



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Diseño para el mejoramiento de la carretera, tramo El Molle – Quiguir,
distrito y provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Campos Pardo, Dani Leider
Roncal Ponce, Walmer Robinson

ASESOR:

Ing. Luis Alberto Horna Araujo

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de infraestructura vial

TRUJILLO-PERÚ

2018

PÁGINA DEL JURADO

Ing. Hilbe Santo Rojas Salazar
Presidente

Ing. Marlon Gastón Farfán Córdova
Secretario

Ing. Luis Alberto Horna Araujo
Vocal

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte económica y moral para poder llegar a ser un profesional.

A mis hermanos y a toda mi familia por el apoyo que me brindaron día a día durante el transcurso de mi carrera universitaria.

Dani L. Campos Pardo

A mis padres Walmer Robinson Roncal Ponce y Gloria Emma Ponce Esquivel quienes son la base, inspiración y el equilibrio de mi vida. Siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económicamente para poder llegar a ser un profesional.

A mi hermano Jack Roobyn Roncal Ponce por el apoyo que siempre me brinda día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.

Walmer R. Roncal Ponce

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a la Universidad Cesar Vallejo por permitirme formar parte de ella y abrirme las puertas para poder formarme profesionalmente y a los docentes que me brindaron sus conocimientos y su apoyo día a día. También a todos mis amigos y compañeros de clase por su amistad, compañerismo y apoyo durante toda mi carrera universitaria. Por último, a todas las personas que apoyaron en el desarrollo de este trabajo de investigación.

Dani L. Campos Pardo

A Dios por ser mi guía en la vida y la fuerza que me impulsa a seguir cada día, gracias a la universidad Cesar Vallejo por haberme permitido formarme en ella y a todas las amistades que fueron participes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, fueron ustedes responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.

Walmer R. Roncal Ponce

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Campos Pardo Dani Leider, estudiante de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de Pregrado de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 73867582; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación, datos e información que se presenta en la presente tesis que acompaño es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, diciembre de 2018

CAMPOS PARDO DANI LEIDER

DNI 73867582

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Roncal Ponce Walmer Robinson, estudiante de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de Pregrado de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 70909935; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación, datos e información que se presenta en la presente tesis que acompaño es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, diciembre de 2018

RONCAL PONCE WALMER ROBINSON

DNI 70909935

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos, de la Universidad César Vallejo de Trujillo, tenemos a bien presentar la tesis titulada; “**Diseño para el mejoramiento de la carretera, tramo El Molle – Quiguir, distrito y provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad**”; con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Agradecemos las correcciones y sugerencias que nos puedan brindar con tal de que nuestro proyecto de investigación se realice de una manera más eficiente. Hoy en día, se está implementando una política de integración con la finalidad de construir vías de comunicación para tener conexión con el interior del país. El estado peruano invierte en las mejoras de las carreteras con tal de garantizar una mejor calidad de vida. Además, se generan mayores puestos de trabajo y se incrementa el comercio, resultando así, un alza en la economía del Perú.

Los Autores

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vii
ÍNDICE	viii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Realidad Problemática.....	16
1.1.1. Aspectos generales	18
1.1.1.1. Ubicación política	18
1.1.1.2. Ubicación geográfica.....	19
1.1.1.3. Límites.....	19
1.1.1.4. Extensión.....	19
1.1.1.5. Topografía	20
1.1.1.6. Altitud	20
1.1.1.7. Clima	20
1.1.1.8. Suelos	20
1.1.1.9. Vías de comunicación	20
1.1.2. Aspectos socioeconómicos.....	21
1.1.2.1. Actividad productiva	21
1.1.2.2. Vivienda	21
1.1.3. Servicios públicos	21
1.1.3.1. Salud.....	21
1.1.3.2. Educación.....	21
1.3. Teorías relacionadas al tema	24
1.4. Formulación del problema	28
1.5. Justificación del estudio	28
1.6. Hipótesis.....	29
1.7. Objetivos	30
1.7.1. Objetivo General	30
1.7.2. Objetivos específicos.....	30
II. MÉTODO	31
2.1. Diseño de investigación	31
2.2. Variables, Operacionalización	31

2.2.1. Variable	31
2.2.1.2. Definición operacional	31
2.2.2. Operacionalización de variables.....	32
2.3. Población y muestra	33
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
2.4.1. Técnicas.....	33
2.4.2. Instrumentos	33
2.4.3. Fuentes	34
2.4.4. Informantes.....	34
2.5. Método de análisis de datos	34
2.6. Aspectos éticos.....	35
III. RESULTADOS	36
3.1 Levantamiento topográfico	36
3.1.1 Generalidades	36
3.1.2 Ubicación	36
3.1.3 Reconocimiento del terreno.....	36
3.1.4. Metodología de trabajo.....	36
3.1.4.1. Personal	36
3.1.4.2. Equipos.....	36
3.1.4.3. Materiales	37
3.1.5. Procedimiento.....	37
3.1.5.1. Levantamiento topográfico de la zona	37
3.1.5.2. Puntos de georreferenciación	37
3.1.5.3. Puntos de estación	37
3.1.5.4. Toma de detalles y rellenos topográficos	38
3.1.4.5. Códigos utilizados en el levantamiento topográfico	38
3.1.6. Trabajo de gabinete	38
3.1.6.1. Procesamiento de la información de campo y dibujo.....	38
3.1.7. Clasificación de la vía según la topografía del terreno.....	39
3.1.7.1. Análisis de pendientes transversales	39
3.1.7.2. Análisis de pendientes longitudinales	40
3.2.1. Estudio de suelos.....	40
3.2.1.1. Alcance.....	40
3.2.1.2. Objetivos	40
3.2.1.3. Descripción del proyecto.....	40
3.2.1.4. Descripción de los trabajos.....	41
3.2.1.5. Resultados de los ensayos de laboratorio	45

3.2.1.6. Perfil Estratigráfico.....	45
3.2.2. Estudio de cantera.....	46
3.2.2.1. Identificación de cantera.....	46
3.2.2.2. Evaluación de las características de la cantera.....	46
3.2.3. Estudio de fuente de agua.....	47
3.2.3.1. Ubicación.....	47
3.3. Estudio hidrológico y obras de arte.....	47
3.3.1. Hidrología.....	47
3.3.1.1. Generalidades.....	47
3.3.1.2. Objetivos del estudio.....	47
3.3.1.3. Estudios hidrológicos.....	47
3.3.2. Información hidrometereológica y cartográfica.....	48
3.3.2.1. Información pluviométrica.....	48
3.3.2.2. Precipitaciones máximas en 24 horas.....	48
3.3.2.3. Análisis estadísticos de datos hidrológicos.....	50
3.3.2.4. Curvas de intensidad – duración – frecuencia.....	58
3.3.2.5. Cálculos de caudales.....	60
3.3.2.6. Tiempo de concentración.....	61
3.3.3. Hidráulica y drenaje.....	61
3.3.3.1. Drenaje superficial.....	61
3.3.3.2. Diseño de cunetas.....	62
3.3.3.3. Consideraciones de alcantarillas de paso.....	64
3.3.3.4. Consideraciones de aliviadero.....	65
3.3.4. Resumen de obras de arte.....	66
3.3.4.1. Resumen de resultados para las cunetas.....	66
3.3.4.2. Resumen de resultados para alcantarillas de paso y alivio.....	67
3.4. Diseño Geométrico de la carretera.....	69
3.4.1. Generalidades.....	69
3.4.2. Normatividad.....	69
3.4.3. Clasificación de las carreteras.....	69
3.4.3.1. Clasificación por demanda.....	69
3.4.3.2. Clasificación por su orografía.....	69
3.4.4. Estudio de tráfico.....	69
3.4.4.1. Generalidades.....	69
3.4.4.2. Conteo y clasificación vehicular.....	69
3.4.3.3. Metodología.....	70
3.4.3.4. Procesamiento de información.....	70

3.4.3.5. Determinación del índice medio diario (IMD).....	70
3.4.3.6. Determinación Factor de corrección (fc).....	70
3.4.3.7. Resultados del conteo vehicular.....	70
3.4.3.8. IMDA por estación.....	70
3.4.3.9. Proyección de tránsito.....	70
3.4.4.10. Tráfico total en el tramo El Molle – Quiguir.....	71
3.4.4.11. Vehículo de diseño.....	71
3.4.5. Parámetros básicos para el diseño en zona rural.....	72
3.4.5.1. Velocidad de diseño.....	72
3.4.5.2. Radios mínimos.....	72
3.4.5.3. Anchos mínimos de calzada en tangente.....	73
3.4.5.4. Distancia de visibilidad.....	73
3.4.6. Diseño geométrico en planta.....	74
3.4.6.1. Generalidades.....	74
3.4.6.2. Tramos en tangente.....	74
3.4.6.3. Curvas circulares.....	74
3.4.6.4. Curva de transición.....	75
3.4.6.5. Curvas de vuelta.....	76
3.4.7. Diseño geométrico en perfil.....	77
3.4.7.1. Generalidades.....	77
3.4.7.2. Pendiente.....	77
3.4.7.3. Curvas verticales.....	77
3.4.8. Diseño geométrico de la sección transversal.....	80
3.4.8.1. Generalidades.....	80
3.4.8.2. Calzada.....	80
3.4.8.3. Bermas.....	81
3.4.8.4. Bombeo.....	81
3.4.8.5. Peralte.....	81
3.4.8.6. Taludes.....	82
3.4.8.7. Cunetas.....	82
3.4.9. Resumen del diseño geométrico en planta.....	84
3.4.10. Diseño del pavimento.....	89
3.4.10.1. Generalidades.....	89
3.4.10.2. Características de la subrasante.....	89
3.4.10.3. Cargas del tráfico vehicular.....	89
3.4.10.4. Espesores de capas de la estructura del pavimento.....	91
3.4.11. Señalización.....	93

3.4.11.1. Generalidades	93
3.4.11.2. Requisitos	94
3.4.11.3. Señales verticales	94
3.4.11.3. Colocación de las señales	96
3.4.11.4. Hitos kilométricos	96
3.4.11.5. Señalización horizontal	97
3.4.11.6. Señales en el proyecto de investigación	97
3.5. Estudio de impacto ambiental	100
3.5.1. Generalidades	100
3.5.2. Objetivos	100
3.5.3. Legislación y normativa sobre el estudio de impacto ambiental (EIA)	100
3.5.3.1. Constitución política del Perú	100
3.5.3.2. Ley para el crecimiento de la inversión privada (D.L. N°757)	101
3.5.3.3. Código del medio ambiente y de los recursos naturales (D.L. N°613)	101
3.5.4. Características del proyecto.....	101
3.5.5. Infraestructura de servicio	101
3.5.5.1. Salud.....	101
3.5.5.3. Vivienda	101
3.5.5.2. Educación.....	101
3.5.6. Diagnóstico ambiental.....	102
3.5.6.1. Medio físico.....	102
3.5.6.2. Medio biótico	102
3.4.6.3. Medio socioeconómico y cultural	102
3.5.7. Área de influencia del proyecto.....	102
3.5.7.1 Área de influencia directa	102
3.5.7.2. Área de influencia indirecta	102
3.5.8. Evaluación de impacto ambiental en el proyecto	102
3.5.8.1. Matriz de impactos ambientales	102
3.5.8.3. Matriz causa-efecto de impacto ambiental	104
3.5.9. Descripción de los impactos ambientales.....	106
3.5.9.1. Impactos negativos	106
3.5.9.2. Impactos positivos.....	106
3.5.10. Mejoramiento de la calidad de vida	107
3.5.10.1. Aumento del precio del terreno	107
3.5.10.2. Mejoramiento de la transitabilidad vehicular	107
3.5.10.3. Reducción de costos de transporte	107
3.5.11. Impactos naturales adversos.....	107

