



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

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



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



**Diseño geométrico del camino vecinal Grau-Puerto Perú provincia de Alto
Amazonas distrito de Yurimaguas región Loreto**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Lenin Martín Ushiñahua Ushiñahua

Rudinger Reátegui Dávila

ASESOR:

Ing. M.Sc Víctor Eduardo Samamé Zatta

Tarapoto – Perú

2017

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

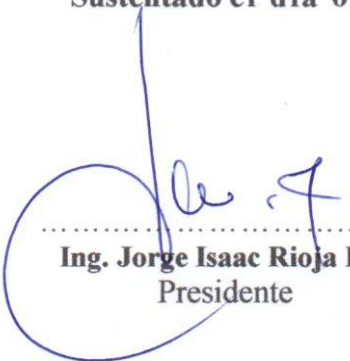



Diseño geométrico del camino vecinal Grau-Puerto Perú provincia de Alto Amazonas distrito de Yurimaguas región Loreto


AUTORES:


Lenin Martin Ushiñahua Ushiñahua
Rudinger Reategui Davila

Sustentado el día 07 de Abril de 2017 y aprobado ante el honorable jurado:


.....
Ing. Jorge Isaac Rioja Díaz
Presidente


.....
Ing. Juvenal Vicente Díaz Agip
Secretario


.....
Ing. Mg. Ramiro Vásquez Vásquez
Miembro
Res. N° 014-2019-UNSM/FICA-D-NLU


.....
Ing. Mg. Ramiro Vásquez Vásquez
Asesor
Res. N° 014-2019-UNSM/FICA-D-NLU



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
Ciudad Universitaria-Distrito de Morales-Teléfono: 521402-Anexo 122
e.mail: fica@unsm.edu.pe
NUEVA LEY UNIVERSITARIA N° 30220



Resolución N° 014-2019-UNSM/FICA-D-NLU
Morales, 30 de enero del 2019

Visto los Expedientes N°3810 y 7652-2018-UNSM/FICA, presentados por el Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, donde comunica la sanción de los docentes Ing. M.Sc. Rubén Del Águila Panduro y el Ing. M.Sc. Víctor Eduardo Samamé Zatta, a la Oficina General de Administración de la UNSM-T.

CONSIDERANDO:

Que, la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, es una Institución Educativa Superior Descentralizada, autónoma, con personería de derecho público, orientado a la investigación y a la docencia, que brinda una formación humanista, científico y tecnológico con una clara conciencia de nuestro país como realidad multicultural. Adopta el concepto de educación con derecho fundamental y servicio público esencial. Está integrado por docentes y graduados.

Que, mediante Resolución N°1116-2018-UNSM-T/CU-R/NLU, de fecha 31 de diciembre del 2018, se designa al Ing. M.Sc. Ramiro Vásquez Vásquez como Decano (e) de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto quien iniciará sus funciones a partir del 01 de enero de 2019 hasta el 31 de diciembre de 2019;

Que, las Facultades gozan de autonomía académica, económica y administrativa para el desarrollo de sus actividades;

Que, con OFICIO N°315-2018-UNSM-FICA-D-NLU, de fecha 18 de abril de 2018, la FICA informa a la Dirección General de Administración que el Ing. M.Sc. Rubén Del Águila Panduro, ha sido sancionado por la Contraloría General de la República y con inhabilitación, para el ejercicio en la función pública.

Que, con OFICIO N°458-2018-UNSM-FICA-D-NLU, de fecha 31 de julio de 2018, la FICA informa a la Dirección General de Administración, con respecto a la inhabilitación del Ing. M.Sc. Víctor Eduardo Samamé Zatta, que la Unidad de Recursos Humanos, deberá ejecutar la inhabilitación del mencionado docente.

Que, con Resolución N°825-2018-UNSM/CU-R/NLU, de fecha 25 de setiembre de 2018, cesan en sus funciones al Docente Ing. Wilton Celis Angulo, Adscrito al Departamento Académico de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, como docente Universitario de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto a partir del 30 de setiembre del 2018 y de conformidad de los considerandos antes mencionados.

Que, con Resolución N°090-2018-UNSM-FICA-CFT/NLU, de fecha 31 de diciembre de 2018, se aprueba el goce de licencia de Año Sabático con fines de investigación o de preparación de publicaciones de carácter científico, para el Ing. M.Sc. Víctor Hugo Sánchez Mercado, a partir del 01 enero de 2019 hasta el 31 de diciembre de 2019.

Que, en uso de las atribuciones conferidas por la Resolución N°1116-2018-UNSM-T/CU-R/NLU, la Nueva Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Autorizar al Ing. Mg. RAMIRO VÁSQUEZ VÁSQUEZ, firmar los documentos como: Informes de Ingeniería y Tesis que estén vinculados con los Ing. M.Sc. RUBÉN DEL ÁGUILA PANDURO, Ing. M.Sc. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA, Ing. M.Sc. WILTON CELIS ANGULO, Arq. Mg. PABLO CIRO SIERRALTA TINEO y el Ing. M.Sc. VÍCTOR HUGO SÁNCHEZ MERCADO, a partir del 04 de febrero de 2019 hasta el 31 de diciembre de 2019.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



Ing. Mg. RAMIRO VÁSQUEZ VÁSQUEZ
Decano (e)



Ing. IVÁN GUSTAVO REÁTEGUI ACEDO
Secretario Académico

Declaratoria de Autenticidad



Lenin Martín Ushiñahua Ushiñahua identificado con el DNI N° 70205133 y **Rudinger Reátegui Dávila** con el DNI N° 46304725, egresados de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Diseño geométrico del camino vecinal Grau-Puerto Perú provincia de Alto Amazonas distrito de Yurimaguas región Loreto.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada 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 constituirán 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, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 07 de abril del 2017



Bach. Lenin Martín Ushiñahua Ushiñahua

DNI N° 70205133



Bach. Rudinger Reátegui Dávila

DNI N° 46304725

Declaración Jurada

Lenin Martín Ushiñahua Ushiñahua identificado con el DNI N° 70205133 con domicilio legal Jr Elías Aguirre N° 390 – Tarapoto y **Rudinger Reátegui Dávila** identificado con el DNI N° 46304725 con domicilio legal Jr. San Martín N° 153 - Tabalosos, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o Informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

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

Tarapoto, 07 de abril del 2017



Bach. Lenin Martín Ushiñahua Ushiñahua

DNI N° 70205133



Bach. Rudinger Reátegui Dávila

DNI N° 46304725

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:	USHIÑAHUA USHINAHUA LENIN MARTÍN	
Código de alumno :	073180	Teléfono: 937403704
Correo electrónico :	lemaru29@hotmail.com	DNI: 70205133

(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:	DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL GRAU-PUERTO PERÚ PROVINCIA DE ALTO AMAZONAS DISTRITO DE YURIMAGUAS REGIÓN LORETO
Año de publicación:	2017

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:

22 / 05 / 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: REATEGUI DÁVILA RUDINEER	
Código de alumno : 083162	Teléfono: 974 871347
Correo electrónico : reateguidreyk@gmail.com	DNI: 46304725

(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: DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL GRAU - PUERTO PERÚ PROVINCIA DE ALTO AMAZONAS DISTRITO DE YURIMAGUAS REGIÓN LORETO
Año de publicación: 2017

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".

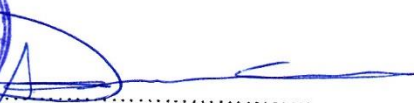

Firma del Autor

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:

22 / 05 / 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 mi mamá y a mi papá, quienes me enseñaron a luchar por un sueño, sobre todo me apoyaron con la enseñanza de grandes virtudes, perseverancia y sus consejos por su experiencia, me sirvió para poder lograr mi meta y convertirme en un profesional y le dedico también a una gran mujer que me dio un hermoso hijo, ya que es el combustible del motor de mi progreso.

Lenin Martín

El presente trabajo de investigación está dedicado a mi familia; a mis madres por su constante apoyo y ejemplo de superación a mi Padre por sus consejos de vida a mi pequeño hijo que es mi motor a seguir superándome y a mi esposa que me ha acompañado en todo este proceso de superación.

Rudinger

Agradecimiento

El presente trabajo de tesis primeramente agradecerte a ti mi Dios, por concederme el sueño anhelado, también a mi alma mater que es la Universidad Nacional De San Martín por darme la oportunidad de estudiar y convertirme en un profesional.

A los docentes de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, porque todos han aportado a mi enseñanza, su experiencia y amistad, agradeciendo también a mi asesor de la presente tesis por el apoyo.

Por ultimo Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida.

Lenin Martín

Le agradezco a DIOS y a mis PADRES por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencia y sobre todo felicidad.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, porque todos han aportado a mi formación, por sus consejos, sus enseñanzas.

Al Ing., asesor de la presente tesis, por su apoyo incondicional, tanto moral como académico, para lograr el presente objetivo.

Rudinger

Índice

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice.....	viii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
1.1 Generalidades.....	2
1.2 Exploración preliminar orientando la investigación.....	2
1.3 Aspectos generales del estudio.....	3
1.3.1 Características generales.....	3
1.3.1.1 Ubicación geográfica del proyecto.....	3
1.4 Situación actual.....	4
1.5 Vías de acceso.....	4
1.6 Población beneficiada.....	5
1.7 Clima.....	5
1.8 Limitaciones.....	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes, planteamiento, delimitación, formulación del problema a resolver...6	6
2.1.1 Antecedentes del problema.....	6
2.1.2 Planteamiento del problema.....	6
2.1.3 Delimitación del problema.....	7
2.1.4 Formulación del problema a resolver.....	7
2.2 Objetivos.....	7
2.2.1 Objetivo general.....	7
2.2.2 Objetivos específicos.....	8
2.3 Justificación de la investigación.....	8
2.4 Delimitación de la investigación.....	8
2.5 Marco teórico.....	9
2.5.1 Antecedentes de la investigación.....	9
2.5.2 Fundamentación teórica de la investigación.....	9

2.5.2.1	Parámetros de diseño.....	9
2.5.2.2	Elementos de curvas horizontales.....	15
2.5.2.3	Perfil longitudinal.....	16
2.5.2.4	Pendientes.....	18
2.5.2.5	Secciones transversales.....	20
2.5.2.6	Estudio de suelos.....	23
2.5.3	Estudio de estabilidad de taludes.....	38
2.5.3.1	Tipos y causas de fallas más comunes.....	38
2.5.3.2	Algunos métodos para mejorar la estabilidad de taludes	40
2.5.3.3	Parámetros de resistencia el esfuerzo cortante para el análisis de estabilidad....	42
2.6	Hidrología y diseño de obras de arte.....	47
2.6.1	Estudio hidrológico e hidráulico.....	47
2.6.2	Estudio y diseño del drenaje superficial y subsuperficial.....	51
2.6.2.1	Objeto del drenaje.....	51
2.6.2.2	Condiciones de un buen drenaje.....	51
2.6.2.3	Clasificación del drenaje.....	52
2.7	Pavimento.....	56
2.7.1	Factores que intervienen en el diseño de un pavimento.....	56
2.7.1.1	Índice de tráfico.....	56
2.7.1.2	Clima.....	56
2.7.1.3	Terreno de fundación.....	57
2.7.2	Momento de efectuar un pavimento.....	57
2.7.3	Condiciones que debe tener una buena calzada.....	57
2.7.4	Selección del tipo de pavimento.....	57
2.7.4.1	Terreno de fundación.....	58
2.7.4.2	Sub base.....	58
2.7.4.3	Base.....	59
2.7.4.4	Capa de rodamiento.....	60
2.7.4.5	Carpeta de desgaste o sello.....	61
2.7.4.6	Imprimación.....	61
2.7.5	Clasificación de los pavimentos.....	61
2.7.5.1	Por el lugar que ocupa.....	61
2.7.5.2	Por los materiales que lo constituyen.....	62
2.7.5.3	Por su calidad.....	62

2.7.5.4	Por la forma que se transmiten las cargas a la subrasante.....	62
2.7.6	Comparación de entre pavimentos flexibles y rígidos.....	63
2.7.7	Semejanzas.....	63
2.8	Señalización.....	63
2.8.1	Tipos de señales.....	63
2.9	Catastro.....	68
2.9.1	Expropiación.....	69
2.9.2	Arancel.....	69
2.9.3	Predio.....	69
2.10	Marco histórico.....	71
2.11	Hipótesis.....	71
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....		72
3.1	Materiales.....	72
3.1.1	Recursos humanos.....	72
3.1.2	Recursos materiales y servicios.....	72
3.2	Metodología de la investigación.....	72
3.2.1	Tipos y nivel de la investigación.....	72
3.2.2	Diseño de instrumentos.....	73
3.2.2.1	Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos.....	73
3.3	Diseño de pavimento.....	73
3.3.1	Método NAASRA.....	73
3.3.2	Cálculo del índice medio de tráfico.....	73
3.4	Clasificación de los suelos.....	74
3.5	Análisis de los resultados.....	75
3.6	Estudio de impacto ambiental.....	76
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....		77
4.1	Resumen de parámetros de diseño.....	77
4.2	Estudio de suelos.....	78
4.3	Investigación de campo.....	78
4.4	Clasificación de suelos.....	79
4.5	Perfil estratigráfico.....	79
4.6	Diseño geométrico.....	86
4.6.1	Levantamiento topográfico.....	86
4.6.2	Alineamiento horizontal.....	87

4.6.3	Alineamiento longitudinal.....	87
4.6.4	Radio mínimo.....	87
4.6.5	Alineamiento vertical.....	88
4.6.6	Pendientes.....	88
4.6.7	Curvas verticales.....	89
4.6.8	Sección transversal.....	89
4.6.9	Calzada.....	89
4.6.10	Superficie de rodadura.....	89
4.6.11	Sobreanchos.....	89
4.6.12	Bombeo.....	90
4.6.13	Transición de peralte.....	90
4.6.14	Taludes.....	90
4.6.15	Banquetas.....	91
4.7	Diseños de pavimentos.....	91
4.8	Drenaje.....	92
4.9	Información hidrometeorológica.....	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		93
Conclusiones.....		93
Recomendaciones.....		93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		94
ANEXOS.....		96
PLANOS.....		97

Índice de tablas

Tabla 1 : Valores de la directriz (Km/h).....	10
Tabla 2 : Radios de diseño.....	11
Tabla 3 : Longitud total mínima de rampa de peralte	12
Tabla 4 : Elementos de curvas simples	15
Tabla 5 : Pendientes máximas normales	18
Tabla 6 : Pendientes máximas excepcionales.....	19
Tabla 7 : Pendientes medias permisibles para tramos de 10 km.....	20
Tabla 8 : Taludes de corte	22
Tabla 9 : Taludes de relleno	22
Tabla 10: Contenidos óptimos de humedad y densidades secas máximas.....	27
Tabla 11: Valores correspondientes a la muestra patrón (Macadam).....	32
Tabla 12: Carga abrasiva máquina de los Ángeles.....	32
Tabla 13: Porcentaje de desgaste para evaluar los resultados del ensayo de los Ángeles.	34
Tabla 14: Porcentaje que pasa el material.....	60
Tabla 15: Sobrecanchos adoptados.....	90

Índice de figuras

Figura 1: Ubicación.....	4
Figura 2: Visibilidad en curva-banqueta de visibilidad.....	14
Figura 3: Curvas verticales simétricas.....	16
Figura 4: Curvas verticales asimétricas.....	17
Figura 5: Método de Bishop simplicado.....	45

Resumen

El presente proyecto de tesis denominado **Diseño geométrico del camino vecinal Grau - Puerto Perú provincia de Alto Amazonas distrito de Yurimaguas región Loreto**, se desarrolló en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

El proyecto de tesis está enfocado para dar a conocer una solución rápida, económica y óptima para el mejoramiento vial, ya que, en muchas vías, el descuido en el drenaje o la ausencia de ésta, hace que las mismas se deterioren y presenten agrietamientos, fisuras, etc. Causando malestar para los usuarios, falta de comunicación entre pueblos y ciudades, o en el peor de los casos el cambio total de la carpeta de rodadura.

Surgió ante la necesidad de la población que incluyen los productores del sector Grau, de solucionar los problemas causados por el mal estado de la vía de acceso y que generan altos costos de flete para el transporte de los productos cultivados en la zona hacia los mercados de consumo, por lo que el presente proyecto de investigación busca solucionar estos problemas, empezando con el diagnóstico de la realidad en cuanto al estado de la vía y la importancia de la misma. Para el diseño geométrico de la vía se realizaron estudios preliminares en campo como , estudio de tráfico, posteriormente en gabinete se realizaron cálculos de diseño siguiendo los parámetros de las normas de diseño geométrico para carreteras no pavimentadas y de bajo volumen de tránsito, determinando los elementos de diseño y posteriormente el espesor del afirmado necesario para garantizar la fácil y óptima transitabilidad de vehículos livianos y pesados, y así facilitar a los productores transportar sus productos en buen estado y con bajo costo de flete hacia los mercados de consumo.

Se desarrolló el diseño geométrico de la vía proponiendo, elementos de señalización vial, de esta manera contribuir al desarrollo socioeconómico de los productores del Camino Vecinal Grau -Puerto Perú, así mismo poner en práctica los conocimientos de la carrera de Ingeniería Civil, obtenidos en las aulas de la facultad.

Palabras clave: Diseño geométrico, estado, vía, transitabilidad.

Abstract

This thesis project called Geometric Design of the Grau Neighborhood Road -Puerto Peru, Alto Amazonas Province, Yurimaguas District, Loreto Region, was developed at the School of Civil Engineering of the National University of San Martin - Tarapoto.

The thesis project is focused to make known a quick, economic and optimal solution for road improvement, since in many ways, the neglect in the drainage or the absence of it, causes them to deteriorate and present cracks, fissures, etc. Causing discomfort for users, lack of communication between towns and cities, or in the worst case the total change of the rolling folder.

It arose from the need of the population that includes the producers of the Grau sector, to solve the problems caused by the bad state of the access road and that generate high freight costs for the transport of the products cultivated in the area to the markets of consumption, so that this research project seeks to solve these problems, starting with the diagnosis of reality in terms of the state of the road and the importance of it. For the geometric design of the road, preliminary studies were carried out in the field, such as traffic study, later in the design calculations were made following the parameters of geometric design standards for unpaved roads and low volume of traffic, determining the elements design and then the thickness of the necessary to ensure the easy and optimal passability of light and heavy vehicles, and thus facilitate producers transport their products in good condition and low cost of freight to consumer markets.

The geometric design of the road was developed, proposing elements of road signs, in this way contributing to the socioeconomic development of the producers of the Camino Vecinal Grau -Puerto Peru, likewise putting into practice the knowledge of the Civil Engineering career, obtained in the classrooms of the faculty.

Keywords: Geometric Design, State, Way, transitivity.



Introducción

Uno de los factores más importantes que retardan el desarrollo del País, es su deficiente sistema vial. Ante esta problemática surge la imperiosa necesidad de contar con un plan que lo desarrolle permitiendo integrar nuestros pueblos y así satisfacer sus necesidades y que llegue a ellos el progreso Económico, Social y Cultural.

En el sector productivo , se cultivan productos alimenticios de pan llevar de los cuales se abastecen la localidad de Yurimaguas y que son transportados por un camino vecinal que no ha tenido el debido mantenimiento exhibiendo actualmente un estado de transitabilidad limitado debido al desgaste de la plataforma de rodadura, la falta de obras de arte y sistemas de canalización de precipitaciones pluviales, que son en buena cuenta lo que por efectos de erosión y saturación conllevan al deterioro de la vía.

Es por este motivo que los moradores de la zona encuentran restricciones para trasladar sus productos a los mercados de la ciudad de Yurimaguas, viéndose esta problemática agudizada en épocas de lluvias lo que genera el encarecimiento del transporte, el deterioro de productos de pan llevar que no son transportados a tiempo y la imposibilidad de trasladar personas en caso de tener que atender emergencias médicas, por lo cual se hace necesario proponer su mejoramiento mediante la elaboración de un estudio técnico definitivo.

Se inicia a la altura del Km 90+420 de la carretera Tarapoto – Yurimaguas (Caserío Grau), con una pendiente negativa del 1.09% hasta al Km. 00+420, luego desciende con una pendiente del 1.87% hasta el Km. 01+000, a partir de este último punto la pendiente es positiva 2.75% hasta el Km. 1+080, continua con una pendiente de 8% hasta el Km. 1+100, prosigue con un descenso con una pendiente del 1.25% hasta llegar al Km. 01+180, hasta el Km. 2+280 asciende con una pendiente de 5.11%, continua con una pendiente negativa de 5.59% hasta el Km. 1+400, a partir de este último hasta el Km. 7+200 la plataforma actual se encuentra muy baja, con pendientes que van de 1 al 3%, los rellenos y cortes que se generan es por trazo horizontal.

