

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular
de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo:
Huaroscondo (KM 0+000)-Munaypata (km 10+000),
distrito de Huaroscondo, provincia de Anta, departamento
de Cusco**

Norman Marshall Barrientos Palomino
Shirley Matamoros Huaman

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Cusco, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Ing. Eduardo Manuel Yarango Serrano
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 14 de Marzo del 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

“Diseño Geométrico Para Mejorar La Transitabilidad Vehicular De La Carretera CU-1204 y CU-1206 En El Tramo: Huarcoondo (Km 0+000) - Munaypata (Km 10+000), Distrito De Huarcoondo, Provincia De Anta, Departamento De Cusco”

Autores:

1. Norman Marshall Barrientos Palomino – EAP. Ingeniería Civil
2. Shirley Matamoros Huaman – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores N° de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

DEDICATORIA

A nuestros Padres por darnos la mejor educación y enseñarnos que todas las cosas hay que valorarlas, trabajarlas y luchar para lograr los objetivos de la vida.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	1
ÍNDICE	2
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I	9
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	9
1.1. Planteamiento y formulación del problema	9
1.1.1. Planteamiento del problema	9
1.1.2. Formulación del Problema.....	11
1.2. Objetivos	12
1.2.1. Objetivo general.....	12
1.2.2. Objetivos específicos.....	12
1.3. Justificación e Importancia	12
1.3.1. Justificación teórica	13
1.3.2. Justificación metodológica.....	13
1.3.3. Justificación práctica.....	13
1.4. Hipótesis y Descripción de Variables	13
1.4.1. Hipótesis General	13
1.4.2. Hipótesis específicas	14
1.4.3. Descripción de Variables	15
1.4.4. Operacionalización de variables	16
CAPÍTULO II	18
MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes del Problema	18
2.1.1. Antecedentes Internacionales	18
2.1.2. Antecedentes Nacionales	20
2.1.3. Antecedentes Locales	24
2.2. Bases Teóricas	26
2.2.1. Diseño geométrico.....	26

2.2.2.	Clasificación de Carreteras.....	28
2.2.3.	Mecánica de Suelos	44
2.2.4.	Hidrología	52
2.2.5.	Costos y Presupuestos.....	67
CAPÍTULO III		73
METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN		73
3.1.	Metodología y alcance de la investigación	73
3.2.	Diseño de la Investigación	73
3.2.1.	Población y muestra.....	73
3.2.2.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	73
CAPÍTULO IV.....		75
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		75
A.	Resultados y Análisis de la Información.....	75
4.1.1	Estudio de topografía	75
4.1.2.	Estudio de mecánica de suelos.....	76
4.1.3.	Estudio de hidrología.....	77
4.1.4.	Estudio de costos y presupuestos.....	79
B.	Contrastación de Hipótesis	82
C.	Discusión de Resultados.....	82
CONCLUSIONES.....		84
RECOMENDACIONES		85
REFERENCIAS.....		86
ANEXOS		91
A.	Matriz de consistencia.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de la variable diseño geométrico.....	15
Tabla 2 Descripción de la variable transitabilidad vehicular.....	15
Tabla 3 Operacionalización de la variable independiente diseño geométrico..	16
Tabla 4 Operacionalización de la variable dependiente transitabilidad vehicular	17
Tabla 5 Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.....	34
Tabla 6 Distancia de visibilidad de parada (metros)	35
Tabla 7 Distancia de velocidad de adelantamiento.....	36
Tabla 8 Alineamiento vertical.....	43
Tabla 9 Distribución de las aberturas de los tamices.....	48
Tabla 10 Relaciones gravimétricas y volumétricas del suelo.....	51
Tabla 11 Riesgo de excedencia (%) durante la vida útil para diversos periodos de retorno.....	54
Tabla 12 Periodos de retorno para diseño de obras de drenaje en caminos de bajo volumen de tránsito	55
Tabla 13 Velocidad máxima del agua, para flujos de corta duración.....	57
Tabla 14 Coeficientes de duración, lluvias entre 48 horas y una hora.....	59
Tabla 15 Valores para la determinación del coeficiente de escorrentía.....	60
Tabla 16 Coeficiente de escorrentía I.....	60
Tabla 17 Coeficiente de escorrentía II	61
Tabla 18 Valores del coeficiente Manning	62
Tabla 19 Dimensiones mínimas de las cunetas.....	63
Tabla 20 Máxima distancia recomendable entre dos alcantarillas(metros).....	64
Tabla 21 Listado de BMs	75
Tabla 22 Resumen de las propiedades del material de subrasante	76
Tabla 23 Alcantarillas.....	77
Tabla 24 Badén.....	78
Tabla 25 Coeficiente de escorrentía	78
Tabla 26 Cunetas.....	78
Tabla 27 Resumen de presupuesto	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Elementos y computo de curvas horizontales circulares</i>	41
Figura 2 <i>Alineamiento vertical y curvas de nivel</i>	43
Figura 3 <i>Clasificación de suelos</i>	45
Figura 4 <i>Fases existentes en los suelos</i>	50
Figura 5 <i>Gonzales de Vallejo</i>	51
Figura 6 <i>Esquema para una obra</i>	68
Figura 7 <i>Presupuestos de Obras por Administración Directa tomada de costo y presupuesto</i>	69
Figura 8 <i>Proporciones usadas en construcción</i>	70

RESUMEN

La tesis intitulada: “DISEÑO GEOMÉTRICO PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CARRETERA CU-1204 Y CU-1206 EN EL TRAMO: HUAROCONDO (KM 0+000) - MUNAYPATA (KM 10+000), DISTRITO DE HUAROCONDO, PROVINCIA DE ANTA, DEPARTAMENTO DE CUSCO”. Tiene como objetivo elaborar un diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera cu-1204 y cu-1206 en el tramo: Huarucondo (km 0+000) - Munaypata (km 10+000), distrito de Huarucondo, provincia de Anta, departamento de Cusco.

La metodología empleada en la investigación es Hipotético Deductivo, de tipo Aplicativo Transversal, con un enfoque Cuantitativo, No Correlacional, con diseño No Experimental; siendo la población y muestra el tramo Huarucondo – Munaypata, carretera de 10 Km, de longitud que beneficia a una población de 120 familias.

Para la presente investigación, se tuvo que realizar en la zona el estudio topográfico, estudio de mecánica de suelos, estudio hidrológico y estudio de costos y presupuestos, obteniendo diversos resultados de los trabajos en campo, gabinete y laboratorio.

Del estudio de suelos ejecutado en la zona de investigación se determinó un CBR de diseño para la subrasante de 12%, que se clasifica como una subrasante Buena. La capa de Afirmado será de 0.15 m como mínimo según el manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

Palabras clave: Diseño Geométrico - Transitabilidad Vehicular

ABSTRACT

The thesis entitled: "GEOMETRIC DESIGN TO IMPROVE THE VEHICULAR PASSABILITY OF THE CU-1204 AND CU-1206 HIGHWAY IN THE SECTION: HUAROCONDO (KM 0+000) - MUNAYPATA (KM 10+000), DISTRICT OF HUAROCONDO, PROVINCE OF ANTA, DEPARTMENT OF CUSCO". Its objective is to elaborate a geometric design to improve the vehicular passability of the cu-1204 and cu-1206 highway in the section: Huarcocondo (km 0+000) - Munaypata (km 10+000), district of Huarcocondo, province of Anta, department of Cusco. The methodology used in the research is hypothetical deductive, of a transversal application type, with a quantitative approach, non-correlational, with non-experimental design, being the population and shows the huarcocondo – Munaypata section, a 10 km long road that benefits a population of 120 families. For the present research, the topographic study, study of soil mechanics, hydrological study and study of costs and budgets had to be carried out in the area, obtaining various results of the work in the field, cabinet and laboratory. From the soil study carried out in the research area, a design CBR for the subgrade of 12% was determined, which is classified as a Good subgrade. The Affirmation layer will be at least 0.15 m according to the manual for the design of unpaved roads with low traffic volume.

Keywords: Geometric Design - Vehicular Walkability

INTRODUCCIÓN

La presente tesis de investigación tiene como objetivo, elaborar un diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera cu-1204 y cu-1206 en el tramo: Huarcocondo (km 0+000) - Munaypata (km 10+000), distrito de Huarcocondo, provincia de Anta, departamento de Cusco.

La carretera en estudio se encuentra deteriorada, dificultando el tránsito vehicular, causando diversos impactos en la calidad de vida y acceso a los servicios de los pobladores. Así mismo, la población se ve afectada en la recepción de una mayor cantidad de turistas nacionales y extranjeros que visitan esta zona por contar con recursos naturales, culturales y turismo de aventura.

La presente investigación, beneficia de manera directa a los pobladores y otros usuarios del tramo Huarcocondo – Munaypata, ya que, los resultados y recomendaciones que se dan a conocer permiten el desarrollo de un buen diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular del tramo indicado.

Del estudio de suelos realizado en la zona de investigación se determinó un CBR de diseño para la subrasante de 12%, que se clasifica como una subrasante Buena. La capa de Afirmado será de 0.15 m como mínimo según el manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

En este trabajo se presenta los siguientes capítulos:

El capítulo I: Contiene el planteamiento y formulación del problema, objetivos, justificación e importancia, hipótesis y operacionalización de variables.

El capítulo II: Contiene el marco teórico, los antecedentes, así como las bases teóricas para el trabajo de investigación.

El capítulo III: Contiene la metodología y diseño de investigación, así mismo, la población, muestra y técnicas de recolección de datos

El capítulo IV: Contiene los resultados y la discusión de la investigación, enfocándonos en el estudio topográfico, estudio de mecánica de suelos, estudio hidrológico y estudio de costos y presupuestos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad, la movilidad es uno de los pilares sobre los que se consolida y se fortalece la economía de un país, las vías de comunicación son soporte para el desarrollo del mismo, puesto que por ellas se movilizan personas y mercancías, logrando una notoria mejora a la calidad de vida de las personas. Del mismo modo, el contar con carreteras que garanticen comodidad, seguridad, optimizar el tránsito y rapidez en la movilidad de los usuarios, corresponde a uno de los enfoques de la Ingeniería vial; en la medida en la que se logre este objetivo se contará con ciudades sustentables y que propendan por el mejoramiento continuo de la calidad de vida de sus habitantes (1).

A nivel mundial, existen vías modernas con puentes peatonales como por ejemplo la autopista elevada en Florida, Estados Unidos, construida con el fin de interconectar cerca de mil setecientas islas del sur de Estados Unidos, a través de cuarenta y dos puentes; el puente de Storseisundet, en Noruega, conocida como carretera del Atlántico, uniendo las islas de Molde y Kristiansund, atraviesa ocho puentes que se cruzan por encima del mar; el camino de la muerte en Bolivia, es una carretera construida para conectar la capital, La Paz, con el norte de la selva amazónica hasta la población de Coroico, en la región de Los Yungas (2).

En el Perú, según la entidad Transporte Metropolitano de Trujillo – TMT 2015, la congestión vehicular en la ciudad de Trujillo es generada por el flujo vehicular que pasa por la vía, sobrepasando la capacidad de la vía, el estacionamiento de vehículos en zonas no permitidas, la ocupación de la vía por el comercio ambulatorio, el desorden del sistema del transporte público, entre otros factores. Los estudios de tráfico de las Avenidas y Calles de la ciudad de Trujillo, no sólo tienen una antigüedad aproximada de 3 a 6 años, sino que algunas Avenidas y Calles carecen de este estudio (3).

En Cusco, según el Plan de Movilidad y Espacio Público del Cusco (2016) establece que la afluencia al centro histórico es predominante frente a las demás macro zonas de la ciudad, siendo los modos de transporte como sigue: 50% de manera peatonal, 35% en transporte público, 9% en taxi, 3% de manera particular y 3% en movilidad escolar; siendo el número de viajes alrededor de 117,648 mediante todos los tipos de transporte. Además, expone que el 40% de los viajes se deben a trabajo, el 26% por motivos de estudio, el 20% por ocio y el 14% por compras; evidenciando así, que los polos de atracción predominantes son las edificaciones que albergan instituciones o empresas del sector laboral. Los planes de infraestructura de redes viales, en el tiempo fueron enfocados en base a metodologías de la oferta y la demanda; por lo que, a mayor cantidad de viajes al centro histórico, tuvo que crecer la oferta de estacionamientos, destinando áreas públicas, restringiendo vías para poder equilibrar la creciente demanda (4).

La carretera del tramo Huarcocondo – Munaypata, es muy importante porque a través de ella se accede a la laguna de Huaypo, que es un atractivo turístico del distrito de Huarcocondo, provincia de Anta, departamento de Cusco. Esta carretera en sus 10 Km. de longitud beneficia a una población de 120 familias, las cuales se dedican a diversas actividades económicas, entre ellas: La agricultura, la ganadería, el comercio y recientemente actividades del sector turismo.

Actualmente, la carretera se encuentra deteriorada por diversos factores los cuales dificultan el tránsito vehicular, entre estos dos puntos relevantes; por ende, esto afecta a la calidad de vida y acceso a los servicios de los pobladores beneficiarios de la carretera.

La carretera se construyó hace aproximadamente 40 años, como trocha carrozable sin seguir parámetros de diseño adecuados debido a la inexistencia de normativa. El último proyecto de rehabilitación se ejecutó el 2010 y a la fecha requiere mantenimiento debido a la deficiente formulación del expediente técnico.

1.1.2. Formulación del Problema

1.1.2.1. Problema General

¿Cómo elaborar un diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera cu-1204 y cu-1206 en el tramo: Huarcoondo (km 0+000) - Munaypata (km 10+000), distrito de Huarcoondo, provincia de Anta, departamento de Cusco?

1.1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo realizar el estudio de topografía para elaborar el diseño geométrico y mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000)?
- ¿Cómo realizar el estudio de mecánica de suelos para elaborar el diseño geométrico y mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000)?
- ¿Cómo aplicar la normativa vigente para realizar el estudio de hidrología de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000)?
- ¿Cómo determinar los costos y el presupuesto para elaborar el diseño geométrico y mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000)?
- ¿Cómo realizar un diseño geométrico horizontal para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000)?
- ¿Cómo realizar un diseño geométrico vertical para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000)?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Elaborar un diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera cu-1204 y cu-1206 en el tramo: Huarcocondo (km 0+000) - Munaypata (km 10+000), distrito de Huarcocondo, provincia de Anta, departamento de Cusco.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar el estudio de topografía para elaborar el diseño geométrico y mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcocondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).
- Realizar el estudio de mecánica de suelos para elaborar el diseño geométrico y mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcocondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).
- Aplicar la normativa vigente para realizar el estudio de hidrología de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcocondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).
- Determinar los costos y el presupuesto para elaborar el diseño geométrico y mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcocondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).
- Realizar un diseño geométrico horizontal para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcocondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).
- Realizar un diseño geométrico vertical para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcocondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).
-

1.3. Justificación e Importancia

El presente proyecto se justifica por la viabilidad económica, social, según el nuevo trazo vial que cumpla el diseño geométrico de acuerdo al Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG 2018, con lo cual, se permita comunicar la capital de provincia Huarcocondo, con el centro poblado Huayllacocha y la

laguna de Huaypo en menor tiempo y costo, contribuyendo al desarrollo económico de las comunidades aledañas, dinamizando las actividades turísticas y reduciendo la pobreza en la zona, así como la descentralización del centro urbano de Anta.

1.3.1. Justificación teórica

Este estudio presenta justificación teórica, ya que, las fuentes de donde se recolectó la información son fidedignas y confiables; así mismo, se consideraron diferentes autores reconocidos, con ello se validó, comparo y contraste los resultados obtenidos respecto a las variables en estudio, diseño geométrico y la transitabilidad vehicular.

1.3.2. Justificación metodológica

El trabajo de investigación presenta justificación metodológica, porque, se brindan conocimientos nuevos y válidos a través de la aplicación del método científico, basados en el análisis, planteamiento y comprobación de las hipótesis. Así mismo, la ficha de observación que permitió recolectar los datos, por ende, esta investigación servirá como antecedente a futuros estudios que tengan los mismos fines.

1.3.3. Justificación práctica

La presente investigación beneficia de manera directa a los pobladores y otros usuarios del tramo Huarcocondo – Munaypata, ya que los resultados y recomendaciones que se den a conocer, permiten el desarrollo de un buen diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular; así mismo, el incremento de las visitas turísticas por la calidad brindada, por ende, mayores ingresos para el distrito de Huarcocondo y sus pobladores.