3.5.11.1. Deslizamientos	107
3.5.11.2. Sismos	107
3.5.11.3. Neblina	107
3.5.12. Plan de manejo ambiental	107
3.5.13. Medidas de mitigación	108
3.5.13.1. Aumento de emisión de material particulado	108
3.5.13.2. Incrementos de niveles sonoros.....	108
3.5.13.3. Alteración de la calidad del suelo por movimientos de tierras, uso de espacios y aumento de la población.....	108
3.5.13.4. Alteración directa de la vegetación	108
3.5.13.5. Alteración de la fauna.....	108
3.5.13.6. Riesgos contra la salud publica	108
3.5.13.7. Mano de obra.....	108
3.5.14. Plan de manejo de residuos sólidos.....	108
3.5.15. Plan de abandono	109
3.5.16. Programa de control y seguimiento.....	109
3.5.17. Plan de contingencias	109
3.6. Especificaciones técnicas	109
3.7. Análisis de costos y presupuestos	110
3.7.1. Resumen de metrados.....	110
3.7.2. Presupuesto general.....	111
3.7.3. Desagregado de gastos generales	111
3.7.4. Análisis de costos unitarios	111
IV. DISCUSIÓN	112
V. CONCLUSIONES	115
VI. RECOMENDACIONES	116
VII. REFERENCIAS	117
VIII. ANEXOS.....	122

RESUMEN

Las carreteras son las vías de comunicación más importantes para reducir las brechas sociales; por lo tanto, es necesario desarrollar proyectos que permitan lograr estos objetivos y aportar en el desarrollo de los pueblos. La problemática que existe en la carretera que une las localidades El Molle y Quiguir es que en la vía clasificada actualmente como una trocha carrozable (4 a 5 metros de ancho de calzada) se pueden observar radios de curvatura demasiado cerrados (entre 15 o 20 metros). Por otro lado, la actual carretera no posee obras de drenaje superficial tales como alcantarillas, cunetas o badenes que faciliten la circulación de las aguas de lluvias sobre la carretera. Es por ello que la finalidad de este trabajo de investigación es diseñar las características técnicas para la vía antes mencionada en función a la normativa vigente. La carretera tiene una longitud de 11.4 Km y se ubica a más de 3000 msnm, y presenta una topografía accidentada con suelo compuesto mayoritariamente de arenas con finos (SM y/o SC); además, presenta pendientes máximas de 9%. El diseño geométrico contempló una calzada de 6 metros, bermas de 0.50 metros con inclinaciones de 3 y 6% respectivamente; el peralte máximo fue de 12% y radios mínimos de 25 metros para una velocidad de diseño de 30 km/h. Se diseñaron cunetas de 0.50x0.75 metros recubiertas de concreto, 2 alcantarillas de Multiplate para las quebradas y alcantarillas tipo TMC para los aliviaderos. El costo total del presupuesto fue de S/ 14 553 198.89.

Palabras clave: diseño geométrico, carretera tercera clase, vías de comunicación, carretera accidentada.

ABSTRACT

Roads are the most important means of communication to reduce social gaps; Therefore, it is necessary to develop projects that achieve these objectives and contribute to the development of the peoples. The problem that exists on the road between the towns El Molle and Quiguir is that in the road currently classified as a truck trail (4 to 5 meters wide road) can be observed radii of curvature too closed (between 15 and 20 meters). On the other hand, the current road does not have surface drainage works such as sewers, ditches or speed bumps that facilitate the circulation of rainwater on the road. That is why the purpose of this research work is to design the technical characteristics for the aforementioned path in accordance with current regulations. The road has a length of 11.4 km and is located at more than 3000 meters above sea level, and presents a rugged topography with soil composed mostly of sands with fines (SM and / or SC); in addition, it presents maximum slopes of 9%. The geometric design contemplated a road of 6 meters, berms of 0.50 meters with inclinations of 3 and 6% respectively; the maximum cant was 12% and minimum radii of 25 meters for a design speed of 30 km / h. Ditches of 0.50x0.75 meters covered with concrete, 2 Multiplate culverts for the creeks and TMC culverts for the spillways were designed. The total cost of the budget was S / 14 553 198.89.

Keywords: geometric design, third class road, communication roads, rugged road.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017) señala que, en el área rural, la extrema pobreza afecta al 13.2% de la población. La Sierra es la región más golpeada, con el 8.3% de su población inmersa en el problema. A poca distancia le sigue la Selva, con una cifra de 6.5%, y a gran distancia la Costa, con sólo el 0.5%. La ausencia de vías no permite mejorar la situación. Así mismo, la forma de transporte disponible muchas veces resulta poco accesibles debido al costo elevado, eso sumado a la peligrosidad del recorrido.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018) se requieren 31,850 millones de dólares para el cierre de la brecha de infraestructura vial hasta el 2025 en nuestro país. Con frecuencia, en la zona rural de Perú, los pobladores se encuentran casi incomunicados debido a la ausencia de caminos y carretas que los conecte con otras ciudades más importantes, y las pocas que existen muestran condiciones deplorables. Esto además de dificultar el transporte dificulta el acceso a colegios, postas médicas y otras localidades para comercializar sus productos agrícolas a fin de obtener ganancias económicas.

Según el diario Correo (Correo, 2018) en un informe del Instituto Peruano de Economía, La Libertad ocupa el noveno lugar entre 24 regiones en cuanto a competitividad en infraestructura, específicamente hablamos de infraestructura vial. Se debe mencionar que la red que comprende las vías rurales representa la más grande de nuestro país, esta depende únicamente de las municipalidades, cuyas funciones son la gestión, mantenimiento, rehabilitación o mejoramiento de la infraestructura de estas carretas, ya que estos municipios y los pobladores son los responsables de estos caminos.

Como se especificó en párrafos anteriores la disminución de la pobreza en las zonas rurales y la mejora de la calidad de vida de la población depende en gran parte de los caminos rurales, los que permiten que crecimiento socioeconómico de la sociedad. La región liberteña no es ajena a dicha problemática pues como se puede apreciar existe una enorme brecha en infraestructura vial y las vías existentes se

encuentran en condiciones deficientes que no cumplen el objetivo para el que fueron construidas que es el de ayudar en la mejora de la calidad de vida de la población.

Esta problemática se presenta en el distrito de Santiago de Chuco especialmente en las localidades de El Molle y Quiguir ya que actualmente, la vía es clasificada como una trocha carrozable (4 a 5 metros de ancho de calzada) y ciertos tramos, puntualmente en las curvas, se pueden observar radios de curvatura demasiado cerrados (entre 15 o 20 metros de radio) que ocasionan que los vehículos no puedan voltear fácilmente, es más, al encontrarse dos vehículos en sentido contrario en una curva estos corren mucho peligro de estrellarse. Por otro lado, la actual carretera no posee obras de drenaje superficial tales como alcantarillas, cunetas o badenes que faciliten la circulación de las aguas de lluvias sobre la carretera, evitando que estas se almacenen, perjudiquen y remuevan el material del cual consta la vía y que generen hondonadas que con el tiempo se convertirán en baches que desgastarán los vehículos a transitar. Por último, la vía no cuenta con ningún tipo de señalización que advierta a los conductores de los riesgos y así evitar accidentes.

Debido a todo este problema no existe transporte público para que los pobladores se movilicen al Distrito de Santiago de Chuco para vender sus productos o comprar lo necesario para satisfacer sus necesidades, es entonces que nace la necesidad de mejorar la carretera existente para que los pobladores se movilicen sin ninguna dificultad. Por ello, se pretende realizar el proyecto denominado “Diseño para el mejoramiento de la carretera, tramo El Molle – Quiguir, distrito y provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad”.

1.1.1. Aspectos generales

1.1.1.1. Ubicación política

1.1.1.1.1. Ubicación regional

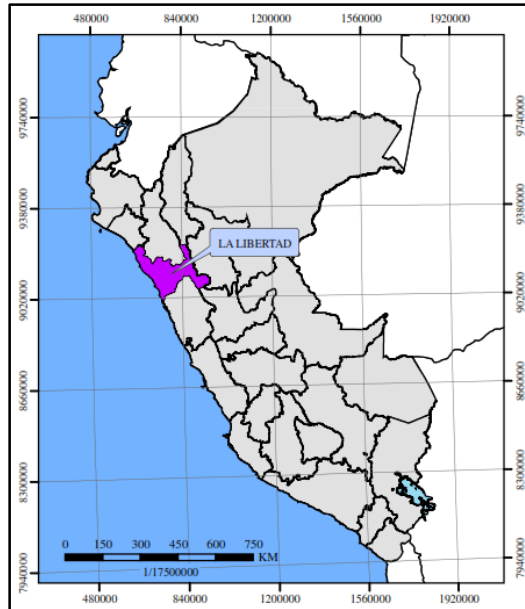


Figura 1 - Ubicación regional: La Libertad

1.1.1.1.2. Ubicación provincial

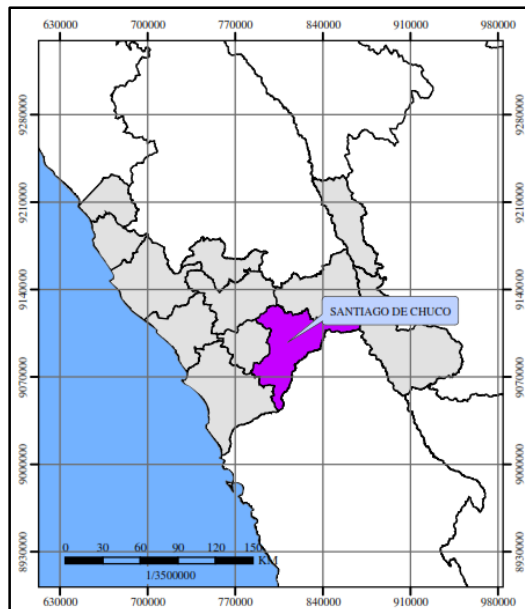


Figura 2 - Ubicación provincial: Santiago de Chuco

1.1.1.1.3. Ubicación distrital

El tramo de la carretera que une las localidades El Molle y Quiguir, se localiza en el distrito de Santiago de Chuco.

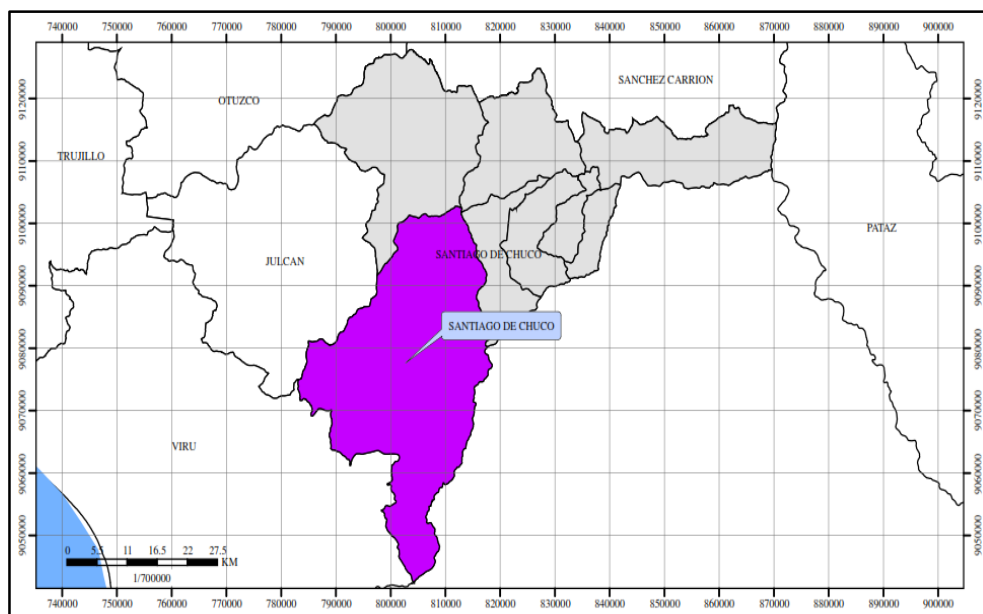


Figura 3 - Ubicación distrital: Santiago de Chuco

1.1.1.1.2. Ubicación geográfica

La vía a diseñar está ubicada en la provincia de Santiago de Chuco, distrito de Santiago de Chuco, departamento La Libertad, específicamente en la zona 17L en el Perú.

