



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



**Mejoramiento a nivel de afirmado del camino vecinal CC. PP. Santa Cruz –
Laguna Fapinalli de San José de Sisa, Provincia del Dorado, Región San Martín**

Tesis presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Hugo Alexander Astochado Zumaeta

Jorge Mark Paucar Bardalez

ASESOR:

Ing° Jorge Isacs Rioja Diaz

Tarapoto – Perú

2018

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



**Mejoramiento a nivel de afirmado del camino vecinal CC. PP. Santa Cruz –
Laguna Fapinalli de San José de Sisa, Provincia del Dorado, Región San Martín**

AUTORES:

Hugo Alexander Astochado Zumaeta

Jorge Marko Paucar Bardalez

Sustentada y Aprobada el día 06 de Abril del 2018 ante el honorable jurado:

.....
Ing. Juvenal Vicente Díaz Agip
Presidente

.....
Ing. Ivan Gustavo Reategui Acedo
Secretario

.....
Ing. Carlos Enrique Chung Rojas
Vocal

.....
Ing. Jorge Isaacs Rioja Diaz
Asesor

Declaratoria de Autenticidad

Yo, **Hugo Alexander Astochado Zumaeta**, con DNI N° 48162264, Domicilio Legal Jr. Túpac Amaru N° 717 – Tarapoto, y **Jorge Mark Paucar Bárdales**, con DNI N° 80182995, Domicilio Legal Jr., Cajamarca 862 – Moyobamba, Bachilleres de la facultad de Ingeniería civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, y con la Tesis Titulada: **Mejoramiento a nivel de afirmado del camino vecinal cc.pp. Santa Cruz – laguna Fapinalli de San José de Sisa, provincia del Dorado, región San Martín**

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, 13 de Noviembre del 2018.



Hugo Alexander Astochado Zumaeta

DNI N° ° 48162264



Jorge Mark Paucar Bárdales

DNI N° 80182995

Declaración Jurada

Yo **Hugo Alexander Astochado Zumaeta**, identificado con DNI ° 48162264 con domicilio Jr. Túpac Amaru N° 717 – Tarapoto y y **Jorge Mark Paucar Bárdales** , con con DNI N° 80182995 , Domicilio Legal Jr., Cajamarca 862 – Moyobamba , 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, 13 de Noviembre del 2018.



Hugo Alexander Astochado Zumaeta
DNI N° ° 48162264



Jorge Mark Paucar Bárdales
DNI N° 80182995

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:	Astochado Zumaeta Hugo Alexander			
Código de alumno :	123106	Teléfono:	978847220	
Correo electrónico :	hugo_alexander_07@hotmail.com		DNI:	48162264

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

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Mejoramiento a nivel de afirmado del camino vecinal CC.PP. Santa Cruz - Laguna Fapinalli de San José de Sisa, provincia del Dorado, región San Martín.
Año de publicación:	2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

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:

18 / 06 / 2019



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

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

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

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:	Paucau Bardales Jorge Mark	
Código de alumno :	963435	Teléfono: 955647777
Correo electrónico :	markpaucarb@gmail.com	DNI: 80182995

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

2. Datos Académicos

Facultad de:	Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Mejoramiento a nivel de afirmado del camino vecinal CC.PP. Santa Cruz - Laguna Fajinalli de San José de Sisa, provincia del Dorado, Región San Martín.
Año de publicación:	2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

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:

18, 06, 2019



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

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

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

Dedicatoria

A Dios por darme la vida, salud, iluminar mi camino para cumplir mis metas y por regalarme unos padres maravillosos.

A mis padres, por enseñarme que en esta vida todo se obtiene con esfuerzo, los amo.

A mis hermanos, por su comprensión y apoyo constante en esta nueva etapa de mi vida profesional.

Hugo Alexander Astochado Zumaeta

A Dios por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

A mis padres por darme la vida y una crianza lleno de amor y buenos valores, asimismo a mis padrinos Julio y Anita por quererme mucho y creer en mí, esto también se lo debo a ustedes.

A mis hermanos, por estar conmigo y apoyarme siempre las quiero mucho.

Jorge Mark Paucar Bardalez

Agradecimiento

A mi papá, por todo lo que me está enseñando de la vida, demostrándome que nada es fácil y si quiero obtener algo, que sea con esmero y dedicación.

A mi mamá, por ser mi complemento, mi compañera en todo momento.

Hugo Alexander Astochado Zumaeta

A Dios, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar dificultades y permitirme un logro más en mi vida.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ellos entre los que incluye este. Me formaron con moral y ética, y me motivaron contantemente para alcanzar mis anhelos.

Y finalmente a mi asesor Ing. Jorge Isaacs Rioja Diaz por apoyarme en todo momento.

Jorge Mark Paucar Bardalez

Índice

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Índice	viii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tablas.....	xii
Resumen	xiii
Abstrac.....	xiv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I	3
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
1.1.Generalidades.....	3
1.2.Exploración Preliminar Orientado a la Investigación	3
1.3.Aspectos Generales del Estudio.....	4
1.3.1.Ubicación del Proyecto	4
1.3.2.Vías de Acceso	5
1.3.3.Aspectos Climáticos.....	6
1.3.4.Situación Actual de la Vía.....	6
1.3.5.Area de Influencia	7
1.3.6.Población Beneficiada.....	7
1.3.7.Características socio económicas y culturales de la población Beneficiada.....	8
1.3.8.Aspectos económicos de la población.....	9
CAPÍTULO II.....	11
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.....	12
2.1.4.Formulación del Problema a Resolver	13
2.2.Objetivos	13
2.2.1.Objetivo General.	13
2.2.2.Objetivos Específicos.....	13

2.3.Justificación de la Investigación	14
2.4.Delimitación de la Investigación	14
2.5.Marco Teórico.....	15
2.5.1.Antecedentes de la Investigación	15
2.5.2.Fundamentación Teórica de la Investigación.....	15
2.6.Hipótesis	91
CAPÍTULO II.....	92
MATERIALES Y MÉTODOS.....	92
3.1.Materiales.....	92
3.1.1.Recursos Humanos	92
3.1.2.Recursos Materiales y servicios	92
3.1.3.Recursos de Equipos	92
3.2.Metodología de la Investigación.....	92
3.2.1.Universo y/o Muestra	92
3.2.2.Sistema de Variable.....	93
3.2.3.Tipos y Nivel de la Investigación.....	93
3.2.4.Diseño de Instrumentos	94
3.2.5.Procesamiento de la Información	94
3.2.6.Análisis e Interpretación de Datos y Resultados	94
CAPÍTULO IV.....	95
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	95
4.1.Estudios de Topografía	95
4.1.1.Diseño Geométrico de la Vía	96
4.1.2.Alineamiento Horizontal	97
4.1.3.Curvas Horizontales	97
4.1.4.Peralte en Curvas Horizontales	98
4.1.5.Sobreechancho de la calzada en Curvas Circulares.....	99
4.1.6.Alineamiento Vertical	99
4.1.7.Curvas Verticales	100
4.1.8.Pendiente Longitudinal	101
4.2.Secciones Transversales	102
4.3.Estudio de Mecánica de Suelos	103
4.3.1.Calicatas	103
4.4.Determinación de la capacidad soporte del terreno de fundación.	112

4.5.Diseño De Pavimento.	113
4.6.Canteras	115
4.7.Señalización	116
4.8.Obras De Arte Y Drenaje.....	116
CONCLUSIONES	117
RECOMENDACIONES	118
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
ANEXOS	

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de proyecto dentro de la Región San Martín	5
Figura 2. Mapa de la Provincia del Dorado	5
Figura 3. Vista del frontis de la I.E. Primaria N° 0361	8
Figura 4. Se observa el puesto de salud de Nuevo Celendín, actualmente atiende a 20 personas al día aproximadamente.....	9
Figura 5. Elementos de una curva simple.....	28
Figura 6. Curva cóncava simétrica	29
Figura 7. Curva cóncava simétrica	29
Figura 8. Superficie de rodadura	34
Figura 9. Dimensiones de las cunetas.....	53
Figura 10. Detalle de Badén	60
Figura 11. Determinación de espesor de capa de revestimiento granular	68
Figura 12. Capa De Revestimiento Granular Segun El Mtc (:).....	70
Figura 13. Relación De Peso Volumétrico Y Profundidad Bajo Superficie	74
Figura 14, Relación De Peso Volumétrico Y Profundidad Bajo Superficie	83
Figura 15. Señales Reglamentarias Zona Rural.....	87
Figura 16. Señales Reglamentarias Zona Urbana.....	89
Figura 17. Sección transversal típica 4 m de calzada	102

Índice de Tablas

Tabla 1. Población del Área de Influencia	7
Tabla 2. Características socio económicas de la población beneficiaria.	10
Tabla 3. Tipo de topografía en función a la inclinación del terreno respecto	19
Tabla 4. Fricción Transversal Máxima en Curvas.....	23
Tabla 5. Proporción del Peralte a Desarrollar en Tangente	24
Tabla 6. R adios Mínimos y Peraltes Máximos.....	25
Tabla 7. Pendientes Máximas Normale	26
Tabla 8. Elementos de Curvas Simples.	28
Tabla 9. Taludes de Corte.....	34
Tabla 10. Taludes de Relleno	34
Tabla 11. p eríodos de Retorno para Diseño de Obras de Drenaje en Carreteras de Bajo ..	40
Tabla 12. Valores Correspondientes a las Muestras Patrón (Macadam).....	47
Tabla 13. Clasificación Típica de Cbr	47
Tabla 14. Carga Abrasiva, Máquina de los Ángeles	48
Tabla 15. Cantidad de las Muestras en Gramos	48
Tabla 16. Porcentajes de Desgaste para Evaluar los Resultados del Ensayo de Desgaste ..	49
Tabla 17. Clasificación de Suelos según Índice de Grupo	50
Tabla 18. Velocidades Máximas Permisibles.....	54
Tabla 19. Valores del Coeficiente C.....	54
Tabla 20. Dimensiones Mínimas de las Cunetas.....	55
Tabla 21. Periodos de Retorno en Función del Tipo de Estructura.....	62
Tabla 22. Distribución de Factores Camión en Usa (1978).	72
Tabla 23. Periodo de Diseño.....	72
Tabla 24. Dimensiones y Pesos de los Vehículos de Diseño	78
Tabla 25. Algunas Señales Preventivas.....	83
Tabla 26. Relación de bms ubicados en campo.....	96
Tabla 27. Radios Mínimos Empleados En El Trazo	97
Tabla 28. Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte (m).....	98
Tabla 29. Peraltes Empleados En Curvas Horizontales	99
Tabla 30. Índice “k” para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa	100
Tabla 31. Índice “k” para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava	101
Tabla 32. Pendientes Máximas.....	101
Tabla 33. Calicatas	103

Resumen

El presente proyecto de tesis denominado **Mejoramiento a nivel de afirmado del camino vecinal CC.PP Santa Cruz – Laguna Fapinalli de San José de Sisa, Provincia del Dorado, Región de San Martín** se desarrolló en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

La Región San Martín está integrada vial y económicamente a la economía nacional, con una dinámica económica sustentada en la producción agropecuaria y agroindustrial para el mercado interno y extra regional, con excelentes niveles de competitividad.

Las actividades productivas y económicas en general responden a criterios de zonificación económica y ecológica de la Región, impulsada en forma directa por el Gobierno Central, regional y los Gobiernos Locales. Los planes de Ordenamiento Territorial y Acondicionamiento Territorial, constituyen elementos obligados de referencia para la gestión municipal y las iniciativas empresariales.

La Provincia de San José de Sisa, es el centro dinamizador de un espacio con potencial de desarrollo pero que se presenta débilmente articulado, deberán superarse restricciones para que pueda convertirse en un importante centro administrativo, comercial, de servicios a la actividad agrícola de su entorno y con potencial de desarrollo turístico, y las actividades de apoyo a la producción serán complementadas por los poblados.

El desarrollo de las ciudades al interior de la región se fundamenta en las posibilidades que puedan ofrecer los proyectos de transporte y medios de comunicación que deben potenciarse para la progresiva descentralización del crecimiento económico y urbano los mismos que deben permitir el acceso a los mercados y la necesidad de centros de servicios e interconexión de los ejes de desarrollo económico establecidos en la región.

Las Carreteras Vecinales de importancia regional necesitan de ser reforzadas. Existen caminos en la región que unen distintos centros poblados que se interconectan a la Carretera Marginal. Estas vías alimentan a las vías regionales y nacionales y deben ser mejoradas. Para orientar la posible inversión futura, se sintetizan estos caminos vecinales por Sub Espacios, Áreas de Tratamiento y provincias.

Palabra Clave: Diseño Geométrico, Estado, Vía, transitabilidad.

Abstrac

The present thesis project called Improvement at Affirmed Level of the CC.PP Santa Cruz Neighborhood Road - Fapinalli Lagoon of San José de Sisa, El Dorado Province, San Martín Region, was developed at the School of Civil Engineering of the University National of San Martín - Tarapoto.

The San Martín Region is integrated road and economically to the national economy, with an economic dynamic based on agricultural and agroindustrial production for the domestic and extra-regional market, with excellent levels of competitiveness. The productive and economic activities in general respond to criteria of economic and ecological zoning of the Region, driven directly by the Central and Regional Governments and the Local Governments.

Territorial Planning and Territorial Conditioning plans are mandatory elements of reference for municipal management and business initiatives. The Province of San José de Sisa, is the dynamic center of a space with potential for development but that is weakly articulated, restrictions must be overcome so that it can become an important administrative, commercial, service center for the agricultural activity of its environment and with tourism development potential, and production support activities will be complemented by the villages.

The development of cities within the region is based on the possibilities that can be offered by transport and media projects that should be strengthened for the progressive decentralization of economic and urban growth, which should allow access to markets and transportation. need for service centers and interconnection of the economic development axes established in the region. Neighborhood Roads of regional importance need to be reinforced.

There are roads in the region that connect different population centers that are interconnected to the Marginal Highway. These routes feed regional and national roads and must be improved. To guide the possible future investment, these neighborhood roads are synthesized by Sub Spaces, Treatment Areas and provinces. Keywords: Geometric Design, State, Road, transitability.

Keyword: Geometric Design, State, Road, transitability.



Introducción

Los caminos rurales cumplen una función vital en la articulación e integración territorial del país al posibilitar la interconexión y comunicación entre los pequeños caseríos y los medianos y grandes centros de consumo, contribuyendo a la reducción del tiempo y costo del transporte, tanto de las personas como de los productos.

La función de estas vías es de singular importancia, pues estimulan el progreso de regiones aisladas y deprimidas económicamente, generalmente de buen potencial productivo que, por la carencia o deterioro de los caminos, permanecen sin explotar o con sistemas artesanales de explotación orientados básicamente a cubrir las necesidades de autoconsumo.

Sin que este concepto pretenda ser general, diversos factores tales como – ubicación geográfica, condiciones topográficas, climáticas y geológicas adversas, escaso tránsito, carencia de recursos, etc.- influyen para que estas vías se diseñen con características técnicas sumamente restrictivas – baja velocidad directriz, pendientes máximas, secciones reducidas, carencia de obras de drenaje y pavimento; que su construcción se ejecute mediante el empleo de técnicas modestas, especificaciones inapropiadas y a menudo, poco o nulo control, falta de mantenimiento; etc., este conjunto de situaciones ocasiona a corto plazo, el deterioro de las vías, el incremento de los costos de mantenimiento y, finalmente, el colapso de los caminos.

La función de estas vías es de singular importancia, pues estimulan el progreso de regiones aisladas y deprimidas económicamente, generalmente de buen potencial productivo que, por la carencia o deterioro de los caminos, permanecen inexplorados o con sistemas artesanales de explotación orientados básicamente a cubrir las necesidades de autoconsumo.

La vialidad rural es un elemento de vital importancia para las economías de los Gobiernos Locales toda vez que es un elemento de integración que contribuye al intercambio económico y por lo tanto a la mejora económica de la población, al ordenamiento territorial y en general al desarrollo económico .

Por ello, garantizar una adecuada transitabilidad de la red vial vecinal en las jurisdicciones de los Gobiernos Locales es un objetivo a alcanzar a fin de permitir la mejora de las economías. Ello implica la ejecución de las inversiones estrictamente necesarias, que solucionen verdaderos problemas de las vías, con las tecnologías y costos adecuados .

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

La importancia y servicios de las carreteras que demandan el país y la necesidad de adoptarlas a la creciente exigencia de cada uno de los pueblos al interior, motiva hacer estudios de construcción, rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de carreteras, cuya finalidad es obtener carreteras en buen estado de transitabilidad en cualquier época del año.

El ámbito del proyecto en referencia comprende el **Mejoramiento a nivel de afirmado del camino vecinal CC.PP Santa Cruz – Laguna Fapinalli de San José de Sisa, Provincia del Dorado, Región de San Martín** con un tramo de 8.600 Km de Longitud, cuya ubicación geográfica está dada entre las coordenadas UTM son 9272200N y 329800E, con una altitud aproximada de 900.00 m.s.n.m.

El Clima en esta Zona según los criterios de clasificación de Leslie Holdridge, la zona en estudio es muy húmeda pre montano tropical y presenta características de Bosque Muy Húmedo-Premontano Tropical Transicional cuya temperatura promedio anual es de 22 °C , precipitación 2200 mm, donde por la Ubicación geográfica podemos darnos cuenta que se encuentra ubicado en selva alta con temperaturas que varían entre 22 - 35 ° C y Registro de la precipitación máxima diaria (mm) de la Estación Ubicada en la Localidad de Cuñumbuqui, el cual está a una altitud de 324 m.s.n.m, y el promedio de la precipitación anual es de 1,549 m.m. , para esa estación.

Cabe precisar que el problema central de este tramo carretero, es el bajo nivel de transitabilidad que perjudica el traslado de carga y pasajeros, por el inadecuado nivel de superficie de rodadura, insuficiente sistema de drenaje, inexistencia de estructuras viales en depresiones, e inadecuado ancho de calzada, haciendo limitadas las condiciones para tránsito pesado, en cualquier época.

CAPÍTULO I

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.1 Generalidades.

Durante años el tramo en estudio solo era un camino de herradura, el cual fue construido por los pobladores asentados en esa zona cuyo propósito era la expansión de sus tierras agrícolas, mediante el cual transportaban su producción agropecuaria hacia el Distrito de San José de Sisa.

Así mismo, los trabajos que se proyectan permitirán brindar mejores niveles de servicio (confort, seguridad y rapidez) y sobre todo disminuir los costos de operación de transporte, entre los puntos que enlaza la trocha carrozable para trasladar sus productos agropecuarios a los principales mercados de abastos mejorando los niveles de vida de los pobladores.

En la actualidad el tramo, está en pésimas condiciones de transitabilidad, especialmente en épocas o periodos de Enero a Mayo donde las condiciones climáticas es desfavorable y el precario/rustico sistema de drenaje y la falta de material de afirmado. Esta situación hace que los costos de transporte de carga y pasajeros incrementen.

1.2 Exploración Preliminar Orientado a la Investigación

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

El estudio se realizará tomando en consideración los parámetros de diseño estipulados en las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras.

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, **Mejoramiento a Nivel de Afirmado del Camino Vecinal CC.PP Santa Cruz – Laguna Fapinalli de San José de Sisa, Provincia del Dorado, Región de San Martín.**

1.3 Aspectos Generales del Estudio

1.3.1 Ubicación del Proyecto

El proyecto se encuentra ubicado en:

Región	:	San Martín
Provincia	:	El Dorado
Distrito	:	San José de Sisa
Sector	:	Laguna de Fapinalli

La Región de San Martín se encuentra ubicada en la parte septentrional del territorio peruano, entre los paralelos 50° 24' y 80° 47' de latitud sur a partir del Ecuador en los meridianos 750° 27' y 770° 84' longitud oeste. Limita por el Norte con el departamento de Loreto, por el este con los departamentos de Huánuco y por el oeste con los departamentos de la Libertad y Amazonas. Contiene territorios de selva alta y baja. La Región tiene una extensión de 51,253.31 km² y una densidad de 13.51 habitantes por km² menor del promedio nacional (19.3 habitantes por km²).

La ubicación geográfica del Centro Poblado de Santa Cruz está en las coordenadas 06°36'38" de Latitud Sur y 76°44'21" Latitud Oeste a unos 433 m.s.n.m. en la región selva.

El Proyecto materia de estudio se encuentra ubicada íntegramente en el distrito de San José de Sisa, provincia de El Dorado, departamento de San Martín. El Km. 0+000 se ubica en el Centro Poblado de Santa Cruz y concluye después a 8.720 Km.

Región San Martín



Figura 1. Ubicación de proyecto dentro de la Región San Martín
Provincia de El Dorado

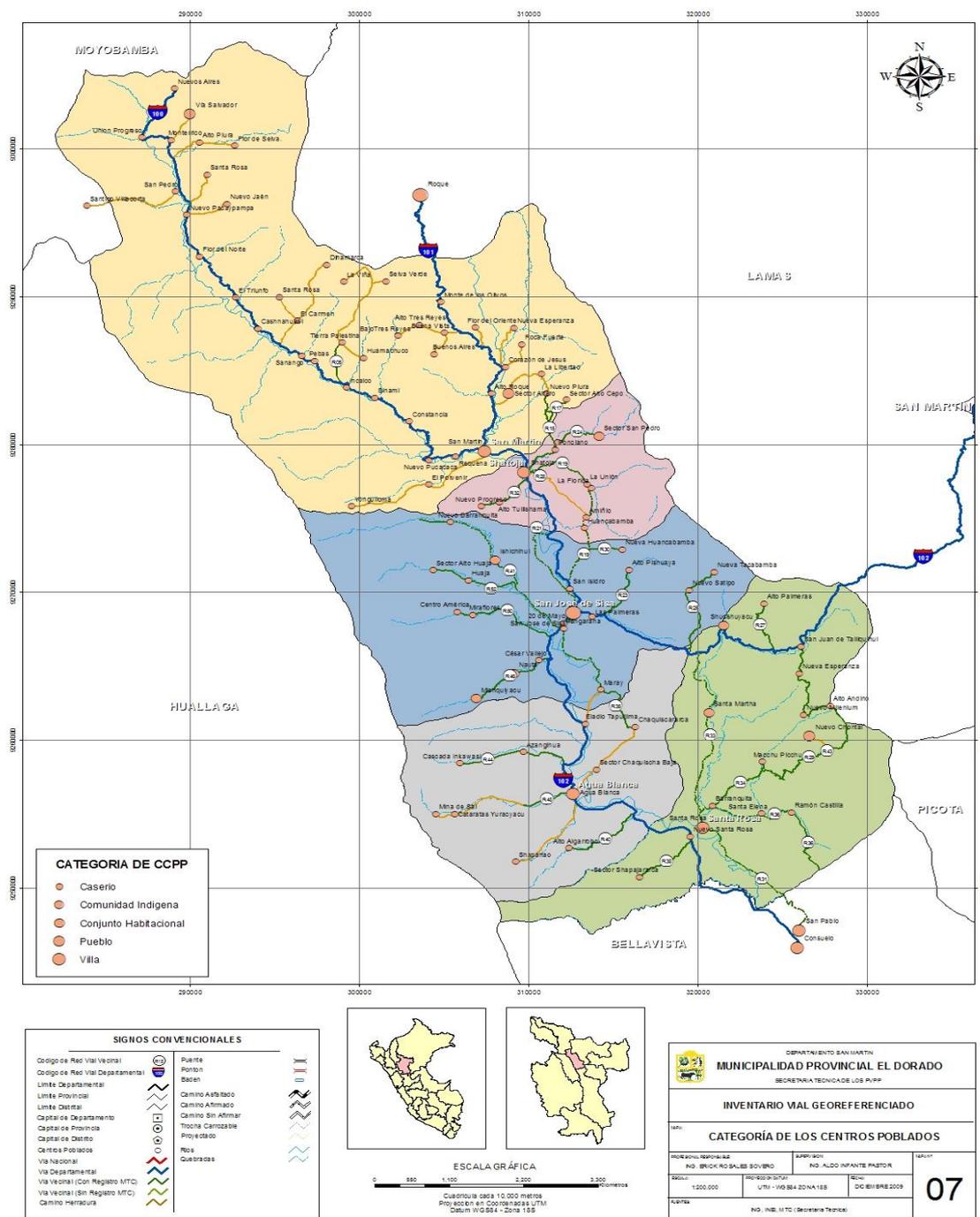


Figura 2. Mapa de la Provincia del Dorado

1.3.2 Vías de Acceso

La ruta se inicia tomando la Carretera Olmos – Corral Quemado que une a toda la región Norte con el Nor Oriente peruano, a partir del puente 24 de Julio (Corral Quemado), se inicia la carretera Fernando Belaunde Terry (marginal de la selva), luego llegamos al EMP-

PE-5N Cuñumbuque – San José de Sisa - Bellavista, luego tomamos un camino vecinal hacia el Centro Poblado de Santa Cruz, llegamos a la progresiva 00 + 000 del proyecto.

1.3.3 Aspectos Climáticos

El presente estudio está ubicado en el departamento de San Martín, Provincia de El Dorado, distrito de San José de Sisa, se sitúa en la parte nor occidental del departamento y en el nor oriente del territorio peruano. El clima donde se desarrolla el proyecto corresponde a las altitudes en que se encuentra la provincia para el caso de distrito de San José de Sisa, tiene un clima semi seco y cálido (550 á 750 msnm), con temperaturas promedio entre 38° grados centígrados y 25°; y una precipitación media anual que varía de 400 mm á 1100 mm, respectivamente.

1.3.4 . Situación Actual de la Vía

El Camino Vecinal Tramo: CC.PP. Santa Cruz – Laguna de Fapinalli, Distrito de San José de Sisa y Provincia de El Dorado, forma parte de una red vial, la cual une al distrito de San José de Sisa.

