



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 MARTIN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**“DISEÑO GEOMETRICO Y SISTEMA DE DRENAJE DEL CAMINO  
VECINAL NAUTA NUEVO ARICA, DISTRITO DE SAN JOSE DE SISA,  
PROVINCIA DE EL DORADO REGION SAN MARTIN”**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil**

**Autor:**

**Bach. Marko Antonio Torres Garcia**

**Asesor:**

**Ing. Juvenal Vicente Diaz Agip**

**TOMO I**

**Tarapoto – Perú**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



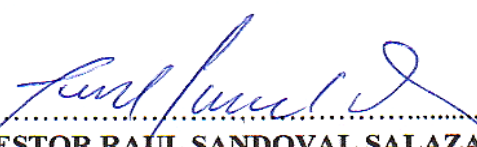
**“DISEÑO GEOMETRICO Y SISTEMA DE DRENAJE DEL CAMINO  
VECINAL NAUTA NUEVO ARICA, DISTRITO DE SAN JOSE DE SISA,  
PROVINCIA DE EL DORADO REGION SAN MARTIN”**

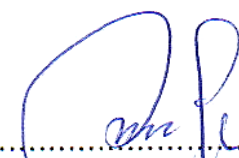
**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil**

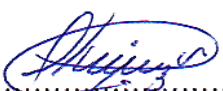
**Autor:**

**Bach. Marko Antonio Torres Garcia**

**Sustentado y aprobado ante el honorable jurado el día 15 de diciembre del 2017.**

  
.....  
**Ing. NESTOR RAUL SANDOVAL SALAZAR**  
**Presidente**

  
.....  
**Ing. CARLOS ENRIQUE CHUNG ROJAS**  
**Secretario**

  
.....  
**Ing. Mg. RAMIRO VASQUEZ VASQUEZ**  
**Resolución N° 641-2018-UNSM/FICA-D-NLU**  
**Miembro**

  
.....  
**Ing. JUVENAL VICENTE DIAZ AGIP**  
**Asesor**

## Declaratoria de Autenticidad

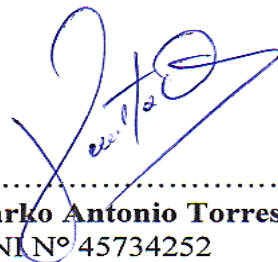
**Marko Antonio Torres García**, identificado con DNI N° 45734252, bachiller de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, escuela profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín- Tarapoto, con la tesis titulada: **“DISEÑO GEOMETRICO Y SISTEMA DE DRENAJE DEL CAMINO VECINAL NAUTA NUEVO ARICA, DISTRITO DE SAN JOSE DE SISA, PROVINCIA DE EL DORADO REGION SAN MARTIN”**

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 se 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, asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 26 de Noviembre de 2018.



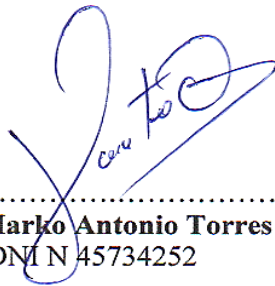
.....  
**Bach. Marko Antonio Torres García**  
DNI N° 45734252

## DECLARACIÓN JURADA

**Marko Antonio Torres García**, identificado con DNI N° 45734252, con domicilio legal en el Jr. Los Ángeles N°661 - Tarapoto, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

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

Tarapoto, 26 de Noviembre de 2018



.....  
**Bach. Marko Antonio Torres García**  
DNI N 45734252

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:	Torres Garcia Mark Antonio	
Código de alumno :	073139	Teléfono: 968293849
Correo electrónico :	marko185_5@hotmail.com	DNI: 45734252

(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 y sistema de Drenaje del Camino vecinal Klauta Nuevo Arica, Distrito de San José de Sisa Provincia de El Dorado Región San Martín.
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.

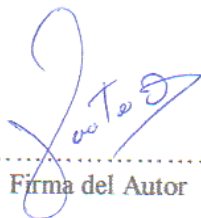
## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

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:

17/12 / 2018



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

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

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

## DEDICATORIA

*A Dios Padre por darme la vida,  
por darme la sabiduría y fortaleza  
para afrontar día a día mi camino.  
A mis queridos Padres Nancy y Estanislao,  
por el inmenso esfuerzo de ambos  
que me hicieron una persona de bien  
para nuestra sociedad, por su apoyo  
incondicional durante toda mi vida  
y durante mi formación profesional.  
A Margarita, por su apoyo emocional y sincero que me  
fortalece y anima a seguir siempre adelante.  
Para ellos este trabajo.*

***Marko Antonio Torres García.***



## AGRADECIMIENTO

*A Dios Padre, por acompañarme todos los días de mi vida.  
A todas las personas que hicieron posible en la realización de este trabajo,  
Muchas gracias por su apoyo y enseñanza:*

*A mis amados padres, Nancy y Estanislao,  
Quienes a los largo de la vida han apoyado y motivado mi formación académica,  
Su tenacidad y lucha interminable han hecho de ellos un gran ejemplo a seguir  
Por mí y por mis hermanos y sin ellos jamás hubiera podido conseguirlo,  
Gracias por todo su amor y que este trabajo sea la recompensa a tantos años de su  
entrega.*

*A mis hermanos Anita y Anthony,  
Que de una u otra manera son la razón por la cual me vi en este punto de mi vida,  
A puertas del título profesional tan anhelado.*

*A mis abuelitas (QEPD), Juanita y Emilia,  
Sé que en donde estén, siempre compartirán mis alegrías.*

*A Margarita, gracias por acompañarme a hacer realidad este sueño,  
En los desvelos constantes para su realización,  
Por darme ánimos siempre para luchar por lo que quiero,  
Por ser mi compañera del alma,  
Porque hemos compartido tanto que mis logros son los tuyos.*

*A mi asesor, el Ingeniero Juvenal Vicente Díaz Agip por su gran apoyo,  
Dedicando su tiempo y sus sabios conocimientos para la formación de mi proyecto y  
Para la formación de mi persona como profesional.*

*A mis docentes de la Universidad Nacional de San Martín que durante mi vida  
Universitaria me enseñaron el verdadero significado de nuestra carrera.  
A todos mis compañeros y amigos que formaron parte de este trayecto y quedarán  
Siempre en mis recuerdos.*

**Marko Antonio Torres García.**

## INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 GENERALIDADES .....	1
1.2 EXPLORACION PRELIMINAR ORIENTANDO LA INVESTIGACION .....	4
1.3 ASPECTOS GENERALES DE ESTUDIO.....	5
1.3.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	5
1.3.2 CLIMA.....	7
1.3.3 CENTROS POBLADOS Y ÁREA DE INFLUENCIA.....	8
1.3.4 ACCESIBILIDAD .....	9
1.3.5 CARACTERISTICAS SOCIO ECONOMICAS .....	9
1.3.6 CARACTERISTICAS FISICAS.....	10
1.3.7 ACTIVIDADES PRINCIPALES Y NIVELES DE VIDA.....	12
1.3.8 SITUACION ACTUAL .....	12
1.3.9 LIMITACIONES.....	12
II MARCO TEORICO .....	13
2.1 ANTECEDENTES, PLANTEAMIENTO, DELIMITACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
2.1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	13
2.1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
2.1.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....	14
2.1.4 FORMULACIÓN DE PROBLEMA.....	14
2.2 OBJETIVOS .....	15
2.2.1. OBJETIVOS GENERAL.....	15
2.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	15
2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
2.4 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.5 MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL .....	16

2.5.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
2.5.1.1 CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS .....	16
2.5.1.1.1 CLASIFICACIÓN POR DEMANDA .....	16
2.5.1.1.2 CLASIFICACIÓN POR OROGRAFÍA .....	18
2.5.1.2 DERECHO DE VÍA .....	19
2.5.1.2.1. NATURALEZA DEL DERECHO DE VÍA .....	19
2.5.1.2.2. DIMENSIONAMIENTO DEL ANCHO MÍNIMO DEL DERECHO DE VÍA PARA CAMINOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO .....	19
2.5.1.3. ENSANCHE DE PLATAFORMA.....	20
2.5.1.4. ELEMENTOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO.....	20
2.5.1.5. DISEÑO GEOMÉTRICO.. .....	21
2.5.1.6. ALINEAMIENTO HORIZONTAL.. .....	22
2.5.1.6.1. CONSIDERAMIENTO PARA EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL.. .....	22
2.5.1.6.2. CURVAS HORIZONTALES.....	25
2.5.1.6.3. CURVAS DE TRANSICIÓN.....	25
2.5.1.6.4. DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES..	26
2.5.1.6.5. CURVAS COMPUESTAS.....	27
2.5.1.6.6. EL PERALTE DE CAMINO.. .....	27
2.5.1.6.7. SOBRE ANCHO DE LA CALZADA EN CURVAS CIRCULARES	29
2.5.1.7. ALINEAMIENTO VERTICAL. ....	30
2.5.1.7.1. CONSIDERACIONES PARA EL ALINEAMIENTO VERTICAL.	30
2.5.1.7.2. CURVAS VERTICALES. ....	31
2.5.1.7.3. PENDIENTE .....	33
2.5.1.8. SECCIÓN TRANSVERSAL.....	34
2.5.1.8.1. CALZADA.....	34
2.5.1.8.2. BERMA. ....	34
2.5.1.8.3. ANCHO DE LA PLATAFORMA.. .....	35
2.5.1.8.4. PLAZOLETAS .....	35
2.5.1.8.5. TALUDES .....	35
2.5.1.8.6. SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA.....	36
2.5.2 ASPECTOS SOBRE MECÁNICA DE SUELOS .....	36
2.5.2.1. ESTUDIO DE SUELOS Y CANTERAS .....	36

2.5.2.2. ESTUDIO DE SUELOS .....	37
2.5.2.3. CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS .....	47
2.5.3. ASPECTOS TOPOGRÁFICOS .....	48
2.5.3.1. ALINEAMIENTO HORIZONTAL .....	48
2.5.3.2. CURVAS HORIZONTALES .....	48
2.5.3.2.1. RADIOS DE DISEÑO .....	48
2.5.3.2.2. PERALTE .....	50
2.5.3.2.3. ELEMENTOS DE LAS CURVAS HORIZONTALES .....	50
2.5.4. PERFIL LONGITUDINAL .....	52
2.5.4.1. SECCIONES TRANSVERSALES .....	52
2.5.4.2. RASANTE .....	53
2.5.4.3. CURVAS VERTICALES .....	54
2.5.4.4. PENDIENTE .....	55
2.5.5. ASPECTOS SOBRE HIDROLOGÍA Y DRENAJE .....	57
2.5.5.1. HIDROLOGÍA Y CÁLCULOS HIDRÁULICOS .....	58
2.5.5.2. CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO .....	59
2.5.6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	60
2.5.6.1. VENTAJAS .....	62
2.5.6.2. INCONVENIENTES .....	63
2.5.6.3. METODOLOGÍA DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE UNA CARRETERA .....	63
2.5.6.4. JUSTIFICACIÓN PARA EL ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL .....	65
2.5.6.6. FACTORES AMBIENTALES DEL MEDIO .....	66
2.6. MARCO CONCEPTUAL: TERMINOLOGÍA BÁSICA .....	66
2.7. MARCO HISTÓRICO .....	70
2.8. HIPÓTESIS .....	71
III MATERIALES Y METODOS .....	72
3.1. MATERIALES .....	72
3.1.1. RECURSOS HUMANOS .....	73
3.1.2. RECURSOS MATERIALES .....	74
3.1.3. RECURSOS DE EQUIPOS .....	76
3.1.4. OTROS RECURSOS .....	76
3.2. METODOLOGIA .....	76

3.2.1. UNIVERSO, MUESTRA POBLACION.....	77
3.2.1.1. UNIVERSO .....	77
3.2.1.2. MUESTRA.....	77
3.2.1.3. POBLACIÓN.....	77
3.2.2. SISTEMA DE VARIABLES.....	77
3.2.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	77
3.2.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	77
3.2.3. TIPOS Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	77
3.2.4. DISEÑO DE INSTRUMENTOS .....	77
3.2.4.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO.....	78
3.2.4.2. FUENTES TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE SELECCIÓN DE DATOS.....	78
3.2.5. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	78
3.2.5.1. DISEÑO DE PAVIMENTO.....	78
3.2.5.1.1. MÉTODO NAASRA.....	78
3.2.5.1.2. CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DE TRAFICO.....	79
3.2.5.1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS .....	80
3.2.6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	80
3.2.7. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	81
IV RESULTADOS.....	83
4.1. RESULTADO DEL ESTUDIO DE TRÁFICO .....	83
4.1.1. OBJETIVO DEL TRÁFICO .....	84
4.1.2. PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE CAMPO .....	84
4.1.3. EJECUCIÓN DEL ESTUDIO DE CAMPO.....	86
4.1.4. RESULTADOS OBTENIDOS.....	86
4.1.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	87
4.2. TRAZO EN PLANTA .....	88
4.2.1. DESCRIPCIÓN DEL TRAZO .....	88
4.2.2. CRITERIOS DE TRAZO .....	88
4.2.3. CLASIFICACIÓN.....	89
4.2.4. VELOCIDAD DIRECTRIZ.....	89
4.2.5. ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	90
4.2.6. RADIO MÍNIMO.....	90
4.2.7. ALINEAMIENTO VERTICAL .....	91

4.2.7.1 PENDIENTES.....	91
4.2.7.2 CURVAS VERTICALES.....	91
4.2.8. SECCIÓN TRANSVERSAL.4. VELOCIDAD DIRECTRIZ..	91
4.2.8.1 CALZADA .....	92
4.2.8.2 SUPERFICIE DE RODADURA.....	92
4.2.8.3 BERMAS.....	92
4.2.8.4 BOMBEO.....	92
4.2.8.5 PERALTE.....	92
4.2.8.6 TRANSICIÓN DE PERALTE..	92
4.2.8.7 PERALTE DE BERMAS.....	92
4.2.8.8 TALUDES.....	94
4.2.8.9 BANQUETAS DE VISIBILIDAD.....	95
4.2.9. TRABAJOS DE CAMPO.....	95
4.2.10. DIBUJO DE LA PLANTA.....	95
4.3. DISEÑO DE PAVIMENTO.....	96
4.3.1. DETERMINACIÓN DEL CBR DE DISEÑO .....	96
4.3.2. DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO.....	96
4.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CAMINO VECINAL MEJORADO .....	97
4.5. HIDROLOGÍA Y DRENAJE.....	98
4.5.1. INTRODUCCIÓN.....	98
4.5.2. OBJETIVOS.....	99
4.5.3. JUSTIFICACIÓN.....	100
4.5.4. METODOLOGÍA.....	100
4.5.4.1. DIAGNOSTICO E INVENTARIO.....	101
4.5.4.2. INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA Y CARTOGRÁFICA.....	101
4.5.5. HIDROLOGÍA DEL SISTEMA DE DRENAJE... ..	104
4.5.5.1 INTENSIDADES DE DISEÑO. ....	104
4.5.5.2 MÁXIMA ESCORRENTÍA DIRECTA .....	104
4.5.6. HIDRÁULICA DEL DRENAJE SUPERFICIAL .....	105
4.5.6.1 HIDRÁULICA DE CUNETAS.....	106
4.5.6.2 HIDRÁULICA DE ALCANTARILLAS.....	106
4.5.7. IMPACTO AMBIENTAL DEL DRENAJE... ..	107
7.5.7.1 IMPACTO EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN....	107
7.5.7.2 IMPACTO EN LA FASE DE OPERACIÓN.....	107

4.6. OBRAS DE ARTE.....	108
4.6.1. ALCANTARILLAS DE C°A°.....	108
4.3.2. BADENES DE C°A°.....	108
4.6.3. CONFORMACIÓN DE CUNETAS .....	108
4.7. UBICACIÓN DE CANTERAS.....	109
4.8. FUENTES DE AGUA.....	109
4.9. BOTADERO.....	109
V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	110
5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	110
5.1.1. ENSAYOS PRELIMINARES.....	110
5.1.2. ANÁLISIS TOPOGRÁFICO. ....	110
5.1.3. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE DRENAJE .....	111
5.1.4. ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS. ....	111
5.1.5. ANÁLISIS DEL ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	112
5.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	112
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	113
6.1 CONCLUSIONES .....	113
6.2 RECOMENDACIONES .....	115
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
VIII. ANEXOS .....	117
8.1 ESTUDIO DE SUELOS Y CANTERAS	
8.2 DESARROLLO DE CURVAS HORIZONTALES	
8.3 DESARROLLO DE CURVAS VERTICALES	
8.4 CALCULO HIDRAULICO	
8.5 DISEÑO ESTRUCTURAL DE OBRAS DE ARTE	
8.6 PANEL FOTOGRAFICO	
8.7 PLANOS	

## RESUMEN

La presente tesis tiene por finalidad realizar el diseño geométrico y sistema de drenaje para así mejorar el nivel de transitabilidad, logrando un adecuado acceso a los mercados para mejorar los niveles de producción y productividad de las diferentes actividades que se desarrollan en la zona, como consecuencia de la facilidad que otorga el transporte, ya que en la actualidad la zona presenta un déficit y ausencia de construcción de obras de arte; además con esto lograr la integración distrital como también la provincial, y tener acceso a los servicios básicos que es fundamental para el desarrollo de las localidades.

La necesidad de mejorar el camino vecinal Nauta Nuevo Arica, Distrito de San José de Sisa, Provincia de El Dorado, Región San Martín, es el principal problema a solucionar en el presente trabajo de investigación.

Dentro de los parámetros del mejoramiento surge como necesidad el diseño Geométrico y Sistema de Drenaje, por lo que el autor, pretende dar solución a la necesidad que se ha presentado utilizando las normativas establecidas por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial y el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2014, las cuales rigen a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio, por los órganos responsables de la gestión de infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

El presente estudio contiene indicadores y variables de un estudio socio-económico que respaldan y garantizan la aprobación y posteriormente la ejecución de este proyecto.

Palabras Clave: Diseño Geométrico; Drenaje; camino vecinal.



## ABSTRACT

The following thesis aims to perform geometric design and transport system to improve the level of traffic, suitable access to markets to improve production levels and productivity of the different activities carried out in the area, as part of the easiness that the transport grants, since at present the zone presents / displays a deficit and the absence of construction of works of art; In addition, with this we will achieve integration as well as the province, and access to basic services that are fundamental for the development of localities.

The need to improve Nauta Nuevo Arica neighborhood road, District of San José de Sisa, Province of El Dorado, San Martín Region, is the main problem to solve in this research work.

Within the parameters of improvement, the Geometric Design and Drainage System is necessary, so the author intends to solve the need that has been presented using the regulations established by the National Road Infrastructure Management Regulation and the Manual Geometric Road Design DG 2014, which governs national level and is mandatory, by the bodies responsible for road infrastructure management of the three levels of government: National, Regional and Local.

The following study contains indicators and variables of a socio-economic study that support and guarantee the approval and later the execution of this project.

Keywords: Geometric Design; Sewer system; by road.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Generalidades

En la región San Martín la problemática es similar dado a las condiciones accidentadas que conforman las últimas estribaciones de la cordillera oriental de los Andes, donde se pueden evidenciar deficiencias en cuanto a la concepción de los caminos vecinales que van desde, diseños geométricos erróneos, pésima o ausente señalización, desgaste profundo de las estructuras y obstáculos visuales en lugares críticos, a lo que se suma las limitaciones económicas de las entidades gubernamentales, que orientan la elaboración de proyectos donde se contemplan trabajos menores y de rehabilitación, en desmedro de estudios que se adecuan a las normas vigentes, siendo estas normas las que contribuyen a diseñar caminos con características de seguridad, comodidad, transitabilidad y eficiencia.

En el sector productivo, se cultivan productos alimenticios de pan llevar de los cuales se abastecen la ciudad de San José de Sisa 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 San José de Sisa, 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. La función de estas vías es de singular importancia, pues estimulan el progreso de regiones aisladas y deprimidas económicamente, generalmente de buen potencial productivo que, por la carencia o deterioro de los caminos, permanecen inexplorados o con sistemas artesanales de explotación orientados básicamente a cubrir las necesidades de autoconsumo. La vialidad rural es un elemento de vital importancia para las economías de los Gobiernos Locales toda vez que es un elemento de integración que contribuye al intercambio económico y por lo tanto a la mejora económica de la población, al ordenamiento territorial y en general al desarrollo económico.

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

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

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

### **Estado de las Carreteras**

Este es el estado de las carreteras del Perú, ordenadas según la región natural: Carreteras en la Costa: de muy buena calidad, señalización suficiente y servicios conexos en la mayoría de los casos. La red asfaltada es muy amplia especialmente en las cercanías de las ciudades más pobladas.

Carreteras en la Sierra: de buena calidad con varias vías totalmente asfaltadas y con buenos servicios que permiten traslados seguros a pesar de la agreste geografía, sin embargo se limita a las áreas urbanas principales, siendo predominante aún las carreteras afirmadas, sobre todo en las zonas rurales.

Carreteras en la selva: de muy buena calidad cuando son asfaltadas. Las carreteras afirmadas presentan problemas constantes de mantenimiento debido a la presencia de fuertes lluvias.

Tabla 1

#### *Sistema Nacional de Carreteras – SINAC*

RED VIAL	Pavimentado	%	No Pavimentado	Total General	%	%
RV NACIONAL	15,310	61.3	9,665	38.7	17.7	100
RV DEPARTAMENTAL	2,340	9.7	21,895	90.3	17.2	100

RV VECINAL	1,611	1.8	90,233	98.2	65.1	100
TOTAL	19,261	13.7	121,794	86.3	100.0	100

Fuente: Oficina de Estadística, Oficina General de Planeamiento y Presupuesto OGPP-MTC- Perú

Tabla 2

*Red Vial Nacional según Departamentos y por tipo de Superficie de Rodadura, a Setiembre 2013.*

DPTOS	PAVIMENTADA			NO PAVIMENTADA	RVN EXISTENTE	PROYECTADA	TOTAL RVN	% RVN PAVIM.
	Asfaltada	Solución Básica	TOTAL					
AMAZONAS	315	175	489	362	851	33	884	57.5
ANCASH	877	55	932	688	1,621	73	1,693	57.5
APURIMAC	429	148	576	528	1,105		1,105	52.2
AREQUIPA	989		989	446	1,435	65	1,500	68.9
AYACUCHO	572	1	573	1,191	1,764		1,764	32.5
CAJAMARCA	732	212	944	795	1,739	12	1,750	54.3
CALLAO	13		13	0	13		13	100.0
CUSCO	913	253	1,166	653	1,819	184	2,003	64.1
HUANCAVELICA	242	281	523	904	1,427	17	1,444	36.7
HUANUCO	303	250	553	437	990	193	1,182	55.9
ICA	564	8	572	91	663	47	710	86.2
JUNIN	691	243	934	428	1,362	56	1,418	68.6
LA LIBERTAD	504	40	544	700	1,244	100	1,344	43.7
LAMBAYEQUE	378	68	445	22	468	91	558	95.3
LIMA	956	141	1,097	521	1,618	33	1,651	67.8
LORETO	43		43	45	88	43	131	49.0
MADRE DE DIOS	399		399	0	399	625	1,025	100.0
MOQUEGUA	476		476	0	476		476	100.0
PASCO	185	87	272	293	565		565	48.2
PIURA	936		936	438	1,374	22	1,396	68.1
PUNO	1,218	177	1,396	621	2,017	14	2,031	69.2
SAN MARTIN	528	89	617	231	848	127	975	72.7
TACNA	459		459	178	637		637	72.1
TUMBES	138		138	0	138	9	147	100.0
UCAYALI	212	9	221	93	314	141	456	70.3
<b>TOTAL</b>	<b>13,075</b>	<b>2,236</b>	<b>15,310</b>	<b>9,665</b>	<b>24,976</b>	<b>1,884</b>	<b>26,859</b>	<b>61.3</b>
<b>Estructura (%)</b>	<b>52.3</b>	<b>9.0</b>	<b>61.3</b>	<b>38.7</b>	<b>100.0</b>			

Fuente: DS 036-2011-MTC. Actualización al 30.09.2013- Oficina de Estadística – OGPP- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Elaboración: PVN/OPEI/PFISICA

En la tabla 1, se puede apreciar la clasificación de las carreteras y el total de ellas según la información del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, actualizado hasta setiembre del 2013. En nuestra Región se puede apreciar que aún existen Distritos y centros poblados que no cuentan con sus carreteras y en el mejor de los casos si existieran, en su mayor parte son trochas carrozables que impiden una buena transitabilidad en zona. En la Región San Martín, en el ámbito de la Provincia de El Dorado, es necesario un plan de desarrollo de la red vial tanto en las carreteras de carácter Nacional así como las carreteras del sistema Departamental y Vecinal, para que integren la unidad del país y de esta manera facilitar la comunicación y el transporte de los vehículos y personas. En la siguiente tabla se muestra la Red Vial Nacional de San Martín, que especifica la longitud total de carreteras asfaltadas y afirmadas, siendo un total de 1601.58 kilómetros de longitud (808.60 kilómetros de asfaltado y 792.98 kilómetros de afirmado).