Del Km. 7+200 la vía presenta pendientes negativas y positivas que van 1.69 % a 5.93%, en longitudes cortas de 100m, presentándose la rasante actual un perfil tipo ondas, esto hasta el punto final 9+400.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Generalidades

La red vial vecinal 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

Actualmente, la política económica en nuestro país está orientada a lograr de forma integral el desarrollo productivo, económico y social de las regiones, para lo cual el Gobierno Regional de San Martín ha visto por necesidad dotar de una mayor eficiencia y calidad en los servicios de tal forma que se asegure y promuevan las inversiones privadas que muchos beneficios generan en todos los campos de la actividad económica y social, por lo que es necesario e imprescindible estar acorde con la dinámica de desarrollo, liderar este proceso y siempre estar a la vanguardia de los cambios estructurales que sufre el país en su conjunto.

El crecimiento de la población hace que existan más necesidades de crecimiento de producción de alimentos básicos, por lo que los productores buscan aumentar áreas de cultivo, alejándose cada vez más de las vías principales como las vías nacionales y departamentales, por lo que se hacen necesarios la apertura y el buen estado de transitabilidad de nuevas vías de comunicación, para el transporte de los productos cultivados en la zona.

1.2. Exploración preliminar orientado a la investigación

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

Las vías vecinales apertura para la comunicación de dos puntos, requiere de un estado de transitabilidad adecuada y para ello es necesario hacer un trabajo adecuado y cumpliendo

con las normas y este proceso se denomina Diseño geométrico y realiza a través de los estudios preliminares como estudio de tráfico.

Para realizar un correcto trabajo de diseño geométrico, se hace necesario principalmente los trabajos de campo y como información primaria se considera las encuestas y aforos a los productores del sector, para obtener la información como las áreas cultivadas, los tipos de productos cultivados y los costos de transporte de los mismos.

El mayor porcentaje de los caminos vecinales de la provincia de Alto Amazonas no cuentan con un estado de transitabilidad adecuado, generando a la población preocupación y descontento con las autoridades, ya que el transporte de los productos de cultivo hacia los mercados de consumo se hace más difícil.

1.3. Aspectos generales del estudio

1.3.1 Características generales

1.3.1.1. Ubicación geográfica del proyecto

El tramo del Camino Vecinal en estudio se encuentra ubicado dentro de la jurisdicción de la Provincia de Alto Amazonas, distrito de Yurimaguas, pertenecientes al Departamento de Loreto; ubicado en la zona Nor Oriental del país, puntualizándose las siguientes coordenadas UTM. Siguiendo:

Punto de Inicio: Ubicado en el Km. 90+420 de la carretera Tarapoto –Yurimaguas caserío de Grau, desvío al lado derecho a 100 m antes de cruzar el Puente sobre el río Shanusi.

Punto inicial	: Caserío Grau.
Progresiva	: Km 00+000
Coordenada UTM Norte	: 9328680
Coordenada UTM Este	: 363543
Altitud	: 176.00 m.s.n.m.
Punto final	: Caserío Puerto Perú.
Progresiva	: Km 09+400 (puente)
Coordenada UTM Norte	: 9331120
Coordenada UTM Este	: 369587

1.4. Situación actual

Se inicia a la altura del Km 90+420 de la carretera Tarapoto – Yurimaguas (Caserío Grau), con una pendiente negativa del 1.09% hasta al Km. 00+420, luego desciende con una pendiente del 1.87% hasta el Km. 01+000, a partir de este último punto la pendiente es positiva 2.75% hasta el Km. 1+080, continua con una pendiente de 8% hasta el Km. 1+100, prosigue con un descenso con una pendiente del 1.25% hasta llegar al Km. 01+180, hasta el Km. 2+280 asciende con una pendiente de 5.11%, continua con una pendiente negativa de 5.59% hasta el Km. 1+400, a partir de este último hasta el Km. 7+200 la plataforma actual se encuentra muy baja, con pendientes que van de 1 al 3%, los rellenos y cortes que se generan es por trazo horizontal.

Del Km. 7+200 la vía presenta pendientes negativas y positivas que van 1.69 % a 5.93%, en longitudes cortas de 100m, presentándose la rasante actual un perfil tipo ondas, esto hasta el punto final 9+400.

1.5. Vías de acceso

El acceso a la zona del proyecto es por vía terrestre y vía aérea de la siguiente forme:

Por vía terrestre, Lima Chiclayo, Chiclayo- Tarapoto - Yurimaguas.

Por Avión Lima –Tarapoto

Ubicación del proyecto



Figura 1. Ubicación

1.6. Poblacion beneficiaria

La apertura de la trocha carrozable beneficiara directamente a los poblados de las localidades, Grau y Puerto Peru, que según dato del INEI – Censo del 2007 es un aproximado de 600 habitantes.

Características socio económicas

La población beneficiada son gente de la ciudad, casi el 90% tiene acceso a los servicios de agua potable, desagüe y salud.

En términos generales la producción agropecuaria actual está orientada a la explotación de pequeñas extensiones de cultivos transitorios y permanentes, tales como: plátano, yuca, arroz, etc.; cuya producción está destinada en su mayor parte al autoconsumo. Por otro lado, la actividad pecuaria y piscicultura tiene carácter empresarial, circunscribiéndose básicamente a una crianza de ganado vacuno y porcino los cuales están aclimatados a la zona.

Características físicas

Los rasgos geomorfológicos están estrechamente controlados por las estructuras resultantes de los procesos tectónicos recientes y el tipo de litología. Así como los eventos más recientes que son los que han dado la geomorfología actual.

1.7. Clima

La temperatura promedio máximo de todos los meses es de los 33° Celsius y promedio mínimo de los 23° Celsius; las precipitaciones superan los 1200 mm. En el Valle de este Distrito se encuentran gran cantidad de plantas cultivables y útiles; como también una gran variedad de maderas que necesitan un alto porcentaje de calor y humedad.

1.8. Limitaciones

Para el desarrollo no se ha tenido ninguna limitación toda vez que se podido conseguir todos los datos de campos suficientes para la elaboración del estudio definitivo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

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

2.1.1 Antecedentes del problema

Para encarar la solución de los problemas sociales y económicos del País, y en particular para incrementar la calidad de vida de la población rural, así como para restablecer la comunicación entre el campo y la ciudad, propiciando el retorno de la población campesina a sus comunidades de origen, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de Provias Descentralizado ha fijado metas, para lo cual ha adoptado políticas que incluyen objetivos de corto, mediano y largo plazo.

Una de estas políticas consiste en incrementar la inversión prioritaria en la Rehabilitación, Mantenimiento Periódico, Extraordinario y Emergencia de Caminos Vecinales de la infraestructura rural de transporte que haga posible la reactivación económica.

En tal sentido PROVIAS DESCENTRALIZADO ha contratado los servicios de Consultoría con la finalidad de realizar los estudios para la Rehabilitación del Camino Vecinal Grau – Puerto Perú, bajo los términos del Contrato y sus anexos, suscrito con la entidad.

En la Región de Loreto, 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.

2.1.2 Planteamiento del problema

El tramo de carretera existente entre las Localidades de Grau y Puerto Perú presenta en la actualidad problemas de deslizamiento en las zonas que existe deforestación sobre la plataforma de rodadura, esto debido a la estratigrafía del suelo, la cual tiene fallas geológicas debido a que la napa freática humedece constantemente el terreno de fundación lo cual

permite la socavación del suelo, razón por la cual siempre tiende a deslizarse, además por el mal estado que se encuentra dicha vía solamente es transitable en época de verano, no permitiendo sacar sus productos a los mercados regionales y nacionales.

2.1.3 Delimitación del problema

El problema está delimitado al **camino vecinal Grau-Puerto Perú provincia de Alto Amazonas distrito de Yurimaguas región Loreto.**

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

2.1.4 Formulación del problema a resolver

Los pobladores de las localidades de Grau y Puerto Perú Región Loreto Localidad de Yurimaguas, tienen la necesidad de contar con una vía de acceso rápida, que pueda integrarse con la Marginal Sur, 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: **¿Es factible mejorar las condiciones socio económicas de la población de de la Localidad de Grau y Puerto Peru?**

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Elaborar el Diseño Geometrico del Camino Vecinal Grau Puerto Peru que permita el desarrollo socio - económico y cultural de las comunidades que se encuentran en el área de influencia del proyecto.

2.2.2. Objetivos específicos

Elaborar el estudio Socio - Económico y cultural de las Comunidades que se encuentran en el Área de influencia del Proyecto.

Elaborar los estudios de ingeniería.

Efectuar los estudios de impacto ambiental.

2.3. Justificación de la investigación

Este proyecto surge como repuesta a un problema de adecuada transitabilidad de vehículos y pasajeros, el deterioro del camino que ocasiona en el poblador rural, en su condición de agricultor, dificultades para el traslado de sus productos, prolongado tiempo de traslado y elevado costo, colocando al agricultor en una situación desventajosa, ya que los precios de sus productos no compensan el incremento de los costos, lo que ocasiona un bajo nivel de vida de los pobladores.

La actual vía se encuentra a nivel de camino de herradura, siendo su superficie de circulación de terreno natural y en ciertos tramos de material granular con finos de alta plasticidad, que al menor contacto con el agua de las precipitaciones se convierte en lodazales y fango, asimismo en épocas de lluvias (meses de Enero a Marzo) las quebradas se activan, ocasionando interrupciones en la vía debido a la carencia del funcionamiento adecuado de las obras de arte y drenaje.

El Camino existente presenta una topografía plana a ondulada a lo largo de toda su trayectoria, la misma que presenta superficie deteriorada, con baches y bolonería, lo cual genera intransitabilidad, siendo difícil el acceso a los mercados de consumo y su integración local, regional y nacional.

2.4. Delimitación de la investigación

La investigación se limita a efectuar el **Diseño geométrico del camino vecinal Grau perto Perú provincia de Alto Amazonas distrito de Yurimaguas región Loreto** 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

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

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

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

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

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

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

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

2.5.2. Fundamentación teórica de la investigación

2.5.2.1. Parámetros de diseño

Velocidad directriz (V)

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

La elección de la velocidad directriz está influenciada principalmente por el relieve del terreno, el tipo de carretera a construir, los volúmenes y el tipo de tránsito que se esperan y otras consideraciones de orden económico.

Tabla 1

Valores de la directriz (Km/h)

Clase de	Topografía		
	Llana	Ondulada	Accidentada
Carretera			
Primera	100	60	45
Segunda	80	45	30
Tercera	50	35	25
Cuarta	30	25	20

Fuente: Caminos y Pavimentos p. Ing° Félix E. García Gálvez.

Variaciones de la velocidad directriz

Los cambios repentinos en la velocidad de diseño a lo largo de una carretera deberán ser evitados. De existir razones que justifiquen la necesidad de realizar cambios, éstos se efectuarán en incrementos o decrementos de 15 Km/h o en el 20% de la velocidad directriz, debiendo tomarse el menor de ellos.

Distancia de visibilidad de parada (Dp): Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que alcance un objeto inmóvil que se encuentra en su trayectoria. Las N.P.D.C. dan los valores de la Dp. en su Lámina 4.2.2.

Distancia de visibilidad de sobrepaso (Ds): Es la distancia mínima requerida por un vehículo para sobrepasar a otro.

Alineamiento horizontal

Homogeneidad del trazado

Las N.P.D.C. establecen que deberá evitarse pasar bruscamente de una zona de curvas de gran radio a otra de radios marcadamente menores; deberá pasarse en forma gradual,

intercalando entre una y otras, curvas de radio de valor decreciente, antes de alcanzar el radio mínimo. También deberá evitarse ángulos pequeños de deflexión.

En terreno llano deberá respetarse la siguiente condición: Para un ángulo de deflexión de 5° , la longitud de la curva no será menor de 150 m., para ángulos menores la longitud de la curva aumentará en 30 m. por cada grado de disminución del ángulo de deflexión. No se usará por razón algunos ángulos de deflexión menores de $59'$.

Curvas horizontales

Radios de diseño.

Los radios de las curvas están en función de la velocidad directriz y del peralte. Los radios mínimos a emplearse se especifican en las Tablas 5.3.1.1, 5.3.2.1 y 5.3.2.2 de las N.P.D.C

Tabla 2

Radios de diseño.

Velocidad directriz	Radios mínimos (m)			
	(Km/h)	Normal : p = 6%	Excep. : p = 8%	Excep. : p = 10%
30	30	27	25	

Fuente: Normas peruanas para el diseño de carreteras.

Peraltes

El peralte de una curva es la inclinación transversal que se dispone, a la plataforma de la carretera, en los tramos en curva con el objeto de contrarrestar la fuerza centrífuga, garantizándose así la estabilidad del vehículo ante el deslizamiento. Dichos valores se obtienen de la tabla 5.3.4.1 de las N.P.D.C.; para el presente estudio, en curvas con radios mayores de 330 m. se mantendrá el peralte de 2%.

Longitud de transición del peralte.

Es la longitud 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.

Las N.P.D.C. establecen que la longitud de rampa de peralte deberá obtenerse sin sobrepasar los siguientes incrementos de la pendiente del borde del pavimento.

0.5% cuando el peralte es menor a 6%

0.7% cuando el peralte es mayor a 6%.

Aplicando este criterio las fórmulas para calcular la longitud total mínima para la rampa de peralte, son:

$$Lrp = \left[\frac{(p+B)}{0.5, 0.7} \right] \left(\frac{1}{2} A \right)$$

Dónde : Lrp : Longitud de rampa de peralte (m)

A : Ancho de la faja de rodadura (m)

P : Peralte de la faja de rodadura (%)

B : Bombeo de la faja de rodadura (%)

Tabla 3

Longitud total mínima de rampa de peralte.

Pavimento	Ancho	Bombeo (%)	Peralte. (%)							
			2	3	4	5	6	7	8	9
3.00	1	9.00	12.0	15.0	18.00	21.0	17.14	19.29	21.4	23.5
			0	0	0			3	7	
	2	12.0	15.0	18.0	21.00	24.0	19.29	21.43	23.5	25.7
			0	0	0	0		7	1	
	3	15.0	18.0	21.0	24.00	27.0	21.43	23.57	25.7	27.8
			0	0	0	0		1	6	

Fuente: Caminos y Pavimentos p. Félix E. García Gálvez.

Sobreancho y transición del sobreancho.

Las N.P.D.C. en su ítem 5.3.5 establecen la necesidad de proveer, a las secciones en curva horizontal el sobreancho respectivo a fin de compensar el mayor espacio requerido por los vehículos. De otra parte indican que el sobreancho mínimo es 30 cm. y se da cada 30 cm.

El sobreancho afectará solamente a la superficie de rodadura y seguirá la misma inclinación del peralte respectivo, permaneciendo inalteradas las dimensiones y la inclinación de las bermas.

La fórmula de cálculo está dada por las N.P.D.C. ; propuesta por VOSHELL y recomendada por la A.A.S.H.O.:

$$Sa = n\left(R - \sqrt{R^2 - L^2}\right) + \left(\frac{V}{10\sqrt{R}}\right)$$

Dónde: Sa : 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)

Banqueta de visibilidad

Cuando se tiene secciones en corte completo o a media ladera, de modo que el talud de corte esta al interior de la curva, el conductor al recorrer la curva logra tener una visibilidad en rayos que son cuerdas tangentes al talud de corte a la altura del operador, si aquella tangente no tiene la distancia aproximada para maniobrar cuanto menos la parada, indiscutiblemente siempre existirá el riesgo de que el vehículo choque ante un objeto que está detenido en el carril de su trayectoria.

Existe la posibilidad que mediante un análisis numérico se haga el chequeo de la visibilidad y si el caso lo requiere diseñar el correspondiente corrimiento del talud de corte (Banqueta de Visibilidad) de modo que finalmente la visibilidad en la curva esté garantizada. La fórmula para tal chequeo se expone a continuación:

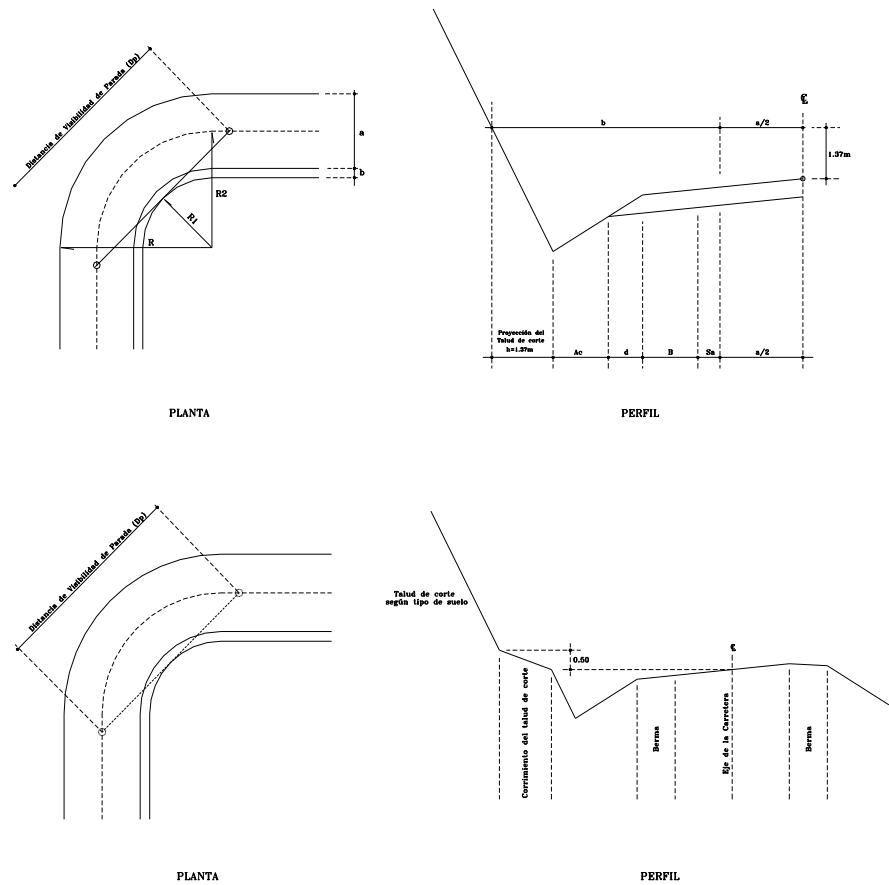


Figura 2: Visibilidad en curva - banqueta de visibilidad.

$$R_1 = R - a - b$$

$$R_2 = R - \frac{a}{2}$$

$$R_2^2 = R_1^2 + \left(\frac{dv}{2}\right)^2$$

$$\left(R - \frac{a}{2}\right)^2 = (R - a - b)^2 + \left(\frac{dv}{2}\right)^2$$

$$\text{Donde: } R = \frac{1}{(a + 2b)} \left[(a + b)^2 + \frac{dv}{4} - \frac{a^2}{4} \right]$$

Expresión que permite calcular el radio de la curva circular en función de los anchos a , b y dv (distancia de visibilidad) que se espera tener en las cuerdas de normal.

Si la exigencia mínima para la visibilidad en curva es la Distancia de Parada, tenemos:

$$\mathcal{R} = \frac{1}{a+2b} \left[(a+b)^2 + \frac{d_p}{4} - \frac{a^2}{4} \right]$$

Expresión que da el radio mínimo para garantizar que las secciones en corte en una curva permitan cuerdas de visibilidad de cuando menos la distancia de parada.

2.5.2.2. Elementos de curvas horizontales.

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

- PI : punto de intersección de dos alineamientos.
- PC : principio de curva.
- PT : principio de tangencia o término de curva.
- I : ángulo de intersección de dos alineamientos.
- R : radio de la curva.
- T : tangente de la curva.
- E : externa .
- Lc : longitud de curva circular (arco PC - PT).
- C : cuerda entre el PC y PT.
- f : flecha.

Tabla 4

Elementos de curvas simples.

Elemento	Símbolo	Fórmula
Tangente	T	$T = R \tan\left(\frac{I}{2}\right)$
Longitud de curva	Lc	$Lc = \frac{\pi R I}{180}$
Cuerda	C	$C = 2R \operatorname{sen}\left(\frac{I}{2}\right)$
Externa	E	$E = R \left[\sec\left(\frac{I}{2}\right) - 1 \right]$
Flecha	F	$F = R \left[1 - \cos\left(\frac{I}{2}\right) \right]$

Cuando la distancia entre el PT de entrada y el PC de salida de dos curvas de sentido contrario es menor que la suma de sus longitudes de rampa de peralte, se chequeará si éstas son reversas.

2.5.2.3. Perfil longitudinal

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.

En terreno accidentado o montañoso, será necesario adaptar la rasante al terreno, evitando los tramos en contrapendiente, cuando debe vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario.

2.5.2.6. Curvas verticales.

Las N.P.D.C. en su ítem 5.5.3 indican: Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea de 1% para carreteras con pavimento del tipo superior y de 2% para las demás. Además éstas deberán proyectarse de modo que permitan, cuando menos, la distancia de visibilidad mínima de parada y la distancia de sobrepaso para el porcentaje indicado en la Tabla 4.3.3.