Durante este tiempo, las condiciones climatológicas y de uso han causado diversos grados de deterioro en la carretera, la cual presenta en una superficie de rodadura deficiente y en algunos casos inaccesibles.

Por carencia de recursos económicos, el afirmado de esta vía no tuvo ningún mejoramiento periódico, lo cual determina que en muchos tramos de la carretera; presenten mayor deterioro de su capa de rodadura, debido no solo a la presencia de precipitaciones pluviales sino también a la falta de un programa de mantenimiento de la misma, tampoco cuenta con suficientes obras de drenaje, en este caso alcantarillas y pontones, que se encuentran colmatadas o son de madera, no permitiendo un mejor drenaje de los cursos de agua, tanto en forma longitudinal como transversal. Asimismo, algunos tramos presentan suficiente ancho como para el cruce de vehículos, por lo que no necesita plazoletas de cruce; sin embargo carecen de una superficie de rodadura adecuada. Toda esta situación descrita lleva a tener una vía en malas condiciones de transitabilidad.

En forma general, se puede afirmar que el camino vecinal tramo CC.PP. Santa Cruz – Laguna de Fapinalli, Distrito de San José de Sisa y Provincia de El Dorado se encuentra afectada en todo su kilometraje, motivo por el cual la transitabilidad, resulta difícil, puesto que los costos de transporte y los tiempos de viaje aumentan bajo las condiciones indicadas en el párrafo anterior. Asimismo, en algunas ocasiones originan un flujo vehicular

restringido, lo que conlleva a que los productos de la zona no lleguen oportunamente al mercado, y la producción tiende a perderse, así como también se tiene la pérdida de horas hombre por los largos tiempos de viaje y por consiguiente la población referenciada presenta dificultad para acceder a servicios básicos como son: educación y salud.

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

1.3.5 Area de Influencia

La carretera por estar localizada en zona de selva está constituido principalmente de valles y llanuras que forman los ríos, El área de estudio pertenece a la cuenca hidrográfica del río Sisa y afluentes, muy favorable para las actividades agrícolas y ganaderas con un cuadro de cultivos muy amplio.

El área de estudio se desarrolla sobre terrenos planos ó llanuras, típicos de la selva peruana, donde no existen problemas de deslizamientos de taludes y/o derrumbes en épocas de lluvias, por el contrario la plataforma del camino se desarrolla en sección de relleno.

1.3.6 Población Beneficiada

Con la ejecución del Proyecto de tesis en mención se beneficiará la localidad de Santa Cruz, en el distrito de San José de Sisa. La población directamente beneficiada es de 1,890 habitantes, correspondiente al distrito de San José de Sisa . Esta población ha sido censada al año 2015 según información del INEI (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática), distribuyéndose de la siguiente manera.

Tabla 1

Población del Área de Influencia

Localidades	Distrito	Provincia	Región	Población 2007
Santa Cruz	San José de Sisa	Dorado	San Martín	1265
San Jose de Sisa	San José de Sisa	Dorado	San Martín	635
	Total			1,890

Fuente INEI: Población de los Centros Poblados Rurales, según censo 2015- INEI.

1.3.7 Características socio económicas y culturales de la población Beneficiada.

Educación:

El Centro Poblado Santa Cruz cuenta con 01 centro educativo integrado donde existe el nivel inicial primario y secundario, teniendo una tasa de analfabetismo del 15.00%. Según datos estadísticos se muestra en el siguiente cuadro el nivel de estudio alcanzado por edades en el distrito de San José de Sisa.

En cuanto a este sector se puede decir que los ambientes se encuentran en regular estado, pero siendo necesario la capacitación del personal docente y administrativo, hecho que va propiciando un ausentismo escolar del 10 % anual en el Centro Poblado .



Figura 3. Vista del frontis de la I.E. Primaria N° 0361

Salud:

Los pobladores del CC.PP Santa Cruz , se atienden en un Puesto de Salud implementado para solucionar los problemas primarios de salud, cuando los casos revisten atención especializada intermedia, los pacientes se derivan a otros centros médicos como el Centro de Salud de San José de Sisa , o a los Centros Asistenciales del Ministerio de Salud y ESSALUD de la ciudad de Tarapoto para atenciones de mayor complejidad.

El Puesto de Salud cuenta con ambientes totalmente operativos y distribuidos de la siguiente manera:

01 Sala de partos

01 Tópico

01 ambiente para el área de niño

01 ambiente para Farmacia

01 ambiente para el área de la Mujer

01 área de recepción

01 servicio higiénico provisto de un tanque séptico.

Atiende aproximadamente a 20 pacientes por día (con mayor afluencia de niños, adolescentes y ancianos). El personal con que cuenta es el siguiente:

01 Técnico en enfermería

01 Obstetra.



Figura 4. Se observa el puesto de salud de Nuevo Celendín, actualmente atiende a 20 personas al día aproximadamente.

1.3.8 Aspectos económicos de la población

Los pobladores del CC.PP Santa Cruz se dedican principalmente a la agricultura predominando el cultivo de café y también a la ganadería orientada a la producción y comercialización de leche. El mercado próximo es la ciudad de Tarapoto en el que también comercializan productos agrícolas. La reciente instalación de la Planta de Lácteos en la localidad de Cacatachi ha dinamizado la economía local de todo el valle ganadero de Cacatachi, Cuñumbuque, Zapatero y San Jose de Sisa.

La producción agrícola se representa en el los cultivos permanentes como son el humari, café, cacao que cuenta con mercado asegurado para su comercialización. También tenemos

cultivos transitorios como la papaya (se abastece a los principales mercados de la costa del Perú) caña de azúcar, fríjol, plátano, yuca, etc. (para el consumo local)

En el siguiente cuadro se observa las principales actividades económicas que se realizan en en el CC.PP Santa Cruz.

Tabla 2

Características socio económicas de la población beneficiaria.

Características Socio Económicas		
N°	Ocupación/Profesión	Porcentaje (%)
1	Agricultura	45
2	Ganadería	40
3	Comercio	10
5	Sin Ocupación	5
	Total	100

Fuente: Censo 2007- INEI.

El ingreso familiar promedio mensual es S/. 750.00 Nuevos Soles.

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 del Proyecto de investigación **‘Mejoramiento a nivel de afirmado del camino vecinal CC.PP Santa Cruz – Laguna Fapinalli de San José de Sisa, Provincia del Dorado, Región de San Martín.**

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

El distrito de San Jose de Sisa como el CC.PP Santa Cruz , 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.

2.1.2. Planteamiento del Problema

El presente Proyecto tiene como objetivo principal mejorar el estado de transitabilidad del camino vecinal tramo: CC.PP. Santa Cruz – Laguna Fapinalli, en el Distrito de San José de Sisa, Provincia de El Dorado – San Martin”

Así mismo, los trabajos que se proyectan permitirán brindar mejores niveles de servicio (confort, seguridad y rapidez) y sobre todo disminuir los costos de operación de transporte, entre los puntos que enlaza la trocha carrozable para trasladar sus productos agropecuarios a los principales mercados de abastos mejorando los niveles de vida de los pobladores.

Además se busca alcanzar los objetivos específicos siguientes:

Lograr un sistema de transporte, que contribuya eficientemente en el desarrollo socio económico y a la integración de las comunidades, del distrito de San José de Sisa y la provincia de El Dorado.

Mantener el buen estado de transitabilidad en las carreteras a fin de asegurar un tránsito permanente y fluido de vehículos haciéndole eficiente, seguro y cómodo.

Abaratar los altos costos de transporte de carga y pasajeros, incentivar el apoyo turístico de las regiones y pueblos, acrecentar la cantidad de vehículos destinados a las actividades antes mencionadas generando así más puestos de trabajos temporales.

2.1.3. Delimitación del Problema

El problema está delimitado al **Mejoramiento a nivel de afirmado del camino vecinal CC.PP Santa Cruz – Laguna Fapinalli de San José de Sisa, Provincia del Dorado, Región de 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 del CC.PP Santa Cruz y el Sector Laguna de Fapinalli, del distrito de San José de Sisa, tienen la necesidad de contar con una vía de acceso rápida, , 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: **¿ Mejoramiento a nivel de afirmado del camino vecinal CC.PP Santa Cruz – Laguna Fapinalli de San José de Sisa, Provincia del Dorado, Región de San Martín,** mejorará las condiciones socioeconómicas de la población de estas localidades y anexos?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo General.

Realizar el **Mejoramiento a nivel de afirmado del camino vecinal CC.PP Santa Cruz – Laguna Fapinalli de San José de Sisa, Provincia del Dorado, Región de San Martín.**

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 Impacto Ambiental.

Dotar a la vía de un buen sistema de señalización.

Elaborar el estudio de tráfico en el área del proyecto.

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

Diseñar las obras de arte de la vía.

2.3. Justificación de la Investigación

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

En forma general, se puede afirmar que el Camino Vecinal CC.PP Santa Cruz – Sector Laguna Fapinalli , Distrito de San Jose de Sisa , Provincia del Dorado, se encuentra afectada en todo su Longitud, motivo por el cual la transitabilidad, resulta inadecuada, puesto que los costos de transporte y los tiempos de viaje aumentan, bajo las condiciones indicadas en el párrafo anterior.

Asimismo, en algunas ocasiones originan un flujo vehicular restringido, lo que conlleva a que los productos de la zona no lleguen oportunamente al mercado, y la producción tienda a perderse, así como también se tiene la pérdida de horas hombre por los largos tiempos de viaje y por consiguiente la población referenciada presenta dificultad para acceder a servicios básicos como son: educación y salud.

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

2.4. Delimitación de la Investigación

La investigación se limita a efectuar el **Mejoramiento a nivel de afirmado del camino vecinal CC.PP Santa Cruz – Laguna Fapinalli de San José de Sisa, Provincia del Dorado, Región de San Martín**, lo que demanda encontrar todos los argumentos justificatorios tanto sociales, económicos y técnicos, que permiten tener un proyecto sustentable para que sea utilizado en el estudio definitivo de dicho camino vecinal.

2.5. Marco Teórico

2.5.1. Antecedentes de la investigación

Cárdenas Grisales, James, publica su libro denominado: “Diseño Geométrico de Carreteras”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues da recomendaciones sobre el reconocimiento preliminar de la zona en estudio y detalla los cálculos de para el diseño geométrico de los elementos que conforman una carretera.

Morales Sosa, Hugo Andrea, publica su libro denominado: “*Ingeniería Vial I*”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues da detalles del trazado y la topografía en carretas.

Céspedes Abanto, José, publica su libro denominado: “*Carreteras, Diseño Moderno*”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues da detalles de los estudios definitivos en carretas.

Ibáñez Walter, publica su libro denominado: “*Manual de Costos y Presupuestos de Obras Viales*”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues detalla en cuanto a especificadores técnicas, rendimientos, para presupuestos de obras viales.

Morales U, Walter, publica su libro denominado: “*Infraestructura de riego*”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues especifica los criterios de diseño de obras de arte tales como cunetas y obras de cruce (Alcantarillas).

Cantera Jave, Álvaro Fernando; Chávarry Ruiz, Luis Raúl; Cubas Pérez, Rolando Miguel, en su tesis: *Estudio del Mejoramiento de la Carretera Jesús - Lacas, Tramo: Jesús – Hualqui (Cajamarca)*, nos da una idea acerca de la importancia del drenaje y de los criterios de pavimento en el diseño de carreteras.

2.5.2. Fundamentación teórica de la investigación

2.5.2.1. Estudio del trazo definitivo

2.5.2.1.1. Reconocimiento de la zona en estudio

Los reconocimientos pueden ser terrestres y aéreos, su finalidad es la identificar aquellas características que hacen una ruta mejor a las otras, cuantificar los costos posibles de construcción, determinar los efectos que tendrá la vía en el desarrollo económico y los efectos destructivos que puedan producirse en el paisaje natural.

Esta tiene dos puntos fijos que son el Punto Inicial y el Punto Final y además también se tienen los puntos de control obligatorios por los que tiene que pasar la carretera.

El Estudio de las rutas es el proceso preliminar de acopio de datos y reconocimiento de campo, hecho con la finalidad de seleccionar la faja de estudio que reúna las condiciones óptimas para el desenvolvimiento del trazado. En esta etapa se obtiene información, se elaboran croquis, se efectúan los reconocimientos preliminares y se evalúan las rutas”.

Se entiende por ruta a la faja de terreno, de ancho variable, que se extiende entre los puntos terminales e intermedios por donde la carretera debe obligatoriamente pasar, y dentro de la cual podrá localizarse el trazado de la vía.

El Estudio del trazado consiste en reconocer minuciosamente en el campo cada una de las rutas seleccionadas. Así se obtiene información adicional sobre los tributos que ofrecen cada una de estas rutas y se localizan en ellas la línea a las líneas correspondientes a posibles trazados en la carretera.

2.5.2.1.2. Recomendaciones para los trazados preliminares

Terrenos Planos: La mejor solución sería que una los dos puntos, pero rectas de más de 10 km crean fatiga e hipnosis al conductor pudiendo causar accidentes lamentables. La longitud de los tramos rectos debe limitarse a 2 km.

Terrenos Ondulados: Alineamientos con tangentes largas muy raras veces brindan una buena línea de pendiente. Un alineamiento con repetidas curvas, bordeando los cerros y montañas resulta más económico, aunque la longitud de la vía sea ligeramente mayor.

Terrenos Montañosos: También para terrenos montañosos resulta más económico realizar faldeos como en los ondulados.

2.5.2.1.3. .Evaluación de la vía existente

Se refiere al estudio de las características de la vía como son longitud de la ruta, pendientes, radios de curvatura, alineamientos, distancia de visibilidad, velocidad directriz, ancho de la faja de rodadura, bermas, sobreechornos en las curvas; para luego determinar qué es lo que se va a mejorar para brindar mayor confort y seguridad a los usuarios de la vía.

Según Cárdenas Grisales, Jaime, establece que “una vía tendrá como premisa básica la de ser segura, a través de un diseño simple y uniforme, cumpliendo con las características siguientes:

La vía será cómoda en la medida en que se disminuyan las aceleraciones de los vehículos y sus variaciones, lo cual se lograra ajustando las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación.

La vía será estética al adaptarla al paisaje, permitiendo generar visuales agradables a las perspectivas cambiantes.

La vía será económica, cuando cumpliendo con los demás objetivos, ofrece el menor costo posible tanto en su construcción como en su mantenimiento.

Finalmente, la vía deberá ser compatible con el medio ambiente, adaptándola en lo posible a la topografía natural, procurando mitigar o minimizar los impactos ambientales”.

2.5.2.1.4. . Ubicación de los puntos inicial, final y puntos obligados de paso:

La identificación de una ruta a través de estos puntos obligados o de control primario y su paso por otros puntos intermedios de menor importancia o de control secundario, hace que aparezcan varias rutas alternas. Son ejemplos de puntos de control secundario: caseríos, cruce de ríos y cañadas, cruces con otras vías, zonas estables, bosques, etc.

Para todas las rutas alternas, es necesario llevar a cabo la actividad denominada selección de ruta, la cual comprende una serie de trabajos preliminares que tienen que ver con acopio de datos, estudio de planos, reconocimientos aéreos y terrestres, poligonales de estudio, etc.

El acopio de datos se refiere a la obtención de la información básica en la zona de estudio, relacionada con la topografía, la geología, la hidrología, el drenaje y los usos de la tierra”.

Conociendo la clase de controles que en el estudio de una carretera influyen, se observa que la ubicación y la importancia de éstos, harán posible alejar o acercar el trazo estos puntos. De esta manera los controles van a restringir el trazo de la vía a una zona que permitirá que la vía sirva eficientemente a toda una región.

2.5.2.1.5. Selección de la mejor ruta

Con todos los elementos que permitan un mejor análisis de las ventajas y desventajas de cada ruta (obtenidas del estudio del trazo), la selección de una de ellas como la más apropiada para el trazo de la carretera estará en función de que: Sea la ruta más corta, tenga las pendientes más favorable al tráfico, las zonas tengan vertientes tendidas fáciles de trabajar, recoja mayor cantidad de transporte, es decir que tenga mayor radio de influencia, tenga un mejor alineamiento, suministre mejores y mayor cantidad de materiales de construcción, tenga menor costo de construcción, etc”.

2.5.2.1.6. Levantamiento topográfico.

Para el trazo de una carretera se tienen dos métodos que son:

Trazo Directo o Método de las Secciones Transversales.

Trazo Indirecto o Método Taquimétrico o Topográfico.

El Trazo Directo es el preferido para trazar carreteras, sobre todo en llanuras y regiones onduladas, en la que es fácil lograr directamente, una poligonal que se cofunda o casi coincida con el eje de la futura carretera.

En cambio el Trazo Indirecto, es el método general, se basa en el levantamiento del plano a curvas de nivel, éste método se lo prefiere para el trazo de carreteras en terrenos accidentados.

Cualquiera de los dos métodos que se utilicen, se tendrá en cuenta dos etapas:

a. Trabajo de campo:

Reconocimiento del terreno. Es la etapa donde se ejecutara el levantamiento, estimar el tiempo y el personal necesario, definir los vértices del polígono de base, etc.

Ubicación de los vértices. Se efectuara la materialización de los vértices del polígono de base, por medio estacas, marcas sobre roca o pavimento, fichas, etc.

Elección del método que se efectuara en el levantamiento.

Dibujo del croquis, del polígono base orientados aproximadamente, se dibujan a mano libre y son la guía para la construcción del plano.

Medición de los lados del polígono de base. Se medirán los lados del polígono de base y de las líneas auxiliares (radiaciones, diagonales, etc), empleadas para dividir en triángulos el polígono de base.

Medición de las distancias necesarias para el levantamiento de detalles. Se medirán las distancias necesarias con relación al polígono de base.

Los datos recogidos en el levantamiento se anotaran en forma clara y ordenada en la libreta de campo para su posterior trabajo en gabinete.

b. Trabajo de gabinete

Cálculo de la Poligonal. Concluido el trabajo de campo y con los datos obtenidos en él se procederá a calcular lo siguiente:

2.5.2.1.7. Topografía

Como la posición y las formas circunstanciales del suelo, es decir, estudia en detalle la superficie terrestre y los procedimientos por los cuales se pueden representar, todos los

accidentes que en ellas existen, sean naturales o debidos a la mano del hombre. El medio usual de expresión es el dibujo”.

La topografía del terreno se la puede clasificar de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 3

Tipo de topografía en función a la inclinación del terreno respecto a la horizontal.

Tipo De Terreno Respecto De La Horizontal	Tipo De Topografía
00° A 10°	Llana
10° A 20°	Ondulada
20° A 30°	Accidentada
Más De 30°	Montañosa

Fuente: Carreteras, Diseño Moderno

2.5.2.2. Selección del tipo de vía y parámetros de diseño.

Según su jurisdicción:

Las carreteras se clasifican de acuerdo a su jurisdicción, en tres grandes sistemas:

2.5.2.2.1. 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, cuya jurisdicción está a cargo del MTC.

Este sistema que forma la red vial básica del país está formado por:

a. Carreteras Longitudinales:

Longitudinal de la costa

Longitudinal de la Sierra.

Longitudinal de la selva.

b. Carreteras de Penetración

c. Carreteras de Influencia Regional

Las carreteras del sistema Nacional evitarán, en general, el cruce de poblaciones y su paso por ellas deberá relacionarse con las carreteras de circunvalación o vías de Evitamiento.

Se les identifica con un escudo y la numeración es impar, desde el 01 al 99 inclusive.

2.5.2.2.2. Sistema Departamental

Compuesto por aquellas carreteras que constituyen la red vial circunscrita a la zona de un departamento, división política principal de la nación, uniendo capitales de provincias o

zonas de influencia económica social dentro del mismo departamento; o aquellas que rebasando la demarcación departamental, une poblados de menor importancia. Cuya jurisdicción está a cargo de los Consejos Transitorios de Administración Regional.

“Se les identifica con una insignia y la numeración es desde 100 al 499 inclusive

2.5.2.2.3. . Sistema Vecinal

Conformado por aquellas carreteras de carácter local y que unen las aldeas pequeñas y poblaciones entre sí, cuya jurisdicción está a cargo de las Municipalidades.

Se les identifica con un círculo y la numeración es desde el 500 hacia delante

2.5.2.3. Clasificación funcional de la red vial

a. Carreteras Longitudinales

Sistema compuesto por aquellas carreteras que unen las Capitales de Departamento a lo largo de la Nación, de Norte a Sur o viceversa (SISTEMA NACIONAL).

b. Carreteras Transversales

Lo constituyen las carreteras que unen las Capitales de Departamento a través del país de Este a Oeste o viceversa (SISTEMA DEPARTAMENTAL).

c. Carreteras Colectoras.

Son aquellas que unen las Capitales de Provincia, y alimentan a las Vías Transversales y/o Longitudinales

d. Carreteras Locales.

La componen las vías que unen los distritos, pueblos o caseríos con las carreteras colectoras y/o con otros distritos, pueblos o caseríos (SISTEMA VECINAL).

2.5.2.4. Clasificación por Importancia de la Vía

Según la importancia de la vía, es decir el tránsito que soportarán, las carreteras serán proyectadas con características geométricas adecuadas, según la siguiente normalización:

a. Carreteras Duales:

Para un Índice Medio Diario (IMD) mayor de 4000 veh/día. Consiste en carreteras de calzadas separadas, para dos o más carriles de tránsito cada una.

b. Carreteras 1ra Clase:

Para IMD comprendido entre 2000 y 4000 veh/d.

c. Carreteras 2da Clase:

Para IMD comprendido entre 400 y 2000 veh/d.

d. Carreteras 3ra Clase:

Para IMD menor a 400 veh/d.

e. Trochas Carrozables:

IMD no específico, constituyen una clasificación aparte. Pudiéndose definir como aquellos caminos a los que les faltan requisitos para poder ser clasificadas en 3ª Clase: generalmente se presentan durante períodos correspondientes a la construcción por etapas.

2.5.2.5. . Clasificación Según sus Condiciones Orográficas

Según Scipion Piñella se tiene:

a. Carretera Tipo 1

Permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros, La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía. Es menor o igual a 10%.

b. Carretera Tipo 2

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos de pasajeros, sin ocasionar el que aquellos operen a velocidades sostenidas en rampas por un intervalo de tiempo largo. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 10 y 50%

c. Carretera Tipo 3

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pasados a reducir a velocidad sostenida en rampa durante distancia considerable o a intervalos frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 50 y 100%.

d. Carretera Tipo 4

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que aquellas a las que operan en terreno montañoso. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es mayor de 10%.

2.5.2.6. Velocidad de Diseño (V):

Llamada también velocidad directriz, es la

Velocidad máxima en que un conductor puede transitar con seguridad bajo las condiciones de diseño establecidas.

La elección de la velocidad directriz se establece considerando varios factores, entre los cuales:

Tipo de carretera a construir

Topografía de la zona.

Trafico esperado.

Factores de tipo económico.

a. Variación de la Velocidad Directriz.

Los cambios repentinos de la Velocidad Directriz a lo largo de una carretera deberán ser evitados, deben existir razones que justifiquen la necesidad de realizar cambios, los cuales se incrementarán o disminuirán en 15 Km./h”

b. Distancia de Visibilidad. El MTC a través del Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas con Bajo Volumen de Transito da una definición: “Es la longitud continua hacia delante del camino que es visible al conductor, para tomar decisiones oportunas. Para efectos de diseño se consideran dos tipos de distancia de visibilidad:

b.1. Distancia de Visibilidad de Parada (Dp): Es la distancia mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la Velocidad Directriz, antes 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 1.10m por encima de la rasante de la carretera.

b.2. Distancia de Visibilidad de Sobrepaso (Ds).

Según el MTC se define como la mínima distancia que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que se supone viaja a una velocidad de 15 Km. /h menor, con comodidad y seguridad sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz, y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso”.

2.5.2.7. Radios de Diseño.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), establece que: “Los radios mínimos, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento transversal del vehículo, están dados en función a la velocidad directriz, a la fricción transversal y al peralte máximo aceptable. En el alineamiento horizontal desarrollado para una velocidad directriz determinada, debe evitarse el empleo de curvas con radio mínimo. En general, se tratará de usar curvas de radio amplio reservándose el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas”.

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

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{max} + f_{max})} \dots\dots\dots(1)$$

Los valores máximos de la fricción lateral a emplearse son los que se señalan en la tabla:

Tabla 4

Fricción Transversal Máxima en Curvas

Velocidad Directriz Km/H	F Máx.
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

2.5.2.7. Peraltes.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga. Las curvas horizontales deben ser peraltadas.

El 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%.

a. Longitud de Transición del Peralte.

Se utiliza con el fin de evitar la brusquedad en el cambio de una alineación, de un tramo recto a un tramo en curva, también se puede definir como la variación en tangente inmediatamente antes y después de una curva horizontal en la cual se logra el cambio gradual del bombeo de la sección transversal al peralte correspondiente a dicha curva.

Según **Scipion, Eddy T.**, indica: “La variación del peralte requiere una longitud mínima, de forma que no se supere un determinado valor máximo de la inclinación que cualquier borde de la calzada tenga con relación a la del eje del giro del peralte”.

Tabla 5

Proporción del Peralte a Desarrollar en Tangente

MINIMO	NORMAL	MAXIMO
P < 4.5%	4.5% P = 7%	P > 7%
0.5p	0.7p	0.8p

Fuente: MANUAL DG CAMINOS I

A efectos de aplicación de la presente Norma – **Eddy T. Scipion**, “dicha inclinación se limita a un valor máximo (p_{max}) definido por la ecuación:

$$I_{pmax} = 1.8 - 0.01V \dots \dots \dots (2)$$

Siendo:

I_{pmax} : Máxima inclinación de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la misma (%)

V: Velocidad de diseño (Kph)

Según **Scipion, Eddy T.**, la longitud del tramo de transición del peralte tendrá por tanto una longitud mínima definida por la ecuación:

$$L_{\min} = \frac{P_f - P_i}{i_{p \max}} * B \dots \dots \dots (3)$$

Siendo:

L_{\min} = Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m)

P_f = Peralte final con su signo (%)

P_i = Peralte inicial con su signo (%)

B = Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m)''.

