos varios: | 1:1.5 |

3.2.12.3. Detalles de ejecución de las secciones transversales

En los casos en que se tenga que eliminar material procedente de cortes se debe implementar mayores anchos en la plataforma del terraplén inmediato, mejorándose también el talud de relleno.

Cuando sea necesario disponer de material adicional para los terraplenes formado con material transportado, se ensanchará la sección transversal normal teniendo el talud originalmente previsto.

Los taludes en corte de más de 7.00 m estarán provistos de banquetas, para los rellenos en ladera empinada se dispondrán banquetas para facilitar la compactación por capas horizontales para prevenir deslizamientos.

SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA EN TERRAPLEN Y EN CURVA

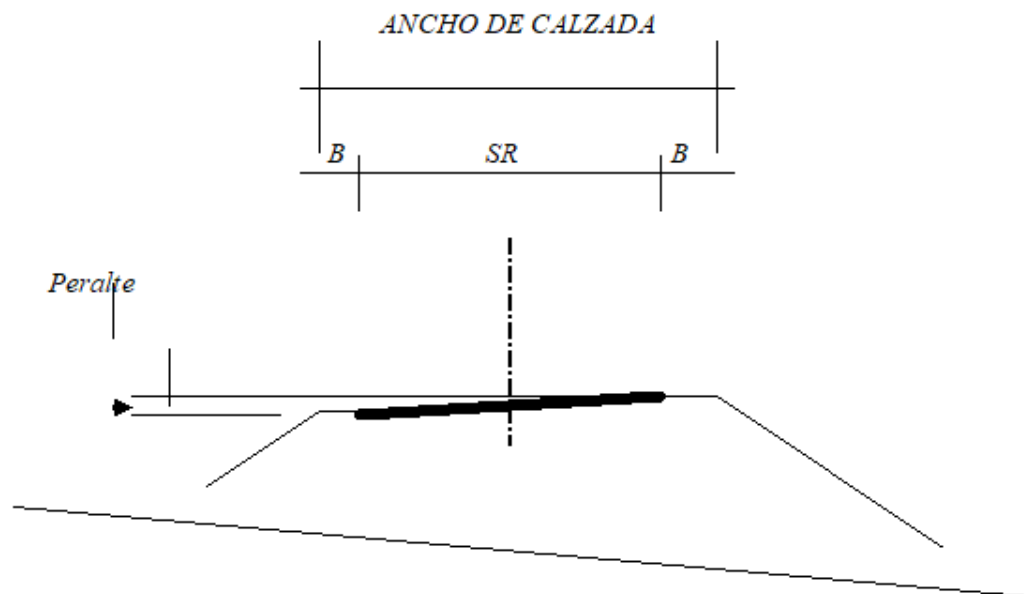


Figura 8. Sección transversal típica en terraple y curva

SECCIÓN TRANSVERSAL EN TANGENTE

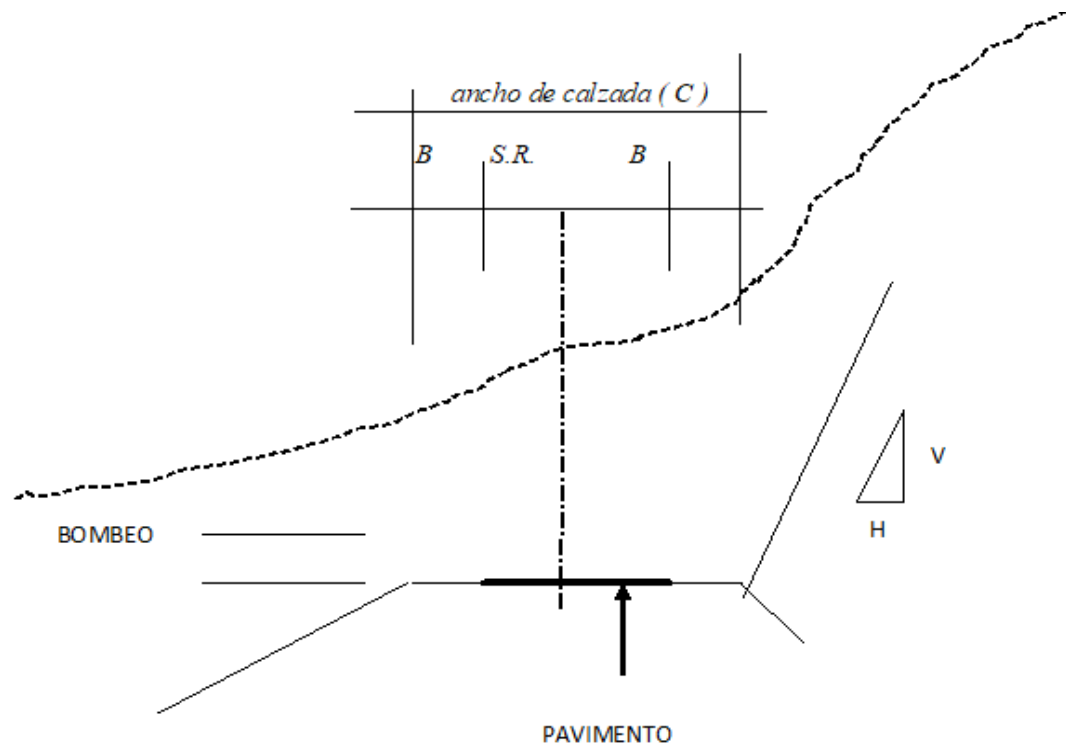


Figura 9. Sección transversal en tangente.

CAPITULO IV

ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. Estudio Topográfico

4.1.1. Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico se ha realizado horizontalmente sobre el eje existente; verticalmente ha sido necesario realizar algunas modificaciones con la finalidad de uniformizar las pendientes evitándose la sinuosidad vertical y por otro lado también se ha realizado con fines de drenaje. No ha sido posible realizar variantes significativas al eje por la topografía accidentada en tramos y por el derecho de vía existente que de realizarse las variantes afectarían a los sembríos de Cacao, Cítricos por ende la economía de los pobladores.