Las curvas verticales son de dos tipos:

Por su forma: convexas y cóncavas.

Por la longitud de sus ramas: simétricas y asimétricas

El cálculo de las curvas verticales se realiza de la siguiente manera:

Para curvas simétricas: Cóncavas y convexas.

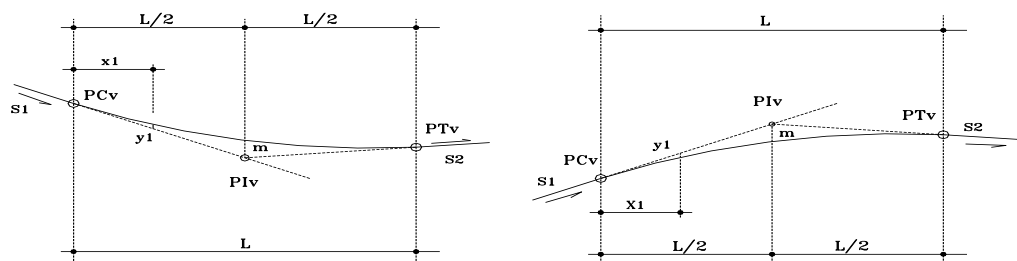


Figura 3: Curvas verticales simétricas.

Donde:

- PCv : Principio de curva vertical.
 Piv : Punto de intersección vertical.
 PTv : Principio de tangencia de curva vertical.

Las fórmulas de cálculo empleadas son:

$$A = S_1 \% - S_2 \% \qquad Y_i = \frac{X_i^2 A}{200L} \qquad m = \frac{LA}{800}$$

Dónde:

- A : Diferencia algebraica de pendientes (%)
 Si : Pendiente en cada tramo de subrasante (%)
 L : Longitud de la curva vertical (m)
 X_i, Y_i : Coordenadas rectangulares de un punto cualquiera de la curva tomadas a partir del PCV.
 m : Ordenada media.

Para curvas Asimétricas: cóncavas y convexas.

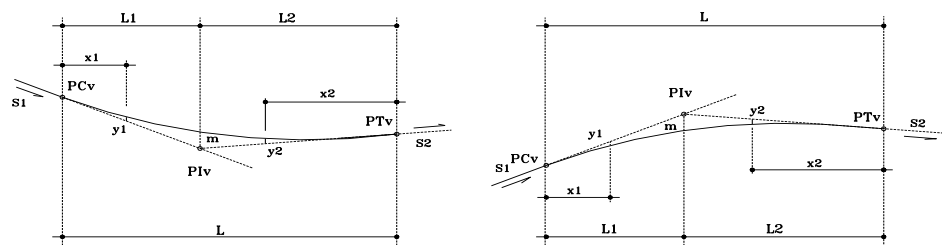


Figura 4: Curvas verticales asimétricas.

Las fórmulas de cálculo son las siguientes:

$$A=S_1\%-S_2\% \quad m = \frac{L_1 L_2 A}{200(L_1 + L_2)} \quad Y_1 = \left(\frac{X_1}{L_1}\right)^2 m$$

La longitud de las curvas verticales convexas se determinará con el gráfico de la Lámina 5.5.3.3.a de las N.P.D.C. , para el caso en que se desee contar con distancia de visibilidad de parada y con el de la Lámina 5.5.3.3.b para obtener visibilidad de sobrepaso.

La longitud de las curvas verticales cóncavas será determinada con el gráfico de la Lámina 5.5.3.4 .

2.5.2.4. Pendientes.

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

Pendientes mínimas. En los tramos en corte generalmente 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. Los límites máximos normales de pendientes se establecerán teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados en las condiciones más desfavorables de pavimento. Las N.P.D.C. en su tabla 5.5.4.3 , establecen:

Tabla 5

Pendientes máximas normales.

Altitudes (m.s.n.m.)	Pendiente (%)	Long. máx. (m)
<3000	7	800
>3000	6	800

Fuente: Normas peruanas para el diseño de carreteras.

Pendientes máximas excepcionales. Se recurrirá al empleo de ellos o de valores muy próximos, sólo en forma excepcional cuando exista motivos justificados para hacerlos y especialmente cuando el empleo de pendientes menores conduciría a alargamientos artificiales de recorrido o aumentos de tortuosidad en el trazado o a obras especialmente costosas. Las N.P.D.C. en su Tabla 5.5.4.4, indican:

Tabla 6

Pendientes máximas excepcionales.

Altitudes (m.s.n.m.)	Pendiente (%)	Long. Máx. (m)
<3000	8	300
>3000	7	300

Fuente: Normas peruanas para el diseño de carreteras.

Pendientes medias: Dado que el uso indiscriminado de pendientes, en especial los valores máximos normales y/o excepcionales, conduce a líneas de gradiente no apropiadas para el tránsito normal de los vehículos, en particular para los pesados, existen indicadores que regulan el valor de la pendiente media máxima para un conjunto de pendientes para determinada longitud del tramo y considerando el tipo de carretera y altitud a la que se encuentra el tramo. El chequeo de la pendiente media debe hacerse para tramos de 10 Km. de longitud de carretera.

Tabla 7*Pendientes medias permisibles para tramos de 10 Km.*

Clase de	Topografía	Pendiente media permisible según altitud (%)				
		0 a 1000	1000 a 2000	2000 a 3000	3000 a 4000	Más de 4000
Carretera	Plana	4.60	4.20	3.80	3.40	3.00
	Ondulada	4.60	4.20	3.80	3.40	3.00
Primera	Accidentada	4.60	4.20	3.80	3.40	3.00
	Plana	4.60	4.20	3.80	3.40	3.00
	Ondulada	4.60	4.20	3.80	3.40	3.00
Segunda	Accidentada	4.60	4.20	3.80	3.40	3.00
	Plana	5.00	4.60	4.20	3.80	3.40
	Ondulada	5.00	4.60	4.20	3.80	3.40
Tercera	Accidentada	5.00	4.60	4.20	3.80	3.40
	Plana	5.00	4.60	4.20	3.80	3.40
	Ondulada	5.00	4.60	4.20	3.80	3.40
Cuarta	Accidentada	5.00	4.60	4.20	3.80	3.40
	Ondulada	5.00	4.60	4.20	3.80	3.40

Fuente: Caminos y Pavimentos p. Ing° Félix E. García Gálvez.

2.5.2.5. Secciones transversales.

Ancho del pavimento.

Ancho de tramos en tangente. En la Tabla 5.4.1.1 de las N.P.D.C. se indican los valores apropiados del ancho de pavimento para cada velocidad directriz, en relación al tráfico previsto y a la importancia de la carretera.

Ancho de tramos en curva. El ancho anterior será aumentado con el sobreebanco respectivo para estos tramos.

Bombeo. Las carreteras con pavimento del tipo superior estarán provistas de bombeo en los tramos en tangente, con valores comprendidos entre 1 % y 2 %.

Las carreteras con pavimento del tipo intermedio o de bajo costo estarán provistas con valores entre 2 % y 3 %.

En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte respectivo.

Bermas. Son las fajas adyacentes a la superficie de rodadura cuya finalidad es servir de contención al borde del pavimento, así como también para la circulación eventual de peatones y acémilas.

La tabla 5.4.2.1 de las N.P.D.C. proporciona los valores adecuados del ancho de las bermas y el ítem 5.4.2.2 . la Inclinación de las Bermas, establece: En los tramos en tangente las bermas seguirán la inclinación del pavimento y en los tramos en curva se ejecutará el peralte según lo indicado en el ítem 5.3.4.3. Peralte de las Bermas:

La berma situada en la parte inferior del peralte, seguirá la inclinación de éste.

La berma situada en la parte superior del peralte será, en lo posible, horizontal o con inclinación igual a la del bombeo en sentido contrario al de la inclinación del peralte, de modo que escurra hacia la cuneta y no hacia el pavimento.

La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada, proyectadas de acuerdo con lo descrito anteriormente, será siempre igual o menor de 7%.

Ancho de la calzada. El ancho de la calzada resulta de la suma del ancho del pavimento y del ancho de las bermas.

Plazoletas de estacionamiento. las N.P.D.C. en su ítem 5.4.4 estipulan: Cuando el ancho de las bermas es menor que 2.4 mts. Se deberá prever, en cada lado de la carretera y a distancia no menor de 400 mts. Plazoletas de Estacionamiento de dimensiones mínimas utilizables, de 3.00 x 30 mts. , además de aquellas necesarias para los medios de transporte público. Las plazoletas estarán provistas de pavimento apropiado.

Taludes. Talud, es cualquier superficie inclinada con respecto a la horizontal que adopta una masa de tierra con la intervención de la mano del hombre.

Los valores de la inclinación de los taludes para las secciones en corte será, de modo general, los indicados en la tabla 5.4.6.2 de las N.P.D.C. y para las secciones en relleno los indicados en la tabla 5.4.6.4. de las mismas.

Tabla 8

Taludes de corte.

Clase de terreno	Talud V : H
Roca fija	10 : 1
Roca suelta	4 : 1
Conglomerados	3 : 1
Tierra compacta	2 : 1
Tierra suelta	1 : 1
Arena	1 : 2

Tabla 9

Taludes de relleno.

Material	Talud V : H
Enrocado	1 : 1
Terrenos varios	1 : 1.5
Arena	1 : 2

2.5.2.6. Estudio de suelos

Ensayos de laboratorio.

Los ensayos de laboratorio a realizar a las muestra de suelo obtenidas pueden ser: físico-mecánicos o químicos. Los ensayos químicos permiten conocer la naturaleza y composición química del suelo y los análisis físicos o físico-mecánicos, el comportamiento del suelo ante la acción de las cargas externas.

Entre los análisis físicos o físico-mecánicos, tenemos:

Contenido de humedad.

Peso específico (Norma AASHO: T-100-70, T-85-70, T-84-70; según sea el caso).

Límite líquido (Norma AASHO T-89-68).

Límite plástico (Norma AASHO T-90-79).

Humedad óptima y densidad máxima. Ensayo de compactación (Norma AASHO: T-99-70, T-180-70; según sea el caso).

Ensayo California Bearing Ratio (*CBR*).

Ensayo de desgaste por abrasión (Norma AASHO T-96-65).

Análisis granulométrico.

Clasificación de suelos.

Contenido de humedad (W %).

Se define como la relación entre el peso del agua contenida en la muestra de suelo y el peso de la muestra completamente seca (fase sólida). Se expresa en porcentaje.

$$\omega(\%) = \frac{P_w}{P_s} * 100$$

Donde:

$\omega(\%)$: Contenido natural de humedad dado en porcentaje.

P_w : Peso del agua

P_s : Peso de la muestra seca.

En el laboratorio se emplea la siguiente fórmula para la obtención del contenido de humedad.

$$\omega(\%) = \frac{P_{mh} - P_{ms}}{P_{ms}} * 100$$

Donde:

- $\omega(\%)$: Contenido de humedad en porcentaje.
 P_{mh} : Peso de muestra húmeda.
 P_{ms} : Peso de la muestra seca.

El contenido de humedad natural, es necesario para establecer las condiciones de humedad de los suelos In Situ.

Peso específico relativo (S_s)

El peso específico de un suelo se define como la relación en peso, en el aire, de las partículas sólidas y el peso en el agua destilada considerando un mismo volumen y una misma temperatura. Se considera dos casos:

Para partículas mayores a 4.75mm. (tamiz N°4), se usa la Norma AASHO T-85-70 (Suelos gruesos)

$$S_s = \frac{A}{A - C}$$

Dónde: A : peso, al aire, de la muestra secada al horno (*gr*).

C : peso, al aire, de la muestra sumergida en agua (*gr*).

- i) Para partículas menores a 4.75mm. (tamiz N°4), se usa la Norma AASHO T-100-70 (Suelos finos)

$$S_s = \frac{W_s}{W_s + W_{fw} + W_{fsw}}$$

Dónde: W_s : peso de la muestra secada al horno

W_{fw} : peso de la fiola con agua hasta la marca de calibración

W_{fsw} : peso de la fiola con agua y suelo hasta la marca de calibración

Nota: El peso de la muestra (W_s) debe determinarse después de la prueba.

Límites de consistencia o de Atterberg.

Entiéndase por consistencia al grado de cohesión de las partículas de un suelo y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a deformar o destruir su estructura. Los límites de consistencia de un suelo están representados por contenidos de humedad y se determinan a partir de la fracción de suelo que pasa el tamiz N°40.

Límite líquido (LL).

Contenido de humedad correspondiente a la frontera convencional entre los estados semilíquido y plástico de un suelo.

El límite líquido de un suelo da una idea de la resistencia al corte para determinado contenido de humedad. Un suelo cuyo contenido de humedad sea aproximadamente igual o mayor a su límite líquido, tendrá una resistencia prácticamente nula. Los materiales granulares (arena, limo) tienen límites líquidos bajos (25% a 35%) y las arcillas (mayores de 40%) .

El límite líquido se obtiene de la curva de fluidez, la que se consigue graficando a escala logarítmica el número de golpes en el eje de abscisas y a escala natural los contenidos de humedad en el eje de ordenadas. El contenido de humedad correspondiente a 25 golpes representa el *LÍMITE LÍQUIDO* del suelo en estudio.

Es posible también obtener el límite líquido haciendo uso de la ecuación propuesta por la Bureau Of Publics Roads, de los Estados Unidos.

$$LL = \frac{W}{1.419 - 0.3 \text{Log } s}$$

Donde:

W : Contenido de humedad de la muestra cuando se une a los “S” golpes.

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

Límite plástico (Lp).

En Mecánica de Suelos puede definirse la plasticidad como la propiedad de un suelo por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas sin variación volumétrica apreciable y sin deformarse ni agrietarse.

El límite plástico se define como el contenido de humedad correspondiente a la frontera convencional entre los estados plástico y semisólido. Las arenas no tienen plasticidad, los limos la tienen, pero muy poca; en cambio las arcillas, y sobre todo aquellas ricas en material coloidal son muy plásticas.

Si se construyen terraplenes o sub bases, deberá evitarse compactar el material cuando su contenido de humedad sea igual o mayor a su límite plástico.

El límite plástico se determina al sufrir el agrietamiento y desmoronamiento los rollitos de aproximadamente 3mm. de diámetro al ser rodados sobre superficies de papel o de vidrio. En dicho instante se determina el contenido de humedad.

Índice de plasticidad (IP)

Definido como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$IP = LL - LP$$

Un índice plástico elevado, indica mayor plasticidad. Algunos suelos finos y arenas carecen de plasticidad; por lo que en dichos casos el índice de plasticidad se considera como cero.

Ensayo de compactación: Humedad óptima y densidad máxima.

Se entiende por compactación de los suelos el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos.

Para el presente estudio se ha utilizado el Método Proctor Modificado, determinando la humedad óptima y la densidad seca máxima de la curva de compactación; valores de mucha importancia para verificar la compactación en campo.

$$D_s = \frac{D_h}{1 + w/100} ; \quad D_h = \frac{W_h}{V_m}$$

Dónde:	D_s	:	densidad seca (gr/cm ³)
	D_h	:	densidad húmeda (gr/cm ³)
	w	:	contenido de humedad (%)
	W_h	:	peso de la muestra húmeda (gr)
	V_m	:	volumen de la muestra húmeda (cm ³)

Tabla 10

Contenidos óptimos de humedad y densidades secas máximas.

<i>Tipo de suelo</i>	<i>Proctor Standard</i>		<i>Proctor modificado</i>	
	<i>w_{opt.} (%)</i>	<i>D_smáx (gr/cm³)</i>	<i>w_{opt.} (%)</i>	<i>D_smáx (gr/cm³)</i>
Grava arenosa bien graduada				
$Cu=15$	7	2.12	5-6	2.22
Arena gravillosa				
$Cu=7$	10	1.98	7-9	2.08
Arena gruesa y arena media				
$Cu=3$	11	1.85	8-10	1.94
Arena fina				
$Cu=2$	12	1.70	9-11	1.85
Limo arenoso	14	1.75	14	1.84

Fuente: Mecánica de Suelos p. Peter Wilhem Wicke

Ensayo California Bearing Ratio (Cbr)

Para determinar el grado de resistencia de los suelos se usan los siguientes ensayos:

Ensayo al corte. - Se realizan con muestras pequeñas que sirven únicamente para determinar propiedades de resistencia en un punto determinado; por ello para tener un conocimiento conjunto de la resistencia del suelo, es necesario ejecutar cierto número de ensayos de muestras de diferentes puntos de la zona en estudio. Con este ensayo se pretende determinar la cohesión y el ángulo de fricción interna, puesto que la resistencia depende de estos factores.

Ensayo de carga. - Estos ensayos se realizan en el campo y sobre la masa del suelo, por cuya circunstancia los resultados están en dependencia por la variación de las propiedades del suelo dentro de la zona afectada por las tensiones. Permite sin embargo, una medida conjunta de la resistencia del suelo suficientemente válido, como para demostrar su comportamiento genérico.

Ensayo de penetración. - Realizado unas veces en el campo y otras en el laboratorio. Para este estudio, llevamos a cabo el ensayo de CBR que es un ensayo de carga - penetración.

En este método se establece una solución entre la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad de soporte como base de sustentación para pavimentos flexibles.

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

$$CBR = \frac{\text{Esfuerzo en el suelo ensayado}}{\text{Esfuerzo de la muestra patron}} * 100$$

Dado que el comportamiento de los suelos varía de acuerdo con el grado de alteración, granulometría y características físicas, para determinar el CBR de un suelo básicamente se realizan los siguientes ensayos:

Determinación de la densidad máxima y humedad óptima.

Determinación de las propiedades de expansión del material (hinchamiento).

Determinación de la resistencia a la penetración.

Procedimiento:

Se pulveriza aproximadamente 45 kg. de material que pasa a través del tamiz 3/4" y se desecha la parte retenida. Se reemplaza este material retenido con otro similar que pasando el tamiz 3/4" queda retenido en la malla N° 4.

Se determina el contenido óptimo de humedad de este material usando el método AASHO modificado (AASHO Standart T - 180).

Se pesa tres moldes CBR y se unen estos y sus anillos de extensión a las placas de base. Ponemos un disco espaciador sobre la placa de la base de cada molde.

Se compactan tres muestras (cada muestra aproximadamente de 5 kg). Se toma de la carga superior e inferior porciones de suelo para determinar el contenido de humedad.

La compactación de los moldes se efectúa de la siguiente manera:

Molde N° 1 : 5 capas con 55 golpes por capa

Molde N° 2 : 5 capas con 25 golpes por capa

Molde N° 3 : 5 capas con 12 golpes por capa

La capa superior debe penetrar al menos 1" dentro del anillo de extensión y cada capa compactada debe tener aproximadamente 1" de espesor.

Se quita el anillo de cada uno de los moldes y se enrasa la muestra, separamos la placa de la base y el disco espaciador y luego se pesa el molde conteniendo la muestra.

Se coloca el papel filtro sobre la placa base, luego se gira el molde, de modo que la parte superior quede abajo y nuevamente se fija a la placa base.

La muestra está ya preparada para ser empapada o para ensayarla sino hubiere necesidad de ello.

Empapado de la muestra y medida de hinchamiento

Para reproducir las condiciones del campo, la muestra se empapa bajo una sobrecarga que equivale al peso producido por el suelo, base o pavimento que descansará sobre el material una vez terminada la estructura. Se coloca el papel filtro sobre la parte superior de la muestra, luego se sitúa la placa perforadora con vástago ajustable sobre el papel filtro y a continuación se coloca el número requerido de pesas sobre la placa (aproximadamente 10 libras).

El trípode con el deflectómetro se coloca sobre el borde del molde y se ajusta el vástago de la placa perforada.

Se sumerge la muestra en un depósito con agua, se ajusta el deflectómetro en el trípode y se coloca en la posición cero. Se toman las lecturas de deformación durante cuatro días, cada 24 horas.

Después de cuatro días se saca el molde del depósito, se deja escurrir el exceso de agua durante 15 minutos, estando la muestra lista para el ensayo de penetración.

Resistencia a la penetración

La muestra preparada y compactada con sobrecargas se la someterá a la prueba de penetración, aplicando un pistón ($\phi = 2''$), cuya velocidad de penetración sea aproximadamente 0.05 pulg/min.

Las lecturas de carga se registran de acuerdo a las siguientes penetraciones:

0.025'' (0.635 mm)
0.050'' (1.270 mm)
0.075'' (0.075 mm)
0.100'' (2.540 mm)
0.200'' (5.080 mm)
0.300'' (7.620 mm)
0.400'' (10.16 mm)
0.500'' (12.70 mm)

Después que haya sido ensayada la muestra para el control de humedad, se sacará muestras de la parte superior e inferior del espécimen, para determinar su contenido de humedad.

Se calcula la presión aplicada dividiendo la carga entre el área del pistón y se dibuja la curva esfuerzo - deformación.