Tabla 6

Radios Mínimos y Peraltes Máximos

Velocidad Directriz (km/h)	PERALTE MÁXIMO e(%)	Valor Límite de fricción f_{\max}	Calculado Radio mínimo (m)	Redondeo Radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
70	4.0	0.14	214.2	215
80	4.0	0.14	279.8	280
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
70	6.0	0.14	192.8	195
80	6.0	0.14	251.8	250
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
70	8.0	0.14	175.3	175
80	8.0	0.14	228.9	230
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
70	10.0	0.14	160.7	160
80	10.0	0.14	209.9	210
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
70	12.0	0.14	148.3	150
80	12.0	0.14	193.7	195

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

2.5.2.8. Pendientes.

La pendiente de una carretera o camino es la inclinación longitudinal que tiene o se dispone a la plataforma de una carretera.

Pendientes mínimas. El MTC, especifica que: “En los tramos en corte se evitará el empleo de pendientes menores de 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”.

Pendientes máximas normales. En general, se considera deseable no sobrepasar los límites máximos de pendiente que están indicados en la tabla n° 06.

Tabla 7*Pendientes Máximas Normales*

Orografía tipo \ Velocidad de diseño:	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno montañoso	Terreno escarpado
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8

Fuente: Ministerio De Transportes Y Comunicaciones, Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito

Pendientes máximas excepcionales. El MTC, especifica que: “En tramos carreteros con altitudes superiores a los 3,000 msnm, los valores máximos de la tabla n° 06 para terreno montañoso o terreno escarpados se reducirán en 1%.

En general, cuando en la construcción de carreteras se emplee pendientes mayores a 10%, el tramo con esta pendiente no debe exceder a 180 m.

Es deseable que la máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2000 m no supere el 6%, las pendientes máximas que se indican en la tabla n° 07 son aplicables”.

2.5.2.9. Bombeo

Según el **MTC** “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”.

2.5.2.10. Sobreancho

Según el **MTC**, “La calzada aumenta su ancho en las curvas para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes. En las curvas, el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos. Asimismo, a los conductores les resulta más difícil mantener el vehículo en el centro del carril. Para velocidades de diseño menores a 50 Km/h no se requerirá sobre ancho cuando el radio de curvatura sea mayor a 500 m. Tampoco se requerirá sobre ancho cuando las velocidades de diseño estén comprendidas entre 50 y 60 Km/h y el radio de curvatura sea mayor a 800 m”.

Según **Morales Sosa, Hugo**, “en las curvas que poseen curvas de transición, el sobreancho debe ser colocado en la parte inferior de la curva o dividida igualmente en la parte exterior e inferior: La fórmula de cálculo propuesta por VOSHELL y recomendada por la AASHO:

$$S_a = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \dots\dots\dots$$

Dónde:

S_a: sobreancho (m)

n: número de carriles.

R: radio de la curva (m)

L: distancia entre el eje delantero y el eje posterior de vehículo (m)

V: velocidad directriz (Km./h.)”.

2.5.2.11. Características geométricas de la vía

a. Superficie de Rodamiento

Los anchos de la faja de rodadura recomendados por las Normas Peruanas, están en función del tipo de carretera y de la topografía que atraviesa, así como también en función de la velocidad Directriz.

b. Bermas.

Su finalidad es servir de contención al borde del pavimento, así como también para el estacionamiento temporal de vehículos, circulación eventual de peatones y acémilas.

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 .

2.5.2.12. Curvas horizontales

Las curvas horizontales son de dos clases: Curvas Circulares y Curvas de Transición.

Las curvas horizontales están en función de dos elementos, los cuales son:

Radio de curvatura y Grado de curvatura.

Las curvas circulares son los arcos de círculos que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un arco de círculo o más”.

a. Elementos de Curvas Horizontales

Los elementos de curvas horizontales que permiten su ubicación y trazo en el campo, son:

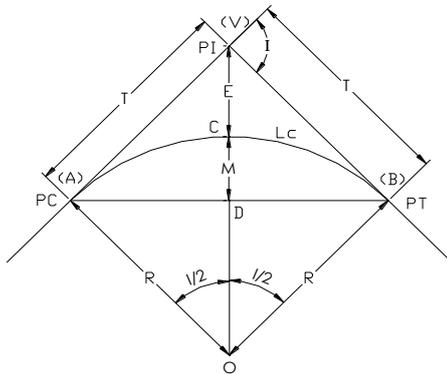


Figura 5. Elementos de una curva simple

Tabla 8

Elementos de Curvas Simples.

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

Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras

b. Perfil Longitudinal

El perfil longitudinal está formado por la rasante 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 aquéllas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.

b. Rasante

Viene a ser la superficie que queda una vez que se ha concluido con el pavimento.

c. Sub Rasante

Es la línea de intersección del plano vertical que pasa por el eje de la carretera con el plano que pasa por la plataforma que se proyecta.

d. Consideraciones para ubicar la sub rasante.

En terreno llano, la rasante estará sobre el terreno por razones de drenaje, salvo casos especiales.

En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante seguirá las inflexiones del terreno, sin perder de vista las limitaciones impuestas por la estética, visibilidad y seguridad.

En general la Subrasante debe ubicarse más en corte que en relleno. Lo ideal es compensar los cortes con los rellenos.

Según Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), “La subrasante es la capa superficial de terreno natural. Para construcción de carreteras se analizará hasta 0.45 m de espesor, y para rehabilitación los últimos 0.20 m”.

2.5.2.13. Curvas Verticales.

Son curvas parabólicas que se emplean para unir los diferentes tramos del alineamiento vertical de modo que siempre se tenga la visibilidad necesaria. Estas pueden ser Cóncavas o Convexas.

Una curva vertical es aquel elemento del diseño en perfil que permite el enlace de dos tangentes verticales consecutivas, tal que a lo largo de su longitud se efectúa el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente a la salida, de tal forma que facilite una operación vehicular segura y confortable. Se ha comprobado que la curva que mejor se ajusta a estas condiciones es la parábola de eje vertical”. Así mismo, existen tablas que dan las ordenadas de las parábolas en función de las abscisas y de las longitudes de las curvas verticales. La longitud puede ser variable y las N.P. recomienda las de 80.00 m”.

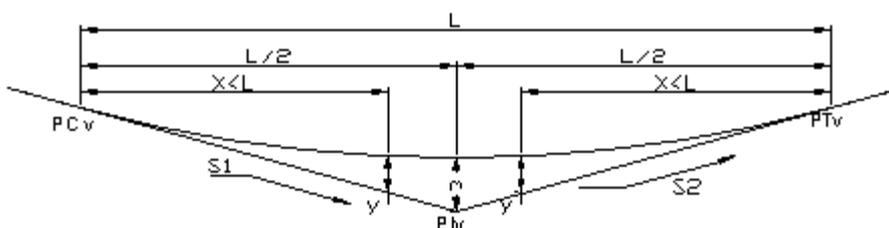


Figura 6. Curva cóncava simétrica

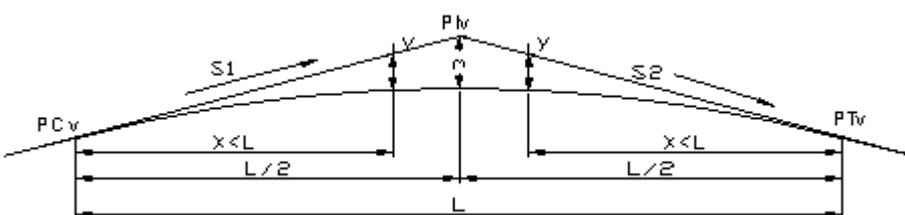


Figura 7. Curva cóncava simétrica

Calculo de las Curvas Verticales.

Para calcular las curvas verticales se sigue el siguiente procedimiento:

Determinar la necesidad de curvas verticales.

Precisar el tipo de curva vertical a utilizar.

Calcular la longitud de la curva vertical. Para esto debemos considerar las distancias de visibilidad de parada y/o sobrepaso, según sea el caso.

Longitud de las Curvas Verticales:

2.5.2.13.1. Curvas Verticales Convexas.

La longitud de curvas verticales convexas, viene dadas por las siguientes expresiones:

a) para contar con la visibilidad de parada (d_p): deberá utilizarse los valores de longitud de curva vertical.

b) para contar con la visibilidad de sobrepaso (d_a)- se utilizarán los valores de longitud de curvas vertical.

a. Consideraciones Esteticas

la longitud de curva vertical cumplirá la condición

$$l > \text{ó} = v$$

l : longitud de la curva (m)

v : velocidad directriz (kph)

b. consideraciones

“consideraciones que tenemos que tomar de las nuevas normas del diseño geométrico de carreteras (dg-99)

En curvas Verticales Convexas deben tener las mismas distancias de Visibilidad adecuadas, como mínimo iguales a la de parada.

El proyecto de curvas Verticales, puede resumirse en cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas:

Criterios de Comodidad.- Se aplica al diseño de curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección se suma al peso propio del vehículo.

Criterios de Operación.- Se aplica al diseño de curvas verticales con visibilidad completa, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

Criterio de Drenaje.- Se aplica al diseño de curvas verticales convexas o cóncavas cuando están alojadas en corte, Para advertir a los diseñados la necesidad de modificar las pendientes longitudinales en las cunetas.

Criterios de Seguridad.- Se aplica a curvas cóncavas y convexas. La longitud de las curvas debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada. En algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de paso.”

c. Cuando se desea contar con distancia de visibilidad de parada:

La longitud mínima de la curva vertical convexa se determina con las siguientes fórmulas:

Para $D_p \geq L$

$$L = 2D_p - (200(h_1 + h_2)^2 - A) \dots \dots \dots (5)$$

Para $D_p < L$

Dónde:

$$L = \frac{AD_p^2}{(100(2h_1 + 2h_2)^2)} \dots \dots \dots (6)$$

L = Longitud de la curva vertical, m.

D_p = Distancia de visibilidad de frenado, m.

h₁ = Altura del ojo sobre la rasante (m)

h₂ = Altura del objeto sobre la rasante (m)

d. Cuando se desea obtener visibilidad de sobrepaso:

Se utilizarán las mismas que en (a); utilizándose como h₂ = 1.30m considerando h₁=1.07m:

Para $D_a \geq L$

$$L = 2D_a - \frac{946}{A} \dots \dots \dots (7)$$

Para $D_a < L$

$$L = \frac{AD_a^2}{946} \dots \dots \dots (8)$$

Dónde:

L = Longitud de la curva vertical, m.

D_a = Distancia de visibilidad de paso, m.

A = Diferencia algebraica de pendiente, %.

2.5.2.14. Curvas Verticales Cóncavas (simétricas - asimétricas):

La longitud de las Curvas Verticales Cóncavas, viene dada por la siguiente expresión:

$$\text{Para } D > 0 < L \quad L = AD^2 / (120 + 3.5D) \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{Para } D < L \quad L = 2Da - \frac{946}{A} \dots\dots\dots(9)$$

Dónde:

D: Distancia entre el vehículo y el punto donde con un ángulo de 1°, los rayos de luz de los faros, intercepta a la rasante. Del lado de la seguridad se toma $D = D_p$

Adicionalmente, considerando que los efectos gravitacionales y de fuerzas centrífugas afectan en mayor proporción a las curvas cóncavas, a fin de considerar este criterio se tiene que:

$$L = \frac{AV^2}{395} \dots\dots\dots(11)$$

Dónde:

L = Longitud de la curva vertical, m.

Da = Distancia de visibilidad de paso, m.

A = Diferencia algebraica de pendiente, %.

Trazado del Eje Longitudinal

Para efectos de realizar un mejoramiento, es necesario en primera instancia evaluar la vía y luego de ello se procede a definir el eje considerando para ello los tramos en los que solamente necesita ampliar radios, superficies de rodamientos, aligerar pendientes, colocar alcantarillas, badenes, pontones, puentes, etc.; así como aquellos tramos en los que se necesite variar la ubicación del eje, para lo cual debemos efectuar el reconocimiento, trazo de la línea de gradiente, poligonal y luego diseño del eje.

2.5.2.15. Nivelación del eje longitudinal

El eje y estacado convenientemente, se procede a efectuar la nivelación de todas las estacas (Nivelación geométrica compuesta en circuitos de ida y vuelta), con la finalidad de calcular las cotas de dichas estacas, las mismas que posteriormente nos servirán para obtener el perfil longitudinal. Simultáneamente con el proceso de la nivelación se deben colocar los Bench Marks, a intervalos de 500 m. aproximadamente, los cuales deben ser debidamente numerados y monumentados.

2.5.2.16. Nivelacion de una Via

El alineamiento vertical, es la representación longitudinal del eje de un camino en el plano vertical, esto es ver el camino a través de sus niveles, cotas y alturas longitudinales y transversales. El proyecto de alineamiento vertical se inicia con la nivelación del trazo definitivo o alineamiento horizontal (planta del camino), lo cual nos da el perfil del terreno natural.

El alineamiento vertical se compone de 2 elementos: las tangentes y las curvas verticales.

Para poder diseñar el alineamiento vertical se requiere primero tener la nivelación del perfil del eje del camino proyectado en el alineamiento horizontal”.

2.5.2.17. Seccionamiento Transversal

La sección transversal de una carretera en un punto de ésta, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Para agrupar los tipos de carreteras se acude a normalizar las secciones transversales, teniendo en cuenta la importancia de la vía, el tipo de tránsito, las condiciones del terreno, los materiales por emplear en las diferentes capas de la estructura de pavimento u otros, de tal manera que la sección típica adoptada influye en la capacidad de la carretera, en los costos de adquisición de zonas, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento y en la seguridad de la circulación”.

Las secciones transversales del terreno natural estarán referidas al eje de la carretera. El espaciamiento entre secciones no deberá ser mayor de 20 m. tramos en tangente y de 10 m en tramos de curvas con radios inferiores a 100 m. En caso de quiebres, en la topografía se tomarán secciones adicionales en los puntos de quiebre.

Efectuado el estacado de la vía se procede al seccionamiento transversal de cada una de las estacas.

a. Procedimiento

En cada progresiva, en forma perpendicular al eje, se tiende un jalón, sobre el cual se coloca el eclímetro.

Luego se lee el ángulo de inclinación; y se mide la distancia en que se desarrolla tal inclinación, anotando en la libreta bajo forma de quebrados la inclinación del terreno en porcentaje (en el numerador) y la distancia en metros (en el denominador).

b. Elementos

Los elementos que integran y definen la sección transversal son: ancho de zona o derecho de vía, calzada ó superficie de rodadura, bermas, carriles, cunetas, taludes y elementos complementarios.

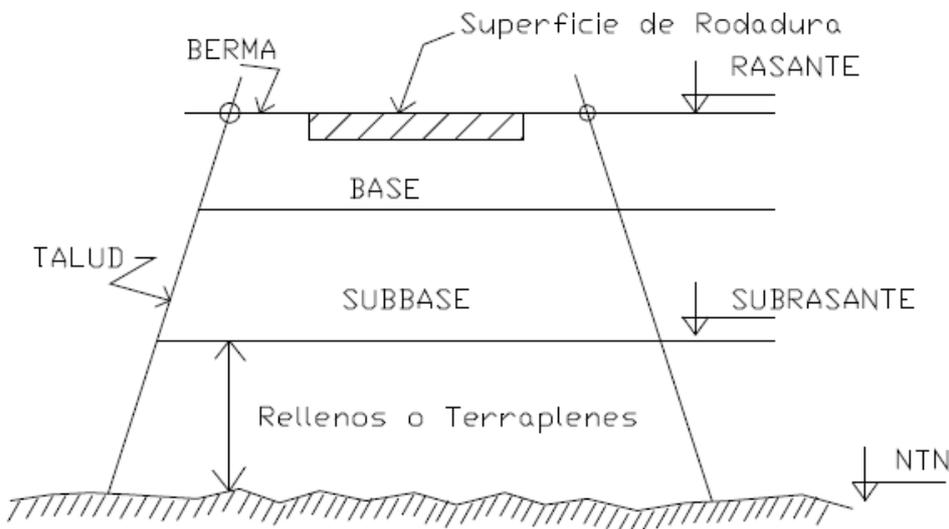


Figura 8. Superficie de rodadura

2.5.2.18. Taludes

Los taludes de corte de las carreteras varían según la naturaleza del material; así se pueden observar los siguientes taludes:

Tabla 9

Taludes de Corte

Clase de terreno	Talud V:H
Roca Fija	10 : 1
Roca Suelta	4 : 1
Material suelto	3 : 1

Fuente: Ministerio De Transportes Y Comunicaciones, Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito

Los taludes adoptados en los terraplenes a construir deberán ser perfilados de acuerdo a los taludes recomendables

Tabla 10

Taludes de Relleno

Clase de terreno	Talud V:H
Enrocado	1 : 1
Suelos diversos compactados	1 : 1.5

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito

2.5.2.19. Estudio de Suelos y Canteras

a. Generalidades

En el estudio de suelos se debe tener cuidado especial, ya que los elementos de la estructura que conforman la cimentación de cualquier tipo de obra de Ingeniería Civil, se encuentran por debajo de la superficie del terreno, por lo que es necesario conocer el perfil del subsuelo, el que nos proporcionará la información acerca de la clase de suelos y rocas existentes y nos indicara la profundidad a la que se encuentran las aguas subterráneas, así como el espesor de las diferentes capas que conforman el subsuelo.

Las obras de Ingeniería Civil están íntimamente ligadas con los suelos; ya sea para emplearlos como terreno de fundación y/o como material de construcción; y como sabemos, estos suelos están distribuidos en estratos verticales y horizontales con propiedades muy singulares que hacen variar las cualidades de dicho suelo y por consiguiente los hacen buenos o malos para el uso que se les pretenda dar.

Una disciplina de la ingeniería que tiene por objeto el estudio de una serie de métodos, que conducen directa o indirectamente, al conocimiento del suelo en los diferentes terrenos sobre los cuales se va a erigir estructuras de índole variable. La enorme importancia de su conocimiento por el ingeniero moderno ha sido y es demostrada a diario por hechos por todos conocidos. El tratar de iniciar cualquier construcción sin llevar a cabo, primero, un estudio del suelo, es quizá uno de los mayores riesgos que pueden correrse en el campo de la ingeniería. Es imposible proyectar una cimentación adecuada para una estructura sin conocer el carácter del suelo que se encuentra bajo ella, ya que, en definitiva, es dicho suelo el que soportará la carga”.

2.5.2.20. Geología

Las carreteras de bajo volumen de tránsito se estructuran como carreteras de bajo costo. Consecuentemente, tienen alineamientos de diseño que evitan excesivos movimientos de tierra, considerando estructuras y obras de arte, por lo general diseñadas para períodos de vida útil, de corto y mediano plazo; con capas de revestimiento granular afirmados y, en general, con características que disturban lo menos posible la naturaleza del terreno.

El estudio determinará las características geológicas del terreno a lo largo del trazo definitivo y de las fuentes de materiales (canteras), definiendo las unidades estratigráficas considerando las características geológicas más destacadas tanto de rocas como de suelos y el grado de sensibilidad o la pérdida de estabilidad en relación a la obra a construir.

Se determinará la geomorfología regional y área definiendo los aspectos principales de interés geotécnico:

- a) Topografía (plana, ondulada, montañosa, etc.).
- b) Unidades geomorfológicas areales y locales (terraza fluvial, conoide aluvional, terraza marina, duna, pantano, quebradas, taludes, laderas, etc.).
- c) Materiales componentes del talud de corte (Clasificación de materiales).
- d) Materiales constituyentes del suelo (grava, arena, arcilla, etc.) diferenciándolos entre transportados y no transportados.
- e) Litología dominante de materiales transportados”.

El estudio geológico debe ser de extensión y alcance local y será desarrollada fundamentalmente sobre la base del reconocimiento de campo y complementada con documentos de consulta, como información técnica general publicada por el INGEMET anivel regional, mapas geológicos, topográficos o de restitución fotogramétrica.

Ciclo Geológico

Es el estudio de los procesos que han conducido a la actual disposición estructural de la corteza terrestre, considerando los procesos análogos que hoy se realizan. La escultura de la superficie terrestre, se realiza mediante agentes tales como los grandes cambios de temperatura (especialmente la congelación y deshielo del agua contenida en grietas), la acción eólica (especialmente en regiones desérticas), la de la lluvia sobre las rocas solubles y rocas que el agua puede descomponer, la acción erosiva de la escorrentía y de los ríos sobre las superficies de las rocas, la desintegración y transporte del material y la acción erosiva del mar en casi todos los litorales costeros.

La sedimentación se debe al viento o a la acción del agua, especialmente a esta última, pues el viento se limita generalmente a regiones desérticas.

2.5.2.21.. Ensayos Generales

Conocidos los perfiles topográficos y fijada la sub rasante es necesario conocer los diferentes tipos de materiales que forma el subsuelo a diferentes profundidades para lo cual se efectuarán calicatas de 1.50 metros de profundidad.

Los ensayos de laboratorio a realizarse serán:

a. Ensayos Generales para clasificar los Suelos

Nos permiten determinar las principales características de los suelos, para poder clasificarlos e identificarlos adecuadamente, son los siguientes:

Peso específico (Normas AASHTO: T-100-70, T-85-70, T-84-70; Según sea el caso).

Análisis granulométrico.

Límites de consistencia (Normas AASHTO: T-89-68 Y T-90-70). Entre éstos tenemos:

Límite líquido.

Límite plástico.

b. Ensayos de Control o Inspección. Se efectúan para asegurar una buena compactación, los resultados son de mucha utilidad para evaluar la resistencia del suelo, éstos son:

Contenido de humedad. (A.S.T.M. D 2216).

Proctor Modificado (Compactación). Para definir el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca (Normas AASHO T-99-70 y T-180-70, Según sea el caso).

c. Ensayos de Resistencia. Su finalidad es evaluar la capacidad portante del suelo, mediante los resultados obtenidos en los ensayos de:

Carga - Penetración (California Bearing Ratio – CBR).

Desgaste por Abrasión (Norma AASHO T-96-65).

Seguidamente definiremos cada uno de los ensayos realizados.

2.5.2.22. Ensayos Generales para Clasificar los Suelos.

a. Contenido de Humedad.

Viene a ser la cantidad de agua en una masa de suelo se expresa en términos de contenido de humedad”.

Como la relación que existe entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso da la muestra completamente seca, que generalmente se expresa en porcentaje:

$$\omega(\%) = \frac{P\omega}{P_s} * 100 \dots \dots \dots (12)$$

Dónde:

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

Pw: Peso del agua

Ps: Peso de la muestra seca.

En el laboratorio:

$$\omega(\%) = \frac{P_{hm} - P_{ms}}{P_{ms}} * 100 \dots \dots \dots (13)$$

Dónde:

W(%): Contenido de humedad en porcentaje.

Pmh: Peso de muestra húmeda.

Pms: Peso de la muestra seca”.

a. Peso Específico.

Que es la relación que existe entre el peso y el volumen de la fase sólida de la muestra. Su fórmula es la siguiente:

Para partículas mayores a 4.75 mm. se usa el método estándar AASHO T-85 (Grava y Arena Gruesa).

$$Pe = \frac{Pmw}{Pm - Pmw} (gr / cm^3) \dots \dots \dots (14)$$

Dónde:

Pe = Peso específico del suelo.

Pmw = Peso de la muestra en el agua.

Pm = Peso de la muestra en el aire.

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

Dónde:

$$Pe = \frac{Ps}{Ps + Pfa - Pfas} * \gamma T = \frac{Ps}{Vs} \dots \dots \dots (15)$$

Pe = Peso

específico del suelo.

γT = Peso específico del agua.

Ps = Peso de la muestra seca.

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

Pfa = Peso de la fiola con agua”.

b. Grado de Saturación

El grado de saturación es el porcentaje de espacios vacíos ocupados por agua y está dada por:

$$S = \frac{V_w}{V_v} * 100 \dots \dots \dots (16)$$

Dónde:

S = Grado de saturación.

V = Volumen.

El suelo está saturado cuando los vacíos están totalmente llenos de agua”.

c. Densidad del Suelo

Una propiedad del suelo muy útil para los ingenieros de carreteras es la densidad del suelo. La densidad es el cociente que relaciona la parte de masas del diagrama de fases con la parte volumétrica. Generalmente se usan tres densidades en la ingeniería de suelos.

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

$$\gamma = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (17)$$

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

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \dots\dots\dots (18)$$

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

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \dots\dots\dots (19)$$

Dónde: γ_w = Densidad del agua.”

d. Análisis Granulométrico.

Sostiene que El análisis granulométrico, se realiza con la finalidad de determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño”.

Si el material es granular, los porcentajes de piedra grava y arena se pueden determinar fácilmente mediante el empleo de tamices.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

Tabla 11

Períodos de Retorno para Diseño de Obras de Drenaje en Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito

Tipo de material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm – 2 mm
Arena	Arena gruesa: 2 mm – 0.2 mm
	Arena fina: 0.2 mm – 0.05 mm
Limo	0.05 mm – 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

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

las características granulométricas de los suelos pueden compararse estudiando ciertos valores numéricos importantes deducidos de las curvas de distribución, los más comunes son:

D10, D30 y D60, que son los diámetros efectivos en mm. De las partículas correspondientes al 10%, 30% y 60% en la curva granulométrica, lo que significa que el 10%, 30% y 60% de las partículas son menores que el diámetro efectivo.