Tabla 3

*Red Vial Nacional de la Región de San Martín, a Octubre 2013.*

ZONA	CODIGO DE RUTA	NOMBRE CARRETERA	LONG. (KM)	TIPO DE SUPERFICIE	
				ASFALT.(KM.)	AFIRM (KM)
ALTO MAYO	PE-5N	LV. PTE. RIO NIEVA-MOYOBAMBA-TARAPOTO-LV. PTE. ASPUZANA	628.38	300	328.38
ALTO HUALLAGA	PE-5N	JUANJUI-TOCACHE-LV. VIAL PUENTE ASPUZANA	265	60	205
HUALLAGA CENTRAL	PE-5N	PTO LOPEZ-PICOTA-BELLAVISTA-JUANJUI	98	98	0
HC.BAJO MAYO	PE-5N	JUAN GUERRA-PTO LOPEZ	22	22	
BAJO MAYO	PE-5N	TABALOSOS-TARAPOTO-JUAN GUERRA	53	53	
ALTO MAYO	PE-5N	LV. PTE. RIO NIEVA-MOYOBAMBA-TABALOSOS	187.3	187.3	
ALTO MAYO	PE-08A	SECTOR SAN MARCOS -SORITOR- EMP. PE-5N	22.6		22.6
SAN MARTIN - LORETO	PE-05NB	EMP. PE-5N-PONGO-ALIANZA-LV.PAMPA HERMOZA (LORETO)	88.3	88.3	
HUALLAGA CENTRAL	PE-10B	CALEMAR - HUICUNGO-PACHIZA EMP. PE-5N	209	0	209
HUALLAGA CENTRAL	PE-12A	SECTOR CRISNEJAS-UCHIZA-PTO.HUICTE-EMP. PE-5N	28		28
<b>TOTAL</b>			<b>1601.58</b>	<b>808.6</b>	<b>792.98</b>

Fuente: Dirección Regional de Transporte – San Martín actualizado al 16/10/2013 DS. 034-2011-MTC

Entendido así, la trascendental importancia de las redes viales y frente a la imperiosa necesidad de contar con un sistema vial eficiente que genere progreso y bienestar social, hemos elaborado el presente trabajo de Tesis, denominando "Diseño Geométrico y Drenaje del Camino Vecinal Nauta Nuevo Arica, Distrito de San José de Sisa, Provincia de El Dorado, Región San Martín", que durante todo el proyecto se hablará sobre dicho diseño y que generalmente ha servido para carreteras de bajo volumen de tránsito.

## 1.2 Exploración Preliminar Orientando la Investigación

El desarrollo del trabajo de Tesis pretende desarrollar el "Diseño Geométrico y Drenaje del Camino Vecinal Nauta Nuevo Arica, Distrito de San José de Sisa, Provincia de El Dorado, Región San Martín", en base a los trabajos de campo y gabinete respaldados por los fundamentos teóricos que intervienen en el proyecto como son: Topografía, Mecánica de Suelos, Hidrología, Impacto Ambiental, Drenaje Vial y Presupuesto debidamente optimizado.

Este proyecto de Tesis abarca el diseño geométrico y sistema de drenaje en el tramo mencionado, ya que se han hecho estudios de Mecánica de Suelos, estudios de tráfico, siendo un camino de bajo volumen de tránsito, este diseño geométrico y sistema de

drenaje pretende mejorar la transitabilidad en la zona aplicando para el diseño las diferentes normas vigentes para este tipo de caminos, siendo así la aportación para poder realizar un trabajo de calidad y a un costo accesible.

Con el paso del tiempo y las continuas lluvias, la superficie de rodadura de la vía se encuentra desgastada por la erosión laminar a consecuencia de las lluvias, y el tránsito liviano y semi pesado se ve limitado, por ello se ha optado hacer estudios previos definitivos que servirán para el desarrollo y realización del proyecto, que conlleva indefectiblemente a mejorar la subrasante y la estructura de las terracerías, elevar el nivel de rasante en ciertos tramos que son susceptibles a inundaciones, también el mejoramiento y construcción de obras de arte y drenaje, construcción de obras de protección para algunas alcantarillas, y dotarlo de cunetas sin revestir.

El proyecto definitivo al ser ejecutado pretende mejorar las condiciones socioeconómicas de la población beneficiada e incorporarse al sistema de caminos vecinales de la Red Vial Regional y Nacional.

Por ello, la población beneficiaria y autoridades locales, recurren a la Municipalidad Provincial de Rioja a fin de obtener una respuesta a la necesidad de recuperar la transitabilidad vehicular permanente, a fin de solucionar el acceso y traslado de la producción agrícola hacia los mercados y fomentar la integración en la zona.

### **1.3. Aspectos Generales del Estudio**

#### **1.3.1 Ubicación Geográfica**

El tramo en materia del presente estudio tiene el punto de inicio del trazo se encuentra en el caserío de Nauta, en la Progresiva 00+000 y sigue hacia el caserío de Nueva Arica en la progresiva 4+482.00 En todo el tramo el eje atraviesa una topografía accidentada y ondulada.

Localidades :	Nauta – Nueva Arica
Distrito :	San Jose de Sisa
Provincia :	El Dorado
Región :	San Martín

#### **Aspecto cartográfico**

Punto Inicial: Nauta

Altitud: 200 m.s.n.m. a 1000 m.s.n.m  
 Coordenadas UTM Norte: 9255781.000 Coordenadas UTM Este: 312751.000

Punto Final: Nuevo Arica

Altitud: 443.77 msnm

Coordenadas UTM Norte: 9252533.695 Coordenadas UTM Este : 310786.561

El proyecto vial según la jurisdicción pertenece al sistema Vecinal y según su servicio pertenece a una carretera de Tercera Clase.



Figura 1: Mapa Político del Perú; Fuente: Gobierno Regional de San Martín



Figura 2: Mapa Del Departamento De San Martin. (Fuente: INEI, MED, MINSA, MTC,IGN)

### 1.3.2 Clima

Según los criterios de clasificación de Leslie Holdridge, la zona en estudio es CALIDO TROPICAL y presenta el tipo de clima según la altitud del Camino (200 m.s.n.m. a 1000 m.s.n.m) presenta características de Bosque Tropical (bh-PT) donde la bio temperatura media anual máxima es de 24.00 °C. Cabe recalcar que los meses normalmente considerados como verano son: Julio, Agosto. Existen dos estaciones; estas dos estaciones son: Una seca, generalmente de mayo a septiembre – octubre, y una lluviosa de diciembre



hasta abril; sin embargo, en diciembre inclusive en enero se presentan escasas precipitaciones. En cuanto a los vientos, se establece que la velocidad básica en la zona del proyecto es de 55 km/h a 10 metros sobre el suelo para un periodo de retorno de 50 años; sin embargo, se deberá tener en cuenta la variabilidad debida a las condiciones locales (topográficas, climáticas).

Tabla 4

*Altitud/Clima/Temperatura y Precipitaciones Pluviales por Provincias en la Región San Martín.*

Localidades	Altitud (msnm)	Clima	Temperatura			Precipitación Pluvial Media Anual (mm)
			MAX (°C)	MED (°C)	MIN. (°C)	
Moyobamba	860	Húmedo, templado y cálido	34	22	10.1	1512
Rioja	842	Húmedo y semi-cálido	27	24	14.4	1668
Lamas	809	Ligeramente húmedo y semi cálido	29	22.9	17.2	1469.7
Tarapoto	333	Semi-seco y cálido	35	26.2	13.3	1213
Picota	415	Seco y cálido	36	27	14	937
Bellavista	249	Seco y cálido	34	26	18	926.6
Saposa	307	Ligeramente húmedo y cálido	34	22	14	1589.3
Juanjuí	273	Semi – seco y cálido	35	26.5	15.1	1438.1
Tocache	470	Cálido húmedo	38	28	16	2367
San José de Sisa	600	Semi – seco y cálido	32	24.8	17.2	1100

Fuente: CORDESAM. “Diagnóstico del Departamento de San Martín”. Moyobamba. 1988. (Del Documento Estudios y Evaluación de Recursos Naturales – ONERN)

### 1.3.3 Centros Poblados y Área de Influencia

El área de influencia es el corredor a lo largo del camino dentro del cual la población utiliza el camino para su desplazamiento y la realización de actividades económicas y sociales, considerándose áreas de influencia Directa e Indirecta. El Área de Influencia Directa (AID), es una faja de 100 m de ancho (50 m a cada lado del eje) a lo largo de la vía en estudio; en tanto que el Área de Influencia Indirecta, 2.5 Km a cada lado de la vía.

El área de influencia de la carretera abarca los Caseríos de Nauta y Nuevo Arica: según el último censo realizado en 2005 - 2006, la población de las localidades beneficiarias es de 711 personas distribuidas como sigue:

#### **Población:**

<b>Localidad</b>	<b>Nivel</b>	<b>Total</b>
Nauta	Caserío	380
Nuevo Arica	Caserío	305

#### **1.3.4 Accesibilidad**

El área donde se desarrolla el Proyecto está situada en la región Nor Oriente del Perú. Geográficamente se ubica entre las coordenadas UTM: 9255781.00N y 312751.00E, con una altitud promedio de 348 m.s.n.m. Políticamente el Proyecto se ubica en los caseríos de Nauta y Nuevo Arica en la jurisdicción del Distrito de San José de Sisa, Provincia de El Dorado, Región de San Martín. Este Proyecto Vial es una carretera de Tercer orden y se desarrolla en los caseríos de Nauta y Nuevo Arica en la jurisdicción del Distrito de San José de Sisa, Provincia de El Dorado, Región

<b>DESCRIPCION</b>	<b>TIPO DE VIA</b>	<b>DISTANCIA (km ).</b>
Tarapoto – San José de Sisa	Asfaltada	60.00
San José de Sisa -Nauta	Trocha Carrozable	17.00

#### **Vías De Acceso**

#### **1.3.5 Características Socio Económicas**

En todo el ámbito de estudio del proyecto la población de la localidad de San José de Sisa y Nauta en gran porcentaje se caracteriza por ejercer como actividad principal la agricultura y esta corresponde a una agricultura orientada básicamente al cultivo agrícola y pecuario, y de servicios; por lo tanto no cuenta con recursos económicos suficientes para desarrollar trabajos comunales en bien de la obra, característica de una comunidad con condiciones de vida media/baja. La comunidad en esta zona no se encuentra organizada a través de Comités de Desarrollo Vecinales y desarrollan actividades tendientes a comprometerse con el aporte financiero para la ejecución de la obra.

Los predios conformantes de la zona donde se desarrollará el proyecto cuentan con servicios básicos de agua potable y energía eléctrica; además se observa en el sector la existencia de infraestructura educativa y de salud. Obviamente la vía en toda su longitud se encuentra a nivel de trocha con un estado de conservación malo.

Considerando todo el ámbito de influencia del proyecto, la cobertura del servicio de agua potable es de 70%, el 30% tienen conexión a la red pública fuera de sus viviendas.

Cuentan con el servicio de alcantarillado.

Cuentan con el servicio de Alumbrado público, servicio de telefonía fija y celular Claro.

### 1.3.6 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.

Según INGEOMIN-1975, Esta región se ubica en la zona morfo-estructural llamada Faja Sub andina (Selva Alta), donde afloran rocas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas de origen continental, tectonizadas por pliegues y fallas a fines del Terciario y durante el Cuaternario. El ámbito geomorfológico de esta región es de singular importancia; en ella tiene su más amplio desarrollo la zona de deformación sub andina, constituyendo una zona geo dinámicamente muy activa y reciente (interna y externa).

En la región se diferencian nítidamente tres unidades macrogeomorfológicas o grandes bloques morfo-estructurales: La Cordillera Oriental, la Faja Sub-Andina (IGN, 1982) y la Depresión Amazónica Oriental o Selva Baja.

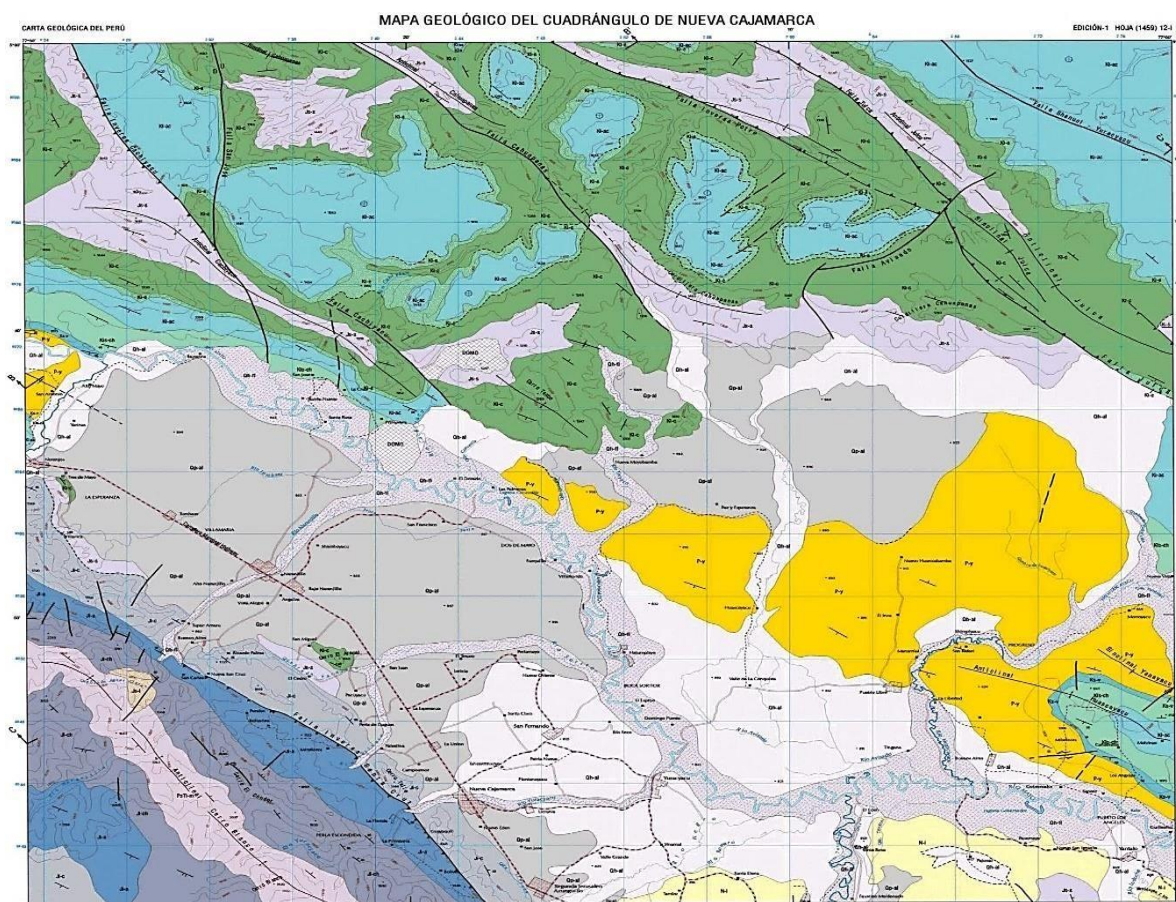


Figura 3: Mapa Geológico de la zona del proyecto. (Fuente: INGEMMET, Perú, cuadrángulo de Nueva

Cajamarca (12 h), 1997).



Figura 4: Mapa Sísmico del Perú. (Fuente: Base Cartográfica Oficial del IGN - Norma Técnica de construcción E030 – 1989)

### **1.3.7 Actividades Principales y Niveles de Vida**

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.

### **1.3.8 Situación Actual**

Se define como área de influencia del proyecto vial, a la zona en la cual se desarrollan todas aquellas actividades que generarán flujos de tráfico por la trocha Carrozable en estudio. En tal sentido, el proyecto podrá servir, influenciar o modificar el comportamiento socioeconómico de su ámbito zonal. El área de influencia comprende un área de influencia directa (franja de 5.00 Km a lo largo de la vía) y una área de influencia indirecta (población que va utilizar en forma esporádica la vía).

### **1.3.9 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 TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes, Planteamiento, Delimitación y Formulación del Problema.**

##### **2.1.1 Antecedentes del Problema**

Las vías de comunicación terrestre son requisitos indispensables para la realización de las principales actividades humanas y para el desarrollo de los pueblos.

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

La construcción de la infraestructura vial energética que se viene implementando en la Provincia de El Dorado, permitirá generar mejores ventajas competitivas y la articulación física del espacio regional al interior, como en su relación con el resto del país. Sin embargo es necesario tener presente que la unificación y construcción del espacio regional no solo depende de la infraestructura, sino de la mayor o menor participación de los diversos espacios amazónicos en las redes económicas e institucionales a nivel nacional.

Del análisis de la información cartográfica y del reconocimiento del terreno efectuado, se infiere que el alineamiento propuesto para la carretera es el más conveniente desde el punto de vista social y agropecuarios, se ha comprobado también que el mejoramiento de la carretera cumple con los requisitos establecidos en las Normas Peruanas de Carreteras para la buena práctica de Ingeniería Vial.

Para este tipo de vía (Sistema Vecinal), no son aplicables para el Manual de Diseño Geométrico de carreteras – DG 2001, por lo que se optó tomar en consideración la NPDC emitida por el MTC y las Normas Vecinal, que se tiene como único elemento de consulta para el diseño respectivo. El Gobierno a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Provias Descentralizado, con financiamiento del BIF y el BID se ha fijado metas concretas; para ello ha instalado políticas institucionales, una de ellas consiste incrementar la inversión prioritaria en el Mantenimiento Periódico de la infraestructura rural de transporte que haga posible la reactivación económica del país considerando que el medio más eficaz para la integración y consolidación de espacios

económicos y la consiguiente irradiación de efectos sobre las áreas de influencia inmediata, los constituyen los ejes de desarrollo ligados fundamentales por una infraestructura principal de accesibilidad a los centros de producción. Los ejes de desarrollo constituirán con sus áreas de influencia, espacios territoriales sujetos a tratamiento, definidos por vinculaciones físicas y económicas de intercambio, con influencia y dinámica expansiva sobre espacios mayores.

En los últimos años, las condiciones sociales, la producción general y particularmente en las zonas rurales se han visto afectadas por el deterioro de los accesos a las zonas productoras y poblaciones rurales, que dependen fundamentalmente de las carreteras y caminos vecinales del ámbito rural; pues por efecto multiplicador va deteriorando la calidad de vida de estas, con el alza incontrolable de tarifas, fletes y pérdidas considerables de la producción agropecuaria.

### **2.1.2 Planteamiento del Problema**

El tramo de carretera existente entre el sector de NAUTA - NUEVO ARICA en el Distrito de San José de Sisa 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 Mejoramiento del camino vecinal Nauta – Nuevo Arica, Distrito de San José de Sisa, Provincia de El Dorado, Región San Martín, que se inicia en el Caserío de Nauta hacia el caserío Nuevo Arica. 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**

Los pobladores del sector Nauta – Nuevo Arica, Distrito de San José de Sisa, Provincia de

El Dorado, Región San Martín, tienen la necesidad de contar con una vía de acceso rápida, y por ende con los principales mercados para comercializar sus productos y elevar cuantitativamente el comercio y el movimiento económico de la zona en estudio.

De qué manera es necesario responder la siguiente interrogante:

## **2.2. Objetivos: General y Específico**

### **2.2.1 Objetivo General**

Realizar Diseño Geométrico y Sistema de Drenaje del Camino Vecinal Nauta Nuevo Arica, Distrito de San José de Sisa, Provincia de El Dorado, Región San Martín.

### **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, (Topografía, Mecánica de suelos, Geología e Hidrología), para el diseño de los tramos propuestos.

Calcular el índice de tráfico y el tipo de tráfico en los tramos.

## **2.3. Justificación de la Investigación**

El estudio del Diseño Geométrico y Sistema de Drenaje del camino vecinal Nauta Nuevo Arica permite que la población inmersa en el área de influencia del proyecto cuente con un instrumento de gestión a fin de poder procurar su financiamiento a fin de mejorar el acceso a los principales mercados para comercializar sus productos, así como disminuir los costos de mantenimiento de los vehículos que realizan transporte a la zona. Estos elementos mejorados contribuyen a elevar los niveles de vida de la población involucrada.

Si bien es cierto que el estudio no plantea temas nuevos del conocimiento sobre el diseño geométrico de caminos vecinales, sin embargo, contribuye a incrementar el acervo documentario relacionado a la construcción de caminos vecinales, teniendo en cuenta que cada tramo en ejecución tiene sus propias particularidades.

La propuesta basada en el estudio técnico de Diseño Geométrico y Sistema de Drenaje del camino vecinal Nauta Nuevo Arica, contempla las recomendaciones técnicas y procedimientos contenidas en las normas nacionales, partiendo desde la identificación de la problemática de parte de los actores involucrados, pasando por los estudios técnicos y ambientales, hasta concluir con la propuesta de Diseño.



La presente Investigación se encuentra justificada por lo siguiente:

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

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

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

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

## **2.4. Delimitación de la Investigación**

La presente Investigación está delimitada por el área del estudio a realizarse en este caso en el Camino Vecinal Nauta Nuevo Arica – Acceso Paraíso, tramo del Km. 00+000 al Km. 4+482.92 (tramo Nauta – Nuevo Arica) Distrito de San José de Sisa, Provincia de El Dorado, Región San Martín y se circunscribe al área delimitada por la vía de dicho camino más la franja dentro del derecho de vía a ambos costados, según sea necesario.

## **2.5. Marco Teórico**

### **2.5.1. Fundamentación Teórica de la Investigación.**

#### **2.5.1.1 Clasificación de Carreteras.**

##### **2.5.1.1.1 Clasificación Por Demanda.**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

#### **Autopistas de Primera Clase**

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6.000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

### **Autopistas de Segunda Clase**

Son carreteras con un IMDA entre 6.000 y 4.001 veh/día, de parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00 m hasta 1,00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

### **Carreteras de Primera Clase**

Son carreteras con un IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, de con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

### **Carreteras de Segunda Clase**

Son carreteras con IMDA entre 2.000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

### **Carreteras de Tercera Clase**

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas

deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

### **Trochas Carrozables**

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m.

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

#### **2.5.1.1.2 Clasificación Por Orografía.**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú<sup>5</sup>, Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la Orografía predominante del terreno por donde discurre su trazado en:

##### **Terreno plano (tipo 1)**

Tiene pendientes transversales al eje de las vías menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazado.

##### **Terreno ondulado (tipo 2)**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado.

Terreno accidentado (tipo 3): Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazado.

Terreno escarpado (tipo 4): Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su

trazado.

### 2.5.1.2 Derecho de Vía.

Según el MTC-Peru, se tiene lo siguiente:

#### 2.5.1.2.1 Naturaleza del Derecho de Vía.

El Derecho de Vía es la franja de terreno de dominio público, definida a lo largo y a ambos lados del eje de la vía, por la autoridad competente. En el derecho de la vía se ubican las calzadas de circulación vehicular, las bermas, las estructuras complementarias de las vías, las zonas de seguridad para los usuarios de las vías, las áreas necesarias para las intersecciones viales, estacionamientos vehiculares en las vías públicas, las estructuras de drenaje y de estabilización de la plataforma del camino y de los taludes del camino, la señalización vial del tránsito, los paraderos de transporte público, las áreas que permiten tener distancias de visibilidad segura para la circulación de las personas y vehículos, etc; y todo lo necesario, para que la vía incorpore áreas para el tratamiento ambiental paisajista cuando sea necesario. Dentro del ámbito del Derecho de Vía, de dominio público, se prohíbe la colocación de publicidad comercial exterior, en preservación de la seguridad vial y del medio ambiente.

#### 2.5.1.2.2 Dimensionamiento del Ancho Mínimo del Derecho de Vía para caminos de bajo volumen de tránsito.

El ancho mínimo debe considerar la Clasificación Funcional del Camino, en concordancia con las especificaciones establecidas por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001 del MTC del Perú, que fijan las siguientes dimensiones:

Tabla 5

*MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Ancho del Derecho de Vía.*

DESCRIPCIÓN	Ancho mínimo absoluto *
Rutas Nacionales (RN) del Sistema Nacional de Carreteras	15 m
Carreteras Departamentales (CD)	15 m
Caminos Troncales Vecinales	15 m
Caminos Rurales Alimentadores	15 m

\* 7.50 m a cada lado del eje|

La faja de dominio dentro de la que se encuentra la carretera y sus obras complementarias, se extenderá como mínimo, para carreteras de bajo volumen de tránsito un (1.00) metro, más allá del borde de los cortes, del pie de los terraplenes o del borde más alejado de las obras de drenaje que eventualmente se construyan. La distancia mínima absoluta entre pie de taludes o de obras de contención y un elemento exterior será de 2.00 m. La mínima deseable será de 5.00 m.

### 2.5.1.3 Ensanche de Plataforma.

Según el MTC-Perú . En las carreteras donde las bermas tengan anchos menores a 2,60 m, se deberá prever como medida de seguridad vial, áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera (en forma alternada), destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias. Los ensanches deben diseñarse contemplando transiciones de ingreso y salida.

Las dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma, se muestran en la tabla 6.

Tabla 6

*MTC-Perú, Manual de Carreteras, Diseño Geométrico DG-2014, D.S. N° 034-2008-MTC, Dimensiones Mínimas y Separaciones Máximas de ensanches de Plataforma.*

Orografía	Dimensiones mínimas		Separación máxima a cada lado (m)		
	Ancho (m)	Largo (m)	Carretera de Primera Clase	Carretera de Segunda Clase	Carretera de Tercera Clase
Plano	3,0	30,0	1.000	1.500	2.000
Ondulado	3,0	30,0	1.000	1.500	2.000
Accidentado	3,0	25,0	2.000	2.500	2.500
Escarpado	2,5	25,0	2.000	2.500	2.500

Podrán diseñarse áreas de ensanche de la plataforma o cercanas a esta, denominadas “Miradores Turísticos”, las cuales, por seguridad vial, deben contar con ingresos y salidas y/o transiciones, según corresponda.