1.4. Hipótesis y Descripción de Variables

1.4.1. Hipótesis General

El diseño geométrico mejora la transitabilidad vehicular de la carretera cu-1204 y cu-1206 en el tramo: Huarcocondo (km 0+000) - Munaypata (km 10+000), distrito de Huarcocondo, provincia de Anta, departamento de Cusco.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El estudio de topografía, permite elaborar el diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).
- El estudio de mecánica de suelos, permite elaborar el diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).
- La aplicación de la normativa vigente para realizar el estudio de hidrología, permite elaborar el diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).
- La determinación de los costos y el presupuesto, permiten establecer la inversión necesaria al elaborar el diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).
- El diseño geométrico horizontal mejorará la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).
- El diseño geométrico vertical mejorará la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).

1.4.3. Descripción de Variables

Tabla 1

Descripción de la variable diseño geométrico

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Definición
Diseño Geométrico	Es el proceso de correlación entre los elementos físicos de la carretera y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría.	Estudio de Topografía	Se define como un conjunto de acciones realizadas sobre un terreno para obtener su representación gráfica o plano, y conocer la longitud, latitud y elevación.
		Estudio de Mecánica de suelos	Determina la composición del suelo y sus características en términos de ingeniería. Sirve para conocer la capacidad resistente del suelo, sus posibles deformaciones, comportamiento mecánico, etc.
		Estudio de hidrología	Determina el cálculo de parámetros morfométricos, tiempos de concentración, duración e intensidad de la lluvia y cálculo de caudales a partir de diferentes metodologías
		Costos y Presupuesto	Permite conocer y evaluar los costos directos, indirectos, tiempo de ejecución y conocer la inversión a ejecutar para una obra.

Nota. Elaboración propia.

Tabla 2

Descripción de la variable transitabilidad vehicular

Variable	Definición conceptual	Dimensiones
Transitabilidad vehicular	Demuestra que una carretera específica está disponible para su uso, es decir, que no ha sido cerrada al tránsito público por causas de emergencias viales o mal estado de la vía.	Nivel de servicio Estudio de tránsito Nivel de transpirabilidad

Nota. Elaboración propia.

1.4.4. Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de la variable independiente diseño geométrico

Variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Diseño geométrico	Permite la correlación de elementos de la carretera y las características del tránsito vehicular analizando el alineamiento horizontal y vertical, definiendo las tangentes horizontales, curvas circulares, terraplenes y pendientes.	Estudio de Topografía	Coordenadas Elevación Curvas de nivel	Puntos topográficos
		Estudio de Mecánica de suelos	Tipo de suelo Capacidad portante	Densidad relativa Rozamiento interno Módulo de Young
		Estudio de hidrología	Morfología de las cuencas Uso de suelo Precipitación media de la cuenca	Área Histograma de precipitación media
		Costos y Presupuesto	Presupuesto Análisis de Precios Unitarios Relación de insumos Fórmula Polinómica	Costo directo Costo indirecto Rendimiento Precio Insumos Porcentaje de incidencia
		Diseño	Diseño horizontal Diseño vertical	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 4*Operacionalización de la variable dependiente transitabilidad vehicular*

Variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
Transitabilidad vehicular	Permite que la carretera se muestre disponible para su uso, presentando un nivel de serviciabilidad eficiente y complementándose con correcto estudio de tránsito. Se corrigen problemas como ahuellamientos.	Nivel de servicio	Tránsito	Ficha de conteo vehicular	Razón
		Estudio de tránsito	Número de ejes equivalentes (ESALs)	Ficha de observación	Ordinal
		Nivel de transitabilidad	Método PCI	Ficha de observación	Ordinal

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Autor : Molina Galván, Jorge
Revista : REVISTA DE INVESTIGACIÓN DE LA
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS, LA PAZ - BOLIVIA
Año : (5)

La metodología tuvo un diseño estructural y geométrico a los problemas de congestionamiento vehicular de la ciudad en la Paz, alcanzó los siguientes resultados: 1) Se pudo observar en el Estudio de Volúmenes de Tránsito el mayor flujo vehicular, lo presenta la A- MSC en el carril de subida (MSC2), seguido por el carril de bajada de la misma avenida (MSC4). 2) Debido al flujo vehicular elevado que presenta el carril de subida y principalmente las características físicas y operativas que presenta la misma con respecto a CS1, corresponde la implementación del paso a desnivel únicamente en la intersección de las dos vías anteriormente mencionadas.

Autor : Altamira Aníbal
Graffigna Alberto
Marcet Juan
Revista : ESCUELA DE INGENIERÍA DE CAMINOS DE
MONTAÑA
Año : (6)

La metodología fue la observación empírica, alcanzando las siguientes conclusiones: 1) El sistema EICG05 es muy adecuado para permitir, una evaluación de la calidad del mismo. 2) El proyectista apreciará, a través de los módulos de visibilidad y/o consistencia, las bondades del diseño geométrico realizado, desde el punto de vista de la visibilidad, la coordinación planialtimétrica, la estética vial, o la consistencia en el diseño. 3) El sistema es muy versátil y sencillo, con una carga de datos que presenta valores por defecto en todos los

casos y en donde el proyectista sólo tiene que confirmarlos o introducir los propios de acuerdos con su criterio.

Autor : Hernández Arango, Mario
Revista : REVISTA INGENIERÍA Y SOCIEDAD
Año : (7)

La investigación tiene la metodología de observación y análisis, el cual llegó a concluir que, la explicación de los altos niveles de accidentalidad de la doble calzada “**Las Palmas**”, trascienden a la recurrente y mal empleada expresión del “exceso de velocidad”. La sociedad colombiana ha dado por hecho que la accidentalidad en una vía. implica necesariamente, un acto de negligencia del conductor y, aunque no se puede negar la ignorancia e incultura de quienes operan los vehículos y la inoperancia de las entidades que los forman y controlan, no puede seguirse cometiendo el nefasto error de culpar a los afectados sin evaluar detalladamente los motivos de los siniestros

Autor : Del Rosario Brito, Alvin
Institución : UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
Año : (8)

El estudio fue descriptivo y experimental, llegando a la conclusión de que: Según el análisis de las variables se deben tener en cuenta para que las carreteras de este país mantengan niveles de servicio adecuados, establecer valores mínimos admisibles para cada una de ellas y realizando tablas que contienen los indicadores, formas de medición y tolerancias que se deben tener en consideración al momento de la inspección visual de la vía, facilitando de esta manera las labores de mantenimiento. Se efectuó una estimación de gastos de conservación que permite tener un enfoque razonable al problema, de fijar un presupuesto apropiado.

Autor : Luna Ruiz, Daniel

Institución : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Año : (9)

La metodología utilizada fue la descriptiva y explicativa; concluyendo que los beneficios que se obtienen con los servicios del Revisor Técnico son: 1) Establecimiento de criterios de revisión y evaluación que afecten considerablemente y directamente la solvencia técnica y/o económica de las proposiciones presentadas. 2) Aplicación uniforme de los criterios por cada evaluador. 3) Transparentar los procesos de contratación al dejar soportado el fallo. 4) Retroalimentación a Banobras en los procesos de licitación y seguimientos de las mejores prácticas, respecto a la experiencia obtenida en la verificación.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Autor : Poma Castillo, Ricardo

Institución : UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

Año : (10)

La metodología de este trabajo de investigación es aplicada, inductiva, descriptiva y de enfoque cuantitativo. Arribó a los resultados siguientes: El estudio de tráfico realizado determinó un IMDA de 246 a 260 veh/día, con una confiabilidad del 95%, lo que clasifica a la carretera de tercera clase; y de la topografía estudiada se establece que la orografía predominante es ondulada. Esta clasificación permitió determinar según la norma de diseño geométrico una velocidad de diseño de 40 km/h, parámetro fundamental para el diseño geométrico y en función del cual se determinan los demás parámetros del diseño en planta, perfil y sección transversal.

Autor : Castro Jaimes Walter Enrique
Institución : UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN.

Año : (11)

Esta investigación fue de tipo no experimental, aplicada, correlacional y cuantitativo. Llegando a concluir que, podemos explicar la relación de la infraestructura vial y transitabilidad en las vías de la asociación de vivienda “Las Américas” distrito de Vegueta – Huaura – Lima, 2019. Al aplicar la prueba de hipótesis chi cuadrada a los resultados, se obtiene que $\chi^2 = 9,517^a$ es mayor a $\chi^2_{crítica} = 9,488$ y cae en la región de rechazo, entonces rechazamos la H_0 y aceptamos H_1 a un nivel de significancia del 5%, es decir; la infraestructura vial se relaciona con transitabilidad en las vías asociación de vivienda “Las Américas” distrito de Vegueta – Huaura –Lima, 2019.

Autor : Condori Mamani, Wilfredo
Institución : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

Año : (12)

La metodología fue científica, inductivo-deductivo, aplicada, de nivel descriptivo-explicativo y de diseño experimental, llegando a concluir que, se optimizó la propuesta del diseño geométrico de la carretera tramo ramal Oyón – Ambo y también los recursos en términos de costos y tiempos. Así mismo, se determinó que, el diseño geométrico de la carretera tramo ramal Oyón – Ambo, con la cual mejorará las características geométricas y condiciones de transitabilidad vehicular de pasajeros y de carga. Con el estudio de suelo se permitió conocer los parámetros y características estratigráficas de los extractos, para soportar y distribuir esfuerzos sobre superficie y rodadura de la vía.

Autor : Saldaña Yauri, Bryan
Institución : UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES

Año : (13)

En este estudio se hizo uso de la metodología aplicada, con un enfoque cuantitativo y explicativo. Llegando a concluir que, se mejoró algunas características de la vía como el sobre ancho, el bombeo, señalización, hitos kilométricos, se aumentó el ancho de la vía y se adicionó plazoletas de cruce tal como indica el manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito. Las alcantarillas serán de acero corrugado la cual resulta más económico, los badenes y cunetas serán de concreto con material de la cantera Canayre – Río Mantaro. Estas obras responden a un cálculo y diseño de acuerdo a los criterios del estudio hidráulico.

Autor : Haro Llerena, Miguel Ángel
Institución : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Año : (14)

Esta investigación utilizó la metodología de diseño descriptivo, llegando a concluir que, según el levantamiento topográfico de la carretera en estudio se determinó de acuerdo al análisis de su orografía y al manual de diseño geométrico (DG2014), que es un terreno accidentado, con pendientes longitudinales promedio de 7%. En el diseño geométrico la carretera en estudio se clasifica en función a la demanda y con un IMDa de 8 veh/día como una carretera de tercera clase, con una velocidad directriz de 30 Km/h, como lo establece el manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2014).

Autor : Risco Gutiérrez, Pedro Guillermo.
Institución : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
Año : (15)

La tesis presenta el diseño descriptivo y aplicativo; concluyendo que, con el diseño de 8.340 km de carretera, une al distrito de Llama con el caserío San Antonio. El IMDa que demandará la carretera es de 146 veh/día, siendo considerada un tráfico de bajo volumen de tránsito. Se realizó la evaluación de rutas, teniendo como ruta óptima

elegida la ruta 2, esto debido a que cumple con la mayor cantidad de radios mínimos establecidos por la norma, cuenta con mejores pendientes en el perfil longitudinal realizado para ambas rutas, cuenta con menor movimiento de tierras por kilómetro, por ende, con menor presupuesto, de igual manera cuenta con menor impacto ambiental.

Autor : Román Huacho, Wilde
Institución : UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
Año : (16)

La investigación fue de enfoque cualitativo, descriptivo y no experimental; concluyendo que, para optimizar los costos de construcción, utilizamos el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, ya que fue lo más conveniente. Según la norma actual DG – 2018 presenta un ancho mínimo de plataforma de 7.00 m que representa un costo de S/. 1 047 361.25; pero obteniendo nuevos anchos de plataforma que son de 6.50 m, 5.50 m y 4.50 m que van a depender según el IMDA y la velocidad de diseño, los nuevos costos serán de S/. 895 314.82, S/. 782 841.24 y S/.638 850.64 respectivamente.

Autores : Pari Pinto, Avelino
Malpartida Arrieta, Víctor
Olave Colque, Helard
Revista : CIENCIA Y DESARROLLO
Año : (17)

La metodología que se aplicó en esta investigación fue la metodología usada por Gardilic en la ciudad de Sucre, Bolivia. Concluyendo que, la parte superior de la zona comercial de la avenida Bolognesi presenta un alto nivel de congestionamiento, lo cual genera bloqueo de demarcaciones de uso peatonal y vehicular. Se comprobó el efecto de la congestión vehicular mediante encuestas a transeúntes y conductores. Las medidas de control realizadas por la Municipalidad

de Tacna, no son suficientes para resolver los problemas de congestión vehicular, la población exige medidas más estrictas.

2.1.3. Antecedentes Locales

Autores : Ccapatinta Meléndez Josué

Quispe Cahua Jestyn

Institución : UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

Año : (18)

La metodología fue cuantitativa, descriptiva, cuasi experimental e hipotético deductivo. Concluyendo que, el diseño geométrico de la situación actual del “Óvalo Libertadores” no tiene características propias de rotondas y no tiene la suficiente capacidad vial para los volúmenes vehiculares presentes, y que las propuestas de rediseño geométrico presentan un mejor comportamiento funcional debido a sus características geométricas y una adecuada implementación de dispositivos de control de tránsito. Se determinó la capacidad total de la intersección para todas estas. Se aprecia la capacidad total de la intersección para las características geométricas actuales.

Autores : Boza Pareja, Renzo

Molina Loaiza, Jhonattan

Institución : UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

Año : (19)

La metodología que se uso fue: Primero de tipo no experimental, segundo mediante la aplicación de los manuales de diseño: Manual de carreteras “diseño geométrico (DG-2014) peruano, manual de diseño geométrico ecuatoriano de carreteras 2003, y manual de diseño geométrico de carreteras colombiano 2008. Arribaron a la conclusión siguiente: El manual de diseño geométrico ecuatoriano de carreteras 2003 tiene una mayor exigencia en sus parámetros que el manual de diseño geométrico de carreteras colombiano 2008 y el manual DG-2014 peruano.

Autores : Herrera Ponce, Veriosca
Mandura Choque, Rodrigo Miguel.
Institución : UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
Año : (20)

La metodología de este estudio fue de enfoque cuantitativo, descriptivo, y los métodos que se aplicaron fueron el Predictivo de Highway Safety Manual y la Inspección de Seguridad Vial (ISV). Se ha hallado el Factor de Calibración (C) del tramo estudiado ($C=0.73$); se hace uso del Predictivo Highway Safety Manual (HSM) para realizar una segunda predicción donde las condiciones de la vía han sido cambiadas con propuestas de mejora. La aplicación de los métodos, dieron como resultado la identificación de aquellas zonas donde la seguridad vial presenta deficiencias y es necesaria una intervención con el fin de brindar seguridad a las personas.

Autor : Hallasi Zarate, Ángel
Institución : UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO.
Año : (21)

La metodología fue descriptiva, el cual llegó a las siguientes conclusiones: 1) La falta de vías de comunicación no permite articular los centros poblados de relativa importancia, su aislamiento de la economía regional y departamental, permite que el mercado sea estrecho y que exista una mayor relación en cuanto a abastecimiento y destino de productos con la ciudad de Cusco. 2) Considerando que la topografía que presenta el terreno del proyecto es accidentada y con ondulaciones, se determinó una velocidad directriz de 25 Km./h.

Autor : Pérez Montesinos, Jean
Revista : REVISTA YACHAY
Año : (22)

La investigación presenta el enfoque cuantitativo de nivel descriptivo y el método deductivo – cuantitativo. Llegando las siguientes conclusiones: 1) Es posible en primer lugar aplicar la metodología norteamericana en el Perú, se redujeron los accidentes hasta un 40%, siendo este un gran impacto si estimamos la vida humana en el valor dado por la Organización Mundial de la Salud. 2) Esta metodología es el único método de predicción de accidentes a nivel mundial y el más probado en el mundo en los últimos años en varios continentes, permitirá a los ingenieros y políticos peruanos velar por la seguridad vial de una forma científica y demostrada.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Diseño geométrico

Para definir el diseño geométrico se tomaron en cuenta a los siguientes autores:

Es la parte más importante del proyecto de una carretera, estableciendo con base en los condicionantes o factores existentes la configuración geométrica definitiva del conjunto tridimensional que supone, para satisfacer al máximo los objetivos fundamentales, es decir, la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración ambiental en su entorno, la armonía o estética, la economía y la elasticidad de la solución final. (23 pág. 2)

Según Nieves (24) “Es una popular tendencia que muestra formas básicas en diseños creativos. Con raíces en los principios matemáticos reales, el diseño geométrico puede ser creado con precisión formulista o por medio de la experimentación”.