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

$$\text{Si: } C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Cu < 3 → Muy Uniforme

3 < Cu < 15 → Heterogéneo

15 < Cu → Muy Heterogéneo

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

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} * D_{60})}$$

Si 1 < Cc < 3 → Bien Graduado”

e. Límites de Consistencia

Consistencia del Suelo

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

Cuando existen minerales de arcilla en un suelo de grano fino, éste puede ser remodelado en presencia de alguna humedad sin desmoronarse. Esta naturaleza cohesiva es debida al agua adsorbida que rodea a las partículas de arcilla. A muy bajo contenido de agua, el suelo se comporta más como un sólido frágil. Cuando el contenido de agua es muy alto, el suelo y el agua fluyen como un líquido. Por tanto, dependiendo del contenido de agua, la naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados básicos, denominados sólido, semisólido, plástico y líquido.

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

Los límites de consistencia de un suelo están representados por contenidos de agua. Los principales son

f. Limite Liquido (ll.

Es el porcentaje de humedad, por debajo del cual, el suelo se comporta como un material plástico.

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

Los materiales granulares (arena, limo) tienen límites líquidos bajos (25% a 35%) y las arcillas límites líquidos altos (mayores al 40%).

Al graficar en escala logarítmica, el número de golpes en las abscisas y a escala natural los contenidos de humedad en el eje de ordenadas, sobre la base de tres puntos obtenidos de cuatro ensayos sobre muestras de suelo a diferentes contenidos de humedad; el límite líquido se obtiene gráficamente, siendo el contenido de humedad correspondiente a 25 golpes

Matemáticamente, se determina mediante la siguiente fórmula, propuesta por la BUREAU OF PUBLICS ROADS, de los Estados Unidos

Dónde:

$$LL(\%) = \frac{W(\%)}{1.419 - 0.3LnS} \dots\dots\dots(20)$$

LL = Límite líquido

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

S = Número de golpes al cabo de los cuales se unen las mitades del suelo.

g. Límite Plástico (Ip)

Es el contenido de humedad, por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico. Según **Braja M. Das**, “el límite plástico se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona. Es el límite inferior de la etapa plástica del suelo.

h. Índice de Plasticidad (ip)

El índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo”, o:

$$IP = LL - PL \dots\dots\dots (21)$$

i. Límite de Contracción (sl)

La masa de suelo se contrae conforme se pierde gradualmente el agua del suelo. Con una pérdida continua de agua, se alcanza una etapa de equilibrio en la que más pérdida de agua conducirá a que no haya cambio de volumen. El contenido de agua, en porcentaje, bajo el cual el cambio de volumen de la masa del suelo cesa, se define como **límite de contracción**.

2.5.2.23. Ensayos de Control o Inspección

a. Compactación

En general, la compactación es la densificación del suelo por remoción de aire, lo que requiere energía mecánica. El grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso específico seco. Cuando se agrega agua al suelo durante la compactación, ésta actúa como un agente ablandador de las partículas del suelo, que hace que se deslicen entre sí y se muevan a una posición de empaque más denso”.

Es conveniente hacer notar que hay materiales que con un cierto grado de compactación se tornan muy expansivos en presencia de agua; este tipo de materiales no es conveniente

utilizarlos en las obras viales en forma natural, pues si se compactan, aumentan su volumen y si se dejan con un grado bajo de compactación se deforman en forma apreciable en la operación. En caso de que por economía sea necesario utilizar alguno de estos materiales, deberá ser estabilizado con cal o cemento, lo cual, influirá en el costo.

La resistencia del suelo compactado se relaciona directamente con la máxima densidad en seco que se alcanza mediante la compactación. La densidad en seco aumenta al aumentar el contenido de humedad hasta un valor máximo, obteniéndose el máximo grado de saturación, este no puede incrementarse con compactación adicional debido a la presencia de aire atrapado en los espacios vacíos y alrededor de las partículas. Por lo tanto mayor adición de humedad resulta en que los vacíos se saturen con agua, sin que lo acompañe una reducción de aire”.

La consolidación es un fenómeno semejante a la compactación, pero se diferencia en que es un fenómeno natural que se lleva a cabo durante mucho tiempo, quizá siglos, y la disminución del volumen se efectúa a costa del aire y agua que contenga el suelo.

b. Compactación en el Campo. Tipos de Compactadores.

El primer paso en la construcción de un terraplén de carretera es la identificación y selección de un material adecuado. Esto se hace obteniendo muestras de pozos de préstamo o bancas de préstamo económicamente factibles, y ensayándolas en el laboratorio para determinar el grupo de cada una. Para compactar los materiales, se tienen diferentes tipos de máquinas, que tienen su aplicación dependiendo de las características de aquellos. Principalmente se pueden dividir en dos: de presión y vibratorias.

La mayor parte de las compactaciones de campo se hacen con compactadores de rodillos, de los cuales hay cuatro tipos.

1. Compactador de rodillos de rueda lisa (o rodillos de tambor liso)
2. Compactador de neumáticos de hule
3. Compactador con rodillos de pata de cabra
4. Compactador de rodillos vibratorios

Los compactadores de rodillos lisos son apropiados para rodadas de prueba de subrasantes y para la operación final de rellenos con suelos arenosos y arcillosos. Estos cubren el 100% bajo las ruedas con presiones de contacto con el suelo de 310 hasta 380 kN/m², y no son apropiados para producir altos pesos específicos de compactación al usarse en capas gruesas.

Los compactadores con neumáticos de hule son mejores en muchos aspectos que las de rodillos lisos. Los primeros tienen varias hileras de neumáticos, que van colocados cerca uno de otro, cuatro a seis en una hilera. La presión de contacto bajo los neumáticos varía entre 600 y 700 kN/m² y su cobertura es aproximadamente de 70% a 80%. Los rodillos con neumáticos se usan para la compactación de suelos arenosos y arcillosos. La compactación se logra por una combinación de presión y acción de amasamiento.

Los rodillos pata de cabra son tambores con un gran número de protuberancias. El área de cada una de esas protuberancias varía entre 25 y 85 cm². Los rodillos pata de cabra tienen su mayor efectividad en la compactación de suelos arcillosos. La presión de contacto bajo las protuberancias varía entre 1380 y 6900 kN/m². Durante la compactación en el campo, las pasadas iniciales compactan la porción inferior de una capa. Las porciones superior y media de una capa se compactan en una etapa posterior.

Los rodillos vibratorios son muy eficientes en la compactación de suelos granulares. Los vibradores se unen a los rodillos lisos, a los de neumáticos o a los rodillos pata de cabra para suministrar efectos vibratorios al suelo. La vibración es producida girando pesos excéntricos.

Las placas vibratorias manuales se usan para la compactación efectiva de suelos granulares sobre un área limitada. Las placas vibratorias también se montan sobre maquinaria, y se usan en áreas menos restringidas.

c. Verificación de la Compactación.

En la mayoría de las especificaciones para trabajos de terracerías, una estipulación es que el contratista debe lograr un peso específico seco por compactación en campo del 90% al 95% del peso específico seco máximo determinado en laboratorio por la prueba Proctor Estándar o por la modificada.

Esta especificación es, de hecho, para una compactación relativa R , que se expresa como”:

$$G_c = \frac{\text{Peso.volumétrico.seco.de.campo}}{\text{Peso.volumétrico.seco.máximode.laboratorio}} * 100 \dots \dots \dots (22)$$

Pruebas de Compactación en el Campo

con las pruebas de campo se encuentra el peso volumétrico seco alcanzado en la obra, para lo cual se hace un sondeo a cielo abierto con una profundidad igual al espesor de la capa de estudio y con un ancho o diámetro igual a 3 ó 4 veces del tamaño máximo del agregado (15 cm máximo).

El material que se extrae del sondeo se coloca en una charola para conocer el peso húmedo y se toma una pequeña muestra para conocer su humedad, con lo cual podemos calcular el peso seco del material:

$$PesoSeco = \frac{100 * Pesohúmedo}{100 - humedad(\%)} = Ps.....(23)$$

El volumen del sondeo (V), se encuentra vaciando la arena con granulometría uniforme (entre tamaños 0.850mm a 0.600mm.), Lo cual se puede llevar a cabo por medio de una probeta, por medio de embudo y trompa o por medio de frasco y cono. Hay otros métodos como los que utilizan agua o aceite para medir el volumen, pero como requieren de una membrana plástica para evitar que el fluido se infiltre en el suelo, en general, se puede decir que son más imprecisos que los que no la utilizan, ya que a medida que la membrana es menos flexible menos se pliega a las irregularidades del sondeo. El peso volumétrico se calcula con la fórmula:

$$Peso.volumétrico.seco = PVS = \frac{Ps}{V}.....(24)$$

d. Pruebas de Compactación de Laboratorio. Tipos

Compactación estática y compactación dinámica.

Para encontrar el grado de compactación se requiere el patrón de laboratorio con el que se debe comparar el peso volumétrico seco encontrado en el campo (máxima densidad seca).

Para calcular la máxima densidad seca utilizamos la siguiente fórmula:

$$Ds = \frac{(Pms - Pm)}{V(100 + W)} * 100.....(25)$$

Dónde:

Ds	=	Máxima densidad seca.
Pms	=	Peso del molde más muestra compactada.
Pm	=	Peso del molde.
V	=	Volumen de la muestra.
W	=	Contenido de humedad en porcentaje.

Las pruebas de compactación de laboratorio son principalmente de dos tipos: estáticas y dinámicas.

Las pruebas de compactación estáticas

son aquellas en que se compacta el espécimen con una presión que se proporciona al material por medio de una placa que cubre la superficie libre del molde y cuyo principal exponente es la prueba de Proctor Estándar. Esta prueba se realiza con las siguientes características:

Diámetro del molde	:	15 cm.
Presión estática	:	140.6 Kg/cm ²
Cantidad de material	:	4 Kg.

Si al terminar de dar la presión la base metálica se humedece ligeramente, se dice que el peso volumétrico seco obtenido es el máximo y la humedad correspondiente es la óptima.

Si no se humedece la base se repetirá la prueba con mayor humedad; pero si la expulsión es grande la cantidad de agua que se use será menor.

Las pruebas de tipo dinámico son aquellas en las que el espécimen se elabora compactando el material por medio de pisones, que tienen un área de contacto menor a la sección libre del molde que se usa, el ejemplo típico de las pruebas de este tipo es la Proctor Estándar, que se realiza con las siguientes características:

Diámetro del molde	:	10.2 cm.
Peso del pisón	:	2.5 Kg. (5lb.)
Altura de caída	:	30.5 cm.
Número de capas	:	3
Número de golpes	:	25

La AASHTO especifica otras pruebas de tipo dinámico denominadas: modificada tres capas y modificada cinco capas, para las cuales se usan moldes de 15.3 cm. de diámetro y pisones de 4.54 Kg. con altura de caída de 45.7 cm y con 56 golpes cada capa.

2.5.2.24. Ensayos De Resistencia.

La resistencia cortante de una masa de suelo es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. Los ingenieros deben entender la naturaleza de la resistencia cortante para analizar los problemas de la estabilidad del suelo, tales como capacidad de carga, estabilidad de taludes y la presión lateral sobre estructuras de retención de tierras.

a. Carga – Penetración (California Bearing Ratio CBR).

Este ensayo establece una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad de soporte como base de sustentación de un pavimento.

El número CBR se obtiene como el porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en la muestra compactada, dividido con el esfuerzo para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad, en una muestra patrón de piedra triturada y compactada. En forma de ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$CBR(\%) = \frac{Carg a.Unitaria.del.ensayo}{Carg a.Unitaria.Patrón} * 100 \dots \dots \dots (26)$$

Para el diseño de obras viales, el CBR que se utiliza es el valor que se obtiene para una penetración de 0.1” a 0.2”, considerando el mayor valor obtenido.

Tabla 12

Valores Correspondientes a las Muestras Patrón (Macadam)

Unidades Métricas		Unidades Inglesas	
Penetración (Mm)	Carga Unitaria (Kg/Cm²)	Penetración (Mm)	Carga Unitaria (Kg/Cm²)
2.54	70.31	0.10	1000
5.08	105.46	0.20	1500

Fuente: Carreteras, Calles y Aeropuertos

Tabla 13

Clasificación Típica de Cbr

C B R (%)	Clasificación
<3	Muy Pobre
3 – 5	Pobre
6 – 10	Regular
11 – 19	Bueno
Mayor A 20	Excelente

Fuente: Ministerio De Transportes Y Comunicaciones

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

Dada la variabilidad que presentan los suelos (aún dentro de un mismo grupo de suelos y en un sector homogéneo), así como los resultados de los ensayos de CBR (valor soporte del suelo), se efectuará un mínimo de 6 ensayos de CBR por sector homogéneo del suelo, con el fin de aplicar un criterio estadístico para la selección de un valor único de soporte del suelo. En caso de que en un determinado sector se presente una gran heterogeneidad en los suelos de subrasante que no permite definir uno como predominante, el diseño se basará en el suelo más débil que se encuentre.

El valor del CBR de diseño por sector homogéneo, se determinará según lo siguiente:

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

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

b. Ensayo de Desgaste por Abrasión (Para muestras de Canteras).

Para este ensayo utilizamos la Máquina de los Ángeles, este ensayo consiste en determinar el desgaste por Abrasión del agregado grueso, previa selección del material a emplear por medio de un juego de tamices apropiados.

La carga abrasiva consiste en esferas de acero, cada una de ellas debe tener un diámetro de 46.8 mm y pesar entre 390 y 445 gr. La carga abrasiva a colocarse dentro del tambor rotatorio dependerá de la granulometría a ensayarse.

El agregado grueso se introduce en la Máquina de los Ángeles junto con la carga abrasiva. Se hará girar l tambor a una velocidad de 25 a 30 r.p.m. tratando en lo posible de alcanzar una velocidad uniforme”.

Tabla 14

Carga Abrasiva, Máquina de los Ángeles

Granulometría	Nº De Esferas	Peso De La Carga (Gr.)
A	12	5000 ± 25

Fuente: Carreteras, Calles y Aeropuertos

Tabla 15

Cantidad de las Muestras en Gramos

Tamices		Granulometría		
Pasa	Retenido En			
Mm	Pulg.	Mm	Pulg.	A
37.5	1½	25.0	1	1250 ± 25
25.0	1	19.0	¾	1250 ± 25
19.0	¾	12.5	½	1250 ± 10
12.5	½	9.5	3/8	1250 ± 10
9.5	3/8	6.3	¼	-
Total				5000 ± 10

Fuente: Carreteras, Calles y Aeropuertos.

Luego de alcanzar 500 r.p.m. se retira el material del tambor y se lo cierne en un tamiz mayor al N° 12, la porción más fina se lo cierne en el tamiz N° 12, considerándose la porción retenida en este tamiz el peso final de la muestra, se calcula el porcentaje de desgaste del material según la fórmula:

$$D\% = \frac{\text{Peso.inicial} - \text{Peso.Final}}{\text{Peso.Inicial}} * 100 \dots \dots \dots (27)$$

Tabla 16

Porcentajes de Desgaste para Evaluar los Resultados del Ensayo de Desgaste o Abrasión

D%	Tipo De Ensayo	Utilidad
30	A.A.S.H.O T – 96	Para Todo Uso
50	A.A.S.H.O T – 96	Para Capa De Base
60	A.A.S.H.O T – 96	Para Capa E Sub Base
Mayor De 60	A.A.S.H.O T - 96	No Sirve El Material

Fuente: Carreteras, Calles y Aeropuertos

2.5.2.25. Clasificación E Identificación De Suelos.

Sistema De Clasificación De Los Suelos De La Aasho (*American Association Of State Highway Officials*).

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

Por otro lado **AASHO** divide a los suelos en 7 grupos del A-1 al A-7 y ocho sub grupos (A-1a, A-1b, A-2a, A-2-5, A-2-6, A-2-7, A-7-5 y A-7-8), basándose en la composición granulométrica, el Límite Líquido y el Índice de Plasticidad de un suelo. Se considera que el mejor suelo para ser usado en la Sub rasante de una carretera, es un material bien granulado compuesto principalmente de grava y arena, pero que contenga una pequeña cantidad de cemento arcilloso, este material pertenece al grupo A-1.

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

$$IG = 0.2a + 0.005 ac + 0.01 bd \dots \dots \dots (28)$$

Dónde:

IG: Índice de Grupo

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

b: Porcentaje que pasa el tamiz N° 200, comprendido entre 15% como mínimo y 55% como máximo, se representa sólo con número entero y varía de 0 a 40.

c: Parte del Límite Líquido comprendido entre 40% como mínimo y 60% como máximo, se representa sólo con número entero y varía de 0 a 20.

d: Parte del índice de Plasticidad, comprendido entre 10% como mínimo y 30% como máximo, se representa sólo con número entero y varía de 0 a 20.

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

En el sistema de la **AASHTO**, los suelos granulares se ubican en las clases A-1 hasta A-3. Los suelos A-1 constan de materiales granulares bien graduados, los suelos A-2 contienen cantidades importantes de limos y arcillas, y los suelos A-3 son arenas limpias pero mal graduadas.

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

Los suelos clasificados como A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 y A-3 pueden usarse satisfactoriamente como material de subrasante o sub-base si se drenan apropiadamente.

Los materiales clasificados como A-2-6, A-2-7, A-4, A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6 van a requerir una capa de material para sub-base si se usan para la subrasante”.

Tabla 17

Clasificación de Suelos según Índice de Grupo

Clasificación	Índice De Grupo
Suelos Granulares	0 A 4
Suelos Limosos	8 A 12
Suelos Arcillosos	13 A 20

Fuente: Ingeniería De Transito Y Carreteras

2.5.2.26. Ubicación Y Estudio De Canteras.

Los materiales de cantera son básicos para la construcción de carreteras y vías urbanas. Tienen que soportar los principales esfuerzos que se producen en la vía y han de resistir el desgaste por rozamiento de la superficie. Por tales motivos es importante conocer las propiedades y características de las canteras.

a. Ubicación:

Para la ubicación de las canteras se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Tienen que ser los más fácilmente accesibles y los que se puedan explotar por los procedimientos más eficientes y menos costosos.

Tienen que ser los que produzcan las mínimas distancias de acarreo de los materiales a la obra.

Tienen que ser los que conduzcan a los procedimientos constructivos más sencillos y económicos durante su tendido y colocación final en la obra, requiriendo los mínimos tratamientos.

Los bancos deben estar localizados de tal manera que su explotación no conduzca a problemas legales de difícil o lenta solución y que no perjudiquen a los habitantes de la región.

La elección del yacimiento o zona de cantera está condicionada por:

La naturaleza de la piedra o agregado.

La importancia de los terrenos inútiles que recubren el yacimiento explotable.

El espesor de los estratos explotables, su pendiente.

La importancia del material inútil entre estratos.

La posibilidad de localizar en la masa explotable un frente de longitud y altura tales que se pueda dar la producción diaria necesaria.

La situación respecto a las aglomeraciones habitadas y las vías de comunicación.

Los accesos y los medios de comunicación”.

La no explotación de una cantera con capas de diferente naturaleza, algunas de ellas indeseables, plantea un problema de clasificación muy difícil de resolver como no sea a mano, lo que obstaculizaría la mecanización y por consiguiente los grandes rendimientos la cual conduce a precios de costos elevados. Cuando el espesor del estrato es suficiente, es posible prever la explotación separada de los distintos estratos”.

Al hacer la elección de la cantera es necesario elegir aquella en la que la proporción de los materiales inútiles sea mínima.

Los ensayos de los materiales deberán de ser dos tipos:

Estrato por estrato.

El conjunto de Materiales.

2.5.2.27. Hidrología Y Diseño De Obras De Arte

2.5.2.27.1. Clasificación Del Drenaje.

El drenaje se clasifica en superficial y subterráneo.

a. El Drenaje Superficial

El drenaje superficial abarca todos los medios, a través se retira el agua superficial del pavimento, del derecho de vía. Un sistema de drenaje superficial de una vía diseñado adecuadamente debe interceptar con efectividad todo el escurrimiento directo superficial, para encauzar esta agua a canales y cunetas que tengan el diseño adecuado para su descarga final en los cursos de aguas naturales”.

Se clasifica, según la posición que las obras guardan con respecto al eje de la carretera. Este drenaje se clasifica en:

b. El Drenaje Longitudinal es aquel que tiene por objeto captar los escurrimientos para evitar que lleguen a la carretera o permanezcan en ella quedan comprendidos en este tipo: las cunetas, contracunetas, y canales de encauzamiento.

c. Cunetas

Son zanjas abiertas en el terreno, revestidas o no a fin de proteger la estructura del pavimento, que recogen y canalizan longitudinalmente las aguas superficiales y de infiltración para flujos no permanentes (para el caso de flujo permanente se deberá construir una estructura hidráulica convenientemente protegida y señalizada). Sus dimensiones se deducen de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta la intensidad de lluvia prevista, naturaleza del terreno, pendiente de la cuneta, área drenada, etc.

En tramos de baja pendiente longitudinal de la rasante y en situación de corte se dará pendiente longitudinal a la cuneta independiente de la rasante con el fin de reducir el costo de explanación”.

Las cunetas tendrán, en general, sección triangular y se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte, que el ancho es medido desde el borde de la subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. El ancho es medido desde el borde de la subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante el fondo o vértice de la cuneta”.

Las cunetas generalmente deber ser revestidas ya que una velocidad demasiado elevada, en relación con la naturaleza de las paredes produciría erosión”.

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

La longitud máxima de las cunetas depende del caudal a transitar. Así mismo menciona que los expertos recomiendan desaguar las cunetas al menos cada 150 m, o sea, no permitir que una cuneta tenga una longitud mayor a 150m, sin ser desaguada”.

Fórmula de Cálculo. La fórmula más usada para el cálculo de canales es la **fórmula de MANNING**, que consiguientemente es aplicable al diseño de cunetas.

$$V = \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots(29)$$

$$Q = A \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots(30)$$

Dónde:

- | | | |
|---|---|---|
| Q | = | Caudal en m ³ / seg. |
| A | = | Sección transversal en m ² . |
| S | = | Pendiente hidráulica en metros por metro. |
| R | = | Radio hidráulico en metros. |
| n | = | Coefficiente de Rugosidad. |
| V | = | Velocidad del agua en m/s. |

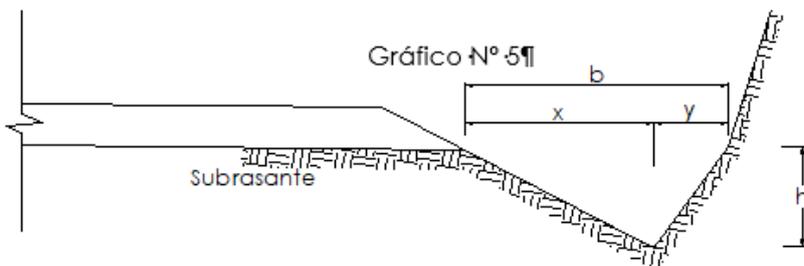


Figura 9. Dimensiones de las cunetas

Elementos de la Sección Asumida:

Cálculo del área hidráulica de la sección de la cuneta (A):

$$A = \frac{b * h}{2} \dots\dots\dots(31)$$

Perímetro Mojado (Pm):

$$Pm = \sqrt{(h^2 + x^2)} + \sqrt{(h^2 + y^2)} \dots\dots\dots(32)$$

Radio Hidráulico (R):

$$R = \frac{A}{Pm} \dots\dots\dots(33)$$

Descarga de la Cuneta (Qc):

$$Qc = A \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots(34)$$

Para cunetas no revestidas, los límites máximos admisibles de velocidad son:

Tabla 18

Velocidades Máximas Permisibles

Tipo De Material	Vel (M/Seg)
Hierba Bien Cuidada	1.80
Terreno Parcialmente Cubierto	
Vegetación	0.60 – 1.20
Arena Fina O Limo Con Poca O Ninguna Arcilla	0.30 – 0.60
Arena Arcillosa Dura	0.60 – 0.90
Arcilla Muy Dura, Con O Sin Grava	1.20
Grava Con Limos	1.00 – 1.50
Arcillas	0.25 – 1.50
Pizarras Según Su Dureza	1.80 – 2.00

Fuente: Manual Diseño Geométrico Caminos I

Cuando la pendiente del terreno impone velocidades mayores, se debe revestir la cuneta o escalonarla con escalones revestidos o protegidos.

El área de la cuneta puede calcularse por la fórmula del Dr. Talbot aproximado:

$$S = c \sqrt[4]{A^3} \dots\dots\dots(35)$$

S = sección de la cuneta en metros cuadrados

A = superficie del valle en Ha.

C = coeficiente cuyos valores se toman de la tabla:

Tabla 19

Valores del Coeficiente C.

Tipos De Terreno	C
Terreno Montañoso C/Pendientes Fuertes.	0.18
Terreno Ondulado C/Pendientes Moderadas.	0.12
Terrenos Aislados Muy Largos Con Relación A Su Ancho.	0.09
Terreno Muy Llano Sujeto A Nevados O Inundaciones.	0.04

Fuente: Manual Diseño Geométrico Caminos I

Tabla 20*Dimensiones Mínimas de las Cunetas.*

Región	Profundidad(m)	Ancho(m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy Lluviosa	0.50	1.00

Fuente: Ministerio De Transportes Y Comunicaciones

Calculo Del Número De Aliviaderos De La Cuneta:

Para calcular el número de aliviaderos se tendrá en cuenta lo siguiente:

Capacidad de Cuneta:

Si la capacidad de la Cuneta > Caudal a evacuar → No aliviadero.

Si la capacidad de la Cuneta < Caudal a evacuar → Sí aliviadero.

2.5.2.28.2. Obras De Cruce**a. El Drenaje Transversal**

es el que tiene por objeto dar paso al agua que cruza de un lado a otro de la carretera, o bien, retirarla lo más pronto posible de su corona; quedan comprendidos en este tipo de drenaje las alcantarillas, puentes, badenes, bombeo de la corona y drenes transversales espaciados en una longitud máxima de 300 m y un óptimo de 100 m.

b. Bombeo

Inclinación lateral a partir del eje de la vía hacia los bordes, su función es eliminar el agua que cae sobre la corona.

c. Alcantarillas

Son estructuras de forma diversa que tienen la función de conducir y desalojar lo más rápidamente posible el agua de las hondonadas y partes bajas del terreno que atraviesan el camino.

