



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO VICHKA – HUAYRA PARA
MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN EL DISTRITO DE TUPE -
YAUYOS - LIMA**

**PRESENTADA POR
FERNANDO SLEYTER CONTRERAS ROJAS**

**ASESOR
ALEXIS SAMOHOD ROMERO**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2018



**Reconocimiento - No comercial – Compartir igual
CC BY-NC-SA**

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE LA VÍA DE ACCESO VICHKA – HUAYRA
PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD EN EL
DISTRITO DE TUPE - YAUYOS - LIMA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

CONTRERAS ROJAS, FERNANDO SLEYTER

LIMA - PERÚ

2018

Dedico a Dios, por iluminarme en el trayecto de la vida. A mis padres Elena y Rufino, por el respaldo que siempre me han dado y las fuerzas para lograr mis metas. A mis hermanos Diego y Piero por estar siempre en los momentos complicados sacándome una sonrisa.

Agradezco a mi Alma Máter, la Universidad de San Martín de Porres por los años que me cobijó y me brindó conocimientos y valores; también a los ingenieros Alexis Samohod Romero y Juan Oblitas Santa María por encaminarme con sus experiencias y paciencia en el desarrollo de la presente tesis.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	
1.1. Situación problemática	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Objetivos	2
1.4. Alcances y limitaciones	3
1.5. Justificación	3
1.6. Viabilidad	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de investigación	5
2.2. Bases teóricas	8

2.3 Definición de términos básicos	43
2.4 Hipótesis	54
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	
3.1 Tipo de investigación	56
3.2 Nivel de investigación	56
3.3 Diseño de investigación	57
3.4 Variables	57
3.5 Población y muestra	57
3.6 Técnicas de investigación	58
3.7 Instrumento de investigación	58
CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL PROYECTO	
4.1 Procedimiento para el diseño de la vía de acceso	59
4.2 Procedimiento para determinar el movimiento de tierra, según el estudio de suelos	63
4.3 Procedimiento para determinar las obras de arte en este caso (cunetas)	65
CAPÍTULO V. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	
5.1 Contrastación de hipótesis	69
5.2 Casos de investigación	70
5.3 Análisis e interpretación de resultados	73
CAPÍTULO VI DISCUSIÓN Y APLICACIONES	72
6.1 Discusión y aplicación	77
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	81
FUENTE DE INFORMACIÓN	82
ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Valores de K	17
Tabla 2	Índice de Plasticidad	20
Tabla 3	Dimensiones mínimas de cuneta triangular típica	22
Tabla 4	Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía	23
Tabla 5	Longitudes de tramos en tangente	27
Tabla 6	Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras	29
Tabla 7	Sobreancho	31
Tabla 8	Pendientes máximas (%)	33
Tabla 9	Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de Tercera Clase	36
Tabla 10	Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de Tercera Clase	36
Tabla 11	Anchos mínimos de calzada en tangente	39
Tabla 12	Ancho de Bermas	39
Tabla 13	Valores de Bombeo de calzada	40
Tabla 14	Valores de Peralte máximo	41
Tabla 15	Valores referenciales para taludes en corte (Relación H:	43

Tabla 16	Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)	45
Tabla 17	Operacionalización de la variable independiente	57
Tabla 18	Cantidad de patologías según dirección del elemento	60
Tabla 19	Pendientes máximas	61
Tabla 20	Índice de curvatura $K \epsilon$ ra de tercera clase	61
Tabla 21	Datos de Calzada y Berma de Diseño	61
Tabla 22	Bombeo en la calzada a diseñar	62
Tabla 23	Peralte máximo de diseño	62
Tabla 24	Resumen de los resultados de ensayos estándar	63
Tabla 25	Clasificación de Suelos	63
Tabla 26	Ensayo de Proctor Modificado	64
Tabla 27	Ensayo de CBR	64
Tabla 28	Resumen de Clasificación de suelo y CBR	64
Tabla 29	Valores referenciales para taludes en corte (Relación H)	65
Tabla 30	Valores referenciales para taludes relleno (Relación H)	65
Tabla 31	Dimensiones mínimas para cuneta a diseñar	66
Tabla 32	Característica de diseño de cuneta	67
Tabla 33	Accesos para el lugar del proyecto	72
Tabla 34	Encuesta del procedimiento del diseño de vía para mejorar la transitabilidad en el Distrito de Tupe – Yauyos – Lima.	73
Tabla 35	Encuesta del procedimiento del diseño de vía para mejorar la transitabilidad en el Distrito de Tupe – Yauyos – Lima	73
Tabla 36	Encuesta del procedimiento del diseño según el Estudio de Suelo de la vía para mejorar la transitabilidad en el Distrito de Tupe – Yauyos – Lima.	74
Tabla 37	Encuesta del procedimiento del diseño si se considera obras de arte en la vía para mejorar la transitabilidad en el Distrito de Tupe – Yauyos – Lima.	74
Tabla 38	Encuesta resumida del procedimiento del diseño de vía para mejorar la transitabilidad en el Distrito de Tupe – Yauyos – Lima.	75

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Definición de Punto de Corte y Relleno	11
Figura 2	Eclímetro	11
Figura 3	Esquema de la pendiente a 100	16
Figura 4	Sección Típica de cuneta triangular	22
Figura 5	Elementos de Curva circular	28
Figura 6	Desvanecimiento del bombeo y transición del peralte con curva de transición	30
Figura 7	Desvanecimiento del bombeo y transición del peralte con curva de transición	30
Figura 8	Sobrecancho en las curvas	32
Figura 9	Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas	35
Figura 10	Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas según longitud	35
Figura 11	Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales	37
Figura 12	Casos de bombeo	41
Figura 13	Sección transversal típica en tangente	42

Figura 14	Sección transversal típica en tangente convexa	43
Figura 15	Alabeo de taludes en transiciones de corte y relleno	44
Figura 16	Tratamiento de boca acampanada y relleno abocinado en la entrada al corte	44
Figura 17	Comprobación de las pendientes del terreno	60
Figura 18	Sección de la Calzada y Berma (corredor)	62
Figura 19	Diseño de cuneta 0+000 al 0+934 km	66
Figura 20	Diseño de cuneta 0+934 al 1+750 km	67
Figura 21	Detalle de la cuneta diseñada	68
Figura 22	Ubicación del tramo Vichka - Huayra	71
Figura 23	Porcentaje respecto a la implementación del procedimiento de diseño de la vía de acceso para mejorar su transitabilidad.	76

RESUMEN

La tesis denominada Diseño de la vía de acceso Vichka – Huayra para mejorar la transitabilidad en el distrito de Tupe – Yauyos – Lima, tiene como objetivo proponer una nueva solución al problema de la transitabilidad a la ciudad de Tupe; así como mejorar el diseño de vía, con el fin de desarrollar una mejor conectividad de los anexos cercanos al distrito. Para llevarlo a cabo se propuso el esquema de la vía de acceso en el tramo de Vichka – Huayra, basándose en el proyecto precedente del distrito en que se realizó un estudio y ejecución de trocha carrozable. Con esta tesis se demostró la mejora en el diseño, convirtiéndolo en una Carretera de tercera clase, según el nuevo manual de carretera: “Diseño Geométrico – 2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En resumen, el diseño de la vía de acceso propuesto presenta: una vía mejorada en el tramo de Vichka – Huayra con obras de artes, badenes, verificadas todas sus características con las normas; potenciando al distrito

de Tupe con una moderna y segura infraestructura vial mejorando rotundamente sus actuales niveles de seguridad y servicio.

Palabras Clave: Trocha Carrozable, Carretera de Tercera Clases, Obras de Arte, Afirmado, Diseño geométrico.

ABSTRACT

The thesis called Design of the Access Road Vichka - Huayra to Improve Traffic in the District of Tupe - Yauyos - Lima, aims at a new solution to the traffic problem in Tupe. Likewise, this project improves the design of the aforementioned access road, because it develops a better connectivity of the places close to Tupe, to carry this out the scheme of the access road was proposed in the section from Vichka to Huayra, based on a previous project of the district, in which a study and execution of corduroy road or log road was carried out.

This thesis proves the improvement in the design of the Vichka - Huayra access road, turning it into a third class highway, according to the new highway manual: Geometrical Design - 2018 of the Ministry of Transport and Communications. The design of the proposed access road presents an improved route from Vichka to Huayra with works of art and speed bumps. It was verified that all the characteristics of this design are in accordance with

the relevant standards. The district of Tupe was strengthened with a modern and safe road infrastructure, completely improving its current levels of safety and service.

Keywords: corduroy road or log road, third class road, works of art, geometrical design

INTRODUCCIÓN

La presente tesis beneficia directamente a un conjunto de comunidades asentadas en la jurisdicción del distrito de Tupe, cuyos habitantes se dedican en forma exclusiva a la agricultura, cultivando los siguientes productos: papa, olluco, durazno, palta; y la ganadería, en la cría de animales como: vacunos, ovinos, caprinos, equinos y animales menores. La tecnología utilizada es de un nivel bajo (tradicional), con una producción de subsistencia que los reconoce como una economía primaria básicamente incipiente; causando importante flujos migratorios hacia otras zonas del país, como a la ciudad de Cañete y Lima. El proyecto permite la comercialización de los productos en ambos sentidos y la aplicación de acciones de desarrollo; razón fundamental que justifica el diseño de la carretera, la misma que será base de un desarrollo autosostenido del ámbito rural.

Se escogió este distrito para el desarrollo de esta investigación, pues se residió en el lugar, ejecutándose una obra en la que se tuvo problemas en el traslado de materiales y herramientas que no se encontraban en el distrito,

pues no se contaba con una vía de acceso adecuada, y por la gratitud a la población, se contribuyó con el diseño de la vía Vichka – Huayra, para el desarrollo y despegue económico, social y cultural de los pobladores del distrito de Tupe.

Finalmente, la tesis presenta una estructura de seis capítulos. En el primero se detalla la situación problemática del distrito de Tupe. En el Capítulo II: Marco Teórico, en el que se describen y analizan estudios realizados en terrenos semejantes al área a diseñar. En el Capítulo III: Metodología, en el que se demuestra el tipo de investigación que se realizó. En el Capítulo IV: el desarrollo del proyecto a través de planos y cuadros con las características del diseño. En el Capítulo V: la presentación de los resultados a través de la contrastación de las hipótesis. En el Capítulo VI: la discusión y aplicaciones. Por último, las Conclusiones y Recomendaciones.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

1.1 Situación Problemática

Se inició la elaboración de la ficha de emergencia para evaluar los daños ocasionados por las intensas lluvias presentadas en el distrito. Se pidió ayuda para rehabilitar dicho tramo afectado de la carretera, desde Vichka hasta la capital del distrito de Tupe. La municipalidad distrital, sus autoridades y pobladores, gestionaron ante las entidades Gubernamentales el apoyo técnico y económico para la rehabilitación de la carretera Vichka – Huayra; pues presentaba en su interior espacios no integrados y de bajo desarrollo económico.

Es importante resaltar que la Municipalidad Distrital de Tupe juega un papel importante en promover y fomentar el bienestar y desarrollo integral de las circunscripciones de su jurisdicción. Actualmente, la carretera se encuentra obstaculizada debido a los daños ocurridos por el fenómeno del Niño Costero, lo cual dificulta la integración de estos pueblos, pues sus productos agrícolas son trasladados a lomo de bestia con un retraso en su llegada. Con la materialización del proyecto se alivió, ya que esta vía es una zona de tránsito de muchas comunidades campesinas.

El problema identificado es el difícil acceso a los mercados de consumo local y regional por las deficientes condiciones en la carretera que obstruye la transitabilidad de los vehículos entre los pueblos de Aiza, Vichka y Huayra; además de otras poblaciones aledañas a centros poblados. La rehabilitación de la carretera permite solucionar todos estos problemas otorgando a la población todos los servicios básicos, de esta manera tengan un mayor acceso a ellos logrando su desarrollo y una mejora en su calidad de vida.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Formulación del problema principal

¿De qué manera el diseño de la vía de acceso Vichka - Huayra, mejorará la transitabilidad al distrito de Tupe - Yauyos - Lima?

1.2.2 Problemas específicos

¿De qué manera el estudio de topografía mejora la transitabilidad en la vía de acceso Vichka - Huayra, en el Distrito de Tupe - Yauyos - Lima?

¿De qué manera el estudio de suelo mejora la transitabilidad en la vía de acceso Vichka - Huayra, en el distrito de Tupe - Yauyos - Lima?

¿De qué manera las obras de arte mejoran la transitabilidad en la vía de acceso Vichka – Huayra, en el distrito de Tupe - Yauyos - Lima?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar la vía de acceso Vichka – Huayra, para mejorar la transitabilidad en el distrito de Tupe – Yauyos – Lima.

1.3.2 Objetivos específicos

Analizar el estudio de topografía que contribuye al diseño de la vía de acceso Vichka – Huayra, en el distrito de Tupe - Yauyos -Lima.

Analizar el estudio de suelos que contribuye al diseño de la vía de acceso Vichka – Huayra, en el distrito de Tupe - Yauyos - Lima.

Diseñar las obras de arte que contribuyen al diseño de la vía de acceso Vichka – Huayra, en el distrito de Tupe – Yauyos - Lima.

1.4 Alcances y Limitaciones

El desarrollo del presente trabajo es diseñar una vía de acceso en la localidad de Tupe. Busca implementar un sistema de integración vial que fortalezca física y económicamente a las comunidades campesinas y conectarse a la red vial actual, que permitirá el desarrollo socio – económico y la integración local, regional y nacional; promoviendo la habilitación de proyectos productivos, infraestructura de servicio social, turismo y demás, las mismas que generarán nuevas fuentes de ocupación.

1.5 Justificación

El proyecto beneficiará directamente a la comunidad asentada en la jurisdicción del distrito de Tupe, cuyos habitantes se dedican a la agricultura cultivando los siguientes productos: papa, palta, alfalfa, y la ganadería criando los animales como: vacunos, ovinos, caprinos, equinos y animales menores.

La zona del proyecto ofrece potencialmente recursos agrícolas y ganaderos y sus derivados; aún no explotados por la falta de facilidades en el medio de transporte y la lejanía a los centros de distribución y comercialización.

El diseño de la vía de acceso beneficiará directa e indirecta incluyendo sus anexos a 1465 habitantes, lo que contribuirá en forma determinante al desarrollo y despegue económico, social y cultural de los pobladores asentados en el ámbito del distrito de Tupe.

1.6 Viabilidad

Desarrollo **social y económico** de las poblaciones asentadas en el radio de influencia del proyecto. Así mejorar las condiciones de vida en los aspectos de salud, educación y en los demás servicios existentes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

Se presentan investigaciones de los últimos años realizadas en el país las cuales nos sirven de guía para la elaboración del presente trabajo, resaltando las diferentes metodologías usadas para alcanzar objetivos trazados. También se discutirán sus alcances y resultados.