El diseño geométrico vial comprende la selección y dimensionamiento de sus características visibles. En este proceso, el proyectista debe seleccionar los elementos necesarios para su proyecto específico y darle dimensiones según las necesidades del consumidor. El diseño debe propender a que los usuarios mantengan velocidades sensiblemente uniformes, les induzca a una conducción libre de tensiones y sorpresas, y les imposibilite la ocurrencia de siniestros o al menos les reduzca sus consecuencias. (25)

2.2.1.1. Objetivos del diseño geométrico

Con el diseño geométrico hay que intentar lograr todos los objetivos del mismo, que son:

a. La funcionalidad

Vendrá determinada por el tipo de vía a proyectar y sus características, así como por el volumen y propiedades del tráfico que se estime pueda recorrerla cuando esté en servicio, permitiendo una adecuada movilidad por el territorio a los usuarios y mercancías a través de una suficiente velocidad de recorrido del conjunto de la circulación.

b. La seguridad vial

Ha de ser la premisa básica en cualquier diseño viario, inspirando todas las fases del mismo, hasta las mínimas facetas, reflejada principalmente en la simplicidad y uniformidad de los diseños.

c. La comodidad

La comodidad de los usuarios de los vehículos, debe incrementarse en consonancia con la mejora general de la calidad de vida, reduciendo las aceleraciones y, especialmente, sus variaciones, que minoran el confort de los ocupantes de los vehículos.

d. La integración en su entorno

Ha de procurar minimizar los impactos ambientales, teniendo en cuenta el uso y valores del territorio y los suelos afectados, siendo básica la mayor adaptación física posible a la orografía existente

e. La armonía o estética

El exterior o estático, relacionado con la adaptación paisajística ya mencionada, y el interior o dinámico, vinculado con la comodidad visual del conductor ante las perspectivas cambiantes que se agolpan en sus pupilas y pueden llegar a provocar fatiga o distracción, motivo de peligrosidad

f. La economía

El menor coste global posible, tanto de la ejecución de la obra, como de la explotación futura de la misma.

g. La elasticidad

Una elasticidad de la solución final permitiría la acomodación de futuras ampliaciones o mejoras, siempre y cuando estas sean previsibles en un plazo razonable de tiempo. (23 págs. 2-3)

2.2.2. Clasificación de Carreteras

La clasificación de carreteras según el Ministerio de Transportes y comunicaciones del Perú (26) se da a través de dos funciones, la de demanda y por orografía, que se explica a continuación:

2.2.2.1. En Función de la Demanda

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

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 debe ser pavimentada.

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 pavimentada.

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 de estas carreteras debe ser pavimentada.

d. Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

e. Carreteras de Tercera Clase

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional, estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas, deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

f. Trochas Carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m.

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar. (26 pág. 1)

2.2.2.2. En Función a la Orografía

Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por dónde discurre su trazo, se clasifican en:

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. (26 pág. 2)

2.2.2.3. Características del Transito

➤ Índice medio diario anual (IMDA)

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de

la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica. (27 pág. 1)

➤ **Clasificación por tipo de vehículo**

Expresa, en porcentaje, la participación que le corresponde en el IMDA a las diferentes categorías de vehículos, que acorde al Reglamento Nacional de Vehículos, son las siguientes:

Categoría L: Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.

L1: Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h.

L2: Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h. o velocidad mayor a 50 km/h.

L4: Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm³ o una velocidad mayor de 50 km/h.

L5: Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm³ o velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no exceda de una tonelada (27 pág. 4).

Categoría M: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

M1: Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.

M2: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.

M3: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:

Clase I: Vehículos construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de estos.

Clase II: Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.

Clase III: Vehículos construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados. (27 pág. 5)

Categoría N: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancía.

N1: Vehículos de peso bruto vehicular de 3.5 toneladas o menos.

N2: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3.5 toneladas hasta 12 toneladas.

N3: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas. (27 pág. 6)

Categoría O: Remolques (incluidos semirremolques).

O1: Remolques de peso bruto vehicular de 0.75 toneladas o menos.

O2: Remolques de peso bruto vehicular de más 0.75 toneladas hasta 3.5 toneladas.

O3: Remolques de peso bruto vehicular de más de 3.5 toneladas hasta 10 toneladas.

O4: Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas. (27 pág. 7)

Categoría S: Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N u O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:

SA : Casas rodantes

SB : Vehículos blindados para el transporte de valores

SC : Ambulancias

SD : Vehículos funerarios

Los símbolos SA, SB, SC y SD deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N1 convertido en ambulancia será designado como N1SC. (27 pág. 8)

➤ **Velocidad de diseño**

Según el MTC (28), es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño. Para identificar los tramos homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño, se debe atender a los siguientes criterios:

- 1) La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño dada, debe ser de tres (3.0) kilómetros, para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4.0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 km/h).
- 2) La diferencia de la Velocidad de Diseño entre tramos adyacentes, no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h). (28 pág. 96)

➤ **Velocidad de diseño del tramo homogéneo.**

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 siguiente tabla.

Tabla 5

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											

Nota. Tomada del Manual de Carreteras (DG), 2018, p.98.

2.2.2.4. Diseño Geométrico

Según el MTC (29) se considera los siguientes aspectos para tomar en cuenta el diseño geométrico:

➤ **Distancia de Visibilidad**

Es la longitud continua hacia adelante del camino, que es visible al conductor del vehículo. En diseño se consideran tres distancias: La de visibilidad suficiente para detener el vehículo; la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaja a velocidad inferior, en el mismo sentido; y la distancia requerida para cruzar o ingresar a un camino de mayor importancia (29 pág. 37).

– Visibilidad de Parada

Distancia de visibilidad de parada, es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria.

Para efecto de la determinación de la Visibilidad de Parada, se considera que el objetivo inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante del camino (29 pág. 37).

Tabla 6

Distancia de visibilidad de parada (metros)

Velocidad Directriz (Km/h)	Pendiente Nula o en bajada				Pendiente en Subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75
70	105	110	116	124	100	97	93
80	130	136	144	154	123	118	114

Nota. Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2005, p.36.

La pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Esta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada iguales o mayores a 6% y para velocidades directrices mayores de 70 km/hora.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será igual o superior a la distancia de visibilidad de parada. Éstas muestran las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad directriz y de la pendiente. En caminos de muy bajo volumen de tránsito, de un solo carril y tráfico en dos direcciones, la distancia de visibilidad deberá ser por lo menos dos veces la correspondencia a la visibilidad de parada.

Para el caso de la distancia de visibilidad de cruce, se aplicarán los mismos criterios que los de visibilidad de parada. (29 pág. 38)

– Visibilidad de adelantamiento

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

Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento, se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario, es de 1.10 m, y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es 1.10 m. (29 pág. 38)

La visibilidad de adelantamiento debe asegurarse para la mayor longitud posible del camino, cuando no existen impedimentos impuestos por el terreno y que se reflejan, por lo tanto, **se refleja** en el costo de construcción. La distancia de Visibilidad de Adelantamiento a adoptarse varía con la velocidad directriz tal como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7

Distancia de velocidad de adelantamiento

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

Nota. Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2005, p.38.

➤ Consideraciones para el Alineamiento Horizontal

El alineamiento horizontal deberá permitir la circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible.

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

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

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

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

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

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

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

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

El diseño de un camino responde a una necesidad justificada social y económicamente. Ambos conceptos se correlacionan para establecer las características técnicas y físicas que debe tener el camino que se proyecta, para que los resultados buscados sean óptimos, en beneficio de la comunidad que requiere del servicio, normalmente en situación de limitaciones muy estrechas de recursos locales y nacionales (29 págs. 39-40).

2.2.2.5. Estudio de Topografía

➤ Concepto de plano Topográfico

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 del camino y de las diversas estructuras que lo componen (29 pág. 174).

➤ Trabajos Topográficos

Los trabajos de Topografía y Georreferenciación, comprenden los siguientes aspectos:

a) Georreferenciación:

La georreferenciación 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 serán 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. Las placas de bronce tendrán una leyenda que permita

reconocer el punto. Estos puntos servirán de base para todo el trabajo topográfico y a ellos estarán referidos los puntos de control y los del replanteo de la vía. (29 pág. 179)

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 deberán establecer 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, deberán ser referidas al eje de la carretera. El espaciamiento entre secciones no deberá ser 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 tomarán secciones adicionales en los puntos de quiebre. Se tomarán 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 vida podría ser afectadas por las obras de carretera, así como por el desagüe de las alcantarillas.

d) Estacas de Talud y Referencias

Se deberán establecer 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.

e) Límites de Limpieza y Roce

Los límites para los trabajos de limpieza y roce deben ser establecidos en ambos lados de la línea del eje en cada sección de la carretera, durante el replanteo previo a la construcción del camino.

f) Restablecimiento de la línea del eje

Para la construcción del camino a línea del eje será 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 deberán ser estacados para fijarlos a las condiciones del terreno. Se deberá considerar 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 las estructuras de drenaje transversal y sus elementos de ingreso y salida.
- (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 (29 pág. 181).

2.2.2.6. Geometría del camino

Se incorporan las siguientes descripciones para su uso por quienes se enfrenten a la necesidad de elaborar diseños de caminos vecinales en territorios alejados de las tecnologías electrónicas de trazado vial.

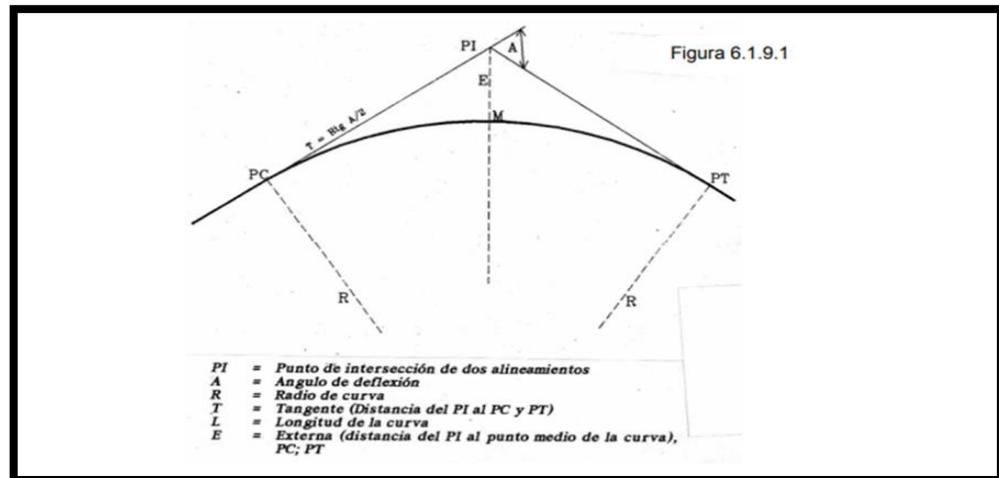
a) Elementos y cómputo de curvas horizontales circulares

En el diseño de la curva, se conoce la ubicación del punto de intersección del alineamiento o del PI, en relación con el estacado progresivo del alineamiento de llegada. También se conoce el azimut de ambas tangentes y, por tanto, el ángulo del alineamiento.

Se selecciona el radio de la curva correspondiente a la velocidad de diseño como mínimo; pero de ser posible debe ser mayor al correspondiente a esa velocidad (29 pág. 182).

Figura 1

Elementos y computo de curvas horizontales circulares



Nota. Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito), 2005, p.181.

b) Distancia de visibilidad en curvas horizontales

La visibilidad es afectada por obstáculos laterales tales como, casas, paredes, árboles, muros, o laderas.

Banquetas de visibilidad

Cuando en una curva horizontal, sea está circular o provista de espiral de transición, no se cumple con el requisito mínimo de visibilidad, es decir, que en determinada sección no se puede establecer la existencia de distancia de visibilidad de parada en el eje de la vía interior de circulación, que es el caso más desfavorable, el procedimiento para hacer que esta exigencia se cumpla, consiste en la construcción de una banqueta de visibilidad, que es simplemente un mayor corte del talud interior de la cura, que permitirá ampliar la visibilidad en la curva. Entonces la curva que define la banqueta de visibilidad será la envolvente de las rectas que unen los puntos del eje de la vía interior, que distan entre sí, la distancia de visibilidad de parada.

c) Geometría del alineamiento vertical

El Perfil Longitudinal

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.

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.

d) Alineamiento vertical

Curvas verticales Cada P.I. 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 $K = L/A$ 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.

Las tablas siguientes muestran valores mínimos K con valores mínimos y deseables de la distancia de visibilidad para curvas cóncavas y convexas.

Tabla 8*Alineamiento vertical*

Velocidad de diseño	Kph	Valores de K				
		35	50	65	80	100
Mínima distancia de visibilidad	Cóncava	5	9	16	27	55
	Convexa	8	12	17	23	35
Deseable distancia de visibilidad de parada	Cóncava	5	9	19	45	107
	Convexa	8	12	19	31	52

Nota. Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2005, p.186.

e) Curvas verticales cóncavas o columpios

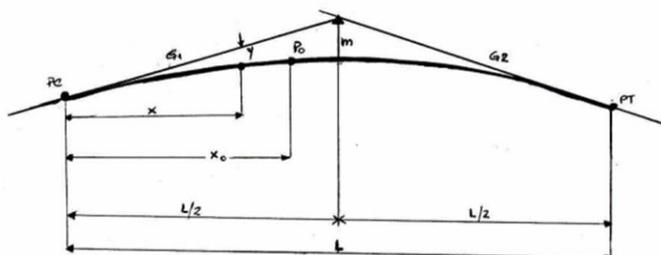
En las curvas verticales cóncavas, no existe problema de visibilidad diurna, pues los conductores no tienen impedimento para divisarse, entonces la finalidad de estas curvas es de dar uniformidad al movimiento de vehículo, desapareciendo ese feo efecto de columpio que se produce en un cambio de pendiente.

f) Curvas Verticales

Las curvas verticales son arcos parabólicos. La deflexión desde la parábola a la tangente varía con el cuadrado de la distancia desde el punto de tangencia. Para determinar el perfil de la rasante, las deflexiones desde la tangente se computan, adicionándolas o restándolas de la cota de tangente.

Figura 2

Alineamiento vertical y curvas de nivel



Nota. Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2005, p.186

g) Disminución de la pendiente en las curvas

En la planta de una carretera, el elemento que controla la velocidad es el radio de la curva, y también en perfil, la pendiente en todo momento está controlando la velocidad. En las curvas con pendientes se superponen estos dos parámetros de control, dificultando la maniobrabilidad y fluidez del tránsito de los vehículos, especialmente en las curvas de vuelta cerradas

Además, la fórmula que regula la disminución de la pendiente en curvas es la siguiente:

$$C = (38 i) / R \text{ (29 págs. 182-191)}$$

2.2.3. Mecánica de Suelos

2.2.3.1. Concepto

Mecánica, es la parte de la ciencia física que trata de la acción de las fuerzas sobre los cuerpos. De igual forma, la mecánica de los suelos es la rama de la mecánica que trata de la acción de las fuerzas sobre la masa de los suelos. La mecánica de suelos ,se define también como la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producto de la desintegración química y mecánica de las rocas (30 pág. 17).