La alcantarilla consta de 2 partes:

c-1). Cañon.

Forma el canal de la alcantarilla y es parte principal de la estructura.

c-2-). Muros De Cabeza.

Que sirven para impedir la erosión alrededor del cañón, guiar la corriente y evitar que el terraplén invada el canal”

Según la forma del cañón las alcantarillas pueden ser:

- a) De Tubo.
- b) De Cajón.
- c) De Bóveda.

Las alcantarillas se colocan generalmente en el fondo del canal que desaguan. Al ubicar una alcantarilla, no debe forzarse los cruces para hacerlo normales en el caso de que la localización natural sea ESVIAJADA. Sin embargo, cuando el esviajamiento de una corriente sea menor de 5° es preferible ejecutar la estructura perpendicular al camino”

También pueden clasificarse en alcantarillas rígidas y flexibles.

Las Alcantarillas Flexibles

Son generalmente tubos corrugados de metal, o láminas delgadas de acero.

El diseño de una alcantarilla toma en cuenta los siguientes factores:

Determinación Del Diámetro “ ϕ ”

El diseño del diámetro de alcantarilla se basará en relación a las intensidades máximas, duración y periodo, y así determinar el caudal de diseño para un determinado periodo de año (Método Gumbel), la fórmula para encontrar el diámetro de la alcantarilla se basará en la fórmula de Manning, de la cual se deduce:

$$D = \frac{(3.21 Q_m n)^{3/8}}{(S^{1/2})^{3/8}} \dots\dots\dots(36)$$

En la selección de los diámetros de las tuberías de las alcantarillas, se calcula el mínimo diámetro requerido y se selecciona el siguiente diámetro comercial disponible. Las Tuberías de PVC están disponibles en diámetros de 24”, 36”, 48”, 60” y 72”.

a. Velocidad Crítica

Es necesario entender que la velocidad en la sección crítica es aquella que da la máxima descarga en un tubo dado, esto significa que la carga que produce dicha velocidad es constante y no puede aumentarse.

Teniendo en cuenta que la velocidad crítica para la descarga máxima en cualquier sección transversal de un canal, es la debida a una carga igual a la mitad del promedio de la profundidad del agua en dicha sección transversal.

b. Pendiente Crítica

Para determinar que el agua pase por la sección crítica sin que produzca el efecto de remanso, es conveniente determinar la pendiente necesaria que deberá tener el colector.

Por ello, sustituyendo la velocidad crítica en la fórmula de Manning, tenemos:

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

Entonces:

$$D\acute{o}nde: \quad S = \frac{V^2 * n^2}{R^{4/3}}$$

n : 0.021 (para corrugados - Manual ARMCO)

R : Radio hidráulico = A / Pm

$$R = \frac{0.57 * D^2}{1.9578 * D} = 0.2946 * D$$

$$V^2 = 6.1077 * D$$

Luego:

$$S = \frac{6.1077Dx0.021^2}{(0.2946xD)^{4/3}} = \frac{0.01373}{D^{1/3}}$$

Expresado en porcentaje:

$$S = \frac{1.3734}{D^{1/3}} \dots \dots \dots (37)$$

Calcularemos el diámetro de cada Alcantarilla utilizando los caudales máximos de diseño a evacuar.

c. Colocación Y Longitud De Las Alcantarillas:

Principios que Gobiernan la colocación de las Alcantarillas. Por colocación de Alcantarillas se entiende el alineamiento y pendiente del conducto con respecto a la carretera

y a la corriente de agua; la ubicación apropiada para una alcantarilla es importante porque afecta la eficiencia del conducto, su conservación y la posible erosión o deslave del camino; Constituyendo cada instalación un problema distinto.

La cantidad y la ubicación serán fijadas para garantizar el drenaje, evitando la acumulación excesiva de aguas. Además, en los puntos bajos del perfil debe proyectarse una alcantarilla de alivio, salvo solución alternativa”.

Alineamiento

La corriente debe entrar y salir en la misma línea recta. Cualquier cambio brusco de dirección en uno u otro extremo retarda la corriente y obliga a emplear un conducto de mayor sección.

Se debe evitar que la corriente altere su curso cerca de los extremos del conducto, de lo contrario se volverá inadecuado, causando deslaves o formando remansos. Los revestimientos de piedra, césped, hormigón o la colocación de secciones terminales, ayudarán a proteger las orillas del cauce contra la erosión y evitarán los cambios de dirección.

Pendiente

La pendiente ideal de una alcantarilla es la que no ocasiona sedimento ni velocidad excesiva, y evita la erosión.

Velocidades mayores de 3 m/s. Causan erosión destructora aguas abajo, y al tubo mismo si no se la protege.

Se recomienda un declive de 1% a 2% para que resulte una pendiente igual o mayor que la crítica, con tal que no sea perjudicial. En general, para evitar la sedimentación, se aconseja una pendiente mínima de 0.5%.

La práctica normal es la de hacer coincidir la pendiente del fondo de la alcantarilla con la del techo de la corriente; sin embargo, y siempre que sea beneficioso, se permiten desviaciones de este principio.

d. Longitud De Las Alcantarillas.

La longitud de las alcantarillas depende del ancho de la corona del camino, de la altura del terraplén, del talud del mismo y del ángulo de esviajamiento. El cañón de la alcantarilla debe ser lo suficientemente largo para que no corra el peligro de obstruirse en sus extremos con material de terraplén que se deslave durante las lluvias. El cañón de la alcantarilla debe ser

lo suficientemente largo para que no corra el peligro de obstruirse en sus extremos con material de terraplén que se deslave durante las lluvias”.

El mejor método para obtener la longitud requerida consiste en hacer un gráfico de la sección transversal del terraplén y el perfil del lecho de la corriente, a falta de dicho croquis, la longitud debe obtenerse agregando a la anchura del camino, incluidas las bermas y sobreebanco de ser el caso, dos veces la relación del talud multiplicada por la altura del terraplén en el centro de la vía. La altura del centro se toma hasta el fondo del conducto cuando no se requieren muros de cabecera, y hasta la parte superior, si se construyen dichos muros.

e. Dimensiones Mínimas

La dimensión mínima interna de las alcantarillas deberá ser la que permite su limpieza y conservación. Para el caso de las alcantarillas de paso, es deseable que la dimensión mínima de la alcantarilla sea por lo menos 1.00 m. Para las alcantarillas de alivio pueden ser aceptables diámetros no menores a 0.40 m., pero lo más común es usar un diámetro mínimo de 0.60 m en el caso de tubos y ancho, alto 0.60 m en el caso rectangular”.

2.5.2.28. Badenes

En algunas comarcas poco lluviosas se encuentran hondonadas por las que llega a escurrir agua solamente en raras ocasiones de tal manera que no ameritan la construcción de una alcantarilla. En estos casos lo que se hace es construir un Badén esto es, se pavimenta el camino con concreto en forma tal que no sea perjudicado por el paso eventual de una corriente, y en lugares bien visibles se indica el tirante de agua para que los conductores de vehículos decidan a su juicio si pueden pasar o no”.

Los Badenes se emplean mucho en los caminos vecinales cuando los arroyos no llevan mucha agua.

Un Badén bien hecho debe cumplir las siguientes condiciones:

- a) La superficie de rodamiento no se debe erosionar al pasar el agua.
- b) Debe evitarse la erosión y socavación aguas arriba y aguas abajo.
- c) Debe facilitar el escurrimiento para evitar regímenes turbulentos.
- d) Debe tener señales visibles que indiquen cuando no debe pasarse por que el tirante de agua es demasiado alto y peligroso”.

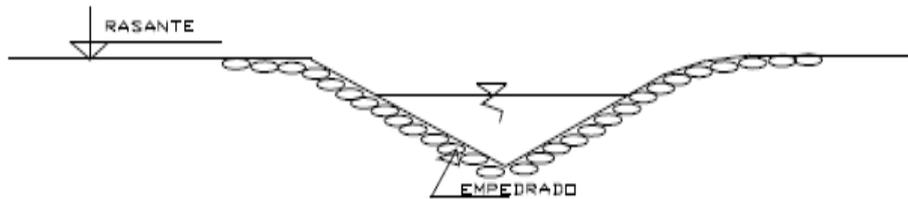


Figura 10. Detalle de Badén

2.5.2.29. Puente

Es una edificación de servicio, en el sentido que se proyecta para permitir que una vía de alguna índole, pueda continuar en sus mismas condiciones al verse interrumpida por un cruce natural: un río, una quebrada, una vía de agua, un valle o una bahía; o un obstáculo artificial como: otra vía de circulación, una carretera o una avenida dentro de la ciudad, que de no ser de su edificación especial a construir se vería imposibilitada su continuación y por lo tanto interrumpido su servicio.

En tal sentido las características y limitaciones de la vía de servicio tienen que ser mantenidas en toda la longitud de la obra, sin que la presencia del puente obligue a limitación alguna. Generalmente la posición de la estructura del puente queda supeditada al trazo de la vía.

Parámetros De Diseño

Intensidad, Duración Y Frecuencia De Lluvia

Las tormentas de mayor intensidad no son necesariamente las más frecuentes en áreas con una alta pluviometría anual. Las tormentas de gran intensidad suelen cubrir poco terreno y su duración generalmente es corta. Las tormentas que cubren grandes zonas son raramente de gran intensidad pero pueden durar varios días. La combinación infrecuente de tormentas de alta intensidad durante periodos prolongados resulta en grandes volúmenes de precipitación total que, aunque infrecuentes, provocan grandes pérdidas de suelo por erosión y también pueden dar lugar a inundaciones”.

Consideraciones De Un Buen Drenaje

Para lograr que una vía, en general, cuente con un buen drenaje se debe evitar que:

El agua superficial circule en cantidades excesivas sobre el pavimento.

El agua de lluvia, se infiltre hacia la sub rasante, la sature y originen asentamientos debido a la pérdida de capacidad de soporte.

Los taludes de corte se saturen dando lugar a los derrumbes y deslizamientos.

El agua subterránea ascienda hacia la sub rasante.

Datos De Diseño.-

El análisis de máximos eventos hidrológicos permite predecir el comportamiento de descargas máximas, para el dimensionamiento de estructuras hidráulicas (control, conducción, almacenamiento y manejo de avenidas), tiene importancia en la atenuación de daños por inundaciones.

Resulta fácil diseñar una estructura con capacidad para corto gasto, pero es bastante difícil diseñar para el gasto de diseño teniendo en cuenta que el sobre dimensionamiento o sub dimensionamiento repercute en la economía y/o seguridad del proyecto.

El estudio hidrológico tiene relación con el período de retorno que depende de la vida económica de la estructura y el riesgo de falla considerado, de tal manera que las estructuras funcionen eficientemente durante el período de vida útil y con la máxima economía posible.

a. Riesgo De Falla (J)

Representa el peligro a la probabilidad de que el gasto de diseño sea superado por otro evento de magnitudes mayores. Si llamamos P, a la probabilidad acumulada de que no ocurra tal evento, es decir, que la descarga considerada no sea igualada o superada por otra, entonces la probabilidad de que ocurra dicho evento en N años consecutivos de vida, representa el riesgo de falla (J) y está dado por:

$$J = 1 - P^N \dots\dots\dots(38)$$

b. Tiempo O Periodo De Retorno (Tr).

La distribución de Gumbel ha sido utilizada con buenos resultados para valores extremos independientes de variables meteorológicas y parece ajustarse bastante bien a los valores máximos de la precipitación en diferentes intervalos de tiempo y después de muchos años de uso parece también confirmarse su utilidad en los problemas prácticos de ingeniería de dimensionamiento de redes de drenaje y diversas obras hidráulicas”.

La selección del caudal de diseño para el cual debe proyectarse un drenaje superficial, está relacionada con la probabilidad o riesgo que ese caudal sea excedido durante el período para el cual se diseña la carretera. En general, se aceptan riesgos más altos cuando los daños probables que se produzcan, en caso de que discurra un caudal mayor al de diseño, sean menores y los riesgos aceptables deberán ser muy pequeños cuando los daños probables sean mayores. El riesgo o probabilidad de excedencia de una caudal en un intervalo de años, está relacionado con la frecuencia histórica de su aparición o con el período de retorno”.

Tabla 21*Periodos de Retorno en Función del Tipo de Estructura*

Tipo de obra	Período de retorno en años
Puentes y pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de paso y badenes	50
Alcantarilla de alivio	10 – 20
Drenaje de la plataforma	10

Fuente: Ministerio De Transportes Y Comunicaciones, Manual De Diseño De Carreteras No Pavimentadas De Bajo Volumen De Transito

c. Vida Útil (N)

Concepto económico en relación con las depreciaciones y costos de las mismas. La vida física de la estructura puede ser mayor y, en algunos casos es conveniente que sea la máxima posible para no provocar conflictos de aprovechamiento hídrico en generaciones futuras.

d. Tiempo De Concentración (Tc).

El tiempo de concentración se define como el tiempo que tarda el agua en viajar desde el punto más alejado del área, hasta el punto de la desembocadura o control.

Para el cálculo del tiempo de concentración se procede de la siguiente manera:

$$T_c = 0.3 * \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0.76} \dots\dots\dots(39)$$

L : Longitud del tramo en Km.

J : Pendiente Media de la Cuenca en m/m.

Tc : Tiempo de concentración en horas

e. Caudal De Diseño (Q)

La selección del caudal de diseño para el cual debe proyectarse un drenaje superficial, está relacionada con la probabilidad o riesgo que ese caudal sea excedido durante el período para el cual se diseña la carretera.

Al paso del caudal de diseño, elegido de acuerdo al período de retorno (Metodo De Gumbel) y considerando el riesgo de obstrucción de los elementos del drenaje, se deberá cumplir las siguientes condiciones:

En los elementos de drenaje superficial la velocidad del agua será tal que no produzca daños por erosión ni por sedimentación.

El máximo nivel de la lámina de agua será tal que siempre se mantenga un borde libre no menor de 0.10 m”.

Así mismo, agrega que “el caudal de diseño en el que desagua una cuenca pequeña o superficie se obtendrá mediante la fórmula racional:

$$Q = \left(\frac{CIA}{3.6} \right) \dots \dots \dots (40)$$

Donde. Q : Caudal de diseño (Para cuencas pequeñas) m³/seg.

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

A : Área de la cuenca en km²”.

C : Coeficiente de escorrentía.

Calculo De Caudales

Cuando no se cuenta con registros de Intensidades en una cuenca en estudio, se pueden generar a partir de una que sí tenga registro de Intensidades, para el caso que no se cuente con información de registro de Intensidades de la cuenca, se puede utilizar registro de Caudales de una cuenca vecina, pero seleccionando los valores que se ajusten a la realidad de la zona. Utilizaremos el Método del Análisis Dimensional y Semejanza Dinámica, por ser el más indicado para calcular el caudal en base a información de caudal de otra cuenca que tiene suficiente información en relación a la cuenca en estudio que no tiene una información de este tipo. Se aplicará el Teorema de Buckingham, con los parámetros adimensionales que se cuentan.

$$\pi_{\text{cuenca.con.información}} = \pi_{\text{cuenca.sin.información}}$$

Área Tributaria (A)

Las áreas tributarias se delimitan en el plano a curvas de nivel, con la finalidad de determinar el caudal de diseño con el que se diseñarán las cunetas, alcantarillas, pontones o puentes.

2.5.2.30. Diseño De Pavimento

a. Generalidades

El pavimento es la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidos entre el nivel superior de la explanación o sub-rasante y la superficie de rodadura.

Sus principales funciones son: (i) proporcionar una superficie uniforme, de forma y textura apropiadas, resistentes a la acción del tránsito, del intemperismo y de otros agentes perjudiciales; (ii) transmitir adecuadamente al terreno de fundación, los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito, de modo que la circulación de los vehículos se realice con la comodidad, seguridad y economía previstos en el proyecto.

La estructuración de un pavimento, o disposición de las diversas partes que lo constituyen, así como las características de los materiales empleados en su construcción, ofrecen una gran variedad de posibilidades, de tal suerte que puede estar formado por una sola capa o por varias, y a su vez, dichas capas pueden ser de materiales naturales seleccionados, procesados o sometidos a algún tipo de tratamiento o estabilización.

La superficie de rodadura propiamente dicha puede ser una carpeta asfáltica, un tratamiento superficial bicapa o mono capa o una capa de material granular con resistencia al desgaste.

La tecnología actual de pavimentos ofrece una gama muy diversa de secciones estructurales, las que están en función a los distintos factores que intervienen en la performance de una vía: (i) composición del tránsito; (ii) tipo de suelo; (iii) importancia de la vía; (iv) condiciones climáticas; (v) recursos disponibles; (vi) período de diseño; (vii) experiencia o cultura constructiva, etc.; por ello debe elegirse la solución más apropiada, de acuerdo a las experiencias locales y a las condiciones específicas de cada caso, lo que implica un análisis técnico - económico de todas las alternativas.

Debido a su amplia difusión, a la experiencia acumulada y a las connotaciones económicas que implica su uso, los pavimentos flexibles de capas granulares comprenden a un porcentaje muy importante - del 80 al 85% - de las vías que forman la red vial nacional. Para la estructuración de este tipo de pavimentos juega un papel importante, en la mayoría de métodos de diseño, dos parámetros: La capacidad de soporte del suelo de sub-rasante y el volumen de tránsito al que estará sujeto la vía.

Tomando en consideración esta definición, el diseño de pavimento tendrá como objetivo conseguir una estructura funcional, garantizando una buena transitabilidad. El pavimento

para un camino de bajo volumen de tránsito puede ser a nivel de afirmado o con tratamiento bituminoso como superficie de rodadura.

b. Criterios De Diseño

b-1. El pavimento de un camino.- ,

Es una estructura de ingeniería vial destinada a proporcionar un adecuado elemento de soporte para el tránsito vehicular y peatonal. Está formada por una o varias capas de material seleccionado que colocadas técnicamente sobre el terreno de fundación y con los espesores adecuados deben proporcionar la capacidad necesaria para soportar las cargas de tránsito y sus efectos abrasivos, así como los agentes climatológicos del medio.

b-2. La "Sub-rasante".-

La subrasante suele ser “el material natural ubicado a lo largo del alineamiento horizontal del pavimento, y sirve como estructura del cimiento del pavimento. También puede estar hecha de una capa de materiales adecuados de préstamo, bien compactados hasta las especificaciones establecidas. Se podrá necesitar tratar el material de la subrasante, para alcanzar ciertas propiedades de resistencia que se requieren para el tipo de pavimento que se está construyendo”. Su "capacidad portante" se mide por el CBR (California Bearing Ratio: Relación soporte de California), para un cierto grado de compactación, generalmente del 95% de su M.D.S.T.-P.M. (máxima Densidad Seca Teórica-Proctor Modificado).

“Como materiales aptos para la coronación de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor, se procederá a eliminar esa capa de material inadecuado y se colocará un material granular con CBR mayor a 6%; para su estabilización. La profundidad mínima especificada de esta capa figura en el catálogo de estructuras de capas granulares que se presenta más adelante. Igualmente se estabilizarán las zonas húmedas locales y áreas blandas. Sobre la subrasante natural se colocará una capa de arena de espesor 20cm mínimo y sobre ella, se añadirá una capa de espesor mínimo de 0.30m de material grueso rocoso o de piedras grandes”.

b-3. La "Sub-base".-

Es la capa inmediatamente arriba del terraplén, consiste en un material de una calidad superior a la que en general se usa en la construcción de la subrasante. Los requisitos para materiales de sub-sabe se suelen especificar en términos de granulometría, características

plásticas y resistencia. Cuando la calidad del material de la subrasante cumple con los requisitos del material para sub-base, se puede omitir la sub-base como componente, En casos en que no se consigue con facilidad un material adecuado para sub-base el material disponible puede tratarse con otros, para alcanzar las propiedades necesarias. A este proceso de tratar suelos para mejorar sus propiedades técnicas se le llama estabilización”. Tradicionalmente, la Sub-base ha sido construida con suelos arenosos con CBR mayor de 30% para una compactación del 100% de su M.S.D.T.-P.M. Como regla general, cuando la Sub-rasante es granular, no se requiere usar Sub-base.

b-4. La "Base".-

Es la capa que queda inmediatamente arriba de la sub-base. Se tiende de inmediato sobre el terraplén en caso de no usarse capa de sub-base. La capa de base suele consistir en materiales granulares, como piedra triturada, grava triturada o no triturada y arena. Entre las especificaciones de los materiales para capa de base se suelen encontrar requisitos estrictos en comparación con los de los materiales de la sub-base, en especial en lo que concierne a su plasticidad, granulometría y resistencia. Los materiales que no tienen las propiedades requeridas se pueden usar como materiales de base, si se estabilizan en forma adecuada con cemento Portland, asfalto o cal”. Normalmente es del tipo Granular con un CBR mayor de 80% para una compactación del 100% de su Máxima Densidad Seca Teórica Proctor Modificado (M.D.S.T.-P.M).

b.5. La "Superficie de Rodadura".

Conocida también como "Capa de Desgaste". “es la capa superficial, carpeta o revestimiento de la capa superior del pavimento, y se construye inmediatamente arriba de la base”.

b.6. El terreno ubicado debajo de la Sub-rasante.

Se denomina el "Suelo de Fundación", el cual está constituido por el terreno natural en corte o por el cuerpo del terraplén en relleno.

2.5.2.31. Método Del Naasra

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.

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.

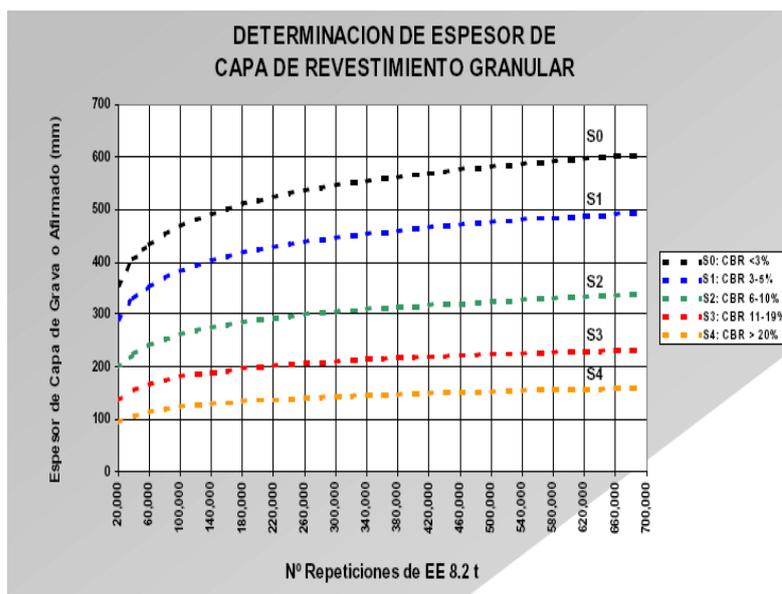


Figura 11. Determinación de espesor de capa de revestimiento granular

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.

2.5.2.32. Calculo De Eal

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 transito está compuesto por vehículos de diferente peso y numero de ejes.

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

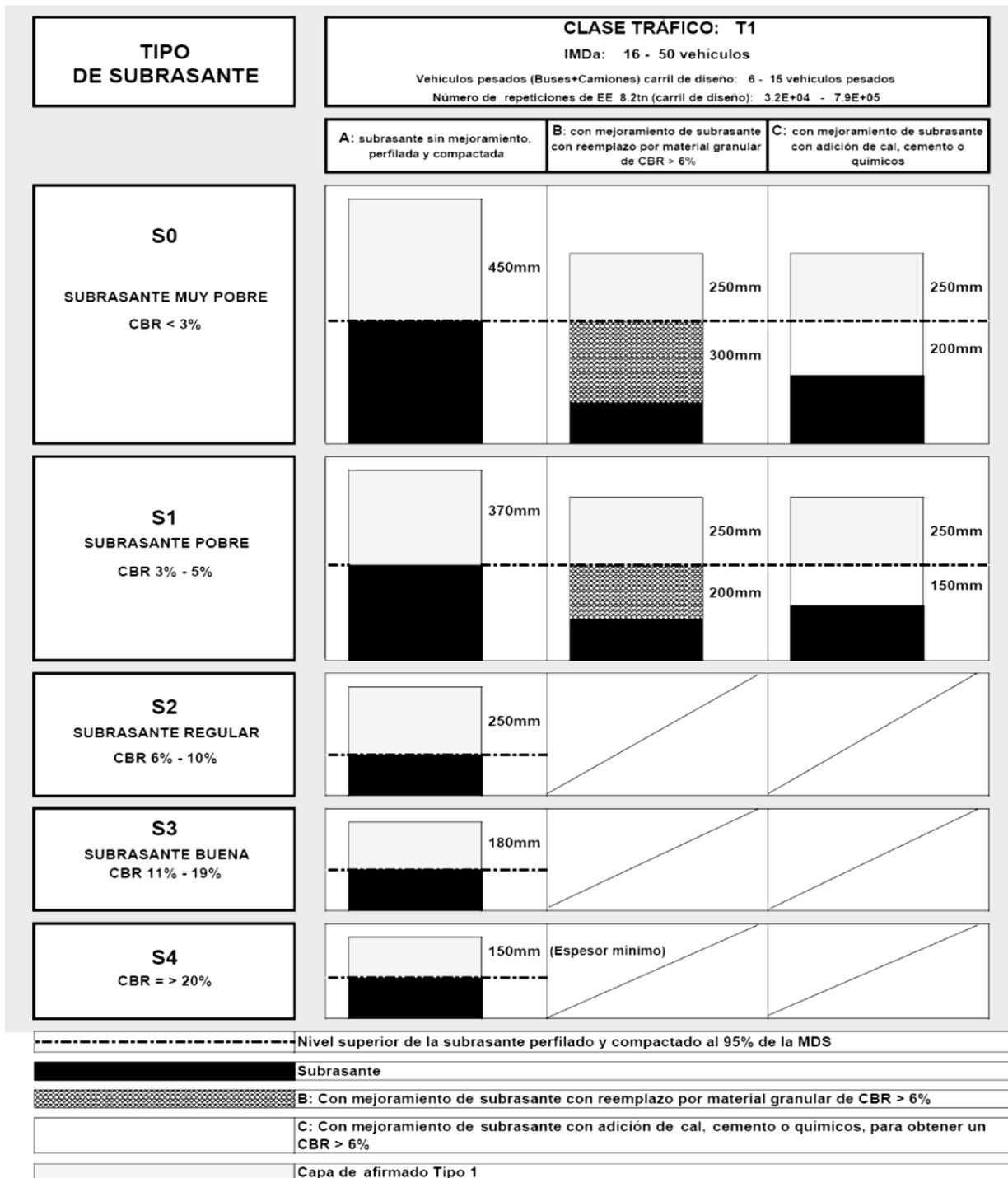


Figura 12. Capa De Revestimiento Granular Segun El Mtc (Fuente: ministerio de transportes y comunicaciones)

2.5.2.33. Método De La Usace

Extraemos lo siguiente “el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU. (USACE) ha acumulado una gran experiencia en el diseño y comportamiento de caminos de bajo volumen de tránsito. La experiencia de la USACE incluye caminos de tierra, de grava y aquellos que poseen tratamientos bituminosos como superficie de rodadura, alternativa a tenerse en cuenta

en el presente estudio debido a un factor igualmente fundamental, sobre todo por su incidencia en el aspecto económico y el nivel de importancia de la vía.