Cahuaya y Chávez (2016) presentaron la tesis denominada “Análisis de impactos de la construcción de una carretera en una zona rural: el caso del distrito de Zúñiga en Cañete” en la que sostienen que:

El objetivo principal es analizar los diversos impactos que se pueden producir en una zona rural debido a la construcción de una carretera, para el caso de Zúñiga se realizó una evaluación cualitativa a los diferentes aspectos de la vida de la población, tales como actividades económicas, salud, educación, etc., a fin de

obtener un resultado de los aspectos sobre los que influye la construcción de la carretera y el nivel en el que impacta en la población. Tales como son el aumento del comercio, turismo, la creación de nuevas actividades económicas, mejoras en la educación, mejora en los tiempos de traslado, entre otros. **(p.17)**

Mamani y Chura (2016) presentaron la tesis denominada “Diseño de Intercambio vial a desnivel en las intersecciones de la carretera Panamericana Sur y la avenida el Estudiante de la ciudad de Puno” en la que sostienen que:

Tiene como objetivo proponer una solución al problema del tráfico vehicular de la ciudad, así como mejorar la conectividad de los sistemas viales urbanos. Para lograr estos objetivos se plantea el diseño de un intercambio vial a desnivel, el mismo que fue desarrollado de manera académica en cada una de las etapas del diseño, es así que se realizó el Estudio de Tráfico, el diseño Geométrico en planta y perfil de las dos vías involucradas, el estudio de Suelos, y el diseño de la estructura del Pavimento. **(p.14)**

Villacreces (2011) presentó la tesis denominada “Diseño preliminar de la vía de acceso al sector “El Carmen” Ecuador” en la que afirma que:

Es un diseño vial de una carretera de dos carriles que conecta directamente el terreno de la actual hacienda “El Carmen” con el sector de Tumbaco. El fin de esta carretera es hacer más accesibles los terrenos de la actual hacienda “El Carmen” para poder desarrollar en estos una urbanización de primera clase. Para esto, dicho acceso, deberá cruzar la quebrada profunda del río Alcantarilla por medio de una carrera y un puente. **(p.16)**

López (2016) presentó la tesis denominada “Diseño de la Vía Expresa Sur por la norma DG-2014” en el que sostiene que:

El diseño geométrico de la 3era etapa de la Vía Expresa de Paseo de la República, conocida como el proyecto “Vía Expresa Sur”, con base fundamental en la normativa del Manual de Carreteras “Diseño Geométrico (DG-2014)”, y con complemento de dos manuales especializados en el diseño de vías urbanas: “Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005 – VCHI” y “*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets - 2011- 6th Edition - AASHTO*”. Además se plantea que al concluir el presente trabajo se logre obtener una metodología para el desarrollo de un anteproyecto de una vía pavimentada con base en la normativa mencionada y el empleo de cuatro programas para el diseño automatizado de una vía: *Google Earth Pro, Global Mapper, AutoCAD Civil 3D y 3Ds Max Design. (p.17)*

Peñaloza (2012) presentó la tesis denominada “Análisis y mejora de la carretera M-607 tramo Colmenar Viejo - Cerceda, Madrid” en la que afirma que:

Se realizó un diagnóstico sobre la situación actual de la carretera e identificar sus principales problemas los cuales fueron: problemas de visibilidad, nivel de servicio E (según el Manual de Carreteras) debido a los pocos tramos de adelantamiento, la poca accesibilidad a otros usuarios de la vía como ciclistas. Con el objetivo de mejorar la calidad de la carretera en general, se propuso tres tipos de soluciones: reperfilado de taludes, una carretera 2+1 y una autovía, en las tres se incluía la construcción de un carril bici. **(p.14).**

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Estudio Topográfico

Para la presente tesis, se inició con un estudio topográfico, pues los términos y conceptos previos se basaron de las normas actuales, según El manual de diseño de carretera no pavimentada de bajo volumen de tránsito (2008) en lo siguiente:

La localización de una ruta entre dos puntos, uno inicial y otro terminal, establecidos como condición previa, implica encontrar una franja de terreno cuyas características topográficas y factibilidad de uso, permita asentar en ella una carretera de condiciones operativas previamente determinadas. El procedimiento de localización empieza tradicionalmente, con la determinación de un trazado tentativo mediante la señalización de una línea de banderas a través del territorio, cuando éste es de topografía plana u ondulada, siguiendo en lo posible la ruta más directa entre los extremos fijados para la carretera, con la condición de ir salvando los accidentes naturales y las edificaciones o instalaciones que revistan un carácter relativamente intangible por su importancia.

En los puntos de inflexión de la poligonal que se va formando, se señala el trazado con algún elemento tal como una bandera que permite identificar el recorrido seguido. Cuando el territorio es accidentado, el trazo resulta controlado por las inclinaciones del terreno. En estos casos, además de vencer los accidentes importantes, el trazo se enfrenta a la necesidad de salvar la diferencia de alturas en los tramos en que se requiere ascender o descender para pasar por puntos obligados de la ruta. (p.173)

2.2.1.1 Topografía y trazado

El plano topográfico es la representación gráfica del terreno, de sus accidentes, del sistema hidrográfico, y de las instalaciones y edificaciones existentes, puestas por el hombre. El relevamiento topográfico muestra las distancias horizontales y las diferentes

cotas o elevaciones de los elementos representados en el plano mediante curvas de nivel a escalas convenientes para la interpretación del plano por el ingeniero y para la adecuada representación de la carretera y de las diversas estructuras que lo componen.

En los reconocimientos, se recomienda usar de preferencia planos a escala en el rango entre 1:2000 y 1:10000 con curvas de nivel, a intervalos de altura de 5 m. En terrenos muy empinados, no es posible el dibujo de curvas a este intervalo y será necesario elegir un intervalo mayor en que la distancia horizontal en el dibujo, entre dos curvas de nivel sea mayor a 1 mm. En los diseños definitivos, se recomienda utilizar planos en planta horizontales normalmente en el rango de 1:500 y 1:1000 para áreas urbanas; y de 1:1000 y 1:2000 para áreas rurales. Y curvas a nivel a intervalos de 0.5 m. a 1.0 m. de altura en áreas rurales y a intervalos de 0.5 m. en áreas urbanas.

El trazado se referirá a las coordenadas señaladas en el plano, mostrando en las tangentes, el azimut geográfico y las coordenadas referenciales de PIs, PCs y PTs, etc.

2.2.1.2 El trazo directo

Definida la ruta y fijado el punto de partida y los puntos obligados de paso que definen tramos de la ruta, se ejecutan un estacado preliminar señalando la ruta y se calcula el nivel del terreno en cada estaca. Mediante el seccionamiento transversal del terreno, en cada estaca, midiendo longitudes con cinta métrica y elevaciones con el eclímetro (figura 1), el nivel o el teodolito, se realiza el levantamiento topográfico de la sección transversal que cubrirá un área suficientemente amplia para diseñar la carretera, sus diversas estructuras y obras de arte y para acondicionar el derecho de vía. Los datos de cada sección transversal deberán ser suficientes para permitir la

representación de las curvas de nivel en la franja que ocupara la carretera.

En la actualidad, el levantamiento de la sección transversal también se realiza con la estación total. En los tramos en que la pendiente es condicionante principal, se necesita fijar una pendiente en el trazo que garantice llegar al próximo punto obligado de paso. La llamada línea de gradiente corresponde a ese trazo. Para este efecto, se fija la pendiente promedio requerida para la distancia entre puntos de paso y se utiliza cuando menos un eclímetro para señalar con banderas los puntos. La pendiente promedio de la línea de gradiente en tramos críticos debe ser previsoramente como máximo, un 60% de la pendiente máxima aceptable en la norma, de la rasante en tramo recto para la clase correspondiente de carretera.

En cada estaca, se levanta la sección transversal en un ancho que depende de la naturaleza del proyecto y del terreno. En el gabinete se reconstruye la planta de la franja de la carretera, el perfil longitudinal del eje y las secciones transversales.

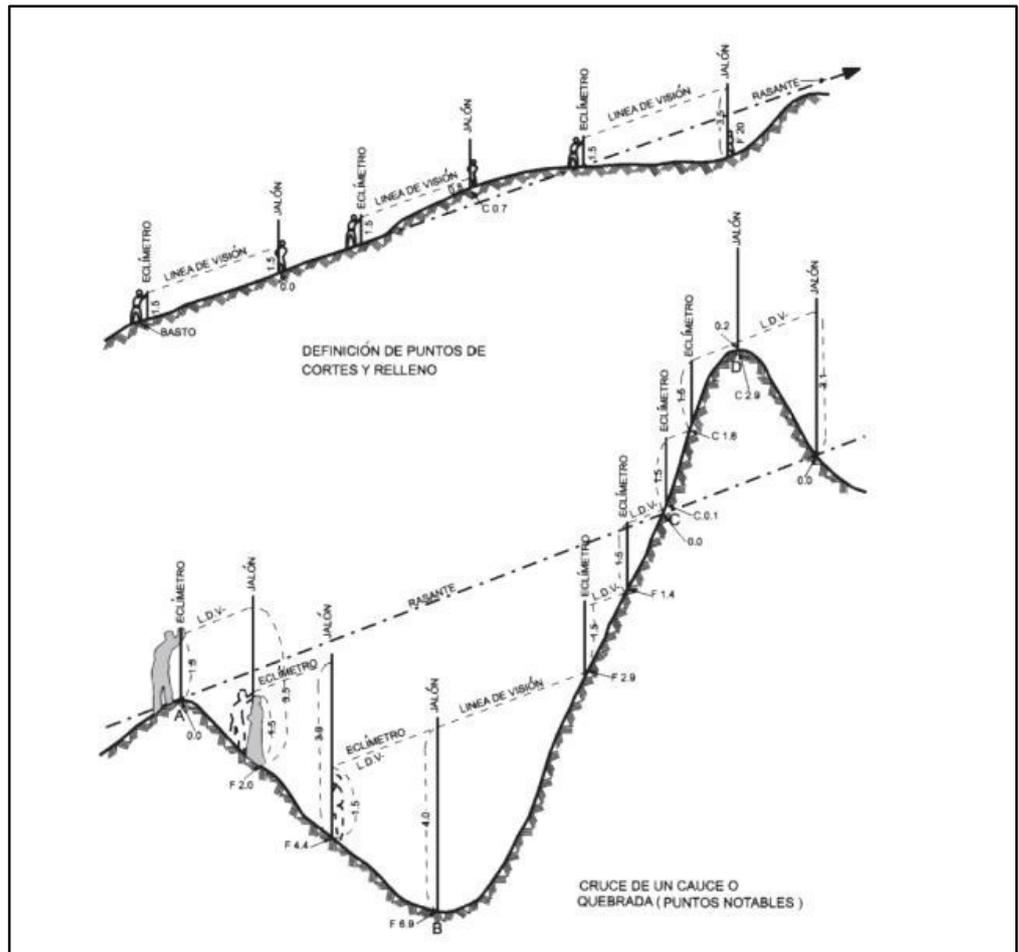


Figura 1: Definición de Punto de Corte y Relleno

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

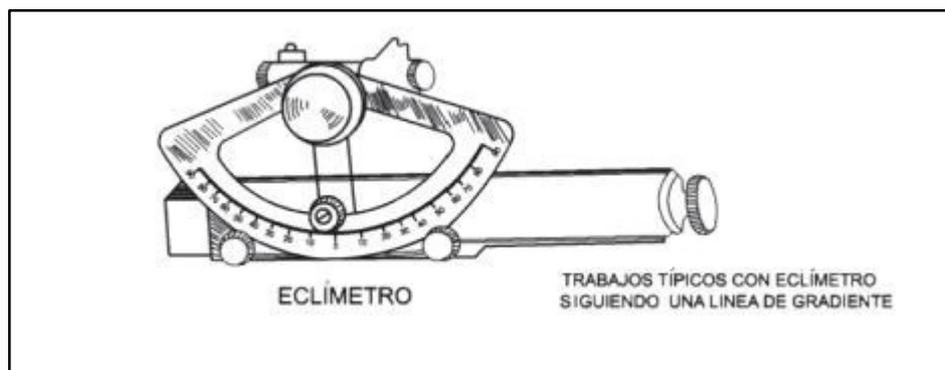


Figura 2: Eclímetro

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

2.2.1.3 El trazo directo

En el Perú, se ha denominado trazado indirecto al procedimiento de realizar levantamientos topográficos precisos, en una franja amplia del terreno. Y el trazo del eje se realiza en el gabinete sobre los planos de topografía o los modelos digitales producto del levantamiento. Definida la ruta y sus puntos obligados de paso, se hacen levantamientos topográficos de precisión en una franja de la carretera que cubra las mejores posibilidades de colocar el trazo y analizar sus variantes.

La topografía puede levantarse por métodos terrestres con equipos de topografía convencional que resulten en un trabajo lento o con equipos electrónicos de mayor precisión y rapidez. También se utiliza y cada vez más frecuentemente levantamientos por restitución aerofotogrametría o imágenes satelitales. En todos estos casos, se puede automatizar la medición, los registros, la elaboración de planos y el cómputo del movimiento de tierras mediante la organización de bases de datos y la digitalización de los planos del diseño. El proyecto se realiza en el gabinete, pudiéndose estudiar con facilidad las alternativas de trazo y variantes.

2.2.1.4 Sistema de Georeferencia

El método utilizado para orientar el sistema de referencia y para ligarlo al sistema UTM (*Universal Transverse Mercator*) del IGN se describieron en la memoria descriptiva. Para efectos de la georeferenciación, debe tenerse en cuenta que el Perú está ubicado en las zonas 17, 18, 19 y en las bandas M, L, K, según la designación UTM.

El elipsoide utilizado es el *World Geodetic System 1984 (WGS-84)* el cual es prácticamente idéntico al sistema geodésico de 1980 (GRS80), y que es definido por los parámetros siguientes:

2.2.1.5 Trabajos Topográficos

Los trabajos de topografía y georeferenciación comprenden los aspectos siguientes:

- a) Georeferenciación:** La georeferenciación se hará estableciendo puntos de control geográfico mediante coordenadas UTM con una equidistancia aproximada de 10 Km. ubicados a lo largo de la carretera. Los puntos seleccionados estarán en lugares cercanos y accesibles que no sean afectados por las obras o por el tráfico vehicular y peatonal. Los puntos són monumentados en concreto con una placa de bronce en su parte superior en el que se definirá el punto por la intersección de dos líneas.
- b) Puntos de control:** Los puntos de control horizontal y vertical que puedan ser afectados por las obras deben ser reubicados en áreas en que no sean disturbadas por las operaciones constructivas. Se establecerán las coordenadas y elevaciones para los puntos reubicados antes que los puntos iniciales sean disturbados. El ajuste de los trabajos topográficos será efectuado con relación a dos puntos de control geográfico contiguos, ubicados a no más de 10 km.
- c) Sección transversal:** Las secciones transversales del terreno natural son referidas al eje de la carretera. El espaciamiento entre secciones no son mayor de 20 m en tramos en tangente y de 10 m en tramos de curvas con radios inferiores a 100 m. En caso de quiebres, en la topografía se tomó secciones adicionales en los puntos de quiebre. Se asignarán puntos de la sección transversal con la suficiente extensión para que puedan detallarse los taludes de corte y relleno y las obras de drenaje hasta los límites que se requieran. Las secciones, además, deben extenderse lo

suficiente para evidenciar la presencia de edificaciones, cultivos, línea férrea, canales, etc. que, por estar cercanas al trazo de la vía, podría ser afectada por las obras de la carretera así como por el desagüe de las alcantarillas

- d) Estacas de talud y referencias:** Se estableció estacas de talud de corte y relleno en los bordes de cada sección transversal. Las estacas de talud establecen en el campo el punto de intersección de los taludes de la sección transversal del diseño de la carretera con la traza del terreno natural. Las estacas de talud estarán ubicadas fuera de los límites de la limpieza del terreno y, en ellas, se inscribirán las referencias de cada punto e información del talud a construir conjuntamente con los datos de medición.
- e) Límites de limpieza y roce:** Los límites para los trabajos de limpieza y roce son establecidos en ambos lados de la línea del eje en cada sección de la carretera, durante el replanteo previo a la construcción de la carretera.
- f) Restablecimiento de la línea del eje:** Para la construcción de la carretera a línea del eje, fue restablecida a partir de los puntos de control. El espaciamiento entre puntos del eje no debe exceder de 20 m en tangente y de 10 m en curvas de radio menor a 100 m.
- g) Elementos de drenaje:** Los elementos de drenaje son estacados para fijarlos a las condiciones del terreno. Se considerará lo siguiente:
 - (1) Relevamiento del perfil del terreno a lo largo del eje de la estructura de drenaje que permita apreciar el terreno natural, la línea de flujo, la sección de la carretera y el elemento de drenaje.
 - (2) Ubicación de los puntos de los elementos de ingreso y salida de la estructura.
 - (3) Determinar y definir los puntos que sean necesarios para determinar la longitud de los elementos de drenaje y del tratamiento de sus ingresos y salidas.

- h) Muros de contención:** Para la construcción de la carretera se reveló el perfil longitudinal del terreno a lo largo de la cara del muro propuesto. Cada 5 m, y en donde existan quiebres del terreno, se tomaron secciones transversales hasta los límites que indique el supervisor. Ubicar referencias adecuadas y puntos de control horizontal y vertical.
- i) Canteras:** Se estableció los trabajos topográficos esenciales referenciados en coordenadas UTM de las canteras de préstamo. Se colocará una línea de base referenciada, límites de la cantera y los límites de limpieza. También se efectuarán secciones transversales de toda el área de la cantera referida a la línea de base. Estas secciones se tomarán antes del inicio de la limpieza y explotación y después de concluida la obra y cuando hayan sido cumplidas las disposiciones de conservación de medio ambiente sobre el tratamiento de canteras.
- j) Monumentación:** Todos los hitos y monumentación permanente que se coloquen durante la ejecución de la vía deberán ser materia de levantamiento topográfico y referenciación.
- k) Levantamientos misceláneos:** Se efectuarán levantamientos, estacado y obtención de datos esenciales para el replanteo, ubicación, control y medición, entre otros de los siguientes elementos:
- 1) Zonas de depósitos de desperdicios
 - 2) Vías que se aproximan a la carretera
 - 3) Zanjas de coronación
 - 4) Zanjas de drenaje
 - 5) Canales disipadores de energía, etc. Y cualquier elemento que esté relacionado a la construcción y funcionamiento de la carretera
- l) Trabajos topográficos intermedios:** Todos los trabajos de replanteo, reposición de puntos de control y estacas

referenciadas, registro de datos y cálculos necesarios que se efectúen durante el paso de una fase a otra de los trabajos constructivos, se ejecutarán en forma constante a fin de permitir el replanteo de las obras, la medición y verificación de cantidades de obra en cualquier momento.