### 2.5.1.4 Elementos del Diseño Geométrico.

Según el MTC-Perú, Los elementos que definen la geometría del camino son:

La velocidad de diseño seleccionada;

La distancia de visibilidad necesarias;

La estabilidad de la plataforma del camino, de las superficies de rodadura, de puentes, de obras de arte y de los taludes; y

La preservación del medio ambiente

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

### 2.5.1.5 Diseño Geométrico.

Según el MTC-Perú, se tiene lo siguiente:

#### Distancia de Visibilidad.

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

#### Visibilidad de Parada.

Distancia de visibilidad de parada, es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria. Para efecto de la determinación de la Visibilidad de Parada se considera que el objetivo inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante del camino.

Tabla 7

MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de

Velocidad Directriz (km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en Subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	15	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	65	70	74	51	53	58
60	85	87	92	97	60	77	75
70	105	110	116	124	100	97	93
80	130	136	144	154	123	118	114

tránsito, Distancia de Visibilidad de Parada (metros).

La pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Esta influencia tiene

importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada iguales o mayores a 6% y para velocidades directrices mayores de 70 km/hora. En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será igual o superior a la distancia de visibilidad de parada. En el Cuadro N° 07 se muestran las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad directriz y de la pendiente. En caminos de muy bajo volumen de tránsito, de un solo carril y tráfico en dos direcciones la distancia de visibilidad deberá ser por lo menos dos veces la correspondencia a la visibilidad de parada.

### **Visibilidad de Adelantamiento.**

Distancia de visibilidad de Adelantamiento (paso), es la mínima distancia que debe ser visible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro vehículo que viaja a velocidad 15 km/h menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz, y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1.10 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es 1.10 m.

La visibilidad de adelantamiento debe asegurarse para la mayor longitud posible, del camino cuando no existen impedimentos impuestos por el terreno y que se reflejan, por lo tanto, en el costo de construcción. La distancia de Visibilidad de Adelantamiento a adoptarse varía con la velocidad directriz tal como se muestra en la tabla n° 08.

Tabla 8:

*MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Distancia de Visibilidad de Adelantamiento.*

<b>Velocidad Directriz Km/h</b>	<b>Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (m)</b>
30	200
40	270
50	345
60	410
70	485
80	540

### **2.5.1.6 Alineamiento Horizontal.**

#### **2.5.1.6.1 Consideraciones para el Alineamiento Horizontal.**

El alineamiento horizontal deberá permitir la circulación ininterrumpida de los vehículos,

tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible.

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

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad directriz. La velocidad directriz, a su vez controla la distancia de visibilidad.

Los radios mínimos, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento transversal del vehículo están dados en función a la velocidad directriz, a la fricción transversal y al peralte máximo aceptable.

En el alineamiento horizontal desarrollado para una velocidad directriz determinada, debe evitarse, el empleo de curvas con radio mínimo. En general se deberá tratar de usar curvas de radio amplio, reservándose el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas.

Deberá buscarse un alineamiento horizontal homogéneo, en el cual tangentes y curvas se suceden armónicamente. Se restringirá en lo posible el empleo de tangentes excesivamente larga, con el fin de evitar el encandilamiento nocturno prolongado, y la fatiga de los conductores durante el día.

Al término de tangentes largas, donde es muy probable que las velocidades de aproximación de los vehículos sean mayores que la velocidad directriz, las curvas horizontales tendrán radios de curvatura razonablemente amplios.

Deberá evitarse pasar bruscamente de una zona de curvas de grandes radios a otra de radios marcadamente menores. Deberá pasarse en forma gradual, intercalando entre una zona y otra, curvas de radio de valor decreciente, antes de alcanzar el radio mínimo.

Los cambios repentinos en la velocidad de diseño a lo largo de una carretera deberán ser evitados. Estos cambios se efectuarán en decrementos o incrementos de 15 km/h.

No se requiere curva horizontal para pequeños ángulos de deflexión. En la tabla N° 09 se



muestran los ángulos de inflexión máximos para los cuales no es requerida la curva horizontal.

*Tabla 9*

*MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Ángulos de Deflexión Máximos para los que no se requiere curva Horizontal.*

<b>Velocidad Directriz Km/h</b>	<b>Deflexión Máxima aceptable sin curva circular</b>
30	2° 30'
40	2° 15'
50	1° 50'
60	1° 30'
70	1° 20'
80	1° 10'

Para evitar la apariencia de alineamiento quebrado o irregular, es deseable que, para ángulos de deflexión mayores a los indicados en el Cuadro N° 09 la longitud de la curva sea por lo menos de 150 m. Si la velocidad directriz es menor a 50 km/h y el ángulo de deflexión es mayor que 5°, se considera como longitud de curva mínima deseada la longitud obtenida con la siguiente expresión  $L = 3V$  ( $L$  = longitud de curva en metros y  $V$  = velocidad en km/hora). Deben evitarse longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros.

Se evitará, en lo posible, los desarrollos artificiales. Cuando las condiciones del relieve del

terreno hagan indispensable su empleo, el proyectista hará una justificación de ello. Las ramas de los desarrollos tendrán la máxima longitud posible y la máxima pendiente admisible, evitando la superposición de varias de ellas sobre la misma ladera. Al proyectar una sección de carretera en desarrollo, será, probablemente, necesario reducir la velocidad directriz.

Las curvas horizontales permitirán, cuando menos, la visibilidad igual a la distancia de parada según se muestra en la tabla N° 07.

Deben evitarse los alineamientos reversos abruptos. Estos cambios de dirección en el alineamiento hacen que sea difícil para los conductores mantenerse en su carril.

También es difícil peraltar adecuadamente las curvas. La distancia entre dos curvas reversas deberá ser por lo menos la necesaria para el desarrollo de las transiciones de peralte.

No son deseables dos curvas sucesivas del mismo sentido, cuando entre ellas existe un tramo corto, en tangente. En lo posible se sustituirán por una sola curva, o se intercalará una transición en espiral dotada de peralte.

El alineamiento en planta deberá satisfacer, las condiciones necesarias de visibilidad de adelantamiento, en tramos suficientemente largos y con una frecuencia razonable a fin de dar oportunidad a que un vehículo adelante a otro.

#### **2.5.1.6.2 Curvas Horizontales.**

El mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción, para una velocidad directriz determinada. En la tabla N° 13 se muestran los radios mínimos y los peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz.

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

#### **2.5.1.6.3 Curvas de Transición.**

Todo vehículo automotor sigue un recorrido de transición al entrar o salir de una curva horizontal. El cambio de dirección y la consecuente ganancia o pérdida de las fuerzas laterales no pueden tener efecto instantáneamente.

Con el fin de pasar de la sección transversal con bombeo, correspondiente a los tramos en tangente, a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobre ancho, es necesario intercalar un elemento de diseño con una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición. Cuando el radio de las curvas horizontales sea inferior al señalado en el Cuadro N° 10, se usarán curvas de transición. Cuando se usen curvas de transición se recomienda el empleo de espirales que se aproximen a la curva de Euler o Clotoide.

Tabla 10

*MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de*

*tránsito, Necesidad de Curvas de Transición.*

Velocidad directriz Km/h	Radio m
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210
70	290
80	380

Cuando se use curva de transición la longitud de la curva de transición no será menor que  $L_{min}$  ni mayor que  $L_{max}$ , según las siguientes expresiones:

$$L_{min} = 0.0178 \frac{V^3}{R}$$

$$L_{max} = 5R^{0.5}$$

R = Radio de la curvatura horizontal

$L_{min}$ . = Longitud mínima de la curva de transición

$L_{max}$ . = Longitud máxima de la curva de transición en metros V = Velocidad directriz en Km/h.

La longitud deseable de la curva de transición, en función del radio de la curva circular, se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11:

*MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Longitud deseable de la curva Transición.*

Radio de curva circular (m)	Longitud deseable de la curva transición (m)
20	11
30	17
40	22
50	28
60	33
70	39
80	44

#### 2.5.1.6.4 Distancia de Visibilidad en Curvas Horizontales.

La distancia de Visibilidad en el interior de las curvas horizontales es un elemento del diseño del alineamiento horizontal.

Cuando hay obstrucciones a la visibilidad (tales como taludes de corte, paredes o barreras longitudinales) en el lado interno de una curva horizontal, se requiere un ajuste en el

diseño de la sección transversal normal o en el alineamiento, cuando la obstrucción no puede ser removida.

De modo general en el diseño de una curva horizontal, la línea de visibilidad deberá ser por lo menos igual a la distancia de parada correspondiente, y se mide a lo largo del eje central del carril interior de la curva.

El mínimo ancho que deberá quedar libre de obstrucciones a la visibilidad será el calculado por la expresión siguiente:

$$M = R \left( 1 - \cos \frac{28.65S}{R} \right)$$

M = Ordenada media o ancho mínimo libre  
 R = Radio de la curva horizontal  
 S = Distancia de visibilidad

#### 2.5.1.6.5 Curvas Compuestas.

En general, se evitará el empleo de curvas compuestas, tratando de reemplazarlas por una sola curva.

En casos excepcionales podrán usarse curvas compuestas o curvas policéntricas de tres centros. En tal caso el radio de una no será mayor que 1.5 veces el radio de la otra.

#### 2.5.1.6.6 El Peralte del Camino.

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo del camino en curva con relación a la parte interior del mismo, con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas.

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

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

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

Los valores máximos de la fricción lateral a emplearse son los que se señalan en la tabla 12.

Tabla 12:

*MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de*

*tránsito, Fricción transversal Máxima en Curvas.*

Velocidad Directriz Km/h	f
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15
70	0.14
80	0.14

En la Tabla 13, se muestran los valores de radios mínimos y peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz. En este mismo cuadro se muestran los valores de la fricción transversal máxima.

Tabla 13:

*MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Radio Mínimos y Peraltes Máximos.*

Velocidad Directriz (km/h)	PERALTE MÁXIMO e(%)	Valor Límite de fricción $f_{max}$	Calculado Radio mínimo (m)	Redondeo Radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
70	4.0	0.14	214.2	215
80	4.0	0.14	279.8	280
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
70	6.0	0.14	192.8	195
80	6.0	0.14	251.8	250
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
70	8.0	0.14	175.3	175
80	8.0	0.14	228.9	230
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
70	10.0	0.14	160.7	160
80	10.0	0.14	209.9	210
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105
70	12.0	0.14	148.3	150
80	12.0	0.14	193.7	195

En caminos cuyo IMDA de diseño sea inferior a 200 vehículos por día y la velocidad directriz igual o menor a 30 km/h, el peralte de todas las curvas podrá ser igual al 2.5%.

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

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

En la Tabla 14 se muestran las longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición peralte en función de velocidad directriz y del valor del peralte.

Tabla 14

*MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Longitudes Mínimas de Transición de Bombeo y Transición de Peralte (m).*

Velocidad Directriz (km/h)	Valor del Peralte						Transición de Bombeo
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTE (M)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	57	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	32	43	54	65	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	66	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14

Longitud de transición basadas en la rotación de un carril.

#### 2.5.1.6.7 Sobre ancho de la Calzada en Curvas Circulares.

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

En las curvas el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos, así mismo, a los conductores les resulta más difícil mantener el vehículo en el centro del carril.

En la Tabla 15 se presentan los sobre anchos requeridos para calzadas de doble carril.

Tabla 15:

*MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Sobre ancho de la Calzada en Curvas Circulares (m), (Calzada de Dos Carriles de Circulación).*

Velocidad Directriz km/h	Radio de Curva (m)																
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	300	400	500	750	1000
20	11.91	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.70	0.55	0.39	0.30	0.25	0.18	0.14
30			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79	0.62	0.44	0.35	0.30	0.22	0.18
40					2.68	2.20	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	0.69	0.50	0.40	0.34	0.25	0.21
50								1.57	1.31	1.10	0.95	0.76	0.56	0.45	0.39	0.29	0.24
60									1.41	1.19	1.03	0.83	0.62	0.50	0.43	0.33	0.27
70									1.51	1.27	1.11	0.90	0.67	0.55	0.48	0.36	0.30
80											1.19	0.97	0.73	0.60	0.52	0.40	0.33

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

Para velocidades de diseño menores a 50 km/h no se requerirá sobre ancho cuando el radio de curvatura sea, mayor a 500 m, tampoco se requerirá sobre ancho cuando las velocidades de diseño estén comprendidas entre 50 y 70 km/h y el radio de curvatura sea mayor a 800 m.

## 2.5.1.7 Alineamiento Vertical

### 2.5.1.7.1 Consideraciones para el Alineamiento Vertical.

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

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

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante.

El diseño de estas curvas asegurará distancias de visibilidad adecuadas.

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

A efectos de definir el Perfil Longitudinal se considerarán como muy importantes las características funcionales de seguridad y comodidad, que se deriven de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una transición gradual continua entre tramos con pendientes diferentes.

Para la definición del perfil longitudinal se adoptarán, salvo casos suficientemente justificados, los siguientes criterios:

En carreteras de calzada única el eje que define el perfil, coincidirá con el eje central de la calzada.

Salvo casos especiales en terreno llano, la rasante estará por encima del terreno, a fin de favorecer el drenaje.

En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante se acomodará a las inflexiones del terreno, de acuerdo con los criterios de seguridad, visibilidad y estética.

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

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

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

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

#### **2.5.1.7.2 Curvas Verticales.**

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 1%, para carreteras pavimentadas y mayor a 2% para las afirmadas.

Las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuando menos, la visibilidad en una distancia igual a la de visibilidad mínima de parada, y cuando sea razonable una visibilidad mayor a la distancia de visibilidad de paso.



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

$$L = KA$$

Los valores de los índices K se muestran en la Tabla N° 16, para curvas convexas y en la Tabla 17 para curvas cóncavas.

Tabla 16:

*MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito, índice k para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.*

Velocidad Directriz km/h	LONGITUD CONTROLADA POR VISIBILIDAD DE FRENADO		LONGITUD CONTROLADA POR VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO	
	Distancia de Visibilidad de Frenado m.	Índice de Curvatura K	Distancia de Visibilidad de Adelantamiento	Índice de Curvatura K
20	20	0.6	--	--
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338

El Índice de Curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A)  $K = L/A$  por el porcentaje de la diferencia algebraica.

Tabla 17

*MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito, índice para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.*

VELOCIDAD DIRECTRIZ KM/H	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE FRENADO M.	ÍNDICE DE CURVATURA K
20	20	2.1
30	35	5.1
40	50	8.5
50	65	12.2
60	85	17.3
70	105	22.6
80	130	29.4

El Índice de Curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A)  $K = L/A$  por el porcentaje de la diferencia algebraica.

### 2.5.1.7.3 Pendiente

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

En general, se considera deseable no sobrepasar los límites máximos de pendiente que están indicados en la Tabla 18.

En tramos carreteros con altitudes superiores a los 3,000 msnm, los valores máximos de la Tabla 18 para terreno montañoso o terreno escarpados se reducirán en 1%.

Los límites máximos de pendiente se establecerán teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados, en las condiciones más desfavorables de la superficie de rodadura.

Tabla 18

*MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Pendientes Máximas.*

OROGRAFÍA TIPO	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
<b>VELOCIDAD DE DISEÑO:</b>				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7

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

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

Es deseable que la máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2000 m no supere el 6%, las pendientes máximas que se indican en la Tabla N° 18 son aplicables.

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

### 2.5.1.8 Sección Transversal.

#### 2.5.1.8.1 Calzada.

El diseño de caminos de muy bajo volumen de tráfico IMDA < 50 la calzada podrá estar dimensionada para un solo carril en los demás casos la calzada se dimensionará para dos carriles.

En la Tabla 19 se indica los valores apropiados del ancho de la calzada en tramos rectos para cada velocidad directriz en relación al tráfico previsto y a la importancia de la carretera.

Tabla 19

*MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Ancho Mínimo de la Calzada en Tangente.*

Tráfico IMDA	< 15	15 á 50		50 á 100		100 á 200		200 á 400	
Velocidad km/h	*	*	**	*	**	*	**	*	**
25	3.50*	3.50*	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
30	3.50*	4.00*	5.50	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
40	3.50*	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.00	6.60
50	3.50*	5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00	6.60	6.60
60		5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00	6.60	6.60
70		5.50	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.60	7.00
80		5.50	6.00	6.00	6.00	6.00	6.60	7.00	7.00

† Caminos del Sistema Vecinal y Caminos del Sistema Departamental y Nacional sin pavimentar.

\* Carreteras del Sistema Nacional y Carreteras importantes del Sistema Departamental; predominio de tráfico pesado.

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

En los tramos en recta la sección transversal de la calzada presentará inclinaciones transversales (bombeo) desde el centro hacia cada uno de los bordes, para facilitar el drenaje superficial y evitar el empozamientos del agua.

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

#### 2.5.1.8.2 Berma.

A cada lado de la calzada se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías. Cuando se coloque guardavías se construirá un sobre ancho de min. 0.50 m.

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

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

La berma situada en la parte superior del peralte tendrá en lo posible una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada será siempre igual o menor a 7%. Esto significa que cuando la inclinación del peralte es igual a 7% la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7% la berma superior quedará indeseablemente inclinada hacia la calzada con una inclinación igual a la inclinación del peralte menos 7%.

#### **2.5.1.8.3 Ancho de la Plataforma.**

El ancho de la plataforma a rasante terminada resulta de la suma del ancho en calzada y del ancho de las bermas.

La plataforma a nivel de la subrasante tendrá un ancho necesario para recibir sobre ella la capa o capas integrantes del afirmado, y la cuneta de drenaje.

#### **2.5.1.8.4 Plazoletas**

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

#### **2.5.1.8.5 Taludes**

Los taludes para las secciones en corte y relleno variarán de acuerdo a la estabilidad de los terrenos en que están practicados; la altura admisible del talud y su inclinación se determinarán en lo posible, por medio de ensayos y cálculos o tomando en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes de corte ejecutados en rocas o suelos de naturaleza y características geotécnicas similares que se mantienen estables ante condiciones ambientales semejantes.

### 2.5.1.8.6 Sección Transversal Típica.

La figura 2.5.1.8.6.1 ilustra una sección transversal típica del camino, a media ladera, que permite observar hacia el lado derecho del camino la estabilización del talud de corte; y hacia el lado izquierdo, el talud estable de relleno.

Ambos detalles por separado, representan en el caso de presentarse en ambos lados, la situación denominada, en el primer caso "caminos en corte cerrados" y en el segundo caso "camino en relleno".

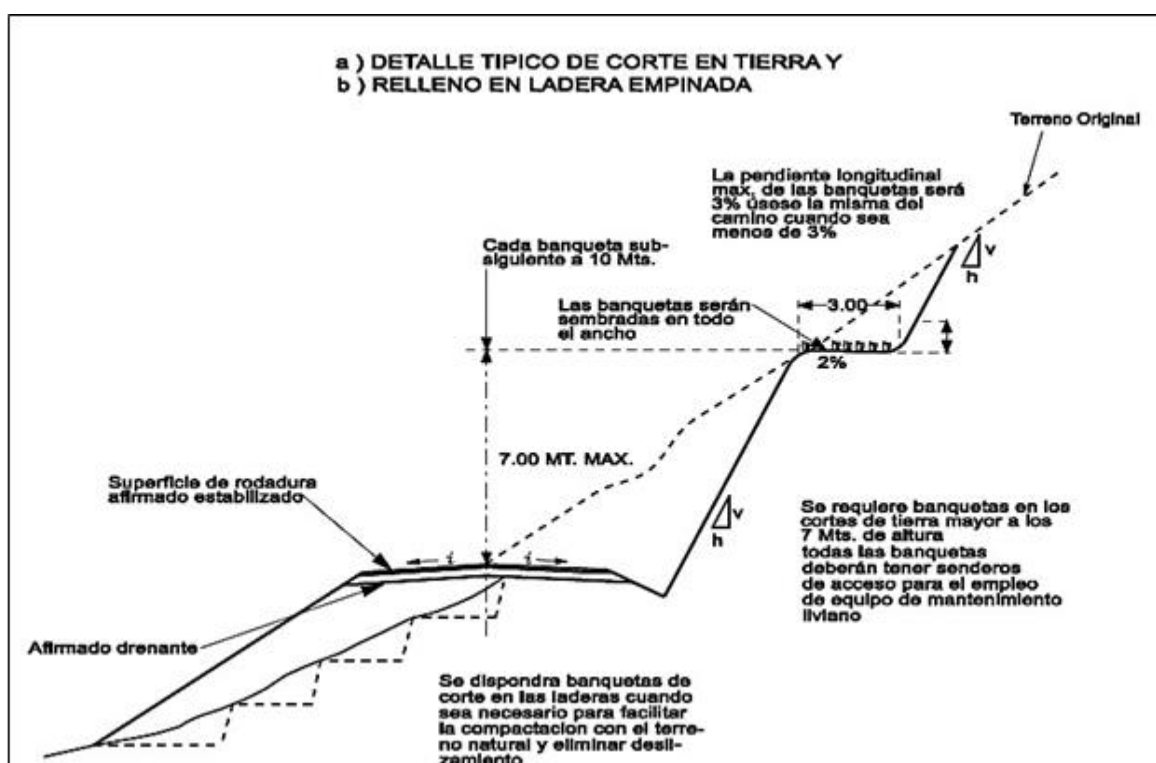


Figura 5: MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

## 2.5.2. Aspectos sobre Mecánica de Suelos

### 2.5.2.1 Estudio de Suelos y Canteras

Según Alva Hurtado, Jorge E, La mecánica de suelos es una disciplina de la ingeniería que tiene por objeto el estudio de una serie de métodos, que conducen directa o indirectamente, al conocimiento del suelo en los diferentes terrenos sobre los cuales se va a elegir estructuras de índole variable. El tratar de iniciar cualquier construcción sin llevar a cabo, primero, un estudio del suelo, es quizá uno de los mayores riesgos que pueden correrse en el campo de la ingeniería. Es imposible proyectar una cimentación adecuada para una estructura sin conocer el carácter del suelo que se encuentra bajo ella, ya que, en

definitiva, es dicho suelo el que soportará la carga.

### **2.5.2.2 Estudio de Suelos**

#### **A. Muestreo**

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

#### **B. Ubicación de los Pozos de Muestreo**

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

#### **C. Ubicación y Estudio de Canteras**

Para la construcción de la carretera se tendrá que utilizar materiales para la sub base, las cuales tienen que soportar las principales tensiones que se producen en la vía, así como resistir al desgaste por rozamiento en su superficie. Por tanto es de mucha importancia conocer las propiedades y características de los materiales de las canteras.

#### **Ubicación**

Según Villon, M, La ubicación de ésta juega un papel muy importante en el costo de la vía. Para su elección se deberá tener en cuenta lo siguiente:

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

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

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

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

#### **D. Ensayos de Laboratorio para Determinar las Características de los Suelos**

## y Materiales de Cantera

Según Juárez y Rico Los ensayos a realizar con las, muestras obtenidas pueden ser físico - mecánicos o químicos. Los análisis físico - mecánicos permiten conocer el comportamiento del suelo ante la acción de cargas externas, los análisis químicos nos permiten conocer la naturaleza y composición química del suelo.

### Entre los análisis físicos y físicos - mecánicos, tenemos:

Contenido de humedad (Norma ASTM-D-4318).

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

Análisis Granulométrico (Norma ASTM-D-422)

Límites e índices de consistencia (normas AASHTO T-89-68 y T-90- 70).

Proctor Modificado (Compactación) para determinar el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca (norma AASHTO T-99- 70 y T-180-70, según sea el caso).

Carga - penetración (California Bearing Ratio - CBR) (Norma AASHTO T-193, ASTM D 1883).

Desgaste por Abrasión (norma AASHTO T-96-65).

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

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

$$\omega (\%) = \frac{P_w}{P_s} * 100 \quad \dots\dots\dots 5$$

Dónde:

$\omega$  (%): Contenido natural de humedad dado en porcentaje. Pw: Peso del agua

Ps: Peso de la muestra seca. En el laboratorio:

$$\omega (\%) = \frac{P_{hm} - P_{ms}}{P_{ms}} * 100 \quad \dots\dots\dots 6$$

Pms: Peso de la muestra seca.

Peso Específico (para muestras de calicata y cantera)

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

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

Pms: Peso de la muestra seca.

Peso Específico (para muestras de calicata y cantera)

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

$$Pe = \frac{\text{Peso piedra en el agua}}{\text{Peso piedra en el aire} - \text{peso piedra en el agua}} \text{ gr / cm}^3$$

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

**Dónde:**

$$P_s = \frac{W_s}{W_f - W_s} \cdot \frac{a}{b - c}$$

- a: Peso del suelo seca al horno (gr.).
- b: Peso del matraz con agua hasta la marca de 500 ml (gr).
- c: Peso del matraz más muestra + agua hasta la marca de 500 ml (gr).

**Límites de Consistencia o de Atterberg**

Según Juárez Badillo y Rico Rodríguez, indica que por consistencia se entiende el grado de cohesión de las partículas de un suelo y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a deformar o destruir su estructura.

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



### **Límite Líquido (L.L).**

Según Juárez Badillo Y Rico Rodríguez, es el límite entre el estado plástico y semi líquido, definido como el contenido de humedad, bajo el cual el suelo se comporta como un material que exhibe comportamiento plástico.