Alineamiento Horizontal

El levantamiento del eje del camino se ha realizado mediante una poligonal abierta siguiendo el alineamiento del camino existente, manteniendo en lo posible el ancho actual del camino y tratando de aprovechar al máximo la plataforma existente, dando como consecuencia un camino sinuoso con tangentes cortas y abundancia de curvas. El empleo de radios mínimos se ha limitado exclusivamente a curvas con taludes altos.

El estacado del eje en campo se ha realizado cada 20 m. en tangentes y 10 m. en curvas, materializados con estacas de madera pintadas de color rojo y las de PI con un clavo al centro. Los indicadores kilométricos son estacas de madera pintadas con letras rojas.

Alineamiento Vertical

La rasante del camino se ha diseñado, tratando de pegarse al máximo al perfil longitudinal del terreno para lo cual se ha considerado una longitud mínima de cambio de pendiente de 30 m, enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia de pendientes de dos tramos consecutivos sea mayor o igual a 2%.

4.1.2. Nivelación

La nivelación se ha realizado taquimétricamente; tomándose la lectura en cada estaca, mediante los prismas de la Estación Total, de igual modo se ha procedido con las progresivas donde se ubican las obras de drenaje.

Los BM de control han sido colocados cada un kilómetro aproximadamente, en lugares apropiados para que no interfieran con las obras, en el proceso de ejecución del proyecto. Estos B.M. han sido monumentados con hitos de estacas de madera pintadas de color rojo.