Después de haber graficado las curvas esfuerzo - deformación de los moldes N° 1, N° 2 y N° 3, se determina el C.B.R. para cada molde y para las penetraciones de 0.1" y 0.2", mediante la fórmula indicada anteriormente.

Los valores correspondientes a la muestra patrón son:

Para 0.1" : 1000 lb/ pulg^2

Para 0.2" : 1500 lb/ pulg^2

El CBR a considerar será el correspondiente al 95% de la Densidad Seca Máxima del proctor modificado, para lo cual después de haber graficado las curvas CBR VS Densidad Seca, se ingresa con el valor de 95% de densidad seca máxima y se traza una paralela al eje de las abscisas hasta cortar a las curvas, por éstos puntos trazamos paralelas al eje de las ordenadas obteniendo de éste modo el CBR correspondiente a 0.1" y 0.2" , de los cuales se toma el mayor valor.

Solamente realizamos los ensayos para el estrato sub-rasante de cada calicata. Se detallan los valores de los ensayos de Contenido de Humedad Natural, Peso Específico de los Sólidos, Límites de Consistencia, Análisis Mecánico por tamizado y la Curva Granulométrica correspondiente. También hacemos la respectiva Clasificación por el Sistema AASHO.

Tabla 11*Valores correspondientes a la muestra patrón (Macadam)*

Unidades	Métricas	Unidades	Inglesas
Penetración (mm)	Carga unitaria (Kg/cm²)	Penetración (mm)	Carga unitaria (lbs/pulg²)
2.54	70.31	0.10	1000
5.08	105.46	0.20	1500
7.62	133.58	0.30	1900
10.16	161.71	0.40	2500
12.70	182.80	0.50	2600

Fuente: Mecánica de Suelos p. Peter Wilhem Wicke**F. Ensayo de desgaste por abrasión.**

La carga abrasiva consiste de esferas de acero de las siguientes características:

Diámetro : 1 ²⁷/₃₂ pulg. (46.8mm.).

Peso : 390 a 445 gramos.

El número de esferas es función del peso de la carga a ensayar.

Tabla 12*Carga abrasiva máquina de los Ángeles.*

Granulometría	N° de esferas	Peso de carga (gr)
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15

Fuente: Carreteras, calles y autopista p. Raúl Valle Rodas.

La carga abrasiva que se coloque en la máquina de los ángeles dependerá de la granulometría de la muestra a ensayar.

Tamices		Granulometría de las muestras			
(abertura)		(peso en gramos)			
Pasa	Retenido	A	B	C	D
1 ½"	1"	1250±25	-	-	-
1"	¾"	1250±25	-	-	-
¾"	½"	1250±10	2500±10	-	-
½"	3/8"	1250±10	2500±10	-	-
3/8"	¼"	-	-	2500±10	-
¼"	N° 4	-	-	2500±10	-
N° 4	N° 8	-	-	-	5000±10
Total		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

Fuente: Carreteras, calles y autopista p. Raúl Valle Rodas

Tamiz		Gradación de las muestras		
(abertura)		(peso en gramos)		
Pasa	Retenido	1	2	3
3"	2 ½"	2500±50	-	-
2 ½"	2"	2500±50	-	-
2"	1 ½"	2500±50	5000±50	-
1 ½"	1"	-	5000±25	5000±25
1"	¾"	-	-	5000±25
Total		10000±100	10000±75	10000±50

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos. UNC.

Cálculo del porcentaje de desgaste ($D\%$)

$$D(\%) = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

Peso inicial : peso de la muestra lavada y secada al horno, antes del ensayo.

Peso final : peso de la muestra que queda retenida en la malla N°12 después del ensayo.

Tabla 13

Porcentaje de desgaste para evaluar los resultados del ensayo de los Ángeles.

Desgaste (%)	Tipo de ensayo	Utilidad
30	AASHO T-96	para todo uso
50	AASHO T-96	para capa de base
60	AASHO T-96	Para capa de subbase
> 60	AASHO T-96	no sirve el material

Fuente: Carreteras, calles y autopista p. Raúl Valle Rodas.

G. Análisis granulométrico

Llamado también Análisis Mecánico y consiste en la determinación de los porcentajes de piedra, grava, arena, limo y arcilla que existe en una muestra de suelo al realizar el tamizado respectivo. El tamizado puede hacerse tanto en seco (para suelos no cohesivos) como por lavado (para suelos cohesivos), dependiendo del grado de cohesión del suelo. Si el suelo contiene un porcentaje apreciable de material fino (limo, arcilla) que pasa el tamiz N° 200, se usa métodos basados en el principio de sedimentación, tales como: la Prueba del Hidrómetro y el Método del Sifoneado.

Los resultados del análisis mecánico se representan por medio de una gráfica denominada Curva Granulométrica, la que se obtiene al dibujar el tamaño de las partículas en el eje de abscisas y el porcentaje, en peso, de las partículas menores que el tamaño correspondiente en el eje de las ordenadas.

La forma de la curva granulométrica da una idea inmediata de la distribución granulométrica del suelo; un suelo constituido por partículas de un solo tamaño, estará representado por una *LINEA VERTICAL*; en cambio una curva muy tendida, indica gran variedad en tamaños (suelo bien graduado).

De este gráfico se obtiene los valores de D_{10} , D_{30} y D_{60} ; que son los diámetros en mm. correspondientes al 10%, 30% y 60% que pasa, respectivamente; los cuales han de ser empleados en la determinación de los Coeficientes de Uniformidad (C_u) y Curvatura (C_c), según las fórmulas siguientes:

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

Si:

$$C_u < 3 \Rightarrow \text{Muy uniforme}$$

$$3 < C_u < 15 \Rightarrow \text{Heterogeneo}$$

$$15 < C_u \Rightarrow \text{Muy Heterogeneo}$$

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

Si:

$$1 < C_c < 3 \Rightarrow \text{Bien Graduado}$$

El valor numérico del coeficiente de uniformidad decrece cuando la uniformidad aumenta.

H. Clasificación de suelos

H.1. Sistema de clasificación AASHO (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS). (ASOCIACIÓN AMERICANA DE AGENCIAS OFICIALES DE CARRETERAS)

La clasificación *AASHO* considera siete grupos que van desde el *A-1* al *A-7* con sus respectivos subgrupos.

La clasificación se basa específicamente en la composición granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad del suelo.

La evaluación de cada grupo se hace por medio de su “índice de grupo”, siendo el parámetro que representa el buen o mal comportamiento del suelo como subbase de carreteras. A mayor índice de grupo, menor resistencia del suelo.

La fórmula de cálculo del índice de grupo es:

$$IG = (F - 35)[0.20 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

Dónde:

F: porcentaje de suelo que pasa la malla N°200, expresado como número entero

LL : límite líquido.

IP : índice plástico.

El índice de grupo, siempre se reporta aproximándolo al número entero más cercano; a menos que su valor calculado sea negativo, en cuyo caso se reporta como cero. El índice de grupo debe ser agregado a la clasificación del grupo y subgrupo.

Podemos indicar que este sistema de clasificación es uno de los más adecuados en cuanto a construcción de vías porque nos permite conocer el comportamiento general del suelo como cimiento, así como otras propiedades: como permeabilidad, elasticidad, capilaridad, elasticidad.

Por ejemplo, un suelo arcilloso que tenga un índice de grupo de 15, puede clasificarse como *A-7-6 (15)*.

Los índices de grupo de los suelos granulares están generalmente comprendidos entre 0 y 4; los correspondientes a suelos limosos entre 8 y 12 y de los arcillosos entre 10 y 20.

El grupo A-7, se subdivide en dos subgrupos A-7-5 y A-7-6, de acuerdo a:

Límite plástico	Índice de plasticidad
A-7-5, si $LP > 30$	A-7-5, si $IP \leq LL-30$
A-7-6, si $LP \leq 30$	A-7-6, si $IP > LL-30$

H.2. Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

Este sistema abarca los suelos gruesos y finos, distinguiendo ambos por el tamizado a través de la malla N°200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y los finos, menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

Suelos gruesos:

Grava y suelos gravosos (G)

Arena y suelos arenosos (S)

Las gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos:

Material prácticamente limpio de finos, bien graduado (W).

Material prácticamente limpio de finos, mal graduado (P).

Material con cantidad apreciable de finos no plásticos (M).

Material con cantidad apreciable de finos plásticos (C).

Suelos finos:

Limos inorgánicos : M

Arcillas inorgánicas : C

Limos y arcillas orgánicas : O

Cada uno de estos tres tipos de suelo se subdivide según su límite líquido, en dos subgrupos:

Suelos con límite líquido menor de 50%, es decir, suelos de compresibilidad baja a media, se añade al símbolo genérico la letra *L*, obteniéndose por esta combinación los grupos *ML*, *CL* y *OL*.

Suelos con límite líquido mayor de 50%, suelos de alta compresibilidad, lleva tras el símbolo genérico la letra *H*, teniéndose así los grupos *MH*, *CH* y *OH*.

2.5.3.- Estudio de estabilidad de taludes.

Se comprende bajo el nombre genérico de taludes, a cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal, que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra, bien sea en forma natural o como consecuencia de la intervención humana en una obra de ingeniería.

Tanto por el aspecto de inversión así como por las consecuencias de las fallas que puedan producirse en los taludes, éstos constituyen problemas ingenieriles que exigen el cuidado del proyectista.

Es necesario dejar establecido el hecho de que la determinación del estado de esfuerzos en los diferentes puntos del medio material que constituyen un talud es un problema no resuelto en general en la actualidad.

Al hacer el análisis de un talud se supone que la falla ocurre como un deslizamiento de la masa del suelo, actuando como un cuerpo rígido, a lo largo de una superficie de falla.

Bajo el título genérico de Método Sueco se comprenden todos los procedimientos de Análisis de Estabilidad respecto a falla por rotación, en las que se considera que la superficie de falla es un cilindro, cuya traza en el plano en el que se calcula es un arco de circunferencia.

Existen varios procedimientos para aplicar este método a los distintos tipos de suelo a fin de ver si un talud dado tiene garantizada su estabilidad.

2.5.3.1. Tipos y causas de fallas más comunes:

A. Falla por deslizamiento superficial.

Casi la totalidad de taludes están sometidos a fuerzas naturales que tienden a hacer que las partículas y porciones de suelo próximas a su frontera deslicen hacia abajo, haciéndose dicho fenómeno más evidente cerca de la superficie inclinada del talud a causa de la falta de

presión normal confinante que allí existe. El desequilibrio del talud puede producirse debido a las siguientes causas:

Aumento de las cargas actuantes en la corona del talud

Disminución de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante

La conformación geológica, en laderas naturales.

Este tipo de falla es muy frecuente y peligrosa en laderas naturales y, en este caso, generalmente abarca a áreas tan importantes que cualquier solución para estabilizar una estructura alojada en dicha zona resulta antieconómica, no quedando más recursos que la reubicación de la obra.

B. Deslizamiento en laderas naturales sobre superficies de falla preexistentes.

A diferencia del anterior, este tipo de falla se produce a mayor profundidad, llegando muchas veces a producir una verdadera superficie de falla. Estos movimientos a veces son tan lentos que pasan inadvertidos, hasta el momento que ha de desarrollarse alguna obra en la zona; si los movimientos son más frecuentes se puede llegar a producir un deslizamiento de tierras.

La mayor parte de este tipo de movimientos están asociados a ciertas estratigrafías favorables a ellos y a flujos estacionales de agua en el interior de la ladera.

C. Falla por movimiento del cuerpo del talud.

En contraste con los movimientos superficiales lentos, descritos en el inciso anterior, pueden ocurrir en los taludes movimientos bruscos que afectan a masas considerables de suelo, con superficies de falla que penetran profundamente en su cuerpo. Estos fenómenos reciben comúnmente el nombre de deslizamiento de tierras; dentro de éstos existen dos tipos claramente diferenciados:

Fallas por rotación. Movimiento del talud a lo largo de una superficie curva, la cual puede asimilarse, por facilidad y sin error mayor, a una circunferencia.

Fallas por traslación. Fallas que ocurren a lo largo de superficies débiles, asimilables a un plano en el cuerpo del talud o en su terreno de cimentación. Estos planos débiles suelen ser horizontales o muy poco inclinados respecto a la horizontal.

D. Fallas locales.

Movimientos relativamente superficiales que ocurren en el cuerpo del talud. Se considera los siguientes tipos de fallas:

a. Flujos. Movimientos más o menos rápidos de zonas localizadas de una ladera natural, de manera que el movimiento en sí y la distribución aparente de las velocidades y los desplazamientos asemejan el fluir de un líquido viscoso. No existe, en sí, una superficie de falla, o ésta se desarrolla en un lapso muy breve al inicio del fenómeno.

Este tipo de fallas puede ocurrir en cualquier formación no cementada, incluyendo fragmentos de roca, hasta arcillas francas; suceden en materiales secos, como húmedos.

b. Fallas por erosión. Falla superficial provocada por la acción del viento, agua, etc., en taludes. El fenómeno es tanto más notorio cuando más empinadas sean las laderas de los taludes.

c. Falla por licuación. Estas fallas ocurren cuando en la zona del deslizamiento el suelo pasa rápidamente de una condición más o menos firme a la correspondiente a una suspensión con la pérdida casi total de resistencia al esfuerzo cortante. El fenómeno puede ocurrir tanto en las arcillas extrasensitivas como en arenas poco compactas.

2.5.3.2. Algunos métodos para mejorar la estabilidad de taludes:

A. Tender taludes.

El tendido de taludes constituye una de las soluciones más sencillas en la práctica; pero no siempre realizable.

Este método da muy buenos resultados en suelos puramente friccionantes, en los cuales la estabilidad de taludes es función de la inclinación del talud, lográndose la estabilidad requerida por un tendido conveniente de éste.

B. Empleo de bermas laterales o frontales.

Las bermas son masas de suelo generalmente del mismo material que el propio talud, colocadas en el lado exterior del mismo con la finalidad de aumentar su estabilidad. El incremento de la estabilidad se debe básicamente a la disminución del momento motor o al incremento del momento resistente.

C. Empleo de materiales ligeros.

Como su nombre lo indica, consiste en colocar como material de terraplén suelos de peso específico bajo, los que consecuentemente den bajos momentos motores.

D. Empleo de materiales estabilizantes.

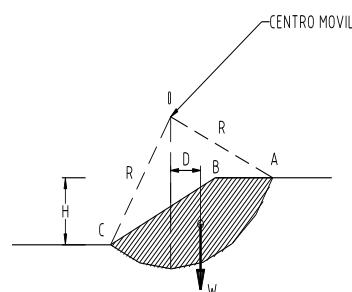
Consiste en mejorar las cualidades de resistencia de los suelos adicionando algunas sustancias, que al producir una cementación entre las partículas de suelo natural o al mejorar sus características de fricción aumenten su resistencia en los problemas prácticos. Las sustancias más empleadas lo constituyen los cementos y asfaltos.

E. Precauciones de drenaje.

Una de las causas principales y más frecuentes de la estabilidad de taludes en obras de ingeniería es, sin duda, la presencia del agua y su movimiento por el interior de la masa de suelo, en tal sentido es indispensable proyectar obras de drenaje que eliminen las filtraciones y flujos. Las estructuras comunes como cunetas, alcantarillas, etc., debidamente proyectadas y construidas han demostrado hoy ser indispensable y no es buena la técnica ingenieril que regatea la inversión o esfuerzos en esta dirección.

F. Empleo de muros de retención.

Estructuras que se construyen cuando el talud es en sí inestable. En general, el muro de retención como elemento estabilizador de taludes constituye una de las estructuras más delicadas en lo referente a su proyecto y construcción y es recomendable que ambas etapas sean muy cuidadosamente supervisadas por el especialista.



Considérese un arco de circunferencia de centro O y radio R como la traza de una superficie hipotética de falla con el plano del papel. La masa de talud que se movilizaría, si esa fuera la superficie de falla, aparece rayada en la figura 2.1, puede considerarse que las fuerzas actuantes, es decir, las que tienden a producir el deslizamiento de la masa de tierra, son el peso del área ABCDA (nótese que se considera un espesor de talud normal al papel de magnitud unitaria y que bajo esa base se hacen todos los análisis que siguen) más cualesquiera sobrecargas que pudieran actuar sobre la corona del talud. El momento de estas fuerzas en torno a un eje normal a través de O según la figura 2.1 en la que no se consideran sobrecargas, será simplemente:

$Mm = Wd$ que es el llamado momento motor.

2.5.3.3. Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante para el análisis de estabilidad:

Según Coulumb, los suelos presentan “Cohesión” y “Fricción Interna”, por lo que puede asignárseles una Ley de Resistencia, ésta ecuación conocida en Mecánica de suelos Ley de Coulumb se escribe como sigue:

$$S = \sigma \text{Tang } \phi + c$$

Donde:

σ = Esfuerzo normal que actúa sobre el plano de ruptura.

ϕ = Ángulo de fricción interna del material.

C = Resistencia a la deformación plástica del terreno.

En la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas. Depende, por lo tanto de la granulometría del material, de la forma de sus partículas y de su densidad.

Como los suelos granulares tienen superficies de contacto y sus partículas son granulares, presentan una buena trabazón tendrán fricciones internas altas, en cambio los finos presentan presiones bajas.

La fricción interna de un suelo, está definido por el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el desplazamiento, a lo largo del plano de falla, así como la fuerza normal “p” aplicada a dicho plano. Los valores de este ángulo llamado “Ángulo de Fricción

Interna ϕ^c , varían de 0° para arcillas plásticas cuya consistencia está próxima a su límite líquido, hasta 45° ó más, para gravas y arenas secas compactadas y partículas angulares generalmente el ángulo ϕ para arenas es alrededor de 30° .

Para la determinación de los parámetros anteriormente mencionados se hace el respectivo estudio en laboratorio de suelos (Ensayo de Comprensión Triaxial).

Para realizar este análisis es necesario obtener muestras inalteradas, y obtenidas a la profundidad necesaria para el análisis de la estabilidad de taludes, sobre todo cuando se trata de estratos no homogéneos (que es el caso más general), precisamente debido a que el equipo necesario para la obtención de muestras con las características anteriormente descritas, resulta ser costoso, su traslado al lugar de la obra, y además de ello, se ha observado que los resultados obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos, defieren grandemente de los valores dados por la mayoría de los investigadores. Por tanto en el presente estudio se optó por considerar valores dentro de los intervalos recomendados por los textos de Mecánica de Suelos.

Análisis de la estabilidad de taludes

Una vez seleccionados los valores de ϕ y C, de cada tipo de suelo se procede a realizar el Análisis de Estabilidad.

El análisis de estabilidad de taludes no es más que un chequeo del factor de seguridad, del talud propuesto; de tal manera que para decir si un talud es estable o no, el factor de seguridad será mayor o igual que el factor de seguridad recomendado, dependiendo del tipo de obra.

Para carreteras se considera un valor aceptable $F_s \geq 1.3$; algunos autores, con un criterio conservador, consideran $F_s \geq 1.5$ como un valor aceptable.

Hay que indicar sin embargo que éste factor no debe ser muy superior a los valores anteriormente mencionados, lo que indicaría un mayor costo del proyecto.

Hemos aplicado el Método Simplificado de Alan Bishop, que es un método computarizado.

Método simplificado de Alan Bishop

A la versión original presentada por Alan Bishop en 1955, se ha adicionado una fuerza estática horizontal que simula los esfuerzos sísmicos.

La hipótesis es la siguiente:

- a) Mecanismo de falla circular.
- b) La fuerza cortante entre dovelas X_i es nula.
- c) La fuerza normal N_i actúa en el punto medio de la base de la dovela.
- d) Para cada dovela se satisface el equilibrio de fuerzas verticales, pero no así el equilibrio de fuerzas horizontales, ni el equilibrio de momentos.
- e) Para la masa total deslizante se satisface el equilibrio de fuerzas verticales y de momentos, más no el equilibrio de fuerzas horizontales.

Incógnitas:

N_i : Fuerza en la base normal en la base de la i -ésima dovela.

T_i : Fuerza de corte en la base de la i -ésima dovela

$2n + 1$: Total de incógnitas.