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

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

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

$$LL = \frac{W}{1.419 \square .3 \text{Log}(s)} \dots\dots\dots \square 8 \square$$

### **Dónde:**

W: Contenido de Hº 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 en la Copa de Casagrande.

### **Límite Plástico (L.P)**

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

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

### Índice de Plasticidad (IP)

Según Alva, J, Se define como el intervalo de contenido de humedad en el cual el suelo tiene comportamiento plástico, dado por la siguiente expresión:

$$IP = LL - Lp$$

Según Rico y Del Castillo afirman que el índice de plasticidad elevado indica mayor plasticidad. Cuando un material no tiene plasticidad, suelos finos, arena por ejemplo, se considera el índice de plasticidad como cero

Tabla 20

*Índice de Plasticidad.*

Índice de plasticidad	Característica
IP > 20	suelos muy arcillosos
20 > IP > 10	suelos arcillosos
10 > IP > 4	suelos poco arcillosos
IP = 0	suelos exentos de arcilla

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

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, es el elemento más peligroso de una carretera, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

**Proctor Modificado** (para muestras de calicata y cantera)

### Determinación de la Máxima Densidad y Humedad Óptima

Juárez y Rico , La humedad óptima es la humedad más adecuada para una buena compactación (cuya unidad de medida es la densidad seca), con esta humedad se obtiene una adecuada retracción y una disminución en la resistencia a la fricción entre partículas; a una humedad óptima le corresponde una densidad máxima. Los datos obtenidos a partir del ensayo, se gráfica (Densidad Seca VS Humedad), del gráfico se obtiene la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

Para el estudio se ha utilizado el Método Dinámico denominado Standard Modificado o Proctor Modificado (Método AASHTO T-180).

Tenemos la expresión para cálculo de la densidad seca.

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, es el elemento más peligroso de una carretera, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

**Proctor Modificado** (para muestras de calicata y cantera)

### Determinación de la Máxima Densidad y Humedad Óptima

Juárez y Rico, La humedad óptima es la humedad más adecuada para una buena compactación (cuya unidad de medida es la densidad seca), con esta humedad se obtiene una adecuada retracción y una disminución en la resistencia a la fricción entre partículas; a una humedad óptima le corresponde una densidad máxima. Los datos obtenidos a partir del ensayo, se gráfica (Densidad Seca VS Humedad), del gráfico se obtiene la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

Para el estudio se ha utilizado el Método Dinámico denominado Standard Modificado o Proctor Modificado (Método AASHTO T-180).

Tenemos la expresión para cálculo de la densidad seca.

$$Densidad\ Seca = \frac{W_h}{V(100 + W)} D_{húmeda} * 100 \dots \dots \dots 100$$

Wh : Peso de la muestra húmeda

V: Volumen de la muestra sin secar

W: Contenido de humedad

Tabla 21

*Contenidos óptimos de H° y densidades secas*

<i>Tipo de suelo</i>	<b>Proctor</b>		<b>Proctor</b>	
	<i>Standard</i>		<i>Modificado</i>	
	Wopt (%)	Ds max. (gr/cm <sup>3</sup> )	Wopt (%)	Ds max. (gr/cm <sup>3</sup> )
Grava arenosa bien graduada Cu = 15	7	2.12	5 – 6	2.22
Arena gravillosa	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	1.7	9 – 11	1.85
Limo arenoso	14	1.75	14	1.84

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

### **Ensayo California Bearing Ratio (C.B.R)**

Juárez y Rico , El índice C.B.R. nos indica la resistencia del terreno o de un material. Los valores bajos nos indican que el suelo es malo, en cambio los valores altos, que el suelo es bueno, esto nos sirve para determinar los espesores de las capas de los pavimentos. Así para pavimentos flexibles, el C.B.R. que se usa es el valor que se obtiene para una penetración de 0.1” a 0.2” considerándose el mayor valor obtenido.

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

$$CBR = \frac{\text{Carga Unitaria en suelo ensayado}}{\text{Carga Unitaria de la muestra ensayada} * 100} \dots\dots \square \square \square$$

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

Determinación de la densidad máxima y humedad óptima.

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

Determinación de la resistencia a la penetración.

Tabla 22

*Valores correspondientes a la muestra patrón*

<i>Unidades métricas</i>		<i>Unidades inglesas</i>	
Penetración	Carga unitaria	Penetración	Carga unitaria
(mm)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(pulg)	(lib/pulg <sup>2</sup> )
2.54	70.31	0.1	1000
5.08	105.46	0.2	1500
7.62	133.58	0.3	1900
10.16	161.71	0.4	2500
12.7	182.8	0.5	2600

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

### Ensayo de Desgaste por Abrasión

Según Alva, J, indica que la carga abrasiva consiste de esferas de acero de las siguientes características:

**Diámetro:**  $1 \frac{27}{32}$  pulgadas (46.8mm)

**Peso:** 390 a 445 gr.

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

Tabla 23

<i>Granulometría</i>	<i>N°</i>	<i>Peso de la carga (gr)</i>
	<i>esferas</i>	
A	12	$5000 \pm 25$
B	11	$4584 \pm 25$
C	8	$3330 \pm 20$
D	6	$2500 \pm 15$

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

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

Tabla 24

*Cantidad de las muestras en gramos*

<i>Tamices</i>		<i>Granulometría (gr)</i>			
<i>Pasa mm pulg.</i>	<i>Retenido mm pulg.</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
37.5	25	$1250 \pm 25$	-	-	-
$\frac{1}{2}$ " 25.0	1"	$1250 \pm 25$	-	-	-
1"	19	$1250 \pm 10$	$1250 \pm 10$	-	-
19	$\frac{3}{4}$ " 12.5	$1250 \pm 10$	$1250 \pm 10$	-	-
$\frac{3}{4}$ " 12.5	$\frac{1}{2}$ "	-	-	$1250 \pm 10$	-
$\frac{1}{2}$ "	9.5	-	-	$1250 \pm 10$	-
9.5	$\frac{3}{8}$ "	-	-	-	-
$\frac{3}{8}$ "	6.63 $\frac{1}{4}$ "	-	-	-	$1250 \pm 10$
6.63	4.75 No 4	-	-	-	-
$\frac{1}{4}$ " 4.75	2.36	-	-	-	-
No 4	No 8	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>		<b><math>5000 + 70</math></b>	<b><math>5000 + 20</math></b>	<b><math>5000 + 20</math></b>	<b><math>5000 + 10</math></b>

Fuente: Normas peruanas de diseño de carreteras.

Tabla 25

*Cantidad de la Muestra en Gramos según Gradación*

Tamiz				Gradación		
Pasa		retenido		1	2	3
Mm	pulg	mm	pulg	gr	gr	gr
76.1	3"	64	2 ½"	2500 ± 50	-	-
64	2 ½"	50.8	2"	2500 ± 50	-	-
50.8	2"	38.1	1 ½"	5000 ± 50	5000 ± 50	-
38.1	1 ½"	25.4	1"	-	5000 ± 50	5000 ± 25
25.4	1"	19	¾"	-	-	5000 ± 25
TOTAL				10000 ± 25	10000 ± 75	10000 ± 50

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

Luego de alcanzar 500 r.p.m., se retira el material del tambor y se lo cierne en un tamiz mayor al No.12. La porción más fina se lo tamiza (tamiz No.12), considerándose la porción retenida en éste tamiz el peso final de la muestra. Se calcula el porcentaje de desgaste del material según la fórmula:

$$D\% = \frac{\text{Peso Original} - \text{Peso Final}}{\text{Peso Original}} \times 100 \dots\dots\dots 12 \square$$

Tabla 26

*% de desgaste para evaluar los resultados del ensayo de los Ángeles*

D%	Tipo de ensayo	Utilidad
30	A.A.S.H.TO. T – 96	Para todo uso base
50	A.A.S.H.TO. T – 96	Para capa de base
60	A.A.S.H.TO. T – 96	Para capa sub base
Mayor a 60	A.A.S.H.TO. T – 96	No sirve el Material

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

### **Análisis Granulométrico.**

Según Juárez y Rico, 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. Pudiendo ser:

Para suelos no cohesivos: Tamizado en seco.

Para suelos cohesivos: Tamizado por lavado.

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 se presentan por medio de una curva de distribución granulométrica en la cual se gráfica el diámetro de partículas en el eje de las abscisas y el porcentaje que pasa en el eje de las ordenadas.

La forma de la curva es un indicador de la granulometría, tenemos que los suelos uniformes están representados por líneas en forma de S que se extienden a través de varios ciclos de la escala logarítmica.

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

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

$$CU = D60 / D10$$

### **Coefficiente de Uniformidad:**

Alva, J E, Su valor numérico decrece cuando la uniformidad aumenta.

Cu < 3	Muy uniforme	3 < Cu < 15
	Heterogéneo	
15 < Cu	Muy heterogéneo	
Cc	(0.30) <sup>2</sup> / (D10 * D60):	

Coeficiente de Contracción:

$<Cc < 3$

Bien graduado.

### 2.5.2.3 Clasificación e Identificación de Suelos

#### Sistema de Clasificación de los Suelos de la AASHTO

Según Alva, J, en su libro de Mecánica de Suelos, indica que este método es el que se utiliza generalmente en carreteras, el método de clasificación AASHTO, divide a los suelos en dos grandes campos: suelos gruesos y suelos finos. Los suelos gruesos son aquellos que no pasan por el tamiz No. 200 el 35% o menos, los suelos finos o materiales limo – arcillosos, son aquellos que pasan por el tamiz No.200 más del 35%.

Por otro lado AASHTO divide a los suelos en 7 grupos del A-1 al A-7 y ocho sub grupos (A-1a, A-1b, A-2a, A-2-5, A-2-6, A-2-7, A-7-5, A-7-6), basándose en la composición granulométrica, el límite líquido y el índice de plasticidad de un suelo. Se considera que el mejor suelo para ser usado en la subrasante de una carretera, es un material bien granulado compuesto principalmente de grava y arena, pero que contenga una pequeña cantidad de cementante arcilloso, este material pertenece al grupo A-1.

Alva, J E, afirma que en la evaluación de cada grupo, se hace por medio de su “Índice de Grupo”, los cuales nos dan a conocer la calidad del suelo., y se calculan mediante la fórmula siguiente:

$$IG=0.2^a + 0.005ac + 0.01bd \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

IG : Índice de grupo.

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

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

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



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

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

Tabla 27

*Clasificación de suelo según índice de grupo*

Clasificación	IG
Suelos Granulares	0 a 4
Suelos Limosos	8 a 12
Suelos Arcillosos	11 a 20

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

### 2.5.3. Aspectos Topográficos

#### 2.5.3.1. Alineamiento Horizontal

##### Homogeneidad del Trazado

Según Cárdena, J; Las Normas Peruanas de Diseño de carreteras establecen que deberá evitarse pasar bruscamente de una zona de curvas de gran radio a otras 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.

#### 2.5.3.2. Curvas Horizontales

##### 2.5.3.2.1. Radios de Diseño

Según Cárdenas, J; El radio de una curva horizontal, es función de la velocidad directriz y del peralte, dichos radios se calcularán mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V^2}{127P} \quad \mathcal{D} \quad (14)$$

**Donde:**

V = Velocidad Directriz (km/h)

P = Peralte máximo en centésimas

f = Coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción está dado por la siguiente tabla:

Tabla 28:

*Fricción transversal máxima en curvas.*

Velocidad directriz Km./h	F
15	0.40
20	0.35
30	0.28
40	0.23
50	0.19
60	0.17
70	0.15
80	0.14
90	0.13
100	0.12

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Los valores de los radios mínimos a emplearse se especifican en las Tablas.

Tabla 29

*Radio Mínimos y Peraltes Máximos*

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{max}$	Total ( $e/100+f$ )	Radio calculado (m)	Radio redondeado
15	4,0	0,40	0,44	4,0	4
20	4,0	0,35	0,39	8,1	8
30	4,0	0,28	0,32	22,1	22
40	4,0	0,23	0,27	46,7	47
50	4,0	0,19	0,23	85,6	86
60	4,0	0,17	0,21	135,0	135
70	4,0	0,15	0,19	203,1	203
80	4,0	0,14	0,18	280,0	280
90	4,0	0,13	0,17	375,2	375
15	6,0	0,40	0,46	3,9	4
20	6,0	0,35	0,41	7,7	8
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123
70	6,0	0,15	0,21	183,7	184
80	6,0	0,14	0,20	252,0	252
90	6,0	0,13	0,19	335,7	336
15	8,0	0,40	0,48	3,7	4
20	8,0	0,35	0,43	7,3	7
30	8,0	0,28	0,36	19,7	20
40	8,0	0,23	0,31	40,6	41
50	8,0	0,19	0,27	72,9	73
60	8,0	0,17	0,25	113,4	113
70	8,0	0,15	0,23	167,8	168
80	8,0	0,14	0,22	229,1	229
90	8,0	0,13	0,21	303,7	304
15	10,0	0,40	0,50	3,5	4
20	10,0	0,35	0,45	7,0	7
30	10,0	0,28	0,38	18,6	19
40	10,0	0,23	0,33	38,2	38
50	10,0	0,19	0,29	67,9	68
60	10,0	0,17	0,27	105,0	105
70	10,0	0,15	0,25	154,3	154
80	10,0	0,14	0,24	210,0	210
90	10,0	0,13	0,23	277,3	277
15	12,0	0,40	0,52	3,4	3
20	12,0	0,35	0,47	6,7	7
30	12,0	0,28	0,40	17,7	18
40	12,0	0,23	0,35	36,0	36
50	12,0	0,19	0,31	63,5	64
60	12,0	0,17	0,29	97,7	98
70	12,0	0,15	0,27	142,9	143
80	12,0	0,14	0,26	193,8	194
90	12,0	0,13	0,25	255,1	255

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Tabla 30

*Radio Mínimos Normales*

VELOCIDAD DIRECTRIZ (KM/H)	RADIOS MÍNIMOS (M)		
	Normal p=6%	Excep.: p=8%	Excep: p=10%
30	30	27	25

Fuente: Normas peruanas de diseño de carreteras.

**2.5.3.2.2 Peralte**

Según Cárdenas, J; Cuando un vehículo ingresa a una curva, se genera una fuerza que tiende a arrojarla hacia afuera. Esta fuerza, llamada fuerza centrífuga, es equivalente al producto de la masa por la aceleración y está dirigida hacia afuera de la curva. Con el fin de contrarrestar la acción de ésta fuerza, todas las curvas horizontales deberán ser peraltadas (inclinación de la superficie de la carretera hacia adentro).

El peralte también puede calcularse mediante la fórmula:

$$P = \frac{V^2}{127R} \% \quad \dots\dots\dots (15)$$

**Donde:**

V = velocidad directriz

R = Radio de la curva

f = coeficiente de fricción.

Para el presente proyecto el peralte tendrá un valor máximo normal de 6% y como valor máximo excepcional = 10%.

**2.5.3.2.3 Elementos de las Curvas Horizontales**

PI: Punto de intersección de dos alineamientos.

PC: Principio de curva.

PT: Principio de tangencia o término de curva.

I: Angulo 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.

Las fórmulas para el cálculo de los elementos de la curva son:

Longitud de Tangente :

$$T = R \tan \frac{I}{2}$$

Longitud de Curva. :

$$L_c = R \cdot \frac{I}{180}$$

(16)

(17)

Longitud de Cuerda :

$$O = 2R \sin \frac{I}{2}$$

(18)

Longitud de Flecha :

$$F = R \left[ 1 - \cos \frac{I}{2} \right] \quad (19)$$

Longitud de Externa :

$$E = R \left[ \sec \frac{I}{2} - 1 \right] \quad \dots \quad (20)$$

Donde:

R : Radio de la curva en metros.

I : Ángulo de intersección de los alineamientos que generan la curva.

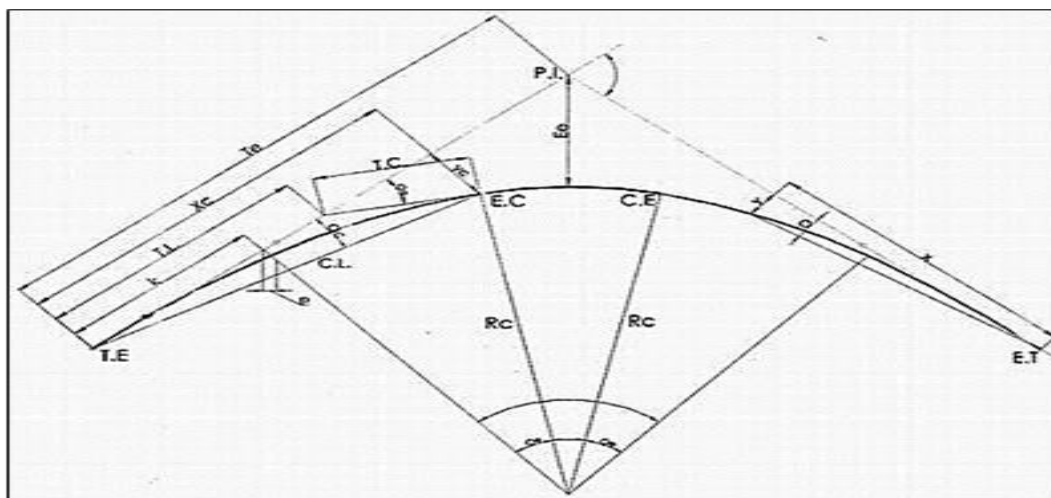


Figura 6: Elementos de las Curvas Horizontales. (Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras).

## **2.5.4. Perfil Longitudinal**

### **2.5.4.1. Secciones Transversales**

#### **Ancho de Pavimento.**

Según Cárdenas, J; se clasifican en los siguientes:

#### **Tramos en Tangente**

Las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras indican los valores apropiados del ancho del pavimento para cada velocidad directriz en relación del tráfico previsto y de la importancia de la carretera.

#### **Tramos en Curva.**

Las secciones indicadas anteriormente, estarán provista de sobre ancho en los tramos de curva de acuerdo a lo indicado en el inciso

#### **De las Normas peruanas de diseño de carreteras.**

#### **Bombeo**

Según Coronado, J, Las Normas peruanas de diseño de carreteras indican que las carreteras con pavimento de tipo superior estarán provistas de bombeo en los tramos en tangente, con los valores comprendidos entre 1% y 2%. En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte en la forma indicada anteriormente.

#### **Bermas**

Según el MTC – PERÚ, en la Norma Peruana de Diseño de Carreteras, hace referencia que las bermas serán diseñadas para suministrar el suficiente soporte a los bordes del pavimento, y para proporcionar un lugar fuera de la vía de tránsito que pueda ser utilizada por los peatones y también para el estacionamiento temporal de vehículos malogrados. Además podrían servir de base para futuros ensanches.

#### **Ancho de la calzada**

Según el MTC – PERÚ, en la Norma Peruana de Diseño de Carreteras indica que el ancho de la calzada o rasante terminada, resulta de la suma del ancho del pavimento y del ancho de las bermas y; en curvas horizontales, aumentadas del sobre ancho respectivo.

#### **Plazoletas de estacionamiento**

Según Guerra, C. Las normas peruanas establecen que cuando el ancho de las bermas es

menor de 2.40 m, se deberá prever, en cada lado de la carretera y a una distancia no mayor de 400 m. plazoletas de estacionamiento de dimensiones mínimas utilizables, de 3.00 x 30.00 m. La ubicación de dichas plazoletas, se indican en los planos en planta y de secciones transversales del presente estudio.

### **Taludes**

Según el MTC – PERÚ, en la Norma Peruana de Diseño de Carreteras conceptualiza a los Taludes, cualquier superficie inclinada con respecto a la horizontal que adopta una masa de tierra con la intervención de la mano del hombre.

Tabla 31

#### *Taludes de Relleno*

<b>Material</b>	<b>Talud V: H</b>
Enrocado	01:01
Terrenos varios	01:01.5
Arena	01:02

Fuente: Normas peruanas de diseño de carreteras.

Tabla 32:

#### *Taludes de Corte*

<b>Clase de terreno</b>	<b>Talud V: H</b>
Roca fija	10:01
Roca suelta	04:01
Conglomerados	03:01
Tierra	02:01
Compactada.	01:01
Tierra suelta	01:02
Arena	01:02

Fuente: Normas peruanas de diseño de carreteras.

### **2.5.4.2. Rasante**

Según Cárdenas, J; indica que 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.

### 2.5.4.3. Curvas Verticales

Según Cárdena, J; Las curvas verticales son utilizadas para dar transiciones a cambios de pendiente. Las Normas peruanas de diseño de carreteras establecen que los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea de 1% para pavimento de tipo superior y de 2% para las demás. Se han proyectado curvas verticales parabólicas simétricas.

La visibilidad en la carretera deberá estar garantizada en el perfil y debe ser tal que permita al vehículo detenerse antes de llegar a tocar un obstáculo fijo que se encuentre en su vía de circulación o maniobrar sin peligro alguno ante un vehículo que viene en sentido contrario.

Las curvas verticales pueden ser:

Por su forma; cóncavas y convexas.

Por la longitud de sus ramas: simétricas y asimétricas.

**Para Curvas Simétricas:** Cóncavas y Convexas.

Según Cárdenas, J; nos da la siguiente relación para curvas simétricas:

**Donde:**

PCv : Principio de Curva Vertical. Plv : Punto de Intersección Vertical. PTv : Término de Curva Vertical.

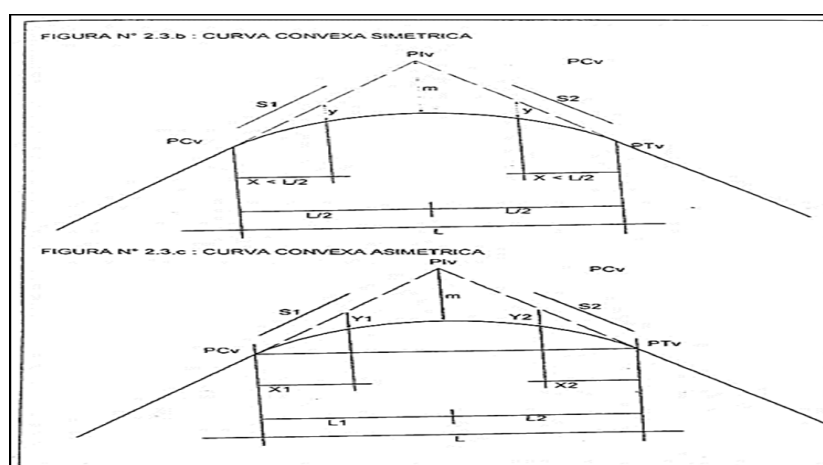


Figura 7: Para curvas convexas simétricas. (Fuente: Diseño Geométrico de Carreteras)

Las fórmulas empleadas son:  $A = S_1 (\%) - S_2(\%)$

$$Y_i = X_1^2 / 200L \dots\dots\dots (21)$$

$$m = LA / 800 \dots\dots\dots (22)$$

**Donde:**

A : Diferencia Algebraica de Pendientes (%).

Si : Pendiente en cada tramo de Subrasante.

L : Longitud de la Curva Vertical.

$X_i, Y_i$ : Coordenadas rectangulares de un punto cualquiera de la curva, tomados a partir de PCV.

m : Ordenada media.

**Para Curvas Asimétricas:** Cóncavas y Convexas.

Según Cárdenas, J; nos da la siguiente relación para curvas asimétricas:

Las fórmulas empleadas son:

$$A = S_1(\%) - S_2(\%) \dots\dots\dots (23)$$

$$m = (L_1 L_2 A) / 200 (L_1 + L_2) \dots\dots\dots (24)$$

$$Y_i = (X_1)^2 m / L_1^2 \dots\dots\dots (25)$$

$$Y_2 = (X_1)^2 m / L_1^2 \dots\dots\dots (26)$$

Algunas veces se presenta casos en que no se pueda diseñar con las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, o cuando ésta da valores muy pequeños y no existen restricciones topográficas, de drenaje, etc., se tomará el criterio sugerido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Vivienda y Construcción, de dar a la curva vertical una longitud de 80m.

#### **2.5.4.4. Pendiente**

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

#### **Pendiente mínima**

Según Cárdenas, J; En los tramos en corte se evitará el empleo de pendientes menores de



0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje.

### **Pendiente máxima normal**

Según Cárdenas, J; indica que es la máxima que se puede usar considerando la altitud a la que se encuentra la vía. De acuerdo a las Normas peruanas de diseño de carreteras, se ha considerado:

Tabla 33

#### *Pendientes máximas normales*

<b>Altitudes (m.s.n.m)</b>	<b>Pendientes (%)</b>	<b>Long. Máx. (m)</b>
< 3000	7	800
> 3000	6	800

Fuente: Normas peruanas de diseño de carreteras.

### **Pendiente máxima excepcional**

Según Cárdenas, J, Se recurrirá al empleo de ella cuando existan motivos justificados para su uso y especialmente si el empleo de pendientes menores induce a alargamiento innecesario o aumento de tortuosidad en el trazado u obras costosas. De acuerdo a las Normas peruanas de diseño de carreteras, se ha considerado:

Tabla 34

#### *Pendientes máximas excepcionales*

<b>Altitudes (m.s.n.m)</b>	<b>Pendientes (%)</b>	<b>Long. Máxima (m)</b>
< 3000	8	300
> 3000	7	300

Fuente: Normas peruanas para el diseño de carretera.

### **Pendiente medias**

Según Cárdenas, J; Dado que el uso indiscriminado de pendientes, en especial de 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.