1.1.1.1.3. Límites

El distrito de Santiago de Chuco tiene límites con los lugares que se mencionan a continuación:

- Por el norte : Provincia de Otuzco y Sánchez Carrión
- Por el sur : Departamento de Ancash
- Por el este : Distrito de Pallasca
- Por el oeste : Distrito de Virú y Julcán.

1.1.1.1.4. Extensión

La provincia de Santiago de Chuco tiene un área de 2658.96 km² y está situada en la sierra del departamento de La Libertad, la capital de la provincia

es el distrito de Santiago de Chuco. Actualmente, la provincia cuenta con 58 320 habitantes.

1.1.1.5. Topografía

En el distrito de Santiago de Chuco predomina un terreno accidentado, el cual contiene pendientes bastante inclinadas, generando un riesgo sísmico medio.

1.1.1.6. Altitud

La altitud promedio en la provincia de Santiago de Chuco es de 3120 m.s.n.m.

1.1.1.7. Clima

Santiago de Chuco tiene un clima árido y mayormente friolento. En el mes más caluroso del año, la temperatura llega a los 13 °C; en el más friolento, 10.5 °C. En los meses de mayor presencia de precipitación se obtuvo un registro de 100 mm.

1.1.1.8. Suelos

En Santiago de Chuco se practica mucho la agricultura, es por ello que sus suelos están compuestos de arena con arcilla. Además, se sabe también que los suelos contienen material orgánico.

1.1.1.9. Vías de comunicación

La distancia que separa Trujillo de Santiago de Chuco son 163 km, para llegar a dicha provincia se requiere de un tiempo aproximado de 3 horas con 30 minutos.

Cuadro 1- Vías de comunicación

Desde	Hasta	Km	Tipo de vía	Tiempo Aprox. (hr)
Trujillo	Santiago de Chuco	163	Carretera asfaltada	3:30
Santiago de Chuco	El Molle	64	Trocha carrozable	2:15
Santiago de Chuco	Quiguir	70	Trocha carrozable	2:30

1.1.2. Aspectos socioeconómicos

1.1.2.1. Actividad productiva

La agricultura es la actividad productiva que genera mayores ingresos. Los cultivos más cosechados son el maíz, trigo y la papa. El turismo ha tomado importancia estos últimos años debido a que la casa del poeta Cesar Vallejo fue reconstruida y convertida en museo.

1.1.2.2. Vivienda

La mayoría de viviendas en la provincia de Santiago de Chuco son de material de adobe, siendo muy pocas las viviendas de material noble.

1.1.3. Servicios públicos

1.1.3.1. Salud

La provincia de Santiago de Chuco cuenta con el Hospital Cesar Vallejo. Un hospital totalmente equipado que beneficia no solo a Santiago de Chuco, si no a las localidades aledañas como Sánchez Carrión, Pataz, Julcán y Otuzco.

1.1.3.2. Educación

Dentro de la provincia de Santiago de Chuco está ubicado el colegio emblemático Cesar Abraham Vallejo Mendoza, y a su vez, la I.E 80521 Manuel Encarnación Saavedra Geldres.

1.2. Trabajos previos

La formulación del presente proyecto de investigación está apoyada en los trabajos previos ya desarrollados, cuyo aporte sobre el diseño de una carretera a nivel de asfaltado será de gran utilidad para concluir el proyecto.

Según Guerrero (2017), en su investigación Diseño de la carretera que une los caseríos de Muchucayda – nueva fortaleza – Cauchalda, distrito de Santiago de Chuco, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad, tuvo como objetivo realizar un diseño técnico y óptimo. Se estudió toda el área de influencia, realizando trabajos de campo con equipos topográficos y trabajos de laboratorio con equipos de mecánica de suelos. Luego de procesar los datos se concluyó que la zona de estudio presenta una topografía accidentada, que consta de pendientes

máximas de 10%. Se encontró un suelo arcilloso de baja plasticidad, esto tras los resultados del estudio de suelos practicado. Considerando las condiciones de la topografía pudieron determinar la velocidad de diseño correspondiente a 30 km/h, con este dato se daría inicio al diseño geométrido de carretera, posterior a ello, vendría a determinarse el ancho de calzada de 6 metros que posee bermas de 0.50 metros para cada lado, asumiendo un bombeo del 2%, se consideró radio mínimo de 35 metro, así mismo, peraltes máximos de 12%. De este trabajo también se puede rescatar los procedimientos utilizados para el diseño del pavimento, así como la propuesta de señalización.

Según Alvarado y Martínez (2017) en su investigación Propuesta para la actualización del diseño geométrico de la carretera Chancos – Vicos – Wíash según criterios de seguridad y economía, tuvieron como objetivo realizar un diseño actualizado basado en el manual DG2014 que brinde alineaciones y dimensiones necesarias para salvaguardar la seguridad e integridad de los usuarios dentro del marco de viabilidad económica. Para la propuesta se aplicó metodología mixta, donde se realizaron trabajos de campo corroborando la situación actual de la carretera y extraer los parámetros necesarios para el diseño. A demás se realizó un análisis económico para asegurar la viabilidad del proyecto. Como resultado de la propuesta se obtuvo la actualización del diseño geométrico con las siguientes características: radios mínimos de 25m, pendientes máximas de 8.00%, calzadas de 6.00 m de ancho y una velocidad diseño de 40 y 30 km/h según los tramos desarrollados. Finalmente, el análisis económico indica un ahorro social de 2 223 821.20 soles, un VANS de 3 284 192.43 y un TIR de 18%.

Según Aguilar (2016) es su tesis Diseño geométrico y pavimento flexible para mejorar accesibilidad vial en tres centros poblados, Pomalca, Lambayeque – 2016, cuyo objetivo es realizar el diseño de un pavimento flexible, así como el diseño geométrico de carretera, así también, evaluar los accesos a otros caminos vecinales, se realizaron labores de campo tales como el levantamiento topográfico, muestreo de suelos e identificación de puntos de afluencia de agua. Sin duda alguna, el diseño geométrico del camino vecinal sería vital en este trabajo dejando una guía clara acerca de este procedimiento. Se incluyó en el trabajo una muestra de 2.6 km. De camino vecinal, muestra que fue considerado siguiendo el estudio topográfico

realizado. Los instrumentos tales como estación total, cilindros de muestreo, winchas, etc. han permitido tomar datos pertinentes que permiten a posteriori la validez de la hipótesis, así como la constatación de los objetivos planteados. En este trabajo los datos fueron procesados en el ya extinto AutoCAD Land, para el caso de los datos topográficos; en el S10 para el caso de la elaboración de los costos y presupuestos; entre otros softwares. La conclusión más importante es la pertinencia del diseño Geométrico y el pavimento flexible para el mejoramiento del acceso vial del camino vecinal, ya que se observa los cambios colaterales en el mejoramiento de la economía de los pobladores y la accesibilidad a los lugares mencionados.

Según Saldaña y Mera (2014) en su tesis Diseño de la vía y mejoramiento hidráulico de obras de arte en la carretera Loero-Jorge Chávez, inicio en el km 7.5, distrito de Tambopata, región Madre de Dios, tiene como aporte el diseño geométrico de la carretera así como la mejora de un sistema de drenaje superficial de la carretera Loero-Jorge Chávez, distrito de Tambopata, región Madre de Dios, con la intención de elevar el nivel de tránsito y de este manera generar el intercambio comercial a nivel local y regional, específicamente de los productos agropecuarios de la zona. La topografía del terreno es accidentada, el suelo del lugar presenta una capa de 10 cm de material granular de color beige claro, se realizaron calicatas a una profundidad mínima de 1.50 metros. La subrasante presentó 14% como valor de CBR. El impacto negativo más fuerte fue ocasionado por el movimiento de tierras, afectando mayormente al suelo, aire y agua. El impacto positivo mayor es la generación de empleo.

Según Tito (2014) en su investigación Mejoramiento y rehabilitación de la carretera Ayacucho - Abancay, tramo IV, pertenece a la ruta PE – 28B, nos presenta las técnicas de construcción del mejoramiento y rehabilitación de la carretera Ayacucho - Abancay, tramo IV: Km 154+000 – Km 210+000 ubicada en el departamento de Apurímac, Provincia Chincheros y Distritos de Chincheros – Uripa, Lo rescatable de este trabajo es la dependencia de los diseño de las estructuras de pavimentos a las variables climáticas y de suelos dado la degradación prematura. Esta tesis está compuesta de cuatro secciones tales como los aspectos generales de obra, la parte constructiva, el proceso y la pavimentación de la carretera. Las conclusiones, así como las recomendaciones se muestran

correctamente redactas y aportan considerablemente al conocimiento acerca de los pavimentos. Finalmente, se puede apreciar en la parte final el panel fotográfico de la secuencia de actividades realizadas durante el proceso constructivo.

Según Martínez (2013) en su trabajo denominado “Mejoramiento de la trocha carrozable Corralpampa – Sangal bajo”, tuvo con objetivo diseñar el mejoramiento de una carretera en el ámbito rural con topografía accidentada. La velocidad de diseño adoptada fue de 20 km/h, con un radio mínimo de 10 metros, pendiente mínima de 0.50% y máxima de 10%. El CBR de la subrasante fue de 3.75% y el espesor de pavimento de 30 centímetros. Además, se diseñaron 5 alcantarillas, 12 aliviaderos, 2 badenes y 6712 metros de cuneta. Finalmente, el costo total del presupuesto fue de S/. 1, 224,466.02.

Las investigaciones anteriores nos brindan una referencia para realizar el proyecto de investigación y los pasos a seguir para lograr un diseño definitivo a nivel de asfalto de la vía que une las localidades de El Molle y Quiguir en la provincia de Santiago de Chuco.

1.3. Teorías relacionadas al tema

Históricamente, la topografía no surge como una ciencia propiamente dicha, tampoco tenía ese nombre con el que actualmente es conocida, sino, su surgimiento se debe al requerimiento de los hombres por realizar grandes mediciones ya sea para la construcción de edificaciones como para llevar la contabilidad de áreas de cultivos. Hoy en día, la topografía resulta importante dado su papel en la mayoría de etapas que corresponden a hacer ingeniería. Desde que se hace el estudio de pre-inversión la topografía está presente donde el ingeniero deberá plasmar en un plano una porción del terreno o área de influencia donde en un futuro se quiere plasmar una obra teniendo en cuenta la planimetría como la altimetría, así mismo, en la etapa de ejecución la topografía representará pieza fundamental para el funcionamiento correcto de las estructuras u obras planificadas, dado que el replanteo que es el trazo en el terreno de ejes y la nivelación de bancos de nivel (dejados en el estudio) (Mendoza, 2013).