2.2.1.6 Geometría del alineamiento vertical

a) El perfil longitudinal

El perfil longitudinal de una carretera debe ser una línea continua, y los componentes geométricos del eje en este plano vertical son dos:

- La línea recta inclinada, llamada gradiente o pendiente
- La curva vertical
- Convexa o cresta
- Cóncava o columpio. La pendiente

La pendiente de una carretera es numéricamente el valor del ascenso vertical por cada 100 metros de avance horizontal, se expresa en porcentaje

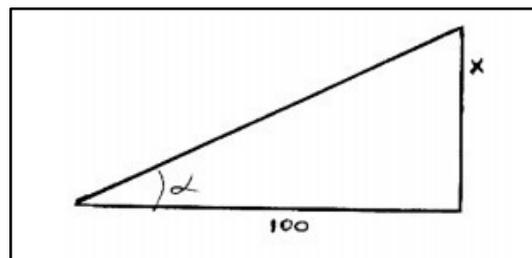


Figura 3: Esquema de la pendiente a 100

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

Del gráfico podemos deducir también que su valor es igual al de la tangente trigonométrica del ángulo de inclinación medida en porcentaje. Casi nunca una carretera es horizontal. Por lo menos y para facilitar el drenaje, el límite mínimo de la pendiente es 0.5% y el límite máximo está dado por consideraciones

funcionales, pues los vehículos de carga no pueden vencer pendientes elevadas sin una reducción apreciable de su velocidad, lo que interfiere con un normal funcionamiento de la vía.

La pendiente a simple vista es impuesta por las características del terreno por la diferencia de altura y por la distancia que hay entre los puntos que se quiere unir.

2.2.1.7 Alineamiento vertical

Curvas verticales

Cada P.I. (Punto de Inicio) vertical es identificado al más cercano décimo de centena de metros. La longitud L de la curva es usualmente definida a la más cercana centena de metros.

La relación $K = A / L$, cuando A es la diferencia de gradiente en porcentaje, es el factor K que significa la distancia horizontal en metros requeridos para cambiar un (1) grado en pendiente. Es por ello una medida de curvatura.

Tabla 1: Valores de K

Velocidad del diseño	Kph	Valores de K		
		35	50	60
Mínima distancia de visibilidad	Cóncava	5	9	16
	Convexa	8	12	17
Deseable distancia de visibilidad de parada	Cóncava	5	9	19
	Convexa	8	12	19

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

2.2.2 Estudio de Suelos

El estudio determinará las características geológicas del terreno a lo largo del trazo definitivo y de las fuentes de materiales (canteras), definiendo las unidades estratigráficas considerando las características geológicas más destacadas tanto de rocas como de suelos y el grado

de sensibilidad o la pérdida de estabilidad en relación a la obra a construir.

Asimismo, se determinará la geomorfología regional y se definieron los aspectos principales de interés geotécnico:

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

2.2.2.1 Estudio Estratigráfico

La estratigrafía estudia las capas de la corteza terrestre, las rocas desde el punto de vista de su sucesión cronológica y de su repartición geográfica. El dominio propio de la Estratigrafía es describir series de terrenos en muchos puntos diferentes de nuestro globo, comparar estas series entre ellas, tratar de sincronizarlas unas en relación a otras, ver en que difieren, abarcar estas diferencias en el espacio y en el tiempo y agruparlas armoniosamente en una serie de cuadros coherentes (Gignoux, 1960).

2.2.2.2 Ensayos de laboratorio y caracterización de suelos

Los ensayos de laboratorio a realizarse serán ensayos generales para clasificar los suelos. Estos nos permiten determinar sus principales características, para poder

clasificarlos e identificarlos adecuadamente, estos ensayos serán los siguientes:

- Análisis granulométrico (Norma AASHTO T88, ASTM D421, MTC E107 – 1999)
- Límites de consistencia (Norma AASHTO T-89-68 y T-90-70, MTC E110-1999). Entre estos tenemos:
 - Límite líquido
 - Límite plástico
- Ensayos de Control o Inspección, se efectúan para asegurar una buena compactación, los resultados son de mucha utilidad para evaluar la resistencia del suelo, estos son:
 - Proctor Modificado (Compactación). Para definir el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca (Normas AASHTO T-99-70 y T-180-70)
 - Ensayos de Resistencia

Su finalidad es evaluar la capacidad de soporte del suelo, mediante los resultados obtenidos en los ensayos de:

- Carga - Penetración (California Bearing Ratio - CBR).

Las propiedades fundamentales a tomar son:

- a) **Granulometría:** A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar. El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.
- b) **Plasticidad:** no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta

característica por lo que es necesario determinar los Límites de *Atterberg*. A través de este método, se definen los límites correspondientes a los tres estados en los cuales puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites, llamados límites de Atterberg, son: el límite líquido (LL) determinación según norma MTC E 110, el límite plástico (LP) determinación según norma MTC E 111 y el límite de contracción (LC) determinación norma MTC E 112. Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

Sobre todo esto se puede dar la clasificación siguiente:

Tabla 2: 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

a) **Carga Penetración (*California Bearing Ratio C.B.R.*):** es el índice de resistencia del terreno, sirve para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de subbase, base y afirmado de un pavimento.

En forma de ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$CBR(\%) = \frac{\sigma_t}{\sigma_p} * 100$$

2.2.2.3 Subrasante

La subrasante es la capa superficial de terreno natural. Para construcción de carreteras se analizará hasta 0.45 m de espesor

S0 : Subrasante muy pobre	CBR < 3%
S1 : Subrasante pobre	CBR = 3% - 5%
S2 : Subrasante regular	CBR = 6 - 10%
S3 : Subrasante buena	CBR = 11 - 19%
S4 : Subrasante muy buena	CBR > 20%

2.2.3 Obras de Arte

a) Cunetas

El concepto y criterios que se realizó para el diseño de las cunetas, se basaron según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones - Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2014). En lo siguiente:

Las cunetas son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir abiertas en el terreno, ubicadas a ambos lados o a un solo lado de la carretera, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial...

Serán del tipo triangular, trapezoidal o rectangular, siendo preferentemente de sección triangular, donde el ancho es medido desde el borde de la rasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la rasante al fondo o vértice de la cuneta. (p.171)

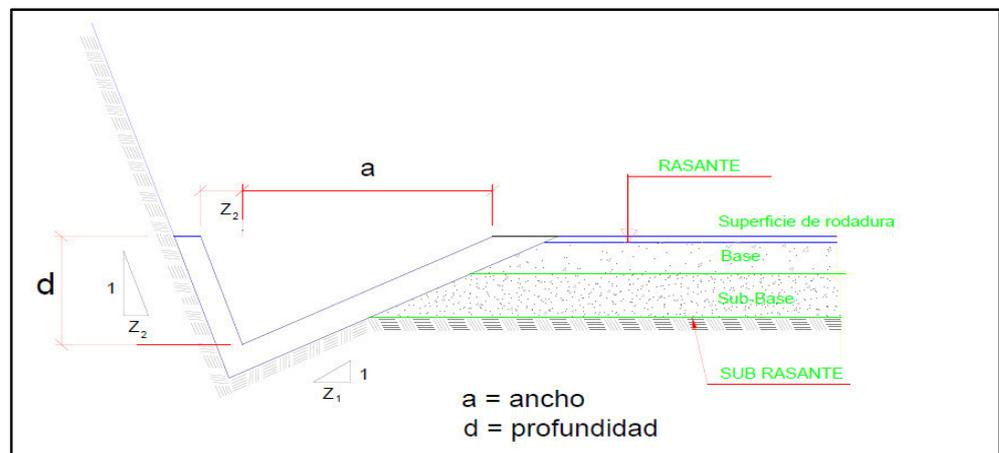


Figura 4: Sección Típica de cuneta triangular

Fuente: Manual de Carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje

Según el SENAMHI - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2018) El distrito de Tupe, por estar situado en la región Sierra, posee un clima propio de este; ubicándose entre los valles interandinos bajos e intermedios, situados entre los 1000 y 3000 msnm. Las temperaturas sobrepasan los 20°C y la precipitación anual se encuentra por debajo de los 500 mm.

Tabla 3: Dimensiones mínimas de cuneta triangular típica

REGION	PROFUNDIDAD (d) mts.	ANCHO (a) mts.
Seca (<400mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a <1600mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a <3000mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (>3000mm/año)	0.30*	1.20

Fuente: Manual de Carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2018)

2.2.4 Diseño Geométrico

2.2.4.1 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño está definida en función de la clasificación por demanda u orografía de la carretera a diseñarse. A cada tramo homogéneo se le puede asignar la velocidad de diseño en el rango que se indica en la Tabla 4. (p.96)

Tabla 4: Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía

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

Fuente: Manual de Carretera Diseño Geométrico 2018

2.2.4.2 Clasificación de la red vial

2.2.4.2.1 Clasificación por demanda

Según El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). Presenta la siguiente clasificación:

- a) **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 deben ser pavimentadas.

- b) Autopistas de Segunda Clase:** Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4 001 veh/día, de 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 parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos 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 pavimentadas.
- c) Carreteras de Primera Clase:** Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, 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 debe ser pavimentada.
- d) Carretera de Segunda Clase:** Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, 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 deben ser pavimentadas.
- e) Carretera 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.

- f) **Trocha Carrozable:** 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. (p.12)

2.2.4.2.2 Clasificación por Orografía

Según El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). Presenta la siguiente clasificación:

- a) **Terreno plano (tipo 1):** Tiene pendientes transversales al eje de la vía, 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 trazo.

- b) **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 rectos, alternados con curvas de radios amplios, sin mayores dificultades en el trazo.

- c) 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 trazo.

- d) 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 trazo. (p.14)

2.2.4.3 Diseño Geométrico en Planta

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. (p.125)

- a) Tramos en tangente:** Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables se indican en la tabla 05, el cual están en función a la velocidad de diseño.

Tabla 5: Longitudes de tramos en tangente

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018).

Donde:

L mín.s: Longitud mínima (m) para trazados en “S” (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

L mín. o: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

L máx. : Longitud máxima deseable (m).

V: Velocidad de diseño (km/h)

Las longitudes de tramos en tangente presentada en la tabla 05 están calculadas con las fórmulas siguientes:

L min s.: $1.39 V$

L min .o: $2.78 V$

L máx.: $16.70 V$

b) Curvas Circulares: Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

c) Elementos de la curva circular: Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares que a

continuación se indican, deben ser utilizados sin ninguna modificación y son los siguientes. En la Figura 05 se ilustran los indicados elementos y nomenclatura de la curva horizontal circular.

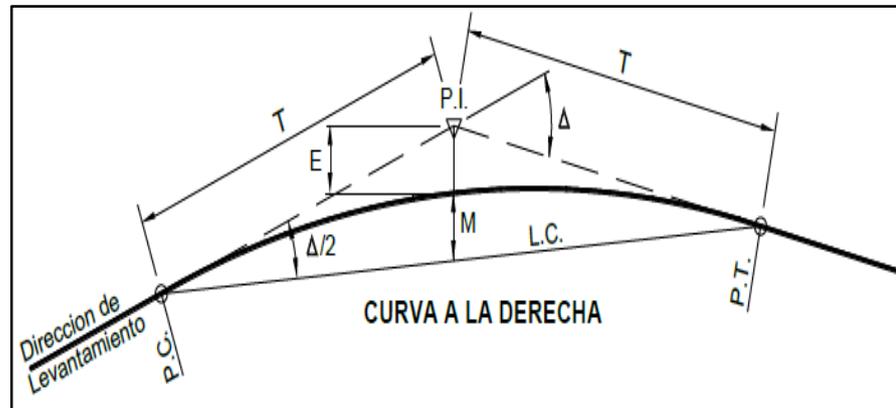


Figura 5: Elementos de curva circular

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018).

P.C. = Punto de Inicio de la curva

P.I. = Punto de intersección

P.T. = Punto de tangencia

E = Distancia a externa (m)

M = Distancia de la Ordenada media (m)

R = Longitud del Radio de la curva (m)

T = Longitud de la subtangente (PC a PI a P.T) (m)

L = Longitud de la curva (m)

L.C = Longitud de la cuerda (m)

$$T = R \tan (\Delta / 2)$$

$$L.C = 2 R \operatorname{sen} (\Delta / 2)$$

$$L = 2 \pi R (\Delta / 360)$$

$$M = R[1 - \cos(\Delta / 2)]$$

d) Radios mínimos: Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en

condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo puede utilizarse la fórmula siguiente:

$$R_{\text{mín}} = \frac{V^2}{127 (P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}}.)}$$

Donde:

R mín.: Radio mínimo

V: Velocidad de diseño

P máx. : Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno)

Tabla 6: Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4.00	0.17	33.7	35
	40	4.00	0.17	60.0	60
	50	4.00	0.16	98.4	100
	60	4.00	0.15	149.2	150
	70	4.00	0.14	214.3	215
	80	4.00	0.14	280.0	280
	90	4.00	0.13	375.2	375
	100	4.00	0.12	492.10	495
	110	4.00	0.11	635.2	635
	120	4.00	0.09	872.2	875
	130	4.00	0.08	1,108.9	1,110
Área rural (con peligro de hielo)	30	6.00	0.17	30.8	30
	40	6.00	0.17	54.8	55
	50	6.00	0.16	89.5	90
	60	6.00	0.15	135.0	135
	70	6.00	0.14	192.9	195
	80	6.00	0.14	252.9	255
	90	6.00	0.13	335.9	335
	100	6.00	0.12	437.4	440
	110	6.00	0.11	560.4	560
	120	6.00	0.09	755.9	755
	130	6.00	0.08	950.5	950
Área rural (plano u ondulada)	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
	70	8.00	0.14	175.4	175
	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
	110	8.00	0.11	501.5	500
	120	8.00	0.09	667.0	670
	130	8.00	0.08	831.7	835
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
	60	12.00	0.15	105.0	105
	70	12.00	0.14	148.4	150
	80	12.00	0.14	193.8	195
	90	12.00	0.13	255.1	255
	100	12.00	0.12	328.1	330
	110	12.00	0.11	414.2	415
	120	12.00	0.09	539.9	540
	130	12.00	0.08	665.4	665

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018) Pág.129

e) Transición de Peralte y Bombeo: Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden

recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente fórmula:

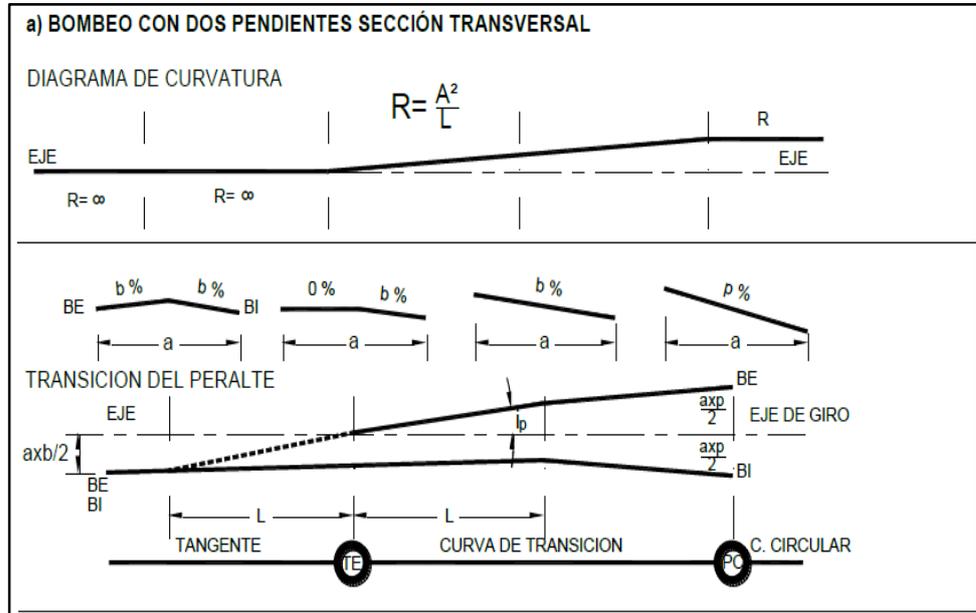


Figura 6: Desvanecimiento del bombeo y transición del peralte con curva de transición

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018).