El detalle del **Estudio de Topografía** se encuentra en el **ANEXO N° 01**

4.2. Estudio de Suelos

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

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

Los trabajos de campo se orientaron a explorar la superficie de rodadura y el sub suelo (subrasante), mediante la ejecución de calicatas distribuidas cada 500 m. en el área de estudio (en forma alternada derecha – izquierda). Se tomaron muestras disturbadas de cada una de las exploraciones ejecutadas, las mismas que se llevaron al laboratorio para su análisis respectivo.

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

4.2.1. Descripción de la Vía

Proyecto “**Diseño del Pavimento a Nivel de Afirmado de la Rehabilitacion y Mejoramiento de la Carretera Vecinal: Alto Cuñumbuza - Puerto Bermudez, Distritos de Alto Biavo – Campanilla, Provincias de Bellavista – Mariscal Cáceres- San Martín. L= 9.00 km**”, está ubicado en los distritos de Alto Biavo - Campanilla, provincias de Bellavista - Mariscal Cáceres, en la Región San Martín.

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

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

Se encuentra presencia de baches, pérdida de materiales de la superficie, ahuellamientos y erosión de la superficie de rodadura por efecto de pase de agua. Con referencia al drenaje de la carretera se aprecia a lo largo de la misma la carencia de cunetas, ocasionando que el agua erosione la superficie y la inundación de la vía en varios sectores.

4.2.2. Evaluación de Campo

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

Trabajos de Campo

A lo largo del Tramo en estudio se realizaron en total 19 calicatas distribuidas a lo largo de la vía hasta una profundidad de 1.50m por debajo de la superficie de rodadura existente.

Las calicatas se efectuaron a intervalos de cada 500 m, no ha sido necesario realizar calicatas a menor distancia dado que las características del terreno han permanecido uniforme.

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

Descripción del Perfil

Primera Capa

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

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

Capacidad de Soporte del Suelo

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

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

4.2.3. Descripción de Canteras

Existen bancos de materiales cuyos agregados pueden ser utilizados como materiales de construcción en las diferentes etapas. Se han seleccionados aquellas cuya cantidad y calidad del material existente son adecuadas y suficientes para la realización de la obra total de la vía.

En el tramo en estudio se ubicó 02 canteras para el aprovisionamiento de materiales para la conformación de, afirmado, y la cantera para anticontaminante y el mismo que servirá para el pedraplén previo zarandeo.

4.3. Estudio de Tráfico

El presente estudio de tráfico para el proyecto “Rehabilitación y Mejoramiento del Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez, L= 9.000 Km.”, su principal objetivo es el de determinar la demanda vehicular esperada para todas las vías a intervenir, teniendo como base el tránsito que circula por el tramo de estudio, es decir un tránsito generado.

El estudio de tráfico vehicular nos permite determinar el flujo de carga y pasajeros entre el lugar de origen y destino, conocer el volumen de vehículos que circulan en un tramo; a su vez nos permite proyectar el volumen de tráfico de la red, desarrollar y calibrar modelos de simulación de demanda de transportes, nos proporciona información básica para el planeamiento del sistema de transporte.

Debe destacarse el hecho de que la determinación del tráfico es de vital importancia para poder adelantar otras actividades como la de realizar el diseño adecuado de la estructura del afirmado, así como también del pavimento y la evaluación del proyecto, pues gran parte de los beneficios derivados del mismo son debidos a los ahorros en costos de operaciones.

El presente estudio de tráfico tiene por objetivo directo determinar el Índice Medio Diario Anual (IMDa) que circulara por la vía en estudio materia del presente proyecto, el mismo que posteriormente permitirá el cálculo del número de Ejes de Carga Equivalentes (EAL) para el dimensionamiento del tipo del pavimento que se determine.

Los trabajos de campo para el estudio de tráfico de la “Rehabilitación y Mejoramiento del Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermudez, L= 9.000 Km.” se efectuaron con la instalación de una estación denominada Alto Cuñumbuza y se ubicó en el KM. 00+000, para lo cual se aplicó el método del conteo vehicular manual, encuestas de origen y destino de pasajeros y vehículos, a fin de obtener las principales características del tráfico vehicular.