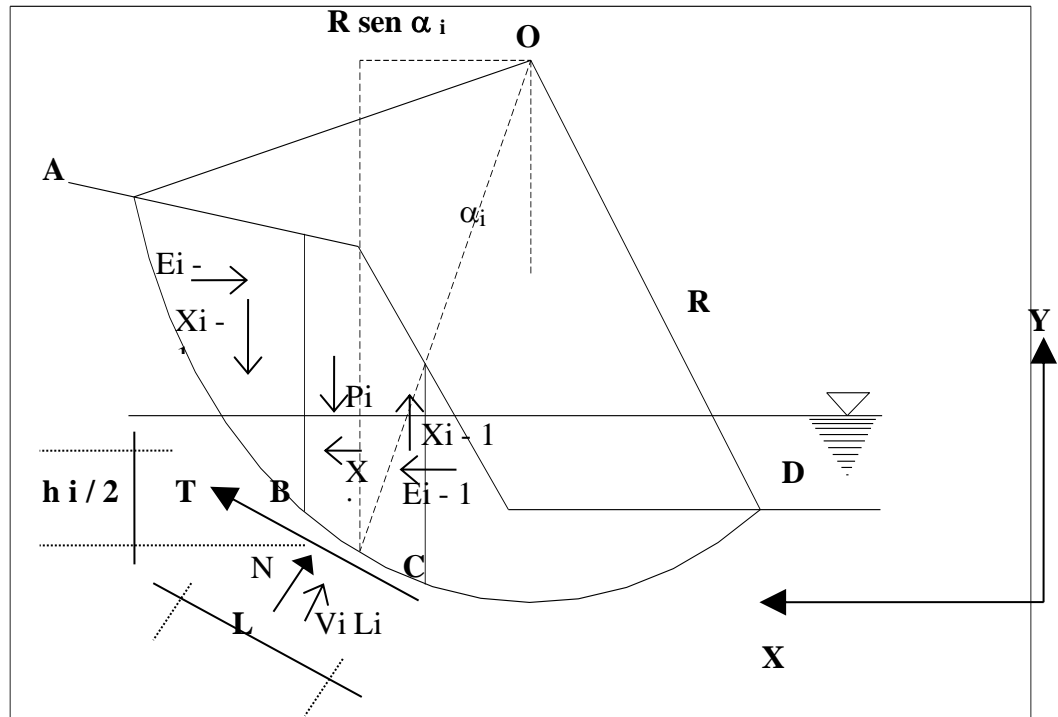


Figura 5: Método de Bishop simplificado

Ecuaciones

n : Ecuaciones de equilibrio de fuerzas verticales.

n : Ley de Mohr – Couluomb

$$T_i = \frac{1}{F_s} [C_i * L_i + N_i * Tang \phi_i]$$

1 : Ecuación de equilibrio de momentos de la masa total deslizante.

$2n + 1$: Total de ecuaciones.

Por lo tanto, el sistema de ecuaciones es compatible, y de la figura se tiene:

$$\sum F v_i = 0$$

$$-W_i + (N_i + U_i * L_i) \cos \alpha_i + T_i * \sin \alpha_i = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$T_i = \frac{1}{F_S} (C_i * L_i + N_i \text{Tang } \phi_i)$$

Reemplazando:

$$L_i = b_i * \sec \alpha_i$$

$$T_i = \frac{1}{F_S} (C_i * b_i * \sec \alpha_i + N_i \text{Tang } \phi_i) \dots\dots\dots (2)$$

Sustituyendo (2) en (1) y despejando N_i se tiene:

$$-W_i + (N_i + U_i * L_i) \cos \alpha_i + \frac{1}{F_S} (C_i * b_i \sec \alpha_i + N_i * \text{Tang } \phi_i) \sin \phi_i = 0$$

$$N_i = \frac{W_i - U_i b_i - \frac{C_i * b_i \sec \alpha_i * \sin \alpha_i}{F_S}}{\cos \alpha_i + \frac{\text{Tang } \phi_i * \sin \alpha_i}{F_S}} \dots\dots\dots (3)$$

$$\sum M_{(\text{centro del arco})} = 0$$

Las fuerzas normales entre dovelas E_i , no producen momento con respecto al centro por ser fuerzas internas, se traslada la fuerza Kw_i a la base de la dovela el par de transporte de sentido contrario.

$$R \sum W_{1i} \sin \alpha_i + KR \sum W_{2i} \cos \alpha_i - \sum K W_{2i} h_i = R \frac{1}{F_S} \sum (C_i b_i \sec \alpha_i + N_i \text{Tang } \phi_i)$$

$$F_S = \frac{\sum (C_i b_i \sec \alpha_i + N_i \text{Tang } \phi_i)}{\left[\sum W_{1i} \sin \alpha_i + K \sum W_{2i} \cos \alpha_i - K \sum W_{2i} \left(\frac{h_i}{2} \right) \right]} \dots\dots\dots (4)$$

Sustituyendo(3)en(4)tenemos:

$$F_S = \frac{\sum [C_i b_i + (W_{1i} - U_i b_i) \text{Tang } \phi_i] \sec \alpha_i}{\left(\sum W_{1i} \sin \alpha_i + K \sum W_{2i} \cos \alpha_i - \frac{K}{2R} \sum W_{2i} h_i \right)} - \text{Tang } \phi_i \text{Tang } \alpha_i$$

Donde:

W_{1i} : Peso total de la dovela y, utilizando el peso unitario sumergido debajo del peso sumergido debajo del nivel del agua.

W_{2i} : Peso total de la dovela y, utilizando el peso unitario In Situ.

C, ϕ : Parámetros de resistencia al corte.

K : Coeficiente sísmico.

h_i : Altura de la dovela.

2.6 Hidrología y diseño de obras de arte

2.6.1. Estudio hidrológico e hidráulico:

Cuencas con escasa información hidrometeorológica, que requiere de la aplicación de modelos de generación sintética de descargas o modelos de regresión múltiple lineal o no lineal.

Cuencas sin información hidrometeorológica, que es el caso más crítico y a la vez el más frecuente en nuestro país. Se recomienda utilizar un análisis regional entre los parámetros geomorfológicos de las cuencas o sub cuencas con información y los valores de escurrimientos en estudio en la cuenca sin información.

Definiciones:

A. Riesgo de falla (J). Representa el peligro o la probabilidad de que el gasto considerado para el 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, si ocurra dicho evento en N años consecutivos de vida, representa el riesgo de falla J y está dado por:

$$J = 1 - P^N$$

B. Frecuencia de las precipitaciones (f). Es el número de veces que se presenta una tormenta de determinada magnitud y duración, en un período largo de tiempo, expresado comúnmente en años.

La frecuencia se puede calcular por la fórmula empírica, propuesta por Chegadayev.

$$f = \frac{m - 0.3}{n + 0.4}$$

Dónde: f : Frecuencia de las precipitaciones

m : Número de orden del evento ordenado en forma decreciente.

n : Número total de eventos (años de observación).

C. Tiempo o periodo de retorno (Tr). Es el tiempo transcurrido para que un evento de magnitud dada se repita, en promedio. Se calcula por la siguiente ecuación:

$$Tr = \frac{1}{f}$$

También se expresa en función de la probabilidad P de no ocurrencia. La probabilidad de ocurrencia está dada por $1-P$ y el tiempo de retorno se expresa mediante:

$$Tr = \frac{1}{1-P}$$

Para el diseño de las diferentes obras de arte, es preciso conocer las magnitudes de los eventos que se presentan para diferentes períodos de retorno, según la importancia del proyecto y los años de vida útil de cada estructura.

D. Vida útil (N). Se define como el tiempo ideal durante el cual las estructuras e instalaciones funcionan al 100% de eficiencia ya sea por su capacidad o por su resistencia; pasado dicho tiempo o período se debe realizar una ampliación o un nuevo diseño. Depende de varios factores:

Durabilidad de las instalaciones.

Facilidad de construcción y posibilidades de ampliación o sustitución.

Posibilidades de financiamiento.

Tendencia del crecimiento poblacional.

Rentabilidad.

E. Tiempo de concentración (Tc). Tiempo que demora en llegar el agua de precipitación desde el punto más alejado de la cuenca hasta un punto considerado de un curso de agua. En el caso normal de cuencas en las que predomine el tiempo de recorrido del flujo canalizado por una red de cauces definidos, el tiempo de concentración T_c (h) relacionado con la intensidad media de la precipitación se podrá deducir de la fórmula:

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

- T_c : Tiempo de concentración (horas).
- L : Longitud de máximo recorrido (km).
- S : Pendiente del cauce principal (adimensional).

F. Modelamiento probabilístico. El hidrólogo generalmente tendrá disponible un registro de datos hidrometeorológicos (Intensidad), a través de su conocimiento del problema físico, escogerá un modelo probabilístico a usar, que represente en forma satisfactoria el comportamiento de la variable.

Para estimar las máximas intensidades en el área del proyecto, se ha verificado su viabilidad de uso mediante el modelo de la Distribución Gumbel Tipo I (EV1).

F1. Distribución Gumbel Tipo I (EV1)

Función Distribución:

$$F(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

El parámetro β , es un parámetro de posición, llamado también valor central o moda y α es un parámetro de escala.

Para los parámetros β y α se han obtenido las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$

$$\beta = \bar{X} - 0.45S$$

F2. Prueba de bondad de ajuste de Smirnov-Kolmogorov

Dicha prueba consiste en comparar las diferencias existentes entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto de la diferencia entre el valor observado y el valor de la recta teórica del modelo; es decir:

$$\Delta = \max|F(x) - P(x)|$$

Donde:

Δ : Es el estadístico de Smirnov-Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica.

$F(x)$: Probabilidad de la distribución de ajuste.

$P(x)$: Probabilidad de datos no agrupados, denominado también frecuencia acumulada.

El valor crítico del estadístico Δ ; es decir Δ_0 , para un nivel de significación del 5% (nivel de significación recomendado para estudios hidrológicos) está dado por la expresión siguiente; N es el tamaño de la muestra:

$$\Delta_0 = \frac{1.36}{\sqrt{N}}$$

G. Descarga de diseño (Q). Es el valor de la descarga seleccionada con cierto riesgo de falla en la estimación de dicha magnitud, de tal modo que la estructura tenga una capacidad que garantice el buen funcionamiento, durabilidad y el mínimo costo posible.

La forma más común para el cálculo de las escorrentías máximas, es el Método Racional; siendo recomendable para cuencas colectoras de pequeñas áreas, generalmente no mayores de 500Hás; sin embargo, algunos autores recomiendan su aplicación hasta límites de 1500Hás.

Fórmula del Método Racional:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

- Q : Descarga de diseño (m^3/seg)
- C : Coeficiente de escorrentía
- I : Máxima intensidad de precipitación correspondiente al tiempo de concentración (mm/h).
- A : Area a drenar (Has)

2.6.2. Estudio y diseño del drenaje superficial y subsuperficial.

El drenaje es uno de los factores más importantes en el diseño de carreteras. Deben estudiarse tres problemas:

La eliminación del agua superficial del camino.

El cruce de los arroyos o de los canales de drenaje artificiales.

Alejamiento y regulación del agua subterránea.

El agua superficial de una carretera crea peligros para el tránsito, los cuales se agravan en casos de heladas; causa la erosión y grandes gastos de conservación, y se infiltra en la subrasante dejando el pavimento y sus banquetas sin sostén.

2.6.2.1. Objeto del drenaje.

El objeto fundamental del drenaje es la eliminación del agua que en cualquier forma pueda perjudicar al camino. Esto se logra evitando que el agua llegue hacia él, o de lo contrario dar una salida a las aguas que inevitablemente lleguen.

2.6.2.2. Condiciones de un buen drenaje:

Para lograr que una carretera cuente con un buen drenaje, en lo posible debe evitarse:

Que el agua de las cunetas humedezca la sub-rasante, originando cambios volumétricos perjudiciales

La circulación de agua en cantidades excesivas sobre el pavimento.

Que los taludes de corte se saturen de agua, debilitando su estabilidad

Que el agua subterránea debilite la sub-rasante, disminuyendo la capacidad del suelo para soportar las cargas de servicio; trayendo como consecuencia asentamientos perjudiciales en la estructura del pavimento.

2.6.2.3. Clasificación del drenaje.

Drenaje superficial

El drenaje superficial se clasifica en superficial y subterráneo, según el escurrimiento se realice o no a través de las capas de la corteza terrestre.

El drenaje superficial se clasifica, según la posición que guarden las obras respecto al eje de la carretera, en paralelo o transversal.

El drenaje longitudinal tiene por finalidad captar los escurrimientos para evitar que alcancen la sub-rasante y consiguientemente el deterioro de la carretera o permanezcan en ella sin causar desperfectos; con este tipo de drenaje se considera a cunetas, contracunetas y canales de encauzamiento. La denominación de longitudinal se debe a que éstas se ubican aproximadamente en forma paralela al eje del camino.

El drenaje transversal tiene por objeto dar paso expedito al agua que cruza de un lado a otro de la carretera, o bien retirar lo más pronto posible el agua de su corona, quedan en este tipo de drenaje los tubos, losas, cajones, bóvedas, vados, sifones, etc. De acuerdo a la dimensión del claro de las obras de drenaje transversal se ha convenido dividir a éste en mayor o menor.

A. Drenaje longitudinal

a. Cunetas. Son pequeñas zanjas paralelas al eje del camino que se construyen en los costados de la calzada, al pie del talud de corte. Su función es recoger y eliminar por gravedad las aguas pluviales que le llegan desde el talud de corte y desde la zona pavimentada del camino, para lograr esta recolección de las aguas, la superficie pavimentada deberá tener una ligera pendiente transversal (bombeo) precisamente hacia la cuneta.

Según las N.P.D.C. las cunetas por lo general tendrán sección triangular y sus dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviográficas; siendo las dimensiones mínimas las indicadas en la tabla.

Dimensiones mínimas de cunetas

Región	Profundidad (M)	Ancho (M)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.50
Muy lluviosa	0.50	1.00

Fuente: Normas Peruanas para el Diseño de carreteras

Cabe indicar que el ancho es medido desde el borde de la sub-rasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel superior del borde de la sub-rasante hasta el fondo o vértice de la cuneta.

Cuando el agua que conduzca las cunetas no puede ser eliminado; es necesario salvar este inconveniente cruzando inevitablemente el camino de tal forma que el peso de los vehículos sea permanente.

Los principales cruces de agua en una vía terrestre la constituyen los puentes, las alcantarillas y aliviaderos de cuneta, la frontera entre ambos tipos de estructura no esta naturalmente definida. Convencionalmente se acepta.

Nomenclatura	Ancho de cauce
Alcantarilla	$1\text{m} < L \leq 4\text{m}$
Pontón	$4\text{m} < L \leq 10\text{m}$
Puente	$L > 10\text{m}$

b. Contracunetas. Son zanjas que se plantean aguas arriba de los taludes en las secciones en corte, tienen por finalidad interceptar el agua que escurre por las laderas y conducirlo hacia alguna cañada inmediata o parte baja del terreno, evitando la erosión al escurrir por los taludes y el aumento del caudal en las cunetas.

La construcción de una contracuneta debe ser sólo en aquellas zonas en que el escurrimiento es transversal al camino y proviene de una cuenca de tal manera que pudiera sobrepasar la capacidad de la cuneta. Para su ubicación se deberá tener en cuenta la topografía, geología y cobertura vegetal del terreno.

Las dimensiones se fijarán de acuerdo a las condiciones pluviométricas de la zona, siendo la sección trapezoidal la más común.

Es necesario que las contracunetas se construyan impermeabilizadas y con la suficiente pendiente para garantizar un rápido drenaje del agua que captan. Los materiales más usados para el recubrimiento de contracunetas son el concreto, mampostería de piedra, etc.

c. Muros de sostenimiento. Son estructuras de mampostería de piedra o de concreto ciclópeo que se plantean cuando no es posible construir un terraplén, ya sea porque el talud no se encuentra con la ladera, por ser ésta muy escarpada, o por la vecindad de un curso de agua.

Todo muro será diseñado convenientemente para soportar el empuje lateral de los suelos retenidos, a fin de evitar el volteo, deslizamiento y ejercer sobre el terreno de fundación presiones exageradas. Además es necesario tomar precauciones especiales en lo referente al drenaje, dotando al muro en su paramento interno de filtros de material permeable, que canalicen las aguas hacia las salidas que se proyectan a través del muro.

Las N.P.D.C. en sus láminas A.3.1. y A.3.2. nos refieren las especificaciones para muros de sostenimiento de mampostería de piedra y de concreto ciclópeo, respectivamente.

Para el presente proyecto se ha optado por muros de concreto ciclópeo.

B. Drenaje transversal

a. Bombeo. Inclinación lateral a partir del eje del camino hacia los bordes en los tramos en tangente, su función es eliminar el agua que cae sobre la corona y evitar en lo posible que penetre en las terracerías.

b. Alcantarillas. Son estructuras de forma diversa que tienen por función conducir y desalojar lo más rápido posible el agua de las hondonadas y partes bajas del terreno que atraviesa el camino.

Pueden clasificarse en alcantarillas rígidas y flexibles.

Las alcantarillas rígidas suelen ser de concreto, losas de concreto armado sobre estribos de mampostería de piedra o de concreto ciclópeo o simple, hierro fundido o arcilla.

Las alcantarillas flexibles son generalmente tubos corrugados de metal, o láminas delgadas de acero.

Drenaje de agua sub superficial.

El drenaje sub superficial tiene por objeto proteger al camino del daño que le puede causar el agua que se encuentra en el terreno por debajo de él, por lo general el agua se presenta en corrientes que fluyen por efecto de la gravedad

El efecto de las aguas del subsuelo deberá ser estudiado por el proyectista teniendo en cuenta todos los elementos que influyen en la estabilidad misma: naturaleza y pendiente transversal del terreno, su estratificación, ubicación de la napa freática, cantidad de agua, etc.

La eliminación de las aguas subterráneas se efectúa por medio de *drenes* que consiste en la colocación de tuberías o material pétreo grueso, los que van colocados longitudinalmente o transversalmente.

Drenes. Son obras de arte empleadas para bajar el nivel de los mantos y eliminar las aguas subterráneas.

Dren ciego. Consiste en una zanja llena de material pétreo y grueso, la zanja deberá tener en el fondo el ancho necesario para poder excavar y colocar después el material de relleno, es decir, el ancho no será menor de 0.40m. Se emplean de preferencia cuando no se requiere de mucha profundidad y el agua que se pretende recoger sea en pequeña cantidad.

Dren con tubo. Es un tubo colocado en el fondo de una zanja y que a la vez capta el agua y la conduce hacia afuera. En este caso el relleno de la zanja tiene por objeto facilitar el escurrimiento hacia el tubo y por lo tanto lo indicado es que el material de relleno sea de tamaño uniforme.

El tubo más comúnmente usado es el de concreto de 6" (15cm.) de diámetro, colocado en el fondo de la zanja, convenientemente asentado sobre el material fino. Para que el agua penetre al tubo y poder ser desalojada, éste deberá tener agujeros de 1cm. de diámetro espaciados 10cm. centro a centro.

2.7.- Pavimento.

Se conoce como pavimento a la superficie artificial efectuada con el fin de que el suelo tenga una configuración llana y sólida; el pavimento está formado por una o varias capas de materiales seleccionados, colocados y compactados convenientemente que descansan sobre un tramo de fundación, el espesor estará de acuerdo a la calidad del terreno.

En general un pavimento es una estructura superficial destinada a transmitir a la sub-rasante los efectos de las cargas estáticas o en movimiento de los vehículos y mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito.

Entre los objetivos que persigue diseñar un pavimento tenemos:

Soportar las cargas de los vehículos.

Soportar los efectos de abrasión producidos por los neumáticos.

Soportar los efectos de intemperismo.

2.7.1. Factores que intervienen en el diseño de un pavimento

De los factores que intervienen en el diseño de un pavimento podemos mencionar:

2.7.1.1. Índice de tráfico. - Se refiere al volumen de vehículos que circulan por una vía en un determinado tiempo, siendo de tres clases, según la cantidad de vehículos.

Tráfico pesado. - Cuyo volumen es mayor que 300 camiones y autobuses diarios.

Tráfico mediano. - Su volumen es de 50 a 300 camiones y autobuses diarios.

Tráfico liviano. - Cuyo volumen es menor de 50 vehículos y autobuses diarios.

2.7.1.2. Clima. - Influye distintamente en la costa y en la sierra, por lo que se debe tener en cuenta los cambios de temperatura, lluvias, heladas.

2.7.1.3. Terreno de fundación. - Se refiere al conocimiento de todas las características principales de un suelo (análisis granulométrico, límites de consistencia, densidad, compactación, CBR, etc).

Para diseñar un pavimento se debe determinar, el espesor y calidad de los materiales que se debe emplear en dicha estructura.

2.7.2. Momento de efectuar un pavimento

Cuando una explanación o terraplén ya no tenga asentamientos.

Cuando los taludes hayan adquirido su estabilidad natural o sea, un ángulo natural de reposo.

Cuando se haya cumplido con todas las especificaciones geométricas de la vía (radios, pendientes, sobrecanchos, etc.).

Cuando se hayan terminado de construir todas las obras de drenaje.

2.7.3. Condiciones que debe tener una buena calzada

Debe de ser dura y a la vez elástica.

Debe ser suave a la rodadura y a la vez dificultar el resbalamiento.

Ser homogénea e impermeable.

No debe ser susceptible a la formación de baches.

No debe ser propenso a la formación de polvo y lodo.

Debe absorber el ruido.

Ser agradable a la vista y no reflejar la luz solar.