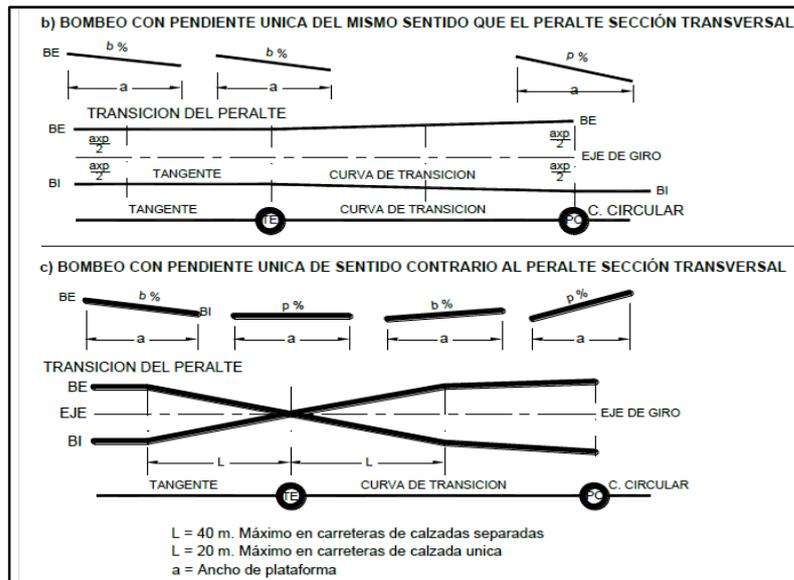


Figura 7: Desvanecimiento del bombeo y transición del peralte con curva de transición

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

f) **Sobreancho:** Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

Tabla 7: Sobreancho

Calzada de 7.20 m		Calzada de 6.00 m	
En recta	En curva ensanchada	En recta	En curva ensanchada
h_1 0.5 m	0.6 m	0.3 m	0.45 m
h_2 0.4 m	0.4 m	0.1 m	0.05 m
$h_{2\text{ ext}}$ 0.4m	0.0 m	0.1 m	0.0 m

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico 2018

Donde:

h_1 : holgura entre cada vehículo y el eje demarcado

h_2 : holgura entre la cara exterior de los neumáticos de un vehículo y el borde exterior del carril por el que circula (en recta) o de la última rueda de un vehículo simple o articulado y el borde interior de la calzada en curvas.

$h_{2\text{ ext}}$: holgura entre el extremo exterior del parachoques delantero y el borde exterior de la calzada, $h_{2\text{ ext}} \approx h_2$ en recta y $h_{2\text{ ext}} = 0$ en curvas ensanchadas.

$$S_{a_n} = \frac{S_a}{L} l_n$$

Donde:

S_{a_n} : Sobreancho correspondiente a un punto distante l_n metros desde el origen.

L : Longitud total del desarrollo del sobreancho, dentro de la curva de transición.

l_n : Longitud en cualquier punto de la curva, medido desde su origen (m).

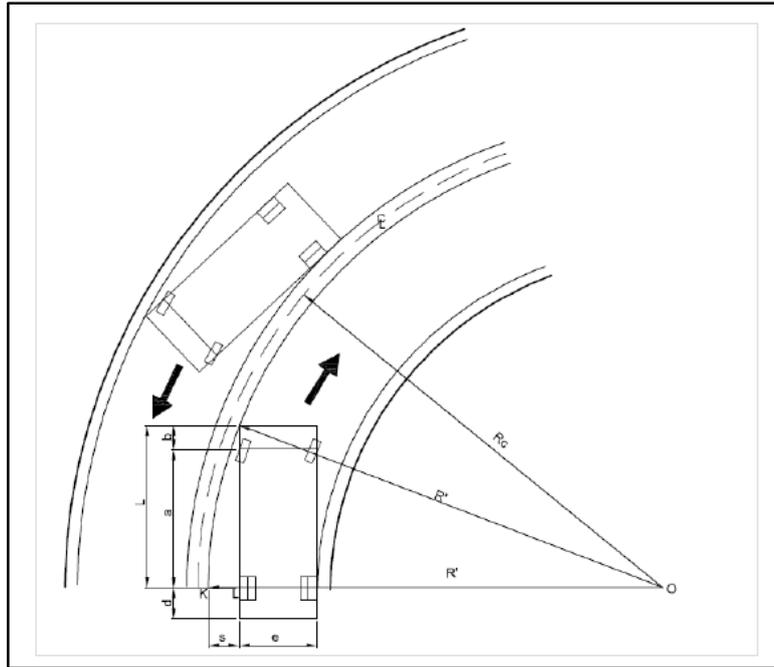


Figura 8: Sobreelevación en las curvas

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

2.2.4.4 Diseño Geométrico en perfil

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a las cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas.

a) Pendiente

Pendiente mínima

Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0.5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales. Se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0.2%.

- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0.2%.
- Si el bombeo es de 2.5%, excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.
- Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0.5% y la mínima excepcional de 0.35%.
- En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser de 0.5%.

b) Pendiente máxima

Es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en la Tabla 7, no obstante, se pueden presentar los casos particulares siguientes:

Tabla 8: Pendientes máximas (%)

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			10.00	10.00
40 km/h																			9.00	8.00
50 km/h											7.00	7.00			8.00	9.00			8.00	8.00
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00		
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00		
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00	7.00		
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00				6.00	6.00		
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00							
110 km/h	4.00	4.00			4.00															
120 km/h	4.00	4.00			4.00															
130 km/h	3.50																			

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

- c) **Curvas Verticales:** Los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás. Dichas curvas verticales parabólicas, son definidas por su parámetro de curvatura K, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente, así:

$$K = L/A$$

Donde:

K: Parámetro de curvatura

L: Longitud de la curva vertical

A: Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

- d) **Tipos de curvas verticales:** Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales convexas y cóncavas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas. En la Figura 8 se indican las curvas verticales convexas y cóncavas y en la Figura 9 las curvas verticales simétricas y asimétricas. (p.138)

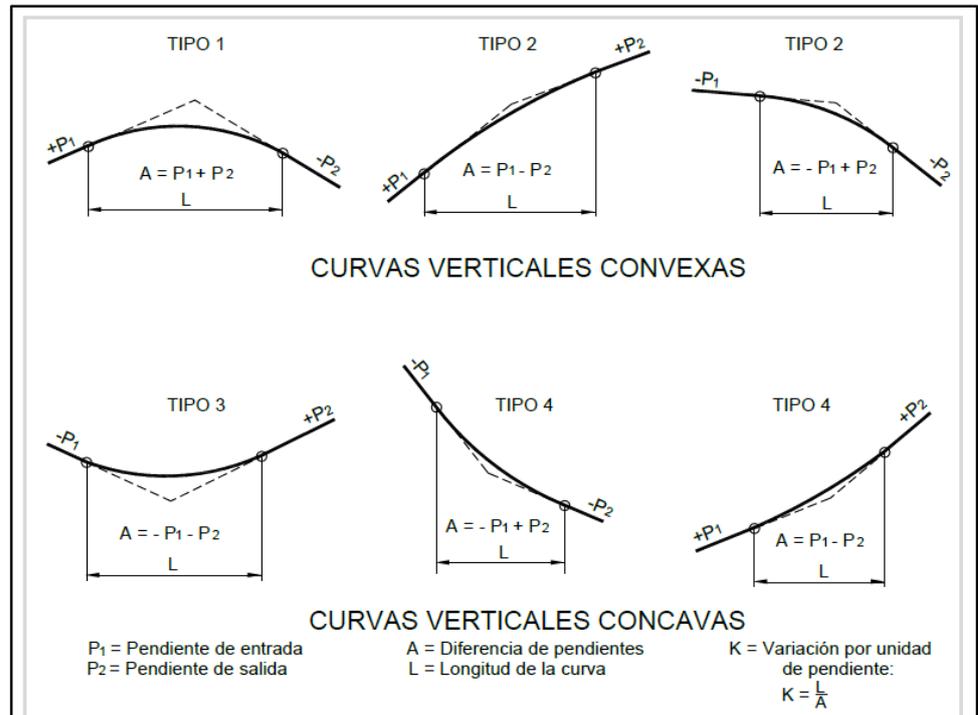


Figura 9: Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

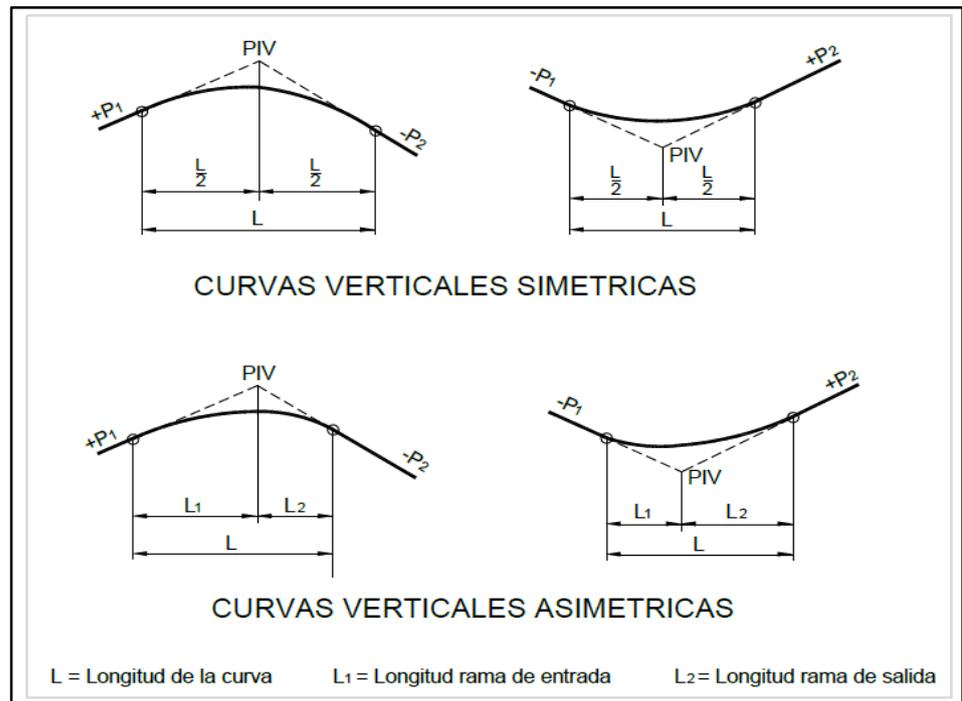


Figura 10: Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas según longitud

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

Tabla 9: Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	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
90	160	39	615	438

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

Tabla 10: Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m)	Índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

2.2.4.5 Diseño Geométrico de la sección transversal

El diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir

la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

a) Elementos de la sección transversales, en la figura 10, se muestra una sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales con concentración de personas, comercio y/o tránsito de vehículos menores, incluyendo ciclovías.

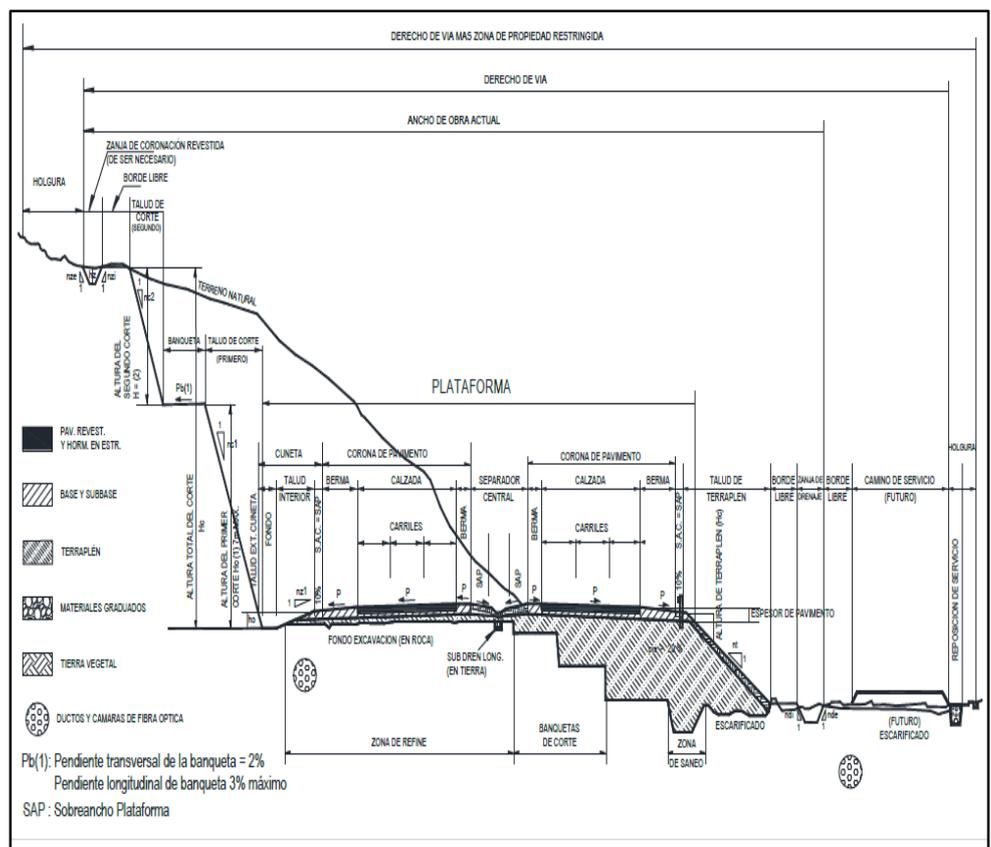


Figura 11: Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

b) **Calzada o superficie de rodadura:** Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la banqueta. La calzada se divide en carriles, los que están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

El número de carriles de cada calzada se fijará de acuerdo con las previsiones y composición del tráfico, acorde al IMDA de diseño, así como del nivel de servicio deseado. Los carriles de adelantamiento, no serán computables para el número de carriles. Los anchos de carril que se usen, serán de 3,00 m, 3,30 m y 3,60 m.

Se tendrán en cuenta las consideraciones siguientes:

- En autopistas: El número mínimo de carriles por calzada será de dos
- En carreteras de calzadas únicas: Serán dos carriles por calzada
- En carreteras de calzada única: Serán dos carriles por calzada

c) Ancho de la calzada en Tangente: El ancho de la calzada en tangente, se determinará tomando como base, el nivel de servicio deseado al finalizar el período de diseño. En consecuencia, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio.

En la Tabla 11, se indican los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Tabla 11: Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6,000				6,000 - 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400							
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase							
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Velocidad de diseño: 30km/h																					6.00	6.00		
40 km/h																					6.60	6.60	6.60	6.00
50 km/h													7.20	7.20					6.60	6.60	6.60	6.60	6.00	
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60				
70 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60				6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20					6.60	6.60				
90 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20			7.20								6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20					7.20												
110 km/h	7.20	7.20		7.20																				
120 km/h	7.20	7.20		7.20																				
130 km/h	7.20																							

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

d) **Ancho de Berma:** En la Tabla 12, se establece el ancho de bermas en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

Tabla 12: Ancho de Bermas

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera									
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400									
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase									
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4						
Velocidad de diseño: 30 km/h																									0.50	0.50
40 km/h																					1.20	1.20	0.90	0.50		
50 km/h													2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.90					
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20								
70 km/h					3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20			1.20	1.20							
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00			1.20	1.20								
90 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00			2.00				1.20	1.20								
100 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00					2.00														
110 km/h	3.00	3.00		3.00																						
120 km/h	3.00	3.00		3.00																						
130 km/h	3.00																									

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

e) **Bombeo:** En tramos en tangente o en curvas en contra peralte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona. La Tabla 13 especifica los valores de bombeo de la calzada. En los casos dónde indica rangos, el proyectista definirá el bombeo, teniendo en cuenta el tipo de superficies de rodadura y la precipitación pluvial.

Tabla 13: Valores del bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

El bombeo puede darse de varias maneras, eso depende del tipo de carretera y la conveniencia de evacuar adecuadamente las aguas, entre las que se indican:

- La denominada de dos aguas, cuya inclinación parte del centro de la calzada hacia los bordes.
- El bombeo de una sola agua, con uno de los bordes de la calzada por encima del otro. Esta solución es una manera de resolver las pendientes transversales mínimas, especialmente en tramos en tangente de poco desarrollo entre curvas del mismo sentido
- Los casos antes descritos se presentan en la Figura 12

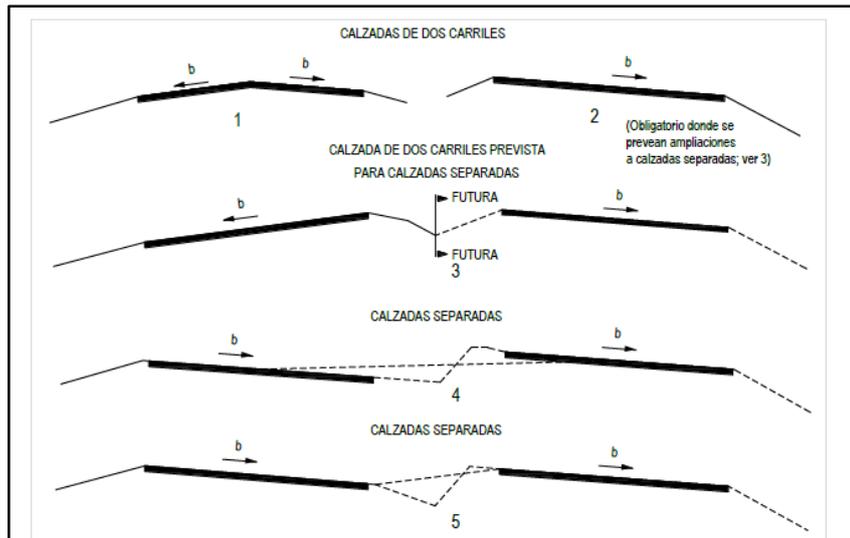


Figura 12: Casos de bombeo

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

- f) **Peralte:** Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo. Valores del peralte, se indican los valores máximos del peralte, para las condiciones descritas:

Tabla 14: Valores de Peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0	8.0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8.0	6.0%	302.05

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

- g) **Taludes:** El talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal. Los taludes para las secciones en corte, variarán de acuerdo a las características geomecánicas del terreno; su altura, inclinación y otros detalles de diseño o tratamiento.