Este método se basa en la consideración de la magnitud, composición del tráfico y vida útil de la estructura, lo cual se considera por medio del denominado índice de diseño. La capa granular puede estar constituida por materiales que pueden tener calidad de sub-base o base dependiendo de su capacidad de soporte CBR.

la USACE donde considera que los factores tomados en cuenta para determinar el espesor de la capa de rodadura son:

El valor soporte de California o CBR, de la subrasante. La intensidad del tránsito, en número de ejes simples equivalentes al eje estándar de 18,000 libras de carga, en el período de diseño.

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

a. Diseño Estructural

Indica “un pavimento se diseña básicamente en función a las características evaluadas del valor soporte de la subrasante y los volúmenes de tráfico previstos que determinan el espesor del pavimento. Para el caso del método propuesto por la USACE, el diseño estructural considera, igualmente, los valores establecidos para el tránsito y la capacidad de soporte de la subrasante, en base a estos parámetros se determina el espesor de la capa de afirmado.

El método de diseño de pavimentos de la USACE (afirmado), establece la verificación de la calidad que deberá tener el material a utilizar en la construcción de la estructura, ya que de dicho factor dependerá su comportamiento respecto de las deformaciones permanentes (ahuellamientos) a través del período de diseño considerado. El cuadro siguiente presenta los valores de CBR requeridos en función del tránsito, del CBR de la subrasante y del espesor total del pavimento”.

b. Consideraciones Constructivas.

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

El tamaño máximo del agregado debe ser 2" con el objeto de facilitar el mantenimiento.

El porcentaje pasante del tamiz N° 200 debe estar entre 8% y 25%, según sea el tamaño del agregado, con la finalidad de reducir la permeabilidad de la capa.

Los finos en una capa granular de rodadura sin revestimiento deben poseer un Índice de Plasticidad entre 4% y 9%, así como un Límite Líquido entre 20% y 30%. 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 granular.

La capa del pavimento afirmado estará constituida por gravas naturales sin triturar, mezcladas con la cantidad necesaria de finos locales para satisfacer la granulometría y plasticidad requeridas.

Estas mezclas deberán experimentar valores de CBR mayores de 60%, para ensayos de laboratorio en muestras moldeadas al 100% de la máxima densidad Proctor (AASHTO T-180), y dentro de un rango de contenido de humedad de 3%. Asimismo, las pérdidas observadas en los ensayos de abrasión no deberán ser mayores al 50%.

en cuanto a las consideraciones constructivas de compactación, la capa del pavimento deberá tener una densidad mayor al 100% de la densidad máxima obtenida según el ensayo proctor modificado (AASHTO T-180 D)”.

Tabla 22

Distribución de Factores Camión en Usa (1978).

Tipo de vehiculo	Factores camion			
	Sistemas urbanos		Todas las vías	
	Promedio	Rango	Promedio	Rango
Unidades eje simples:				
2 ejes 4 ruedas	0.01	0.01 - 0.05	0.02	0.01 - 0.07
2 ejes 6 ruedas	0.26	0.18 - 0.42	0.21	0.15 - 0.32
3 ejes o mas	1.03	0.52 - 1.99	0.73	0.29 - 1.59
Total un eje simple	0.09	0.04 - 0.21	0.07	0.02 - 0.17
Tractor semitrailes:				
3 ejes	0.47	0.24 - 1.02	0.48	0.33 - 0.78
4 ejes	0.89	0.60 - 1.64	0.73	0.43 - 1.32
5 ejes o mas	1.02	0.69 - 1.69	0.95	0.63 - 1.53
Total un eje multiple	1.00	0.72 - 1.58	0.95	0.71 - 1.39
Total camiones	0.30	0.15 - 0.59	0.40	0.27 - 0.63

Tabla 23

Periodo de Diseño

PERIODO DE DISEÑO AÑOS (n)	TASA ANUAL DE CRECIMIENTO, PORCENTAJE (r)							
	0	2	4	5	6	7	8	10
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.1
3	3	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5	5.2	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6	6.31	6.63	6.8	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7	7.43	7.9	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8	8.58	9.21	9.55	9.9	10.26	10.64	11.44
9	9	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.89	21.38
13	13	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.5	24.52
14	14	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17	20.01	23.7	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18	21.41	25.65	28.13	30.91	34	37.45	45.6
19	19	22.84	27.67	30.54	33.76	37.78	41.45	51.16
20	20	24.3	29.78	33.06	36.79	41	45.76	57.28
25	25	32.03	41.65	47.63	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35	49.99	73.65	90.32	111.43	138.94	172.32	271.02
40	40	60.4	95.02	120.8	154.76	199.64	259.06	442.59
50	50	84.58	152.7	209.3	290.34	406.53	573.77	

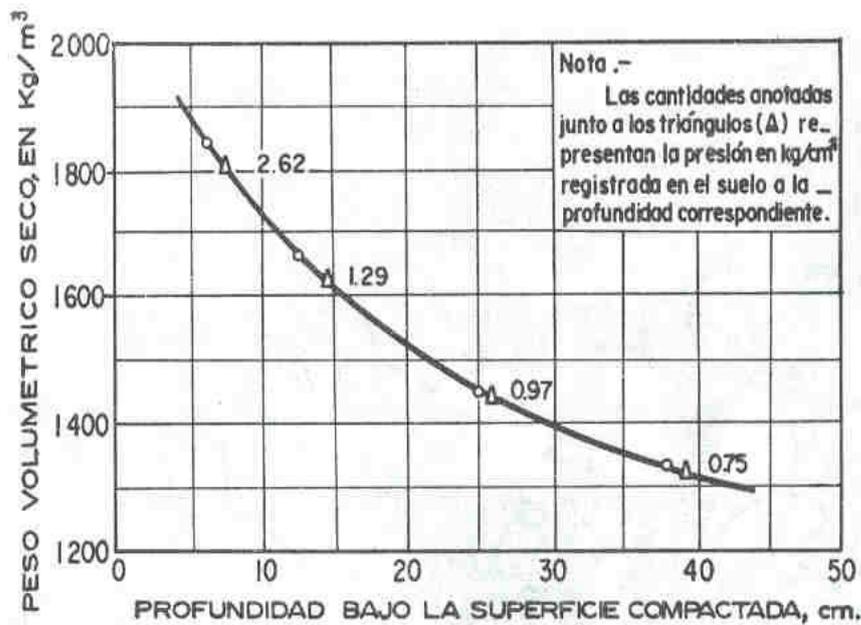


Figura 13. Relación De Peso Volumétrico Y Profundidad Bajo Superficie

c. Recomendación de Compactación

El efecto de compactación de los rodillos se reduce considerablemente a medida que se profundiza en la capa que se compacta, considerando que la compactación se produce de arriba hacia abajo.

La figura ilustra el efecto de disminución de la presión ejercida por el rodillo con la profundidad y la eficacia de compactación de un rodillo liso de 9.5 ton

Las características principales de los rodillos lisos son su disposición, diámetro (con el que aumenta mucho su eficiencia), ancho y peso total. El espesor suelto de la capa de material que es posible compactar con rodillo liso varía de 10 a 20 cm.

Por lo que en consideración al tipo de suelo es conveniente el uso de dos tipos de rodillos: rodillo pata de cabra, para la compactación de subrasante y de rodillo liso para la conformación del afirmado.

En el país se ha dado poca importancia al estudio de los caminos de bajo volumen de tránsito a nivel de afirmado por lo que la metodología usada en base a moldeos que se han realizado en el extranjero, acondicionada a nuestro medio en concordancia al servicio que deberá brindar, estableciendo sus características y parámetros de acuerdo a una clasificación realista de los materiales encontrados en las zonas de trabajo.

2.5.2.34. Estudio Del Tráfico Para El Diseño Del Pavimento

El tráfico en caminos y calles de año en año varía tanto en la cantidad de vehículos como en la magnitud de las cargas, por ejemplo: el tráfico cambia con el transcurrir de los años. Modelos del tráfico actual y futuro no pueden establecerse en forma precisa para un nuevo camino o calle, por lo que las estimaciones sobre tráfico futuro son sólo aproximadas.

a. Transito.

El conocimiento de las características del tránsito que utilizará un camino en operación o que se va a construir, es vital para el proyecto de la sección transversal de una vía, convirtiéndose en el principal elemento que se debe tomar en cuenta, ya que el transporte terrestre es el motivo de la obra.

a.1. Transito Diario Promedio Anual

Se llama T.D.P.A. al número de vehículos que pasan por un punto dado de una vía en un período de 24 horas consecutivas promediados en los 365 días del año en ambas direcciones del tráfico”.

Para determinar el T.D.P.A. de un camino en operación, se cuenta en forma directa el tránsito; el conteo puede llevarse a cabo durante todo el año o sólo en ciertas temporadas y luego proyectarlo a un año. Para conocer el T.D.P.A. de un camino que se va a construir, se recurre a estimarlo en base al tránsito inducido y tránsito generado.

El tránsito inducido es aquel que en la actualidad está utilizando otros caminos, pero que al construirse el nuevo, hará uso de él para llegar al mismo destino.

El tránsito generado, es aquel que se va a originar debido al desarrollo propio de la zona de influencia del nuevo camino; para determinarlo se hace una cuantificación de los productos que se transportarán, tanto agrícolas como ganaderos, industriales, etc.

El T.D.P.A. para caminos futuros se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{T.D.P.A.} = \text{TI} + \text{TG} \dots \dots \dots (41)$$

Dónde:

TI = Tránsito inducido.

TG = Tránsito generado.

En función al T.D.P.A. se debe calcular el Índice de tráfico.

a.2. Determinación Del Índice De Tráfico (I.T.)

señala que “es el número promedio de repeticiones de un eje en un día de 18,000 lb, en el carril de diseño durante la vida del pavimento. Se determina con la siguiente fórmula:

$$I T = N * C * D * E * P \dots\dots\dots (42)$$

Dónde:

N: Número total de camiones de un peso bruto mayor de 10,000 lbs. si son de ejes simples y mayores de 18,000 lbs. si son de ejes tandem.

C: Coeficiente de crecimiento medio de tráfico.

D: Factor de corrección del período de diseño.

E: Coeficiente de equivalencia de carga que expresa el número de vehículos cuyos pesos son menores de 18,000 lbs. para ejes simples.

P: Coeficiente de tanto por uno del número total de vehículos que circulan por la trocha más cargada”.

a.3. Tránsito En El Carril De Diseño. Del T.D.P.A.

Se llama carril de diseño o de proyecto al que tiene mayor volumen de tráfico.

Se ha llegado a la conclusión que para un camino de dos carriles, el carril de diseño lleva 60 - 65% del T.D.P.A.; para uno de cuatro carriles 50% del T.D.P.A.; para seis carriles 40% del T.D.P.A.

a.4. Composición Del Transito

Es necesario conocer la cantidad de vehículos de los diferentes tipos que circulan por las carreteras; así se pueden dividir en vehículos tipo A, en los que se involucran a todos los automóviles, camionetas tipo PICK-UP y los que tengan un peso menor a tres toneladas.

Los vehículos tipo B en el que quedan incluidos todos los autobuses; y el tipo C que son los camiones de carga con más de tres toneladas de peso; Éstos tienen una gran variedad de

características, pues su peso total puede variar desde tres a sesenta toneladas con diferentes combinaciones en la posición de sus ejes y llantas.

a.5. Pesos De Los Vehículos Cargados Y Vacíos

Indica que “de cada uno de los vehículos es necesario conocer sus pesos cargados y vacíos; principalmente los vehículos de carga pueden estar compuestos por una unidad de tracción, una caja y un remolque, cada uno conteniendo varios ejes en diferentes combinaciones y con una o dos llantas”.

Las dimensiones de los automotores varían con su capacidad, las que están limitadas por los reglamentos de cada país. En el Perú existe la norma establecida por **el D.S. N°001-96-MTC-SINMAC** cuyo título es:

“Normas De Pesos Y Dimensiones De Vehiculos, Para La Circulación En Las Carreteras De La Red Vial Nacional”

Número Y Posición De Ejes Y Llantas.

La importancia de conocer el tipo de vehículos, sus pesos y la posición y número de ejes y ruedas, es para poder estudiar la magnitud de los esfuerzos en la estructura vial y proyectar adecuadamente la sección estructural.

Dimensiones De Los Vehiculos

tomando como referencia las normas peruanas, indica: “Para circular por las vías del país, los vehículos no podrán exceder las siguientes dimensiones máximas:

- Ancho 2.60m
- *Altura 4.10m*
- *Longitudes máximas entre parachoques.*
- *Camión Simple 13.20m*
- *Ómnibus convencional con chasis 13.20m*
- *Ómnibus semi integral de hasta 3 ejes 14.00m*
- *Ómnibus semi integral de hasta 4 ejes 15.00m*
- *Ómnibus integral de hasta 4 ejes 15.00m*
- *Ómnibus articulado 18.30m*
- *Camión Remolque 18.30m*
- *Camión Remolque Balanceado 18.30m.*
- *Remolque (incluido el enganche) 10.00m.*
- *Remolque Balanceado (incluido el enganche) 10.00m.*

- Semi remolque (incluido el enganche) 13.50m”.

Incremento Anual Del Tránsito.

Es importante determinar la tasa de crecimiento anual del tránsito para determinar el de vehículos o de ejes que transitarán por el camino durante su vida útil.

“se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$T_n = T_o (1+i)^{n-1} \dots\dots\dots (43)$$

En la que:

T_n = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

T_o = Tránsito actual (año base o) en veh/día.

n = Años del período de diseño.

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico¹, normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio. Estas tasas pueden variar sustancialmente si existieran proyectos de desarrollo específicos por implementarse con certeza a corto plazo en la zona de la carretera”.

Tabla 24

Dimensiones y Pesos de los Vehículos de Diseño

VEHICULOS Y SUS COMBINACIONES		Longitud Total (mts)	CARGA POR EJE (TN)				PESO BRUTO MAXIMO	
SIMBOLO	DIAGRAMA		Eje Delantero	Carga por Eje Posterior				
				1° Eje	2° Eje	3° Eje		4° Eje
C2		13.20	6	11			17	
C3		13.20	6	15			24	
C4		13.20	6	25			30	
T251 251		18.30	6	11	11		28	
T252 252		18.30	6	11	15		35	
T253 253		18.30	6	11	25		42	
T351 351		18.30	6	18	11		35	
T352 352		18.30	6	18	15		42	
T353 353		18.30	6	18	25		48	

Nota.- El peso bruto vehicular máximo permitido para unidad o combinación de vehículos es de 48,000 Kg

C3-R3 313		18.30	6	18	11	18		48
C3-R4 314		18.30	6	18	18	18		48
C4-R2		18.30	6	25	11	11		48
C4-R3		8.30	6	25	11	18		48
C2-RB1		18.30	6	11	11			28
C2-RB2		18.30	6	11	11	11		39

Nota.- El peso bruto vehicular máximo permitido para unidad o combinación de vehículos es de 48,000 Kg.

VEHICULOS Y SUS COMBINACIONES		Longitud Total (mts)	CARGA POR EJE (TN)				PESO BRUTO MAXIMO
SIMBOLO	DIAGRAMA		Eje Delantero	Carga por Eje Posterior			
			1° Eje	2° Eje	3° Eje	4° Eje	
C2-R2 212		18.00	6	11	11	11	39
C2-R3 213		18.30	6	11	11	18	46
C3-R2 312		18.30	6	18	11	11	46

VEHICULOS Y SUS COMBINACIONES		Longitud Total (mts)	CARGA POR EJE (TN)				PESO BRUTO MAXIMO
SIMBOLO	DIAGRAMA		Eje Delantero	Carga por Eje Posterior			
			1° Eje	2° Eje	3° Eje	4° Eje	
C3-RB1		18.30	6	18	11		35
C3-RB2		18.30	6	18	18		42
C4-RB1		18.30	6	25	11		42
C4-RB2		18.30	6	25	18		48
B2		13.20	6	11			17
B3		14.00	6	18 (*) 15			24
B4		15.00	6+6	18 (*) 15			30
BA		18.30	6	18 (*) 15	11		(*) 35

*) en caso de Eje con 6 neumáticos

2.5.2.35.. Señalización:

Generalidades.

“La señalización, estudiada por la ingeniería de tránsito y de carreteras, tiene el fin de asegurar que el sistema de calles y carreteras se diseñe y opere, de modo que puedan reducirse las tasas de accidentes en, ya que afecta a la seguridad y facilita la eficiente operación de caminos y calles”. Para lograr este último propósito, la ingeniería de tránsito recurre a ciertos dispositivos tales como marcas sobre los pavimentos y marcadores de tránsito.

Las señales deben cumplir la condición de ser visibles por el conductor con el tiempo suficiente para que pueda seguir las indicaciones que la señal contiene, sin disminuir la velocidad que en la vía debe mantener.

La señalización tiene por objeto controlar la operación de los vehículos que transitan por la vía en estudio, propiciando el ordenamiento del flujo del tránsito e informando a los conductores de todo lo que se relaciona con el camino que recorren. Para ello, se debe cumplir con las siguientes condiciones:

Ser necesaria

Destacar

Ser de fácil interpretación

Estar colocada adecuadamente

Infundir respeto

Ha sido efectuada en concordancia con el **Manual de dispositivos de tránsito automotor para calles y carreteras** aprobado por el **Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.**

Están clasificadas de la siguiente forma: Señales Verticales y Señales Horizontales o Marcas en el pavimento.

La función de las señales de tránsito es indicar al usuario de la vía, las precauciones que debe tener en cuenta, las limitaciones que gobiernan el tramo de circulación y las informaciones estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la vía.

Los Manuales normalizan el diseño, la aplicación y la ubicación de los dispositivos para la regulación del tránsito, de acuerdo con la siguiente clasificación:

Señalización vertical

Señales Preventivas

Señales Reglamentarias

Señales Informativas

Señalización horizontal

Regulación del tránsito durante la ejecución del trabajo de construcción y mantenimiento.

2.5.2.36. Señalización Vertical.

Generalidades:

“Las señales verticales son dispositivos instalados a nivel de la vía o sobre ella destinados a reglamentar el tránsito y a advertir o informar a los conductores mediante palabras o símbolos determinados.

Desde el punto de vista funcional, las señales se clasifican en:

Señales preventivas

Señales reglamentarias

Señales informativas

También se utilizan para proveer información sobre rutas, direcciones, destinos, puntos de interés y otras informaciones que se consideren necesarias.

Las formas uniformes de las señales son:

El cuadrado con diagonal vertical (“rombo”) se utilizará para señales preventivas.

La forma circular para señales reglamentarias con excepción de las señales de **“PARE”, SR-01, Y “CEDA EL PASO”, SR-02.**

El octágono regular, reservado para uso exclusivo de la señal de **“PARE”**.

El triángulo equilátero, con una punta hacia abajo, reservado exclusivamente para la señal de **“CEDA EL PASO”**.

El rectángulo se utiliza para señales informativas.

“El color de fondo a usarse en las señales verticales es como sigue:

Amarillo: Se utiliza como fondo para las señales preventivas y para los delineadores de curva horizontal.

Anaranjado: Se usa como fondo para las señales de construcción y mantenimiento.

Azul: Se utiliza para las señales de información general (servicios).

Blanco: Se utiliza como fondo para las señales reglamentarias y las señales informativas de destino, geográficas y seguridad vial.

Rojo: Se usará sólo como fondo para las señales de “**PARE**”.

Verde: Se utilizará como fondo de las señales informativas elevadas

agrega “todas las señales se colocan al lado derecho de la vía, teniendo en cuenta el sentido de circulación del tránsito, en forma tal que el plano frontal de la señal y el eje de la vía formen un ángulo comprendido entre 85 y 90 grados para que su visibilidad sea óptima al usuario.

Las señales reglamentarias, preventivas e informativas deben estar hechas con material retroreflectante, o iluminadas, para mostrar la misma forma y color, tanto de día como de noche. Todas las señales se colocan lateralmente en la forma indicada en los planos.

La altura de la señal medida desde su extremo inferior hasta la cota del borde del pavimento no será menor de 1.50 m. La distancia de la señal medida desde su extremo interior hasta el borde del pavimento está comprendida entre 1.2 m y 3.0m”.

Señales preventivas.

Las señales preventivas o de prevención son aquellas que se utilizan para indicar con anticipación la aproximación de ciertas condiciones de la vía o concurrentes a ella que implican un peligro real o potencial que puede ser evitado tomando ciertas precauciones necesarias. Estas señales se identifican por el código general **P**.

Serán de forma cuadrada con uno de sus vértices hacia abajo formando un rombo, a excepción de las señales especiales de «**ZONA DE NO ADELANTAR**» que serán de forma triangular tipo banderola horizontal, las de indicación de curva «**CHEVRON**» que serán de forma rectangular.

Se emplean los siguientes colores:

Fondo: amarillo

Símbolo, letras y marco: negro

Borde: Amarillo

Dimensiones: las señales preventivas serán de 0.75 x 0.75 m.

Deberán colocarse a una distancia entre 90m y 180m del lugar que se desea prevenir, de modo tal que permitan al conductor tener tiempo suficiente para disminuir su velocidad; la distancia será determinada de tal manera que asegure su mayor eficacia tanto de día como de noche, teniendo en cuenta las condiciones propias de la vía.

Se ubicarán a la derecha en ángulo recto frente al sentido de circulación

Menciona que las señales deberán formar con el eje del camino un ángulo de 90°, pudiéndose variar ligeramente en el caso de las señales con material reflectorizante, la cual será de 8 a 15° en relación a la perpendicular de la vía”.

RELACIÓN ENTRE SEÑALES Y EJES DE LA VIA (ver tabla N° 27)

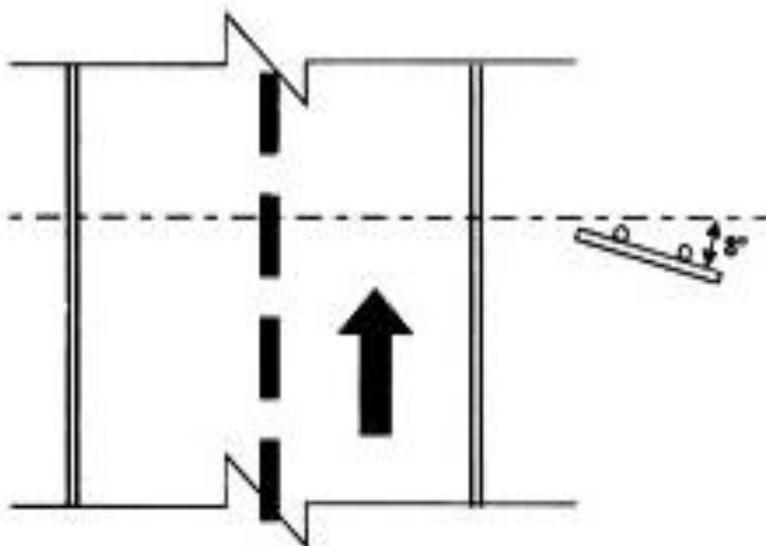


Figura 14, Relación De Peso Volumétrico Y Profundidad Bajo Superficie

Tabla 25

Algunas Señales Preventivas.

Señal	Descripción
P-1a ó P-1b	(p-1a) señal curva pronunciada a la derecha, (p-1 b) a la izquierda Se usará para prevenir la presencia de curvas de radio menor de 40m y para aquellas de 40 a 80m de radio cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°.

Señal	Descripción
P-2a ó	(p-2a) señal curva a la derecha, (p-2b) a la izquierda
P-2b	Se usarán para prevenir la presencia de curvas de radio de 40m a 300m con ángulo de deflexión menor de 45° y para aquellas de radio entre 80 y 300m cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°.
P-3a ó	(p-3a) señal curva y contra curva pronunciadas a la derecha, (p-3b) a la izquierda
P-3b	Se emplearán para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, separadas por una tangente menor de 60m, y cuyas características geométricas son las indicadas en las señales de curva para el uso de la señal (p-1).
P-4a ó	(p-4a) señal de curva y contra curva a la derecha, (p-4b) a la izquierda
P-4b	Se emplearán para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, con radios inferiores a 300 metros y superiores a 80m, separados por una tangente menor de 60m.
P-5a ó	Señal camino sinuoso primero izquierda (p-5a) ó derecha (p-5b).
P-5b	Se emplea para indicar una sucesión de 3 o más curvas, evitando la repetición frecuente de señales de curva, por lo general, se deberá utilizar la señal (r-30) de velocidad máxima, para indicar complementariamente la restricción de la velocidad.
P-5-2a/b	(p-5-2a) curva en u - derecha, (p-5-2b) curva en u - izquierda
P-7	Se emplearán para prevenir la presencia de curvas cuyas características geométricas la hacen sumamente pronunciadas.
P-7	(p-7) señal bifurcacion en t.
P-17	Se utilizarán para indicar la proximidad de un cruce en «t»
P-17	(p-17) reduccion de la calzada.
P-17	Esta señal se empleará-para advertir la proximidad a una reducción en el ancho de la calzada, conservando el mismo eje y la circulación en ambos sentidos.