2.7.4. Selección del tipo de pavimento

Para la elección del tipo de pavimento, se debe tener en cuenta los aspectos técnicos y económicos que deberán tener prioridad ante los otros aspectos como pueden ser administrativos, sociales, políticos, etc.

Entre los aspectos técnicos tenemos el tipo y volumen de tránsito, vida probable, capacidad de soporte de la subrasante, disponibilidad de materiales, mano de obra, quipo y

herramientas. Entre lo económico, se cuenta con el costo de inversión, tiempo de construcción, duración, conservación y mantenimiento.

Teniendo en consideración las comparaciones y semejanzas hechas anteriormente y teniendo en cuenta los criterios como: tráfico, clima, materiales, costo y daños, usaremos un **pavimento flexible de costo intermedio**, el mismo que está formado por mezclas bituminosas.

2.7.4.1. Terreno de fundación. - Sirve de cimiento al pavimento. Después de haber terminado el movimiento de tierras, y que una vez compactado así como teniéndose las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño su clasificación es la siguiente:

Pésimo.- Cuando está constituida de materia orgánica, en lo posible se debe desechar este material y sustituirlo por otro de mayor calidad.

Malo.- Es decir que se halla formado por un suelo fino, limoso o arcilloso o la combinación de ambos, susceptible de saturación, en este caso se debe colocar una capa de sub-base granular.

Regular a bueno.- En este caso se considera un suelo bien graduado y no ofrece peligro de saturación, o por un material de granulometría gruesa, se podría prescindir de la sub-base.

Excelente. - Es decir que tiene un valor de soporte elevado y no existe la posibilidad de que se sature el agua, por lo que se podrá prescindir de la sub base y la base, bastará con colocar encima la capa de rodamiento.

2.7.4.2. Sub base. - Es una capa de material seleccionado que se coloca encima de la sub-rasante, con el objeto de:

Servir de capa de drenaje al pavimento,

Controlar o eliminar en lo posible los cambios de volumen y elasticidad y plasticidad que pudiera tener el material de la subrasante,

El control de la ascensión capilar del agua proveniente de las napas freáticas cercanas o de otras fuentes.

Proteger el pavimento contra posibles hinchamientos. Que se puede producir en épocas de heladas.

El material empleado para sub-base debe cumplir lo siguiente:

El material deberá tener mayor capacidad de soporte que el terreno de fundación y puede ser: arena, grava.

Tendrá las características de los suelos A-1 ó A-2 aproximadamente, así mismo su límite líquido debe ser inferior al 35% y su índice plástico no mayor de 6%.

Su valor de C.B.R. será mayor o igual al 15%, con hinchamiento menor al 50% (Designación T-96-65).

El porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200 no debe ser mayor que el 8%.

2.7.4.3. Base. - Esta capa está constituida por material pétreo, piedra triturada, etc., tiene por finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y además repartir uniformemente estos esfuerzos a la sub-base y al terreno de fundación.

Los requisitos que deben cumplir los materiales para base son:

Son resistentes a los cambios de humedad y temperatura,

No presentan cambios de volumen perjudiciales,

El porcentaje de desgaste debe ser menor que el 50%, con un hinchamiento menor al 1% menor al 25%, el índice plástico < 6%.

La fracción que pasa la malla N° 200 no debe exceder en la mitad y en ningún caso de los 2/3 que pasa el tamiz N° 40.

El material que debe usarse tanto para base, como para sub-base debe cumplir con la siguiente granulometría:

Tabla 14*Porcentaje que pasa el material*

Tamiz	Porcentaje en peso del material que pasa					
	A	B	C	D	E	F
2"	100	100	--	--	--	--
1"	--	75-95	100	100	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	--	--
N° 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100
N° 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100
N° 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
N° 200	2-8	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: Elaboración propia.

2.7.4.4. Capa de rodamiento. - Su función principal será proteger la base, impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones de agua de lluvia, proteger además contra la acción abrasiva de las ruedas de los vehículos evitando que se desgaste o desintegre, varían entre ½" y 2"; pero cuando son mayores a 3" contribuyen a aumentar la capacidad de soporte del pavimento.

Los tipos de mezclas bituminosas empleadas para capas de rodamiento, son de 4 clases:

a) Tratamientos superficiales. - Son aplicaciones a cualquier tipo de material (base), los asfaltos y alquitranes que se emplean son los llamados líquidos o diluidos del tipo de rápido curado (R.C. y R.T.). El espesor de estas capas es de 2.5 (1"), se puede aplicar en una o varias capas, cuando se aplican en varias capas (2 o más), se llama tratamiento, multi capa, este tipo se emplea comúnmente para tránsito ligero.

b) Macadam de penetración. - Se utilizan asfaltos, cuya penetración está comprendida entre 85 y 150, según tablas de especificaciones para asfaltos, y los alquitranes usados son del tipo más viscoso. El espesor de estas capas, varía entre 6 y 15 cm.

c) Mezclas "In Situ" de tipo abierto o cerrado. - Se emplean tanto para efectuar capas de sub-base y superficie de rodadura; generalmente se emplean asfaltos líquidos de rápido y medio aerodo (R.C y M.C). El espesor varía aproximadamente entre 4 y 7.5 cm.

d) Mezclas en planta de tipo denso o abierto, aplicado en "frío o caliente". - Para láminas asfálticas, concretos bituminosos, pueden usarse algunos, asfaltos líquidos; pero preferentemente, se emplean cementos asfálticos, cuya penetración, está entre 85 y 200, el espesor es generalmente mayor de 5 cm. recomendándose un espesor máximo de 12.5 cm.

2.7.4.5. Carpeta de desgaste o sello. - Formado por una aplicación bituminosa de asfalto o alquitrán y tiene por objeto sellar la superficie impermeabilizandola, a fin de evitar la infiltración de lluvia, además de proteger la capa de rodamiento contra la acción abrasiva de las ruedas de los vehículos.

Los materiales bituminosos que se emplean, pueden ser asfálticos líquidos emulsionados, o de penetración y alquitranes los tipos de asfalto generalmente empleados son: Rc-3, Rc-5, Mc-3, Mc-4, Mc-5 penetración 85-100, 100-120 y los alquitranes Rt-6, Rt-7 y Rt-8.

2.7.4.6. Imprimación. - En la construcción de pavimentos flexibles, es necesario la aplicación de un revestimiento, que consiste en extender sobre la calzada un ligante bituminoso que penetre lo más profundamente en los poros de la capa superior, convirtiéndose así en una capa impermeable, que además hace posible un agarre de la capa de rodadura.

2.7.5. Clasificación de los pavimentos

2.7.5.1. Por el lugar que ocupa. - Se tiene:

Pavimentos para viviendas (netamente de carácter decorativo).

Pavimentos urbanos (calles, avenidas, parques).

Pavimentos para carreteras: tenemos losa de concreto y pavimentos bituminosos.

Pavimentos para aeropuertos: pavimentos bituminosos.

2.7.5.2. Por los materiales que lo constituyen. - Se tiene:

Suelos estabilizados (depende de la importancia de la vía).

Pavimentos bituminosos (hechos a base de mezcla asfáltica).

Pavimentos de losa de concreto de cemento Portland.

2.7.5.3. Por su calidad. - Se tiene de cuatro tipos desde el más económico hasta el más caro:

Económicos. - Los suelos estabilizados.

Intermedios. - Mezcla en frío y mezclas en caliente.

Tipo superior. - Los concretos asfálticos.

De lujo. - El pre y post tensados.

2.7.5.4. Por la forma que se transmiten las cargas a la subrasante

a) Flexibles. - Llamados así por la posibilidad que presentan de adaptarse a los asientos en el terreno de fundación. Se halla formado por una base flexible o semi rígida, sobre la que descansa una capa de rodadura de alquitrán o asfalto.

Se caracteriza por la carga que recibe y la transmite a la subrasante en un sitio muy próximo a la aplicación de la carga.

b) Rígidos. - Son aquellos en los cuales la capa de rodamiento está formada por cemento simple o armado, también hay pavimento de cemento cubierto con capa de rodadura bituminosa.

Se caracteriza porque las cargas que reciben, la transmiten de una manera uniforme y a una distancia apreciable del centro de aplicación de la carga.

c) Mixtos.- Son una combinación de pavimentos rígidos y flexibles tratando de utilizar las ventajas que tienen ambos tipos de pavimento.

En ellos actúa como base el rígido y como superficie de rodadura el flexible.

Presenta propiedades combinadas de los pavimentos que lo forman por lo que su costo se considera muy elevado.

2.7.6. Comparación de entre pavimentos flexibles y rígidos

Pavimentos flexibles

El pavimento flexible se adapta a vías estables.

Bajo costo de la construcción.

Fácil recuperación de fallas.

No lleva juntas ni uniones.

No tiene buena visibilidad en la noche.

Pavimentos Rígidos

- Bajo costo de mantenimiento.

- Larga duración.

- Buena visibilidad en la noche.

- Se puede construir sobre la superficie de explanaciones arenosas.

- No es atacado por los combustibles.

2.7.7. Semejanzas

Ambos pueden diseñarse para cualquier tipo de vía.

Ambos pueden construirse en cualquier clima.

Ambos necesitan mantenimiento.

2.8.- Señalización

2.8.1. Tipos de señales.

A. Señales preventivas

Son las que tienen por objeto indicar con anticipación la proximidad de condiciones peligrosas ya sean éstas eventuales o permanentes.

Forma. Son de forma cuadrada con una de sus diagonales en posición vertical y sus esquinas redondeadas; también se puede decir que son de forma romboidal con uno de sus vértices hacia abajo.

Tamaño. Sus dimensiones son tales que el mensaje sea fácilmente visible, varía de acuerdo a la velocidad directriz, así:

En caminos cuya velocidad directriz sea inferior a 60Km/h , éstas serán de $0.60 \times 0.60\text{m}$. y $0.75 \times 0.75\text{m}$. para velocidades comprendidas en 60Km/h y 100Km/h . Sólo en zonas urbanas y cuando el empleo de placas normales (0.60×0.60) no sea posible, sus dimensiones podrán reducirse a $0.45 \times 0.45\text{m}$.

En caminos o autopistas de alta velocidad, el tamaño será de $0.90 \times 0.90\text{m}$., justificándose el utilizar señales de $1.20 \times 1.20\text{m}$. cuando se quiera llamar la atención o en caso de que el número de accidentes sea alto.

Color. Son de color amarillo caminero y negro, distribuidos de la siguiente manera:

Fondo : amarillo caminero.

Símbolo : letras y marcos negros.

Borde : amarillo caminero.

Uso. Se deberá usar una señal apropiada para prevenir la presencia de:

Una o varias curvas que ofrezcan peligro por sus características o por la falta de visibilidad para ejecutar la maniobra de alcance o paso a otro vehículo.

Para indicar la intersección de dos caminos.

Camino sinuoso.

Para advertir al conductor de las condiciones u obstáculos no previstos en el proyecto, que pueden ser permanentes o temporales.

Proximidad de una zona escolar.

Ubicación. La distancia del lugar de peligro a que deberán colocarse será determinada de tal manera que asegure su mayor eficacia, tanto de día como de noche, teniendo en cuenta las condiciones particulares del camino y la circulación. Las distancias recomendadas son:

- En zona urbana : 60 - 75m.
- En zona rural : 90 - 180m.
- En autopistas : 500m.

B. Señales reglamentarias.

Estas tienen por finalidad la regulación del tránsito automotor. Indican por lo general restricciones y reglamentaciones que afectan el uso de la vía.

Clasificación:

Relativas al derecho de paso. Indican preferencia de paso u orden de detención, por ejemplo, señal de pare (*R-1*) y señal de vía preferencial (*R-2*).

Prohibitivas y restrictivas. Regulan el tránsito indicando a los conductores de vehículos las limitaciones que se imponen para el uso del camino.

De sentido de circulación. Se usan en el cruce de un camino con las calles de una población para indicar el sentido de circulación.

Forma.

Relativas al derecho de paso.

La señal de **pare** es de forma octogonal.

La señal de **vía preferencial** es de forma triangular con el vértice en la parte inferior.

Prohibitivas y restrictivas. Son de forma rectangular con la mayor dimensión horizontal

Tamaño. El tamaño de las señales restrictivas será de 0.80×1.20m. en autopistas. En caminos rurales y arterias urbanas principales de 0.60×0.60m. En caminos secundarios, tanto en zona rural como urbana, las dimensiones serán de 0.40×0.65m. La señal de sentido de circulación es de 0.30×0.90m. y la señal de PARE de 0.60m. entre lados paralelos.

Colores.

Relativos al derecho de paso. La señal *PARE* es de color rojo con letras y bordes blancos.

Prohibitivas y restrictivas. Son de color blanco con letras, símbolo y marco negro. El círculo es de color rojo a excepción de aquellas señales que indiquen el fin de una prohibición o restricción, las que llevarán el círculo de color negro. La franja oblicua trazada desde el cuadrante superior izquierdo al cuadrante inferior derecho del círculo, indicadora de la prohibición, será de color rojo.

De sentido de circulación. Son de color negro con flecha blanca. La leyenda dentro de las flechas llevará letras negras.

Ubicación. Se colocarán en el punto donde comienza la reglamentación, a excepción de las que prohíben voltear o indiquen una dirección prohibida, las cuales serán erigidas a una distancia no mayor de 30m. antes del punto considerado.

C. Señales informativas

Son las que tienen por finalidad guiar en todo momento al conductor e informarle, tanto sobre la ruta a seguir como de las distancias que debe recorrer.

Clasificación

De dirección. Guían a los conductores de vehículos hacia su destino o puntos intermedios. Pueden ser: Señales de destino, señales de destino con indicación de distancia, señales de indicación de distancias y cuadro de distancias.

Indicadoras de ruta. Muestran el número de rutas de los caminos. Se utilizan a lo largo de todas las carreteras para facilitar a los conductores de vehículos, la identificación de la carretera por la que están transitando, así como el de las carreteras que se van a intersectar. Se dividen en señales indicadoras de ruta y señales auxiliares.

Información general. Indican lugares de interés general, tales como poblaciones, cursos de agua, lugares históricos o rústicos y de servicio público, como puestos de primeros auxilios, hospitales, teléfonos, etc.

Forma.

Señales de dirección. Rectangular con la mayor dimensión horizontal

Indicadoras de ruta. Formas especiales como escudos, círculo, etc.

Señales de información general. Rectangular con la mayor dimensión vertical.

Tamaño. En general está en función de la longitud, altura y serie de letras que forman el mensaje. Para las señales de información general, en autopistas de 0.80m.×1.20m., en caminos rurales y arterias urbanas principales de 0.45×0.60m.

Color. Para autopistas y carreteras importantes que soportan tránsito elevado las señales informativas tienen fondo verde con marco, letras y símbolos blancos. Para el resto de las carreteras las señales tienen fondo blanco con marco, letras y símbolos negros. Las señales de información general tienen fondo azul, con recuadro blanco y símbolo negro

Ubicación. Las señales informativas serán ubicadas a una distancia del punto considerado, que está en función de la velocidad directriz de la vía en que se encuentran (60 y 100m.) .

D. Postes kilométricos

Su objetivo es indicar la distancia en kilómetros al punto de origen de la vía y se colocan para cada kilómetro, desde el origen hasta el término de la carretera, a la derecha y en el sentido del tránsito que circula.

Estas señales se colocarán a 0.50m. del borde de la calzada en la vía urbana y a 1.80m. en carreteras.

E. Marcas sobre el pavimento.

Las marcas sobre el pavimento son usadas con el objeto de reglamentar el movimiento de vehículos e incrementar la seguridad en su operación. En otras palabras, sirven para encauzar el tránsito de vehículos y peatones, así como señalar los lugares de detención de los vehículos.

Clasificación:

Marcas longitudinales.

Líneas continuas. Restringen la circulación vehicular, de tal manera que ningún vehículo podrá cruzarlas o circular sobre ellas. Prohíben que un vehículo adelante a otro o que pase de un sendero a otro en curvas, puentes, cruces de caminos o pasos a nivel; o delimitar los dos sentidos de circulación de las vías de doble sentido.

Líneas discontinuas. Para guiar y facilitar la libre circulación en las vías, pudiendo ser cruzadas en condiciones normales de seguridad. Su finalidad será analizar las diferentes corrientes de tránsito.

Marcas transversales. Se usan como indicaciones complementarias de parada y para delimitar cruces peatonales.

Otras marcas. Se usan para indicar ciertos riesgos, canalizarlos y complementar la indicación de las señales, éstas pueden ser para indicar restricciones en el estacionamiento, presencia de obstáculos materiales en la calzada o cerca de ellas, zonas de seguridad, o la manera de efectuar determinada maniobra.

Observación. Todas las marcas serán de color blanco, a excepción de las líneas continuas longitudinales delimitadoras de los sentidos de circulación en vías de doble sentido, que serán de color amarillo.

2.9.- Catastro. Proceso técnico, legal y administrativo por el cual se establece las áreas de propiedad predial y los padrones de los propietarios que corresponden a una zona previamente censada. El catastro en la construcción de carreteras tiene dos objetivos:

1^{ero}. Catastro de expropiación. Se deberá tener en cuenta:

Nombre del propietario

Límite del predio y vías de propiedad privada

Tasación del terreno

Ubicación de todos los monumentos y cementerios dentro del derecho de vía

Ubicación y nombre de los propietarios, de los servicios públicos tales como: teléfono, tuberías de agua y líneas de energía eléctrica.

Ancho actual del derecho de vía donde el trazo siga una carretera o ferrocarril existente.

El Reglamento Nacional de Tasaciones establece los aranceles de los terrenos rústicos para la sierra, tablas para determinar los precios unitarios de construcción, tablas para cálculo de depreciación por antigüedad y por estado de conservación.

2^{do}. Catastro para el cobro de mejoras. Indirectamente la construcción de una vía genera mejoras en los terrenos por donde pasará, sean públicos o privados, aumentando sus aranceles y por ello beneficiando a los propietarios. Es por eso que éstos deberán hacer un pago en forma de reembolso, por única vez, por el beneficio adquirido.

Ningún predio será exonerado por el pago de derecho de mejoras, salvo por mandato de ley, en los que figuran: iglesias, fábricas estatales, conventos, hospitales, beneficencias, etc.

2.9.1 Expropiación. Toma de posesión, previa indemnización, por parte del Estado a los propietarios de terrenos y construcciones de las que tienen que ser desalojados.

2.9.2 Arancel. Tarifa de derecho a pagarse por determinado predio, de acuerdo a la situación, calidad, categoría y otros aspectos que se tienen en consideración para su respectiva valorización.

2.9.3 Predio. Término referido tanto al terreno como a las construcciones e instalaciones fijas y permanentes que existan en el mismo. Es evidente que el monto de inversión que demanda la expropiación de predios del sector privado va a incrementar el costo de la misma.

Predio urbano. Constituido por los terrenos urbanos, las construcciones e instalaciones complementarias fijas y permanentes, que existan en los mismos. Se entiende como terreno urbano al que está ubicado en el centro poblado y se destina a vivienda o cualquier otro fin urbano, siempre y cuando cuenten con servicios propios de centro poblado.

Predio rústico. Se denomina así a los terrenos ubicados en la zona rural que están dedicados al uso agrícola, pecuario o forestal. Forman parte del predio tanto las tierras como las construcciones e instalaciones fijas y permanentes que existan en él.

Los terrenos rústicos se clasifican en:

Tierras aptas para el cultivo en limpio: Son las que reúnen las condiciones ecológicas que permiten la remoción periódica y continuada del suelo para el sembrío de plantas. Estas se subdividen en:

1ra. Categoría. Comprende suelos que tienen pocas limitaciones que restringen su uso y son aptos para una gran variedad de plantas.

2da. Categoría. Tienen algunas limitaciones que reducen la elección de cultivos, requieren moderadas prácticas de conservación y de manejo de suelos para evitar su deterioro o para mejorarlo.

3ra. Categoría. Tienen severas limitaciones las que reducen la elección de cultivos y/o requieren prácticas especiales de conservación.

4ta. Categoría. Son suelos que tienen severas limitaciones. Cuando estos suelos se cultivan, es necesario un manejo más cuidadoso de las prácticas de conservación y es más difícil aplicar y mantener.

Tierras aptas para el cultivo permanente: aquellas cuyas condiciones ecológicas no son adecuadas a la remoción periódica y continuada del suelo, pero que permiten la implantación de cultivos perennes, sean herbáceas, arbustos y árboles; así como forrajes bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores. Se sub clasifican en:

5ta. Categoría. Son tierras pedregosas, en cantidad suficiente para impedir cultivos transitorios, pero permiten la siembra de cultivos perennes.

6ta. Categoría. Estas tierras presentan limitaciones severas que las convierten en inapropiadas para llevar a cabo cultivos de carácter intensivos en forma normal. Generalmente son suelos pedregosos, en mayor proporción que los de la 5ta categoría.