Para el presente proyecto, por ser una carretera de tercera, se ha considerado:

Pendiente máxima normal: 7.00 %

Pendiente máxima excepcional: 10.00 %

Pendiente Media Permisible: 4.50 %

Tabla 35:

*Pendientes medias permisibles para tramos de 10 km*

Clase de carretera	Topografía	Pendiente Media				
		0 a 1000	1000 a 2000	2000 a 3000	3000 a 4000	Más de 4000
Primera	Plana	4.6	4.2	3.8	3.4	3
	Ondulada	4.6	4.2	3.8	3.4	3
	Accidentada	4.6	4.2	3.8	3.4	3
Segunda	Plana	4.6	4.2	3.8	3.4	3
	Ondulada	4.6	4.2	3.8	3.4	3
	Accidentada	4.6	4.2	3.8	3.4	3
Tercera	Plana	5	4.6	4.2	3.8	3.4
	Ondulada	5	4.6	4.2	3.8	3.4
	Accidentada	5	4.6	4.2	3.8	3.4
Cuarta	Plana	5	4.6	4.2	3.8	3.4
	Ondulada	5	4.6	4.2	3.8	3.4
	Accidentada	5	4.6	4.2	3.8	3.4

Fuente: Normas peruanas de diseño de carreteras.

### 2.5.5. Aspectos Sobre Hidrología y Drenaje

[CAJ01], refiere que el drenaje superficial tiene como finalidad alejar las aguas de la carretera para evitar el impacto negativo de las mismas sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad. Por lo cual un adecuado drenaje es esencial para evitar la destrucción total o parcial de una carretera y reducir los impactos indeseables al ambiente debido a la modificación de la escorrentía a lo largo de éste.

El drenaje superficial comprende:

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

La evacuación de las aguas recolectadas hacia cauces naturales.

La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera.

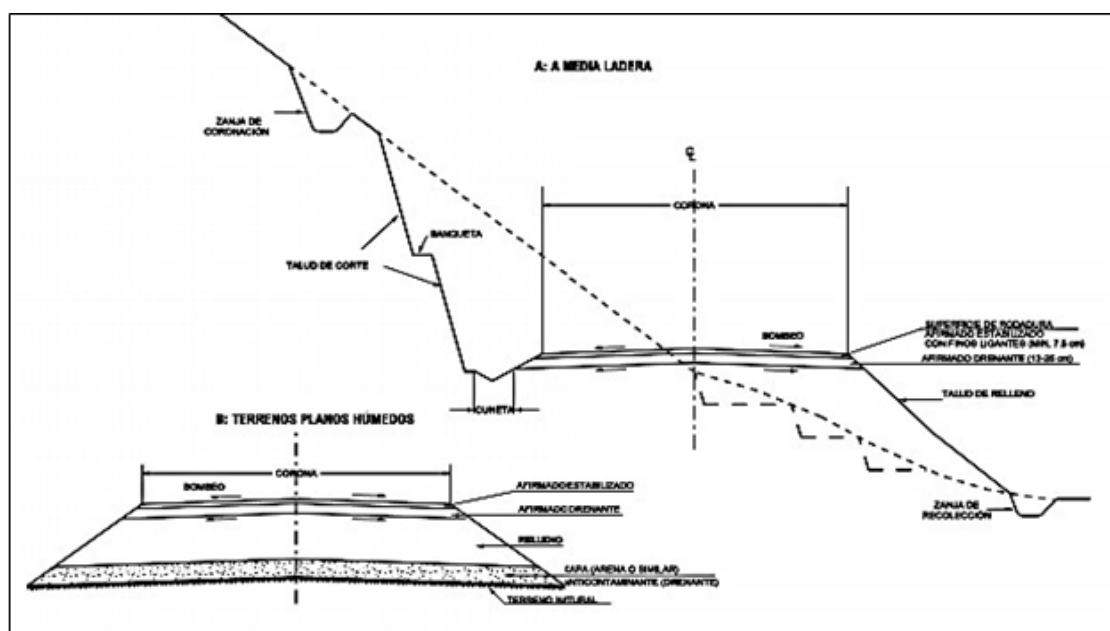


Figura 8: MTC-Perú, Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

### Sección típica de drenaje superficial:

Las obras de drenaje superficial mostradas en la sección garantizan la evacuación de las aguas de lluvia lo que garantiza la integridad de la vía ya que los caminos colapsan por obviar estas consideraciones.

#### 2.5.5.1. Hidrología y Cálculos Hidráulicos

[MTC05], Las dimensiones de los elementos del drenaje superficial serán establecidas mediante métodos teóricos conocidos de acuerdo a las características del clima de la zona por la que pasa la carretera y tomando en cuenta la información pluviométrica disponible.

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

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

$$T = 0.3 (L/J^{1/4})^{3/4}$$

Siendo:

T = Tiempo de concentración en horas L = Longitud del cauce principal en km. J = Pendiente media

### 2.5.5.2 Cálculo del Caudal de Diseño

[MTC05]El caudal de diseño en el que desagüe una cuenca pequeña o superficie se obtendrá mediante la fórmula racional:

$$Q = C I A / 3.6$$

Donde:

Q = Caudal m<sup>3</sup>/seg. (Para cuencas pequeñas) en la sección en estudio

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

A = Área de la cuenca en km<sup>2</sup> C = Coeficiente de Escorrentía

### Cunetas

[MTC05]Las cunetas tendrán en general sección triangular y se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte.

Sus dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviométricas, siendo las dimensiones mínimas aquellas indicadas en el Cuadro N° 4.1.3a. El ancho es medido desde el borde de la subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante el fondo o vértice de la cuneta.

Tabla 36

#### *Dimensiones Mínimas En Cunetas*

REGION	PROFUNDIDAD (m)	ANCHO (m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy lluviosa	0.50	1.00

Fuente MDCNPBVT-MTC

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

## Alcantarillas

[MTC05]El tipo de alcantarilla deberá de ser elegido en cada caso teniendo en cuenta el caudal a eliminarse, la naturaleza y la pendiente del cauce; y el costo en relación con la disponibilidad de los materiales. La cantidad y la ubicación serán fijadas en forma de garantizar el drenaje, evitando la acumulación excesiva de aguas. Además, en los puntos bajos del perfil debe proyectarse una alcantarilla de alivio, salvo solución alternativa.

La distancia entre alcantarilla y su capacidad hidráulica será establecida de manera de evitar que las cunetas sobrepasen su tirante previsto de agua teniendo en cuenta las precipitaciones previstas de la zona y a las dimensiones de la cuneta.

En zonas lluviosas donde las cunetas sean revestidas, deberá colocarse como mínimo una alcantarilla de alivio cada 150 m. Si las cunetas no se revisten las máximas distancias recomendables entre alcantarillas son las que se muestran en la Tabla N° 21.

Tabla 37

PENDIENTE DEL CAMINO %	SUELOS NO EROSIONABLES O POCO EROSIONABLES	SUELOS EROSIONABLES
0 - 3	120	75
4 - 6	90	50
7 - 9	75	40
10 - 12	60	35

SUELOS POCO EROSIONABLES = SUELO PEDREGOSO, GRAVA Y ALGUNAS ARCILLAS  
 SUELOS EROSIONABLES = SUELOS FINOS, LIMOS Y ARENAS.

Distancia máxima recomendable entre alcantarillas

Fuente MDCNPBVT-MTC

Se requiere además que en los puntos bajos del perfil de las curvas vertical cóncava, deberá colocarse una alcantarilla.

### Dimensiones Mínimas.

[MTC05]La dimensión mínima interna de las alcantarillas deberá ser la que permite su limpieza y conservación. Para el caso de las alcantarillas de paso es deseable que la dimensión mínima de la alcantarilla sea por lo menos 1.00 m, para las alcantarillas de alivio pueden ser aceptables diámetros no menores a 0.40 m., pero lo más común es usar un diámetro mínimo de 0.60 m en el caso de tubos y ancho, alto 0.60 m en el caso rectangular.

### 2.5.6 Estudio de Impacto Ambiental

Según MTC - PERÚ, en las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, indica que las autopistas, autovías y carreteras en general son obras en las que predomina la longitud y

la continuidad respecto a su anchura, formando una obra lineal en forma de barrera, cuya influencia sobre el medio ambiente viene condicionada por estas características.

La geometría actual de las carreteras está sujeta a normas precisas de pendientes, radio, anchuras y taludes, necesarias para una circulación rápida y segura, pero en muchas ocasiones hacen que sea difícil la adaptación al terreno provocando desmontes o terraplenes importantes, así como estructuras o túneles que destacan fuertemente del entorno.

La construcción de una carretera nueva requiere un despliegue de medios humanos, de movimiento de maquinarias y de aportación de materiales, que modifican el entorno inicial; algunos de una manera temporal, como los primeros y otro de una manera permanente como canteras, areneros graveras y zonas de préstamos.

Durante el uso de las carreteras se genera otra serie de modificaciones del entorno, producidas por el tráfico atraído, como ruido, emisión de gases, posibles vertidos contaminantes, accidentes, influencia sobre la fauna y la flora, modificaciones de la hidrología superficial y subterránea, y otros varios.

Los conceptos mencionados de una manera somera ponen de manifiesto que la construcción de una carretera produce una ínter relación de factores que es necesario estudiar para conseguir el máximo de bienestar para la sociedad, equilibrando los beneficios que se obtienen por la puesta en servicio de una carretera, con los perjuicios que se ocasionan al medio ambiente.

La carretera transforma para un gran periodo de tiempo la zona que atraviesa y por ello su efecto conjunto económico-ecológico debe ser beneficioso y progresar con el tiempo.

Los estudios de impacto ambiental deben tener como objetivo genérico la mejora de todo el entorno de la carretera de manera que el impacto negativo se reduzca a la mínima expresión, o incluso que se aumente la riqueza florística y faunística de la zona.

Como resumen esquemático de las ventajas e inconvenientes de una carretera, que es necesario ponderar en el estudio de impacto ambiental, en el siguiente cuadro las principales variables a tener en cuenta.

Según el Proyecto Especial Alto Mayo, en el área de Gerencia de Infraestructura nos indican que al realizar el estudio de impacto ambiental del Proyecto en Estudio, hemos tenido en cuenta los diversos problemas que podría ocasionar, en este caso refiriéndose a

la mecánica de suelos, como a las excavaciones de calicatas al costado de la carretera, se ha hecho las excavaciones cuidando los aspectos ambientales, protegiendo así posibles especies de flora como árboles que están en peligro de extinción u otras especies de plantas botánicas.

### **2.5.6.1 Ventajas**

Según MTC - PERÚ, en las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, indican las siguientes ventajas:

#### **Aspecto Económico**

Aumenta la circulación de personas, mercancías.

Aumenta el desarrollo económico general de la zona.

Fomenta el turismo.

Redistribuye el tráfico reduciendo desplazamientos largos.

#### **Aspecto Social**

Aumento de posibilidades de traslado de los habitantes de zonas próximas.

Mejora la estación general de servicios a todos los usuarios.

#### **Seguridad**

Mejora la seguridad para los usuarios, sobre todo en autopistas.

Mejora de la seguridad de los habitantes de zonas próximas por supresión de pasos a nivel e intersecciones.

#### **Infraestructura**

Aumento de la red de vías de comunicación.

Aumento de zonas de servicios al usuario.

#### **Entorno**

Descubrimiento de nuevas zonas y paisajes.

Posibilidad de regenerar zonas áridas.

Aumento del valor de zonas artísticas apartadas.

### **2.5.6.2 Inconvenientes**

Al realizar un proyecto de carretera o proyectos viales diversos, se generan varios inconvenientes, el cual generan problemas económicos, sociales, atenta a la seguridad de los peatones o vehículos que circulan por la zona, a la infraestructura del mismo proyecto dañando de esta manera el medio ambiente.

#### **Aspecto Económico**

Riesgo de desdoblamiento de pequeños núcleos.

Desaparición de tierras agrícolas y bosques.

#### **Aspecto Social**

Producción de ruido y gases nocivos para los habitantes cercanos a la carretera.

Modificación de costumbres.

#### **a) Seguridad**

Inseguridad y riesgo de accidentes para peatones o vehículos lentos, si no se impide el cruce a nivel, o si las obras de paso están lejanas o incómodas.

#### **Infraestructura**

Destrucción de suelo agrícola o urbano.

Extracción de materiales, a veces escasos.

#### **Entorno**

Transformación del paisaje natural, con riesgo de destrucciones irreversibles.

Modificación del equilibrio geológico, microclimático, faunístico, botánico, hidráulico y humano.

### **2.5.6.3 Metodología de un Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A.) de una Carretera**

Los estudios de impacto ambiental deben adaptarse a las normas legales especificadas por el Ministerio de Transporte, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. Existen múltiples publicaciones especializadas que pueden servir de orientación de un E.I.A de carreteras.

El objetivo de lo E.I.A. consiste en analizar el estado natural de la zona, tanto desde el punto de vista del medio físico, como del socioeconómico y cultural y después de este análisis previo, suponer razonablemente el estado final en que quedará la zona tras la



construcción de la carretera. La diferencia entre el estado inicial y el final constituye el impacto ambiental.

El objetivo principal es obviamente elegir la solución que menos perturbe el medio físico y humano y también proponer las medidas correctoras oportunas que atenúen este impacto negativo o que incluso supongan una mejora en algunos casos y zonas parciales.

La máxima eficacia de los Estudios de Impacto Ambiental se obtiene al desarrollar con la mayor amplitud posible en los estudios previos de carreteras, ya que pueden influir en la elección del itinerario alternativo más idóneo que evite el paso por zonas protegidas (parques naturales, bosques, reservas faunísticas, yacimientos arqueológicos paisajes interesantes, etc.). En la fase de anteproyecto el EIA permite menos variaciones espaciales, pero aún puede ejercer un efecto beneficioso en el campo de la elección de soluciones estructurales (puentes, túneles, desmontes, terraplenes, cauces naturales, etc.), y también precisar las medidas correctoras, indicadas en el E.I.A. del estudio previo.

En la fase de proyecto la actividad más importante de un Estudio de impacto Ambiental es la adopción, diseño y valoración de las medidas correctoras más adecuadas en cada punto concreto (barreras visuales, acústicas, protección de taludes, plantaciones en medianas, taludes y entorno, miradores, parques laterales, etc.)

El conjunto de acciones y objetivos de un EIA de carreteras se los puede resumir según las fases del diseño de una carretera.

Tabla 38

*Objetivos principales de un E.I.A de carreteras*

<b>FASE</b>	<b>Análisis del estado inicial</b>	<b>Valoración impactos</b>	<b>Medidas correctivas</b>
<b>Previos Estudios</b>	Elegir la solución de trazado más favorable entre varias alternativas	Análisis de impactos generales en zonas amplias.	Indicación de tipos generales.
<b>Ante proyecto</b>	Elección de soluciones estructurales concretas en las zonas localizadas	Análisis de impactos detallados en zonas relativamente estrechas	Elección de un tipo de medidas correctoras por clase de impacto y zona.
<b>Proyecto</b>	Elección y justificación de cada parte del proyecto para reducir al máximo la modificación del medio	Análisis, medición, cuantificación de un impacto concreto en cada punto que sea necesario.	Diseño completo y presupuesto de cada medida correctora en cada punto.

Fuente: Plan Vial Provincia de El Dorado.

El desarrollo de un E.I.A., aunque es una actividad relativamente nueva en los proyectos de carreteras, no debe tratar de imponer una defensa a ultranza del medio natural, sino guardar un equilibrio entre las ventajas e inconvenientes de la construcción de una carretera citados anteriormente logrando la máxima utilidad posible con el mínimo daño del medio ambiente.

#### **2.5.6.4 Justificación para el Estudio del Impacto Ambiental**

Según MTC - PERÚ, en las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, indica que actualmente muchos proyectos de carreteras se planifican y realizan sin un adecuado estudio de impacto ambiental, debido principalmente al reducido presupuesto con que cuenta el estado para llevarlo a cabo, y cuya adecuada aplicación incrementaría notablemente el presupuesto al momento de ejecutarse.

Todo esto unido con los intereses políticos de realizarlo lo más pronto y barato posible contribuye a descuidar la aplicación de un estudio de impacto ambiental que a la larga favorece el mantenimiento en buen estado de las carreteras. La construcción y funcionamiento del proyecto acarreará muchos efectos al medio ambiente y la población en general que hay que prevenir, razón por la cual se realizará el estudio respectivo.

#### **Objetivo del Estudio de Impacto Ambiental**

Según MTC - PERÚ, en las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, nos dan los siguientes objetivos:

Analizar los impactos ambientales que tendrá la construcción del proyecto de carretera, bajo un contexto en el que el medio ambiente se le conceptúa como un sistema complejo dispuesto en el espacio y el tiempo, constituido por elementos y procesos de orden natural, social, económico y cultural.

Permitirá el examen y la evaluación sistemática de las consecuencias ambientales del proyecto, teniendo como objetivo que las autoridades y la sociedad en su conjunto cuenten con información profunda acerca de las implicancias socio - ambientales que podrían traer como consecuencia la construcción de dicha carretera.

Establecer un plan de manejo ambiental y proponer un plan de monitoreo que evalúe la efectividad de las medidas correctivas.

Diseñar un plan de monitoreo cuyos sistemas de seguimiento y control permitan evaluar

el comportamiento, eficiencia y eficacia del plan de manejo, así como del proyecto.

Tomar decisiones acerca de la viabilidad del proyecto con el debido sustento técnico.

#### **2.5.6.5 Factores Ambientales del Medio**

Según MTC - PERÚ, en las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras indica que los factores ambientales del medio natural serían afectados por la ejecución de la carretera son: suelo, aire, agua, medio ambiente y socio económico, el cual incluyen acciones humanas en el proyecto, es decir lo siguiente:

##### **A. Acciones Humanas del Proyecto**

La vía a construirse será diseñada teniendo en cuenta todos los criterios adoptados por las Normas Peruanas de carreteras de tal forma que permitan una mejor calidad y comodidad para el transporte, así como para los transeúntes que utilicen esta vía, el proyecto no solo beneficiara a toda la población aledaña, sino también a los turistas que inmigren de otras zonas, incrementándose notablemente el potencial turístico del departamento de San Martín.

Por tal motivo las acciones que corresponden para el E.I.A. Están en relación con las partidas a ejecutar y que tienen como finalidad el evaluar y corregir las repercusiones que representarán los diferentes trabajos mediante un plan de manejo ambiental en la construcción de la carretera.

Se ha realizado el seccionamiento transversal del eje cada 20 m. y en los puntos de inflexión del terreno cada 10m, en una distancia promedio de 20m a ambos lados del eje de la carretera.

Los taludes en cortes han sido asumidos según el tipo del suelo, y en relleno 1: 1.5 (V:H), con el fin de garantizar la estabilidad de los mismos.

## **2.6 Marco Conceptual: Terminología Básica**

Según los reglamentos vigentes la clasificación que se le da al sistema de vías en el Perú está en función a su operatividad, su ubicación geográfica, relieve orográfico, y demás consideraciones. Y se aplican para el diseño de carreteras con superficie de rodadura de material granular, según correspondan a la clasificación que se establece en el Manual de Diseño Geométrico DG-2001 del MTC del Perú.

Para el correcto entendimiento de los términos empleados se presenta una descripción de su significado según reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial del MTC.

### **Área de Influencia**

El área de influencia corresponde al área geográfica del proyecto e incluye los centros poblados y áreas productivas que harán uso del camino. Se puede asumir el área de influencia como la que está constituida por los centros poblados en una franja de 2.5km a cada lado del eje de la vía. Un mayor análisis involucraría otros centros poblados, justificando el intercambio de actividades socioeconómicas.

### **Berma**

Franja longitudinal, pavimentada o no, comprendida entre el borde exterior de la calzada y la cuneta o talud.

### **Bombeo**

Pendiente transversal de la plataforma en tramos en tangente.

### **Camino Vecinal**

Vía de servicio destinada fundamentalmente para acceso a chacras.

### **Calzada**

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.

### **Curva de Transición**

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

### **Curva Vertical**

Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente.

### **Derecho de Vía**

Faja de ancho variable dentro de la cual se encuentra comprendida la carretera y todas sus obras accesorias. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001) La propiedad del terreno para Derecho de Vía será adquirido por el Estado, cuando ello sea preciso, por expropiación o por negociación con los propietarios.

## **Diseño Geométrico**

Es el estudio geométrico de una carretera tomando como base el tráfico que soporta, el alineamiento de su eje, un conjunto de características técnicas y de seguridad que debe reunir para el tránsito vehicular y peatonal formando parte de una gestión inteligente.

## **Distancia de Adelantamiento**

Distancia necesaria para que, en condiciones de seguridad, un vehículo pueda adelantar a otro que circula a menor velocidad, en presencia de un tercero que circula en sentido opuesto. En el caso más general es la suma de las distancias recorridas durante la maniobra de adelantamiento propiamente dicha, la maniobra de reincorporación a su carril delante del vehículo adelantado, y la distancia recorrida por el vehículo que circula en sentido opuesto.

## **Distancia de Cruce**

Es la longitud de carretera que debe ser vista por el conductor de un vehículo que pretende atravesar dicha carretera (vía preferencial).

## **Distancia de Parada**

Distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto u obstáculo que motiva la detención. Comprende la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado.

## **Eje**

Línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal.

## **Índice Medio Diario (IMD)**

Número promedio de vehículos medidos en un período de 24 horas del total que pasan por una sección determinada de una vía.

## **Índice Medio Diario Anual (IMDA)**

El volumen de tránsito promedio ocurrido en un período de 24 horas promedio del año.

## **Mejoramiento de Carreteras**

Consiste en ampliar o mejorar las características técnicas y geométricas de las carreteras,

con variaciones en el eje transversal o eje vertical, ampliación de curvas y cambios en las características de la superficie de rodadura con respecto al diseño original de la vía.

### **Mantenimiento de Carreteras**

Actividades rutinarias y periódicas que se efectúan para que las carreteras se conserven en buenas condiciones de transitabilidad.

### **Muros de Contención y Protección**

Estructura que sirve para estabilizar los taludes muy pronunciados, para evitar el deslizamiento de la calzada, o de protección contra la erosión del camino. Pueden ser construidos con piedra (muros secos, gaviones, enrocados) o con concreto (muro ciclópeo).

### **Ramal**

Vía que une las calzadas que confluyen en una intersección para solucionar los distintos movimientos de los vehículos.

### **Rasante**

Línea que une las cotas de una carretera terminada.

### **Rehabilitación de Carreteras**

Consiste en reponer las condiciones las características técnicas iniciales de construcción de una carretera.

### **Sección Transversal**

Corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.

### **Subrasante**

Superficie del camino sobre la que se construirá la estructura del pavimento.

### **Obras de Drenaje**

Conjunto de estructuras destinadas a cruzar cursos de agua, drenar las aguas que afectan el camino, evitar la erosión de terraplenes, etc. Ejemplo: cuneta, alcantarilla, tajea, zanja de coronación, drenes.

**Obras de Arte:** Son todas aquellas obras complementarias construidas a lo largo del camino y que son necesarias para garantizar el adecuado tránsito de vehículos, cruzar

cursos de agua, sostener terraplenes y taludes, evitar la erosión de terraplenes, etc.  
Ejemplo: puentes, pontones, badenes, muros de contención.

### **Pavimento**

Es la estructura construida sobre la subrasante, para los siguientes fines.

Resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos

Mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito.

### **Plataforma**

Ancho total de la carretera a nivel de subrasante.

### **Peralte**

Inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva.

### **Pendiente**

Inclinación de una rasante en el sentido de avance.

### **Vehículo**

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

### **Variante de Trazado**

Obra de modernización de una carretera en planta o en perfil cambiando su trazado para optimizar su diseño.

### **Vía Colectora – Distribuidora**

Calzada con sentido único de circulación, sensiblemente paralela a la carretera principal, cuyo objeto es separar de dicha carretera principal las zonas de conflicto que se originan por las maniobras de cambio y trenzado de vehículos en tramos con salidas y entradas sucesivas muy próximas.

## **2.7 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 y político.

El diseño geométrico de carreteras es la parte más importante del estudio para materializar la construcción de cualquier vía o carretera, no importa su magnitud ya que nos dará una idea concreta de lo que será nuestra carretera. Se debe tomar muy en cuenta el tipo de topografía del terreno porque de esta se determinará su funcionalidad, su costo, su seguridad y otros aspectos importantes de ella y de esta manera aplicar en el camino Vecinal Nauta Nuevo Arica, ubicada en el Distrito de San José de Sisa en la Provincia de El Dorado, Región San Martín.

## **2.8 Hipótesis**

Diseño Geométrico y Drenaje del Camino Vecinal Nauta Nuevo Arica, Distrito de San José de Sisa, Provincia de El Dorado, Región San Martín, permitirá contar con un Estudio de Pre-inversión y por consiguiente contar con el Expediente Técnico para tramitar el financiamiento y que al ser ejecutado mejorara las condiciones Socio-económicas poblaciones aledañas al Proyecto.



## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Materiales**

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

##### **Recursos Humanos:**

Asesor

Tesista

Técnico de Laboratorio

Jefe de Laboratorio

##### **Recursos Materiales:**

Muestra De Suelos

Carta Nacional A Escala 1:100,000

Mapa Vial Del Departamento De San Martín.