Señal	Descripción
P-21	<p data-bbox="448 264 826 293">(p-21) ensanche de la calzada.</p> <p data-bbox="448 331 1385 427">Esta señal se empleará para advertir la proximidad a un ensanche en el ancho de la calzada, conservando el mismo eje y la circulación en ambos sentidos.</p>
P-33	<p data-bbox="448 465 627 495">(p-33) resalto.</p> <p data-bbox="448 533 1385 696">Esta señal se empleará para advertir la proximidad a un resalto normal a la vía que puede causar daños o desplazamientos peligrosos o incontrolables del vehículo.</p> <p data-bbox="448 734 1385 831">Esta señal debe removerse cuando cesen las condiciones que obligaron a instalarla.</p>
P-34	<p data-bbox="448 869 619 898">(p-34) baden.</p> <p data-bbox="448 936 1225 965">Se utilizaran para indicar al conductor la proximidad de un badén.</p>
P-35	<p data-bbox="448 1003 831 1032">(p-35) pendiente pronunciada.</p> <p data-bbox="448 1070 1385 1167">Se utilizara para indicar la proximidad de un tramo de pendiente pronunciada, sea subida o bajada.</p>
P-38	<p data-bbox="448 1205 730 1234">(p-38) altura limitada.</p> <p data-bbox="448 1272 1385 1368">Se empleara para advertir la proximidad del cruce con una estructura elevada, indicándose el límite de altura permitido para el paso del vehículo.</p>
P-41	<p data-bbox="448 1406 603 1435">(p-41) tunel.</p> <p data-bbox="448 1473 1198 1503">Se empleara para advertir al conductor la presencia de un túnel.</p>
P-48	<p data-bbox="448 1541 754 1570">(p-48) cruce de peatones</p> <p data-bbox="448 1608 1385 1704">Se utilizará para advertir la proximidad de cruces peatonales. Los cruces peatonales se delimitarán mediante marcas en el pavimento.</p>
P-49	<p data-bbox="448 1742 695 1771">(p-49) zona escolar.</p> <p data-bbox="448 1809 1366 1906">Se utilizará para indicar la proximidad de una zona escolar. Se empleará para advertir la proximidad de un cruce escolar.</p>
P-53	<p data-bbox="448 1944 874 1973">(p-53) cuidado animales en la via.</p>

Señal	Descripción
P-56	<p>Se usara para advertir la proximidad de zonas donde el conductor puede encontrar animales en la vía.</p> <p>(p-56) zona urbana.</p> <p>Se utilizará para advertir al conductor de la proximidad de un poblado con el objeto de adoptar las debidas precauciones. Se colocará a una distancia de 200 m. A 300 m. Antes del comienzo del centro poblado, debiéndose completar con la señal r-30 de velocidad máxima que establezca el valor que corresponde al paso por el centro poblacional.</p>
P-61	<p>(p-61) chevron.</p> <p>Se utilizará como auxiliar en la delineación de curvas pronunciadas, colocándose solas o detrás de los guardavías.</p>

Fuente: Ministerio De Transportes Y Comunicaciones

En los guardavías, se recomienda la colocación de captafaros en cada poste de sujeción de las defensas, debido a las condiciones atmosféricas de la zona.

Señales Reglamentarias.

De acuerdo al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, “*son la que tienen por objeto la regulación del tránsito automotor. Indican por lo general restricciones o prohibiciones, limitaciones y reglamentaciones que afectan el uso de la vía. Estas señales se identifican por el código general R.*”

a. Forma:

Señales relativas al derecho de paso:

a) Señal de «PARE» (R-1) de forma octogonal.

b) Señal «CEDA EL PASO» (R-2) de forma triangular con uno de sus vértices en la parte

inferior.

Señales prohibitivas o restrictivas de forma circular inscritas en una placa rectangular.

Señales de sentido de circulación, de forma rectangular.

Señales Reglamentarias Zona Rural

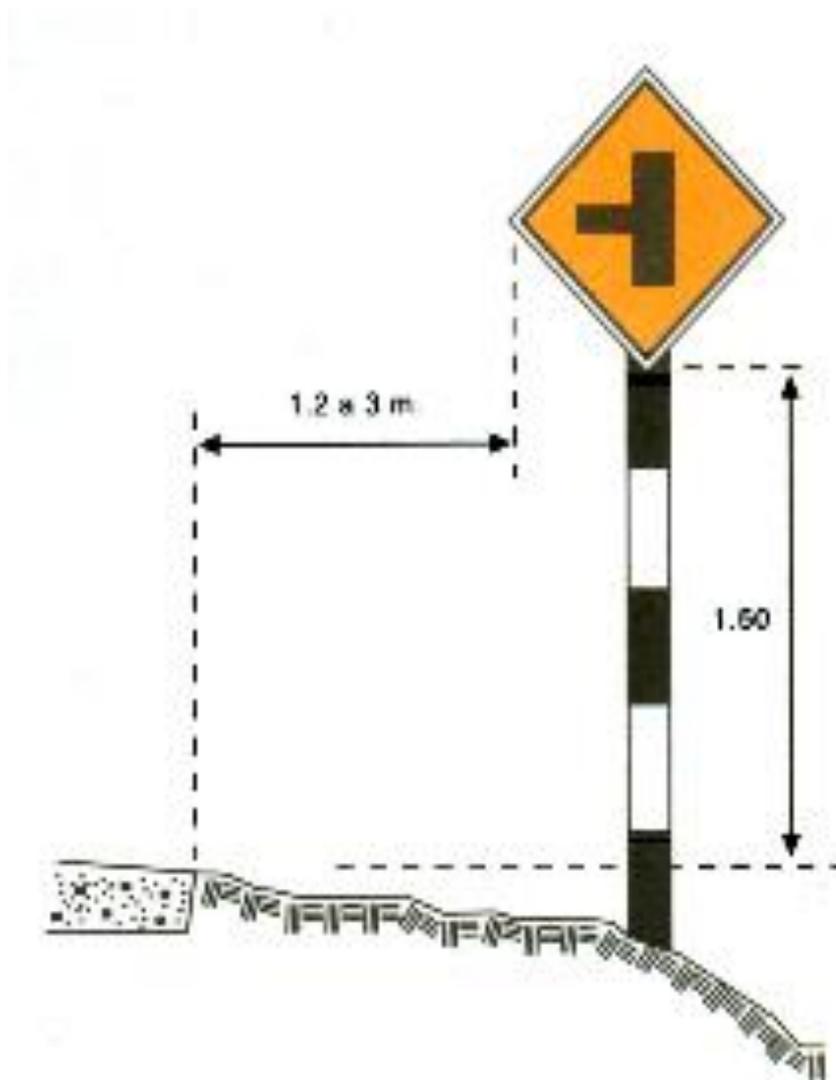




Figura 15. Señales Reglamentarias Zona Rural

Señales Reglamentarias Zona Urbana



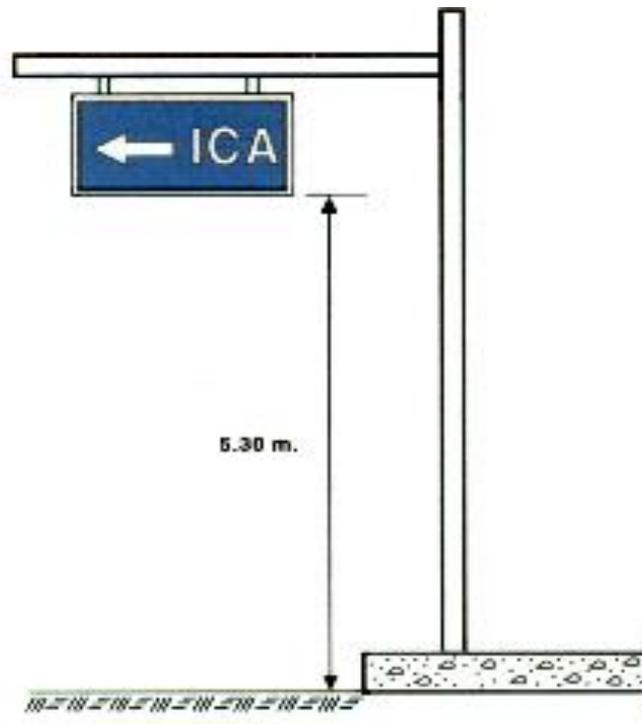


Figura 16. Señales Reglamentarias Zona Urbana

Señales Informativas.

Las señales de información tienen como fin el de guiar al conductor de un vehículo a través de una determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino. Tienen también por objeto identificar puntos notables tales como: ciudades, ríos, lugares históricos, etc. y dar información que ayude al usuario en el uso de la vía. En algunos casos incorporar señales preventivas y/o reguladoras así como indicadores de salida en la parte superior.

Las señales de información se agrupan de la siguiente manera:

1. Señales de Dirección

Señales de destino

Señales de destino con indicación de distancias

Señales de indicación de distancias.

2. Señales Indicadoras de Ruta

3. Señales de Información General

Señales de Información

Señales de Servicios Auxiliares.

Las Señales de Dirección

tienen por objeto guiar a los conductores hacia su destino o puntos intermedios. **Los Indicadores de Ruta** sirven para mostrar el número de ruta de las carreteras, facilitando a los conductores la identificación de ellas durante su itinerario de viaje. Las Señales de Información General se utilizan para indicar al usuario la ubicación de lugares de interés general así como los principales servicios públicos conexos con las carreteras (**Servicios Auxiliares**).

inicial. Se colocarán cada kilómetro, a la derecha los correspondientes a los kilómetros pares y a la izquierda a los impares, en el sentido del tránsito. La señal en sí está constituida por dos leyendas sobrepuestas, la superior que indica la abreviatura oficial de la unidad kilómetro y la inferior que indica la distancia en kilómetros al punto de origen”.

Guardavías

Define que son vigas metálicas corrugadas colocadas en los extremos de los puentes o en zonas que representen peligro, como cambios en el alineamiento horizontal, o presencia de un desnivel considerable. Los sitios donde se colocan guardavías se muestran en los planos de señalización.

2.6. Hipótesis

La Elaboración del Mejoramiento a Nivel de Afirmado **del Camino Vecinal CC.PP Santa Cruz – Sector Laguna Fapinalli km 0+000 – km 8+620, l= 4.62 km, Distrito San Pablo, Provincia Bellavista - San Martin**”, nos permitirá elaborar el Expediente Técnico y por ende buscar el financiamiento correspondiente para atender la necesidad de los pobladores del lugar.

CAPÍTULO II

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 Plotte

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 El Dorado.

Muestra: Camino Vecinal cc.pp Santa Cruz – Sector Fapinalli , Km 0+000 – Km 8+620.

3.2.2. Sistema de Variable

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

Variable Independiente:

Estudio Topográfico.

Estudio de Mecánica de Suelos.

Estudio de Tráfico

Variabes Dependientes:

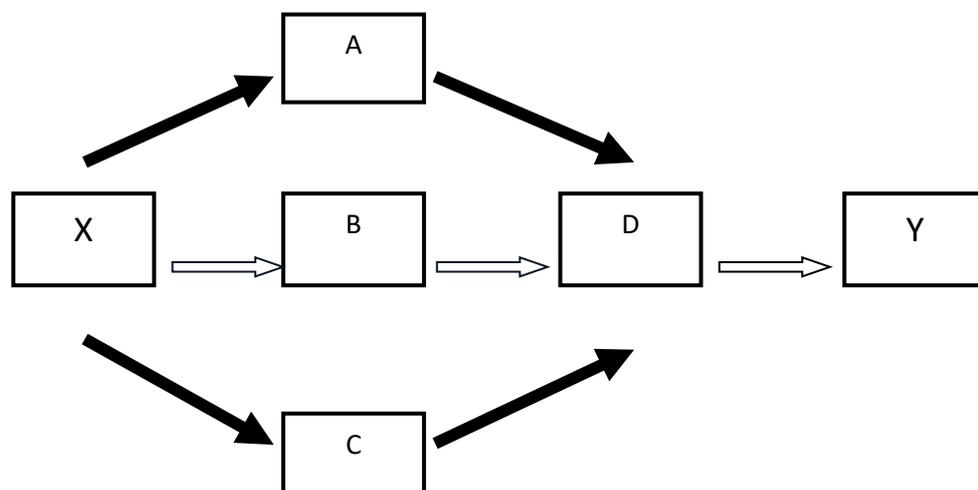
Mejoramiento a Nivel de Afirmado del Camino Camino Vecinal cc.pp Santa Cruz – Sector Fapinalli , Km 0+000 – Km 8+620.

3.2.3. Tipos y Nivel de la Investigación

Tipo: investigación aplicada

Nivel: Básico

3.2.4.1 Diseño del Método de la Investigación



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

A: Estudio Topográfico.

B: Estudio de Mecánica de Suelos.

C: Estudio de Tráfico.

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

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

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.

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

3.2.6. Análisis e Interpretación de Datos y Resultados

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

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.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estudios de Topografía

El plano topográfico es la representación gráfica del terreno, de sus accidentes, del sistema hidrográfico, y edificaciones existentes, puestas por el hombre. El relevamiento topográfico muestra las distancias horizontales y las diferentes cotas o elevaciones de los elementos representados en el plano mediante curvas de nivel, a escalas convenientes para la interpretación del plano y para la adecuada representación del camino y de las diversas estructuras que lo componen.

Por tratarse de un Mejoramiento , los planos topográficos han sido referidos a los controles terrestres de la cartografía oficial, tanto en ubicación geográfica como en elevación, por lo cual se señala en el Plano Clave el Hito Datum o BM tomado como referencia. Por ello, el trazado ha sido referido a las coordenadas señaladas en el plano, mostrando en las tangentes, el azimut geográfico y las coordenadas referenciales de Pis, PCs y PTs, etc.

El levantamiento topográfico se ejecuta en una estrecha franja del territorio, a lo largo de la localización proyectada para el camino y su derecho de vía. Para el caso de mejoramiento de una vía se utilizara el levantamiento restringido a prácticamente el derecho de vía de camino con el estacado preliminar, a este método se le denomina “Trazado Directo”.

Definida la ruta por el camino existente, fijado el punto de partida y los puntos obligados de paso, se procede a realizar el levantamiento topográfico en su Primera Fase: Trabajo de Campo. Para ello, se ha trazado una poligonal abierta con el empleo de una estación total, instalando en campo los puntos de intersección de los alineamientos (Pis), tanto horizontales como verticales, para luego trazar un eje preliminar de carretera con la inclusión de curvas horizontales y curvas verticales cóncavas y convexas; respetando los criterios establecidos por

Normas. Para efectos de obtener la configuración de una faja de terreno de 20m como mínimo se ha seccionado el eje trazado en campo cada 20m en tramos en tangente, así como cada 10m en las curvas horizontales con radios inferiores a 100m, en caso de quiebres de la topografía se tomaron secciones adicionales en los puntos de quiebre.

Asimismo se instaló un BM de control por Kilómetro utilizando una nivelación de tercer orden, nivel de precisión suficiente para efectos de facilitar su posterior replanteo, para cada

uno de los puntos de control se realizó un circuito de cierre para la corrección del error acumulado por el Método de Mínimos Cuadrados.

A continuación se presenta en Cuadro adjunto la relación de BMs fijados en el campo.

Tabla 26

Relación de bms ubicados en campo

Bm n°	Progresiva	Cotas	Referencias
1	0+026.73	817.762	Lado izquierdo de la vía
2	0+479.27	827.276	Lado izquierdo de la vía
3	01+017.90	828.957	Lado derecho de la vía
4	01+589.07	832.078	Lado izquierdo de la vía
5	02+009.46	827.145	Lado izquierdo de la vía
6	02+501.50	819.282	Lado derecho de la vía
8	03+484.80	822.812	Lado derecho de la vía
9	04+082.75	826.681	Lado izquierdo de la vía
10	04+526.73	828.029	Lado izquierdo de la vía
11	05+016.22	826.509	Lado izquierdo de la vía
12	05+424.57	826.158	Lado izquierdo de la vía
13	05+928.78	827.119	Lado izquierdo de la vía
14	06+448.42	830.954	Lado derecho de la vía
15	06+936.20	837.506	Lado derecho de la vía
16	07+445.70	837.832	Lado derecho de la vía
17	07+972.27	853.962	Lado izquierdo de la vía
18	08+733.55	860.841	Lado derecho de la vía

En su Segunda Fase: Trabajo de Gabinete, se procedió a procesar la información en el software especializado denominado AIDC, para obtener finalmente una configuración de terreno con curvas de nivel y secciones transversales estacadas, con esta información se procedió a trazar la rasante de diseño y efectuar ajustes en el trazo geométrico para dar lugar al eje definitivo con sus respectivas secciones transversales, se incluyó la “caja de diseño” en función del ancho de plataforma considerado y variable según su condición de corte o relleno y su talud de reposo en la ladera correspondiente.

4.1.1. Diseño Geométrico de la Vía

El primer parámetro a definir para iniciar el proceso del Diseño Geométrico de la Vía es la Velocidad Directriz; para ello, se ha tenido en cuenta que esta vía corresponde a una

carretera Vecinal desarrollada en una longitud de 8.620 Km sobre una pendiente longitudinal promedio de pendientes elevadas, con un inicio de carretera en la localidad de CC.PP Santa Cruz.

Asimismo, otro parámetro a tener en cuenta es el IMDA (Índice Medio Diario Anual), el cual se incrementa en función del crecimiento anual del Tráfico Normal y Tráfico Generado. En efecto, y luego de analizadas las características topográficas de la zona, se adopta que la VELOCIDAD DIRECTRIZ de 30 Km/h.

Definida la velocidad del diseño para la circulación del tránsito automotor, se procederá al diseño del eje del camino, siguiendo el trazado en planta compuesto por tramos rectos (en tangente) y por tramos de curvas circulares, y espirales de ser el caso; similarmente del trazado vertical, con tramos en pendientes rectas y con pendientes curvilíneas, normalmente parabólicas.

4.1.2. Alineamiento Horizontal

Se realizó el alineamiento del camino manteniendo el trazo de la vía ya existente, adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambio 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.

4.1.3. Curvas Horizontales

El radio mínimo de la curva 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 general se deberá tratar de usar curvas de radio amplio, reservándose el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 27

Radio Mínimos Empleados En El Trazo

PI N°	KM	Radio (m)
8	1+079.753	30.00
10	1+206.332	30.00
32	3+973.020	30.00
36	4+401.380	25.00
37	4+483.568	6.000
39	4+642.659	6.00
46	5+326.84	6.00
48	5+551.035	6.00
49	5+614.782	6.00
53	6+083.175	30.00
63	7+124.149	30.00

4.1.4. Peralte en Curvas Horizontales

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de camino 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. Sin embargo, el Manual recomienda que en caminos con IMDA inferior a 200 veh/día y la velocidad directriz igual o menor a 30 Km/h, el peralte de todas las curvas podrá ser igual a 2.5%.

La variación de la inclinación de la sección transversal desde la sección con bombeo normal en el tramo recto hasta la sección con el peralte en pleno, se desarrolla una longitud de vía denominada transición.

La longitud de transición del bombeo es aquella en la que gradualmente se desvanece el bombeo adverso

Se denomina Longitud de Transición de Peralte a aquella longitud en que la inclinación de la sección gradualmente varía desde el punto en que se desvanecido totalmente el bombeo adverso hasta que la inclinación corresponde a la del peralte.

Tabla 28

Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte (m)

Velocidad Directriz (Km/h)	Valor de Peralte						Transición de Bombeo
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	57	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	32	43	54	65	11
60	12	24	36	48	60	72	12

Fuente: Cuadro 3.2.6.1.c del Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

En el presente Proyecto, se han considerado los peraltes en curvas horizontales según el siguiente criterio:

Tabla 29*Peraltes Empleados En Curvas Horizontales*

Rango de valores de radios	Peralte
Menor o igual a 10m	8%
Mayor a 10m y menor a 30m	7%
Mayor o igual a 30 y menor a 40m	6%
Igual o mayor a 40m y menor a 60m	5%
Igual o mayor a 60m y menor a 80m	4%
Igual o mayor a 80m y menor a 120m	3%
Igual o mayor a 120m y menor o igual a 150m	3%
Mayor a 150m	0%

4.1.5. Sobreancho de la calzada en Curvas Circulares

La calzada se incrementa en las curvas para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes.

En las curvas el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos; así mismo, a los conductores les resulta más difícil mantener el vehículo en el centro del carril. En el Cuadro, se presentan los sobreanchos requeridos para calzadas de doble carril:

Por otro lado, el Manual recomienda, para velocidades de diseño menores a 50 Km/h, no se requerirá de sobreancho cuando el radio de curvatura sea mayor de 500m, tampoco se requerirá sobreancho cuando las velocidades de diseño estén comprendidas entre 50 Km/h – 60 Km/h y el radio de curvatura sea mayor a 800m.

4.1.6. Alineamiento Vertical

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 los une rectas, que constituyen las tangentes.

En terreno del proyecto la rasante se acomodará al relieve del terreno, por economía, evitando los tramos en contrapendiente cuando deba vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario del recorrido de la carretera.

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

4.1.7. Curvas Verticales

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 2% para carreteras afirmadas. Las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuando menos, la visibilidad de una distancia igual a la de visibilidad mínima de parada, y cuando sea razonable mayor a la distancia de visibilidad de paso.

Para la determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionará el Índice de Curvatura “K”. La longitud de curva vertical será igual al índice “K” multiplicado por el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes (A).

$$L = K.A$$

Los valores de los Índices “K” se muestran en el Cuadro, para curvas convexas y en el siguiente Cuadro para curvas cóncavas.

Tabla 30

Índice “k” para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa

Velocidad Directriz	Longitud controlada por Visibilidad de frenado		Longitud controlada por Visibilidad de adelantamiento	
	Distancia De Visibilidad	Indice De Curvatura	Distancia De Visibilidad De	Indice De Curvatura
Km/H	De Frenado M.	K	Adelantamiento	K
20	20	0.6	-	-
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195

El Índice De La Curvatura Es La Longitud (L) De La Curva De Las Pendientes (A) $K = L/A$,
Por El Porcentaje De La Diferencia Algebraica

Tabla 31

Índice “k” para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava

Velocidad Directriz	Distancia De Visibilidad De Frenado M.	Índice De Curvatura
20	20	2.1
30	35	5.1
40	50	8.5
50	65	12.2
60	85	17.3

El Índice De La Curvatura Es La Longitud (L) De La Curva De Las Pendientes (A) $K = L/A$,
Por El Porcentaje De La Diferencia Algebraica

Fuente: Cuadro 3.3.2.b del Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

4.1.8. Pendiente Longitudinal

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%.

En general, se considera deseable no sobrepasar los límites máximos de pendiente que están indicados en el Cuadro siguiente.

Tabla 32

Pendientes Máximas

Topografía Tipo	Terreno			
	Plano Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
Velocidad De Diseño:				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8

Fuente: Cuadro 3.3.3.a del Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

En caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor a 5%, se proyectará cada 3 Km, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500m, con pendiente no mayor de 2%. Se determinará la frecuencia y ubicación de estos tramos de descanso de manera que se consigan las mayores ventajas y los menores incrementos en el costo de construcción.

En general, cuando se emplee pendientes mayores al 10%, el tramo con ésta pendiente no debe exceder a 180m. Asimismo, es deseable que la máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2000m no supere el 6%.

En curvas horizontales con radios menores a 50m, deben evitarse pendientes en exceso a 8%, debido a que la pendiente en el lado interior de la curva se incrementa muy significativamente.

En el presente Proyecto, se han considerado pendientes hasta 12%, según indica el manual, tratando en lo posible que no excedan 180m continuos de trazo.

4.2. Secciones Transversales

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

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

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

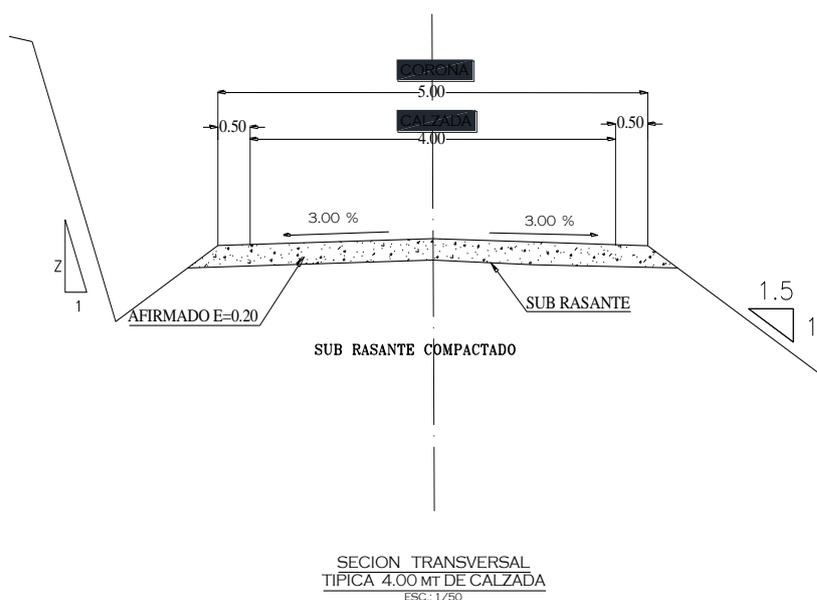


Figura 17. Sección transversal típica 4 m de calzada

4.3. Estudio de Mecánica de Suelos

4.3.1 Calicatas

En la exploración del subsuelo o terreno de fundación, se ejecutó un total de 18 calicatas o excavaciones a cielo abierto, ubicadas convenientemente de tal manera de cubrir el área en estudio y determinar su perfil estratigráfico.