Se determinarán en función al estudio de mecánica de suelos o geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, según sea el caso, con la finalidad de determinar las condiciones de su estabilidad, aspecto que debe contemplarse en forma prioritaria durante el diseño del proyecto, especialmente en las zonas que presenten fallas geológicas o materiales inestables, para optar por la solución más convenientes, entre diversas alternativas. La Figura 13 ilustra una sección transversal típica en tangente a media ladera, que permite observar hacia el lado derecho, el talud de corte y hacia el lado izquierdo, el talud del terraplén.

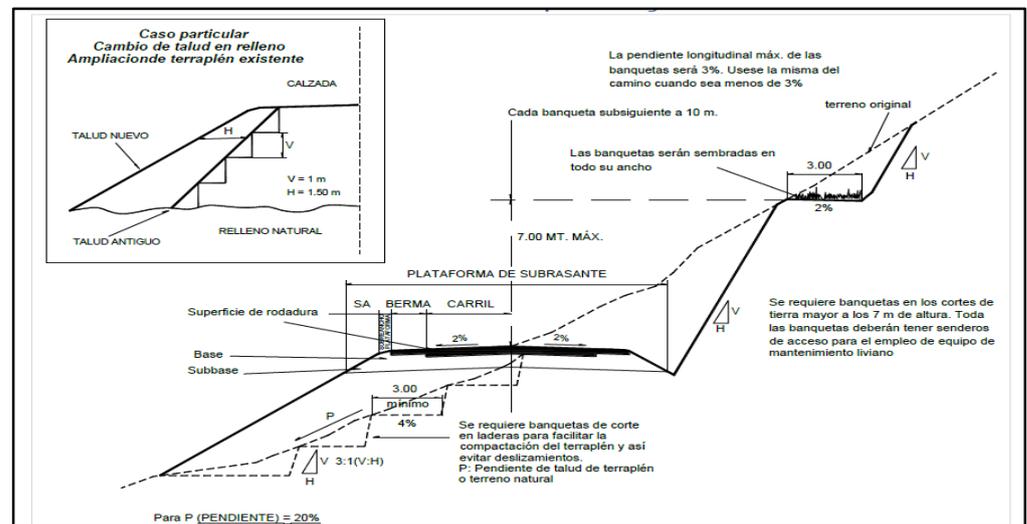


Figura 13: Sección transversal típica en tangente

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

La Tabla 15: muestra valores referenciales de taludes en zonas de corte.

Tabla 15: Valores referenciales para taludes en corte (Relación H: V)

Clasificación de materiales de corte	Roca fija	Roca suelta	Material		
			Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte < 5 m	1:10	1:6-1:4	1:1 - 1:3	1:1	2:1
5-10 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
>10 m	1:8	1:2	*	*	*

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

En la figura 13, figura 14, figura 15 se muestran casos típicos de tratamiento, alabeo y redondeo de taludes, muestra valores referenciales de taludes en zonas de corte.

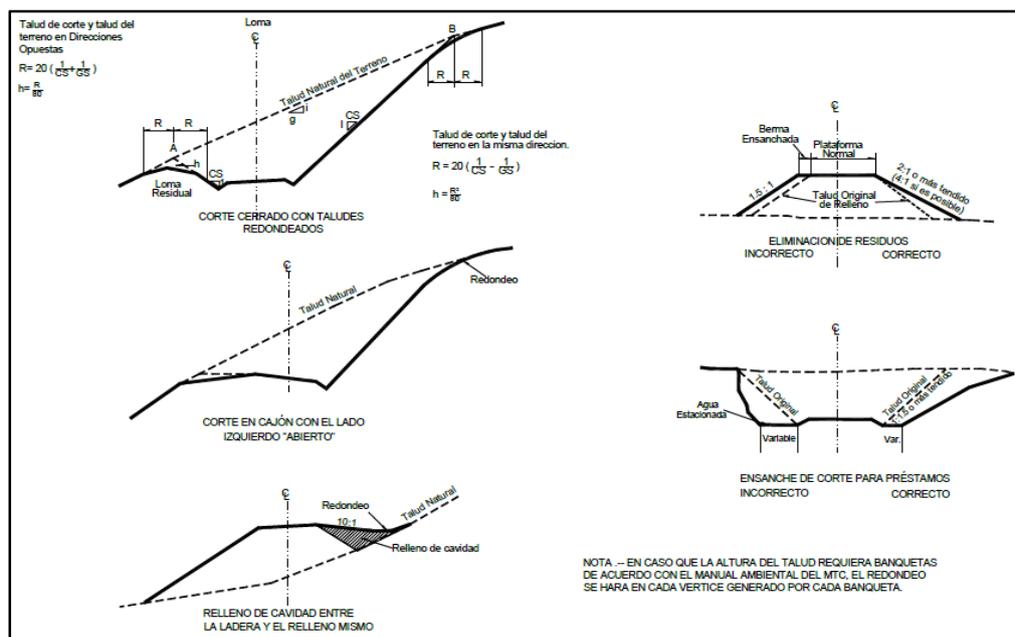


Figura 14: Sección transversal típica en tangente

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

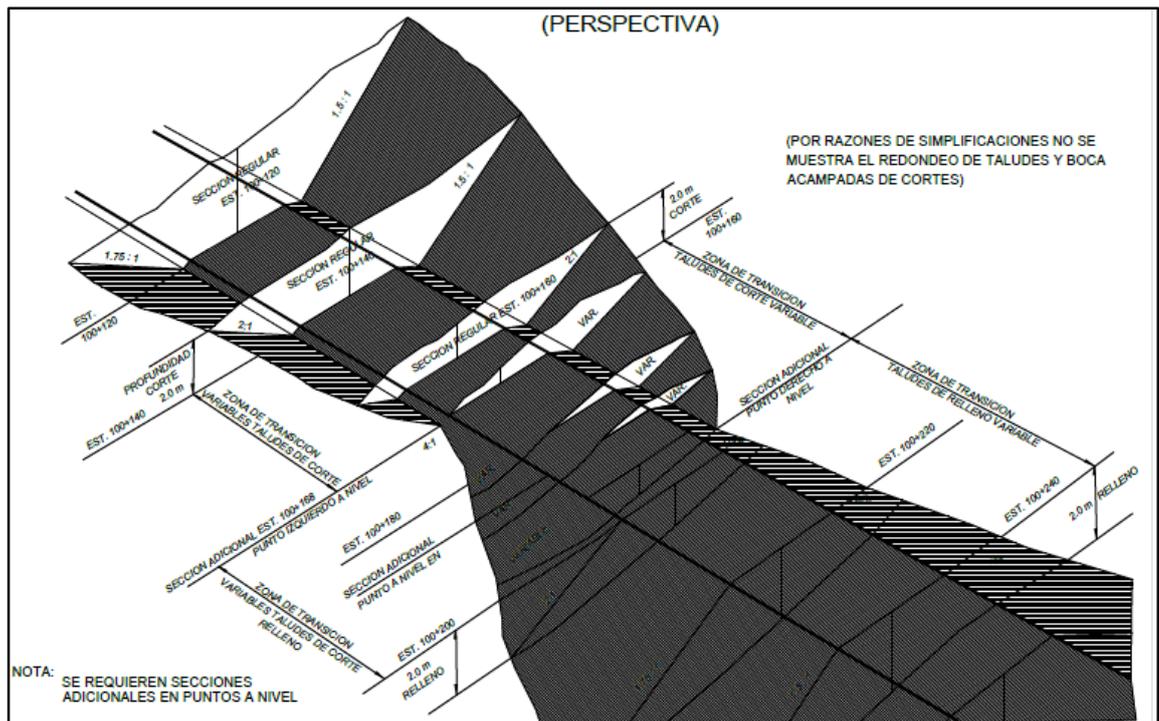


Figura 15: Alabeo de taludes en transiciones de corte y relleno

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

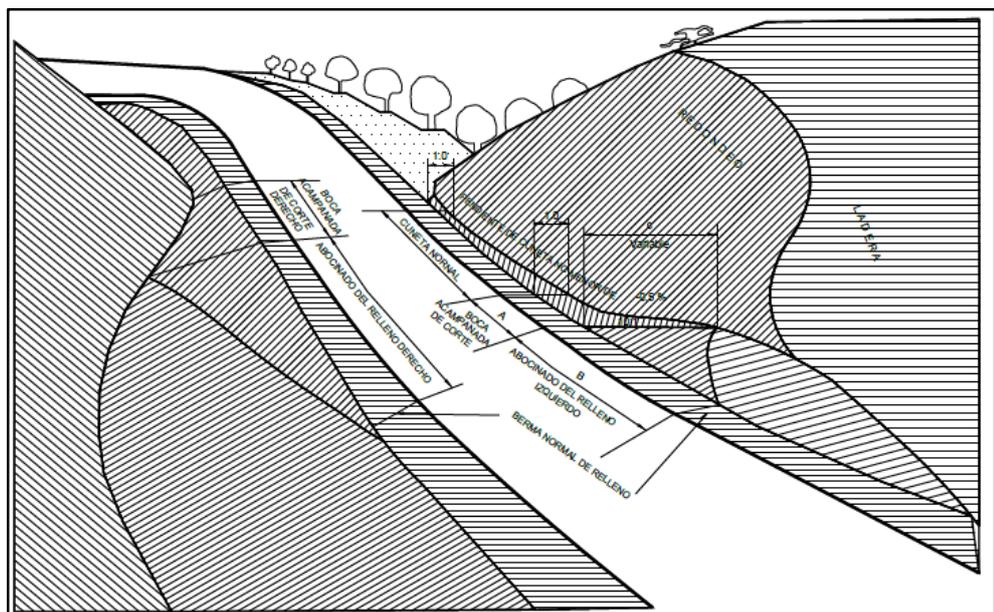


Figura 16: Tratamiento de boca acampanada y relleno abocinado en la entrada al corte

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

Los taludes en zonas de relleno (terraplenes), variarán en función de las características del material con el cual está formado. En la Tabla 15 se muestra taludes referenciales.

Tabla 16: Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	<5	5-10	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1.5	1:1.75	1:2
Arena	1:2	1:2.25	1:2.5
Enrocado	1:1	1:1.25	1:1.5

Fuente: Manual de carretera Diseño Geométrico (2018)

El cambio de un talud a otro debe realizarse mediante una transición la cual por lo general se denomina alabeo.

En las transiciones de cortes de más de 4.00 m de altura a terraplén, o viceversa, los taludes de uno y otro deberán tenderse, a partir de que la altura se reduzca a 2.00 m, en tanto que la longitud de alabeo no debe ser menor a 10.00 m.

Si la transición es de un talud a otro de la misma naturaleza, pero con inclinación distinta, el alabeo se dará en un mínimo de 10.00 m.

La parte superior de los taludes de corte, se deberá redondear para mejorar la apariencia de sus bordes, (p. 202)

2.3 Definición de términos básicos

Afirmado. Capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

Agregado. Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Agregado fino. Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N 4 (4,75 mm) y contiene finos.

Agregado grueso. Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N 4 (4,75mm).

Alcantarilla. Elemento del sistema de drenaje superficial de una carretera, construido en forma transversal al eje o siguiendo la orientación del curso de agua; puede ser de madera, piedra, concreto, metálicas y otros. Por lo general se ubica en quebradas, cursos de agua y en zonas que se requiere para el alivio de cunetas.

Análisis Granulométrico. Procedimiento para determinar la granulometría de un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

Asentamiento. Desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía.

Bache. Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

Badén. Estructura construida con piedra y/o concreto para permitir el paso vehicular sobre quebradas de flujo estacional o de flujos de agua menores. A su vez, permiten el paso de agua, materiales y de otros elementos sobre la superficie de rodadura.

Base. Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una sub base o de la sub rasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños. La base es parte de la estructura del pavimento.

Berma. Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

Bombeo. Inclinación transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.

Camino. Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados y no motorizados, peatones y animales, con excepción de las vías férreas.

Canal. Zanja construida para recibir y encauzar medianas o pequeñas cantidades de agua provenientes del terreno natural o de otras obras de drenaje.

Cantera. Deposito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras.

Carretera. Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Carretera afirmada. Carretera cuya superficie de rodadura está constituida por una o más capas de AFIRMADO.

Carril. Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

Cauce. Lecho de ríos, quebradas y arroyos.

Clotoide. Es una curva plana del tipo espiral que se utiliza como curva de transición en el diseño geométrico de vías.

Cota. Altura de un punto sobre un plano horizontal de referencia.

Cota de rasante. Valor numérico de un punto topográfico que representa el nivel terminado o rasante referido a un BENCH MARK (BM).

Cota de terreno. Valor numérico de un punto topográfico del terreno referido a un BENCH MARK (BM).

Cuneta. Canales abiertos construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y sub-superficiales precedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes a fin de proteger la estructura del pavimento.

Curva de nivel. Línea definida por la intersección del terreno con un plano horizontal estableciéndose una cota determinada, la curva de nivel une puntos de igual cota.

Curva horizontal. Curva circular que une los tramos rectos de una carretera en el plano horizontal.

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

Curva vertical. Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente.

Defensa ribereña. Estructura construida para proteger las obras de infraestructura de las crecidas de los ríos.

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 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.

Diseño geométrico de carreteras. Consiste en situar el trazado de una carretera, los puntos en tomar en cuenta para situar una carretera sobre la superficie son: topografía del terreno, la geología, el medio ambiente, la hidrología o factores sociales y urbanísticos. El primer paso para el trazado de una carretera es un estudio de viabilidad que determine el corredor donde podría situarse el trazado de la vía. Generalmente se estudian varios corredores y se estima cual puede ser el coste ambiental, económico o social de la construcción de la carretera.

Estudio de suelos. Documento técnico que engloba el conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tiene por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las sollicitaciones de carga.

Huaico. Gran masa de material compuesta de suelos, rocas, vegetaciones, etc. movilizadas abruptamente de las partes altas debido a diversos fenómenos naturales. Esta masa así movilizada, en su recorrido, adquiere la consistencia de un lodo aluviónico pesado y destructor que, al llegar a un río próximo se disipa. Este fenómeno, en términos internacionales corresponde a la definición de flujo aluviónico o simplemente aluvión, siendo una característica típica de ciertas rocas blandas (arcillas, margas) o de ciertas rocas duras con un alto grado de alteración.

Índice medio diario anual (IMDA). Volumen promedio del tránsito de vehículos en ambos sentidos durante 24 horas de una muestra vehicular (conteo vehicular), para un período anual.

Ladera. Terreno de mediana o fuerte inclinación donde se asienta la carretera.

Lecho. Curso de un río o quebrada por donde corren las aguas en crecientes y estiajes.

Levantamiento topográfico. Conjunto de operaciones de medidas efectuadas en el terreno para obtener los elementos necesarios y elaborar su representación gráfica.

Muro. Estructura destinada a garantizar la estabilidad de los elementos que constituye la vía, según su función, se denominan: de contención, sostenimiento, encauzamiento y otros.

Obras de drenaje. Conjunto de obras que tienen por fin controlar y/o reducir el efecto nocivo de las aguas superficiales y subterráneas sobre la vía, tales como: alcantarillas, cunetas, badenes, subdrenes, zanjas de coronación y otras de encauzamientos.

Pendiente de la carretera. Inclinación del eje de la carretera, en el sentido de avance.

Perfil longitudinal. Trazado del eje longitudinal de la carretera con indicación de cotas y distancias que determina las pendientes de la carretera.

Peralte. Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

Punto de intersección. Punto en que se cortan las prolongaciones de dos tangentes sucesivas, conocido como PI.

Punto de tangencia. Punto donde termina la tangente y comienza la curva, conocido como PT.

Quebrada. Abertura entre dos montañas, por formación natural o causada por erosión de las aguas.

Rasante. Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.

Red vial: Conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (Nacional, Departamental o Regional y Vecinal o Rural).

Red vial departamental o regional. Conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito de un Gobierno Regional. Articula básicamente a la Red Vial Nacional con la Red Vial Vecinal o Rural.