##### **Recurso Equipos:**

Wincha De 50 Metros Lineales

Estación Total TOPCON 3105w de 5” de precisión

Bolsas Y Recipientes Para Las Muestras De Suelo

Equipo De Mecánica De Suelos

Lampas Para Excavación

Calculadora Científica Casio Class Pad 330

##### **Otros Recursos:**

Material Bibliográfico

Cámara Fotográfica Canon

Material De Escritorio

Software De Cómputo: Microsoft Office Y Autocad

Internet (Buscadores De La Web)

Hardware: Computadora Portátil Intel Core I5

Impresora Canon Pixma 220 Serie

Ploter Hp 100 Series.

### **3.1.1. Recursos Humanos**

Para este presente trabajo de investigación se contó con la colaboración del siguiente personal:

**El Asesor:** Es el que orienta y coordina el desarrollo de la metodología de la investigación de este trabajo para llegar a los objetivos planteados.

**El Tesista:** Es el encargado de desarrollar el trabajo de investigación manejando todos los procesos que intervienen en el desarrollo, coordinando constantemente con el asesor y el personal del laboratorio para llegar a la conclusión de los objetivos trazados.

**El Técnico de Laboratorio:** Es el que realiza las pruebas de los materiales a utilizar, estudio de mecánica de suelos así como también interviene en coordinación con el Tesista de acuerdo al objetivo planteado para luego continuar con los demás procesos.

**El Jefe de Laboratorio:** Es la persona responsable del Laboratorio de Ensayo de Materiales el cual interviene en todo el proceso de pruebas y diseño y diagnóstico final certificando así todas las pruebas realizadas por el Tesista.

### **3.1.1 Recursos Materiales**

Para este trabajo de Tesis se utilizaron los siguientes materiales:

#### **Muestra de suelos:**

Con las muestras obtenidas, en la excavación realizada, se ha verificado la clasificación visual y efectuándose en el laboratorio los diferentes tipos de ensayos necesarios para la elaboración de este proyecto.

#### **Carta nacional a escala 1:100,000**

Se hizo uso de la carta nacional para identificar las coordenadas y de esta manera ubicar al proyecto con respecto al sistema de coordenadas universal.

#### **Mapa Vial del Departamento de San Martín**

Se hizo uso del mapa vial del Departamento de San Martín para guiarnos y saber la ubicación exacta de la localidad del proyecto (tramo Nauta Nuevo Arica), y saber además

las conexiones de carreteras que tiene el proyecto.

### **3.1.2 Recursos De Equipos**

#### **Wincha de 50 metros lineales**

Se ha utilizado wincha para medir la distancia para la excavación de suelo y de esta manera poder extraer la muestra para el laboratorio, las calicatas se realizarán a cada 250 metros dentro del proyecto.

#### **Bolsas y recipientes para las muestras de suelos.**

Se ha utilizado las bolsas y recipientes para extraer muestras de suelo de las calicatas y las canteras que se ha utilizado en el proyecto.

#### **Equipos de Mecánica de Suelos.**

Los equipos de mecánica de suelos han sido utilizados para poder saber los tipos de suelos que existen en la zona del proyecto, y de esta manera concluir si el suelo es bueno, regular o malo, estos son los ensayos estándares que se utilizaron durante el proyecto:

Análisis granulométrico por tamizado.

Material pasante la malla N° 200.

Límites de consistencia (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad).

Clasificación SUCS.

Clasificación AASHTO.

Contenido de humedad.

Proctor modificado.

California Bearing Ratio (CBR).

Para estos ensayos se han utilizado los equipos siguientes:

Estufa electrónica MEMMERT de 30 a 225 °C: Es el equipo que sirve para para el secado de muestras de suelos. Se utilizará la estufa electrónica para poder obtener los límites de consistencia.

Balanza electrónica de 300 gr, 600 gr, 3 kg, 6kg y 12kg: Se utiliza este equipo para el pesado de muestras de suelo.

Equipo de Copa de Casagrande: El equipo de Copa de Casagrande se utiliza para la

determinación del Límite Líquido y el Límite Plástico y junto con los Ranuradores AASHTO, Plástico, y la placa de virio se determina dichos límites.

Ranuradores AASHTO: Se utilizó para controlar el ancho de la ranura de la muestra de suelo en la copa de Casagrande para el límite líquido.

Ranuradores de plastic: También se utilizó con el fin de controlar el ancho de la ranura de la muestra tomada de suelo en la copa Casagrande para el límite líquido.

Placa de vidrio de 30 x 30 cm.

Juego de tamices desde 2" hasta la malla N° 200: Los juegos de tamices sirven para la determinación de la granulometría de suelos.

Balanza hidrostática de 6000 gr: Se utiliza para determinar los pesos específicos en las muestras de los suelos.

Equipo completo de compactación: Se utilizan para la determinación de la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad.

Molde de 6": El Molde de Compactación Modificado se utiliza para llevar a cabo el ensayo ASTM de la Relación Humedad-Densidad de los Suelos.

Pisón de 18 Pulg: Que está diseñado para dejar caer un peso de 10 libras a una distancia de 18 pulgadas.

Malla 3/4 y N° 4

Equipo completo de CBR: Sirve para la determinación de los parámetros de resistencia de suelos de 1 pulgada y 2 pulgadas, siendo el equipo completo los siguientes:

Molde 6": Serve para colocar el material suelo para la compactación con el pisón.

Disco espaciador.

Pisón de 18 pullg.

Marco de carga CBR.

Papel filtro

Trípode de aumento de volumen.

Para sostener el molde.

Dial de expansión.

### **Lampas para excavación.**

Se ha utilizado lampas para la excavación de las calicatas para la extracción de las muestras, los cuales serán transportados en sacos y/o bolsas al laboratorio.

### **Calculadora Científica Casio Class Pad 330:**

Se usó la calculadora Científica para el proceso de cálculo y de esta manera poder obtener los resultados de espesor de la capa base para el afirmado, además para los diferentes ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y los resultados de tráfico.

### **3.1.3 Otros Recursos**

En la elaboración del presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos de gabinete:

Material Bibliográfico: Libros de especialidad referente al tema y contemplado en el Marco Teórico.

Cámara fotográfica Canon

Material de Escritorio: CD-R, CD-RW, USB, tinta para impresora, lapiceros, lápices, papel A-4, etc.

Software de Cómputo: Microsoft Office (Word, Excel, y Power Point), Autocad 2016

Internet: En la Red se encontró información actualizada.

Hardware: Computadora Toshiba Intel Core i5

Impresora: Canon Pixma 220 series

Plotter: HP 100 Series.

## **3.2 Metodología**

Los Métodos a emplear en el desarrollo del trabajo serán **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 Universo, Muestra, Población**

#### **3.2.1.1 Universo**

El estudio realizado, basado en el manual Manual de Diseño de Bajo Volumen de Tránsito y el Manual de Diseño Geométrico del Ministerio de Transportes, el cual nos delimita que nuestro universo, está conformado por normativas que organizan y recopilan las técnicas y procedimientos para el Diseño Vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros.

#### **3.2.1.2 Muestra**

La muestra lo constituye el método en sí que utilizaremos en este proyecto, abarca la información necesaria y los diferentes procedimientos, para la elaboración del Diseño Geométrico, de acuerdo a su categoría y nivel de servicio, en concordancia de las demás normas vigentes sobre la gestión de la infraestructura vial.

#### **3.2.1.3 Población**

La población tiene que ver con el tamaño del universo, y como este es la aplicación del Diseño Geométrico y Sistema de Drenaje en el camino vecinal Nauta Nuevo Arica – Acceso Paraíso, entonces la población serán las normativas que organizan y recopilan las técnicas y procedimientos para el diseño vial. Sistema de Variables

### **3.2.2 Sistema de variables**

#### **3.2.2.1. Variable Independiente**

El Diseño Geométrico y Sistema de Drenaje será el de mayor performance en el mejoramiento Del Camino Vecinal Nauta Nuevo Arica, para lo cual se utilizaron el Manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito y el Manual de Diseño Geométrico del MTC..

#### **3.2.2.2. Variable Dependiente**

Mejoramiento de la operación del camino vecinal.

**3.2.3 Tipos y Nivel de la Investigación TIPO:** Investigación aplicada **NIVEL:** Básico

#### **3.2.4 Diseño de Instrumentos**

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

### 3.2.4.1 Ámbito Geográfico

Se ubica en la Provincia de El Dorado, Distrito de San José de Sisa localidad de Nauta Nuevo Arica, en la Región San Martín, la cual, el proyecto tendrá una comunicación muy fluida a través de la carretera Nacional Fernando Belaunde Terry.

### 3.2.4.2 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.

### 3.2.5 Procesamiento de Información

Se presentan los procedimientos a utilizar en el desarrollo de la presente investigación, empezando en primer lugar por la Geodesia y Topografía, en todos los trabajos Topográficos se aplicara el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP); la Hidrología y Drenaje, estos estudios nos proporcionan los elementos de diseño necesarios para dimensionar las obras; Geología y Geotecnia, se debe trabajar de forma coordinada con los especialistas en Geología y Geotecnia para la detección de posibles zonas conflictivas desde el punto de vista geotécnico que puede justificar alguna otra alternativa de trazado; Aspectos Ambientales; Estudio de Seguridad Vial; Reconocimiento del Terreno y Derecho de Vía o Faja de Dominio.

#### 3.2.5.1 Diseño de Pavimento

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

##### 3.2.5.1.1 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:

$$e = 219 \left[ \frac{CBR_{sub}}{CBR_{afirmado}} \right]^2 * \left[ \frac{N_{rep}}{120} \right]^{0.211} * \log_{10} \left[ \frac{58 * \log_{10} \left[ \frac{1}{10} \right]}{10} \right]$$

Donde:

e = espesor de la capa de afirmado en mm. CBR<sub>sub</sub> = valor del CBR de la subrasante.

N<sub>rep</sub> = número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

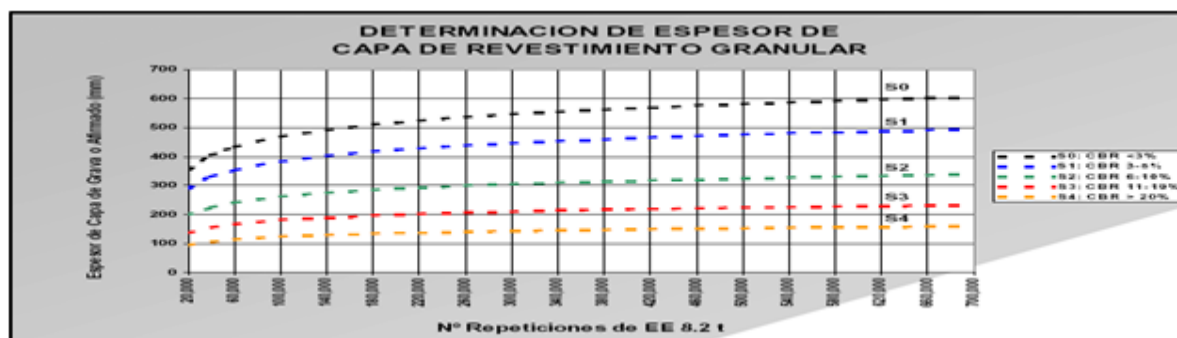


Figura 9: Determinación de espesor de capa granular base: Fuente: Elaboración en base a la ecuación de diseño del método NAASRA

### 3.2.5.1.2 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 %.

Tabla 39:

*Tasa de Crecimiento de Vehículos*

TASAS DE CRECIMIENTO	
VEHICULOS LIGEROS	2.00%
VEHICULOS PESADOS	4.34%

Fuente: Elaboración propia

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.



### **3.2.5.1.3 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.

### **3.2.6 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.

### **3.2.7 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 Resultado del Estudio de Tráfico

El estudio de tráfico para la elaboración del estudio de Diseño Geométrico del Camino Vecinal Tramo: NAUTA – NUEVO ARICA L= 4+482.92 KM. se realizó de acuerdo a las características y condiciones que requiere este tipo de estudio.

El análisis de tráfico se sustenta principalmente en la información recopilada en el trabajo de campo, conteo volumétrico, realizado con personal capacitado en estudio de tráfico.

Es importante reconocer que, a lo largo del tramo en estudio, no existe la posibilidad de que el tránsito se desvíe, puesto que es la única vía de entrada y salida en cada tramo respectivamente.

Tabla 40

*Estado Situacional del Camino Vecinal en Estudio*

Distrito	Camino Vecinal		Via		Tráfico		Población Total Servida
	Desde	Hasta	Longitud (Km.)	Estado	Ligero	Pesado	
SAN JOSE DE SISA	NAUTA	NUEVO ARICA	( 4 +482.92 KM)	Malo	13	5	2,735

Fuente: Estudio de Tráfico – Elaboración Equipo Técnico

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

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

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

Establecimientos de señalización.

Asignaciones de tráfico a futuro.

Itinerarios de rutas de empresas de transportes.

Determinación de las necesidades de infraestructura, tales como:

Mejoramiento de la carretera.

Construcción de nuevas carreteras.

Diseño del tipo de superficie de rodadura.

Mejoramiento de carreteras.

Mantenimiento de carreteras.

#### **4.1.1 Objetivo del Tráfico**

El estudio de tráfico vehicular nos permitirá, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por el camino vecinal en la actualidad, así como estimar el origen – destino de los vehículos, elementos indispensables para la evaluación económica de la carretera y la determinación las características de diseño de la carretera, es obtener el volumen de tráfico de la vía, la clasificación vehicular, analizar las proyecciones 2016 –2026 (10 años vida útil del mejoramiento) en el tramo en estudio.

#### **4.1.2 Planificación del Estudio de Campo**

Para efectuar el trabajo, previamente se ha realizado un recorrido de reconocimiento del tramo, a fin de establecer el lugar apropiado para la ubicación de la estación.

El método de control utilizado para el conteo vehicular se realizó en forma Manual el cual proporciona una información más completa para el tiempo corto que ha demorado el trabajo.

En el tramo se ha ubicado una estación de control con una persona encargada de realizar la clasificación (conteo) de los vehículos, el cual es:

#### **Tramo: Nauta – Nuevo Arica**

Por las características del tramo se ha considerado efectuar conteos solo en una estación, ubicado en el km 00+000 (caserío de Nauta), por no existir la posibilidad de que este flujo vehicular disminuya o aumente después de este punto.

De acuerdo a los requerimientos del estudio, se preparó un itinerario de tráfico programándose en la estación establecida el conteo de tráfico las 24 horas durante 7 días (una semana), en las cuales se clasificaron los vehículos, según la hora de paso, sentido y

tipo.

El equipo para la ejecución de la labor de campo, fue conformado por un técnico clasificador especializado en el control de tráfico.

### Ubicación De La Estacion Km 0+000

Tabla 41:

#### *Ubicación de Estación de Conteo de Vehículos*

TRAMO I	ESTACION	DURACION	UBICACIÓN
NAUTA – NUEVO ARICA	E-01	7 días, 5 laborables Sábado + Domingo	PROG. 0+000 (Caserío Nauta)

Fuente: Elaboración propia

### Metodologia

#### *Cálculo del Volumen Promedio Diario*

$$IMD_s = (s + d + 5*1)/7 \quad IMD_a = FC * IMD_s$$

Donde:

d = Volumen vehicular del día domingo. s = Volumen vehicular del día sábado.

l = Volumen vehicular promedio diario de los días útiles. FC = factor de corrección estacional.

$IMD_a$  = Índice Medio Diario Anual.

$IMD_s$  = Índice Medio Diario Semanal de la muestra vehicular.

#### Factores de Corrección.

Los volúmenes de tráfico obtenidos en la estación de control, varían durante el año debido a diferentes causas, por lo que es necesario afectar por un factor de corrección mensual, estacional a los volúmenes hallados en campo.

Los resultados obtenidos en el campo, en la Estación E01 se corregirán mediante el factor

de corrección estacional, elaborada en función de la información obtenida de la estación, en vista de que no existe información de estaciones de mayor control en el sector en estudio.

#### 4.1.3 Ejecución del Estudio de Campo.

##### Tramo : Nauta – Nuevo Arica

La Estación E01 fue ubicada en progresiva 0+000 (Caserío Nauta), siendo el lugar más apropiado según las recomendaciones del Manual para Estudio de Trafico del MTC.

Las labores de campo se realizaron durante 7 días, iniciándose el día 14 de noviembre y concluyendo el 20 de Noviembre del 2016.

Los conteos de volumen y clasificación vehicular se realizaron para cada uno de los sentidos de tránsito, durante las 24 horas del día.

#### 4.1.4 Resultados Obtenidos

Habiéndose realizado en gabinete la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos, se obtuvieron los resultados siguientes:

Tabla 42

##### Resultados Obtenidos del Conteo de Vehículos

DIA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETA S			MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYER				2T2	
			PICK UP	PANEL	RURAL (Combi)		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3		
MIERCOLES	0	1	13	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
JUEVES	0	2	10	0	2	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
VIERNES	0	2	7		4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
SABADO	0	3	6	0	6	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
DOMINGO	0	1	6	0	3	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
LUNES	0	2	8	0	4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
MARTES	0	3	9	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	0	14	59	0	22	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0
MD	0	2	8	0	3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
%	0.00	11.11	44.44	0.00	16.67	0.00	0.00	0.00	27.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VEHICULOS LIGEROS						VEHICULOS PESADOS											

Fuente: Elaboración propia

Al analizar los resultados del flujo de vehículos podemos concluir que la demanda actual del camino vecinal está dada por:

Tabla 43  
*Trafico Actual*

Tipo de Vehículos	IMD	Distrib. %
Autos	0	0.00%
Satation Wagon	2	10.90%
Camioneta Pick Up	8	43.50%
Camioneta Panel	0	0.00%
Camioneta Rural	3	16.30%
Micro	0	0.00%
Omnibus 2E y 3E	0	0.00%
Camión 2E	5	29.30%
Camión 3E	0	0.00%
Camión 4E	0	0.00%
Semi trayler	0	0.00%
Trayler	0	0.00%
<b>TOTAL IMD</b>	<b>18</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.5 Análisis de Resultados.

En el Tramo se registra un Índice Medio diario de 18 vehículos diarios. Se observo que en este tramo circulan en mayor porcentaje Camioneta Pick Up con 43.50% de incidencia.

Por lo anteriormente expuesto el Índice Medio Diario (IMD) de tráfico vehicular actual (2016) queda establecido en 18 vehículos por día, lo cual constituiría el tráfico normal, sin embargo al mejorar las condiciones de transitabilidad del camino, el número de vehículos se incrementará, obteniéndose un tráfico generado adicional. Consideraciones que se deberá tener en cuenta para el cálculo del pavimento en el Estudio de Suelos.

Tabla 44  
*Proyección de Tráfico - Con Proyecto*

Años	Auto	Station Wagon	Pick Up	Panel	Rural	Micros	B2	B3	C2	C3	C4	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	Total IMDA
2016	0	2	8	0	3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
2017	0	2	10	0	4	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
2018	0	2	10	0	4	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
2019	0	2	10	0	4	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
2020	0	2	11	0	4	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
2021	0	2	11	0	4	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
2022	0	2	11	0	4	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
2023	0	2	12	0	4	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
2024	0	2	12	0	5	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
2025	0	2	13	0	5	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
2026	0	2	13	0	5	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29

Fuente: Elaboración propia



## 4.2 Trazo en Planta

### 4.2.1 Descripción Del Trazo

El punto de inicio del trazo se encuentra en el caserío de Nauta, en la Progresiva 00+000 y sigue hacia el caserío de Nueva Arica en la progresiva 4+482.92 En todo el tramo el eje atraviesa una topografía accidentada y ondulada.

La geometría del trazo realizado del camino en el presente Estudio, ha sido en base a los Términos de Referencia y las Normas para el Diseño de Caminos Vecinales; adecuándonos en lo posible a la geometría del trazo existente, con el mejoramiento de curvas de radio menores a los 15.0 ml, su ancho actual determinado por el IMD y los parámetro de diseño.

### 4.2.2 Criterios de Trazo

Las características geométricas de una vía dependen fundamentalmente de la velocidad directriz adoptada, de la composición y volumen del tránsito proyectado, a fin de satisfacer las condiciones mínimas que permitan circular, los determinados tipos de vehículos en el camino.

En general en el diseño geométrico del Camino materia del estudio, se ha procurado adaptarnos a las deflexiones del terreno y la vía existente; evitando en lo posible movimientos excesivos de tierras y/o la construcción de estructuras costosas en consideración a los techos presupuestales de los Términos de Referencia.

Los criterios seguidos para el trazo y diseño geométrico han sido: los Términos de Referencia y las Normas para el Diseño de Caminos Vecinales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, determinándose las siguientes características:

Número de vías	:	01	
Velocidad directriz	:	30	Km/h
Radio mínimo excepcional	:	15.00	m.
Radio mínimo normal	:	25.00	m.
Pendiente mínima en corte	:	0.50	%
Pendiente máxima	:	12.00	%
Superficie de rodadura	:	4.00	m.
Bermas a cada extremo	:	0.50	m.
Bombeo de la calzada	:	2.00	%

Sobre anchos	:	0.30-2.10 m.(según radio)	
Peralte mínimo	:	2.00	%
Peralte máximo	:	14.00	%
Cunetas	:	0.75x0.30	m.
Taludes de relleno	:	1:1.5	V:H
Taludes de corte	:	3:1	V:H
Pavimento (Afirmado)	:	0.15	m.

#### 4.2.3 Clasificación.

Según la jurisdicción: Corresponde al Sistema Vecinal, por unir aldeas y centros poblados entre sí.

Según el servicio: Corresponde a un Camino CV-3, con un IMD entre 15 y 50 vehículos/día.

El Camino Vecinal según el estudio del Tráfico proyectado con una tasa del 5% y para un periodo de vida útil de 5 años (18 veh. /Día) en aplicación a los Términos de Referencia corresponden a un Camino Vecinal de Tránsito Intermedio (15<IMD < 50 veh/día)

Derecho de vía: Según las Normas para el Diseño de Caminos Vecinales del M.T.C. considera para el caso los siguientes derechos de vía:

Zona urbana : 5.0m a cada lado del eje.

Zona de cultivo : 7.50m a cada lado del eje.

Terrenos eriazos o montaña : 10.0 m a cada lado del eje.

Mayor ancho (variable) : 5.0 m más allá del borde de los cortes ó pie de los terraplenes a realizar; mínimo 20 m. en zonas de propiedad privada y 50 m.si es de propiedad Fiscal. (Normas Peruanas de Carreteras).

#### 4.2.4 Velocidad Directriz.

La velocidad directriz, según las Normas, para una camino vecinal CV-3 en Topografía Accidentada varía entre 20 - 30 Km/h, adoptándose para nuestro caso, por las características topográficas del camino, la Velocidad Directriz  $V_d=30$  Km/h, la misma que será reducida en un 15 % en las curvas de volteo a 20 Km/h, la que nos permite de

este modo calcular el radio mínimo a emplear.

#### 4.2.5 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, a fin de no inflar el presupuesto.

Tomando como ejemplo el PI-04 ubicada en la progresiva Km 0 + 168.100 del plano Planta y Perfil (PP-01) con un R3= 139.80m. El estacado del eje en campo se ha realizado cada 20 m en tangentes, 10 m en curvas y 5 m en curvas de volteo, materializados con estacas de madera cinteadas con plástico de color rojo y las de PI con un clavo al centro cinteadas con plástico de color celeste. Los indicadores cada 20 m y kilométricos son con plumón indeleble en las cintas plásticas con letras negras en fondo rojo.

Adicionalmente se han ubicado progresivas en las obras de arte y/o drenaje a proyectar y las existentes, 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. (Ver desarrollo en Anexos Alineamiento Horizontal).

#### 4.2.6 Radio Mínimo.

Según las Normas para el Diseño de Caminos Vecinales el radio mínimo está en función de la velocidad directriz (Vd), del peralte (p) y del coeficiente de fricción lateral (f), de

acuerdo a la siguiente fórmula:

$$R = \frac{Vd^2}{128(p + f)}$$

Datos: Vd = 25 Km/h,

p = 6% (valor asumido)

f = 0.28 (Tabla VIII 2.3.2 de Normas para el Diseño de Caminos Vecinales)

Reemplazando los valores tenemos un radio mínimo  $R_{mín} = 14.00$  m. En curvas de volteo de radios reducidos será reducida la velocidad en un 15% (20 Km/h) obteniéndose un radio mínimo excepcional  $R_{mín. excep} = 10.00$  m para el tipo de vehículos que

circularán en mayor volumen por el camino (Vehículo ligero).

#### **4.2.7 Alineamiento Vertical**

La rasante del camino se ha diseñado, tratando de pegarse al máximo al perfil longitudinal existente para lo cual se ha considerado una longitud mínima de cambio de pendiente de 25 m, enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia de pendientes de dos tramos consecutivos sea mayor o igual a 2%.

La nivelación ha sido de precisión 0.01 metros por cada kilómetro, nivelándose todas las estacas del eje, así como 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 fija y otros monumentados mediante hitos de concreto, con un fierro corrugado en el centro; pintados con pintura naranja y fondo blanco y referenciado a estacas del eje.

##### **4.2.7.1. Pendientes.**

Las pendientes de diseño se han adaptado en lo posible a la rasante existente del camino, alcanzando pendientes mayores a la máxima establecida en las Normas (8% para una carretera de 3ra Clase, CV-3, debajo de los 3000 m.s.n.m.) para evitar costos excesivos de corte o relleno y restricciones en el terreno como la presencia de viviendas aledañas al camino existente. Obteniéndose de este modo pendientes máximas en el orden del 12% y la pendiente mínima adoptada es de 0.5%. Según la Normas para el Diseño de Caminos Vecinales.