En realidad, realizar un trabajo topográfico da pie a varias etapas, pero se mencionarán las tres más importantes. La primera es, mediante la observación, la identificación del terreno y el establecimiento de un plan de trabajo, etapa en la cual se establecerá el método más eficiente para llevar a cabo el trabajo de campo apoyado en consultas a los pobladores y algunos planos pasados de la zona. Como se mencionó el trabajo de campo será la segunda etapa en donde, ya establecido el método, se asegurará de llevar los instrumentos más adecuados, con la mejor calibración que garanticen poder representar una porción de terreno con la mayor cercanía a la realidad. Finalmente, el trabajo a realizar en gabinete será la traducción de todos los datos recopilados en campos, vale recalcar que alguien que no conoce las condiciones y características del terreno no podrá interpretar de manera correcta los datos recopilados en campo por lo que se presentará bastante atención a los datos anotados en la libreta de campo (Mendoza, 2013).

El levantamiento topográfico de hoy en día es realizado en su mayoría con una estación total. Una estación total viene a ser un teodolito electrónico integrado a un distanciómetro que, además, consta de una libreta electrónica (ver Anexo 1). Esto permite automatizar el trabajo, obviamente, siempre con el criterio del profesional que es te realizando el trabajo. Este instrumento permite medir ángulos horizontales y verticales, así como distancias, ubicar un punto medio entre otros dos puntos, me permite llevar un trazo digitalizado en algún programa al terreno. El margen de error de este instrumento es muy pequeño comparado al que se puede obtener en otros instrumentos anticuados como teodolitos no manuales, niveles y GPS navegadores. Los datos recopilados en la estación total podrán ser descargados de manera fácil y rápida hacia una memoria portátil o un computador. Con el avance de la tecnología, las estaciones totales robóticas, se hacen cada vez más importante, en donde al carecer de operador, el portaprisma se convierte en el protagonista del levantamiento de campo (Mendoza, 2013).

El cambio en el uso del suelo generará solicitudes generando alteraciones en la estructura que pueden generar efectos de carácter físico, químico y biológico. Ante esto, será necesario determinar el comportamiento del suelo por lo que el estudio de mecánica de suelo cobra relevancia (ver Anexo 2). Se deberán determinar características del suelo como granulometría y plasticidad (Seguel, 2006). En

efecto, la normativa peruana establece que los estudios necesarios son: Ensayo de granulometría, Límites de Atterberg, Ensayo de Compactación Proctor modificado (Método C) y ensayo de valor de soporte de California o CBR. El ensayo de granulometría permitirá conocer el material del terreno natural, subrasante, así como el material de cantera que será usado en el proyecto. Los límites de Atterberg permitirán conocer las propiedades del material tales como su límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en el caso de suelos cohesivos. El objetivo del ensayo de compactación Proctor modificado es hallar el máximo valor de densidad seca que puede adquirir el material y el contenido de humedad óptimo que conlleve a dicha condición (normado en la norma MTC E115) (Rengifo, 2014).

Otro aspecto que se debe tener en cuenta será la disponibilidad de material en la zona dado que de ello dependerá la capacidad de soporte de las capas granulares. Las especificaciones que debe cumplir el material granular son varias, pero las más importantes son la granulometría y el CBR mínimo (Rengifo, 2014). Según Ignacio (2013), se deben tener en cuenta dos puntos en cuanto a las canteras; el estudio: referido a la calidad, volumen, costo e impactos ambiental; y la ubicación: accesibilidad y distancia.

Un factor que determina la superficie de rodadura es la carga aportada por los vehículos que la carretera soportará. Es por ello que el estudio de tránsito permitirá calcular los ejes equivalentes que permitirá tener conocimiento de la carga. El índice medio diario anual (IMDA) viene a ser el promedio aritmético del número diario de vehículos que transcurren por un tramo de la vía. Este valor obtenido es utilizado para la proyección de la vía, características geométricas y el acondicionamiento del pavimento. La velocidad de diseño tiene que ver con la máxima velocidad a la que un vehículo puede transitar con seguridad y comodidad, escogida en función de la topografía y el IMDA de la sección de la vía. Las características geométricas de la carretera serán determinadas a partir de la velocidad de diseño. El radio mínimo es uno de los parámetros geométricos más importantes a tener en cuenta y representa el menor radio que se utiliza en función a la velocidad de diseño y el peralte máximo (MTC, 2018).

No obstante, es necesario determinar el tipo de vía que se diseñará en función de la topografía del terreno, su transitabilidad, su servicio y su jurisdicción. Según su topografía se clasifica en carreteras tipo I, II, III y IV; evaluando su pendiente transversal y longitudinal. Según su transitabilidad se clasifica en pavimentadas, afirmadas y sin afirmar. Según su jurisdicción se clasifican en carreteras nacionales, departamentales y vecinales. Y finalmente según su servicio se clasifican en carreteras, autopistas o trochas, en función del IMDA (Sánchez, 2013).

Las señalizaciones sirven como instrumentos para regular el tránsito de forma perenne. Las señales ayudan a controlar la operación y maniobras de los vehículos, para generar un tránsito ordenado y seguro de la carretera. Entre las señales usadas tenemos las reglamentarias, las preventivas e informativas. No obstante, es importante la creación de hitos kilométricos según la norma del MTC (Cueva, 2014).

A nivel de estudio de carretera el estudio hidrológico e hidráulico tendrá por finalidad determinar los caudales máximos de diseño, a partir de un análisis de frecuencia de las lluvias máximas en 24 horas registradas en las estaciones climáticas ubicadas en la zona de influencia. Estos caudales permitirán diseñar estructuras de drenaje pluvial que aseguren la durabilidad de la carretera (Mamani y Chura, 2016).

De acuerdo con el concepto de impacto ambiental: diferencia de evolución de un factor o de un sistema ambiental “con” y “sin” proyecto, la emisión de un juicio sobre el comportamiento de la evaluación de impacto ambiental (EIA) hasta el presente, solo es válida si se comparan los resultados producidos con lo que hubiera ocurrido si no existiera este instrumento (Gómez, 2013). A nivel mundial como local las evaluaciones de impacto ambiental se perfilan como los instrumentos de la evitación del daño, insumos necesarios para procurar la certeza de la administración en la imposición de medidas a cargo de los usuarios de los recursos naturales. (García, 2010). Para el caso de EIA se emplea la matriz de Leopold, metodología que usa un gráfico de doble entrada a la que se denominará matriz, en las filas se hará referencia a las condiciones del entorno que están expuestas a ser alteradas mientras que en las columnas las acciones antropomórficas que conduzcan a

aquellas alteraciones (Gómez, 2013). Los objetivos principales de una evaluación de impacto ambiental de carreteras se encuentran en la fase de estudios previos, ante proyecto y proyecto (Idrogo, 2014).

Un presupuesto de obra viene a ser el cálculo anticipado de un monto de dinero requerido para llevar a cabo esta obra, cuyo éxito y mayor acercamiento el monto real tendrá que ver con la experiencia acumulada en otras obras semejantes por parte del proyectista. Los métodos utilizados para llevar a cabo el objetivo que se menciona anteriormente dependerán del objetivo planteado. Las unidades de medida y los precios unitarios juegan un papel muy importante en el análisis de costos por lo que deben estar muy bien detallados, estos precios deberán ser considerados según el contexto y la fecha ya que se sabe que estos varían constantemente. Lo mencionado conducirá a adentrarnos en los detalles y a integrar precios unitarios teniendo en cuenta sus componentes. La importancia del análisis reside en aportar informes relativos a costos, ofrecer información para el control administrativo de las operaciones y actividades de la obra, y proporcionar información a la administración para fundamenta la planeación y la toma de decisiones. (Ceballos, 2014).

Finalmente, el planeamiento o programación de obra nos permitirá finalizar de manera óptima con todas las actividades del proyecto. Existen dos métodos usados para la planificación; el método de Gantt utiliza un diagrama cartesiano partiendo de dos ejes cartesianos, es el método más sencillo; el método PERT-CPM estima la duración de las actividades en función del costo de las actividades. (Romero, 2014).

1.4. Formulación del problema

¿Qué características deberá tener el diseño para el mejoramiento de la carretera, tramo El Molle – Quiguir, distrito y provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad?

1.5. Justificación del estudio

Este proyecto se realizó con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre carreteras, como instrumento de guía para el diseño de carreteras a nivel de asfaltado en zonas rurales, cuyos resultados de esta investigación podrá registrarse

para ser incorporado como conocimiento a la ingeniería vial, ya que se estaría demostrando un buen diseño de carreteras utilizando los procedimientos y normativas utilizadas en este trabajo.

Los métodos y procedimiento utilizados en esta investigación, sujetos al método científico, corroborarán una situación de la ingeniería civil que puede ser investigada por la ciencia, una vez que sean demostradas la validez y confiabilidad podrán ser utilizados en otros trabajos de investigación de este tipo y en otras instituciones.

El desarrollo de este proyecto mejorará las condiciones inadecuadas de la carretera existente, la cual consta de una trocha carrozable con anchos variables (existiendo muchos tramos estrechos), pendientes inadecuadas, zonas de almacenamiento de agua pluvial y radios de curva reducidos en los que se dificulta la circulación de dos vehículos con seguridad entre las localidades de El Molle y Quiguir, ante ello se incrementará el radio mínimo, se diseñará un sistema de drenaje (inexistente actualmente) y se propondrá una superficie de rodadura con la capacidad de soportar los vehículos a transitar según periodo de diseño asumido. En similar sentido, el proyecto permitirá mejorar la situación socioeconómica y cultural de la zona debido al incremento del flujo vehicular comercial de los productos agrícolas producidos por la población. Estos ingresos mejorarán la calidad de vida de los pobladores de El Molle y Quiguir en educación y salud, dado que actualmente el desarrollo de estas localidades es limitado.

Además, el presupuesto total elaborado, según el diseño propuesto, significará un valor importante para que la unidad formuladora (UF) de la municipalidad tenga en cuenta el monto para ser ingresado en la Programación Multianual de Inversión (PMI) del año 2019 y a partir de ello se inicie la gestión para la ejecución.

1.6. Hipótesis

Siendo el nivel de la investigación descriptiva la hipótesis será implícita que será verificada con los resultados obtenidos.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Realizar el diseño para el mejoramiento de la carretera, tramo El Molle – Quiguir, distrito y provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad.

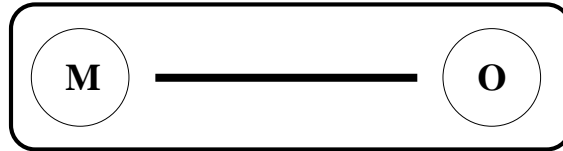
1.7.2. Objetivos específicos

- Realizar el estudio topográfico para determinar las pendientes transversales y longitudinales del terreno.
- Elaborar el estudio de mecánica de suelos para determinar las características físicas del suelo.
- Realizar el estudio hidrológico y obras de arte con la finalidad de diseñar correctamente el sistema de drenaje.
- Realizar el diseño geométrico de la carretera para garantizar el tránsito seguro y cómodo por las vías.
- Determinar el estudio de impacto ambiental para conocer los impactos ambientales que generará la ejecución y funcionamiento del proyecto.
- Elaborar los costos y presupuestos con la finalidad de determinar el costo total para la realización del proyecto.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

Debido a que nuestra investigación es descriptiva simple se propone el siguiente esquema:



Donde:

- M: La carretera de 11.4 km que une las localidades de El Molle y Quiguir.
- O: Condiciones topográficas, propiedades del suelo, situación hidrológica y entorno ambiental.

2.2. Variables, Operacionalización

2.2.1. Variable

Diseño para el mejoramiento de la carretera.