2.2.3.2. Origen y Formación de los Suelos

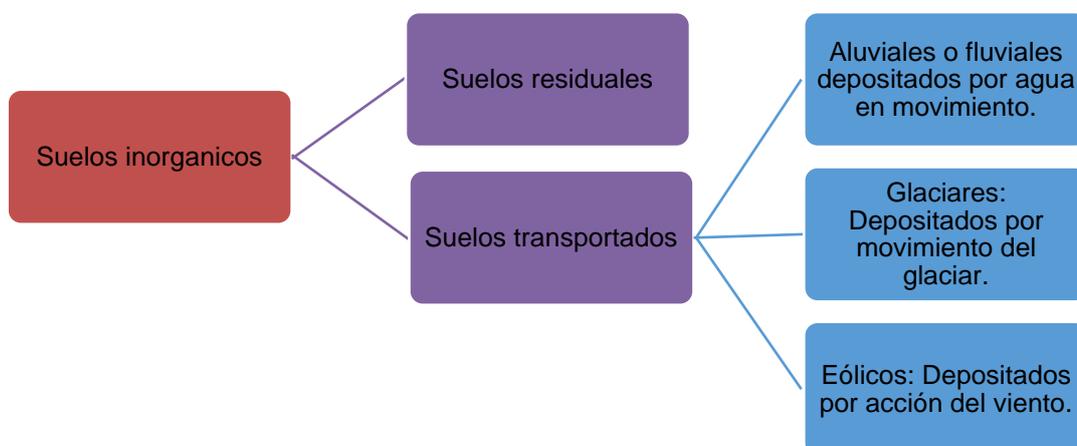
El origen de un suelo se debe al intemperismo que sufre la roca madre, y a las fracturas que sufren por ataque de agentes mecánicos o químicos. Se trata de un conjunto con organización definida y propiedades que varían vectorialmente. En la dirección vertical, generalmente sus propiedades cambian mucho más rápido que en la horizontal (31).

Durante la planificación, diseño y construcción de cimentaciones, terraplenes y estructuras de retención, los ingenieros deben conocer el origen de los depósitos de los suelos sobre los que construirán” (32 pág. 16).

Los suelos se clasifican en dos grupos a continuación se muestra en la siguiente figura:

Figura 3

Clasificación de suelos



Nota. Elaboración propia.

2.2.3.3. Principales Tipos de Suelos

Para mencionar los tipos de suelos se consideró al siguiente autor:

Según Oyarzun (33) son los siguientes:

GRAVAS

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de dos milímetros de diámetro. Dado el origen, cuando son redondeadas. Como material suelto, suele encontrarse en los lechos, en las márgenes y en los conos deyección de los ríos y en muchos otros lugares, a los cuales las gravas han sido transportadas. Las gravas ocupan grandes extensiones, pero casi siempre se encuentran con mayor o menor proporción de canto rodado, arenas, limos y arcillas.

ARENAS

La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro.

LIMOS

Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en canteras, o limo orgánico como el que suele encontrarse en los ríos, teniendo en este

último caso características plásticas. El diámetro de las partículas de los limos está comprendido 0.05 mm y 0.005 mm.

ARCILLAS

Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente, es un silicato de alúmina hidratado, aunque en no pocas ocasiones contiene también silicato de hierro o de magnesio hidratados.

CALICHE

El término caliche se aplica a ciertos estratos de suelo, cuyos granos se encuentran cementados por carbonatos calcáreos. Parece ser que para la formación los caliches son necesario un clima semiárido. La marga es una arcilla con carbono de calcio, más homogéneo que el caliche y generalmente muy compacto y de color verdoso.

LOESS

Los loess, son sedimentos eólicos uniformes y cohesivos. Esa cohesión que poseen es debida a un cementante del tipo calcáreo y cuyo color es generalmente castaño claro. El diámetro de las partículas de los loess está comprendido entre 0.01 mm y 0.05 mm. Los loess se distinguen porque presentan agujeros verticales que han sido dejados por raíces extinguidas. Los loess modificados son aquellos loess que han perdido sus características debido a procesos geológicos secundarios, tales como inmersión temporánea, erosión y formación de nuevo depósito.

DIATOMITA

Las diatomitas o tierras diatomáceas son depósitos de polvo silíceo, generalmente de color blanco, compuesto total o parcialmente por residuos de diatomeas. Las diatomeas son algas unicelulares microscópicas de origen marino o de agua dulce, presentando las paredes de sus células características silíceas.

2.2.3.4. Suelos Cohesivos y no Cohesivos

Una característica que hace muy distintivos a diferentes tipos de suelos es la cohesión. Debido a ella los suelos se clasifican en “cohesivos” y “no cohesivos”. Los suelos no cohesivos son los formados por partículas de roca sin ninguna cementación, como la arena y la grava. (34)

2.2.3.5. Análisis de Mecánica de Suelos

Es usual que el contenido de gravas y arenas se determine utilizando tamices, mientras que el porcentaje de coloides, limos y arcillas se obtenga mediante ensayos de sedimentación.” Existen dos métodos de análisis granulométrico de los suelos, estos son para suelos finos y suelos gruesos, los análisis son el método por cribado y el método por el hidrómetro, para determinar que método usar, se debe tener en cuenta que para dimensiones mayores a 0.074 mm se usa el cribado y para menores a esa dimensión se usa el hidrómetro (35).

➤ Análisis por Cribado:

“Del suelo secado al sol, disgregado y cuarteado, se obtiene una muestra representativa, la cual es pesada y se anota el peso en el registro correspondiente. Se procede a pasar el material por las diferentes mallas, que van de mayor a menor abertura, tal y como se presentan en el registro propio para este ensayo. El material retenido en cada malla se va pesando y anotando en la columna de peso retenido. Todo lo anterior se realiza hasta la malla No. 4 y con el material que pasa dicha malla se procede a obtener una porción de suelo que sea representativa, hasta que se obtenga una muestra de entre 500 y 1000 grs.

La muestra anterior se pone a secar totalmente, esta se enfría y se pesa una muestra de 200. grs., la cual se vacía a un vaso de aluminio y se vacía agua hasta llenarlo; con esto se procede a ejecutar el lavado del suelo. Si el suelo en estudio, tiene una cantidad apreciable de grumos, este se deja en saturación por 24 hrs. Se vacía el líquido a la malla No. 200, con el fin de eliminar los finos (que es el material

que pasa dicha malla), posteriormente se vierte más agua al vaso y se agita de la forma antes descrita. Cuando en la malla se acumule mucho material (arena), se reintegra al vaso, vaciando agua sobre el reverso de la malla, siempre cuidando de no perder material; esto se hará cada 5 veces que se vacíe agua con finos a la malla No.200. Esta operación se repite las veces necesarias para que el agua salga limpia o casi limpia.

El suelo es secado al horno o a la estufa, se deja enfriar y después se pasa por las siguientes mallas, que son la No. 10 a la No. 200. Para que sea un vibrado más eficaz se recomienda, llevar todo el conjunto de mallas al vibrador de mallas, se procede a pesar el material retenido en cada malla.

Tabla 9

Distribución de las aberturas de los tamices

Tamiz	Abertura (mm)
3"	76.20
2 1/2"	63.50
2"	50.80
1 1/2"	38.10
1"	25.40
3/4"	19.10
1/2"	12.70
3/8"	9.520
1/4"	6.350
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.074

Nota. Tomado de ASTM D-422, AASHTO T88, J. E. Bowles, 2000, p. 37.

Este ensayo se realiza según las normas internacionales ASTM D-422 y AASHTO T 27-88, dichos ensayos se realizan en el suelo más antiguo y común, sin embargo, debido a que el menor tamiz usado es el de 0.074 mm de diámetro o la malla N^a 200, este ensayo está limitado a partículas mayores a esta dimensión; en tal sentido, el ensayo que se desarrolla para partículas menores es por vía húmeda conocido como análisis hidrométrico.

Conjuntamente con estos cálculos se pueden hallar otros parámetros del suelo, como son el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura, los que se describen a continuación:

Coeficiente de Uniformidad (CU): Este coeficiente nos indica la distribución granulométrica del suelo, vale decir, si está bien gradado o mal gradado, estos valores se evalúan entre D10 y D60, y está definido como sigue:

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

(DAS, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2001)

Dónde:

Cu: Coeficiente de Uniformidad.

D10: Diámetro correspondiente al 10% de finos (diámetro efectivo).

D60: Diámetro correspondiente al 60% de finos.

Coeficiente de Curvatura (CC): Este coeficiente es un parámetro, el cual nos indica la forma que toma la curva granulométrica entre los diámetros D10 y D60, la expresión está dada de la siguiente manera:

$$CC = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

(DAS, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2001)

Dónde:

CC.: coeficiente de Curvatura.

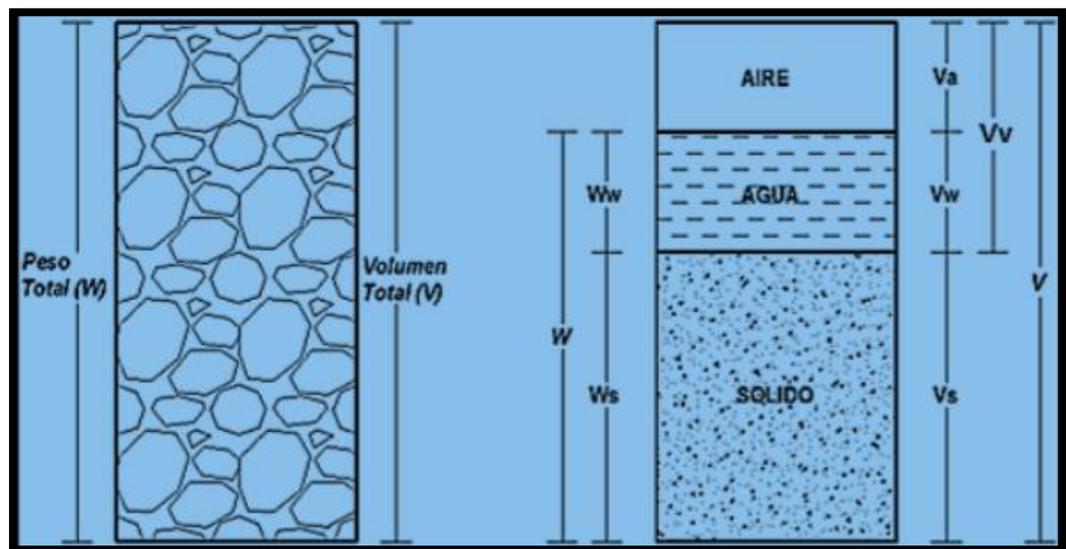
D30: diámetro correspondiente al 30% de finos.

➤ Relaciones volumétricas

“Las condiciones en que se encuentre un suelo alterado o inalterado en el lugar o transportado por cualquier medio, pueden indicarse como: a) en estado completamente seco, b) con cierta cantidad de humedad (parcialmente saturado), y c) completamente saturado (100% saturado). Es muy importante conocer las relaciones volumétricas existentes en cada fase entre suelo, agua y aire, para discernir adecuadamente en cada caso” (36).

Figura 4

Fases existentes en los suelos



Nota. Tomada de los Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2001, p 151.

Dónde:

- W = Peso Total.
- V = Volumen Total.
- VV = Volumen Total.
- W_w = Peso de la fase líquida.
- W_s = Peso de la fase sólida.
- V_s = Volumen de la fase sólida.
- V_w = Volumen de la fase líquida.
- V_a = Volumen de la fase gaseosa.

Tabla 10

Relaciones gravimétricas y volumétricas del suelo

Relación de vacíos	$e = \frac{V_V}{V_S}$
Porosidad	$n = \frac{V_V}{V}$
Grado de Saturación	$n = \frac{V_W}{V_V}$
Contenido de Humedad	$n = \frac{W_W}{W_S}$
Peso Específico Seco	$n = \frac{W_S}{V}$
Densidad del Suelo	$\rho = \frac{m}{V}$
Densidad Seca del Suelo	$\rho_d = \frac{m_S}{V}$

Nota. Duque Escobar, tomada de Geomecánica, 2016, p 25.

Dónde:

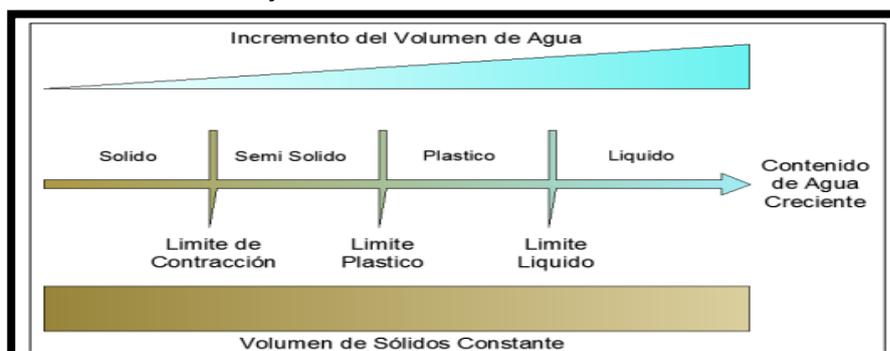
- m = Masa del suelo en condiciones naturales.
- ms = Masa del suelo seco al horno.

➤ **Límites de Atterberg**

En el año de 1900 el científico Albert M. Atterberg, desarrollo un método para determinar la consistencia del suelo fino con diferentes contenidos de humedad, entonces se dice que a mayor contenido de agua en suelo, se comporta como un líquido. En la siguiente figura se ve los diferentes límites de consistencia. (37)

Figura 5

Gonzales de Vallejo



Nota. Tomada de Límites de Atterberg,, 2002, p. 58.

– **Límite Líquido (LL)**

“El límite líquido es el contenido de humedad, expresado en porcentaje del peso del suelo seco. Este límite se define como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm de espesor fluyan y se unan en una longitud de 12 mm, aproximadamente, en el fondo de la muestra que separa las dos mitades, cuando la cápsula que la contiene golpea 25 veces desde una altura de 1 cm., a la velocidad de 2 golpes por segundo. (38)

– **Límite Plástico (LP)**

El límite plástico es el contenido de humedad para el cual el suelo se fractura al ser amasado en bastoncitos de diámetro 1/8” (3 mm) cuando se amasa una pequeña porción de suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa” (MEDINA DÁVILA & MATUS LAZO).

– **Índice de Plasticidad (IP)**

El índice de plasticidad es la simple diferencia numérica entre el Límite Líquido y el Límite Plástico.

$$IP = LL - LP$$

Dónde:

- IP = índice de plasticidad.
- LL = Límite líquido.
- LP = Límite plástico.

2.2.4. Hidrología

1. Hidrología es la ciencia geográfica que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares. Los estudios hidrológicos son fundamentales para: El diseño de obras hidráulicas, para efectuar estos estudios se utilizan frecuentemente modelos matemáticos que representan el comportamiento de toda la cuenca en estudio.

2. El correcto conocimiento del comportamiento hidrológico de un río, arroyo, o de un lago es fundamental para poder establecer las áreas vulnerables a los eventos hidrometeorológicos extremos; así como para prever un correcto diseño de obras de infraestructura vial.
3. Su aplicación dentro del Manual está dada en la determinación de los caudales de diseño para diferentes obras de drenaje.
4. Es importante determinar las características físicas de las cuencas como son: El área, forma de la cuenca, sistemas de drenaje, características del relieve, suelos, etc. Estas características dependen de la morfología forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos, la cobertura vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico. El estudio de cuencas hidrográficas deberá efectuarse en planos que cuenta el IGN en escala 1:100,000 y preferentemente a una escala de 1/25,000, con tal de obtener resultados esperados (39).

2.2.4.1. Hidrología y Drenaje

El sistema de drenaje de un camino tiene esencialmente dos finalidades:

- a) Preservar la estabilidad de la superficie y del cuerpo de la plataforma del camino.
- b) Restituir las características de los sistemas de drenaje y/o de conducción de aguas, natural del terreno o artificial, de estructuras, construidas previamente, que serían dañadas o modificadas por la construcción de camino; y que, sin un debido cuidado en el proyecto, resultan causando daños, algunos posiblemente irreparables, en el medio ambiente. (40)

Existen dos tipos de diseño de drenaje:

1.- Drenaje superficial

a) Finalidad del Drenaje Superficial

Tiene como finalidad alejar las aguas del camino, para evitar el impacto negativo de las mismas sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad. El adecuado drenaje es esencial para evitar la

destrucción total o parcial de un camino y reducir los impactos indeseables al ambiente, debido a la modificación de la escorrentía a lo largo de este. El drenaje superficial comprende:

- La recolección de las aguas procedentes de la plataforma y sus taludes.
- La evacuación de las aguas recolectadas hacia cauces naturales
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por el camino.

b) Criterios funcionales

Los elementos del drenaje superficial, se eligieron teniendo en cuenta criterios funcionales según se menciona a continuación:

- Las soluciones técnicas disponibles
- La facilidad de su obtención y así como los costos de construcción y mantenimiento.
- Los daños que eventualmente producirían los caudales de agua correspondientes al periodo de retorno, es decir, los máximos del periodo de diseño. Al paso del caudal de diseño, elegido de acuerdo al periodo de retorno, y considerando el riesgo de obstrucción de los elementos del drenaje, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

Tabla 11

Riesgo de excedencia (%) durante la vida útil para diversos periodos de retorno

Período de Retorno (años)	Años de Vida Útil				
	10	20	25	50	100
10	65.13%	87.84%	92.82%	99.48%	99.99%
15	49.84%	74.84%	82.18%	96.82%	99.90%
20	40.13%	64.15%	72.26%	92.31%	99.41%
25	33.52%	55.80%	63.96%	87.01%	98.31%
50	18.29%	33.24%	39.65%	63.58%	86.74%
100	9.56%	18.21%	22.22%	39.50%	63.40%
500	1.98%	3.92%	4.88%	9.30%	18.14%
1000	1.00%	1.98%	2.47%	4.88%	9.52%

Nota. Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2005, p.66.