##### **4.2.7.2 Curvas Verticales.**

Para nuestro caso, Camino Vecinal CV-3, 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 25 m, para curvas cóncavas y convexas, con el propósito de adecuarse al máximo al perfil vertical existente. (Ver desarrollo en Anexos Alineamiento Vertical y Planos de planta y perfil).

#### **4.2.8 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.

#### **4.2.8.1 Calzada**

Estarán conformados por la superficie de rodadura, más los sobre anchos en curvas y excedentes de la plataforma existente.

#### **4.2.8.2 Superficie de Rodadura.**

En concordancia a los Términos de Referencia para un Camino de Tránsito Intermedio en que recomienda un ancho de 3.50 a 6.0 ml. se ha adoptado un ancho promedio de 4.00 manteniendo en lo posible el ancho actual del camino

#### **4.2.8.3 Bermas.**

Por restricciones de realizar mayor movimiento de tierras se ha considerado el uso de bermas de 0.50m a cada lado.

#### **4.2.8.4 Bombeo.**

El bombeo transversal de la superficie de rodadura será 2% en concordancia a los Términos de Referencia y a las Normas para el Diseño de Caminos Vecinales y de 3% en bermas.

#### **4.2.8.5 Peralte.**

Todas las curvas horizontales deberán ser peraltadas teniendo un valor máximo de 6% para las curvas de volteo de radio de 10m.

Sus valores se muestran en los planos de planta y perfiles.

#### **4.2.8.6 Transición de Peralte.**

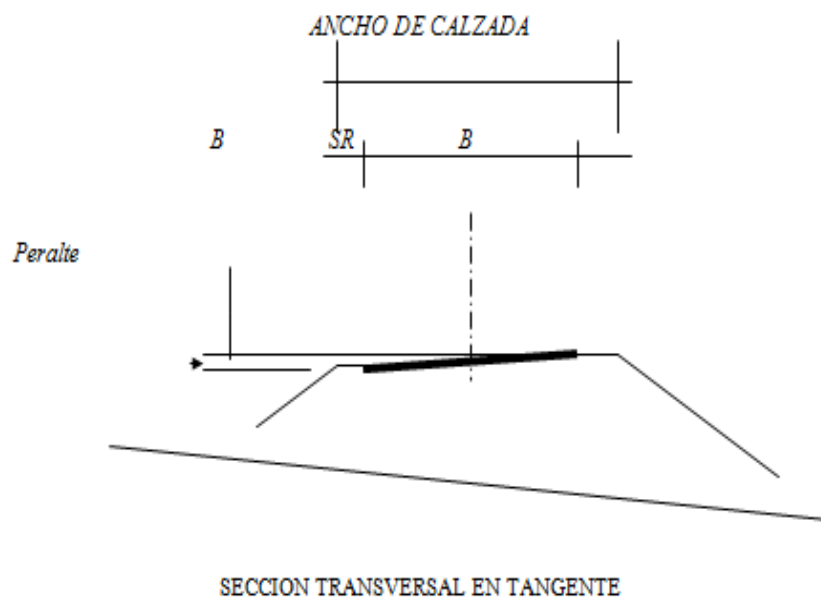
Será colocada en obra, la mitad de la longitud de transición será fuera de la curva y la otra mitad dentro de ella.

#### **4.2.8.7 Peralte de Bermas.**

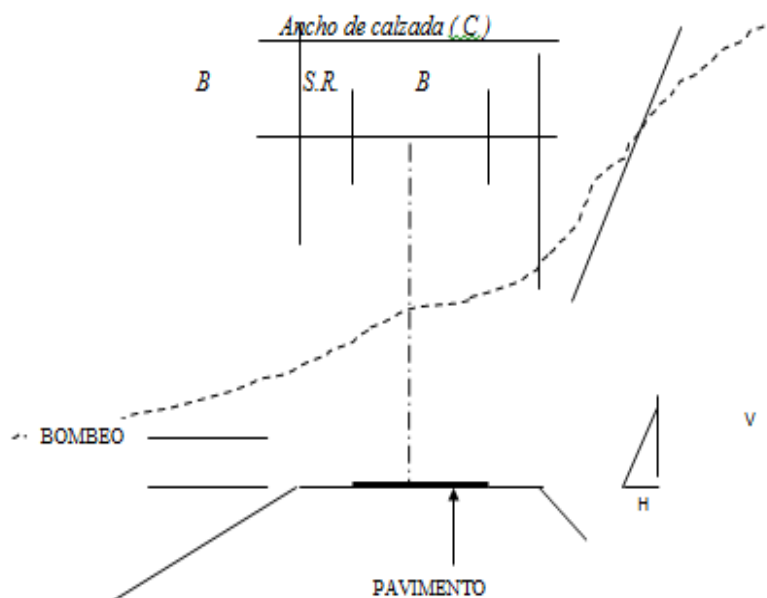
Si se ha considerado bermas y por tanto el excedente de la plataforma de la parte interior

de la curva seguirá el peralte de la superficie de rodadura. y la parte exterior de la curva mantendrá una inclinación de 1% en sentido contrario al peralte de la curva.

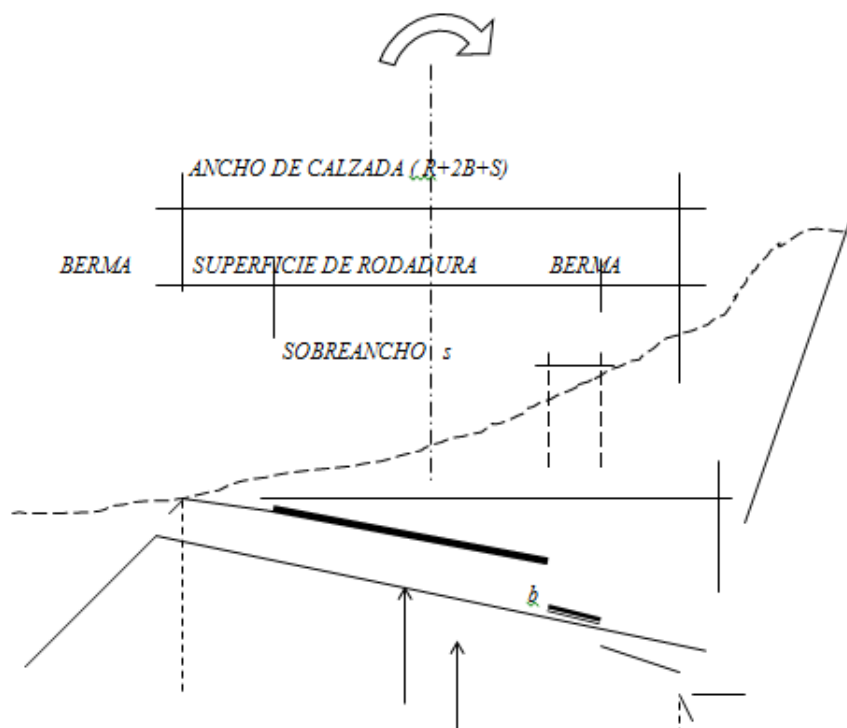
### Sección transversal típica en terraplen y en curva



### Sección transversal en tangente



### Sección transversal en curva



Superficie de Rodadura

4.00 m

Calzada

4.00 m + bermas + Sobre anchos

#### 4.2.8.8 Taludes.

En el proyecto no se presentan taludes de corte potencialmente inestables, considerándose en consecuencia para su conformación los valores indicados en la tabla (Ver secciones transversales):

#### Taludes de corte

Clase de terreno	Talud V:H
Roca Fija	10:01
<b>Conglomerado</b>	<b>03:01</b>
Material suelto	01:01

#### Taludes de relleno

En el proyecto se conformarán taludes de relleno que siguiendo las recomendaciones de la siguiente tabla (Ver secciones transversales):

## Taludes de relleno

<i>Clase de terreno</i>	<i>Talud V:H</i>
<i>Enrocado</i>	<i>1 : 1</i>
<i>Terrenos Varios</i>	<i>01:01.5</i>

### 4.2.8.9 Banquetas de Visibilidad.

No se ha considerado banquetas de visibilidad, por tratarse de un camino vecinal de un solo carril de ancho de superficie de rodadura menor a 5.50m en concordancia con las Normas para el Diseño de Caminos Vecinales.

### 4.2.9 Trabajos de campo

El trabajo se llevó a cabo en armonía a lo establecido en las Normas Peruanas. Los ángulos de deflexión de los puntos de intersección se han medido por reiteración con aproximación al segundo, con una Estación Total Marca SOKKIA Modelo SET3, las curvas horizontales se han replanteado por el método de deflexiones y los puntos principales de éstas han sido señalados con estacas de madera y clavos pintados de color rojo, de éstos mismos puntos se ejecutó el seccionamiento transversal con ancho de 10 m a ambos lados del eje.

Se ha ejecutado la nivelación longitudinal del eje cada 20 metros en tangentes y cada 10 metros en curvas, o menos en puntos de cambio del relieve del terreno, los que han sido indicados y señalados con estacas de madera y pintados de color rojo.

Con nivelación cerrada del eje se colocaron Bench Mark cada 500 metros, monumentados con hitos de concreto con una varilla de acero corrugado colocado en el centro, siendo la parte superior de estas varillas el nivel de cotas.

### 4.2.10 Dibujo de la planta

Con los datos de orientación con respecto al Norte, se han dibujado la planta a la escala 1:2000, con curvas a nivel a intervalos de 1 metro en una faja de 10 metros a cada lado del eje.

En éste dibujo se han reflejado los detalles más importantes existentes, cruce de poblados, ubicación de alcantarillas y badenes. Así mismo, se incluye los datos geométricos del eje



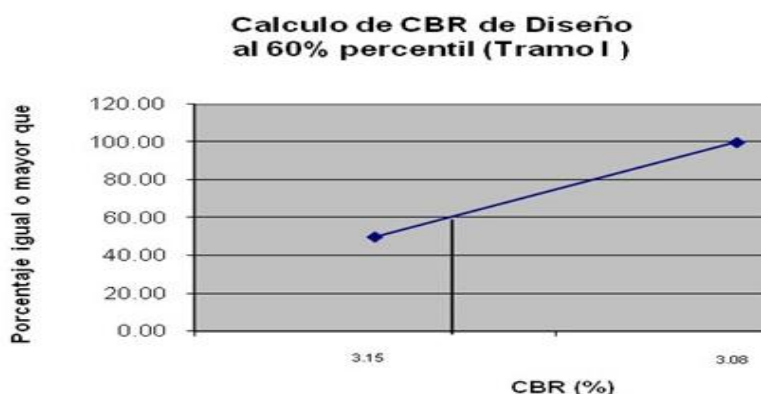
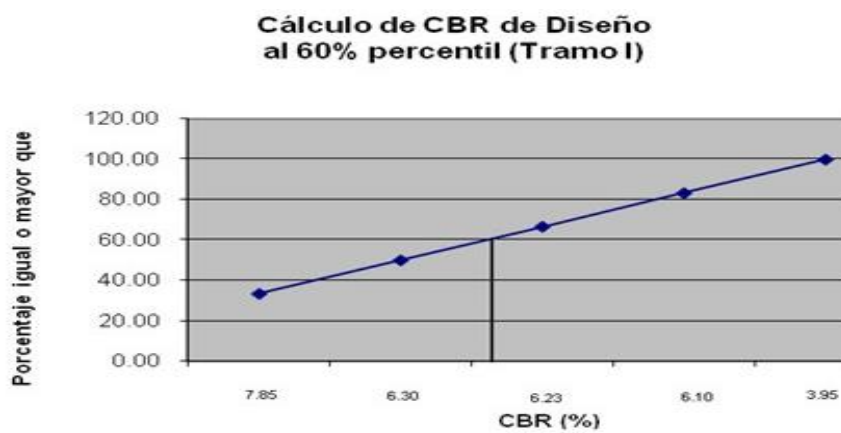
definitivo, progresivas y elementos de las curvas.

### 4.3 Diseño de Pavimento

#### 4.3.1 Determinación del CBR de Diseño

Para tal efecto, se ha empleado la metodología recomendada por el MTC para diseño de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito, habiéndose identificado y agrupado tramos homogéneos con longitudes mínimas de 1.50Kms, determinando su CBR de diseño de cada tramo de manera siguiente:

Si el sector homogéneo presenta un Número de Repeticiones de EE 8.2Tn, menor de  $1 \times 10^5$ : el CBR de diseño será aquel que represente el percentil 60% de los valores de CBR. Si el sector homogéneo presenta un Número de Repeticiones de EE 8.2Tn, entre de  $1 \times 10^5$  y  $1 \times 10^6$ : el CBR de diseño será aquel que represente al percentil 75% de los valores de CBR.



#### 4.2.1 Determinación del Espesor del Pavimento

Para la determinación del espesor del pavimento a nivel de afirmado se ha empleado para el Método NAASRA el catálogo de secciones de pavimentos, el mismo que ha sido

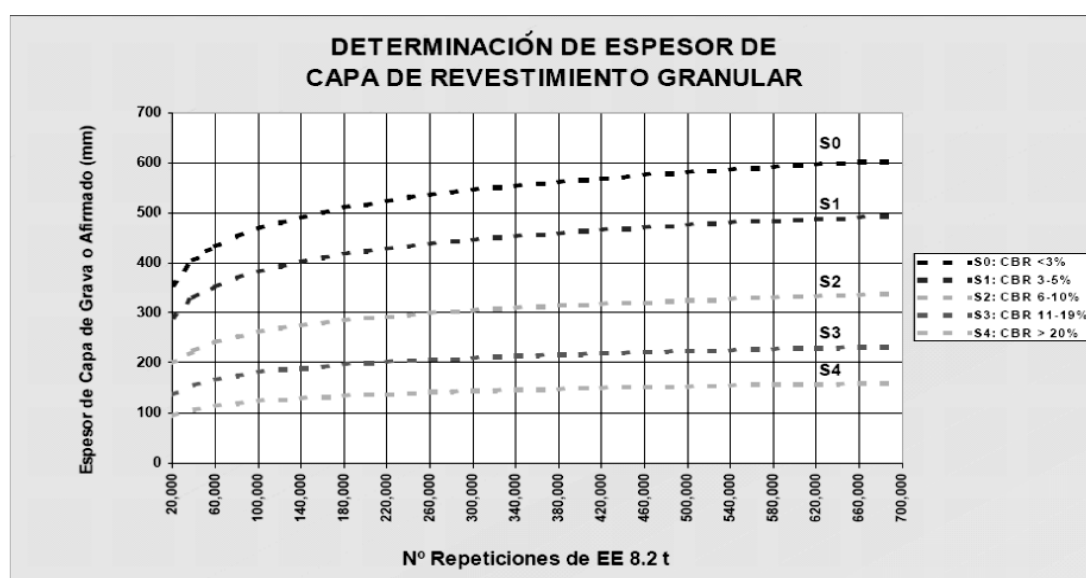
elaborados en función de cada tipo de tráfico y del valor soporte de la subrasante.

### Método NAASRA

Con el EAL8.2 TON =  $1.60 \times 10^4$  repeticiones se ha clasificado al tráfico como clase T0 ( $< 3.2 \times 10^4$ ), así mismo se ha determinado la subrasante de los diferentes tramos de la vía como de tipo S2 (Sub rasante regular) con valores de CBR comprendidos entre 6% a 10%, parámetro con el cual valiéndonos del catálogo de estructuras de superficie de rodadura elaborado por el MTC, se ha establecido el espesor del pavimento en 15 cm., según siguiente detalle:

Tabla 45

*Elaboración en base a la ecuación de diseño del método NAASRA*



Fuente: Elaboración propia

Tomando en consideración lo expuesto, se recomienda conformar la estructura del pavimento de un espesor de 15 cm en toda la vía.

### 4.3 Características Técnicas del Camino Vecinal Mejorado

En concordancia con las metas propuestas en el estudio de Pre Inversión y el Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito, el camino vecinal tendrá las siguientes características técnicas.

Las principales características del diseño geométrico, que se detallan en los planos respectivos, se pueden establecer en:

Tabla 45

*Características del Diseño Geométrico*

Número de vías	:	01	
Velocidad directriz	:	30	Km/h
Radio mínimo excepcional	1	:	15.00 m.
Radio mínimo normal	:	25.00	m.
Pendiente mínima en corte	:	0.50	%
Pendiente máxima	:	12.00	%
Superficie de rodadura	:	4.00	m.
Bermas a cada extremo	:	0.50	m.
Bombeo de la calzada	:	2.00	%
Sobre anchos	:	0.30-2.10 m. (según radio)	
Peralte mínimo	:	2.00	%
Peralte máximo	:	14.00	%
Cunetas	:	0.75x0.30	m.
Taludes de relleno	:	1:1.5	V:H
Taludes de corte	:	3:1	V:H
Pavimento(Afirmado)	:	0.15	m.

**4.4 Hidrología y Drenaje****4.4.1 Introducción.**

El estudio hidrológico, tiene por objeto determinar el potencial hídrico regulable de la micro cuenca ALAO; así como determinar los caudales máximos que nos permitan diseñar las estructuras de alivio y todo el planeamiento hidráulico dentro de una cuenca.

La falta y/o deficiencia de los sistemas de drenaje trae consigo el deterioro y destrucción parcial o total de las obras a muy corto plazo, incrementándose, en consecuencia los costos por reposición y/o mantenimiento de los proyectos.

La infiltración del agua, en la zona alta, satura el talud en corte desestabilizándolo y provocando grandes deslizamientos de masas de suelo. El problema se agrava por ausencia de drenes de coronación y por falta de un minucioso estudio de estabilidad de taludes

El drenaje lateral y transversal de las carreteras permite controlar la erosión y socavamiento, garantizando la vida económica prevista en el proyecto. La rápida evacuación del agua proveniente de la propia vía y de zonas aledañas permite proteger las diferentes estructuras frente a posibles daños por erosión y socavamientos.

La modificación o alteración de los cauces naturales debido a la presencia de estructuras de cruce de vías (Alcantarillas, pontones, badenes), pueden causar serias distorsiones en el patrón de flujos, provocando erosión en profundidad o sedimentaciones que podrían hacer peligrar la estabilidad de tales estructuras y/o provocar inundaciones en zonas aledañas

El éxito o fracaso de los proyectos de carreteras, en zonas de montañas con alta pluviosidad depende, en gran medida, de la eficacia de los sistemas de drenaje. Las grandes pérdidas ocasionadas en el sistema vial del Norte Peruano, por ejemplo, durante los últimos fenómenos de “El Niño”, se debieron precisamente a la falta y/o deficiencia de la capacidad vertedora de los sistemas de drenaje.

El drenaje transversal mediante alcantarillas aliviaderas mal ubicadas dañan frecuentemente terrenos agrícolas y afectan seriamente el paisaje.

El camino vecinal Nauta Nuevo Arica está ubicada íntegramente en la cuenca del río Sisa, en una zona de mediana pluviosidad, con un periodo de persistentes e intensas precipitaciones entre los meses de Enero a Marzo, alcanzándose módulos pluviométricos de precipitación de hasta 273.94 mm/año precipitación máximo, de la estación ALAO. Sin embargo, los tramos superiores tienen áreas renovables hacia la vía relativamente pequeñas con cobertura vegetal densa, lo cual determinará que el gasto específico de escorrentía directa sea lo suficientemente moderado.

#### **4.4.2 Objetivos.**

El propósito del presente trabajo es evaluar el comportamiento del sistema hidrológico de la zona, donde se ubica el camino vecinal, a fin de prever un sistema de drenaje adecuado, cuyo planteamiento geométrico general y diseño hidráulico, garanticen: duración, economía, funcionalidad y mínimo impacto ambiental negativo del sistema de drenaje

proyectado.

Son objetivos del estudio hidrológico:

Predicción de los probables gastos instantáneos de escorrentía directa para un diseño óptimo de las diferentes estructuras componentes del Proyecto: cunetas, alcantarillas, badenes.

Estimar la capacidad de degradación de la cuenca receptora - colectora, a fin de prever el control de la erosión y sedimentación en las diversas estructuras del proyecto, garantizando una máxima protección de las estructuras y minimizando el Impacto Ambiental negativo.

Dotar de un sistema de drenaje eficiente, a fin de garantizar la vida económica del Proyecto, con mínimos costos de mantenimiento.

#### **4.4.3 Justificación.**

Los proyectos de drenaje de carreteras ubicados en zonas de alta montaña tienen la particularidad de poseer, generalmente, pequeñas áreas colectoras y, por tanto, pequeños tiempos de concentración. Esta característica determina que la información hidrológica más adecuada consista en un análisis de tormentas sobre bandas provenientes de pluviómetros registradores o pluviógrafos.

Siendo el drenaje un sistema de protección, contra efectos destructivos del agua, es de imperiosa necesidad que los sistemas viales en zonas montañosas de alta pluviosidad tengan una concepción estratégica que, a la par de garantizar la vida económica del proyecto, minimicen los costos de mantenimiento y los efectos de impacto ambiental negativo del sistema de drenaje.

#### **4.4.4 Metodología.**

A fin de tener conocimiento cabal de la zona y contar con los fundamentos básicos para el estudio hidráulico y estructural del proyecto, se han considerado las siguientes fases o etapas:

- a) Inventario, diagnóstico, análisis y síntesis del sistema hidrológico e infraestructura de drenaje del área de influencia del proyecto.
- b) Recopilación de información hidrometeorológica y cartográfica, acorde con los objetivos del proyecto.

- c) Tratamiento, análisis y síntesis de la información recopilada, así como la obtención de los gastos de diseño.
- d) Planteamiento geométrico y diseño hidráulico de las estructuras componentes del sistema de drenaje.

#### **4.5.4.1 Diagnostico e Inventario.**

En lo referente a infraestructura de drenaje actual, en general, tanto cunetas como alcantarillas, presentan serios inconvenientes en su capacidad vertedora que no está permitiendo su funcionamiento.

Toda esta problemática de las alcantarillas, hace que en la actualidad, presentan deficiente funcionamiento del camino vecinal. El problema es aún más complicado, al observar que no existe mantenimiento alguno.

En cuanto a las cunetas, prácticamente no existen o si existieron alguna vez, al no tener mantenimiento han terminado totalmente colmatadas. Consecuentemente, la vía se convierte en elemento de intercepción y conducción de flujos de escorrentía y por lo tanto sometida a procesos erosivos intensos.

Frente a la situación del sistema de drenaje, antes descrita, el sistema proyectado estará constituido por alcantarillas aliviaderos bien ubicadas y de dimensiones y capacidad suficientes como para permitir un eficiente drenaje transversal. Lo cual implica obviamente que las alcantarillas existentes mal ubicadas tendrán que ser reubicadas.

Los taludes de las cunetas y de los cortes en ladera se construirán, como mínimo, con el ángulo de reposo del material saturado con lo cual se asegura la estabilidad de los mismos.

#### **4.5.4.2 Información Hidrometeorológica y Cartográfica.**

##### **A. Información climática general**

De acuerdo al análisis regional de variables climatológicas de la zona, es posible describir las características de variabilidad espacial y temporal de los componentes climatológicos promedio en la zona del proyecto, teniendo en cuenta de que la altitud media del área drenable en estudio es de 420.00 m.s.n.m.

##### **Pluviosidad.**

La información pluviométrica de la Estación de ALAO ha sido completada mediante

Regresión Lineal Simple, por el método de los Mínimos Cuadrados previa verificación mediante la prueba “T” del coeficiente de Correlación Lineal. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro

Generalmente para un mismo año las mayores láminas de precipitación tienen lugar en el periodo húmedo: en cambio las mínimas se registran en el periodo de estiaje. Sin embargo las tormentas de mayores láminas precipitadas, no siempre generan las mayores intensidades, puesto que son éstas últimas, las que generan grandes volúmenes de escorrentía directa, los que hay que evacuar rápidamente a través de los sistemas de drenaje superficial.

### **Temperatura**

En cuanto al régimen térmico se puede inferir que, para la misma localidad, los promedios mensuales se mantienen casi estacionarios durante el año y de un año a otro, con una desviación típica que puede considerarse pequeña y despreciable.

Se estima que la temperatura promedio anual, en la zona del proyecto, es de 24 °C, aproximadamente. Alcanzando temperaturas mínimas de hasta 21°C.

## **B. Información climática específica**

### **Recopilación de información.**

Información Hidrometeorológica. Dada la reducida área receptora - colectora de las aguas pluviales, hacia el tramo de carretera en estudio, la información más adecuada debe consistir en intensidades máximas de precipitación. Sin embargo, esta información, registrada en Pluviógrafos, es muy escasa, requiriéndose entonces de metodologías adecuadas que permitan la transposición de información desde localidades o regiones de condiciones climáticas similares, partiendo para ello de variables regionales y de parámetros geomorfológicos más representativos o de mayor incidencia.

Tabla 46A:

#### *Estaciones climatológicas*

ESTACIÓN :		"ALAO"		
Latitud	Longitud	Distrito	Provincia	Departamento
06° 31' 8"	76° 43' 08"	SAN MARTIN	EL DORADO	SAN MARTIN

Fuente: Elaboración Propia

Se adjunta información pluviométrica (m.m), periodo 2000-2014. Solicitada al SENAMHI.

### Pluviometría e intensidades máximas de precipitación.

La información Pluviométrica de la Estación ALAO ha sido completada mediante regresión simple, por el Método de los Mínimos Cuadrados, previa verificación mediante La Prueba “T” del coeficiente de Correlación Lineal.