2.2.1.1. Definición conceptual

Contiene el mejoramiento de la carretera tanto en planta como en perfil, a través de un nuevo trazo o rediseño del alineamiento o del drenaje de la carretera. Este mejoramiento se realiza con la finalidad de tener una carretera más segura, cómoda, amigable con el medio ambiente y con un mejor servicio para ofrecer a los usuarios que circulen sobre ella.

2.2.1.2. Definición operacional

A través de los resultados conseguidos del estudio topográfico, estudio de mecánica de suelos, estudio hidrológico y diseño de obras de arte, diseño geométrico, estudio de impacto ambiental y el análisis de los costos y presupuesto.

2.2.2. Operacionalización de variables

Cuadro 2- Operacionalización de Variables

VARIABLE	DIMENSIONES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño para el mejoramiento de la carretera	Levantamiento topográfico	Proceso para representar gráficamente en un plano una porción de tierra (Mendoza, 2013).	Agrupación de metodologías de medición de distancias, ángulos y alturas entre dos o más puntos.	Distancia (m)	Cuantitativa de razón
				Ángulos (°, ', ")	Cuantitativa de intervalo
				Elevación (msnm)	Cuantitativa de razón
				Secciones transversales (m, m ²)	
	Estudio de mecánica de suelos	Aplicación de las leyes físicas a los problemas que involucran las cargas impuestas a la capa superficial de la corteza terrestre (Juárez y Rico, 1973).	Conjunto de procedimientos para la extracción, muestreo y ensayos de laboratorio.	Granulometría (%)	Cuantitativa de razón
				Contenido de humedad (%)	
				Límites de Atterberg (%)	
				Densidad seca máxima (kg/cm ³)	
				CBR (%)	
	Estudio hidrológico y obras de arte	Análisis de la distribución y circulación del recurso hídrico superficial (Chow, 1994).	Conjunto de fórmulas empíricas que permiten predecir los caudales máximos.	Precipitaciones (mm)	Cuantitativa de razón
				Área de cuenca (m ²)	
				Caudal (m ³ /s)	
				Dimensiones de cunetas (m)	
				Diámetro de alcantarillas (")	
	Diseño geométrico	Técnica que consiste en situar el trazado de una carretera (Ugarte, 2013). Analizando muchas posibilidades para encontrar una solución (AASHTO, 2001)	Agrupación de parámetros técnicos incluidos en el manual DG-2018.	Velocidad de diseño (km/h)	Cuantitativa de razón
				Radio mínimo (m)	Cuantitativa de intervalo
				Pendiente (%)	
				Peralte (%)	Cuantitativa de razón
				Ancho de calzada (m)	
	Ancho de berma (m)				
	Estudio de impacto ambiental	Análisis que sirve para evaluar, identificar y describir los impactos ambientales generados por un proyecto (Gómez, 2013).	Aplicación de la Matriz de Leopold.	Impacto negativo (-%)	Cualitativa nominal
				Impacto positivo (+%)	
	Análisis de costos y presupuesto	Determinación previa de la cantidad de dinero necesaria para realizar una obra (Patrascu, 2008).	Uso de métodos para metrados y análisis de precios unitarios.	Metrados	Cuantitativa de razón
				Análisis de Precios Unitarios	
Fórmulas polinómicas (%)					
Gastos generales (S/.), presupuesto					

2.3. Población y muestra

- Población: Zona de influencia de la carretera que une las localidades El Molle y Quiguir.
- Muestra: El tramo de la carretera de 11.4 km. en las localidades El Molle y Quiguir.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1. Técnicas

La técnica elegida para esta investigación fue la observación.

Modos de la observación:

- Por los medios utilizados: estructurada, debido a que se necesita el apoyo de equipos especializados para obtener los datos necesarios (Equipos topográficos y de laboratorio de suelos)
- Por el papel del observador: participante, debido a que el observador se mantuvo en constante participación con la población.
- Por la cantidad de observadores: grupal, debido a que se trata de dos investigadores.
- Por el lugar donde se realiza: in situ, debido a que todos los estudios se realizaron en el terreno real.

2.4.2. Instrumentos

- Equipo topográfico
 - ✓ Estación total
 - ✓ GPS de mano
 - ✓ Prismas
 - ✓ Wincha de 50 metros
- Equipos de laboratorio de Mecánica de suelos
 - ✓ Tamices
 - ✓ Horno
 - ✓ Balanza electrónica
 - ✓ Espátulas
 - ✓ Bandejas
- Equipo de oficina
 - ✓ Laptop
 - ✓ Marcadores

- ✓ Papel A4
- ✓ Impresora
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Calculadora
- ✓ Memoria USB

2.4.3. Fuentes

- ✓ Manual de Diseño Geométrico de Carreteras vigente (MTC, 2018)
- ✓ Libros de infraestructura vial
- ✓ Repositorios de Tesis
- ✓ Normas publicadas por el MTC

2.4.4. Informantes

- ✓ Los informantes serán los pobladores, así como las autoridades de la Municipalidad Provincial de Santiago de Chuco quienes ayudarán con los datos complementarios necesarios para realizar la investigación.

2.5. Método de análisis de datos

El procesamiento de datos obtenidos en campo, tales como los obtenidos en levantamiento topográfico, serán procesados a través de softwares computacionales como: AutoCAD Civil 3D que permitirá obtener los diseños en planta, perfiles longitudinales y perfiles transversales para posteriormente realizar los planos correspondientes, Microsoft office para redactar el informe y elaborar los cuadros, S10 para elaborar los costos y presupuestos así como la lista de insumos, Hidroesta para determinar precipitaciones máximas según tiempo de retorno, H-canales para determinar las dimensiones de cunetas y alcantarillas, MS Project para elaborar la programación de obras. Obviamente, los resultados arrojados por los softwares serán corroborados por el autor.

2.6. Aspectos éticos

Se garantiza el compromiso del autor para la presentación de resultados reales, la realización del trabajo con brío y responsabilidad en la elaboración de la tesis, la no alteración de los datos obtenidos del levantamiento topográfico como los determinados en el estudio de suelos. Así como las autorizaciones necesarias de la Universidad César Vallejo (ver Anexo 8) y la Municipalidad Provincial de Santiago de Chuco (ver Anexo 8) para la realización de este proyecto de investigación.

III. RESULTADOS

3.1 Levantamiento topográfico

3.1.1 Generalidades

La finalidad de realizar un estudio topográfico es obtener la representación del terreno que se está estudiando de forma digital. Se debe realizar dos puntos importantes, uno de ellos es la planimetría (puntos levantados de manera horizontal), el otro es la altimetría (puntos levantados de manera vertical). Para referenciar los puntos radiados, se utilizó las coordenadas UTM WGS 84.

3.1.2 Ubicación

La vía en diseño une las localidades de El Molle y Quiguir, localizadas en el distrito y provincia de Santiago de Chuco, departamento de la Libertad. La carretera se encuentra sobre los 3000 msnm y con presencia de pendientes elevadas.

3.1.3 Reconocimiento del terreno

El reconocimiento se dio el día 24 de marzo de 2018. Se observó un tramo existente, el cual no cumple con los requerimientos establecidos en la DG-2018, por tal razón es que se diseñó la carretera cumpliendo con lo establecido en la DG-2018. El tramo existente es de aproximadamente 11.4 km, por lo tanto, se programó que el levantamiento se realice en seis días. Los días elegidos fueron del 21 al 26 de abril de 2018.

3.1.4. Metodología de trabajo

3.1.4.1. Personal

- 1 Topógrafo (tesista)
- 1 Asistente de topografía (tesista)
- 3 Prismeros

3.1.4.2. Equipos

- 1 Estación total
- 1 Nivel de ingeniero
- 3 Miras centimetradas
- 3 Primas con su bastón respectivo
- 2 Trípodes de madera y/o aluminio

3.1.4.3. Materiales

- Estacas y pintura
- Cuaderno y lapiceros
- Laptop
- Memoria USB

3.1.5. Procedimiento

3.1.5.1. Levantamiento topográfico de la zona

Se realizó el levantamiento topográfico por toda la superficie del tramo existente. A la misma vez, se determinó los puntos a utilizar como cantera, botadero y fuente de agua. Ésta última será extraída de un río que atraviesa la carretera. Al momento de ubicar nuestras redes de apoyo, se estableció el lugar de la estación y los respectivos Bm's. Las coordenadas estaban referenciadas con UTM WGS 84.

3.1.5.2. Puntos de georreferenciación

La red de apoyo se ubicó en toda la extensión de la carretera, la cual une las localidades de El Molle y Quiguir. A su vez, se utilizó el método de los circuitos cerrados de nivelación para realizar la altimetría.

3.1.5.3. Puntos de estación

Se ubicó 01 estación y 18 Bm's, los cuales fueron ubicado en un costado de la carretera para un posterior replanteo topográfico.

Cuadro 3 – Puntos de estación y Bm's

Descripción	Norte	Este	Elevación
BM-01	9071535.123	792952.290	3573.671
BM-02	9071913.562	793276.005	3571.918
BM-03	9072250.927	793646.921	3572.621
BM-04	9072615.849	793989.407	3603.348
BM-05	9073110.479	794117.855	3614.396
BM-06	9073600.751	794193.641	3594.545
BM-07	9073731.009	794664.861	3556.555
BM-08	9073248.813	794804.417	3568.582
BM-09	9072857.159	795104.487	3577.285
BM-10	9072391.899	794960.054	3569.195
BM-11	9072026.194	794610.173	3561.197

BM-12	9071740.283	795017.243	3564.538
BM-13	9071902.687	795488.903	3531.667
BM-14	9071781.765	795986.093	3507.509
BM-15	9071898.688	796462.411	3448.473
BM-16	9071872.395	796713.170	3494.498
BM-17	9071410.746	796564.476	3549.330
BM-18	9071057.783	796231.857	3585.699
E-01	9071534.322	792969.791	3573.200

3.1.5.4. Toma de detalles y rellenos topográficos

El método utilizado para la toma de puntos fue la radiación. En el levantamiento topográfico se ubicaron las estructuras existentes, como las viviendas y alcantarillas. Para evitar los errores al realizar el trabajo de gabinete, se debe realizar una correcta altimetría y planimetría para obtener una representación del terreno en su mayor similitud.

3.1.4.5. Códigos utilizados en el levantamiento topográfico

- Carreteras : CARR
- Viviendas : VIV
- Terreno Natural : TN
- Calicatas : C-XX
- Bench Mark : BM-XX
- Estación : E-XX

3.1.6. Trabajo de gabinete

3.1.6.1. Procesamiento de la información de campo y dibujo

Los datos registrados en la estación total se trasladaron a una memoria USB para poder pasarlos al computador. Se copiaron en una hoja de Excel y luego fueron importados en el software AutoCAD Civil 3D 2018. Se revisaron los puntos, verificando que no tengan errores como duplicación, puntos de más o puntos faltantes. Finalmente, se procedió a crear la superficie y verificando que nuestros puntos triangulen de una buena manera para que nuestra representación digital de nuestro terreno sea muy acorde al terreno real.