Red vial nacional. Corresponde a las carreteras de interés nacional conformada por los principales ejes longitudinales y transversales, que constituyen la base del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). Sirve como elemento receptor de las carreteras Departamentales o Regionales y de las carreteras Vecinales o Rurales.

Red vial vecinal o rural. Conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito local, cuya función es articular las capitales de provincia con capitales de distrito, éstas entre sí, con centros poblados ó zonas de influencia local y con las redes viales nacional y departamental o regional

Replanteo topográfico. Acción de trazar y/o controlar en el terreno un proyecto antes, durante y después de su ejecución y cuantas veces sea necesario.

Roca. Material formado por diversos minerales unidos por fuerzas cohesivas permanentes.

Roca fija. Masas de rocas medianas o fuertemente litificadas que, debido a su cohesión y consolidación, requieren necesariamente el empleo sistemático de explosivos para su disgregación.

Roca suelta. Masas de rocas cuyos grados de fracturamiento, cohesión y consolidación, necesiten el uso de maquinaria y/o requieran explosivos, siendo el empleo de este último en menor proporción que para el caso de roca fija.

Sección transversal. Representación gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas.

Sobreancho. Ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

Subdren. Obra de drenaje que tiene por finalidad deprimir la napa freática que afecta la vía por efectos de capilaridad.

Subrasante. Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

Superficie de rodadura. Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma.

Talud. Inclinação de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes.

Terraplén. Parte de la explanación situada sobre el terreno original. También se le conoce como relleno.

Transitabilidad. Nivel de servicio de infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.

Trocha carrozable. Vía transitable que no alcanza las características geométricas de una carretera.

Velocidad de diseño. Máxima velocidad con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto.

Velocidad de operación. Máxima velocidad autorizada para la circulación vehicular en un tramo o sector de la carretera.

Vía. Camino, arteria o calle.

Vida útil. Lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido.

Zanjas de coronación. Canal abierto en terreno natural, encima de un talud de corte, destinado a captar y conducir las aguas de escorrentía y evitar la erosión del talud.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

Si se desarrolla el diseño de vía de acceso Vichka - Huayra, se logra una mejora en la transitabilidad en el distrito de Tupe – Yauyos – Lima.

2.4.2 Hipótesis Específica

Si se analiza el estudio topográfico contribuirá para el Diseño de la vía de acceso Vichka - Tupe, en el distrito de Tupe - Yauyos – Lima.

Si se analiza el estudio de suelos contribuirá para el Diseño de la vía de acceso Vichka - Huayra, en el distrito de Tupe - Yauyos – Lima.

Si se diseña las obras de arte contribuirá para el Diseño de la vía de acceso Vichka - Huayra, en el distrito de Tupe - Yauyos - Lima.

CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

La investigación es aplicada, porque tiene como fin diseñar una vía de acceso, de los cuales con estudios previos se pudo definir estrategias de solución en la vía. Asimismo, la presente tesis tiene un enfoque mixto porque se combinó datos cuantitativo, ya que en el diseño tendremos resultados numéricos, luego de identificar, controlar se pudo llevar a cabo un óptimo diseño del proyecto y cualitativo porque se enfocará en el diseño y se verá la diferencia de la trocha carrozable existente. Es tipo descriptivo, porque consiste en describir los procedimientos del diseño de la vía.

3.2 Nivel de investigación

La presente tesis es de nivel Explicativa porque enriqueció los beneficios, basado en información de campo; para luego ser mostrados estadísticamente mediante, encuestas, gráficos, cuadros y tablas.

3.3 Diseño de investigación

Para la elaboración de la tesis el diseño de la investigación es Experimental porque mediante diseños se logró al objetivo principal. Además el diseño es retrospectivo porque se basó en datos facilitados por la Municipalidad del Distrito de Tupe, como el estudio de Suelos y Levantamiento Topográfico. En parte de los estudios obtenidos, sería un diseño transversal de lo cual se basó los estudios del proyecto del 2016.

3.4 Variables

3.4.1 Definición operacional de las variables

Tabla 17: Operacionalización de la variable independiente

	INDICADORES	INDICES	INSTRUMENTO
VARIABLE INDEPENDIENTE: Diseño de la vía de acceso	Estudio topográfico	Levantamiento topográfico	Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito
	Estudio de suelos	Análisis de ensayos y prueba	Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito
	Diseño de obras de arte	Dimensiones mínimas establecidas	Manual de carretera: Hidrología, Hidráulica y Drenaje

Elaboración: el autor

3.5 Población y muestra

La población y muestra del proyecto de investigación que se desarrolló es el tramo Vichka – Huayra, que se encuentra en la parte Sierra de Lima, Provincia Yauyos, distrito Tupe, ubicándose en este último; teniendo su cota inicial 0+000 en Vichka y cota final 1+757.04, es decir cuenta con 1.757 km de recorrido el diseño.

3.6 Técnicas de la investigación

Las técnicas de investigación que se usó para la presente tesis son:

Observación científica, se hizo el reconocimiento a la zona afectada, que en el tramo Vichka – Huayra observándose deteriorado y registrar las posibles soluciones; ya que por el fenómeno ocurrido del Niño Costero ocurrido se registró varios puntos del tramo destruidos y más aún no se cuenta con el ancho mínimo de la vía. Por este análisis de reconocimiento de lugar y situación de la vía es que se hace un nuevo trayecto, diseñándose una carretera de tercera clase de acuerdo al Manual de Carreteras: Diseño Geométrico 2018.

El estudio topográfico y el estudio de suelos fueron brindadas por la Municipalidad Distrital de Tupe.

3.7 Instrumento de recolección de datos

Para la recolección de datos, esta tesis se basó en el requerimiento de los pobladores de la zona, habiéndose construido una reciente trocha carrozable. No se realizó un control de Inventario viales; más aun siendo inhabilitado el acceso por los fenómenos naturales, indica un bajo volumen de tránsito.

Se recolectó información de instituciones como el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), para poder obtener las precipitaciones, del tramo a diseñar que se encuentra en la parte sierra de Lima para poder dimensionar las cunetas.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 Procedimiento para el diseño de la vía de acceso

Se mostrará mediante planos y cuadros las características del diseño, la cual ya mencionado en los antecedentes existió una trocha carrozable, y con el nuevo diseño se convertirá en una carretera de tercera clase, mostrando a continuación todas las índices y parámetros que se necesitará para el diseño:

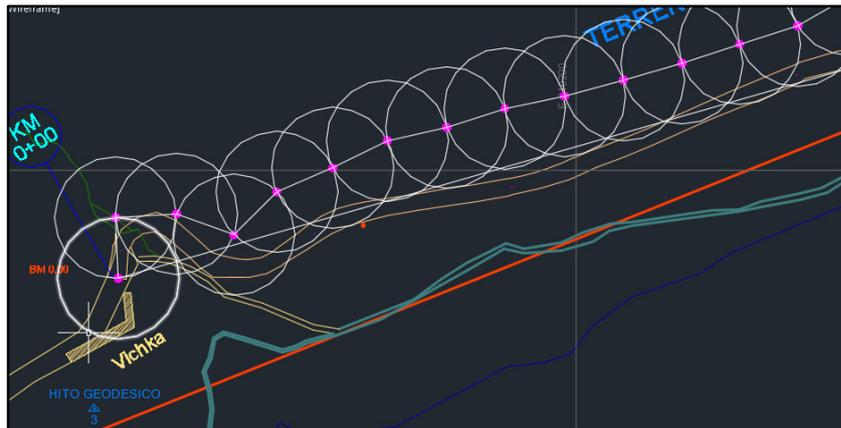


Figura 17: Comprobación de las pendientes del terreno

Elaboración: el autor

En la Figura N° 17, se observa que se debió determinar qué tipo de terreno tenemos para el diseño, cumpliendo con las pendientes dadas por el Diseño Geométrico – 2018, encontrándose sus pendiente transversal al eje de la vía entre 51% y 100% y su pendientes longitudinales se encuentran entre 6% y 8% y por consecuencia de ello se requiere considerables movimientos de tierra, mostrándose así dificultades en el trazo dado. Por lo tanto, según estas características este diseño está considerado como terreno accidentado (tipo 3). Ver anexo 6.

Según la tabla 18 tuvo una velocidad de diseño que oscila entre los 30kph y 50 Kph según su clasificación y orografía, por lo cual se diseñó con una velocidad de 30kph por condiciones del terreno.

Tabla 18: Cantidad de patologías según dirección del elemento

V (km/h)	L min. s (m)	L min. o(m)	L máx. (m)
30	42	84	500

Elaboración: el autor

En la tabla N° 18, se observa las dimensiones que debe tener la longitud, cumpliéndose con el manual DG – 2018. Se detalla en el plano de perfil indicándose que se consideró dichas condiciones. Ver Anexo1.

Para sus radios mínimos se utilizó, según el DG-2018, 25 m por la ubicación de la vía, por ubicarse en una zona rural accidentada.

Se consideró un sobreebanco según la condición de 0.45m que es para calzada de 6m y será utilizado para curvas ensanchadas según el DG-2018.

Tabla 19: Pendientes máximas

V (km/h)	Carretera < 400 Tercera Clase
30	10

Elaboración: el autor

En la tabla N° 19, se observa las dimensiones que debe tener la longitud, cumpliéndose con el manual DG – 2018. Se detalla en el plano de perfil indicándose que se consideró dichas condiciones. Ver Anexo1.

Tabla 20: Índice de curvatura K en carretera de tercera clase

V (km/h)	Índice de Curvatura convexa K	Índice de Curvatura cóncava K
30	46	6

Elaboración: el autor

En la tabla N° 20, se observan las dimensiones que deben tener los parámetros de la curva, cumpliéndose con el manual DG – 2018. Para el presente diseño dependió de su longitud y pendiente, verificándose en cada tramo de curvatura. Ver Anexo1.

Según el DG-2018 por la velocidad en el diseño, se tendrá un ancho de berma y calzada:

Tabla 21: Datos de Calzada y Berma de Diseño

V (km/h)	Calzada	Berma
30	6	0.50

Elaboración: el autor

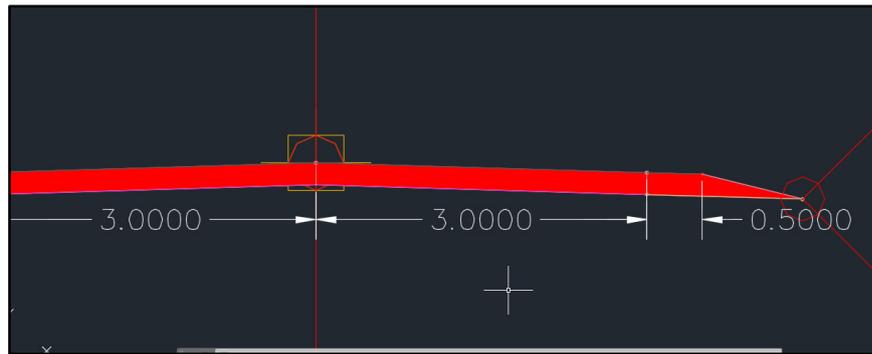


Figura 18: Sección de la Calzada y Berma (corredor)

Elaboración: el autor

En la tabla 21 y la Figura 18, se observa cómo será la sección incluida las bermas y calzadas, las cuales en forma de corredor irán por todo el tramo de la carretera con sus condiciones mínimas. Ver Anexo1.

Tabla 22: Bombeo en la calzada a diseñar

Tipo de Superficie	Bombeo
	Precipitación < 500mm
Afirmado	3%

Elaboración: el autor

En la tabla N° 22, se observa que el bombeo que se empleó en el diseño es el que se indica con el fin de la inclinación de la calzada, utilizándose en los diversos casos de bombeo de la vía. Según SENAMHI por ubicarse en la parte sierra, su precipitación será menor a 500mm. Ver Anexo1.

Tabla 23: Peralte máximo de diseño

Pueblo o Ciudad	Peralte máximo	
	Absoluto	Normal
Zona Rural (Accidentado y escarpado)	12%	8%

Elaboración: el autor.

En la tabla N° 23, se observa que el peralte depende del terreno a diseñar. Usando los dos peraltes, ambos son válidos, pues se condicionan al terreno. Ver Anexo1.

4.2 Procedimiento para determinar el movimiento de tierra, según el estudio de suelos

a. Ensayos Estándares

Tabla 24: Resumen de los resultados de ensayos estándar

CALICATA	% GRAVA	% ARENA	% FINOS	D 10(mm)	D 30(mm)	D 60(mm)	Cu	Cc
KM 0+000	37.38	46.34	16.27	0.046	0.371	3.677	79.78	0.81
KM 0+500	34.25	48.1	17.65	0.043	0.336	2.459	57.86	1.09
KM 1+000	32.41	46.08	21.51	0.035	0.274	1.669	53.6	1.16
KM 1+500	35.97	46.55	15.48	0.048	0.371	3.005	62.05	0.95
KM 2+000	20.31	65.23	14.46	0.052	0.476	1.323	25.5	3.33

Elaboración: el autor

Tabla 25: Clasificación de Suelos

CALICATA	LL %	LP %	IP %	AASHTO	SUCS	NOMBRE DE GRUPO (ASTM 2000) D-2467
KM 0+000	26.69	18.72	8.17	A-2-4	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
KM 0+500	25.84	17.21	8.63	A-2-4	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
KM 1+000	25.67	16.2	9.47	A-2-4	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
KM 1+500	26.66	17.76	8.9	A-2-4	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA
KM 2+000	NP	NP	NP	A-1-B	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA

Elaboración: el autor

b. Ensayos de Proctor Modificado y CBR

Tabla 26: Ensayo de Proctor Modificado

PROCTOR MODIFICADO	CLASIFICACIÓN AASHTO	MDS Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	OCH Óptimo contenido de humedad(%)
KM 2+000	A-1-b (0)	1.993	8.84

Elaboración: el autor

Tabla 27: Ensayo de C.B.R

CBR	AASHTO	CBR AL 100%	CBR AL 95%	EXPANSIÓN
KM 2+000	A-1-b	14	10	0.03%

Elaboración: el autor

De acuerdo a los estudios de suelos, resultó un CBR de 10% el cual se clasifica como subrasante regular.

Tabla 28: Resumen de Clasificación de suelo y CBR

PROGRESIVA	AASHTO	SUCS	Nombre de Grupo (ASTM 2000) D-2467	CBR % DISEÑO
00+000	A-2-4	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	10
00+500	A-2-4	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	10
01+000	A-2-4	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	10
01+500	A-2-4	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	10
02+000	A-1-b	SM	ARENA LIMOSA CON GRAVA	10

Elaboración: el autor

Resultará un cuadro de resumen del movimiento de tierra, de la cual fue determinada por las cortes y relleno; según estos en relación de H: V, y el estudio de suelos, para saber qué tipo de suelo es y la inclinación de corte.

A continuación los detalles de relación que se utilizó para corte y relleno según el DG- 2018

Tabla 29: Valores referenciales para taludes en corte (Relación H: V)

Clasificación de materiales de corte		Roca Suelta H:V
Altura de Corte	5-10m	1:4

Elaboración: el autor

Tabla 30: Valores referenciales para taludes en relleno (Relación H: V)

Clasificación de materiales de relleno		Roca Suelta H:V
Altura de relleno	5-10m	1:1.75

Elaboración: el autor

De la tabla 29 y 30, se observan cuáles son las condiciones de las relaciones H: V que se utilizó para las secciones, es ahí donde se obtiene el cuadro de volumen de movimiento de tierra. (Ver Anexo 6). En él están los planos de secciones (Ver el Anexo 5) donde se ubican los cuadros de movimientos de tierra, determinados por cada cota que están cada 20m.

4.3 Procedimiento para determinar las obras de arte en este caso (cunetas)

Para este diseño se investigó cual es la precipitación anual de la zona en el SENAMHI; siendo los meses de diciembre a marzo los más intensas, pues las lluvias llegan a 500mm anuales. Se tomó en cuenta esta información para hallar las dimensiones del diseño de la cuneta que nos benefició en el diseño.