El estudio de tráfico vehicular es muy importante porque nos permite cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por la carretera, así como estimar el origen - destino de los vehículos, elementos indispensables para la evaluación económica de la carretera y la determinación de las características de diseño de la carretera.

El Índice Medio Diario IMD; es definido en base al conteo de vehículos que usualmente recorren la vía a través de encuestas, cuando el IMD es menor a 200 veh/día, el diseño de la vía se efectuará de acuerdo al Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

El volumen del tráfico se determina a partir del conteo de vehículos que circulan por el camino, en una estación de control de tráfico determinada, indicando el día, hora, fecha y tipo de vehículos.

Criterios a Considerar para un Estudio de Tráfico Vehicular

Métodos de Control

El Conteo Vehicular Pueden realizarse por medios automáticos o manualmente.

Medios Manuales

Suministran una información más completa durante períodos de tiempos cortos, sin embargo requiere contar con suficiente personal adecuadamente preparado. Es un método costoso.

Para realizar conteo manual un clasificador (observador) anota el paso de cada vehículo por hora llenando un formato especial o actuando sobre unos contadores manuales.

Si las intensidades horarias son elevadas, son necesarios varios clasificadores; en caso de encuestas se detienen los vehículos en ambos sentidos; se procede a realizar una encuesta.

Medios Automáticos

Los contadores automáticos para el conteo pueden ser de tipo neumático, y en ellos un vehículo al pisar un tubo de goma extendido sobre la calzada trasmite un impulso a una membrana que cierra un circuito eléctrico.

Los contadores automáticos pueden ser: totalizadores que simplemente van acumulando todos los impulsos que reciben, y registradores dotados de un aparato de relojería que imprime sobre una cinta el número de vehículos que pasa cada cierto tiempo, en general una hora.

Asimismo se pueden utilizar aparatos de presión, electromagnéticos y electrónicos:

En general y salvo instalaciones complicadas, los contadores mecánicos no sirven para conocer la composición del tráfico, por lo que han de completarse con datos manuales. Sin embargo, determinados aparatos pueden distinguir los vehículos en función de su peso, altura o longitud.

Estaciones Permanentes

Son estaciones de control donde se registra la información de la intensidad de la circulación en cada hora del año.

Estaciones Principales

Son estaciones que se ubican en tramos homogéneos y representativos, pueden realizarse en forma mensual, semanal o diario, según la variación del tráfico.

Se recomienda realizar toma de datos de manera continua las 24 horas del día durante 7 días de la semana, como mínimo.

Estaciones de Cobertura

Cada estación de cobertura debe representar un tramo de tráfico uniforme, generalmente son estaciones de tráfico de menor intensidad de circulación de vehículos, pueden realizarse en forma mensual, semanal o diario.

Se recomienda realizar toma de datos de manera continua las 24 horas del día durante 5 días de la semana, 4 días laborables y 1 día sábado o domingo, como mínimo.

Selección de Estaciones

La selección de estaciones para el estudio de tráfico, está relacionada directamente con los únicos enlaces entre los dos distritos.

Reconocimiento previo de la Red

Realizar un recorrido de campo por el sector de las estaciones en donde se va a efectuar el estudio de tráfico con la finalidad de:

Observar los flujos vehiculares y sus nodos generadores de tránsito. por ejemplo la existencia de poblaciones, puertos, fábricas, zonas agrícolas, etc., anotando su ubicación precisa.

Observar y anotar la ubicación de los desvíos con flujo importante; por ejemplo acceso a una población, puerto ó fábrica; también los desvíos de rutas nacionales y/o departamentales. Verificar las estaciones de control "preliminares", anotando su ubicación real y los servicios básicos que pueda brindar allí ó en las cercanías, tales como restaurante, cafetería, teléfono, alojamiento, iluminación de la carretera, etc.