Tierras aptas para pastoreo: son las que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivo en limpio o permanente, sin embargo, permiten su uso continuo o temporal para el pastoreo.

Tierras erizas: Son aquellas no cultivadas por falta o exceso de agua y demás terrenos improductivos, exceptuándose los de forestación y reforestación, las lomas con pastos naturales dedicados a la ganadería, los terrenos urbanos y los usados con fines domésticos o industriales.

2.10 Marco histórico

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

2.11 Hipótesis

Mediante el diseño geométrico del camino vecinal Grau Puerto Perú, y la ejecución del mismo mejorará las condiciones socio - económicas de las poblaciones aledañas al proyecto.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1. Recursos humanos:

1. 2 Bachilleres en Ing. Civil.
2. Asesor.
3. Jaloneros.
4. Wincheros.
5. Apuntadores y señalización.

3.1.2. Recursos materiales y servicios:

1. Estación Total TOPCON 3105w de 5" de precisión.
2. Computadora.
3. Impresora.
4. Cámara digital.
5. Unidad de Almacenamiento Portátil (USB).
6. Bolsas de polietileno.
7. Esmalte y brochas.
8. Hitos de concreto.

3.2 Metodología de la investigación

La metodología a emplear en el desarrollo del trabajo será **Descriptivo-aplicativo** tratándose de Caminos con la visita previa a campo y un reconocimiento del área de estudio en el rubro de Mejoramiento de carreteras.

El trabajo de campo, donde se puede tomar los datos necesarios a través de la topografía y las muestras de suelos ya con estos datos plantear los criterios para el diseño.

El trabajo de gabinete, donde se procesan los datos tomados en campo. Dimensionamiento y diseño en concordancia con los criterios que nos señalan los respectivos reglamentos de construcción y diseño geométrico de carreteras

3.2.1 Tipos y nivel de la investigación

Tipo: Investigación aplicada

Nivel: Básico

3.2.2 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.

3.2.2.1 Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos

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

3.3 Diseño de pavimento

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de grava o afirmado, se desarrolló el método de NAASRA.

3.3.1 Método NAASRA

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

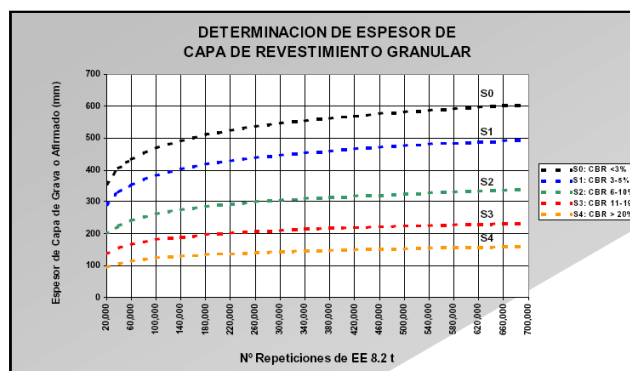
$$e = \left[219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2 \right] * \log_{10} * (Nrep / 120)$$

Donde:

e = Espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = Valor del CBR de la subrasante.

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



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

3.3.2 Cálculo del índice medio de tráfico

La proyección del tránsito de los vehículos del área de influencia de la carretera vecinal en estudio corresponde para un horizonte de planeamiento de 10 años, establecido para este tipo de proyectos y expresado en términos de Índice medio Diario IMD.

La proyección se ha realizado tomando como referencia el tráfico base de los vehículos de pasajeros (vehículos ligeros), considerando la tasa promedio de crecimiento de la población

del área de influencia directa del proyecto, que es de 3.5% promedio anual para el horizonte de planeamiento del proyecto, al que se le incrementará en un 100% debido a los trabajos de mejoramiento del camino vecinal y porque se está dando un repoblamiento en la zona. Por lo tanto, la Tasa de Crecimiento adoptada para vehículos ligeros es de 3.50%. Para los vehículos pesados se ha estimado en función al comportamiento de la actividad económica predominante en el área de influencia, la tasa de crecimiento asumida de manera conservadora es de 5.5 %.

Tasas de crecimiento	
Vehículos ligeros	2.00 %
Vehículos pesados	4.34 %

En la proyección del tráfico generado, se ha estimado que la ejecución del proyecto dará un impacto a la actividad económica de relativo orden de importancia, que impulsará a la población a incrementar sus áreas de cultivos disponibles, que le permitirá tener un excedente exportable mayor a la situación actual, pero que no amerita un análisis del método del excedente del productor. Por lo que se considera un 30 % del tráfico normal.

3.4 Clasificación de los suelos

Trabajos de laboratorio

Ensayos estándar

Con las muestras obtenidas, en la excavación realizada, se ha verificado la clasificación visual y efectuándose en el laboratorio los siguientes ensayos:

Análisis granulométrico.

Límites de Atterberg (Límite Líquido y Límite Plástico)

Clasificación SUCS y AASHTO.

Contenido de Humedad.

Relación Densidad-Humedad.

Peso Volumétrico.

Próctor Modificado.

Valor Relativo de Soporte (C.B.R.)

Los ensayos señalados fueron realizados en concordancia con las normas ASTM respectivas, y los resultados de las características de los suelos; obtenidos han sido comparados con las que se obtuvieron en el campo, en la clasificación visual,

compatibilizándolas en los casos necesarios para obtener los perfiles definitivos de los suelos; los que se presentan adjuntos.

Los resultados, conclusiones y recomendaciones derivadas del presente informe, se incluyen en los acápites correspondientes; así como los cuadros, gráficos y perfiles adjuntos.

3.5 Análisis de los resultados

De las exploraciones de campo, así como los resultados obtenidos en el laboratorio, se ha efectuado la identificación de los suelos de la sub-rasante. En consideración a los sectores observados se han considerado pertinente describir el análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio de la forma siguiente:

Superficie de rodadura

La superficie de rodadura se encuentra en regular a mal estado, apreciándose que el afirmado existente se encuentra totalmente disgregado y contaminado, habiendo perdido sus características físicas y mecánicas por acción del tránsito vehicular, así como por la escorrentía superficial producto de las precipitaciones.

Estas condiciones han sido provocadas por las precipitaciones intensas cíclicas que se dan en la zona de selva, que ocasionan que los componentes finos de la capa de afirmado se “laven” dejando expuestos los elementos granulares que son disgregados por el paso de los vehículos; este impacto de las lluvias sobre el afirmado se potencia por la baja calidad del material del afirmado, que contiene un elevado porcentaje de finos, lo que determina su alta susceptibilidad a las precipitaciones.

En términos generales y en consideración al buen estado del afirmado existente, así como a la disimilitud observada en los espesores de dicha capa, debemos aprovechar un eventual aporte estructural de la capa de afirmado.

Se ha evaluado preliminarmente esta superficie a efectos de considerar su posible uso como parte de la plataforma de diseño y considerar su integración a la estructura del pavimento, concluyéndose que no es factible en ningún caso debido a que dicho afirmado (en los sectores donde existe) ha perdido sus características físicas y mecánicas que debe tener el material de afirmado, así como encontrarse disturbado y, en algunos sectores, contaminado con materia orgánica.

Sub rasante.

Como sabemos, se denomina subrasante a las capas que se encuentran debajo de la estructura del pavimento, en el presente caso, considerando que en la mayor parte del camino estudiado

el afirmado se encuentra en mal estado o no existe, se determina que la actual superficie de rodadura puede ser considerada como superficie de la sub-rasante, debiéndose efectuar labores de perfilado y/o “raspado” de la actual superficie.

En todo caso, para efectos de evaluación y diseño, se ha considerado como sub-rasante a los estratos que componen el suelo natural y que se encuentran debajo del nivel de perfilado proyectado. En todos los casos, las profundidades estudiadas son mayores a 1.50 m por debajo del nivel de corte o explanación proyectada, no habiéndose detectado nivel freático en ninguna de las calicatas excavadas.

3.6 Estudio de impacto ambiental

El estudio de Impacto ambiental para el Mejoramiento del Camino Vecinal, se ejecutó dentro del marco de normatividad ambiental estipulada para la rehabilitación y mejoramiento de caminos vecinales.

Se ejecuta mediante la secuencia de las siguientes actividades:

Descripción del proyecto: comprende el análisis de los diseños, procesos y actividades del proyecto, ya sea durante su mejoramiento así como durante su operación.

Evaluación sistemática: Comprende la caracterización ambiental del área por donde discurre el Camino vecinal, y su ámbito de influencia, mediante la identificación de sus componentes ambientales.

Análisis Ambiental: Comprende la identificación y evaluación de las probables alteraciones que puedan ocurrir, como resultado de los trabajos de Mejoramiento y su repercusión en parámetros ambientales.

Gestión Ambiental: Se establece dentro del marco de las leyes y normatividad vigentes así como de la responsabilidad de las organizaciones competentes. En tal sentido se estipulan las acciones a desarrollar en el marco del plan de manejo ambiental.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Resumen de parámetros de diseño.

Se muestran en el siguiente cuadro:

Parámetro	Valor
Topografía	Ligeramente ondulada
Clasificación del camino	Camino vecinal de tránsito bajo
Velocidad directriz	30 Km/h
Radio mínimo de curvas horizontales	26.00 m
Longitud mínima de curvas verticales	80.00 m
Ancho de superficie de rodadura	3.50m a 4.10 m
Sobreancho	Min.0.40, máx.1.20
Bombeo de superficie de rodadura	2%
Peralte en curvas	Variable, 5% máximo
Taludes de corte	
Suelos consolidados y compactos material suelto	4:1
Conglomerados Comunes	3:1
Roca Suelta	4:1
Roca Fija	10:1
Taludes de relleno	
Enrocados	1:1
Suelos diversos compactados	1:1.5
Cunetas sección triangular	0.50 x 0.50

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Estudio de suelos

En el Perú, muchas veces se diseñan pavimentos, sin haber realizado un estudio previo de mecánica de suelos, en lo que respeta fundamentalmente a la sub-rasante, sub-base y base sin determinar los factores que intervienen fundamentalmente en el medio ambiente, por esta razón, las vías de comunicación que se diseñan se deterioran muy rápidamente. En tal sentido, es de necesidad prioritaria recomendar que para el diseño de un buen pavimento se tenga que considerar el más mínimo detalle en cuanto a las propiedades físico-mecánicas e hidráulicas del suelo.

4.3 Investigación de campo

Como parte de la evaluación geotécnica del suelo de subrasante existente a lo largo del trazo, se ha llevado a cabo un programa de exploración de campo, excavación de calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en el laboratorio.

Se excavó, 01 calicata o pozo “a cielo abierto”, por kilómetro, según lo estipulado en los términos de referencia, denominándoseles correlativamente desde la calicata 1 ubicada en la progresiva 0+485, cuyas ubicaciones se encuentran referenciadas respecto al estacado de la carretera.

La profundidad alcanzada en cada una de las perforaciones, fue de 1.50 m. influyendo en esta decisión la menor posibilidad de transmisión de esfuerzos desde la superficie de rodadura hasta esa profundidad.

De cada estrato de suelo identificado, se tomó muestras representativas, las que convenientemente identificadas con doble tarjeta de registro, son empaquetadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio para efectuar ensayos de sus características físicas. Llevándose un registro correlativo de muestras, que permiten llevar un control de la procedencia y ubicación de cada muestra.

Habiendo realizado los estudios de campo y de gabinete se ha determinado que los suelos que conforman el Camino Vecinal Grau – Puerto Perú son como sigue:

Km. 0+000 – Km. 1+000 (CL) Arcilla inorgánica de mediana plasticidad.

Km. 1+000 – Km. 2+000 (SM – SC) Arena arcillosa, arena limosa y
(CL) Arcilla inorgánica.

Km. 2+000 – Km. 3+530 (CH) Arcilla inorgánica.

Km. 3+530 – Km. 7+400 (CL) Arcilla inorgánica.

Km. 7+400 - Km. 9+400 (SM – SC) Arena Arcillosa, limosa.

4.4 Clasificación de suelos

Para pavimentos se emplea el sistema de Clasificación **AASHTO (American Association of State Highway Transp Officials)**.

4.5 Perfil estratigráfico

La descripción litológica que a continuación se reseña corresponde a una evaluación objetiva y directa de campo desde el punto de vista de la naturaleza de los suelos, así como a la interpretación de los análisis de laboratorio realizados a las muestras obtenidas de las prospecciones efectuadas a lo largo de todo el tramo evaluado; observándose una intercalación de depósitos aluviales y aluvio - coluviales.

Kilómetro 0+485 (Calicata N° 01)

Observación de campo:

De 0.00 a 1.50 (CL) Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color marrón, suelo húmedo medianamente compacto de consistencia media.

Interpretación de Ensayos de Laboratorio:

El estrato predominante entre 0.20 y 1.50 m es un suelo A-7-6 (15) sin gravas, con arenas finas en un 10.9% con partículas menores de 1.19 mm (Malla N° 16), con 89.1% de finos arcillosos de mediana compresibilidad $IP = 22.4\%$, que indica un suelo con comportamiento regular a malo como suelo de fundación, pues presentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo y es prácticamente impermeable.

Kilómetro 0+980 (Calicata N° 02)

Observación de campo:

De 0.00 a 1.50 (CL) Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color marrón, suelo húmedo medianamente compacto de consistencia media.

Interpretación de ensayos de laboratorio:

El estrato de 0.0 y 1.50 m es un suelo A-6 (10) – CL, sin gravas, con arenas finas en un 23.22% con partículas menores de 1.19 mm (Malla N° 16), con 76.8% de finos arcillosos de mediana compresibilidad, $IP = 15.0\%$, que indica un suelo con comportamiento regular a malo como suelo de fundación, pues presentan generalmente regulares cambios de volumen entre los estados seco y húmedo y es prácticamente impermeable. Del ensayo de CBR se puede observar que el valor de expansión máximo para 12 golpes por capa es de 3.3%, valor que demuestra grandes cambios volumétricos. El valor de CBR al 100% es de 13.6% y al 95% de 9.0%, valores que indican un mal suelo de fundación.

Kilómetro 1+550 (Calicata N° 03)**Observación de campo:**

De 0.00 a 0.30 (SM-SC) Arena arcillosa, mezcla de arena limo y arcilla de color marrón, suelo húmedo de mediana compacidad.

De 0.30 a 1.50 (CL) Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color marrón, suelo húmedo medianamente compacto de consistencia media.

Interpretación de Ensayos de Laboratorio:

El estrato predominante entre 0.30 y 1.50 m es un suelo A-4 (3) sin gravas, con predominancia de arenas medias a finas en un 45.2% con partículas menores de 2.38 mm (Malla N° 8), con finos limos arcillosos de baja compresibilidad $IP = 8.8\%$ en 54.8%, que indica un tipo de arena con comportamiento regular como suelo de fundación, pues presentan generalmente pocos cambios de volumen entre los estados seco y húmedo, mala a prácticamente impermeable.

Km: 2+020 (Calicata N° 04)**Observación de campo:**

De 0.00 a 0.40 (SC), Arena arcillosa, mezcla de arena limo y arcilla de color marrón, suelo húmedo de mediana compacidad.

De 0.40 a 1.50 (CH) Arcilla inorgánica de alta plasticidad de color rojizo, veteado de color blanquecino, suelo húmedo medianamente compacto.

Interpretación de Ensayos de Laboratorio:

El estrato entre 0.00 y 0.40 m, es un suelo A-4 (1) sin contenido de gravas y con arenas en 64.8% con partículas menores de 1.19 mm (Malla N° 16), con tamaños menores de 0.074 mm en un 35.2%, con finos limos arcillosos de baja compresibilidad $IP = 9.20\%$ en 35.2%, que indica un tipo de arena con comportamiento regular como suelo de fundación, pues presentan generalmente pocos cambios de volumen entre los estados seco y húmedo y mala a prácticamente impermeable.

El estrato predominante entre 0.40 y 1.50 m es un suelo A-7-6 (16) – CH, sin gravas, con arenas finas en un 13.0% con partículas menores de 1.19 mm (Malla N° 16), con 85.6% de finos arcillosos de mediana compresibilidad $IP = 24.9\%$, que indica un suelo con comportamiento regular a malo como suelo de fundación, pues presentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo y es prácticamente

impermeable. Del ensayo de CBR se puede observar que el valor de expansión máximo para 12 golpes por capa es de 4.93%, valor que demuestra grandes cambios volumétricos. El valor de CBR al 100% es de 12.9% y al 95% de 8.7%, valores que indican un mal suelo de fundación, que se corrobora con un CHO de 12.5% y baja MDS de 1.83 gr/cc.

Km: 2+540 (Calicata N° 05)

Observación de campo:

De 0.00 a 0.40 (PT), material orgánico o suelo de cultivo de color gris, suelo húmedo de baja consistencia

De 0.04 a 1.50 (CH) Arcilla inorgánica de alta plasticidad de color marrón, veteados de color blanquecino, suelo húmedo medianamente compacto, de consistencia media.

Interpretación de Ensayos de Laboratorio:

El estrato predominante entre 0.40 y 1.50 m es un suelo A-7-6 (19) sin gravas, con arenas finas en un 8.7% con partículas menores de 1.19 mm (Malla N° 16), con 91.3% de finos arcillosos de alta compresibilidad $IP = 29.1\%$, que indica un suelo con comportamiento malo como suelo de fundación, pues presentan generalmente extremadamente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo, por la probable presencia de mineral expansivo montmorillonita, que se deduce del alto valor de $LL = 57.2\%$ e $IP = 29.1\%$ y es prácticamente impermeable. Es conveniente eliminar éste material en por lo menos 0.500 m y reemplazarlo con material de cantera adecuado para rellenos.

Km: 3+530 (Calicata N° 06)

Observación de campo:

De 0.00 a 0.50 (CL) Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color beige, suelo húmedo algo compacto de consistencia media.

De 0.50 a 1.50 (SM) Arena limosa, mezcla de arena limo de color beige, suelo húmedo algo compacto de consistencia media.

Interpretación de ensayos de laboratorio:

El estrato entre 0.00 y 0.50 m es un suelo A-6 (6) – CL, con arenas preponderantemente finas en un 36.7% y con 63.3% de finos arcillosos de mediana compresibilidad $IP = 13.3\%$, que indica un suelo con comportamiento regular a malo como suelo de fundación, pues presentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo y es prácticamente impermeable.

El estrato predominante entre 0.50 y 1.50 m es un suelo A-2-4 (0) sin gravas, con predominancia de arenas medias a finas en un 84.1% con partículas menores de 1.19 mm (Malla N° 16), con finos limos arcillosos de baja compresibilidad $IP = 2.1\%$, que indica un tipo de arena con comportamiento bueno como suelo de fundación, pues presentan generalmente pocos cambios de volumen entre los estados seco y húmedo y mala a prácticamente impermeable. Del ensayo de CBR se puede observar que el valor de expansión máximo para 12 golpes por capa es de 3.20%, valor que demuestra pocos cambios volumétricos. El valor de CBR al 100% es de 14.6% y al 95% de 9.5%, valores que indican un buen suelo de fundación, que se corrobora con un CHO de 9.55% y un MDS de 1.815 gr/cc.

Km: 3+950 (Calicata N° 07)

Observación de campo:

De 0.00 a 1.50 (CL) Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color marrón, suelo húmedo medianamente compacto de consistencia media.

Interpretación de ensayos de laboratorio:

El estrato predominante entre 0.00 y 1.50 m es un suelo A-7-6 (9) sin gravas, con arenas preponderantemente finas en un 30.3% con partículas menores de 1.19 mm (Malla N° 16), con 69.7% de finos arcillosos de mediana compresibilidad $IP = 18.1\%$, que indica un suelo con comportamiento regular a malo como suelo de fundación, pues presentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo y es prácticamente impermeable.

Km: 4+460 (Calicata N° 08)

Observación de campo:

De 0.00 a 1.50 (CL) Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color marrón, suelo húmedo medianamente compacto de consistencia media.

Interpretación de ensayos de laboratorio:

El estrato predominante entre 0.00 y 1.50 m es un suelo A-7-6 (15) sin gravas, con arenas finas en un 15.6% con partículas menores de 2.38 mm (Malla N° 8), con 84.5% de finos arcillosos de mediana compresibilidad $IP = 23.3\%$, que indica un suelo con comportamiento regular a malo como suelo de fundación, pues presentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo y es prácticamente impermeable.

Km: 4+980 (Calicata N° 09)**Observación de campo:**

De 0.00 a 1.50 (CL) Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color plomizo, suelo húmedo medianamente compacto de consistencia media.