- En los elementos de drenaje superficial la velocidad del agua será tal que no produzca daños por erosión ni por sedimentación.
- El máximo nivel de la lámina de agua será tal, que siempre se mantenga un borde libre no menor de 0.10 m.
- Los daños materiales, a terceros, producibles por una eventual inundación de zonas aledañas al camino, debida a la sobre elevación del nivel de la corriente en un cauce, provocada por la presencia de una obra de drenaje transversal, no deberán alcanzar la condición de catastróficos.

c) Periodo de Retorno

La selección del caudal de diseño para el cual debe proyectarse un elemento del drenaje superficial, está relacionada con la probabilidad o riesgo que ese caudal sea excedido durante el periodo para el cual se diseña el camino. En general se aceptan riesgos más altos cuando los daños probables que se produzcan, en caso de que discurre un caudal mayor al de diseño, sean menores, y los riesgos aceptables deberán ser muy pequeños, cuando los daños probables sean mayores.

El riesgo o probabilidad de excedencia de un caudal en un intervalo de años, está relacionado con la frecuencia histórica de su aparición o con el periodo de retorno.

Tabla 12

Periodos de retorno para diseño de obras de drenaje en caminos de bajo volumen de tránsito

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS
Puentes y Pontones	100
Alcantarillas de Paso	50
Alcantarilla de Alivio	10 - 20
Drenaje de Plataforma	10

Nota: Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2005, p.67.

d) Riesgo de Obstrucción

Las condiciones de funcionamiento de los elementos de drenaje superficial pueden verse alteradas por su obstrucción debida a cuerpos arrastrados por la corriente. Entre los elementos del drenaje superficial de la plataforma, este riesgo es especialmente importante en los sumideros y colectores enterrados, debido a la presencia de basura o sedimentación del material transportado por el agua. Para evitarlo, se necesita un adecuado diseño, un cierto sobredimensionamiento y una eficaz conservación o mantenimiento. El riesgo de obstrucción de las obras de drenaje transversal (alcantarillas de paso y cursos naturales) fundamentalmente por vegetación arrastrada por la corriente, dependerá de las características de los cauces y zonas inundables, y puede clasificarse en las categorías siguientes:

- Riesgo Alto: Existe peligro de que la corriente arrastre árboles u objetos de tamaño parecido.
- Riesgo Medio: Pueden ser arrastradas cañas, arbustos, ramas y objetos de dimensiones similares, en cantidades relevantes.
- Riesgo Bajo: No es previsible el arrastre de objetos de tamaño en cantidad suficiente como para obstruir el desagüe.

e) Daños debidos a la escorrentía

A efectos del presente Manual, únicamente se considerarán como daños, a aquellos que no se hubieran producido sin la presencia del camino. Es decir, a las diferencias en los efectos producidos por el caudal entre las situaciones correspondientes a la presencia del camino y de sus elementos de drenaje superficial, y a su ausencia. Estos daños pueden clasificarse en las categorías siguientes:

- Los producidos en el propio elemento de drenaje o en su entorno inmediato (sedimentaciones, erosiones, roturas).
- Las interrupciones en el funcionamiento del camino o de vías contiguas, debidas a inundación de su plataforma.
- Los daños a la estructura del afirmado, a la plataforma del camino o a las estructuras y obras de arte.

- Los daños materiales a terceros por inundación de las zonas aledañas. Estos daños, a su vez, podrán considerarse catastróficos o no (40).

Daños en el elemento de drenaje superficial

Si la corriente pudiera arrastrar materias en suspensión (limo, arena, etc.) se cuidará de que una reducción de la velocidad del agua no provoque su sedimentación, o se dispondrán depósitos de sedimentación para recogerlas, los cuales deberán ser de fácil limpieza y conservarse de forma eficaz.

Tabla 13

Velocidad máxima del agua, para flujos de corta duración

TIPO DE SUPERFICIE	MÁXIMA VELOCIDAD ADMISIBLE (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 - 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 - 0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60 - 1.21
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 - 1.50
Hierba	1.20 - 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 - 2.40
Mampostería	3.00 - 4.50*
Concreto	4.50 - 6.00*

Nota. Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2005, p.69.

Daños no catastróficos a terceros

Donde existan zonas rurales en las que eventualmente terceros sufren daños por inundaciones o similares, deberá cuidarse y comprobarse que el camino no constituya un obstáculo que retenga las aguas desbordadas y prolongue de forma apreciable la inundación después del paso de una crecida. Especial atención, deberá prestarse a este problema en cauces con márgenes más altos que los terrenos circundantes, y en Llanuras de inundación.

Daños catastróficos

Los daños a terceros se considerarán catastróficos cuando se dé alguna de las circunstancias siguientes:

- Riesgo de pérdida de vidas humanas o graves daños personales.
- Afectaciones a núcleos poblados o industriales.

2.2.4.2. Hidrología y cálculos hidráulicos

El método de estimación de los caudales asociados a un período de retorno, depende del tamaño y naturaleza de la cuenca tributaria. Por su naturaleza representan casos especiales la presencia de lagos, embalses y zonas inundables que retengan o desvíen la escorrentía. Cuando las cuencas son pequeñas se considera apropiado el método de la fórmula racional para la determinación de los caudales. Se consideran cuencas pequeñas a aquellas en que el tiempo de concentración es igual o menor a 6 horas. El tiempo de recorrido del flujo en el sistema de cauces de una cuenca, o tiempo de concentración relacionado con la intensidad media de precipitación se puede deducir por la fórmula:

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

siendo:

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

Esta fórmula no es aplicable al flujo sobre la plataforma del camino, dado que este flujo es difuso y lento.

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

$$Q = C I A / 3.6$$

donde:

Q = Caudal m³ / seg. (Para cuencas pequeñas) en la sección en estudio

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

A = Área de la cuenca en km²

C = Coeficiente de Escorrentía

Se muestran coeficientes de duración, entre 1 hora y 48 horas, los mismos que podrán usarse, con criterio y cautela, para el cálculo de la Intensidad, cuando no se disponga de mejor información.

Tabla 14

Coeficientes de duración, lluvias entre 48 horas y una hora

Duración de la Precipitación en horas	Coeficiente
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.5
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.9
20	0.93
22	0.97
24	1
48	1.32

Nota. Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2005, p.72.

Tabla 15*Valores para la determinación del coeficiente de escorrentía*

CONDICIÓN		VALORES		
1. Relieve del terreno	$K_1 = 40$ Muy accidentado pendiente superior al 30%	$K_1 = 30$ Accidentado pendiente entre 10% y 30%	$K_1 = 20$ Ondulado pendiente entre 5% y 10%	$K_1 = 10$ Llano pendiente inferior al 5%
	2. Permeabilidad del suelo	$K_2 = 30$ Muy impermeable Roca sana	$K_2 = 15$ Bastante impermeable Arcilla	$K_2 = 10$ Permeable
3. Vegetación		$K_3 = 20$ Sin vegetación	$K_3 = 15$ Poca Menos del 10% de la superficie	$K_3 = 10$ Bastante hasta el 50% de la superficie
	4. Capacidad de Retención	$K_4 = 20$	$K_4 = 15$ Poca	$K_4 = 10$ Bastante

Nota. Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2005, p.72.

Tabla 16*Coeficiente de escorrentía I*

$K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 *$	C
100	0.80
75	0.65
50	0.50
30	0.35
25	0.20

Nota. Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2005, p.73.

Tabla 17

Coefficiente de escorrentía II

TIPO DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Pavimento Asfáltico y Concreto	0.70 – 0.95
Adoquines	0.50 – 0.70
Superficie de Grava	0.15 – 0.30
Bosques	0.10 – 0.20
Zonas de vegetación densa	0.10 – 0.50
• Terrenos granulares	0.30 – 0.75
• Terrenos arcillosos	
Tierra sin vegetación	0.20 – 0.80
Zonas cultivadas	0.20 – 0.40

Nota: Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2005, p.73.

Para el cálculo de la velocidad y del caudal en un canal con régimen hidráulico uniforme, se puede emplear la fórmula de Manning.

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

$$Q = VA$$

$$R = A / P$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal m}^3/\text{s}$$

$$V = \text{Velocidad media m/s}$$

$$A = \text{Área de la sección transversal ocupada por el agua m}^2$$

$$P = \text{Perímetro mojado m}$$

$$R = A/P; \text{Radio Hidráulico m}$$

$$S = \text{Pendiente del fondo m/m}$$

$$n = \text{Coeficiente de rugosidad de Manning}$$

Tabla 18*Valores del coeficiente Manning*

TIPO DE CANAL	Mínimo	Normal	Máximo
Tubo metálico corrugado	0.021	0.024	0.030
Tubo de concreto	0.010	0.015	0.020
Canal revestido en concreto alisado	0.011	0.015	0.017
Canal revestido en concreto sin alisar	0.014	0.017	0.020
Canal revestido albañilería de piedra	0.017	0.025	0.030
Canal sin revestir en tierra o grava	0.018	0.027	0.030
Canal sin revestir en roca uniforme	0.025	0.035	0.040
Canal sin revestir en roca irregular	0.035	0.040	0.050
Canal sin revestir con maleza tupida	0.050	0.080	0.120
Río en planicies de cause recto sin zonas con piedras y malezas	0.025	0.030	0.035
Ríos sinuosos o torrentosos con piedras	0.035	0.040	0.600

Nota. Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2005, p.74.

2.2.4.3. Elementos físicos del drenaje superficial

a) Drenaje del agua que escurre superficialmente

Función del bombeo y del peralte.

La eliminación del agua de la superficie del camino se efectúa por medio del bombeo en las secciones en tangente y del peralte en las curvas, provocando el escurrimiento de las aguas hacia las cunetas.

Pendiente longitudinal de la rasante

De modo general la rasante será proyectada con pendiente longitudinal no menor de 0.5 %, evitándose los tramos horizontales, con el fin de facilitar el movimiento del agua de las cunetas hacia sus aliviaderos o alcantarillas.

Desagüe sobre los taludes en relleno o terraplén

Si la plataforma de la carretera está en un terraplén o relleno y el talud es erosionable, las aguas que escurren sobre la calzada deberán ser encausadas por los dos lados de la misma, en forma que el desagüe se efectúe en sitios preparados especialmente protegidos y se evite la erosión de los taludes

b) Cunetas

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

El ancho es medido desde el borde de la subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante hasta el fondo o vértice de la cuneta.

Tabla 19

Dimensiones mínimas de las cunetas

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

Nota. Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2005, p.78.

Revestimiento de las cunetas

Cuando el suelo es deleznable (arenas, limos, arenas limosas, arena limo arcillosos, suelos francos, arcillas, etc.) y la pendiente de la

cuneta es igual o mayor de 4%, esta deberá revestirse con piedra y lechada de cemento, u otro revestimiento adecuado.

Desagüe de las cunetas

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

La distancia entre alcantarilla y su capacidad hidráulica será establecida de manera de evitar que las cunetas sobrepasen su tirante previsto de agua, teniendo en cuenta las precipitaciones previstas de la zona y a las dimensiones de la cuneta. En zonas lluviosas donde las cunetas sean revestidas, deberá colocarse como mínimo una alcantarilla de alivio cada 150 m.

Tabla 20

Máxima distancia recomendable entre dos alcantarillas(metros)

REGIÓN	PROFUNDIDAD (m)	ANCHO (m)
0 – 3	120	75
4 – 6	90	50
7 – 9	75	40
10 - 12	60	35

SUELOS POCO EROSIONABLES = SUELO PEDREGOSO, GRAVA Y ALGUNAS ARCILLAS

SUELOS EROSIONABLES = SUELOS FINOS, LIMOS Y ARENAS.

Nota. Tomada del Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, 2005, p.78.

c) Zanjas de coronación

- Ubicación de las zanjas de coronación.

Cuando se prevea que el talud de corte está expuesto a efecto erosivo del agua de escorrentía, se deberá diseñar zanjas de coronación

d) Zanjas de recolección

La zanja de recolección será necesaria para llevar las aguas de las alcantarillas de alivio hacia los cursos de agua existentes

Dimensiones de las zanjas

- Las dimensiones se fijarán de acuerdo a las condiciones pluviométricas de la zona y características del terreno.

Revestimiento de las zanjas de coronación

Se deberá revestir las zanjas en el caso de que estén previstas filtraciones que pueden poner en peligro la estabilidad del talud de corte.

Desagüe de las zanjas

La ubicación de los puntos de desagüe, deberá ser fijadas por el proyectista, teniendo en cuenta la ubicación de las alcantarillas y la longitud máxima que puede alcanzar la zanja con relación a sus dimensiones y a la pluviometría de la zona.

e) Canal de bajada

Cuando el camino en media ladera o en corte cerrado cruza un curso de agua que no es posible desviar, es necesario encauzar las aguas en un canal de bajada, con el fin también de preservar la estabilidad del talud.

f) Alcantarillas de Paso y Alcantarillas de Alivio

• Tipo y ubicación

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

• Dimensiones mínimas

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

g) Badenes

Los badenes son una solución satisfactoria para los cursos de agua que descienden por pequeñas quebradas. Descargando esporádicamente caudales con fuerza durante algunas horas, en épocas de lluvia y arrastrando materiales sólidos.

Los badenes tienen como superficie de rodadura, una capa de empedrado de protección o cuentan con una superficie mejorada formada por una losa de concreto.

Evitar la colocación de badenes sobre depósitos de suelos de grano fino susceptibles a la socavación, o adopción de diseños que no prevean protección contra la socavación.

h) Vados

El cruce a nivel de un camino a través de un río pequeño, se denomina “vado” idealmente debe construirse en lugares donde el cruce natural tiene poca altura. Los vados y badenes implican ciertas demoras al tránsito, ocasionales o periódicas en las épocas de lluvia, por lo que generalmente no son aconsejables en caminos de alto volumen de tránsito.

Los vados combinados con alcantarillas, pueden represar a los materiales de arrastre en el cauce y ocasionar el taponamiento de la alcantarilla, poniendo en riesgo la estabilidad de la estructura.

Para el diseño de badenes se recomienda lo siguiente:

- Usar una estructura o una losa suficientemente larga para proteger el “perímetro mojado” del cauce natural del curso de agua. Agregar protección por arriba del nivel esperado de aguas máximas. Mantener un borde libre, típicamente de entre 0.3 y 0.5 metros, entre la parte superior de la superficie reforzada de rodadura (losa) y el nivel de aguas máximas esperado.
- Proteger toda la estructura con pantallas impermeables, enrocamiento, gaviones, losas de concreto, u otro tipo de protección contra la socavación. El nivel del agua debajo de un vado, es un punto particularmente crítico para efectos de socavación y necesita disipadores de energía o enrocados de

protección debido al abatimiento típico del nivel del agua al salir de la estructura y a la aceleración del flujo a lo largo de la losa.

- Construir las cimentaciones sobre material resistente a la socavación (roca sana o enrocado) o por debajo de la profundidad esperada de socavación. Evitar la socavación de la cimentación o del cauce mediante el uso de empedrado pesado colocado localmente, jaulas de gaviones, o refuerzo de concreto (40).

2.2.4.4. Drenaje Generales

El drenaje subterráneo se proyectará para controlar y/o limitar la humedad de la plataforma del camino y de los diversos elementos del afirmado de una carretera. Sus funciones serán alguna o varias de las siguientes:

- a) Interceptar y desviar corrientes subterráneas antes de que lleguen al lecho de la carretera.
- b) Hacer descender el nivel freático
- c) Sanear las capas del afirmado.