Anotar las "probables" estaciones de control que puedan ser alternativas de las anteriores señaladas.

Efectuar mediciones breves del flujo vehicular en las estaciones de control determinadas.

Al final de esta actividad, en gabinete se deberá tener en forma definitiva:

Ubicación precisa de estaciones de control y tramos homogéneos.

Establecimientos de servicios básicos para los encuestadores y clasificadores y lista de precios.

Listado de Universidades y/o Colegios que servirán más adelante para la contratación de personal local.

Criterios de Selección de Estaciones

La estación se ubicará en lo posible a una distancia intermedia entre centroides, es decir en un lugar equidistante entre centroides.

Las estaciones deberán estar ubicadas en los tramos homogéneos de la red vial estudiada

Las estaciones estarán ubicadas en lugares de fácil accesibilidad

En un lugar de la Vía con visibilidad para evitar accidentes

En lugares que minimicen las interrupciones en el tránsito.

De preferencia se eligen estaciones en los emplazamientos de un servicentro de expendio de combustible (grifos), estaciones de peaje, puentes ó de un control policial/ militar, por ser lugares fácilmente ubicables.

Por otro lado, las estaciones se deben ubicar en zonas donde la visibilidad de la vía es buena, de tal manera que los encuestadores vean con anticipación los vehículos que se acercan. Asimismo, es preferible lugares donde exista iluminación nocturna. En general, las estaciones de control se deben ubicar en lugares tales que permitan captar el flujo vehicular representativo.

Para el presente estudio la cuantificación del tráfico actual de la carretera RUTA N° SM-119: Tramo: Alto Cuñumbuza – Puerto Bermúdez se realizará por medios manuales determinándose los tramos homogéneos que se describen en el cuadro siguiente, los mismos que representan el flujo vehicular normal para la zona de influencia a lo largo de la vía.

4.4. Diseño de Pavimento

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

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

La actual tecnología contempla una gama muy diversa de Secciones Estructurales, las cuales son función de los distintos factores que intervienen en la performance de una vía y que a decir son: Tráfico, Tipo de Suelo, Importancia de la Vía, Condiciones de Drenaje, Recursos Disponibles, Materiales disponibles, etc.

Análisis de Trafico

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

El estudio determino el tráfico actual existente en las vías, sus características y proyecciones para el periodo de vida útil, en número acumulado de repeticiones de carga de ejes equivalentes de 8.2 toneladas, dato necesario para el diseño de la estructura del pavimento.

Calculo de Esal

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

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

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

Donde:

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

IMD2E: Índice Medio Diario de Camiones de 2 ejes

IMD3E: Índice Medio Diario de Camiones de 3 ejes

IMDT y ST: Índice Medio Diario de Camiones de T y ST

FD2E: Factor Destructivo de Camiones de 2E

FD3E: Factor Destructivo de Camiones de 3E

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

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

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

Tabla 18
Conteo IMDA de vehículos

| TIPO DE VEHICULO | E1 | |
|---------------------|-----------|-----------------|
| | IMDA | Participación % |
| Autos | 16 | 42.11 |
| Pick up | 9 | 23.68 |
| Camionetas Rurales | 3 | 7.89 |
| Micros | 0 | 0.00 |
| Ómnibus 2 Ejes | 0 | 0.0 |
| Ómnibus 3 Ejes | 0 | 0.00 |
| Camión 2 Ejes | 8 | 21.05 |
| Camión 3 Ejes | 2 | 5.26 |
| Articulado | 0 | 0.00 |
| TOTAL | 38 | 100.0 |

Fuente: Elaboración Propia.