3.1.7. Clasificación de la vía según la topografía del terreno

3.1.7.1. Análisis de pendientes transversales

Se realizó el análisis cada 500 metros a lo largo de la carretera, teniendo como resultado el siguiente cuadro:

Cuadro 4 - Pendiente transversal

Punto	Pendiente	Progresiva	Clase
1	35.79%	Km 0+000.00	Terreno ondulado (tipo 2)
2	51.79%	Km 0+500.00	Terreno accidentado (tipo 3)
3	53.46%	Km 1+000.00	Terreno accidentado (tipo 3)
4	52.48%	Km 1+500.00	Terreno accidentado (tipo 3)
5	51.47%	Km 2+000.00	Terreno accidentado (tipo 3)
6	49.86%	Km 2+500.00	Terreno ondulado (tipo 2)
7	55.48%	Km 3+000.00	Terreno accidentado (tipo 3)
8	35.48%	Km 3+500.00	Terreno ondulado (tipo 2)
9	38.48%	Km 4+000.00	Terreno ondulado (tipo 2)
10	41.48%	Km 4+500.00	Terreno ondulado (tipo 2)
11	54.14%	Km 5+000.00	Terreno accidentado (tipo 3)
12	51.48%	Km 5+500.00	Terreno accidentado (tipo 3)
13	53.48%	Km 6+000.00	Terreno accidentado (tipo 3)
14	53.14%	Km 6+500.00	Terreno accidentado (tipo 3)
15	54.89%	Km 7+000.00	Terreno accidentado (tipo 3)
16	65.65%	Km 7+500.00	Terreno accidentado (tipo 3)
17	54.17%	Km 8+000.00	Terreno accidentado (tipo 3)
18	50.48%	Km 8+500.00	Terreno accidentado (tipo 3)
19	19.48%	Km 9+000.00	Terreno ondulado (tipo 2)
20	16.48%	Km 9+500.00	Terreno ondulado (tipo 2)
21	23.58%	Km 10+000.00	Terreno ondulado (tipo 2)
22	35.47%	Km 10+500.00	Terreno ondulado (tipo 2)
23	45.48%	Km 11+000.00	Terreno ondulado (tipo 2)
24	11.48%	Km 11+395.89	Terreno ondulado (tipo 2)

Los resultados arrojan que un 54.17 % de la zona posee un terreno accidentado (tipo3); y un 45.83 %, clasifica como terreno ondulado.

3.1.7.2. Análisis de pendientes longitudinales

Cuadro 5 - Pendiente longitudinal

Tramo	Pendiente	Inicio	Final	Clase
1	-0.13%	Km 0+000	Km 1+230	Terreno plano (tipo 1)
2	4.78%	Km 1+230	Km 2+150	Terreno ondulado (tipo 2)
3	-2.89%	Km 2+150	Km 3+360	Terreno plano (tipo 1)
4	-7.87%	Km 3+360	Km 3+970	Terreno accidentado (tipo 3)
5	7.85%	Km 3+970	Km 4+505	Terreno accidentado (tipo 3)
6	1.34%	Km 4+505	Km 5+100	Terreno plano (tipo 1)
7	-2.91%	Km 5+100	Km 5+960	Terreno plano (tipo 1)
8	3.55%	Km 5+960	Km 6+495	Terreno ondulado (tipo 2)
9	-5.71%	Km 6+495	Km 8+700	Terreno ondulado (tipo 2)
10	6.31%	Km 8+700	Km 10+000	Terreno accidentado (tipo 3)
11	6.67%	Km 10+000	Km 10+930	Terreno accidentado (tipo 3)
12	7.54%	Km 10+930	Km 11+759	Terreno accidentado (tipo 3)

Se puede observar que el 35.75 % de la carretera tiene un terreno accidentado (tipo 3); sin embargo, un 33.12 % clasifica como un terreno plano (tipo 1).

3.2. Estudio de mecánica de suelos y cantera

3.2.1. Estudio de suelos

3.2.1.1. Alcance

La finalidad de realizar un estudio de mecánica de suelos es conocer las características y propiedades del suelo donde se realizará la carretera. Así mismo, se da a conocer el tipo de suelo y el contenido de humedad óptimo para compactación, datos primordiales para la construcción de una carretera.

3.2.1.2. Objetivos

- Realizar las diferentes calicatas en toda la extensión de la vía.
- Extraer muestras del suelo de cada una de las calicatas para luego analizarlas.
- Efectuar los ensayos necesarios en un laboratorio totalmente equipado.

3.2.1.3. Descripción del proyecto

El proyecto de investigación toma lugar en la provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad. Consiste básicamente en el mejoramiento de la carretera entre las localidades de El Molle – Quiguir. En la zona de estudio se

cuenta con terrenos agrícolas, por ende, es posible encontrar suelos arenosos y con material orgánico.

3.2.1.3.1. Trabajo de campo

a. Excavaciones

Las calicatas se efectuaron a lo largo del tramo de carretera existente. En total fueron 12 calicatas realizadas a una profundidad de 1.5 m. Se debe lograr observar los estratos del terreno.

b. Toma y transporte de muestras

Las muestras que se sacan de las calicatas se ponen en bolsas herméticas para evitar la pérdida de su contenido de humedad natural. Luego estas muestras son las que se utilizan para realizar los diferentes ensayos básicos en los laboratorios. Se recomienda llevar material extra en un saco para los ensayos de Proctor modificado y CBR. Cabe señalar que cada bolsa hermética debe estar registrada con el nombre de los investigadores, así mismo, incluir información sobre la profundidad y el número de la calicata.

3.2.1.4. Descripción de los trabajos

Calicata N°1: Ubicado en la progresiva 1+000, en el eje de la carretera.

Habiendo encontrado los siguientes resultados:

Contenido de humedad:	6.92 %
Límite líquido:	24
Límite plástico:	23
Índice de plasticidad:	1
CBR (95 %):	12.46 %
Clasificación SUCS:	SM, Arena limosa.
Clasificación AASHTO:	A-4 (0), Suelo limoso. Regular a malo. Con un 39.13% de finos.
Nivel Freático:	A la fecha no se encontró presencia de agua

Calicata N°2: Ubicado en la progresiva 2+000, en el eje de la carretera.

Habiendo encontrado los siguientes resultados:

Contenido de humedad:	6.96 %
Límite líquido:	24
Límite plástico:	23
Índice de plasticidad:	1
Clasificación SUCS:	SM, Arena limosa.
Clasificación AASHTO:	A-4 (0), Suelo limoso. Regular a malo. Con un 40.80% de finos.
Nivel freático:	A la fecha no se encontró presencia de agua

Calicata N°3: Ubicado en la progresiva 3+000, en el eje de la carretera.

Habiendo encontrado los siguientes resultados:

Contenido de humedad:	6.70 %
Límite líquido:	22
Límite plástico:	15
Índice de plasticidad:	7
Clasificación SUCS:	SM-SC, Arena limo-arcillosa.
Clasificación AASHTO:	A-4 (0), Suelos limosos. Regular a malo. Con un 36.58% de finos.
Nivel freático:	A la fecha no se encontró presencia de agua

Calicata N°4: Ubicado en la progresiva 4+000, en el eje de la carretera.

Habiendo encontrado los siguientes resultados:

Contenido de humedad:	6.62 %
Límite líquido:	19
Límite plástico:	13
Índice de plasticidad:	6
CBR (95 %):	10.21 %
Clasificación SUCS:	SM-SC, Arena limo-arcillosa.
Clasificación AASHTO:	A-4 (0), Suelos limosos. Regular a malo. Con un 40.34% de finos.
Nivel freático:	A la fecha no se encontró presencia de agua

Calicata N°5: Ubicado en la progresiva 5+000, en el eje de la carretera.

Habiendo encontrado los siguientes resultados:

Contenido de humedad:	6.76 %
Límite líquido:	25
Límite plástico:	12
Índice de plasticidad:	13
Clasificación SUCS:	SC, Arena arcillosa.
Clasificación AASHTO:	A-6 (0), Suelos arcillosos. Regular a malo. Con un 39.28% de finos.
Nivel freático:	A la fecha no se encontró presencia de agua

Calicata N°6: Ubicado en la progresiva 6+000, en el eje de la carretera.

Habiendo encontrado los siguientes resultados:

Contenido de humedad:	30.53 %
Límite líquido:	46
Límite plástico:	35
Índice de plasticidad:	11
Clasificación SUCS:	CL, Arcilla ligera arenosa.
Clasificación AASHTO:	A-7-5 (6), Suelos arcillosos. Regular a malo. Con un 59.32% de finos.
Nivel freático:	A la fecha no se encontró presencia de agua

Calicata N°7: Ubicado en la progresiva 7+000, en el eje de la carretera.

Habiendo encontrado los siguientes resultados:

Contenido de humedad:	6.92 %
Límite líquido:	24
Límite plástico:	23
Índice de plasticidad:	1
CBR (95 %):	12.46 %
Clasificación SUCS:	SM, Arena limosa con grava.
Clasificación AASHTO:	A-4 (0), Material limo arcilloso. Suelo limoso. Pobre a malo como subgrado. Con un 39.13 % de finos.
Nivel freático:	A la fecha no se encontró presencia de agua

Calicata N°8: Ubicado en la progresiva 8+000, en el eje de la carretera.

Habiendo encontrado los siguientes resultados:

Contenido de humedad:	30.04 %
Límite líquido:	36
Límite plástico:	21
Índice de plasticidad:	15
Clasificación SUCS:	CL, Arcilla ligera arenosa.
Clasificación AASHTO:	A-6 (6), Suelos arcillosos. Regular a malo. Con un 56.53% de finos.
Nivel freático:	A la fecha no se encontró presencia de agua

Calicata N°9: Ubicado en la progresiva 9+000, en el eje de la carretera.

Habiendo encontrado los siguientes resultados:

Contenido de humedad:	26.90 %
Límite líquido:	38
Límite plástico:	22
Índice de plasticidad:	16
Clasificación SUCS:	SC, Arena arcillosa.
Clasificación AASHTO:	A-6 (3), Suelos arcillosos. Regular a malo. Con un 43.25% de finos.
Nivel freático:	A la fecha no se encontró presencia de agua

Calicata N°10: Ubicado en la progresiva 10+000, en el eje de la carretera.

Habiendo encontrado los siguientes resultados:

Contenido de humedad:	21.39 %
Límite líquido:	36
Límite plástico:	22
Índice de plasticidad:	14
CBR (95 %):	7.31 %
Clasificación SUCS:	SC, Arena arcillosa.
Clasificación AASHTO:	A-6 (3), Suelos arcillosos. Regular a malo. Con un 45.45% de finos.
Nivel freático:	A la fecha no se encontró presencia de agua

Calicata N°11: Ubicado en la progresiva 10+000, en el eje de la carretera.

Habiendo encontrado los siguientes resultados:

Contenido de humedad:	11.14 %
Límite líquido:	36
Límite plástico:	25
Índice de plasticidad:	11
Clasificación SUCS:	SC, Arena arcillosa.
Clasificación AASHTO:	A-6 (2), Suelos arcillosos. Regular a malo. Con un 46.80 % de finos.
Nivel freático:	A la fecha no se encontró presencia de agua

Calicata N°12: Ubicado en la progresiva 10+000, en el eje de la carretera.

Habiendo encontrado los siguientes resultados:

Contenido de humedad:	14.91 %
Límite líquido:	41
Límite plástico:	23
Índice de plasticidad:	18
Clasificación SUCS:	SC, Arena arcillosa.
Clasificación AASHTO:	A-7-6 (6), Suelos arcillosos. Regular a malo. Con un 48.91 % de finos.
Nivel freático:	A la fecha no se encontró presencia de agua

3.2.1.5. Resultados de los ensayos de laboratorio

Cuadro 6 – Resumen de resultados de estudio de suelos

Ensayos	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	C-10	C-11	C-12
Granulometría	SUCS	SM	SM	SM-SC	SM-SC	SC	CL	SM	CL	SC	SC	SC
	AASHTO	A-4(0)	A-4(0)	A-4(0)	A-6(0)	A-6(0)	A-7-5-(6)	A-4(0)	A-6(6)	A-6(3)	A-6(3)	A-6(2)
Contenido de humedad	6.92%	6.96%	6.70%	6.62%	6.76%	30.53%	17.14%	30.04%	26.90%	21.39%	11.14%	14.91%
Límite Líquido	24	24	22	19	15	46	24	36	38	36	36	41
Límite plástico	23	23	15	13	12	35	23	21	22	22	25	23
Índice de plasticidad	1	1	7	6	13	11	1	15	16	14	11	18
CBR (95%)	12.46%	-	-	10.21%	-	-	12.46%	-	-	7.31%	-	-

3.2.1.6. Perfil Estratigráfico.

El perfil estratigráfico se muestra en el Anexo 2.