Drenes Subterráneos

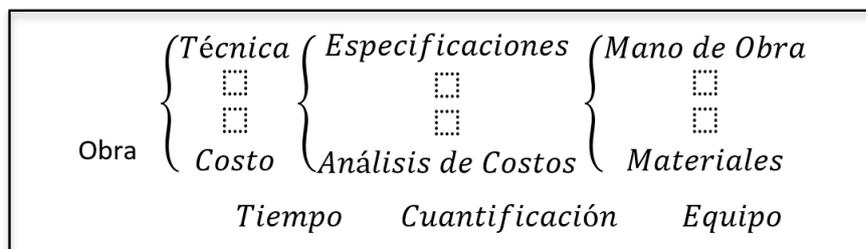
El dren subterráneo, estará constituido por una zanja en la que se colocará un tubo con orificios perforados, juntas abiertas, o de material poroso. Se rodeará de un material permeable, material filtro, compactado adecuadamente, y se aislará de las aguas superficiales por una capa impermeable que ocupe y cierre la parte superior de la zanja.

2.2.5. Costos y Presupuestos

Son dos términos estrechamente relacionados, dado que no puede haber presupuesto sin costos; y un costo por sí solo aplicado a una cantidad o metrado de determinada unidad, constituye ya un presupuesto. Para el caso de una obra, se puede plantear el siguiente esquema (41).

Figura 6

Esquema para una obra



Nota. Tomada de costo y presupuesto, Salinas Miguel, p 43.

Para el Presupuesto de Obra como la determinación del valor de dicha obra, conociendo los siguientes parámetros:

- Las partidas que se necesitan: Codificadas.
- Los metrados de cada una de esas partidas: Sustentados.
- Los Costos Unitarios de cada una de las partidas: Revisados.
- Los porcentajes de Gastos Generales (sustentados) y Utilidad (estimada) a aplicar a la obra (Costos Indirectos).
- El Impuesto General a las ventas. (18 %) (41)

2.2.5.1. Tipos de Presupuestos

Salinas M. (41), nos indica que si bien es cierto, no hay norma sobre este punto, desde el punto de vista de las aplicaciones técnicas legales, conocemos los siguientes tipos de Presupuestos de Obras públicas:

1.- Presupuesto de Obra por Contrata

Los Presupuestos de Obras por Contrata a su vez pueden ser:

- Presupuesto de Obra Principal (P.O.P.). Corresponde al Presupuesto contratado
- Presupuesto Adicional de Obra. Corresponde al Presupuesto adicional

2.- Presupuestos de Obras por Administración Directa

Se muestra un ejemplo de la estructura de presupuesto de administración directa.

Figura 7

Presupuestos de Obras por Administración Directa tomada de costo y presupuesto

Partida	Descripción	Und	Metrado	C.U.	Parcial
1.01	Excavación de	m3	10.00	10.00	10.00
	Material suelto				
	Costo Directo				100.00
	Gastos Operativo 3%				3.00
	Sub Total				103.00
	TOTAL PRESUPUESTO				S/. 103.00

Nota. Tomada del Instituto de la Construcción y Gerencia, (41)

2.2.5.2. Costo Directo

Es la sumatoria de los costos de mano de obra (incluido las leyes sociales), materiales, equipos - herramientas; necesarios para la realización de las partidas de un presupuesto de obra. (42)

C. D = Mano de obra + Materiales + Equipo (Herramientas).

Materiales

Los costos directos es el aporte unitario de materiales, corresponde a la cantidad o insumo que se requiere por unidad de medida (m³, m², etc.)

Los materiales son expresados en unidades de comercialización: Bolsa de cemento, m³ de arena, m² de piso, galón de asfalto RC-250, etc. Las cantidades con que cada uno de ellos participa dentro del costo directo, se puede determinar con base en bibliografías especializadas, siendo mejor con base a registros directos de obra, lo cual obviamente es más real. Los materiales, dependiendo del tipo de obra, son muy diversos y existen en diferentes calidades y

especificaciones, siendo algunos de fabricación nacional y otros importados (43).

En lo que respecta a obras de edificación, algunos de los principales materiales y aporte unitario que han sido estudiados en diversas publicaciones son:

Figura 8

Proporciones usadas en construcción

f'c (kg/cm ²)	a/c	Slump (pulg)	Tamaño agregado pulg)	Dosificación en Volumen	Materiales por m ³			
					Cemento (bolsas)	Arena (m ³)	Piedra (m ³)	Agua (m ³)
140 0.184	0.61	4	¾	1:2.5:3.5	7.01	0.51	.64	
175	0.51	3	½	1:2.5:3.5	8.43	0.54	0.55	0.18
210 0.186	0.45	3	½	1:2:2	9.73	0.52	0.53	
245 0.187	0.38	3	½	1:2.5:1.5	11.50	0.50	0.51	
280 0.189	0.38	3	½	1:1:1.5	13.34	0.45	0.51	

$$\text{Concreto} = \text{Cemento} + \text{Arena Gruesa} + \text{Piedra}$$

Nota. Tomada de costo y presupuesto

Herramientas

Salinas (41), indica que existen diversas maquinarias y equipos según el tipo de obras, sin embargo, el análisis del costo del equipo tiene en consideración dos parámetros básicos: Costo Hora - Máquina, determinado a través del análisis del costo de alquiler de equipo por hora, siendo este costo variable en función al tipo de máquina, potencia del motor, si es sobre llantas o sobre orugas, antigüedad, etc.

El costo directo de herramientas corresponde al consumo o desgaste que estas sufren al ser utilizadas durante la ejecución de las diversas partidas de una Obra y se puede calcular de la siguiente manera:

$$Hm = h. M$$

Donde:

Hm = Es el costo directo de herramientas en la partida.

M = Es el costo directo de mano de obra en dicha partida, considerando el Jornal básico y porcentajes sobre el mismo (incremento adicional de Remuneraciones, bonificaciones, etc.).

h = Representa un coeficiente (porcentaje expresado en forma decimal). Estimado en función a la incidencia de utilización de las herramientas en la partida en estudio según la experiencia en obras similares. Este Coeficiente, o porcentaje, generalmente varía de 3 % a 5 % (0.03 a 0.05)

2.2.5.3. Costos Indirectos

Los Costos Indirectos son aquellos gastos que no pueden aplicarse a una partida determinada, sino al conjunto de la obra. Clasificación. Los Costos Indirectos se clasifican en:

1.- Gastos Generales.

En el D.S. N° 184-2008-EF define a los gastos generales como aquellos gastos que debe efectuar el contratista durante la construcción derivados de la propia actividad empresarial del mismo, por lo cual, no pueden ser incluidos dentro de las partidas de la obra. Estos gastos generales se dividen a su vez en Gastos Generales Fijos y Gastos Generales Variables.

a) Gastos Generales Fijos.

En el D.S. N° 184-2008-EF establece que los gastos generales fijos son aquellos que no están relacionados con el tiempo de ejecución de obra y que incurren una vez, no volviendo a gastarse, aunque la obra se amplíe en su plazo.

$$\% G. G. F = \sum G.G.F \text{ Costo Directo}$$

b) Gastos Generales Variables.

En el D.S. N° 184-2008-EF establece que los gastos generales variables, son aquellos que están directamente relacionados con el tiempo de ejecución de obra y, por lo tanto, dada su naturaleza siguen existiendo o permanecen a lo largo de todo plazo de obra incluida su eventual ampliación.

$$\% G. G. V = \sum G.G.V \text{ Costo Directo}$$

2.-Utilidad

La utilidad es el monto que percibe el contratista por ejecutar la obra, es un % del Presupuesto y que forma parte del movimiento económico general de la empresa con el objeto de dar dividendos, capitalizar, reinvertir, pagar impuestos relativos a la misma utilidad e incluso cubrir pérdidas de otras obras.

Es importante para cualquier empresa, fijar y obtener una utilidad justa dado que esta posibilita, además de seguir existiendo, su crecimiento y/o expansión, con una determinada capacidad de ahorro interno que incrementa su capital, todo lo cual incide en cierto momento en el desarrollo de la economía en general; cumpliendo además su función social de dar trabajo con mejores ingresos a su personal.

En nuestro medio ha sido y es tradicional, aplicar un porcentaje promedio de utilidad del 10% sobre el costo directo de la obra, indistintamente se trate de obras de edificación, carreteras, irrigaciones, etc.; sin embargo, desde que se estableció el otorgamiento de obras a las ofertas más bajas, este % de utilidad ha tendido a disminuir. La forma práctica, pero siempre tratando de sustentar en un análisis técnico, la utilidad se puede estimar en función a los siguientes parámetros:

- a) El factor de riesgo e incertidumbre no previsible.
- b) La competencia.
- c) Conocimiento preciso del tipo de obra a ejecutar.
- d) Capacidad financiera de la empresa para ejecutar esa obra y soportar eventuales brechas de desfinanciamiento.
- e) La utilidad por los servicios de la empresa.
- f) La utilidad por los servicios de capital

2.2.5.4. Análisis de costos unitarios

Define al análisis de Costo de una partida determinada como la sumatoria de recursos o aportes de mano de obra y/o materiales y/o equipo (herramientas) afectados por su precio unitario correspondiente, la cual determina obtener un costo total por unidad de medida de dicha partida (m^3 , m^2 , Kg, p^2 , etc.) (41).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología y alcance de la investigación

- **Hipotético-deductivo:** El método utilizado es formular una hipótesis, y para demostrar dicha hipótesis se establecerá una secuencia de pasos como por ejemplo el reconocimiento de la ruta y su evaluación a nivel de diseño geométrico.
- **Aplicativo:** En esta investigación, se va a utilizar todos los conocimientos adquiridos durante la etapa formativa para solucionar el problema y con base en las consideraciones de la normativa de diseño vial vigente.
- **Cuantitativa:** Los datos que se van a tomar se pueden cuantificar, según el método científico.

3.2. Diseño de la Investigación

- **Transversal:** Porque el estudio se realiza en un tiempo muy corto.
- **No experimental:** Se van a estudiar las variables tal como se encuentran en campo sin alterar su estado natural, dónde podremos apreciar el relieve de la zona.

3.2.1. Población y muestra

Para la población y muestra de este proyecto, es del tramo Huarcoondo – Munaypata, distrito de Huarcoondo, provincia de Anta, departamento de Cusco, esta carretera en sus 10 Km, de longitud beneficia a una población de 120 familias.

3.2.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como técnica, se empleó la Observación científica, que fue para recolectar la situación actual del tramo Huarcoondo – Munaypata y realizar un inventario de la zona para su posterior análisis. Con ello se obtuvo información de la superficie del afirmado, las obras de arte (cunetas, alcantarillas, badenes, señalización, etc.).

Para la recolección de datos de este proyecto se usó los formatos de inventario vial que nos indica el Manual de Inventario, en el cual tomamos las características en todo el tramo de la vía. Así mismo se realizó el conteo y clasificación vehicular en el tramo para obtener el IMDA.

Se realizó trabajo de campo para extracción de muestras para análisis de laboratorio con el uso de herramientas manuales.

Se utilizaron datos de precipitaciones de las estaciones meteorológicas de Urubamba, Kayra y Ollantaytambo.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Resultados y Análisis de la Información.

4.1.1 Estudio de topografía

Se realizó el levantamiento topográfico en la carretera del tramo Huarcoondo – Munaypata, se inició con el reconocimiento del terreno, identificando la ubicación de los BMs y realizando su monumentación.

Posteriormente con apoyo de la estación total se ejecutó el levantamiento topográfico, obteniendo el perfil del terreno (ANEXO 2).

Tabla 21

Listado de BMs

N.º	PROGRESIVA	COTAS
BM-1	0+000.	3318.00
BM-2	0+500.	3336.00
BM-3	1+000.	3356.00
BM-4	1+500.	3402.00
BM-5	2+000.	3420.00
BM-6	2+500.	3458.00
BM-7	3+000.	3480.00
BM-8	3+500.	3482.00
BM-9	4+000.	3484.00
BM-10	4+500.	3486.00
BM-11	5+000.	3468.00
BM-12	5+500.	3506.00
BM-13	6+000.	3548.00
BM-14	6+500.	3558.00
BM-15	7+000.	3564.00
BM-16	7+500.	3556.00
BM-17	8+000.	3542.00
BM-18	8+500.	3546.00
BM-19	9+000.	3553.00
BM-20	9+500.	3542.00

Nota. Elaboración Propia.

4.1.2. Estudio de mecánica de suelos

En el anexo 3, se adjuntan las pruebas de laboratorio realizadas y a continuación se muestran el cuadro de resumen de la subrasante.

Tabla 22

Resumen de las propiedades del material de subrasante

Nro. de calicata	LADO	Progresiva	CAPA	CBR 100% MDS	CBR 95% MDS	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	SUCS	AASHTO	DMS (gr/cm ³)	COA (%)	Wnat%
C - 01	DERECHO	11 + 040	SUBRASANTE	13.29%	11.93%	37.21%	59.15%	3.64%	18.56%	4.99%	13.57%	SP	A-3 (NP)	2.14 gr/cm ³	7.10%	11.04%
C - 02	DERECHO	10 + 660		9.19%	8.39%	17.38%	21.31%	61.31%	17.23%	12.14%	5.09%	CL-ML	A-4 (NP)	1.87 gr/cm ³	7.74%	12.74%
C - 03	IZQUIERDO	10 + 120		8.51%	7.64%	17.48%	21.60%	60.92%	17.66%	12.16%	5.51%	CL-ML	A-5 (NP)	1.80 gr/cm ³	7.51%	11.71%
C - 04	DERECHO	9 + 680		6.83%	6.21%	7.40%	23.10%	69.51%	20.77%	12.80%	7.97%	CL	A-7-5 (NP)	1.87 gr/cm ³	7.49%	13.07%
C - 05	IZQUIERDO	9 + 260		13.36%	11.72%	35.06%	48.40%	16.54%	19.24%	12.72%	6.51%	SC-SM	A-2-7 (NP)	2.17 gr/cm ³	7.56%	12.09%
C - 06	IZQUIERDO	8 + 900		7.01%	5.58%	7.25%	23.13%	69.62%	18.27%	12.65%	5.62%	CL-ML	A-6 (NP)	1.79 gr/cm ³	7.49%	11.66%
C - 07	DERECHO	8 + 240		7.97%	6.93%	31.39%	13.51%	55.11%	21.50%	13.00%	8.50%	CL	A-6 (NP)	2.15 gr/cm ³	7.56%	11.40%
C - 08	DERECHO	6 + 500		15.14%	13.41%	24.75%	51.92%	23.33%	14.61%	12.15%	2.45%	SM	A-2-7 (NP)	1.99 gr/cm ³	7.47%	12.09%
C - 09	IZQUIERDO	5 + 760		14.52%	12.85%	24.75%	52.06%	23.19%	15.03%	12.26%	2.78%	SC-SM	A-2-7 (NP)	1.90 gr/cm ³	7.79%	12.75%
C - 10	DERECHO	2 + 860		23.32%	20.40%	62.06%	16.11%	21.83%	16.27%	12.96%	3.31%	GM	A-2-4 (NP)	2.15 gr/cm ³	7.53%	10.31%
C - 11	IZQUIERDO	1 + 520		7.57%	6.62%	3.18%	17.04%	79.78%	17.29%	12.99%	4.30%	CL-ML	A-6 (NP)	1.92 gr/cm ³	7.56%	10.19%
C - 12	IZQUIERDO	0 + 660		23.64%	21.16%	65.23%	27.83%	6.94%	19.66%	12.27%	7.39%	GP-GC	A-1-a (NP)	2.21 gr/cm ³	7.33%	11.54%
C - 13	DERECHO	0 + 140		23.12%	20.43%	58.30%	26.75%	14.95%	19.08%	12.83%	6.25%	GC	A-2-4 (NP)	2.21 gr/cm ³	7.48%	9.53%

Nota. Elaboración Propia.

4.1.3. Estudio de hidrología

Mediante el estudio de hidrología se pudieron determinar las dimensiones de las cuencas y los datos necesarios para realizar los cálculos hidráulicos de las obras de arte y estructuras de evacuación. Se adjunta el estudio en el anexo 4.