$$EAL_{(nAÑOS)} = 365 \times 1.0 \times 1.0 \times (8 \times 2.75 + 2 \times 2.0) \times \frac{(1+0.035)^{10} - 1}{0.035}$$

$$N_{rep} = 1.11 \times 10^5$$

Evaluación Superficial

La evaluación superficial de la vía, se efectuó mediante una inspección visual de la superficie de rodadura, no se utilizó ninguna metodología de evaluación superficial ya que todos los manuales, si bien es cierto se fundamentan en la aplicación de procedimientos modernos para el mantenimiento y rehabilitación, ellos se orientan a pavimentos flexibles y/o rígidos, y no para pavimentos a nivel de afirmado y/o sin afirmado, estado en que actualmente se encuentra la vía en estudio. Sin embargo, algunos términos de relevamiento superficial se han utilizado para identificar el tipo de deterioro de la vía.

En base a la evaluación visual realizada, la vía a la fecha de evaluación, una superficie de rodadura a nivel de terreno natural en casi toda la vía, en algunos sectores esta se encuentra a nivel de suelos de préstamo que corresponde a suelos del tipo gravosos.

Capacidad de Soporte de los Suelos de Subrasante (cbr)

En base a los resultados de laboratorio se determina los valores de la capacidad de soporte de los suelos (CBR), el mismo que para fines de diseño será calculado en base a la metodología de percentiles (Instituto del Asfalto), con la cual se determinará la capacidad de soporte de diseño de los suelos ($CBR_{diseño}$). El mismo que corresponderá al percentil de 75%.

Tabla 19

Capacidad Portante

| Nº | Progresiva | Calicata | Muestra | Prof. (m) | L.L. (%) | Proctor | | CBR | |
|----|------------|----------|---------|----------------|-------------|---------|-------|-------|-------|
| | | | | | | MDS | OCH | 95% | 100% |
| 1 | Km 00+000 | C - 1 | M - 1 | 0.00 - 1.50 | 29.9 | 1.852 | 13.36 | 11.31 | 17.69 |
| 2 | Km 01+000 | C - 3 | M - 1 | 0.00 - 0.60 | 39.8 | 1.776 | 15.07 | 9.30 | 14.80 |
| 3 | Km 02+000 | C - 5 | M - 1 | 0.00 - 1.50 | 44.2 | 1.765 | 15.36 | 8.47 | 13.69 |
| 4 | Km 03+000 | C - 7 | M - 1 | 0.00 - 1.50 | 41.8 | 1.836 | 14.81 | 10.00 | 16.73 |
| 5 | Km 04+000 | C - 9 | M - 1 | 0.00 - 1.50 | 35.7 | 1.828 | 14.36 | 8.96 | 14.10 |
| 6 | km 05+000 | C - 11 | M - 1 | 0.00 - 1.50 | 42.8 | 1.771 | 16.11 | 9.61 | 14.56 |
| 7 | Km 06+000 | C - 13 | M - 1 | 0.00 - 1.50 | 47.7 | 1.758 | 15.73 | 8.76 | 13.69 |
| 8 | Km 07+000 | C - 15 | M - 1 | 0.00 - 1.50 | 38.5 | 1.755 | 15.18 | 8.57 | 13.57 |
| 9 | Km 08+000 | C - 17 | M - 1 | 0.00 - 1.50 | 43.7 | 1.748 | 16.03 | 8.81 | 13.49 |
| 10 | Km 09+000 | C - 19 | M - 1 | 0.00 - 1.50 | 41.7 | 1.761 | 15.73 | 9.50 | 14.00 |

Fuente: Elaboración Propia

$CBR_{diseño} = 9.19\%$ (valor promedio)

Determinación del Espesor del Pavimento

Método del MTC (NAASRA)

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

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

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

Donde:

e : Espesor de la capa de Afirmado en mm.
 CBR : Valor del CBR de la Subrasante.

N_{rep} : Número de repeticiones de Ejes Equivalentes para el carril de Diseño.