3.2.2. Estudio de cantera

3.2.2.1. Identificación de cantera

La cantera es el lugar cuyo terreno cumple con las características cumplen con lo establecido en las normas para ser utilizado en las capas de base y subbase del pavimento. En la zona de trabajo se ha identificado una cantera, ubicada en el km 10+000.

Cantera 1:

-Ubicación: ubicada a un costado de la carretera, aproximadamente en el Km 10+000.

-Área total: 12.5 hectáreas.

3.2.2.2. Evaluación de las características de la cantera

Cuadro 7 – Requerimientos de ensayos especiales para Subbase granular

Ensayos	Cantera 1	Especificación técnica
Límite líquido	NP	25 % máx
Índice de plasticidad	0	4 % máx
CBR (100%)	82.84%	40 % mín

Cuadro 8 – Requerimientos de granulometría para Subbase granular

Tamiz	Porcentaje que pasa	
	Cantera 1	Especificación Técnica
1"	76.26	-
3/8"	28.38	30-65
N°4	21.25	25-55
N°10	17.82	15-40
N°40	15.34	8-20
N°200	11.40	2-8

Cuadro 9 – Requerimientos de ensayos especiales para Base granular

Ensayos	Cantera 1	Especificación técnica
Límite líquido	NP	25 % máx
Índice de plasticidad	0	2 % mín
CBR (100%)	82.84%	80 % mín

Cuadro 10 – Requerimientos de granulometría para Base granular

Tamiz	Porcentaje que pasa	
	Cantera 1	Especificación Técnica
1"	76.26	-
3/8"	28.38	30-65
N°4	21.25	25-55
N°10	17.82	15-40
N°40	15.34	8-20
N°200	11.40	2-8

3.2.3. Estudio de fuente de agua

3.2.3.1. Ubicación

Es de suma importancia localizar una fuente de agua cerca de la carretera, para evitar gastos mayores en transporte. La fuente utilizada para este proyecto es el río Hushquis el cual está situado en la progresiva 8 + 640 y fue elegido porque cuenta con agua permanente.

3.3. Estudio hidrológico y obras de arte

3.3.1. Hidrología

3.3.1.1. Generalidades

El presente estudio brinda la información hidrológica disponible para ser usada en los cálculos subsiguientes. La importancia del estudio hidrológico radica en obtener los máximos caudales en un tiempo de retorno en específico, considerando el tipo de obra de arte que va a diseñar.

3.3.1.2. Objetivos del estudio

Un estudio hidrológico y obras de arte tiene como objetivo general determinar los requerimientos necesarios para el diseño del sistema de drenaje de la vía.

3.3.1.3. Estudios hidrológicos

Durante el estudio hidrológico se busca obtener los máximos caudales para diferentes tiempos de retorno, esto en base a la obra de arte que se requiera utilizar. No obstante, se torna complicado realizar un estudio hidrológico con exactitud debido a los factores que intervienen durante un ciclo hidrológico; es por ello, que es necesario utilizar la probabilidad y la estadística.

3.3.2. Información hidrometeorológica y cartográfica

3.3.2.1. Información pluviométrica

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) es el organismo que administra la base de datos de las estaciones meteorológicas en el Perú. En el presente estudio se consideró los datos de las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Huacamarcanga (UTM WGS84 17S E: 798501.641 N: 9099886.987). Dicha estación cuenta con datos desde el año 1971 hasta el 2014 y es la que se encuentra más cercana al proyecto.

3.3.2.2. Precipitaciones máximas en 24 horas

El SENAMHI cuenta con información pluviométrica disponible, la que corresponde a la estación Huacamarcanga es la siguiente:

Cuadro 11 - Información pluviométrica
ESTACIÓN HUACAMARCANGA
Dep.: LA LIBERTAD, Prov.: SANTIAGO DE CHUCO, Dist.: QUIRUVILCA

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1971	16.48	18.05	23.85	15.18	9.20	22.00	3.00	5.00	5.00	16.00	27.00	41.00
1972	28.00	27.00	28.00	18.00	15.00	6.00	1.00	16.00	7.00	4.00	12.00	27.00
1973	40.00	22.00	28.00	18.00	6.00	7.00	15.00	17.00	18.00	26.00	23.00	14.00
1974	13.00	20.00	47.00	23.00	7.00	9.00	4.00	2.00	7.00	6.00	22.00	17.00
1975	14.00	38.00	40.00	20.00	6.00	6.00	0.00	10.00	18.00	23.00	7.00	8.00
1976	11.00	23.00	35.00	12.00	4.00	4.00	5.00	2.00	5.00	3.00	5.00	7.00
1977	22.00	44.00	12.00	10.00	5.00	6.00	5.10	2.00	0.00	8.00	14.00	19.00
1978	6.00	9.00	15.00	11.40	14.20	4.10	6.90	5.80	12.70	5.60	5.30	10.90
1979	16.20	14.80	17.10	5.10	7.40	3.50	3.10	5.10	5.60	10.70	6.50	4.60
1980	4.20	5.80	5.60	2.50	2.50	0.00	1.20	0.00	0.00	18.10	17.20	9.50
1981	13.50	10.30	60.10	3.40	3.80	3.10	0.00	5.10	3.80	8.40	12.40	10.10
1982	15.90	12.40	8.90	5.60	5.80	4.80	4.00	5.70	4.00	6.10	7.40	16.30
1983	13.10	12.40	15.50	20.40	8.30	9.10	4.30	3.50	2.50	9.70	7.80	5.80
1984	19.70	28.10	13.50	12.10	5.90	3.20	5.70	7.60	2.30	5.30	13.20	6.40
1985	12.40	S/D	18.70	7.90	9.10	6.90	3.70	8.50	9.40	13.40	9.70	10.30
1986	18.10	22.80	17.10	12.40	8.10	7.90	4.50	6.70	5.00	3.50	11.50	8.60
1987	14.90	12.80	10.40	11.40	12.10	6.70	4.50	6.10	8.50	3.40	5.30	12.30
1988	11.50	16.40	16.60	7.10	10.10	7.80	4.60	4.50	9.30	12.40	10.10	10.10
1989	16.00	18.20	16.90	12.70	5.80	0.00	0.00	0.00	1.40	8.10	10.50	12.60
1990	3.80	4.30	5.50	8.60	2.40	1.70	0.00	3.70	2.40	8.50	9.70	0.00
1991	4.10	4.00	7.80	1.40	3.40	1.90	0.00	2.40	2.40	9.80	11.40	6.00
1992	3.50	4.20	5.90	3.90	3.40	1.80	0.00	0.00	5.60	5.30	5.60	3.80
1993	13.60	14.20	21.90	18.60	4.20	2.80	1.70	1.60	1.60	6.60	8.70	7.40
1994	6.30	7.80	10.50	6.30	4.50	4.10	4.40	1.90	8.70	14.80	4.30	5.40
1995	8.50	9.90	12.10	7.10	8.90	10.90	4.70	2.40	1.60	2.10	3.60	5.80
1996	11.20	6.80	8.60	6.00	3.80	2.40	1.90	2.70	2.40	5.80	5.60	4.10
1997	2.40	14.30	3.90	4.60	2.90	24.60	0.10	3.40	5.90	9.20	16.40	11.70
1998	23.10	18.20	14.20	14.10	4.40	6.00	0.00	1.70	9.60	15.80	21.10	19.90

1999	13.50	24.50	16.30	17.70	13.00	9.30	2.80	7.90	12.90	10.00	18.70	30.40
2000	23.70	21.40	40.30	18.60	16.90	4.30	3.60	4.10	3.80	10.40	9.00	20.50
2001	19.70	19.90	32.40	11.30	8.80	5.70	3.80	0.00	11.40	26.20	22.70	24.50
2002	3.70	20.80	26.70	22.90	13.90	5.30	8.90	0.00	0.00	10.80	11.70	15.50
2003	17.70	24.90	16.60	19.10	8.30	8.90	8.50	3.10	7.80	18.90	9.20	23.30
2004	8.90	13.10	11.80	12.30	14.20	3.60	6.30	6.90	11.90	19.80	26.30	14.00
2005	8.60	26.70	25.90	10.90	8.30	3.20	1.90	2.60	8.90	18.50	18.10	24.80
2006	24.90	27.90	40.80	15.90	1.40	9.30	0.40	4.20	14.90	9.50	14.30	18.30
2007	28.30	41.00	28.70	25.50	21.40	5.10	8.10	5.10	7.50	30.90	15.60	20.80
2008	36.90	27.00	37.70	26.00	6.80	7.50	0.60	1.40	15.20	15.60	16.30	6.60
2009	33.80	20.10	31.20	34.50	12.50	14.30	5.80	5.10	15.30	24.50	80.50	19.10
2010	20.60	27.20	30.20	53.20	53.30	6.90	8.40	1.80	10.10	8.00	11.80	18.90
2011	17.90	16.40	33.80	32.10	10.20	4.20	8.50	0.90	6.90	15.90	18.10	29.10
2012	32.70	89.80	72.10	43.90	13.60	8.10	1.40	7.40	8.50	14.50	13.30	18.40
2013	30.30	25.30	61.30	10.20	9.70	14.10	7.30	10.80	4.60	26.40	10.00	50.80
2014	21.60	29.30	23.85	15.18	9.20	6.58	3.83	4.50	7.08	12.29	14.16	15.11

Con la serie de datos de la estación de Huacamarcanga, se puso obtener la precipitación máxima por año, tal y como se detalla a continuación:

Cuadro 12 - Precipitación máxima por año

Año	Anual
1971	41.00
1972	28.00
1973	40.00
1974	47.00
1975	40.00
1976	35.00
1977	44.00
1978	15.00
1979	17.10
1980	18.10
1981	60.10
1982	16.30
1983	20.40
1984	28.10
1985	18.70
1986	22.80
1987	14.90
1988	16.60
1989	18.20
1990	9.70
1991	11.40
1992	5.90
1993	21.90
1994	14.80
1995	12.10
1996	11.20
1997	24.60
1998	23.10
1999	30.40

2000	40.30
2001	32.40
2002	26.70
2003	24.90
2004	26.30
2005	26.70
2006	40.80
2007	41.00
2008	37.70
2009	80.50
2010	53.30
2011	33.80
2012	89.80
2013	61.30
2014	29.30

3.3.2.3. Análisis estadísticos de datos hidrológicos

Los datos obtenidos de las estaciones, deben ser analizados estadísticamente para saber si son datos confiables o consistentes, también para saber si la cantidad de años que se tiene es la suficiente para utilizar en el proyecto.