A continuación se presenta una imagen que brinda las dimensiones dadas por el SENAMHI:

Tabla 31: Dimensiones mínimas para cuneta a diseñar

REGIÓN	PROFUNDIDAD (D) (M)	ANCHO (A) (M)
Seca (<400 mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a <1600 mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a <3000 mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (>3000 mm/año)	0.30*	1.20

Fuente: Manual de carretera Hidrología, Hidráulica y Drenaje

Interpretación:

De la Tabla 31, se observa la clasificación por Región, profundidad y ancho. En este caso por considerarse una región lluviosa, se tienen dimensiones mínimas para el diseño de cunetas. Se usó de profundidad 0.30m y ancho 0.75m. Ver Anexo 6

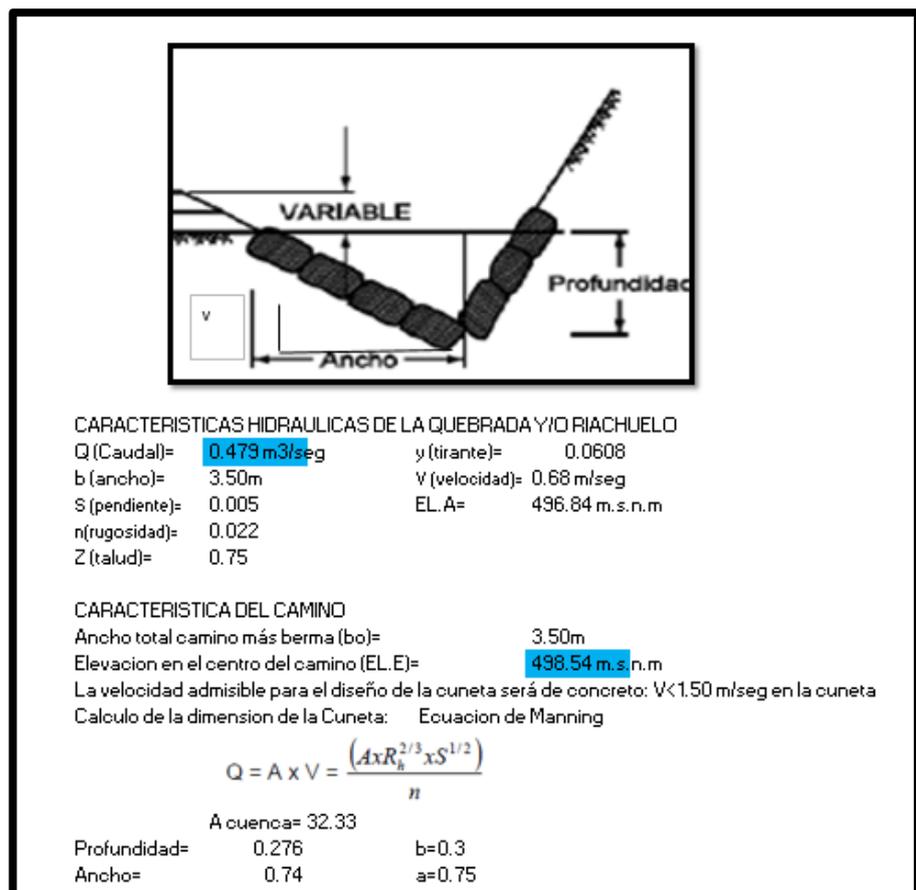


Figura 19: diseño de cuneta 0+000 al 0+934 km

Elaboración: el autor

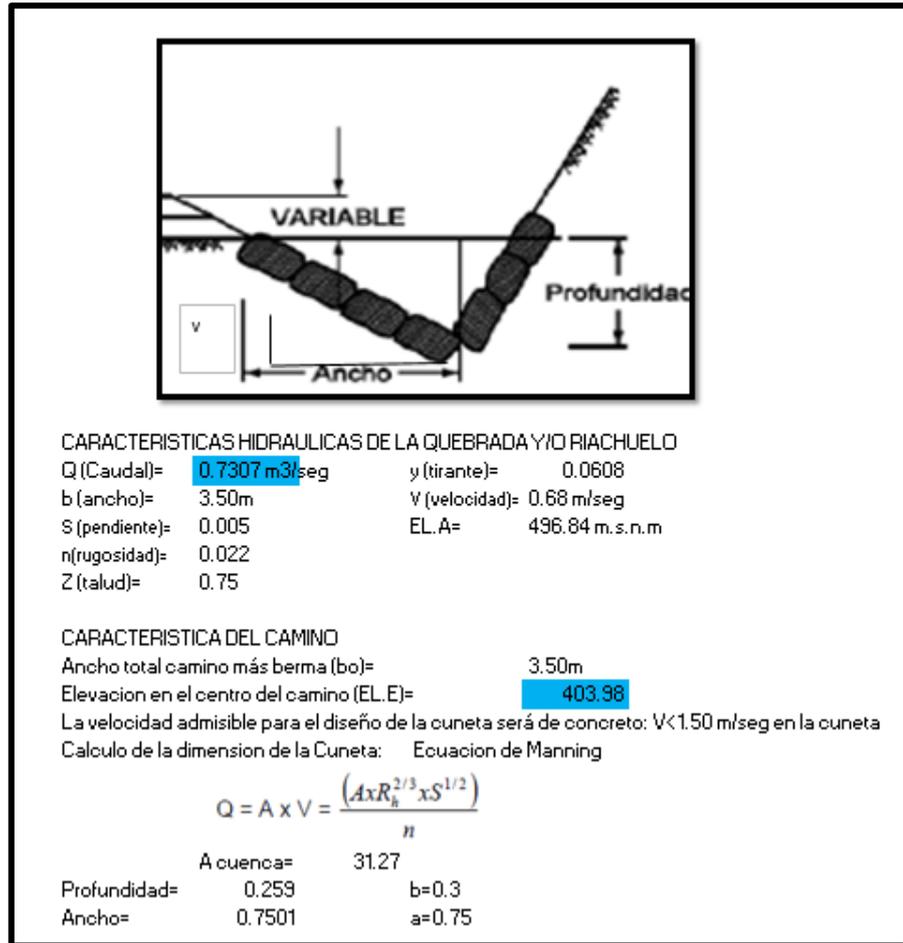


Figura 20: diseño de cuneta 0+934 al 1+750 km

Elaboración: el autor

Tabla 32: Característica de diseño de cuneta

PROGRESIVA	OBRA DE ARTE	COTA RAZANTE	AREA CUENCA (KM2)	Q (m3/s)
0+000 AL 0+934	CUNETAS	498.54	32.33	0.479
0+934 AL 1+754	CUNETAS	403.98	31.27	0.7307

Elaboración: el autor

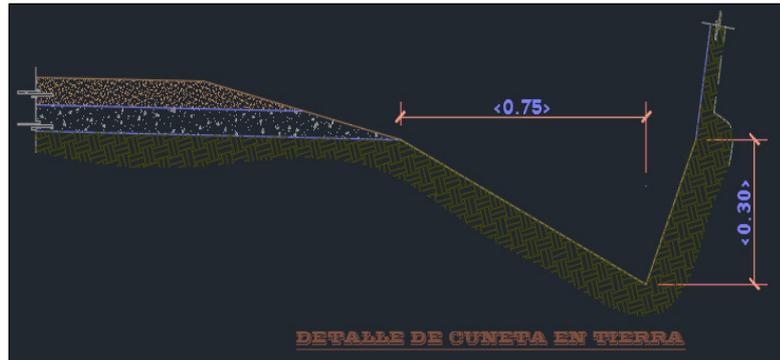


Figura 21: Detalle de la cuneta diseñada

Elaboración: el autor

Característica del diseño de la vía

Clasificación por demanda	Tercer Clase
Clasificación por Orografía	Tipo 3 (Accidentado)
Velocidad de diseño	30 Kph
Longitud de tramos tangente	
L _{min S}	42 m
L _{min O}	84 m
L _{max}	500 m
Radio mínimo	25 m
Bombeo	3%
Peralte máximo	12%
Pendientes	
Pendientes mínima	0.50%
Pendientes máximas	10% por Velocidad
	8 % por Orografía
K convexo mín	46
K concavo	6
Ancho de Calzada	6
Ancho de Berma mín	0.5
Sobreecho mínimo	0.45
Cunetas	
Ancho	0.75
Profundidad	0.3
Talud Roca Suelta de Relleno	
H <5 - 10>	1:4
Talud Roca Suelta de Corte	
H <5 - 10>	1:1.75

Elaboración: el autor

CAPÍTULO V

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Contrastación de hipótesis

Hipótesis específica

Hipótesis específica 1:

Hipótesis nula 1 (H0):

Al analizar el estudio topográfico, no contribuye al diseño de la vía de acceso Vichka – Huayra en el distrito de Tupe – Yauyos -Lima.

Hipótesis alterna 1 (H1):

Al analizar el estudio topográfico, sí contribuye al diseño de la vía de acceso Vichka – Huayra en el distrito de Tupe – Yauyos -Lima.

Hipótesis específica 2:

Hipótesis nula 2 (H0):

Al analizar el estudio de suelos, no contribuye al diseño de la vía de acceso Vichka – Huayra en el distrito de Tupe – Yauyos -Lima.

Hipótesis alterna 2 (H2):

Al analizar el estudio de suelos, sí contribuye al diseño de la vía de acceso Vichka – Huayra en el distrito de Tupe – Yauyos -Lima.

Hipótesis específica 3:

Hipótesis nula 3 (H0):

Al diseñar las obras de arte, no contribuye al diseño de la vía de acceso Vichka – Huayra en el distrito de Tupe – Yauyos -Lima.

Hipótesis alterna 3 (H3):

Al diseñar las obras de arte, sí contribuye al diseño de la vía de acceso Vichka – Huayra en el distrito de Tupe – Yauyos -Lima.

5.2 Caso de investigación

a) Ubicación

El tramo de la vía Vichka – Huayra por ser ambos anexos del distrito de Tupe, siendo el principal beneficiario el distrito de Tupe se pondrá su característica y ubicación.

• Ubicación Política

Departamento: Lima

Provincia: Yauyos

Distrito: Tupe

• Ubicación Geográfica

En el ámbito del proyecto se halla ubicado en la siguiente coordenada:

Este = 411551.31

Norte = 8592049.15

Altitud: 2804 a 2850 msnm

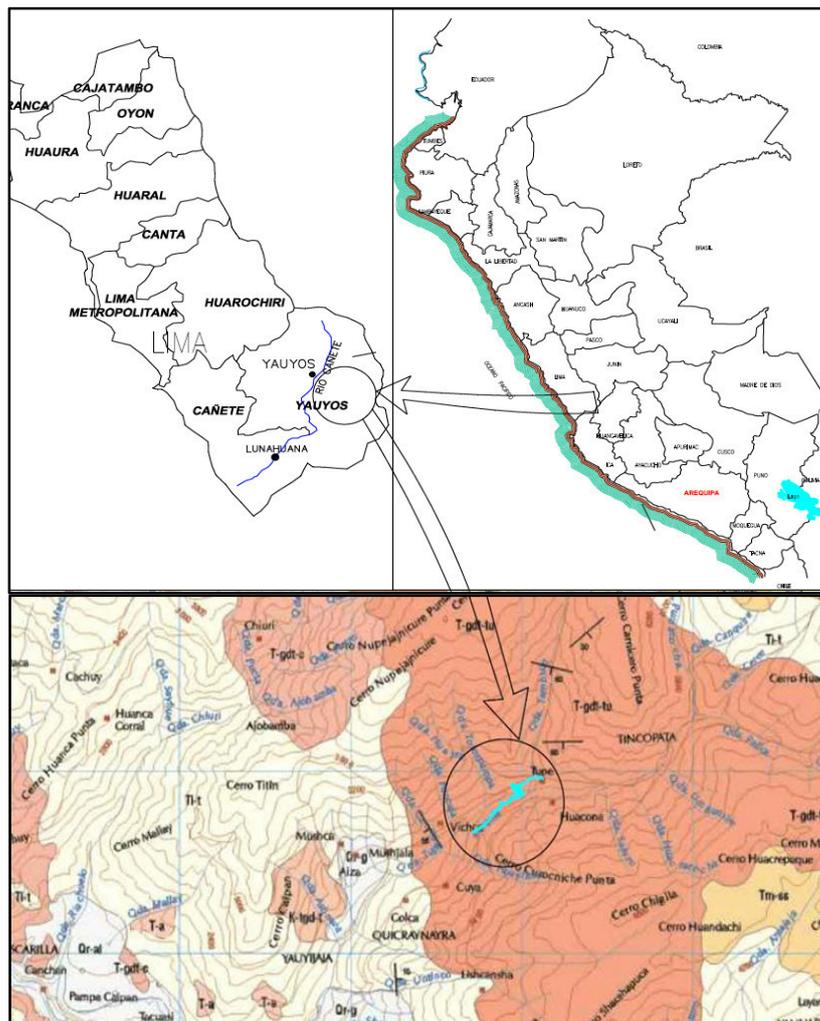


Figura 22: Ubicación del tramo Vichka - Huayra

Fuente: el autor

b) Accesibilidad

Para llegar a la zona del proyecto, se tiene dos accesos. Desde la ciudad de Lima y desde la ciudad de Huancayo.

Tabla 33: Accesos para el lugar del proyecto

INICIO	DESTINO	CARRETERA	DISTANCIA	HORAS
LIMA	CATAHUASI	CARRET. ASFALTADA	232.5 KM.	4:20 H.
CATAHUASI	HUAYRA	TROCHA CARROZABLE	17.00 KM.	0.50 H.

INICIO	DESTINO	CARRETERA	DISTANCIA	HORAS
HUANCAYO	CATAHUASI	CARRET. ASFALTADA	203.05 KM.	4:30 H.
CATAHUASI	HUAYRA	TROCHA CARROZABLE	17.00 KM.	0.50 H.

Fuente: Municipalidad del distrito de Tupe

c) Población Beneficiaria

La población existente del distrito de Tupe está constituida por 1495 habitantes, con sus anexos: Vichka, Huayra, Aiza, Colca. La carga familiar en promedio es de cinco miembros por familia, llegando hasta siete miembros en algunos casos.

A continuación se muestra la tabla que esquematiza cómo se divide la población.

Tabla 34: Población beneficiaria

N°	POBLACIÓN	N° FAMILIAS	N° HABITANTES	%
01	Tupe	131	655	45%
02	Vichka	10	50	3%
03	Aiza	100	500	34%
04	Colca	20	100	6%
05	Huayra	32	160	12%
TOTALES		293	1,465	100%

Fuente: Municipalidad del distrito de Tupe

5.3 Análisis e interpretación de resultados

Se obtuvieron los resultados al aplicar el cuestionario al Alcalde del distrito de Tupe (Ver Anexo 3), referente al diseño de la vía.

Tabla 35. Encuesta del procedimiento del diseño de vía para mejorar la transitabilidad en el Distrito de Tupe – Yauyos – Lima.

Encuesta al Alcalde de Tupe	SI	NO
3. ¿Cuentan con planos (planta, perfil, secciones de la planta) del tramo a diseñar?		X

Elaboración: el autor

En la Tabla 35 se observa el resultado respecto a los planos esenciales para el diseño, por lo que la municipalidad no cuenta con ninguno de ellos. En los planos mencionados se detallan y observan todas las características y vistas de la carretera, ayudando así al diseño.

De acuerdo al resultado obtenido, se puede afirmar que se mejora la transitabilidad implementando los planos (planta, perfil y secciones), por lo tanto se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 36: Encuesta del procedimiento del diseño según el estudio de suelo de la vía para mejorar la transitabilidad en el Distrito de Tupe – Yauyos – Lima.

Encuesta al Alcalde de Tupe	SI	NO
2. ¿Existe un Estudio de suelos del 2018 para determinar la situación del terreno?		X

Elaboración: el autor

En la Tabla 36 se observa el resultado respecto al estudio de suelo que brindó la municipalidad del distrito de Tupe, siendo algo básico, pues no cuentan con uno del presente año, El estudio de suelos es fundamental para el diseño pues determina qué tipo de superficie es.

De acuerdo al resultado obtenido, no se puede afirmar que se mejora la transitabilidad con el estudio de suelos, ya que a consecuencia del Fenómeno El Niño Costero, ha sido afectada cierta parte del tramo; por lo tanto no se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 37: Encuesta del procedimiento del diseño si se considera obras de arte en la vía para mejorar la transitabilidad en el distrito de Tupe – Yauyos – Lima.

Encuesta al Alcalde de Tupe	SI	NO
4. ¿Cuentan obras de arte en su trocha carrozable?		X

Elaboración: el autor

En la Tabla 37 se observa el resultado respecto a las obras de arte que son esenciales para el diseño, la municipalidad no cuenta con ninguno de ellos. Estas son complementos del diseño, que ayudan a la evacuación de las lluvias que afectan directamente.

De acuerdo al resultado obtenido, se puede afirmar que se mejora la transitabilidad con las obras de arte, ya que disipa considerablemente la influencia del agua de las lluvias o fenómenos naturales que se puedan presentar; por lo tanto se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 38: Encuesta resumida del procedimiento del diseño de vía para mejorar la transitabilidad en el distrito de Tupe – Yauyos – Lima.

Encuesta al alcalde de Tupe	SI	NO
1. Existe una vía de acceso alterna al Distrito.		X
2. Existe un Estudio de Suelos del 2018 para determinar la situación del terreno		X
3. Cuentan con planos (planta, perfil, secciones de la planta) del tramo a diseñar.		X
4. Cuentan obras de arte en su trocha carrozable		X
5. Existe un procedimiento para mejorar la transitabilidad de la vía		X

Elaboración: el autor

En la Tabla 38 se observan los resultados de las preguntas realizadas al alcalde de Tupe, sobre el diseño de la vía de acceso para mejorar su transitabilidad y los estudios y diseños adjuntado a esta (vía de acceso alterna, movimiento de tierra, planos de planta, perfil y secciones, obras de arte).