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

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

En nuestro caso tenemos:

$$\text{CBR}_{\text{diseño}} = 9.19\%$$

$$\text{Nrep.} = 1.11 \times 10^5 \text{ ejes equivalentes 18 kips}$$

4.5. Espesor Propuesto

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

Tabla 20

Espesor de Afirmado

| Tramo: | |
|----------------------------|---------------------------------------|
| ESTRUCTURA | Alto Cuñumbuza – Pto. Bermudez |
| Km 0+000 – Km 9+000 | |
| AFIRMADO | 20 cm. |

Fuente: Elaboración Propia

Consideraciones Constructivas

De acuerdo a los parámetros de Diseño obtenidos, y a las metodologías empeladas se establece una estructura de pavimento correspondiente a una capa de afirmado de 20.0 cm de espesor.

Existen sectores con presencia de materiales finos limosos y arcillosos, en los cuales la capacidad de soporte (CBR) de estos suelos, son inferiores a la capacidad de soporte

establecido para el diseño (CBR diseño); por lo cual es necesario que en estos sectores se mejore los suelos de la subrasante.

El mejoramiento de la subrasante se realizara mediante la colocación de una capa de material de préstamos de cantera o lateral, cuya capacidad de soporte debe ser mayor a 20% (CBR>20% al 95% de la MDS)

Discusiones

Estudio Topográfico

El levantamiento topográfico se ha realizado horizontalmente sobre el eje existente. No ha sido posible realizar variantes significativas al eje por la topografía accidentada en tramos y por el derecho de vía existente que de realizarse las variantes afectaría a los sembríos de cacao, cítricos y por ende la economía de los pobladores.

Los BM de control han sido colocados cada kilómetro aproximadamente, en lugares apropiados para que no interfieran con las obras, en el proceso de ejecución del proyecto.

Estudio de Suelos

Los trabajos de campo se orientaron a explorar la superficie de rodadura y el sub suelo (subrasante), mediante la ejecución de calicatas distribuidas cada 500 m. en el área de estudio (en forma alternada derecha – izquierda).

A lo largo del Tramo en estudio se realizaron en total 19 calicatas distribuidas a lo largo de la vía hasta una profundidad de 1.50m por debajo de la superficie de rodadura existente.

Las calicatas se efectuaron a intervalos de cada 500 m, no ha sido necesario realizar calicatas a menor distancia dado que las características del terreno han permanecido uniforme

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

En el tramo en estudio se ubicó 02 canteras para el aprovisionamiento de materiales para la conformación de afirmado, y la cantera para anticontaminante y el mismo que servirá para el pedraplén previo zarandeo.

La cantera Rio Cumbaza, se ubica en el Km 01+700 del tramo en estudio, con una potencia de 16,000 m³ de material anticontaminante y 1,500 m³ pedraplen.

La cantera Rio Paraíso, se ubica en el Km 10 + 500 del tramo en estudio, con una potencia de 60,000 m³ de material para ser utilizado en afirmado y relleno.

La cantera Rio Huallaga, se ubica en el Km 42+500 del tramo en estudio, con una potencia de 27,000 m³ de material para ser utilizado en concreto.

Fuente de agua está ubicada en la progresiva; **km 12+190** específicamente en la carretera en estudio, Alto cuñumbuza – Puerto Bermudez.

Esta fuente está propuesta para fabricación del concreto y para la construcción de la capa de afirmado.

Estudio de Trafico

El estudio de tráfico vehicular nos permitido determinar el flujo de carga y pasajeros entre el lugar de origen y destino, conocer el volumen de vehículos que circulan en un tramo; a su vez nos ha permitido proyectar el volumen de tráfico de la red.

Para el presente estudio la cuantificación del tráfico actual de la carretera RUTA N° SM-119: Tramo: Alto Cuñumbuza – Puerto Bermúdez se realizó por medios manuales determinándose los tramos homogéneos que se describen en el ANEXO N° 03, los mismos que representan el flujo vehicular normal para la zona de influencia a lo largo de la vía.