Tabla 23

Alcantarillas

ESTRUCTURA	Ce	I	Área	CAUDAL M3/SEG
		mm/hr	Ha	
BADEN 01	0.43	14.7	14.33	0.5483
BADEN 02	0.43	14.7	4.80	0.6336
ALC1	0.43	14.7	5.52	0.0968
ALC2	0.43	14.7	11.38	0.1998
ALC3	0.43	14.7	3.97	0.0697
ALC4	0.43	14.7	6.57	0.4795
ALC5	0.43	14.7	6.37	0.3641
ALC6	0.43	14.7	1.16	0.0204
ALC7	0.43	14.7	14.37	0.2523
ALC8	0.43	14.7	21.34	0.3747
ALC9	0.43	14.7	24.97	0.4384
ALC10	0.43	14.7	31.78	0.5580
ALC11	0.43	14.7	28.15	0.4942
ALC12	0.43	14.7	13.62	0.2391
ALC13	0.43	14.7	7.72	0.1355
ALC14	0.43	14.7	8.63	0.1515
ALC15	0.43	14.7	14.98	0.2631
ALC16	0.43	14.7	24.97	0.4384
ALC17	0.43	14.7	26.79	0.4703
ALC18	0.43	14.7	24.52	0.4305
ALC19	0.43	14.7	30.87	0.5421
ALC20	0.43	14.7	29.51	0.5182
ALC21	0.43	14.7	39.50	0.6935
ALC22	0.43	14.7	41.77	0.7334
ALC23	0.43	14.7	29.96	0.5261
ALC24	0.43	14.7	28.15	0.4942
ALC25	0.43	14.7	23.15	0.4066
ALC26	0.43	14.7	29.96	0.5261
ALC27	0.43	14.7	27.24	0.4783
ALC28	0.43	14.7	38.59	0.6776
ALC29	0.43	14.7	30.42	0.5341

Nota. Elaboración propia.

Tabla 24*Badén*

ESTRUCTURA	Ce	I mm/hr	Área Ha	CAUDAL M3/SEG
BADEN1	0.43	14.7	8.4288	0.1480
BADEN2	0.43	14.7	1.3312	0.0234

Nota. Elaboración propia.**Tabla 25***Coefficiente de escorrentía*

CUADRO RESUMEN DE Ce	ALCANTARILLA
MICROCUENCA	
JUSTIN	0.61
TURC	0.46
C3	0.39
C4	0.39
C5	0.38
C6	0.38
C7	0.41
C8	0.46
ASUMIDO	0.43

Nota. Elaboración propia.**Tabla 26***Cunetas*

Sistema de Drenaje	Revestimiento	Periodo de Retorno (años)
Cunetas	Concreto	100
Alcantarillas	Tubería Metálica Corrugada (TMC)	100

Nota. Elaboración propia.

4.1.4. Estudio de costos y presupuestos

El presupuesto a continuación fue calculado bajo los metrados obtenidos a través de la actualización del diseño geométrico.

Tabla 27

Resumen de presupuesto

RESUMEN			
PRESUPUESTO DE INVERSIÓN			
MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA VIA CARROZABLE DEL CAMINO VECINAL TRAMO CU1204 EMP. CU 611 AGUA DULCE - HUAYLLACOCHA – YUNCACHIMPA EMP CU – HUAROCONDO – ANTA - CUSCO			

UBICACIÓN:

Departamento: CUSCO

Provincia : ANTA

Distrito : HUAROCONDO

TIEMPO DE EJECUCIÓN 360 Días Calendario (12 Meses)

ITEM	DESCRIPCION		COSTO TOTAL S/.
1	COSTO DIRECTO DE OBRA		4,950,900.64
2	GASTOS GENERALES	9.40%	465,320.62
3	SUPERVISIÓN DE OBRA	3.42%	169,477.20
4	LIQUIDACIÓN DE OBRA	0.64%	31,830.31
5	ELABORACIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO	1.59%	78,750.00
	COSTO TOTAL DE OBRA		5,696,278.77

Nota. Elaboración propia.

4.1.5. Diseño geométrico horizontal

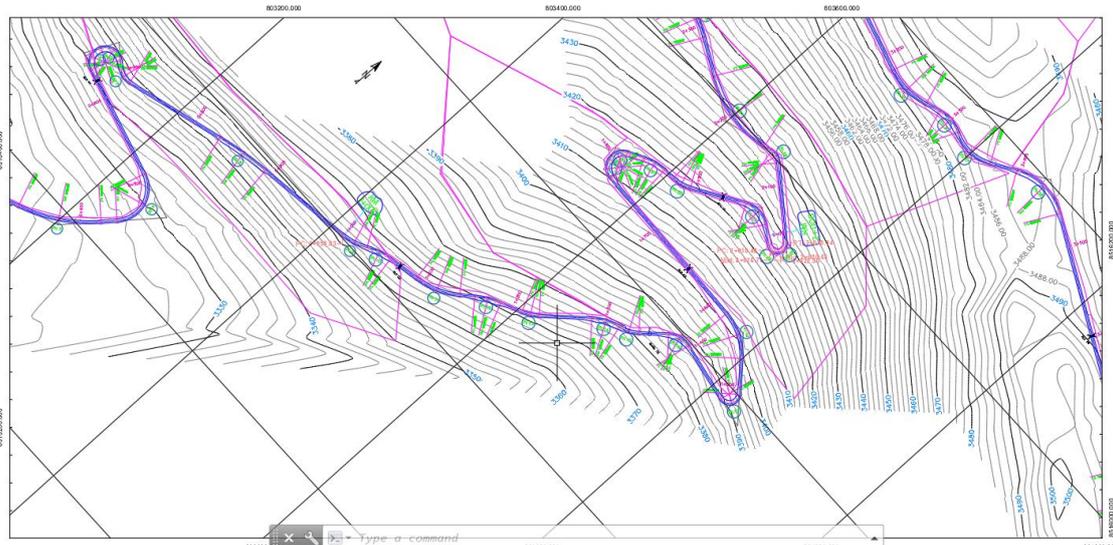
Se realizó el trazo en planta, por la carretera CU-1204 y CU-1206. La obtención de los parámetros horizontales fue hallada en función de la velocidad de diseño, basándonos en el Manual de Carreteras DG-2018.

- Velocidad (v) km/h: 30km/h
- Radio mínimo (Rmin): 30m
- Longitud mínima de tangente(S): 42m
- Longitud mínima de tangente (O): 84m

- Longitud máxima de tangente: 500m

FIGURA 9

Alineamiento horizontal de la carretera



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 10

Elementos de curva

ELEMENTOS DE CURVA : ALINEAMIENTO HORIZONTAL					
NUMERO DE CURVA	RADIO	LONGITUD	DIRECCION	PUNTO INICIAL	PUNTO FINAL
PI: 1	200.00	57.82	N69° 30' 56.24"E	(802900.86,8515251.75)	(802954.64,8515271.92)
PI: 2	200.00	23.92	N64° 39' 35.78"E	(803027.79,8515311.97)	(803049.40,8515322.20)
PI: 3	175.14	90.95	N53° 12' 36.43"E	(803160.39,8515366.85)	(803232.41,8515420.71)
PI: 4	35.00	68.91	N18° 03' 57.91"W	(803243.03,8515434.13)	(803224.94,8515489.56)
PI: 5	16.42	28.54	N24° 40' 33.92"W	(803103.98,8515523.18)	(803093.51,8515545.97)
PI: 6	16.13	28.95	N76° 31' 29.59"E	(803093.51,8515545.97)	(803118.03,8515551.85)
PI: 7	20.06	18.96	S79° 08' 27.85"E	(803123.88,8515547.29)	(803141.81,8515543.85)
PI: 8	411.19	60.13	N77° 58' 13.95"E	(803250.27,8515575.40)	(803309.02,8515587.92)
PI: 9	66.41	29.29	N69° 31' 20.80"E	(803416.02,8515602.65)	(803443.24,8515612.82)
PI: 10	71.60	28.02	N68° 05' 51.39"E	(803443.24,8515612.82)	(803469.07,8515623.21)
PI: 11	91.11	50.43	N63° 27' 07.03"E	(803503.18,8515629.64)	(803547.72,8515651.90)
PI: 12	93.50	28.55	N56° 20' 30.50"E	(803559.47,8515662.63)	(803583.15,8515678.40)
PI: 13	54.58	19.39	N54° 54' 47.29"E	(803605.38,8515688.72)	(803621.17,8515699.81)
PI: 14	59.91	31.23	N59° 40' 11.08"E	(803660.56,8515739.57)	(803687.21,8515755.16)
PI: 15	42.27	22.18	N59° 34' 20.23"E	(803687.21,8515755.16)	(803706.11,8515766.26)
PI: 16	26.03	25.50	N72° 36' 54.25"E	(803728.30,8515788.80)	(803751.67,8515796.12)
PI: 17	10.69	27.08	N28° 06' 27.39"E	(803817.26,8515783.75)	(803826.87,8515801.74)
PI: 18	68.81	52.37	N66° 16' 36.49"W	(803799.92,8515829.19)	(803753.13,8515849.75)
PI: 19	17.58	21.29	N53° 23' 33.49"W	(803562.42,8515856.14)	(803546.36,8515868.07)
PI: 20	16.33	22.69	N21° 05' 47.26"E	(803546.36,8515868.07)	(803553.88,8515887.58)

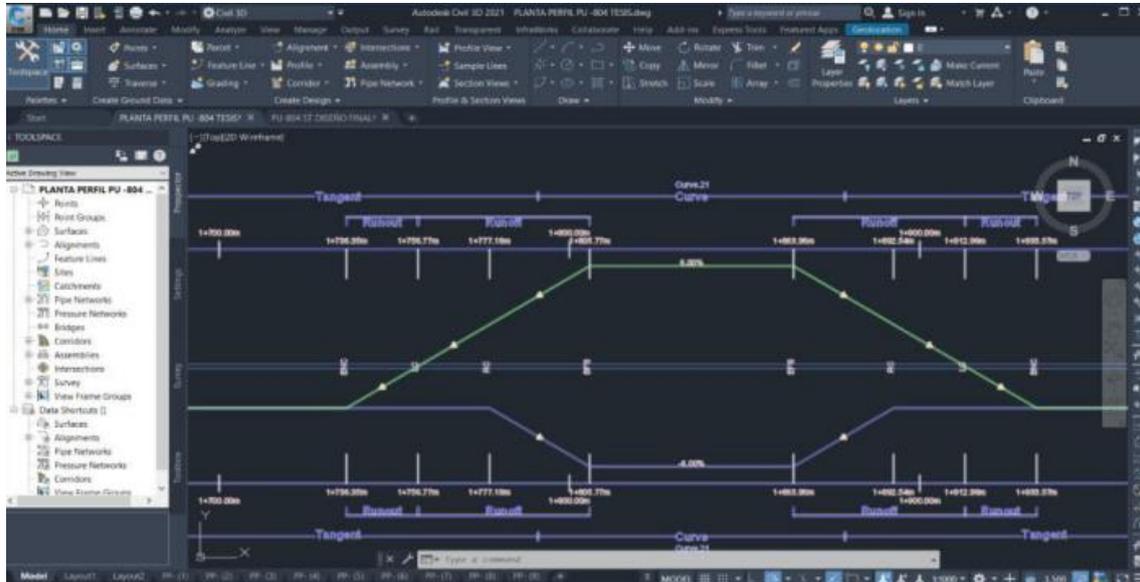
Fuente: Elaboración propia

Peraltes

En función a la velocidad de diseño 30 Km/h y a la orografía de la zona de estudio, se determina que el peralte máximo es de 8%

FIGURA 11

Diagrama de peraltes



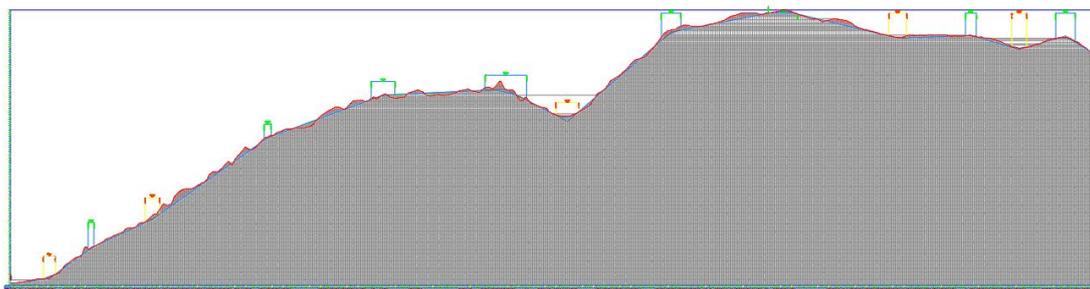
Nota. Elaboración propia

4.1.6. Diseño geométrico vertical

Realizando el trazo de la línea rasante, además considerando parámetros como velocidad y distancia de visibilidad se estableció el perfil longitudinal.

FIGURA 12

Rasante y sus parámetros de diseño según DG-2018



Fuente: Elaboración propia

Pendientes

Una vez definida la rasante se verifica la pendiente máxima, según DG-2018 la pendiente máxima que se puede colocar en la rasante de 10%.

Curvas verticales

Se consideró una longitud mínima de 50m en función de la diferencia de las pendientes de entrada y salida, mayor a 1%, esto nos permitió sacar un valor definido para el parámetro de curva K.

B. Contrastación de Hipótesis

Hipótesis general

- Se comprueba que la mejora de la transitabilidad vehicular de la zona de investigación, se dará mediante el cumplimiento del diseño geométrico para carreteras y así dar solución al problema de la transitabilidad vehicular en la elaboración de la propuesta: Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).

Hipótesis específicas

- El estudio topográfico contribuye en la solución al problema de la transitabilidad vehicular en la zona de investigación, además que nos permite conocer las dimensiones que tendremos en cuenta en el diseño geométrico.
- El estudio de mecánica de suelos contribuye a conocer las características físicas, químicas y mecánicas del suelo en el área de investigación, para poder realizar una buena ejecución en el tramo Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).
- El estudio de hidrología contribuye a ubicar la cuenca de interés, las estaciones pluviométricas más cercanas, analizar la información pluviométrica, calcular las precipitaciones máximas en 24 horas para distintos periodos de retorno y también determinar los caudales máximos de diseño para distintos periodos de retorno. Todos estos datos nos ayudan a desarrollar la distribución y análisis de alcantarillados, badenes y puentes en el diseño geométrico de carreteras.
- El estudio de costos y presupuestos

C. Discusión de Resultados

En el presente trabajo se propone el “Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) -

Munaypata (KM 10+000), Distrito de Huaró, provincia de Anta, departamento de Cusco”, para mejorar el desarrollo económico y turístico en la zona.

De acuerdo con los datos obtenidos, se identificó los puntos críticos, así como la falta de mantenimiento en badenes y alcantarillas que ayuden a evacuar las aguas pluviales en la vía.

Así como los análisis y diseños desarrollados en cada estudio de la carretera, se puede recalcar lo siguiente:

El diseño geométrico deberá seguir todos los parámetros establecidos para su correcto uso, dicha carretera consta de una velocidad de diseño de 30 km/h, con radio mínimo de 25 m.

En el estudio de mecánica de suelos, se determinó las propiedades geomecánicas del suelo, así como la sub-rasante por donde se proyecta el trazo de la carretera.

El presupuesto que se obtuvo con base en los volúmenes de corte y relleno de la actualización del diseño geométrico, los elementos de vías adicionales y los precios actualizados, se resume en 5,696,278.77 como presupuesto total. Teniendo en cuenta registros de juicio experto, el presupuesto se encuentra dentro del rango normal.

CONCLUSIONES

Los parámetros técnicos como son el estudio topográfico, mecánica de suelos, hidrológico, costos y presupuestos definen la correcta ejecución y diseño para el tramo Huarcocondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000), **A** para satisfacer los objetivos fundamentales de la vía.

Del estudio de suelos realizado en la zona de investigación se determinó un CBR de diseño para la subrasante de 12 %, que se clasifica como una subrasante Buena. La capa de Afirmado será de 0.15 m como mínimo según el manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

Se realizó en el diseño geométrico, el ensanchamiento de la vía en la zona de investigación, por frecuentes derrumbes en los taludes elevados. Según el estudio hidrológico, es necesario agregar la construcción de más alcantarillas, que permitan el desembalse de las aguas pluviales.