Tabla 33

Calicatas

Nº	Progresiva (Km)	Profundidad (m)	Altitud (m)	Coordenadas (U.T.M.)	
				Norte	Este
01	00 + 040	1.50	597.66	9'330,921	262,256
02	00 + 500	1.50	597.48	9'330,748	262,675
03	01 + 000	1.50	597.75	9'330,362	262,984
04	01 + 500	1.50	598.41	9'329,883	263,071
05	02 + 000	1.50	598.73	9'329,504	263,381
06	02 + 500	1.50	599.56	9'329,072	263,502
07	03 + 000	1.50	600.72	9'328,596	263,604
08	03 + 500	1.50	602.59	9'328,129	263,760
09	04 + 000	1.50	602.10	9'327,879	264,091
10	04 + 500	1.50	602.79	9'327,559	264,475
11	05 + 000	1.50	603.90	9'327,238	264,859
12	05 + 500	1.50	605.92	9'326,809	265,056
13	06 + 000	1.50	607.86	9'326,315	265,136
14	06 + 500	1.50	609.90	9'325,874	265,357
15	07 + 000	1.50	612.77	9'325,449	265,621
16	07 + 500	1.50	614.63	9'325,024	265,885
17	08 + 000	1.50	616.46	9'324,573	266,096
18	08 + 500	1.50	618.32	9'324,109	266,285

Descripción De Los Perfiles Estratigráficos.

Descripción Del Terreno De Fundación.

En base a los trabajos de exploración de campo, ensayos de laboratorio y al recorrido integral del tramo en estudio, se deduce lo siguiente:

CALICATA C - 1 (Km. 00 + 040).

De 0.00 m. a 0.65 m. (Afirmado Existente)

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de

partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.65 m. a 1.50 m.

Limo inorgánico A-4 (5), de baja plasticidad, de color crema, baja resistencia en seco, alta dilatancia, nula tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia suave; y escasa proporción de arena fina a gruesa (10.14 %), y poca cantidad de gravilla (0.22 %). El estrato se encuentra húmedo; presenta una compresibilidad baja, moderada cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 2 (Km. 00 + 500).

De 0.00 m. a 0.35 m. (Afirmado Existente)

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.35 m. a 1.50 m.

Arcilla limosa inorgánica A-7-5 (32), de alta compresibilidad y plasticidad, de color marrón oscuro a negro, media resistencia en seco, lenta dilatancia, ligera tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia suave; y escasa proporción de arena fina a gruesa (3.67 %), y poca cantidad de gravilla (0.39 %). El estrato se encuentra húmedo, moderada cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 3 (Km. 01 + 000).

De 0.00 m. a 0.30 m. (Afirmado)

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.30 m. a 1.50 m.

Arcilla limosa inorgánica A-7-5 (23), de alta compresibilidad y plasticidad, de color marrón claro a oscuro, media resistencia en seco, lenta dilatancia, ligera tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia suave; y apreciable proporción de arena gruesa a fina (17.74 %), y poca cantidad de gravilla (0.29 %). El estrato se encuentra muy húmedo, moderada cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 4 (Km. 01 + 500).**De 0.00 m. a 0.50 m. (Afirmado)**

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.50 m. a 1.50 m.

Arcilla limosa inorgánica A-7-5 (31), de alta compresibilidad y plasticidad, de color marrón oscuro a claro, media resistencia en seco, lenta dilatancia, ligera tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia suave; y escasa proporción de arena gruesa a fina (4.61 %), y poca cantidad de gravilla (0.42 %). El estrato se encuentra húmedo, moderada cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 5 (Km. 02 + 000).**De 0.00 m. a 0.30 m. (Afirmado)**

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.30 m. a 1.50 m.

Arcilla limosa inorgánica A-7-5 (28), de alta compresibilidad y plasticidad, de color marrón oscuro a claro, media resistencia en seco, lenta dilatancia, ligera tenacidad, ninguna reacción

al ácido clorhídrico y de consistencia suave; y escasa proporción de arena fina a gruesa (5.91 %), y poca cantidad de gravilla (1.28 %). El estrato se encuentra húmedo, moderada cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 6 (Km. 02 + 500).

De 0.00 m. a 0.30 m. (Afirmado)

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.30 m. a 1.50 m.

Arcilla limosa inorgánica A-7-5 (22), de mediana plasticidad y alta compresibilidad, de color marrón claro a oscuro, media resistencia en seco, lenta dilatancia, ligera tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia suave; y escasa proporción de arena fina a gruesa (1.71 %), y poca cantidad de gravilla (0.18 %). El estrato se encuentra húmedo, moderada cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 7 (Km. 03 + 000).

De 0.00 m. a 0.30 m. (Afirmado)

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.30 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-6 (13), de mediana plasticidad y compresibilidad, de color marrón claro a oscuro, alta resistencia en seco, muy lenta dilatancia, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia dura; y apreciable proporción de gravilla (12.55 %), y poca cantidad de arena gruesa a fina (8.18 %). El estrato se encuentra húmedo, moderada cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 8 (Km. 03 + 500).**De 0.00 m. a 0.30 m. (Afirmado)**

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.30 m. a 1.50 m.

Arcilla limosa inorgánica A-6 (9), de baja plasticidad y compresibilidad, de color marrón oscuro a claro, alta resistencia en seco, muy lenta dilatancia, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia suave; y apreciable proporción de arena fina a gruesa (16.04 %), y poca cantidad de gravilla (1.35 %). El estrato se encuentra húmedo, moderada cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 9 (Km. 04 + 000).**De 0.00 m. a 0.40 m. (Afirmado)**

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.40 m. a 1.50 m.

Arcilla limosa inorgánica A-6 (15), de mediana plasticidad y alta compresibilidad, de color crema con tonalidades marrones, media resistencia en seco, muy lenta dilatancia, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia dura; y apreciable proporción de arena fina a gruesa (13.95 %), y poca cantidad de gravilla (5.27 %). El estrato se encuentra húmedo, fuerte cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 10 (Km. 04 + 500).**De 0.00 m. a 0.40 m. (Afirmado)**

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y

redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.40 m. a 1.50 m.

Arcilla arenosa inorgánica A-6 (10), de mediana plasticidad y alta compresibilidad, de color crema claro con tonalidades marrones, alta resistencia en seco, muy lenta dilatancia, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia dura; y escasa proporción de gravilla (0.70 %). El estrato se encuentra húmedo, fuerte cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 11 (Km. 05 + 000).

De 0.00 m. a 0.30 m. (Afirmado)

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.30 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-7-6 (27), de alta plasticidad y compresibilidad, de color crema claro con tonalidades marrones, alta resistencia en seco, muy lenta dilatancia, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia dura; y escasa proporción de arena fina a gruesa (7.63%), y poca cantidad de gravilla (2.12 %). El estrato se encuentra húmedo, fuerte cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 12 (Km. 05 + 500).

De 0.00 m. a 0.25 m. (Afirmado)

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de

partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.25 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-7-6 (31), de alta plasticidad y compresibilidad, de color crema claro con tonalidades marrones, alta resistencia en seco, muy lenta dilatación, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia dura; y escasa proporción de arena fina a gruesa (3.96%), y poca cantidad de gravilla (0.79 %). El estrato se encuentra húmedo, fuerte cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 13 (Km. 06 + 000).

De 0.00 m. a 0.25 m. (Afirmado)

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.25 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-7-6 (24), de alta plasticidad y compresibilidad, de color crema con tonalidades amarillentas, alta resistencia en seco, muy lenta dilatación, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia dura; y escasa proporción de arena gruesa a fina (8.18 %), y poca cantidad de gravilla (8.12 %). El estrato se encuentra húmedo, fuerte cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 14 (Km. 06 + 500).

De 0.00 m. a 0.20 m. (Afirmado)

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de

partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.20 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-7-6 (31), de alta plasticidad y compresibilidad, de color crema con tonalidades amarillentas, alta resistencia en seco, muy lenta dilatación, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia dura; y escasa proporción de arena fina a gruesa (3.28 %), y poca cantidad de gravilla (0.95 %). El estrato se encuentra húmedo, fuerte cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 15 (Km. 07 + 000).

De 0.00 m. a 0.20 m. (Afirmado)

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.20 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-7-6 (30), de alta plasticidad y compresibilidad, de color crema claro con tonalidades marrones, alta resistencia en seco, muy lenta dilatación, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia dura; y escasa proporción de arena fina a gruesa (5.91%), y poca cantidad de gravilla (1.28 %). El estrato se encuentra húmedo, fuerte cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 16 (Km. 07 + 500).

De 0.00 m. a 0.20 m. (Afirmado)

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatación, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra

húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.20 m. a 1.50 m.

Arcilla limosa inorgánica A-6 (10), de baja plasticidad y compresibilidad, de color marrón claro a oscuro, ligera resistencia en seco, rápida dilatancia, nula tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia media; y escasa proporción de arena fina a gruesa (10.25 %), y poca cantidad de gravilla (0.34 %). El estrato se encuentra húmedo, fuerte cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 17 (Km. 08 + 000).

De 0.00 m. a 0.30 m. (Afirmado)

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.30 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-6 (11), de baja plasticidad y compresibilidad, de color marrón claro a oscuro, media resistencia en seco, muy lenta dilatancia, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia dura; y apreciable proporción de arena fina a gruesa (12.30 %), y poca cantidad de gravilla (1.71 %). El estrato se encuentra húmedo, fuerte cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

CALICATA C - 18 (Km. 08 + 500).

De 0.00 m. a 0.40 m. (Afirmado)

Mezcla pobremente gradada, conformada por grava T.M. 2", de forma sub redondeada y redondeada, arena fina a gruesa, de color gris, alta resistencia en seco, ninguna dilatancia, tenacidad media, ninguna reacción al ácido clorhídrico; y apreciable proporción de partículas finas menores al tamiz N° 200, exenta de plasticidad. El estrato se encuentra húmedo; medianamente denso, fuerte cementación, sin olor, y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

De 0.40 m. a 1.50 m.

Arcilla inorgánica A-6 (15), de mediana plasticidad y compresibilidad, de color crema claro a oscuro, alta resistencia en seco, muy lenta dilatancia, media tenacidad, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia dura; y escasa proporción de arena fina a gruesa (4.52 %), y poca cantidad de gravilla (0.25 %). El estrato se encuentra muy húmedo, fuerte cementación, sin olor y bajo porcentaje de sales sulfatadas.

4.4. Determinación de la capacidad soporte del terreno de fundación.

Se determinó el C.B.R., del afirmado existente, de acuerdo a la Norma A.A.S.H.T.O. M 145, con el objetivo de utilizar el aporte estructural de la capa, y levantar el nivel del relleno, minimizando las cargas producidas por el tráfico y el ahuellamiento posterior.

Progresivas (Km)	Muestra	Tipo de Suelo A.A.S.H.T.O.	D.S.M. (gr/cm³)	O.C.H. (%)	C.B.R. (%) (95 % M.D.S)
00 + 000 - 09 + 530.5	M - 1	A - 2 - 4 (0)	2.025	10.20	7.20

Para determinar el C.B.R. de diseño, se determinó el tipo de suelo, de acuerdo a la Norma A.A.S.H.T.O. M 145, teniendo como estratos de suelos, más desfavorable a las siguientes Calicatas; obteniéndose los siguientes resultados, después de realizar los ensayos especiales:

Progresiva (Km)	Calicata N°	Muestra	Profundidad (m)	Tipo de Suelo A.A.S. H.T.O.	D.S.M. (gr/cm³)	O.C .H. (%)	C.B.R . (%) (95 % M.D. S)
01 + 000	C - 3	M - 2	0.30 - 1.50	A - 7 - 5 (23)	1.645	18.2 0	6.00
03 + 500	C - 8	M - 2	0.30 - 1.50	A - 6 (9)	1.575	21.2 0	6.40
05 + 500	C - 12	M - 2	0.25 - 1.50	A - 7 - 6 (31)	1.800	13.5 0	1.60
08 + 500	C - 18	M - 2	0.40 - 1.50	A - 6 (15)	1.690	16.1 0	4.40

4.5. Diseño De Pavimento.

La metodología empleada para el diseño del pavimento, del Proyecto: “Rehabilitación y Mejoramiento del Camino Vecinal SM-533 EMP. PE 5N (Puente Tonchima) - EMP. SM-504 (Sector Shica)”, consistió en seguir los lineamientos del manual de pavimentos asfálticos para vías de baja intensidad de tráfico, cuyos objetivos es ofrecer una serie de recomendaciones para la construcción y conservación de firmes de vías de baja intensidad de tráfico y que fue concebida para vías públicas o privadas cuyo tráfico diario de vehículos pesados por sentido sea inferior a 50 en el momento de la puesta en servicio.

En el diseño del espesor del pavimento se siguió lo estipulado por la USACE (Cuerpo de Ingenieros del Ejército Norteamericano), y el Manual de Diseño Caminos de Bajo Volumen de Transito (Catalogo de Estructuras de Superficie de Rodadura), para el dimensionamiento de caminos afirmados. Estos métodos de diseño contemplan la utilización de una capa granular de aceptable plasticidad que cumple la función de capa de rodadura, permitiendo un servicio aceptable para volúmenes de trafico proyectados bajos, considerando un periodo de diseño de 7 a 10 años.

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. **Ver Cuadro Geotécnico N° 02.**

Identificación de Categoría de Sub Rasante: Sub Rasante Regular.

Sectores: < Km. 00 + 000 al Km. 00 + 500>, < Km. 02 + 350 al Km. 02 + 700>,
< Km. 02 + 900 al Km. 04 + 500>, < Km. 09 + 500 al Km. 09 + 530.5>.

Teniendo en cuenta los datos generados por el presente estudio se tiene:

- Relación de Soporte de California (C.B.R.) mínimo, del terreno de fundación => 6.40 %.

Según el Manual de Diseño de Caminos de Bajo Volumen de Transito, para un (E.A.L. < 100,000), el C.B.R. de Diseño será aquel que represente al percentil 60 % de los valores del

C.B.R., y teniendo en consideración el Catalogo de Estructuras de Superficie de Rodadura, para una Clase de Trafico T1 (IMDa entre 20 a 50 Vehículos), y una Sub Rasante Regular (C.B.R. mínimo de 6), y un aporte estructural del afirmado existente con un espesor mínimo de 0.30 m., y un C.B.R. mayor 7.0 %, se concluye:

- Espesor Mínimo Propuesto (Catalogo de Estructuras de Superficie de Rodadura).

Alternativa Técnica . = 25.0 cm.

- Espesor Mínimo Propuesto (Método USACE).

Alternativa Técnica - Económica. = 10.00 pulg. **(25.0 cm).**

Identificación de Categoría de Sub Rasante: Sub Rasante Pobre.

Sectores: < Km. 00 + 500 al Km. 01 + 500>, < Km. 04 + 500 al Km. 05 + 300>, < Km. 07 + 000 al Km. 07 + 400>.

Teniendo en cuenta los datos generados por el presente estudio se tiene:

- Relación de Soporte de California (C.B.R.), del terreno de fundación = entre 4.40 a 6.00.

Según el Manual de Diseño de Caminos de Bajo Volumen de Transito, para un (E.A.L. < 100,000), el C.B.R. de Diseño será aquel que represente al percentil 60 % de los valores del C.B.R., y teniendo en consideración el Catalogo de Estructuras de Superficie de Rodadura, para una Clase de Trafico T1 (IMDa entre 20 a 50 Vehículos), y una Sub Rasante Pobre (C.B.R. promedio de 5.20) y un aporte estructural del afirmado existente con un espesor mínimo de 0.30 m., y un C.B.R. mayor 7.0 %, se concluye:

- Espesor Mínimo Propuesto (Catalogo de Estructuras de Superficie de Rodadura).

Alternativa Técnica . = 37.0 cm.

- Espesor Mínimo Propuesto (Método USACE).

Alternativa Técnica - Económica. = 12.00 pulg. **(30.0 cm).**

Identificación de Categoría de Sub Rasante: Sub Rasante Muy Pobre.

Sectores: < Km. 02 + 000 al Km. 02 + 350>, < Km. 02 + 700 al Km. 02 + 900>, < Km. 05 + 300 al Km. 07 + 000>, < Km. 07 + 400 al Km. 09 + 500>.

Teniendo en cuenta los datos generados por el presente estudio se tiene:

- Relación de Soporte de California (C.B.R.) mínimo, del terreno de fundación = 1.40 %.

Según el Manual de Diseño de Caminos de Bajo Volumen de Transito, para un (E.A.L. < 100,000), el C.B.R. de Diseño será aquel que represente al percentil 60 % de los valores del C.B.R., y teniendo en consideración el Catalogo de Estructuras de Superficie de Rodadura, para una Clase de Trafico T1 (IMDa entre 20 y 50 Vehículos), y una Sub Rasante Muy Pobre (C.B.R. mínimo 1.40 %).

- Espesor Mínimo Propuesto (Catalogo de Estructuras de Superficie de Rodadura).

Alternativa Técnica . = 45.0 cm.

Según el Manual de Diseño de Caminos de Bajo Volumen de Transito, Capitulo 05, Item: 5.3.2, al tener valores de C.B.R. menores a 6, tener zonas húmedas, y levantar el nivel del relleno, se recomienda colocar una capa de material granular o Over (T.M. 6”), en un espesor mínimo de 15 cm, y un aporte estructural del afirmado existente con un espesor mínimo de 0.20 m., y un C.B.R. mayor 7.0 %, se concluye:

- Espesor Máximo Propuesto. = 30 cm + 15 cm (Over T.M. 6”).

Alternativa Técnica - Económica. = **45 cm.**

4.6. Canteras

Las áreas de préstamo denominadas canteras han sido seleccionadas en función de los volúmenes explotables de material inerte adecuado a fin de satisfacer los requerimientos del Proyecto. Se han efectuado pruebas “in situ” de cada una de las áreas, teniendo en cuenta la calidad del material con relación a su uso, acceso, distancia de transporte, entre otros. A continuación se da la relación de canteras seleccionadas:

Ubicación de canteras:

➤ Cantera río Santa Cruz, para afirmado, con un acceso de 3.80 Km.

4.7. Señalización

Se plantea señales informativas en cantidades suficientes y necesarias; así como la colocación de hitos kilométricos a lo largo del camino, las mismas que se indican en detalle en las planillas de metrados respectivas.

Según el Estudio de Impacto Ambiental Existe riesgo potencial de accidentes principalmente por atropello en el cruce de todas las localidades a lo largo del tramo a rehabilitar, donde las viviendas están muy próximas a la vía, por lo que es necesario señalar tanto la entrada como la salida de cada poblado en especial la reducción de velocidad (señales preventivas).

4.8. Obras De Arte Y Drenaje

Alcantarillas

Se plantea la construcción de 03 alcantarilla de TMC de 36''.

Badenes

Construcción de 06 badenes de concreto con piedra emboquillada.

Cunetas

Construcción de 6,208 ml de cunetas sin revestir, y la construcción de 400 ml de cuneta revestida con piedra emboquillada.

CONCLUSIONES

Tramo del camino vecinal CC.PP. Santa Cruz – Laguna de Fapinalli, en el Distrito de San José de Sisa, Provincia de El Dorado – San Martín, se desarrolla en una topografía predominantemente ondulada y por estar localizada en zona de selva está constituido principalmente de valles y llanuras que forman ríos; el río Sisa, es el afluente principal en el área de estudio.

La carretera en su mayor parte se encuentra en mal estado de conservación donde la principal falla en la superficie de rodadura son los baches y la mala calidad de material que existe sobre él. No cuenta con suficientes obras de arte como son los badenes para mejorar el drenaje del camino, al igual que las cunetas.

Se observa que el ancho de la plataforma varía de 3.50 mt a 4.00 mt, existiendo tramos con un ancho mayor a 4.00 mt que pueden usarse como plazoletas de cruce. La sección de la plataforma es generalmente en rellenos conformados con material granular u hormigón de río, que sirve como base para la superficie de rodadura a proyectarse.

De acuerdo al diagnóstico del estado actual de la carretera, se concluye que la superficie actual de rodadura se encuentra totalmente deteriorada por falta de un mantenimiento periódico, y a fin de mitigar este problema se plantea la reposición de la capa de afirmado, con material procedente de canteras apropiadas para su uso y para el tránsito proyectado.

RECOMENDACIONES

La ejecución de la carretera deberá estar de acuerdo a los planos y especificaciones técnicas correspondientes, bajo la dirección de un Ingeniero Residente.

La ejecución deberá realizarse en época de verano de lo contrario el contratista tendrá serias dificultades debido a las condiciones climáticas y a la naturaleza que presenta la zona.

Se recomienda realizar un mantenimiento periódico del camino, que consistirá principalmente en evacuar las aguas pluviales lo más rápido posible, y minimizar la aparición de baches y su colapso; asimismo cada cierto tiempo asignar una partida de reconfiguración de plataforma.

Asimismo, se recomienda zarandear el material de cantera previamente por el tamiz 2", con el objetivo de cumplir el requerimiento granulométrico y otros parámetros, de la Sección 302.02, de las Normas Técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Se recomienda tener un estricto seguimiento durante el proceso de ejecución, para cumplir con las especificaciones de acuerdo a normas, también en función al estudio de suelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONZO SALOMÓN. LAURO ARIEL, GABRIEL J. RODRÍGUEZ RUFINO. *Carreteras, Volumen 8*. D.R Universidad Autónoma de Yucatán, Primera Edición 2005, México.
- ALVA HURTADO, JORGE E., *Mecánica de Suelos*. Editorial Centro de Estudiantes de Ingeniería Civil – UNI. Lima – Perú.
- BRAJA M. DAS. *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*, Thomson Editores, S. A. de C. V, Cuarta Edición 2001, Estados Unidos
- CANTERA JAVE, CHAVARRY LUIS, CUBAS PEREZ, *Estudio del Mejoramiento de la Carretera Jesús-Lacas, Tramo Jesús-Hualqui*, Tesis. Cajamarca-Perú, 2001.
- CARDENAS GRISALES, JAMES, *Diseño Geométrico De Carreteras*, Eco Ediciones, Primera Edición Octubre del 2002, Colombia.
- CESPEDES ABANTO, JOSÉ MARIA, *Carreteras, Diseño Moderno*, Primera Edición Enero del 2001, Cajamarca-Perú
- COOPERACIÓN TÉCNICA ALEMANA - *Manual Técnico Mantenimiento participativo de caminos rurales*, Guatemala, Agosto del 2001.
- FRANQUET BERNIS, JOSEP MARIA, *Caudal Mínimo Medioambiental del rio Ebro*. Primera Edición 2003, España.
- GALABRU P. *Tratado de Procedimientos Generales de Construcción*, Editorial Reverte S.A., Segunda Edición Febrero del 2004. Barcelona – España.
- GARBER, NICHOLAS J., A.LOEL. LESTER, *Ingeniería de Transito y Carreteras*, Editorial Thompson, Tercera Edición 2005, México.
- GARCÍA MÁRQUEZ, FERNANDO, *Curso Básico De Topografía, Planimetría, Agrimensura, Altimetría*, Editorial Pax México, Primera Edición del 2013, México.
- GONZALES SANDOVAL, FEDERICO, *Manual De Supervisión De Obras De Concreto*, Editorial Limusa S.A, Segunda Edición 2004, México.

IBAÑEZ, WALTER, *Manual de Costos y Presupuestos de Obras Viales Tomo I-II*, Editores Macro E.I.R.L, Primera Edición, Febrero del 2012, Lima – Perú.

JUAREZ BADILLO Y RICO RODRIGUEZ, *Mecánica de Suelos*, Editorial Limusa S.A, Tercera Edición 2005, México.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS - *Guía de Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Rehabilitación y Mejoramiento de Caminos Vecinales a nivel de Perfil*, Lima – Perú, Abril del 2007.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, *Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito*, Lima - Perú, marzo de 2008.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, *Manual de Dispositivos de Tránsito Automotor Para Calles y Carreteras*. Lima – Perú, Aprobado con Resolución Ministerial N° 210-2000-MTC/15.02 del 3 de Mayo del 2000.

MORALES SOSA, HUGO ANDREA, *Ingeniería Vial I*, Editora Búho, Primera Edición 2006, Santo Domingo-Republica Dominicana.

MORALES U, WALTER, *Infraestructura de Riego*, Chiclayo - Perú 1990.

MUÑOZ CARPENA. RAFAEL, RITTER RODRÍGUEZ. AXEL, *Hidrología Agroforestal*, Ediciones Mundi-Prensa, Primera Edición 2005, España.

PAREDES ROJAS, LUIS ALBERTO, *Apuntes del Curso de Pavimentos*.

RIVVAS LOPEZ, ENRIQUE, *Diseño De Mezclas*. Primera Edición Abril de 1992, Perú.

SCIPION PIÑELLA, EDDY T, *Manual Diseño Geométrico Caminos I*, Normas DG, Perú.

VALLES RODAS, RAUL, *Carreteras, calles y aeropistas*. Editorial El Ateneo, Sexta Edición, Septiembre del 1976, Caracas – Venezuela.

LINKOGRAFIA

WWW. CIVILGEEKS.COM, *Topografía Aplicada a la Construcción de Carreteras.*

WWW. OZROADS.COM.AU, *National System/naasra.htm.*

WWW.CUEVADELCIVIL.COM, *Apuntes, Herramientas y Temas de Ingeniería Civil.*

ANEXOS