Del análisis realizado al tránsito que circula en la Carretera Vecinal al Puerto Bermúdez, los Índices Medio Diario Anual proyectados son:

Tabla 21

Tipos de IMDA

| TIPO DE IMDA | TIPO DE VEHÍCULOS | Nº de VEHÍCULOS/DÍA |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| IMDA Actual | Vehículos Ligeros | 28 |
| | Vehículos Pesados | 10 |
| | TOTAL | 38 |
| IMDA Proyectado | Vehículos Ligeros | 37 |
| | Vehículos Pesados | 13 |
| | TOTAL | 50 |

Fuente: Elaboración Propia

Diseño del Pavimento

El diseño del espesor del pavimento se ha realizado por dos métodos:

1.- Metodo NAASRA.

En nuestro caso tenemos:

$$\text{CBR}_{\text{diseño}} = 9.19\%$$

$$\text{Nrep.} = 1.11 \times 10^5 \text{ ejes equivalentes 18 kips}$$

El espesor encontrado de acuerdo a la fórmula es:

$$\text{Afirmado} = 20.64 \text{ cm}$$

2- Método USACE

En nuestro caso tenemos:

$$\text{CBR}_{\text{diseño}} = 9.19\%$$

$$\text{Nrep.} = 1.11 \times 10^5 \text{ ejes equivalentes 18 kips}$$

Por tanto, el espesor es:

$$\text{Afirmado} = 20.00 \text{ cm}$$

CONCLUSIONES

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

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

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

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

El material predominante a lo largo del tramo de la carretera vecinal Alto Cuñumbuzo-Puerto Bermudez son arcillas (CL).

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

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

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

El tráfico mayoritariamente por transporte ligero está compuesto por camioneta Pick up, Station Wagon y camiones de 2E.

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

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

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

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

RECOMENDACIONES

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

La estructura de la vía a rehabilitar y mejorar debe estar contemplada en todo el trayecto de la vía.

Se deben tener en cuenta y tomar todas las consideraciones correspondientes a los estudios hidrológicos y geológicos, antes de la colocación de la estructura del pavimento.

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

BIBLIOGRAFÍA

- Cosavalente, N.** (2013) Informe de ingeniería, “Asfaltado jr. alfonso ugarte: presupuesto y programación, tramo i km 0+000 - km 1+122.683”, Tarapoto - Perú.
- Censo Poblacional** (2007) “Instituto nacional de estadística e informática”, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones** (2011) “Especificaciones técnicas de rehabilitación 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** (2008) “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** (2011) “Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras y Normas para el Diseño de Caminos Vecinales”, Lima - Perú.
- Ponce, J.** (2010) Informe de Ingeniería “Estudio Definitivo a nivel de ejecución del Camino Vecinal Calzada - Sector Potrerillo Km 0+000 - Km 2+920”, Tarapoto - Perú.
- Ríos, C.** (2013) “Diseño Geométrico y Asfaltado de la Avenida Circunvalación - Tarapoto, Informe de Ingeniería”, Tarapoto - Perú.
- Rodríguez, W.** (2002) “Aprendiendo a Programar y Controlar obras aplicando el Project 2000 para Windows”, Segunda Edición, Lima - Perú.
- Valles, R.** (1954), “Carretera, Calles y Aeropistas”, segunda edición, Caracas - Venezuela.
- Bardales, B.** (2014), presentó un trabajo denominado “Estudio definitivo para el Mejoramiento del Camino Vecinal Tioyacu – La Victoria Tramo: Km 0+000 - Km 4+520”, Tarapoto – Perú.

ANEXOS

ANEXO N° 01:
ESTUDIO TOPOGRAFICO

ANEXO N° 02:
ESTUDIO DE SUELOS

ANEXO N° 03:
ESTUDIO DE TRAFICO

ANEXO N° 04 PLANOS