El análisis económico en cuanto a los costos y presupuestos de desarrollado, refleja la viabilidad social del proyecto, al obtener un resultado que supera la inversión social, así como una Tasa interna de retorno social de 18%, lo cual refleja un ahorro en el tiempo y de costo de operación vehicular por medio de los usuarios.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un mantenimiento mínimo cada 5 años, para evitar daños y destrucción en la estructura de la vía.

La señalización horizontal y vertical de la vía debe cumplir con todas las normas y reglamentos vigentes, para evitar accidentes y proporcionar a los usuarios una movilidad segura y cómoda.

Los últimos 0.30 m de suelo debajo del nivel superior de la subrasante y afirmado, deberán ser compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo Proctor modificado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Parrado, Albert y García, Andrés.** *Propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad en un sector periférico del occidente de Bogotá.* Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2017.
2. **Rivera, Diego y Yovera, Jorge.** *Evaluación vial para mejorar la transitabilidad peatonal y vehicular en la intersección de la avenida Sánchez Cerro y avenida Mártires Ucchuracay – Piura.* 2020. Piura : Universidad César Vallejo, 2020.
3. **Méndez, Juan y Wang, Mario.** *Estudio y propuesta de mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la avenida los incas en la ciudad de Trujillo – La Libertad.* Trujillo : Universidad Privada Antenor Orrego, 2019.
4. **Vargas, Carlos y Serna, Marco.** *Relación del aparcamiento y la congestión vehicular en el Centro Histórico de Cusco.* Cusco : Universidad Nacional de la Plata, 2020.
5. *Alternativas de diseño estructural y geométrico como solución a problemas de congestionamiento vehicular.* **Molina, Jorge.** 14, La PAz : Revista de Investigación de la Universidad Mayor de San Andrés, 2022, Vol. 6. ISSN: 2664 - 8245.
6. *Herramienta para la evaluación del diseño geométrico de caminos.* **Altamira, Anibal, Graffigna, Alberto y Marcet, Juan.** República Argentina : Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña, 2019.
7. *Doble calzada las palmas: Deficiencias técnicas y accidentalidad.* **Hernández, Mario.** 12, Medellín : Revista Ingeniería y Sociedad, 2018.
8. **Del Rosario, Alvin.** *Diseño de un plan de mantenimiento para infraestructuras viales en la Republica Dominicana. Aplicación a la carretera el SEIBO – Hato Mayor.* Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2017.
9. **Luna, Daniel.** *Participación del ingeniero civil como revisor técnico en la modernización y ampliación de carretera federal N°15, estación Don-Nogales, Tramo Hermosillo-Santa Ana, km 83 al km 120, cuerpo derecho “A”, en el estado de Sonora.* México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2017.
10. **Poma, Ricardo.** *Evaluación de los parámetros del diseño geométrico de la carretera 14A Casma - Huaraz, tramo Cochac km 126+00 al km 133+00 con el Manual de Diseño Geométrico 2014.* Huaraz : Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, 2019.

11. **Castro, Walter.** *Construcción de una infraestructura vial y transitabilidad en las vías asociación de vivienda “Las Américas” distrito de Vegueta – Huaura – Lima, 2019.* Huaura : Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2019.
12. **Condori, Wilfredo.** *Diseño geométrico de la carretera Oyónambo-Tramo Ramal para optimizar recursos en la provincia de Oyón.* Lima : Universidad Peruana los Andes, 2019.
13. **Saldaña, Bryan.** *Rehabilitación y mejoramiento en vías de bajo volumen de tránsito a nivel tratamiento superficial Slurry Seal Canayre - Puerto Palmeras - Ayacucho.* Ayacucho : Universidad de San Martín de Porres, 2018.
14. **Haro, Miguel.** *Diseño del mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado, tramo intersección carretera Calorco – Ingacorrall – Sector El Capulí, distrito de Cachicadán, provincia de Santiago de Chuco, La Libertad.* Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2017.
15. **Risco, Pedro.** *Diseño de la carretera para unir el distrito de Llama con el Caserío San Antonio, distrito de Llama – provincia de Chota – Cajamarca, 2018.* Cajamarca : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.
16. **Román, Wilde.** *Propuesta de parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en la norma DG – 2018 a fin de optimizar costos.* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2018.
17. *Nivel de congestionamiento del tráfico vehicular de la zona comercial de la avenida Bolognesi, Tacna – 2019.* **Pari, Avelino, Malpartida, Víctor y Olave, Helard.** 25 (2), Tacna : Ciencia y Desarrollo, 2019, Vol. 18. ISSN 2617-6033.
18. **Ccapatinta, Josue y Quispe, Jestyn.** *Propuestas de rediseño geométrico de la intersección a nivel denominada “Ovalo Libertadores” aplicando el método del TRL para el cálculo de capacidad.* Cusco : Universidad Andina del Cusco, 2020.
19. **Boza, Renzo y Molina, Jhonattan.** *Análisis comparativo según los criterios de seguridad y operación a nivel de diseño geométrico de la ruta Arco Tica Tica - Chinchero usando los Manuales de Diseño Dg2014 Peruano, Manual de Diseño Geométrico Ecuatoriano de carreteras 2003.* Cusco : Universidad Andina del Cusco, 2018.
20. **Herrera, Veriosca.** *Análisis y propuesta de mejora en la carretera nacional PE-3S tramo Av. Antonio Lorena-Poroy, aplicando la metodología de inspección de seguridad vial y el manual HSM.* Cusco : Universidad Andina del Cusco, 2017.

21. **Hallasi, Angel.** *Mejoramiento de las trochas carrozables en la comunidad de Retiro del Carmen Distrito de Yanatile – Provincia de Calca – Cusco.* Cusco : Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019.
22. *Accidentabilidad y rediseño de la carretera Poroy - Urubamba, aplicando el modelo de predicción de accidentes en vías rurales del Manual Norteamericano Highway Safety manual 2010.* **Pérez, Jean.** 1, Cusco : Revista Yachay, 2018, Vol. 7.
23. **García, Alfredo y Pérez, Ana.** *Introducción al Diseño Geométrico de Carreteras: Concepción y Planteamiento.* Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2015.
24. **Nieves, Melody.** *¿Qué es el Diseño Geométrico?* s.l. : Design & Illustration, 2021.
25. **Altamira, Aníbal.** *Diseño Geométrico de Caminos de Montaña: particularidades y desafíos.* s.l. : Universidad Nacional de San Juan, 2020.
26. **MTC.** *Clasificación de las carreteras.* Lima : El blog del Ingeniero Civil - Notas y Apuntes, 2020.
27. **Ingenieros de Caminos.** *Características de Transito.* s.l. : blogdeingenierosdecaminos, 2013.
28. **MTC.** *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018.* Lima : Ministerios de Transportes y Comunicaciones, 2018.
29. —. *Manual de diseño de carreteras nopavimentadas de bajo volumen de tránsito.* Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008.
30. **Crespo, Villalaz.** *Mecánica de suelos y cimentaciones.* México : Editorial Limusa, S:A, 2004.
31. **Badillo, Juárez y Rodríguez, Rico.** *Mecánica de Suelos.* México : Limusa, 2005.
32. **Das, Braja.** *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.* s.l. : Das, 2001.
33. **Oyarzún, Andrés.** *Principales Tipos de Suelos.* s.l. : academia.edu, 2014.
34. **Crespo, Villalaz.** *Mecánica de suelos y cimentaciones.* Noriega : Limusa, 1976-1980.
35. **Fratelli, M.** *Suelos Fundaciones y Muros.* Caracas : Bonalde Editores, 1993.
36. **Crespo, Villalaz.** *Problemas resueltos de mecánica de suelos y cimebtaciones.* México : Limusa Noriega Editores, 1992.

37. **Gonzales de Vallejo, L.** *Ingeniería Geológica*. Madrid : Pearson Education S.A., 2002.
38. **Bosch, D.** *Geotécnia Trabajo Practico de Laboratorio*. s.l. : U.N.N.E., 2008.
39. **MTC.** *Manual de Hidrología, Hidráulica*. Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017.
40. —. *Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito*. Lima : Ministerio de Transportes de Comunicaciones, 2005.
41. **Salinas, Miguel.** *Costos, Presupuestos, Valorizaciones y Liquidaciones de Obra*. Lima : Instituto de la Construcción y Gerencia, Fondo Editorial ICG, 2003.
42. **Claudet, Marin.** *Costos y Presupuestos Aplicados a la Construcción de Obras Públicas*. Lima : Primera Edición, 2002.
43. **Ramos, Jesús.** *Costos y Presupuestos en Edificaciones-CAPECO*. Lima : CAPECO, 2004.
44. **Chacón, Gabriel.** *Mejoramiento de la transitabilidad vehicular de la carretera Cusco - Ccorcca*. Cusco : Universidad Andina del Cusco, 2014.
45. **Aguirre, Cesar y Florez, José.** *Análisis de la reducción de costos en obras viales mediante optimizaciones en los diseños de pavimentos flexibles: Caso de estudio, obras mejoramiento de la carretera CU-110 "Huarcocondo-Pachar", ubicado en los distritos de Huarcocondo y Ollantaytambo*. Cusco : Universidad Andina del Cusco, 2016.
46. **Hallasí, Angel.** *Mejoramiento de las trochas carrozables en la comunidad de retiro del carmen distrito de Yanatile – Provincia de Calca – Cusco*. Cusco : Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019.
47. **Hurtado, Roger.** *La rehabilitación de la carretera, tramo: puente Pallar-Molino; y su impacto social y económico en la provincia de Sánchez Carrión* 2013. Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2013.
48. **Tito, Luis.** *Mejoramiento y rehabilitación de la carretera Ayacucho - Abancay, tramo IV, pertenece a la ruta PE –28B*. Lima : Universidad Ricardo Palma, 2014.
49. **Saldaña, Yauri.** *Rehabilitación y mejoramiento en vías de bajo volumen de tránsito a nivel tratamiento superficial Slurry Seal Canayre - Puerto Palmeras-Ayacucho*. Ayacucho : Universidad de San Martín de Porres, 2018.
50. **Haro, Miguel.** *Diseño del mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado, tramo intersección carretera Calorco – Ingacorral – sector el capulí, distrito de*

Cachicadán, provincia de Santiago de Chuco, La Libertad. Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2017.

51. **Risco, Pedro.** *Diseño de la carretera para unir el distrito de Llama con el caserío San Antonio, distrito de Llama – provincia de Chota – Cajamarca, 2018.*

Cajamarca : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.

52. **Del Rosario, Alvin.** *Diseño de un plan de mantenimiento para infraestructuras viales en la Republica Dominicana. aplicación a la carretera el SEIBO – hato Mayor.* Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2017.

53. **Luna, Daniel.** *Participación del ingeniero civil como revisor técnico en la modernización y ampliación de carretera federal N°15, estación Don-Nogales, Tramo Hermosillo-Santa Ana, km 83 al km 120, cuerpo derecho “A”, en el estado de Sonora.* México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2017.

54. **Ccapatinta, Josue y Quispe, Jestyn.** *Propuestas de rediseño geométrico de la intersección a nivel denominada “Ovalo Libertadores” aplicando el método del trl para el cálculo de capacidad”. Cusco : Universidad Andina del Cusco, 2020.*

55. **Boza, Renzo y Molina, Jhonattan.** *Análisis comparativo según los criterios de seguridad y operación a nivel de diseño geométrico de la ruta arco Tica tica - chinchero usando los manuales de diseño dg2014 peruano, manual de diseño geométrico ecuatoriano de carreteras 2003.* Cusco : Universidad Andina del Cusco, 2018.

56. **Poma, Ricardo.** *Evaluación de los parámetros del diseño geométrico de la carretera 14a Casma - Huaraz, tramo Cochac km 126+00 al km 133+00 con el manual de diseño geométrico 2014.* Huaraz : Universidad Nacional “Santiago Antúnez De Mayolo”, 2019.

57. *Accidentabilidad y rediseño de la carretera Poroy -Urubamba, aplicando el modelo de predicción de accidentes en vías rurales del Manual Norteamericano Highway Safety manual 2010 .* **Pérez, Jean.** 1, Cusco : Revista Yachay, 2018, Vol. 7.

58. *Alternativas de diseño estructural y geométrico como solución a problemas de congestión vehicular.* **Molina, Jorge.** 14, La Paz : Revista de Investigación de la Universidad Mayor de San Andrés, 2022, Vol. 6. ISSN: 2664 - 8245.

ANEXOS

A. Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Metodología
<p>Problema general ¿Cómo elaborar un diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera cu-1204 y cu-1206 en el tramo: Huarcoondo (km 0+000) - Munaypata (km 10+000), distrito de Huarcoondo, provincia de Anta, departamento de Cusco?</p>	<p>Objetivo general Elaborar un diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera cu-1204 y cu-1206 en el tramo: Huarcoondo (km 0+000) - Munaypata (km 10+000), distrito de Huarcoondo, provincia de Anta, departamento de Cusco.</p>	<p>Hipótesis general El diseño geométrico mejora la transitabilidad vehicular de la carretera cu-1204 y cu-1206 en el tramo: Huarcoondo (km 0+000) - Munaypata (km 10+000), distrito de Huarcoondo, provincia de Anta, departamento de Cusco.</p>	Diseño geométrico	Estudio de topografía	<ul style="list-style-type: none"> - Coordenadas - Elevación - Curvas de nivel 	<ul style="list-style-type: none"> - Puntos topográficos 	<p>Metodología -Hipotético deductivo -Aplicativo -Cuantitativa -Diseño transversal -No experimental</p>
		Estudio de mecánica de suelos		<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de suelo - Capacidad portante 	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad relativa - Rozamiento interno - Módulo de Young 		
<p>Problemas específicos a) ¿Cómo realizar el estudio de topografía para elaborar el diseño geométrico y mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000)? b) ¿Cómo realizar el estudio de mecánica de suelos para elaborar el diseño geométrico y mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000)? c) ¿Cómo aplicar la normativa vigente para realizar el estudio de hidrología de la</p>	<p>Objetivos específicos a) Realizar el estudio de topografía para elaborar el diseño geométrico y mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000). b) Realizar el estudio de mecánica de suelos para elaborar el diseño geométrico y mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000). c) Aplicar la normativa vigente para realizar el estudio de hidrología de la carretera CU-1204 Y CU-</p>	<p>Hipótesis específicas a) El estudio de topografía permite elaborar el diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000). b) El estudio de mecánica de suelos permite elaborar el diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000). c) La aplicación de la normativa vigente para realizar el estudio de hidrología permite elaborar el diseño geométrico</p>			Estudio de hidrología	<ul style="list-style-type: none"> - Morfología de las cuencas - Uso de suelo - Precipitación media de la cuenca 	
				Costos y presupuesto	<ul style="list-style-type: none"> - Presupuesto - Análisis de precios unitarios - Relación de insumos - Fórmula polinómica 	<ul style="list-style-type: none"> - Costo directo - Costo indirecto - Rendimiento - Precio - Insumos - Porcentaje de incidencia 	<p>Técnicas e instrumentos -Observación científica</p>

<p>carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000)?</p> <p>d) ¿Cómo determinar los costos y el presupuesto para elaborar el diseño geométrico y mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000)?</p> <p>e) ¿Cómo realizar un diseño geométrico horizontal para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000)?</p> <p>f) ¿Cómo realizar un diseño geométrico vertical para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000)?</p>	<p>1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).</p> <p>d) Determinar los costos y el presupuesto para elaborar el diseño geométrico y mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).</p> <p>e) Realizar un diseño geométrico horizontal para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).</p> <p>f) Realizar un diseño geométrico vertical para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).</p>	<p>para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).</p> <p>d) La determinación de los costos y el presupuesto permiten establecer la inversión necesaria al elaborar el diseño geométrico para mejorar la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).</p> <p>e) El diseño geométrico horizontal mejorará la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).</p> <p>f) El diseño geométrico vertical mejorará la transitabilidad vehicular de la carretera CU-1204 Y CU-1206 en el tramo: Huarcoondo (KM 0+000) – Munaypata (KM 10+000).</p>	Diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño horizontal - Diseño vertical 	
			Nivel de servicio	<ul style="list-style-type: none"> - Tránsito 	<ul style="list-style-type: none"> - Ficha de conteo vehicular
			Estudio de tránsito	<ul style="list-style-type: none"> - Número de ejes equivalentes (ESALs) 	<ul style="list-style-type: none"> - Ficha de observación
			Nivel de transitabilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Método PCI 	<ul style="list-style-type: none"> - Ficha de observación