De acuerdo a los resultados obtenidos se deduce que se puede mejorar la transitabilidad con el diseño de la vía de acceso, implementando estos parámetros; por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna.

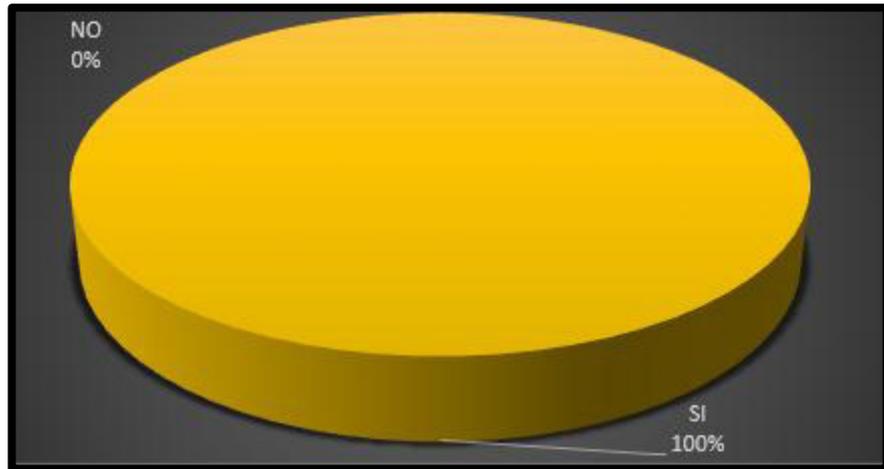


Figura 23: Porcentaje respecto a la implementación del procedimiento de diseño de la vía de acceso para mejorar su transitabilidad.

Elaboración: el autor

Según la encuesta, el 100% de procedimientos que necesita un diseño de vía no se llevó a cabo en su trocha carrozable existente, es por eso que se hizo el diseño convirtiéndolo a una carretera de tercera clase, con un nuevo alineamiento que no pasará por su trayecto inicial en el tramo Vichka – Huayra.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN Y APLICACIONES

6.1 Discusión y aplicaciones

- a) De la elaboración de los planos (Ver Anexo 6), existe una mejora para el nuevo diseño de la vía, debido a las características implementadas en ellos (planta, perfil y secciones transversales). Para su posterior ejecución del diseño, en cuanto a los puntos críticos que se tiene como corte y relleno, serán más rápidos identificarlas, acelerando así el proceso de diseñar la vía.

- b) El estudio de suelo que brindó la municipalidad del distrito, no garantizó un buen análisis por ser de 2016 (Ver Anexo 2) y en ciertos tramos afectados por el fenómeno El Niño Costero. No

obstante, al desarrollar la configuración de corte y relleno se consideró datos normados y mínimos en su relación H: V y reconocer qué tipo de roca posee el tramo; eso quiere decir que el diseño garantizó un adecuado movimiento de tierra, ya que está en función al corte y relleno.

- c) El diseño de la vía de acceso Vichka – Huayra, posee como alineamiento un recorrido alternativo a la existente trocha carrozable. En la actualidad, en las quebradas que se halla en el tramo a diseñar se están realizando obras de medidas de reducción de riesgo (gaviones, muro de contención). Por lo tanto como obras de Arte se ha considerado solo Cunetas. Al momento de ejecutar con un replanteo de la vía se podría analizar y diseñar badenes o alcantarillas, si lo requiere el diseño.

CONCLUSIONES

1. Se aceptó la hipótesis alterna 1 la cual dice que analizar el estudio topográfico contribuye al diseño de la vía de acceso Vichka – Huayra. No se aceptó la hipótesis alterna 2, la cual menciona que el estudio de suelo contribuye con el diseño de la vía de acceso Vichka – Huayra y se aceptó la hipótesis alterna 3, la cual dice que las obras de arte contribuyen al diseño de la vía de acceso Vichka – Huayra. Por lo tanto, se mejora la transitabilidad mediante el diseño de la vía de acceso Vichka - Huayra en el distrito de Tupe - Yauyos - Lima.
2. Se precisa que se mejora la transitabilidad, mediante el diseño de la vía que contiene planos (Planta, Perfil y Secciones transversales) que serán utilizadas en la ejecución de la vía. (Ver Anexo 6)

3. Los cortes y rellenos no se realizaron necesariamente analizando el estudio de suelo (Ver Anexo 2), pues este no lo garantiza ya que es afectada por el Fenómeno del Niño Costero; sino al interpretar el tipo de roca que posee, se pudo determinar su tipo, clasificación, etc., obteniendo así la relación H: V, que será determinante para el movimiento de tierra.

4. Se ha diseñado cunetas como obras de arte, que estarán a lo largo del tramo diseñado, adyacente al talud, considerando todas sus dimensiones según el DG – 2018 que beneficiará al diseño; por lo tanto, mejorará la transitabilidad.

RECOMENDACIONES

- 1 Implementar los planos para el diseño de la vía tales como : planta, perfil, secciones transversales como mínimo, teniendo en cuenta las dimensiones dadas por los manuales de carretera a considerar y así garantizar un adecuado diseño, y aminorar problemas de campo que puedan surgir al ejecutar.
- 2 Realizar un estudio de suelo previo al diseño y/o ejecución, teniendo muestras de calicatas que nos demuestre el estado en que se encuentra el terreno, y así tener un adecuado corte y relleno que pueda presentar en el diseño de la vía.
- 3 Realizar un levantamiento topográfico general del distrito de Tupe en las futuras investigaciones, pues hay muchos anexos y vías alternas que necesitan ser diseñadas; empalmando la información de este diseño de vía de acceso.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Bibliográficas

García, A., Camacho, J., & Pérez, A. M. (2010). Consistencia del diseño geométrico de carreteras: conceptos y criterios. Valencia, España.

MOPC, (2009). Manual de Carreteras del Paraguay. Paraguay.

MTC. (2018). Tabla N° 204.01, Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía. En MTC, Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2014. Lima

MTC, (2018). Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018. Lima.

MTC, (2014). Manual de carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje 2014. Lima.

MTC, (2014). Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 2014. Lima

Samohod, A. (2018). Separatas y Apuntes del taller

Electrónicas

Cahuaya y Chávez (2016). Recuperado de

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7335>

López (2016). Recuperado de

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7390>

Mamani y Chura (2016). Recuperado de

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3791>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Recuperado de

<http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). MGlosario de Términos de uso frecuentes en Proyectos de Infraestructura Vial. Recuperado de

http://www.proviasdes.gob.pe/Prog_incentivos/Normatividad/Norm_sectorial_vinc_meta_40/Glosario_Terminos_Uso_Frecuente_jun13.pdf

Peñaloza (2012). Recuperado de

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/8954>

SENAMHI (2018). Climas en el Perú. Recuperado de

<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>.

Slideshare. (2013). "Prontuario Características Técnicas de Los terrenos Y Cimentaciones Adecuadas a los mismos". 8 de noviembre del 2015, de

<http://es.slideshare.net/yaclinzol/capacidad-portante-13760210>

Villacreces (2011). Recuperado de

<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1447>

YAUYOS EN LÍNEA. (2012). Tanta una maravilla para no perderse. 17 de abril del 2015, de Yauyos en línea Sitio web:

<https://yauyosenlinea.wordpress.com/2012/04/12/tanta-una-maravilla-parano-perderse/>

ANEXOS

	Página
Anexo 1	Fotos de la carretera 86
Anexo 2	Estudio de suelos 97
Anexo 3	Encuesta 98
Anexo 4	Matriz de consistencia 99
Anexo 5	Movimiento de Tierra 100
Anexo 6	Planos del Diseño de la carretera 102
	Anexo 6.1: Plano de Planta
	Anexo 6.2: Plano de Perfil
	Anexo 6.3: Plano de Sección Transversal

Anexo 1: Fotos de la carretera



Figura 24: Plaza de armas de Tupe

a) Consecuencias del efecto del niño costero

Socavación y deterioro de la carretera por la crecida del río Chancay en la entrada a Huayra por las lluvias presentadas en la temporada.



Figura 25: Socavación y deterioro de la carretera por la crecida del río Chancay en la entrada a Huayra por las lluvias presentadas en la temporada.



Figura 26: Caída del muro seco de la plataforma de la carretera en el sector de Vichka la socavación de la plataforma de la carretera por el recorrido del agua. Se requiere realizar nuevas alternativas de diseño, de lo cual es el tema de la tesis.



Figura 27: Caída del muro seco que tenía un ancho promedio de 4m de la carretera en el sector Vichka - Huayra de una longitud de 17 ml y una altura de de12m de la base del muro, producido por la caída del huayco, el cual generó la interrupción del acceso a los vehículos. Solo es de paso peatonal exponiendo la integridad física de las personas que pasa por el lugar, ya que se presentan constantes caídas de rocas y tierra, siendo este el único acceso hacia la capital del distrito; por ende los productos de primera necesidad son escasos.



Figura 28: No se cuenta con un ancho mínimo considerable ya que es una trocha carrozable, y con la propuesta de convertirlo a una carretera de tercera clase con una ancho mínimo de 6m

b) Socavación de la trocha carrozable

El tramo más afectado es desde Vichka hasta la capital de distrito de Tupe ya que esta no tenía un mantenimiento, pues este tramo sufrió las mayores consecuencias como se puede observar en las fotografías. Las causas se dan por la falta de cunetas cuya función es evacuar las aguas pluviales, drenes de evacuación de aguas y canales de riego artesanal inadecuados que cruzan la carretera; que al desbordar sus aguas socavan la trocha carrozable.

En la presente tesis se plantea el diseño de cunetas basados con el manual de carreteras: hidrología, hidráulica y drenaje.



Figura 29: Trayecto deteriorado por el fenómeno

c) Limpieza y remoción de derrumbes

Deslizamiento de grandes rocas sobre la vía que requiere de perforación y voladura para la apertura de la vía.



Figura 30: Deslizamiento de grandes rocas sobre la vía que requiere de perforación y voladura para la apertura de la vía.





Figura 31: Caída de grandes piedras sobre la vía en el sector Huayra que requiere de perforación y voladura y su eliminación de la roca por la presencia de terrenos agrícolas.



Figura 32: Caída de huayco sobre la carretera impidiendo el paso de vehículos con un volumen aproximado de 400 m³ en el tramo Vichka – Huayra.



Figura 33: Se observa la dificultad con que cruzan personas el huayco en el tramo Vichka - Huayra, exponiendo sus vidas a la caída de tierra y rocas o caer al barranco de unos 150 metros de profundidad por ser esta única vía de acceso hacia el distrito de Tupe.



Figura 34: Maquinaria (retroexcavadora) contratada por la municipalidad para realizar trabajos de limpieza de derrumbes, siendo afectada por el mal estado de la vía, por los factores mencionados y más aún, por no contar con dimensiones mínimas de una carretera. Es por eso que se propone hacer un diseño de carretera de tercera clase.

d) Vistas del tramo, donde sera el nuevo alineamiento

Vista del talud en perfil





Figura 35: Vista del talud en perfil

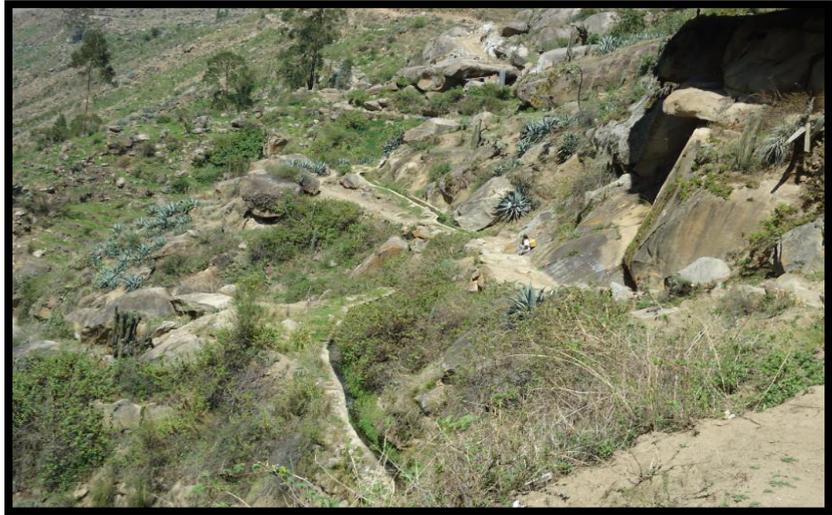




Figura 36: Vista de la parte superior, donde se refleja el tramo

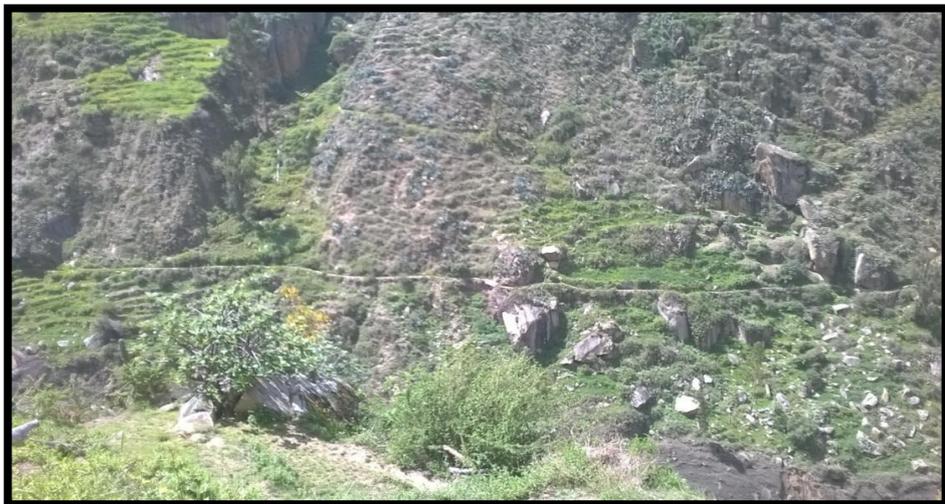


Figura 37: Vista frontal



Figura 37: Vista en dirección HUAYRA - VICHKA



Figura 38: autor de la tesis, final del diseño de la vía de acceso

Anexo 2: Estudio de Suelo

CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE ROCAS

Clasificación manual geomecánica

PROPIEDADES DE LAS PIEDRAS NATURALES SEGUN SCHLEICHER							
Clase de roca	Peso específico (T/m ³)	Absorción de agua		Resistencia a			
		Peso (%)	Porosidad (%)	Compresión (kg/cm ²)	Tracción (kg/cm ²)	Choque (golpes)	Rozamiento (cm ³)
ROCAS ERUPTIVAS							
Granito-Sienita	2.60-2.80	0.2-0.5	0.4-1.4	1600-2400	100-200	10-12	5-8
Diorita-Gabro	2.80-3.00	0.2-0.4	0.5-1.2	1700-3000	100-220	10-15	5-8
Pórfido-Andesita	2.55-2.80	0.2-0.7	0.4-1.8	1800-3000	150-200	11-13	5-8
Basalto	2.95-3.00	0.1-0.3	0.2-0.8	2500-4000	150-250	12-17	5-8.5
Lava basáltica	2.20-2.35	4-10	9-24	800-1500	80-120	4-5	12-15
Diabasa	2.80-2.90	0.1-0.4	0.3-0.1	1800-2500	150-250	11-16	5-8
ROCAS SEDIMENTARIAS							
Cuarzo-Cuarcitas	2.60-2.65	0.2-0.5	0.4-1.3	1500-3000	130-250	10-15	7-8
Arenisca cuarzosa	2.60-2.65	0.2-0.5	0.4-1.3	1200-2000	120-200	8-10	7-8

Clase de roca	Peso específico (T/m ³)	Absorción de agua		Resistencia a			
		Peso (%)	Porosidad (%)	Compresión (kg/cm ²)	Tracción (kg/cm ²)	Choque (golpes)	Rozamiento (cm ³)
Otras areniscas	2.00-2.65	0.2-9	0.5-24	300-1800	30-150	5-10	10-14
Calizas compactas y mármoles	2.65-2.85	0.2-0.6	0.4-1.8	800-1800	60-150	8-10	15-40
Calizas conglomerados	1.70-2.60	0.2-10	0.5-25	200-900	50-80	8-10	15-40
Travertino	2.40-2.50	2-5	4-10	200-600	40-100	8-10	15-40
ROCAS METAMORFICAS							
Gneis	2.65-3.00	0.1-0.6	0.3-1.8	1600-2800	40-100	6-12	4-8
Serpentina	2.60-2.75	0.1-0.7	0.3-1.8	2400-2500	40-50	6-15	8-18
Pizarra de techar	2.70-2.80	0.5-0.6	1.4-1.8	2400-2500	500-800	6-15	8-18