Interpretación de ensayos de laboratorio:

El estrato predominante entre 0.00 y 1.50 m es un suelo A-6 (4) con predominancia de arenas finas en un 44.9% con partículas menores de 2.38 mm (Malla N° 8) y con predominancia de tamaño 0.074mm hasta en un 55.1%, que indica un tipo de arena muy fina con tendencia a un comportamiento mayor como arcilla y constituye un comportamiento de regular a malo como suelo de fundación por contener finos con $IP = 12.6\%$, pues presentan generalmente pocos cambios de volumen entre los estados seco y húmedo, es poco permeable. Del ensayo de CBR se puede observar que el valor de expansión máximo para 10 golpes por capa es de 5.18%, valor que indica cambios volumétricos. El valor de CBR al 100% es de 13.8% y al 95% de 9%, valores que indican regular a malo como suelo de fundación, que se corrobora con un CHO de 14.82% y baja MDS de 1.747gr/cc.

Km: 5+830 (Calicata N° 10)**Observación de campo:**

De 0.00 a 1.50 (CL) Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color plomizo, suelo húmedo medianamente compacto de consistencia media.

Interpretación de ensayos de laboratorio:

El estrato predominante 0.00 - 1.50 m es un suelo A-7-6 (13) – CL, sin contenido de gravas y con arenas en 16.2% con partículas menores de 2.38 mm (Malla N° 8) en muy bajo porcentaje, con partículas de tamaño 0.074mm en 3.8% y con finos arcillosos de alta compresibilidad en un 83.8% con $LL = 46.9\%$ e $IP = 19.7\%$, que indican presencia de mineral montmorillonita con tendencia expansiva y con probabilidad de grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo e impermeable. Del ensayo de CBR se puede observar que el valor de expansión máximo para 12 golpes por capa es de 5.93%, valor que demuestra cambios volumétricos considerables. El valor de CBR al 100% es de 13.3% y al 95% de 8.5%, valores que indican un mal suelo de fundación, que se corrobora con un CHO de 15.6% y baja MDS de 1.731gr/cc.

Km: 6+380 (Calicata N° 11)**Observación de campo:**

De 0.00 a 1.50 (CH) Arcilla inorgánica de alta plasticidad de color rojizo veteadado de color blanquecino, suelo húmedo medianamente compacto de consistencia media.

Interpretación de Ensayos de Laboratorio:

El estrato predominante es 0.00 y 1.50 m es un suelo A-7-6 (19) – CH, sin gravas, con arenas finas en un 6.4% con partículas menores de 0.84 mm (Malla N° 20), con 93.6% de finos arcillosos de alta compresibilidad $IP = 29.2\%$, que indica un suelo con comportamiento malo como suelo de fundación, pues presentan generalmente extremadamente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo por la probable presencia de mineral expansivo montmorillonita, que se deduce del alto valor de $LL = 58\%$ e $IP = 29.2\%$ y es regular a mala en drenaje. Es conveniente eliminar éste material en por lo menos 0.50 m y reemplazarlo con material de cantera adecuado para rellenos.

Km: 6+960 (Calicata N° 12)**Observación de campo:**

De 0.00 a 1.50 (CH) Arcilla inorgánica de alta plasticidad de color marrón, suelo húmedo medianamente compacto de consistencia media.

Interpretación de Ensayos de Laboratorio:

El estrato predominante entre 0.15 y 1.50 m es un suelo A-7-6 (14) – CL, sin gravas, con arenas finas en un 10.4% con partículas menores de 0.84 mm (Malla N° 20), con 89.60% de finos arcillosos de mediana compresibilidad $IP = 21.3\%$, que indica un suelo con comportamiento regular a malo como suelo de fundación, pues presentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo y es prácticamente impermeable. Del ensayo de CBR se puede observar que el valor de expansión máximo para 12 golpes por capa es de 5.93%, valor que demuestra grandes cambios volumétricos. El valor de CBR al 100% es de 13.6% y al 95% de 8.8%, valores que indican un mal suelo de fundación, que se corrobora con un CHO de 15.45% y baja MDS de 1.739 gr/cc.

Km: 7+000 (Calicata N° 13)**Observación de campo:**

De 0.00 a 1.50 (CH) Arcilla inorgánica de alta plasticidad de color rojizo, veteadado de color blanquecino, suelo húmedo medianamente compacto de consistencia media.

Interpretación de ensayos de laboratorio:

El estrato de 0.0 y 1.50 m es un suelo A-7-6 (16) – CH, sin gravas, con arenas finas en un 7.4% con partículas menores de 0.84 mm (Malla N° 20), con 92.6% de finos arcillosos de mediana compresibilidad $IP = 23.9\%$, que indica un suelo con comportamiento regular a malo como suelo de fundación, pues presentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo y es prácticamente impermeable.

Km: 7+400 (Calicata N° 14)**Observación de campo:**

De 0.00 a 1.50 (CL) Arcilla inorgánica de median plasticidad de color marrón, vetado de color blanquecino, suelo húmedo medianamente compacto de consistencia media.

Interpretación de Ensayos de Laboratorio:

El estrato de 0.0 y 1.50 m es un suelo A-7-6 (14) – CL, sin gravas, con arenas finas en un 10.4% con partículas menores de 2.38 mm (Malla N° 8), con 89.6% de finos arcillosos de mediana compresibilidad $IP = 20.5\%$, que indica un suelo con comportamiento regular a malo como suelo de fundación, pues presentan generalmente grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo y es prácticamente impermeable. Del ensayo de CBR se puede observar que el valor de expansión máximo para 12 golpes por capa es de 5.93%, valor que demuestra grandes cambios volumétricos. El valor de CBR al 100% es de 13.60% y al 95% de 8.8%, valores que indican un mal suelo de fundación, que se corrobora con un CHO de 15.56% y baja MDS de 1.746 gr/cc.

Km: 8+840 (Calicata N° 15)**Observación de campo:**

De 0.00 a 0.60 (SM), Arena limosa, arena arcillosa, mezcla de arena y limo de color marrón, suelo húmedo de mediana compacidad.

De 0.60 a 1.50 (SM - SC) Arena limosa, arena arcillosa, mezcla de arena limo y arcilla de color marrón, suelo húmedo de mediana compacidad.

Interpretación de ensayos de laboratorio:

El estrato superficial de 0.0m - 0.60m corresponde a un suelo de tipo A-2-4 (0) (arena limo arcillosa), predominancia de arenas finas en 74.9% y con partículas de tamaño menor a 2.38mm (malla # 08), contenido de pocos finos de baja plasticidad $IP = 2.9\%$, constituye un buen suelo para fundación.

El estrato superficial de 0.6m - 1.50m corresponde a un suelo de tipo A-2-4 (0) (arena limo arcillosa), predominancia de arenas finas en 66.70% y con partículas de tamaño menor a 1.19 mm (malla # 16), contenido de pocos finos de baja plasticidad IP = 5.8%, constituye un buen suelo para fundación. Del ensayo de CBR se puede observar que el valor de expansión máximo para 12 golpes por capa es de 2.78%, valor que indica pocas posibilidades de cambios volumétricos. El valor de CBR al 100% es de 16.70% y al 95% de 10.30%, valores que indican un buen suelo de fundación.

Resumen

Los resultados de los ensayos de Densidad - Humedad (Proctor Modificado) y Valor Relativo Soporte CBR, de los suelos más representativos se presentan a continuación y en el Anexo "A" se adjuntan los certificados de los ensayos de laboratorio.

Kilometraje	C.B.R. 95%	Clasificación	
	M.D.S.	SUCS	AASHTO
KM. 0+485	8.8	CL	A - 7 - 6 (15)
KM. 0+980	9.0	CL	A - 6 (10)
KM. 2+020	8.7	CH	A - 7 - 6 (16)
KM.3+530	9.5	SM	A - 2 - 4 (0)
KM. 4+980	9.0	CL	A - 6 (4)
KM. 5+830	8.5	CL	A - 7 - 6 (13)
KM. 6+960	8.8	CL	A - 7 - 6 (14)
KM. 7+400	8.8	CL	A - 7 - 6 (14)
KM. 8+840	10.3	SM - SC	A - 2 - 4 (0)

4.6 Diseño geométrico

4.6.1 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se ha realizado horizontalmente sobre el eje existente; verticalmente ha sido necesario realizar algunas modificaciones con la finalidad de uniformizar las pendientes evitándose la sinuosidad vertical y por otro lado también se ha realizado con fines de drenaje.

4.6.2 Alineamiento horizontal

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

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

Adicionalmente se han ubicado progresivas en las obras de arte y/o drenaje a proyectar, las mismas que también han sido niveladas y seccionadas.

La sinuosidad del camino, como ya se dijo, ha obligado a proyectar curvas sin la tangente mínima intermedia, para el desarrollo de la transición de peraltes y sobre anchos.

4.6.3 Alineamiento longitudinal

La rasante del camino se ha diseñado, tratando de pegarse al máximo al perfil longitudinal del terreno para lo cual se ha considerado una longitud mínima de cambio de pendiente de 60 m, enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia de pendientes de dos tramos consecutivos sea mayor o igual a 2%.

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

Los BM de control han sido colocados cada medio kilómetro aproximadamente, en lugares apropiados para que no interfieran con las obras, en el proceso de ejecución del proyecto. Estos B.M. han sido monumentados con hitos de concreto con una varilla de acero de 3/8" pintado en la parte superior.

4.6.4 Radio mínimo

Según "Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito"; el radio mínimo está en función de la velocidad directriz (V_d), del peralte (e) y del coeficiente de fricción lateral (f), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$R = \frac{Vd^2}{127 * (0.01 * e_{m\acute{a}x} + f_{m\acute{a}x})} \dots\dots\dots (3)$$

Datos: $Vd = 30 \text{ Km/h}$,

$e = 5\%$ (Normas para CBVT Ver ítem 3.2.6)

$f = 0.23$ Se adjunta cálculo respectivo

$f_{m\acute{a}x} = 0.24$ Se adjunta cálculo respectivo

Reemplazando los valores tenemos un radio mínimo $R_{m\acute{i}n} = 26.00 \text{ m}$.

En curvas de volteo de radios reducidos será reducida la velocidad en un 15% (30 Km/h) obteniéndose un radio mínimo excepcional **$R_{m\acute{i}n.excep} = 18.00 \text{ m}$** para el tipo de vehículos que circularán en mayor volumen por el camino (Vehículo ligero). Bombeo = 2% (ver Manual CBVT ítem 3.5.1)

4.6.5 Alineamiento vertical

La rasante del camino se ha diseñado, tratando de pegarse al máximo al perfil longitudinal del terreno para lo cual se ha considerado una longitud mínima de cambio de pendiente de 40 m, enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia de pendientes de dos tramos consecutivos sea mayor o igual a 2%.

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

Los BM de control han sido colocados cada medio kilómetro aproximadamente, en lugares apropiados para que no interfieran con las obras, en el proceso de ejecución del proyecto. Estos B.M. han sido colocados algunos en roca; pintados con pintura roja + clavo de calamina y referenciados a estacas del eje.

4.6.6 Pendientes

El tramo carretero discurre sobre terrenos ondulados y por consiguiente la Pendiente Máxima, para una velocidad de 30 km/h., será de 10% de acuerdo al “Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito” cuadro 3.3.3a Además; en el presente estudio se han tenido las siguientes consideraciones técnicas: Se han evitado las pendientes menores del 0.50%.

En conclusión, en el presente Estudio las pendientes máximas se presentan en los tramos: Km. 07+760 – Km. 07+900= 4.29% y Km. 08+420 – Km. 08+520= 5.93%.

4.6.7 Curvas verticales

Para nuestro caso, Camino Vecinal, se han utilizado curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de pendientes adyacentes sea mayor o igual de 2%. Adoptándose una longitud de curva mínima de 80 m, para curvas cóncavas y convexas, con el propósito de adecuarse al máximo al perfil vertical del terreno natural.

4.6.8 Sección transversal

Las secciones transversales, de todas las estacas del eje incluyendo aquellas donde se proyectan obras de arte, han sido tomadas siguiendo la configuración del terreno hasta 25 m a cada lado y en forma perpendicular al eje. Las estacas donde se proyectan obras de drenaje han sido seccionadas siguiendo el curso de agua y no necesariamente perpendicular al eje.

4.6.9 Calzada

Estarán conformada por la superficie de rodadura, más los sobreechamientos en curvas y excedentes de la plataforma existente.

4.6.10 Superficie de rodadura

Se debe tener en cuenta que el Camino pertenece al Sistema Vecinal y de acuerdo al Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito” recomienda un ancho de 3.50 ml., para 39 <IMD veh/día, una velocidad directriz de 30 km/h; adoptándose un ancho de 3.50 mt., con sobreechamientos en las curvas (numeral 3.6.4).

4.6.11 Sobreechamientos

Los sobreechamientos adoptados para las curvas horizontales y de volteo con la finalidad de no realizar cortes excesivos de taludes altos, aplicando la fórmula que se muestra, para las velocidades de diseño de 25 y 30 km/h, se indican en el cuadro:

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

Dónde: n: N° de carriles

R: Radio de la curva

L: Longitud entre ejes del vehículo considerado

V: Velocidad Directriz Km/h

Reemplazando los diferentes radios se obtienen los siguientes valores de sobreebanos a emplear:

Tabla 15

Sobreebanos adoptados

Velocidad Km/h	Peralte %	Rango de Radios (m)	Sobreebanos (m)	Sobreebanos adoptado(m)
30	2.00	> 100	0.40	0.40
30	4.00	100 - 50	0.62	0.65
30	5.00	50 - 20	1.16	1.20
34	6.00	< 20	1.16	1.20

Fuente: Elaboración propia.

4.6.12 Bombeo.

El bombeo transversal de la superficie de rodadura será 2% en concordancia al Perfil Técnico y al “Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito”.

4.6.13 Transición de peralte

Será colocada en obra, la mitad de la longitud de transición será fuera de la curva y la otra mitad dentro de ella.

4.6.14 Taludes

En el estudio no se presentan taludes de corte potencialmente inestables, considerándose en consecuencia para su conformación los valores indicados en la tabla:

Taludes de corte

Clase de terreno	Talud (V:H) H<5.00
Roca Fija	10 : 1
Roca Suelta	6 : 1
Suelos Consolidados y Compactos	4 : 1
Tierra compacta	2:1
Conglomerados Comunes	3 : 1
Arenas	1:1

Fuente: Elaboración propia.

Taludes de relleno

En el proyecto se conformarán taludes de relleno que siguiendo las recomendaciones de la siguiente tabla:

Clase de terreno	Talud V:H
	H<5
Enrocado	1 : 1
Suelos diversos compactados	1 : 1.5

Ver Cuadros 5.2.1 y 5.2.2; del “Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”.

4.6.15 Banquetas de visibilidad

No se ha considerado banquetas de visibilidad, debido a que los taludes son menores a los requeridos por el “Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”.

4.7 Diseños de pavimentos

Se realizaron los trabajos de campo con el objeto de estudiar la estratigrafía del subsuelo y obtener las características físicas mecánicas y el comportamiento de los suelos de fundación. Asimismo, se efectuó la evaluación de canteras, para el estudio de los materiales, que se emplearán en la rehabilitación de la carretera y dicha información complementará la evaluación estructural del pavimento que define el estudio.

Luego de estudiada la subrasante existente y obtenido los C.B.R. de los estudios de suelos respectivos, y con las proyecciones de tránsito se ha efectuado el Diseño del Pavimento. Con los gráficos se obtuvo un resultado de **20 cm.** de espesor de Afirmado. Anotándose en el estudio también los requisitos que debe cumplir el material del Pavimento.

Zonas con erosión de taludes

No se ha observado la erosión de taludes. La mayor parte del tramo se presenta llano solo en algunos tramos presentan taludes bajos (suelos arcillo – arenoso en estado compacto) a los cuales se está considerando un talud de 2:1. Por lo que cualquier consecuencia producto de la filtración de las aguas de lluvia será de baja consideración.

4.8 Drenaje

Cunetas. Se construirán cunetas al pie de los taludes de corte a lo largo de todo el camino, a fin de eliminar el agua que discurre sobre la calzada, serán de forma triangular y medidas: ancho 0.50 m y profundidad 0.50 m. según detalle en el capítulo de Hidrología.

Alcantarillas. Se han elegido las de tipo metálicas TMC de sección circular; desestimándose las de concreto debido a que en la zona se dispone de pocos bancos de agregados y su distancia de transporte sería desde el Distrito de Yurimaguas incrementando el costo; además de sus ventajas para su instalación e inmediata puesta en uso. (Ver sus características en el capítulo de Hidrología)

4.9 Información hidrometeorológica

La carretera Grau – Puerto Perú atraviesa las cuencas de los Ríos Shanusi, Cotoyacu y Yanayacu, los tres Ríos son fuente principal de abastecimiento de agua para las comunidades de Grau, Cotoyacu y Puerto Perú respectivamente. El Río Shanusi es la fuente hídrica principal para la agricultura y los canales, los cuales son utilizados en los cultivos de arroz, por sistema de bombeo.

En lo que al drenaje se refiere, el caserío de Grau cuenta con pendientes suaves, las cuales permiten discurrir las aguas pluviales hacia las partes más bajas.

El Camino Vecinal Grau – Puerto Perú bordea por sectores al Río Shanusi a una distancia que no expone a la misma a la erosión de la vía, esto en los primeros kilómetros y por tramos cortos.

El drenaje pluvial se realiza a través de cunetas y alcantarillas, badenes que conducen el flujo hacia el Río Shanusi.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Con la elaboración de la propuesta de diseño se lograrán los niveles de seguridad, comodidad y de estética, necesarios para que el diseño geométrico del camino vecinal, tenga los niveles de servicialidad, adecuados para los volúmenes de tránsito actuales, garantizando su funcionalidad mientras cumple su vida útil.

En vista que el tramo en estudio posee un alineamiento vertical y horizontal con condiciones favorables para el diseño, se concluye que se mantendrá la mayor parte de las condiciones existentes para no generar cambios que afecten en gran forma las propiedades aledañas a la vía, manteniendo a la vez las medidas que exigen las normas en base a la clasificación de la carretera.

Del estudio hidrológico se obtuvieron los datos en cuanto a precipitación y escorrentía superficial, siendo estos los más precisos y en base a los caudales que llegan a la carretera se calcularon las obras de drenaje para la evacuación de la de los mimos y prolongar la vida útil de la obra.

Se concluye que la velocidad de diseño utilizada fue obtenida en base a radios de curvatura y demás factores que se incluyen en el diseño geométrico de la vía, integrando lo que son señales preventivas, restrictivas y de información general.

Tomando en cuenta las características de la vía como, por ejemplo, que estaría expuesta a saturación se determinó que la alternativa más aceptable es el uso de concreto hidráulico para lo cual se utilizarán métodos de diseño confiables en la determinación de los espesores de la estructura de pavimento.

Recomendaciones

Se recomienda hacer un ajuste a la oferta económica propuesta, basado en los precios de mercado para el periodo de ejecución del proyecto.

Se recomienda mantener el diseño geométrico propuesto ya que este fue determinado mediante un estudio profundo de las condiciones de la carretera y obtenido en base a todos los elementos que lo integran.

En lo que se refiere a las obras de drenaje propuestas se recomienda respetar sus dimensiones y ubicación ya que estas fueron obtenidas mediante un minucioso estudio hidrológico.

Para compensar algunos cambios en el medio ambiente se recomienda la forestación en los lugares apropiados con árboles que no interfieran en el óptimo funcionamiento de la vía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cárdenas, G. (2002) *Diseño Geométrico de Carreteras. Primera Edición, Bogotá – Colombia*, octubre.
- Crespo, C. (1996) *Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, puentes y Puertos*, Editorial *Limusa*, Tercera Edición, México.
- Dirección de Caminos (1963) *Especificación para Construcción de Puentes y Carreteras. Lima – Perú*.
- Durán, M. (2000) *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito*, SIECA, Primera Edición, Ciudad Guatemala, Guatemala, diciembre.
- Durán, M. (2001), *Manual Centroamericano De Normas Para El Diseño Geométrico De Las Carreteras Regionales*, SIECA, Primera, Ciudad Guatemala, Guatemala.
- Ediciones Ciencias (1996) *El arte del trazado de Carreteras*, Lima – Perú, Editorial “Ciencias” S.R.L. segunda edición.
- Frederick, M. (1992) *Manual del Ingeniero Civil*, Editorial Mc Graw Hill, 3ra Edición. México.
- Gobierno Regional de San Martín (2004) *Plan Vial Participativo Departamental de San Martin*, Moyobamba.
- Guerra, C. (1997) *Carreteras, Ferrocarriles, Canales, Localización y Diseño Geométrico*, Editorial América, Tercera Edición, Lima-Perú, febrero.
- Instituto Nacional de Estadística E Informática (2007) *Censos Nacionales 1,993 IX de Población IV de Vivienda Perfil Socio Demográfico N° 21*, Lima Perú.

Martínez, A. (1996) *Geología y Geotécnica de Moyobamba y Alrededores (Después del Terremoto del 19-6-68. UNI – FIC- Laboratorio De Geología.*

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008) *Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*, N° 305-2008-MTC/02, segunda edición, Lima – Perú, abril.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008) *Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*, N° 303-2008-MTC/02, segunda edición, Lima – Perú, abril.

ANEXOS

PLANOS