Tabla N° 46B:

### Pluviometría de la estación Alao.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MAX	PROMEDIO
2000	40.8	49.6	48.2	44.3	23.7	15.2	22.1	54.1	39.5	30.3	12.1	48.8	428.7	54.1	35.73
2001	10.5	34.1	39.9	37.5	41.1	27.6	20.8	24.5	66.4	32.2	44.3	52.7	431.6	66.4	35.97
2002	29.5	15.7	38.6	26.3	45.7	8.2	20.0	16.4	10.9	22.4	35.0	10.2	278.9	45.7	23.24
2003	31.3	33.9	51.3	8.8	67.9	32.7	16.7	47.4	43.2	46.4	15.3	34.8	429.7	67.9	35.81
2004	10.6	49.4	19.1	35.5	37.4	9.8	41.4	18.1	30.3	33.6	30.1	25.3	340.6	49.4	28.38
2005	15.8	32.0	31.2	20.2	47.1	18.6	23.5	11.8	17.9	31.8	73.9	50.6	374.4	73.9	31.20
2006	37.1	20.8	36.4	21.5	19.8	16.6	29.4	21.7	20.5	47.3	17.0	26.5	314.6	47.3	26.22
2007	29.1	8.2	27.7	26.0	18.2	11.9	42.8	28.8	40.7	50.5	39.2	31.9	355	50.5	29.58
2008	23.9	37.1	31.2	25.9	17.2	33.3	13.5	27.9	28.6	22.1	39.4	47.5	347.6	47.5	28.97
2009	48.5	28.9	27.4	26.2	36.3	33.8	20.8	18.8	22.5	30.6	15.6	35.0	344.4	48.5	28.70
2010	12.9	60.9	25.3	43.2	25.7	19.3	42.1	6.3	35.2	37.6	25.8	18.4	339.8	60.9	28.32
2011	25.7	20.9	120.9	21.9	38.6	13.7	19.4	18.6	13.2	48.2	22.2	28.4	391.7	120.9	32.64
2012	29.0	34.1	56.7	31.2	19.6	26.5	6.2	6.0	62.6	55.3	36.5	29.2	392.9	62.6	32.74
2013	36.6	37.7	83.6	20.0	36.7	12.5	18.4	29.6	30.8	24.4	36.6	23.3	390.2	83.6	32.52
2014	33.2	37.7	29.7	32.7	17.2	29.2	23.1	17.1	11.5	45.6	84.5	100.5	462.0	100.5	38.50

Fuente: Elaboración propia

Las Intensidades Máximas de la Estación Pluviométrica ALAO, se ajustaron al Modelo Probabilístico de Variable, Aplicando Gumbel se obtiene:

La Intensidad Máxima Obtenida se encuentra detalla en los Anexos (Calculo Hidráulico).



$i = 114.59$	$mm/h$
--------------	--------

#### 4.4.5 Hidrología del Sistema de Drenaje

La hidrología del drenaje de carreteras comprende el sistema interceptor de flujos laterales (cunetas revestidas de  $^{\circ}C$ ) y el sistema transversal (alcantarillas y badenes). En este caso, el sistema de drenaje transversal estará conformado por alcantarillas, en cambio el drenaje lateral estará constituido por cunetas en terreno suelto.

##### 4.5.5.1 Intensidades de Diseño

Teniendo en cuenta la categoría del camino, la seguridad y la economía del proyecto, las intensidades máximas de diseño, para el tramo en consideración, se seleccionan de acuerdo a las condiciones y criterios siguientes:

De la Tabla N° 47 y N° 48, seleccionamos el evento de diseño de 20 años de tiempo de retorno, en un periodo de 10 años consecutivos. Luego, considerando el tiempo de concentración de cada área colectora, se concluye que las intensidades máximas de diseño son las mismas mostradas en los Cuadros anteriores.

Tabla 47:

*Intensidades máximas de diseño para cunetas*

<i>Descripción</i>	<i>Área (Ha)</i>	<i>Per. (Km)</i>	<i>Tc (min)</i>	<i>Intensidad de Diseño(mm/h)</i>
<b>CUNETAS</b>	<b>0.51</b>	<b>0.342</b>	<b>35</b>	<b>114.59</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48:

*Intensidades máximas de diseño para alcantarillas*

<i>Descripción</i>	<i>Área (Ha)</i>	<i>Per. (Km)</i>	<i>Tc (min)</i>	<i>Intensidad de Diseño(mm/h)</i>
<b>CUNETAS</b>	<b>4.57</b>	<b>0.342</b>	<b>35</b>	<b>114.59</b>

Fuente: Elaboración propia

##### 4.5.5.2 Máxima Escorrentía Directa

Según características topográficas del área colectora, cobertura vegetal y almacenamiento transitorio, el coeficiente de escorrentía directa ponderado se estima en 0.30 para todas las

micro cuencas estudiadas.

El gasto máximo de escorrentía directa fue estimado mediante el Método Racional:

$$Q_{MAX} = \frac{CIA}{360} \dots\dots\dots(5)$$

- Q Max = Gasto máximo de escorrentía directa, m3/s.  
 I = Intensidad máxima de diseño, mm/h  
 A = Área colectora, Ha  
 C = Coeficiente de escorrentía directa.

Mediante la aplicación de la ecuación (5), teniendo en cuenta además las longitudes de los elementos interceptores de flujo, se obtienen los gastos de escorrentía máximos que se aprecian en los Cuadros anteriores mostrados. (Los Cálculos de escorrentía se muestran con detalles en los Anexos de Cálculo Hidráulico).

#### 4.4.6 Hidráulica del Drenaje Superficial

Uno de los aspectos más importantes en la hidráulica del drenaje transversal (alcantarillas y badenes) es, sin lugar a dudas, la modificación que puede sufrir la sección transversal del cauce, debido a la presencia de las estructuras de paso, tanto en su geometría como en sus dimensiones transversales. Es de hacer hincapié que, en lo posible la sección transversal del cauce no debe ser alterada, sobre todo en sus dimensiones naturales, pues los ensanchamientos o estrechamientos modifican completamente el patrón de flujo, cuya distorsión provoca sedimentación o erosión localizadas y por lo tanto, daños debido a inundaciones o por socavamientos que puede poner en riesgo la estabilidad de las estructuras.

El cálculo hidráulico del sistema de drenaje (Ver Anexos Calculo Hidráulico), por gravedad, se realiza mediante la ecuación de Maning:

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(7)$$

- Q = Gasto de conducción, m3/s  
 A = Área hidráulica, m2

R	=	Radio hidráulico, m
S	=	Gradiente hidráulica
n	=	Rugosidad de Maning

#### **4.5.6.1 Hidráulica de Cunetas**

Las cunetas se han diseñado con un ángulo de reposo de taludes muy superior al ángulo de reposo del material en estado saturado, sin revestimiento, con caudales equivalentes, por seguridad, al 60% del flujo drenable total; puesto que el 40% de la escorrentía lo constituye el flujo concentrado en depresiones o cauces establecidos. Se considerarán cunetas revestidas en suelos erosivos o rellenos.

Teniendo en cuenta la topografía y relieve del terreno, la longitud máxima de las cunetas ha sido fijada en 342 m, en promedio. Con este valor, el gasto específico determinado en el Cuadro N° 8.00, asumiendo el criterio de concentración de flujos señalado en el párrafo anterior, se obtiene un gasto de diseño de 200 Lts/s, aproximadamente. (Ver Anexos Cálculo Hidráulico).

#### **4.5.6.2 Hidráulica de Alcantarillas**

La geometría de la sección transversal de las alcantarillas será de la forma circular.

##### **a. Alcantarillas ubicadas en depresiones o cauces establecidos**

Este tipo de alcantarillas, se proyectará con capacidad para evacuar rápidamente las descargas máximas concentradas en cada depresión correspondiente, más el gasto de entrega de la cuneta o de las cunetas cuando exista contrapendiente con confluencia en la misma depresión.

Todas las alcantarillas serán del tipo de concreto (Coeficiente de Maning 0.020) debido a que en la zona no se dispone de agregados de buena calidad para la preparación del concreto. La capacidad vertedora de estas alcantarillas será tal, que permita evacuar el gasto líquido máximo obtenido en el estudio hidrológico. (Ver Anexos Cálculo Hidráulico).

##### **b. Alcantarillas ubicadas en puntos sin cursos establecidos**

Estas alcantarillas son indispensables en todos los casos en que, por la considerable longitud del tramo o razón de pendientes, no es posible que las cunetas entreguen las aguas hacia los cauces naturales.

Este tipo de alcantarillas se diseñarán con el gasto de descarga de la cuneta del tramo de influencia, utilizando los mismos criterios que para el tipo de alcantarilla descrita en el párrafo anterior

#### **4.4.7 Impacto Ambiental del Drenaje.**

Resulta irónico en esta época que, el Ingeniero de Caminos aún no entienda que su obra tiene repercusión negativa en la ecología y el paisaje, aun cuando tenga impacto positivo en el orden social y económico. El problema se agrava si se tiene en cuenta que en el Perú la Evaluación del Impacto Ambiental no tiene todavía el marco legislativo - administrativo específico que permita prever, corregir y valorar los impactos que sobre el entorno puede producir un proyecto determinado.

La lista orientativa de posibles impactos se puede analizar en dos etapas: Fase de construcción y fase de operación.

##### **4.5.7.1 Impacto en la Fase de Construcción.**

Impacto por erosión y pérdida de suelo, desestabilización de taludes, destrucción de vegetación, valores paisajísticos. El problema es aún más acentuado cuando tienen que realizarse cortes en laderas de fuertes pendientes, como es el caso del presente proyecto. Es necesario que en el estudio se tenga en cuenta los lugares propicios para botaderos del desmonte que resulte excedente.

##### **4.5.7.2 Impacto en la Fase de Operación**

Impacto debido a erosiones de la escorrentía directa por falta o deficiencias en los sistemas de drenaje superficial y falta o deficiencias en la estabilización de taludes en las zonas de cortes. Los problemas de erosión más frecuentes se deben a las incorrectas entregas de los sistemas colectores laterales (canales de coronación, cunetas) a los cauces naturales y más aún cuando estas entregas no se hacen a dichos cursos sino a otras áreas vulnerables a la erosión, dando origen a socavamientos y cárcavas que van progresando con el tiempo. Los drenes transversales o alcantarillas mal planteadas también causan los mismos problemas erosivos que los laterales, con consecuencias aún más graves. La falta de inclinación de la banquetta hacia el talud con pendiente positiva (hacia la cuneta) en las zonas de corte puede provocar daños erosivos por escorrentía en el otro talud de pendiente negativa y aguas abajo.

Los taludes de las zonas de corte, cuando no se les ha dado cuanto menos el ángulo de

reposo del material en estado saturado, sufren derrumbes o desprendimientos de grandes masas de suelo, aumentando los problemas erosivos y los costos de mantenimiento de la vía.

El Impacto Ambiental se basa en el diseño de matrices de impactos versus factores ambientales afectados, que será objeto de una valoración cuantitativa y/o cualitativa, cuyo resultado será una valoración global del impacto del proyecto sobre el medio. Con esta base, luego se plantean las medidas correctivas para la eliminación o minimización de las alteraciones o impactos.

#### **4.5 Obras de Arte.**

Se denominan obras de arte a las diferentes estructuras que hay que diseñar para una buena funcionabilidad de la obra puntualizadas en proteger la plataforma del camino y su drenaje, eligiéndose para nuestro caso la relación de estructuras siguientes: Alcantarillas de concreto armado  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, Badenes de concreto armado  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, Cunetas con emboquillado de piedra y Cunetas en terreno natural.

##### **4.5.1 Alcantarillas de C°A°.**

Se ha optado en el drenaje transversal, el empleo de seis (06) alcantarillas de C°A° rectangulares a lo largo del camino tanto en cauces naturales y aliviaderas de cunetas; con sus respectivos cabezales de concreto C°A°  $f'c= 175$  kg/cm<sup>2</sup>. Se ha optado por este tipo de alcantarillas y no por las de TMC en la razón de que se cuenta en la zona con suficientes bancos de agregados; teniendo éstas alcantarillas ciertas ventajas. (Ver planos de detalles). Se adjunta Diseño de Relación de Alcantarillas. (Ver Anexos diseño de estructuras de obras de arte).

##### **4.5.2 Badenes de C°A°.**

Se ha optado en el drenaje transversal, el empleo de catorce (14) Badenes de C°A°  $f'c= 175$  kg/cm<sup>2</sup> rectangulares a lo largo del camino tanto en cauces naturales y aliviaderas de cunetas. Se ha optado por este tipo de obra de arte en la razón de que se cuenta en la zona con suficientes bancos de agregados; teniendo éstas alcantarillas ciertas ventajas. (Ver planos de detalles). Se adjunta Diseño de Relación de Badenes. (Ver Anexos diseño de estructuras de obras de arte).

##### **4.5.3 Conformación de Cunetas**

Se conformarán cunetas en pie de los taludes de corte y a lo largo del camino, de sección

triangular 0.75 x 0.30 m., tanto de Concreto así como en terreno natural (Ver detalle en los planos)

#### **4.6 Ubicación de Canteras**

La zona de estudio no cuenta con una cantera que cumpla individualmente los requisitos para conformación de la capa de afirmado de tal manera que se tomara de la cantera Peruate ubicado en la localidad del mismo nombre, para llegar a esta cantera se tomara la vía que desde la localidad de Nauta luego la vía sisa - bellavista, hasta la localidad de Consuelo tomando desde esta localidad por la vía asfaltada, tramo consuelo – bellavista, a 18km. Se encuentra la localidad de Peruate (Km 55+540 lado Izquierdo tramo Sisa – Bellavista), la cantera tiene un acceso de 1,200 m. (ver en Anexos Estudio de Suelo).

#### **4.7 Fuentes de Agua**

Se determinó las fuentes de agua y distancias a la obra, así mismo se tuvo en cuenta el tipo de fuente, calidad de agua y disponibilidad y variación estacional. En la época en que se realizó el estudio se encontraron varios puntos de agua, pero solo se tomaran los de mayor caudal y los que no afecte a las poblaciones cercanas, durante la etapa de ejecución del proyecto.

#### **4.8 Botadero**

Se ha ubicado el botadero, en la progresiva Km. 0+396 en el tramo Nauta – Nuevo Arica donde existen zonas de depresión, que en coordinación con el dueño de dicho terreno, permitirá acumular material de relleno (desmonte) en su propiedad.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 5.1 Análisis de Resultados

Las conclusiones de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos llevados a cabo en la investigación constituyen una parte de suma importancia.

##### 5.1.1 Ensayos Preliminares

Se realizaron ensayos previos y mínimos de diseño geométrico, Los radios se han adoptado en función a la velocidad directriz y las condiciones topográficas del terreno, siendo necesario adoptar radios con longitudes iguales al mínimo excepcional.

La velocidad adoptada para la elaboración de la presente propuesta, es de 30 Km/h. La cual satisfacer a las necesidades del tráfico y se adopta al tipo de relieve del terreno de la zona.

La pendiente máxima está dentro del rango permisible y la mínima se adoptó debido a que el drenaje en estos tramos está garantizado.

La sección transversal corresponde al ancho mínimo, en la cual está incluida la superficie de rodadura, las bermas y el sobre ancho en las curvas.

La sección transversal corresponde al ancho mínimo, en la cual está incluida la superficie de rodadura, las bermas y el sobre ancho en las curvas.

La pendiente máxima está dentro del rango permisible y la mínima se adoptó debido a que el drenaje en estos tramos está garantizado.

##### 5.1.2 Análisis Topográfico

El estudio topográfico a través de los planos de planta y perfil, resaltan radios excepcionales a lo largo del trazo del camino vecinal, condición que en este caso no se ajusta a lo establecido a los reglamentos, y están condicionado a las colindancias de predios y la renuencia de algunos moradores a ceder los derechos de vía, más los cambios significativos se darán en los tramos donde se harán trabajos de mejoramiento. El Manual de Diseño de Caminos no Pavimentados de Volumen de Tránsito-2005 Lima, (pp 44), recomienda que los radios mínimos permitidos para caminos vecinales cuya velocidad

directriz es de 20Km/h, como es el caso del presente estudio, es de 15 metros. Por otro lado los porcentajes de pendientes recomendados por el Manual es de 12%, el estudio elaborado presenta a través de los diferentes planos que la pendiente máxima en el tramo más difícil es de 12.00%.

### **5.1.3 Análisis Del Sistema de Drenaje**

El área tributaria de las micro cuencas adyacentes al eje de la vía consideradas para el cálculo de caudal de diseño no exceden las 6 has., por tanto se consideran cuencas pequeñas en tanto el tiempo de concentración es igual o menor a 6 horas, siendo éstas consideradas de dimensiones mínimas para lo cual el Manual de Diseño de Caminos no Pavimentados de Volumen de Tránsito-2005 Lima, indica en uno de sus párrafos que, el método de estimación de los caudales asociados a un período de retorno depende del tamaño y naturaleza de la cuenca tributaria. Cuando las cuencas son pequeñas se considera apropiado el uso del método de la fórmula racional para la determinación de los caudales. De los cálculos realizados en función del caudal del diseño obtenido se tiene las dimensiones de la alcantarilla, en todos los casos es igual a la sección de 1.20x1.10 m<sup>2</sup> que es la dimensión comercial y cumple con las recomendaciones de altura para poder realizar trabajos de limpieza.

### **5.1.4 Ensayo de Mecánica de Suelos.**

Las normas técnicas nacionales refieren que para efectos de realizar excavaciones de calicatas a cielo abierto, éstas se harán cada 1000 metros, sin embargo considerando una exploración previa se ha identificado que la estratigrafía del suelo en el tramo intervenido es uniforme en todo su extensión, por lo que se optó por realizar calicatas cada kilómetro. Los suelos muestran valores de CBR al 95% de compactación de 2.60 a 14.60 en un material limo arcilloso, lo cual indica que el terreno donde se proyecta la subrasante del camino vecinal Nauta Nuevo Arica son de REGULAR A BUENA, según la clasificación que muestra el MDCNPBVT, y se cita en el desarrollo del marco teórico. El cálculo del espesor del afirmado se determinó usando el método NAASRA, que está en función al valor del eje equivalente, que dio un resultado de 12.84cm lo que se contrasto con el grafico mostrado anteriormente para la determinación de revestimiento granular, que está en función al valor del CBR en la sub rasante dando un valor de 13.50 cm. De material de afirmado. Uniformizando el espesor del afirmado en 15cm. Para todo el



tramo. (Ver Resultados en Anexos Estudios de Suelos y Canteras).

### **5.1.5 Análisis del Estudio del Impacto Ambiental**

La metodología para el desarrollo del estudio de impacto ambiental está basada en la matriz de Leopold, al respecto PARDO, Mercedes (2002), pp. 138, refiere que la matriz no es propiamente un modelo para realizar estudios de impacto ambiental, sino una forma de sintetizar y visualizar los resultados de tales estudios, así la matriz de Leopold, sólo tiene sentido cuando va acompañado de un inventario ambiental y de una explicación sobre los impactos identificados, de su valor, de las medidas para mitigarlos y del programa de

seguimiento y control; en este contexto se estableció una estimación subjetiva del impacto sobre el medio ambiente, es decir si es positivo (+) o negativo (-) y por último se estableció la intensidad del impacto, asignando a estos valores: impacto débil (1), moderado (2) y fuerte (3). La suma de todos riesgos ambientales potenciales y los impactos positivos que genera la implementación de esta vía, tiene correspondencia exacta, lo que significa que los impactos negativos son mínimos y superables con la implementación de las recomendaciones del PAMA.

### **5.1 Contrastación de la Hipótesis**

El hecho de haber planteado una solución sobre el camino existente nos lleva a la conclusión de ser la única alternativa debidamente estudiada, la cual cumple con todas las especificaciones técnicas para ser viable. En consecuencia, su ejecución facilitara contar con un camino en condiciones de transitabilidad, lo cual mejorara las condiciones de vida de los usuarios. **Por tanto, la hipótesis queda validada**, por cuanto el diseño geométrico y sistema de drenaje definitivo a nivel de afirmado del camino vecinal referido, permitirá contar posteriormente con el expediente técnico para tramitar su financiamiento y que al ser ejecutado permitirá tener un camino en condiciones de transitabilidad y en consecuencia mejorará las condiciones socio-económicas de la población beneficiaria aledaña al proyecto.

## CONCLUSIONES

La problemática descrita en el planteamiento del problema, coincide plenamente con la versión de los actores directamente involucrados, como son los productores, a través de sus dirigentes y los transportistas que hacen ruta al sector Nauta Nuevo Arica, en el sentido que es 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; además se encuentran pendientes máximas a las permisibles, por lo cual también se hace necesario proponer su mejoramiento mediante la elaboración de un estudio técnico definitivo.

El estudio topográfico concluye entre otras, que las pendientes máximas que tendrá el trazo del camino vecinal Nauta Nuevo Arica, será del 11.29%, parámetro considerado en las normas como cota máxima, mejorando significativamente las pendientes del trazo actual que exceden los valores permitidos.

Los secciones de todas las alcantarillas son de tipo cajón, valor obtenido al aplicar procedimientos de cálculos empíricas. La metodología desarrollada en el cálculo hidrológico ha tratado de usar métodos que más se ajusten a la limitación de información hidrológica, como este caso, en que las áreas tributarias de las micro cuencas adyacentes al eje de la vía no exceden las 6 has y el tiempo de concentración de las aguas es igual o menor a 6 horas.

La estratigrafía del suelo en el tramo intervenido es uniforme en toda su extensión, por lo que se optó por realizar calicatas cada kilómetro y no cada 500 metros como recomienda la norma. El suelo es de un material limo arcilloso, lo Cual indica que el terreno donde se proyecta la subrasante del camino vecinal Nauta Nuevo Arica, es de regular a buena, siendo el espesor del afirmado de 12.84 cm, y contrastado con otros cálculos da un valor de 13.50 cm de material de afirmado, uniformizando el espesor a 15 cm-

Los mayores impactos potenciales negativos, característicos en los proyectos de infraestructura vial, específicamente durante la construcción de Camino Vecinal, ocurren

en todas las etapas del proceso constructivo, siendo de mayor relevancia aquellos que ocurrirán durante la etapa de construcción sobre los componentes Aire, Agua, Suelo, Pérdida de la Cobertura Vegetal, Fragmentación o Eliminación de Hábitats, Desplazamiento de Especies, que serían originados durante los trabajos de movimientos de tierras, Construcción de Afirmado, Circulación de la Maquinaria de Construcción, Explotación de Canteras, Uso de Depósito de Material Excedente. Estos impactos, deberán ser de Moderada Significancia; en consecuencia,

La construcción del Camino Vecinal no afecta zonas Arqueológicas, áreas naturales protegidas por el Estado ni especies amenazadas.

La construcción del Camino Nauta Nuevo Arica, es ambientalmente viable, siempre que se implementen las especificaciones técnicas y los diseños que forman parte del Estudio de Ingeniería, incluyendo en toda su extensión las recomendaciones de los estudios geológico, geotécnico, hidrológico y el Plan de Manejo Ambiental.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda ejecutar las acciones establecidas e indicadas en el PMA de tal manera mitigar las alteraciones causadas durante los trabajos de construcción del Camino Vecinal, comprende las siguientes acciones: Programa de Educación Ambiental, Programa de Manejo de Canteras y DMEs, y Patio de Máquinas, Programa de Manejo de Residuos Sólidos, Programa de Señalización Ambiental y Seguridad Vial, Programa de Seguimiento y/o Vigilancia, y programa de Reforestación.

Para su real efectividad, el sistema de drenaje necesita un programa de limpieza y mantenimiento, el cual debe efectuarse dos veces al año como mínimo y en especial antes y después del período de lluvias.

Las quebradas que atraviesan la carretera necesitan un programa de manejo con el fin de evitar la erosión de los taludes por malas prácticas de cultivo en las mismas, deforestación, o inadecuado pastoreo, que producirían arrastre de los materiales erosionados que causan enormes daños en épocas avenidas.

Debe realizarse una supervisión permanente y constante, de tal manera que el Plan de Manejo Ambiental propuesto se cumpla.

En la rehabilitación del camino y obras de enrocado, así como en el perfilado de taludes de corte, se deberá utilizar al máximo el material propio, lo cual reducirá el volumen a explotarse de las canteras y por consiguiente un menor uso de áreas de disposición de material excedente.

La construcción y operación del proyecto debe realizarse en coordinación con las autoridades locales para evitar conflictos con los habitantes de los centros poblados que se encuentran al borde del camino.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Referencia Bibliográfica

[CAJ01] Céspedes Abanto, José, “Carreteras Diseño Moderno”, 1ra edición 2001.

[MTC05] Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC), “Manual Diseño de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito”.

[MTC01] Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC), “Manual del Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001)”, Lima, 2001.

Alva, J E., Mecánica de Suelos. Editorial Centro de Estudiantes de Ingeniería Civil – UNI, Primera Edición, Lima – Perú.

Gobierno Regional de San Martín, Plan Vial Participativo Departamental de San Martín, Moyobamba, 2004.

Instituto Nacional de Estadística e Informática, Censos Nacionales 1,993 IX de Población IV de Vivienda Perfil Socio Demográfico N° 21, 2007, Lima Perú.

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

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

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, N° 303-2008- MTC/02, primera edición, Lima – Perú, Abril 2008.

Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras, Editorial Ciencias, 994 Lima Perú.

Manual de Diseño Geométrico de Carreteras dg 2014, Dirección General de Caminos Ministerio de Transportes y Comunicaciones -2001

**ANEXO**