3.3.2.3.1. Cálculo de la longitud adecuada de la serie de datos

Mediante este método, se obtiene los años necesarios con los cuales se puede trabajar tranquilamente. Según el análisis, se obtuvo que 23 años son los suficientes para poder trabajar, nosotros contamos con 44 años, es decir, tenemos los datos necesarios.

$$Y_m = (4.30 \cdot \tau \cdot \log R)^2 + 6$$

$$R = \frac{Tr_{50}}{Tr_2}$$

Cuadro 13 – Datos mínimos deseables para la serie

Descripción		Valor
n :	Grados de libertad (datos -6).	38 años
$\tau_{(0.05,n)}$:	T-student al 95%.	2.024
Tr_2 :	Precipitación para un tiempo de retorno de 2 años según Gumbel.	27.92
Tr_{50} :	Precipitación para un tiempo de retorno de 50 años según Gumbel.	82.96
R :	Relación de caudales.	2.972
Y_m :	Longitud adecuada de registros.	23 años

3.3.2.3.2. Prueba de datos dudosos

Esta prueba permite conocer el límite que existe para los datos más altos y bajos. En caso se registren datos por debajo o encima de los límites, serán considerados como datos faltantes o dudosos.

$$Y_{sup} = \overline{X_{\log PMA}} + Kn \cdot \sigma_{\log PMA}$$

$$Y_{inf} = \overline{X_{\log PMA}} - Kn \cdot \sigma_{\log PMA}$$

$$L_{sup} = 10^{(Y_{sup})}$$

$$L_{inf} = 10^{(Y_{inf})}$$

Cuadro 14 - Prueba de datos dudosos

Descripción		Valor
$PMA_{m\acute{a}x}$:	Máximo valor de las precipitaciones máximas anuales.	89.80 mm
$PMA_{m\acute{i}n}$:	Mínimo valor de las precipitaciones máximas anuales.	5.90 mm
Kn :	Coficiente para datos dudosos.	2.719
$\overline{X_{\log PMA}}$:	Media de los valores de los logaritmos de PMA.	1.42
$\sigma_{\log PMA}$:	Desviación estándar de los logaritmos de PMA.	0.25
Y_{sup} :	Umbral de dato dudoso alto.	2.097
Y_{inf} :	Umbral de dato dudoso bajo.	0.743
L_{sup} :	Límite máximo superior.	124.93 mm
L_{inf} :	Límite mínimo inferior.	5.53 mm

Se observa que no existen datos dudosos debido a que nuestra serie de datos se encuentra dentro de los límites establecidos.

3.3.2.3.3. Análisis de consistencia de datos

Este análisis nos permite conocer si los datos de las precipitaciones máximas en 24 horas tienen o no consistencia. El análisis se realiza de manera visual y si los datos no tienen consistencia se procede a corregirlos. A continuación, en el primer gráfico se observa que los datos actuales no tienen una sola consistencia, se los corrigió y ya en el segundo gráfico se muestra los datos corregidos.

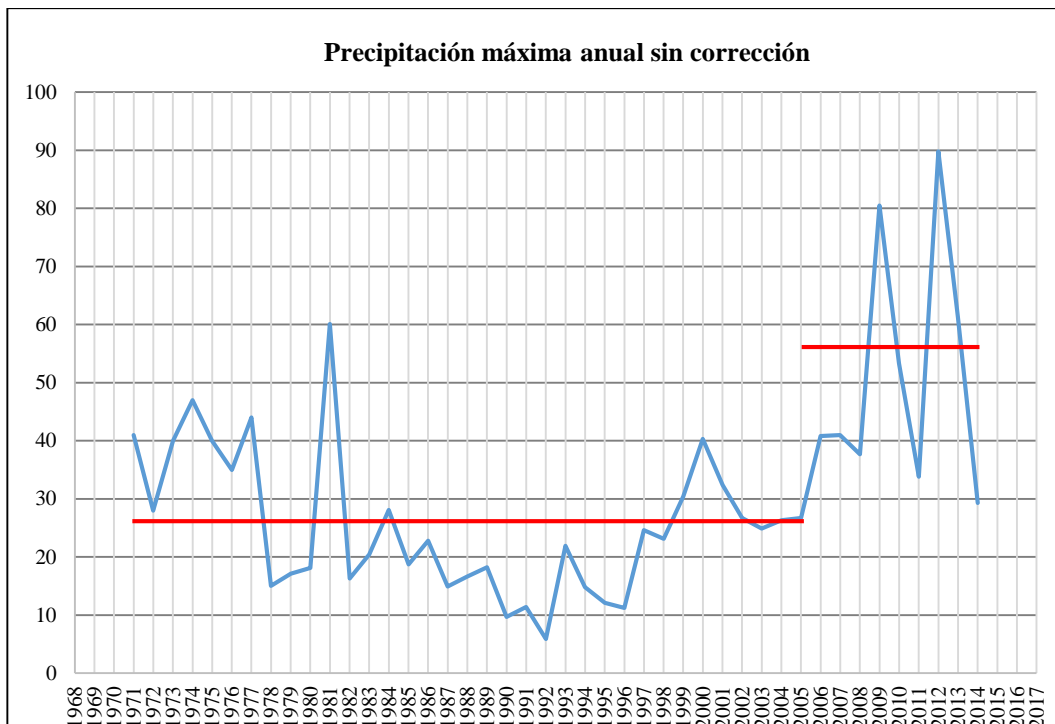


Figura 4 – Precipitación máxima anual sin corrección

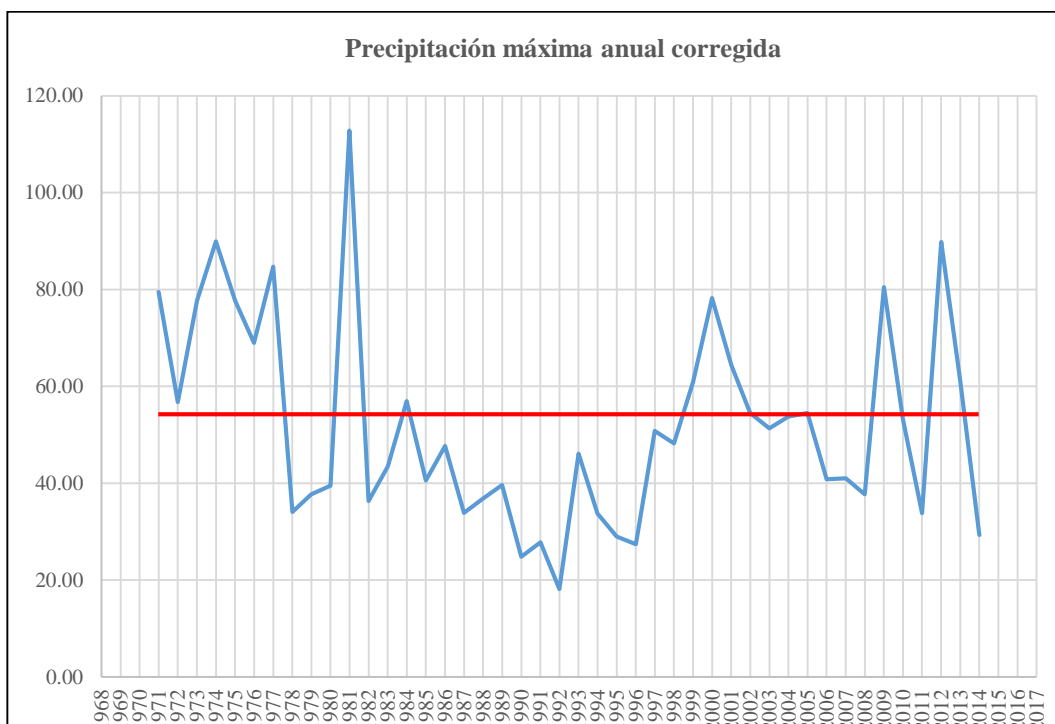


Figura 5 – Precipitación máxima anual corregida

3.3.2.3.4. Análisis de tendencia

Mediante este análisis, se conoce la tendencia de nuestra serie de datos; la cual no tuvo problemas y se aseguró que los datos son los adecuados. A continuación, se muestran los datos corregidos y los que usaran para

determinar las funciones de distribución de probabilidad en el programa Hidroesta.

Cuadro 15 – Datos corregidos

Año	Anual
1971	79.45
1972	56.75
1973	77.71
1974	89.93
1975	77.71
1976	68.98
1977	84.69
1978	34.05
1979	37.71
1980	39.46
1981	112.81
1982	36.32
1983	43.48
1984	56.92
1985	40.51
1986	47.67
1987	33.87
1988	36.84
1989	39.63
1990	24.79
1991	27.76
1992	18.15
1993	46.10
1994	33.70
1995	28.98
1996	27.41
1997	50.81
1998	48.19
1999	60.94
2000	78.23
2001	64.43
2002	54.48
2003	51.34
2004	53.78
2005	54.48
2006	40.80
2007	41.00
2008	37.70
2009	80.5
2010	53.3
2011	33.8
2012	89.8
2013	61.3
2014	29.3

3.3.2.3.5. Funciones de distribución de probabilidad

Estas funciones nos permiten conocer la probabilidad con la que puede volver a ocurrir cualquier suceso en un determinado periodo de tiempo. Con la serie de datos hidrológicos se utilizan las diferentes funciones de distribución en distintos tiempos de retorno, para identificar la función más eficiente para la serie de datos, a través de la prueba de bondad de ajuste. Las funciones que se utilizaron fueron:

A. Distribución Normal

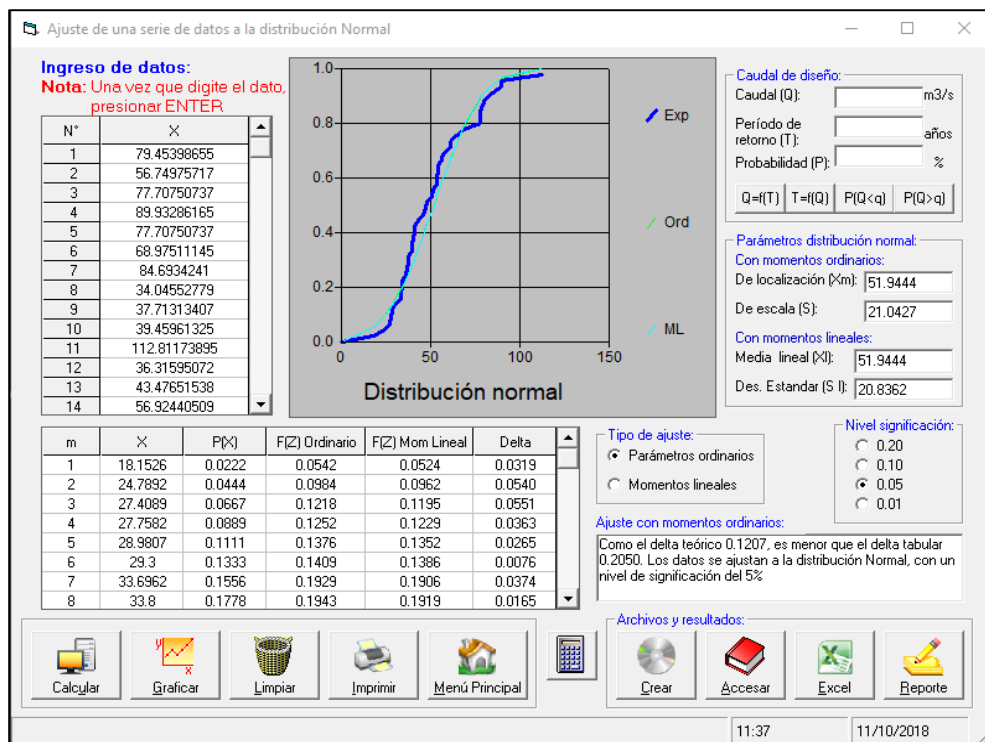


Figura 6 – Ajuste de la serie a la distribución Normal

B. Distribución log-Normal 2 parámetros

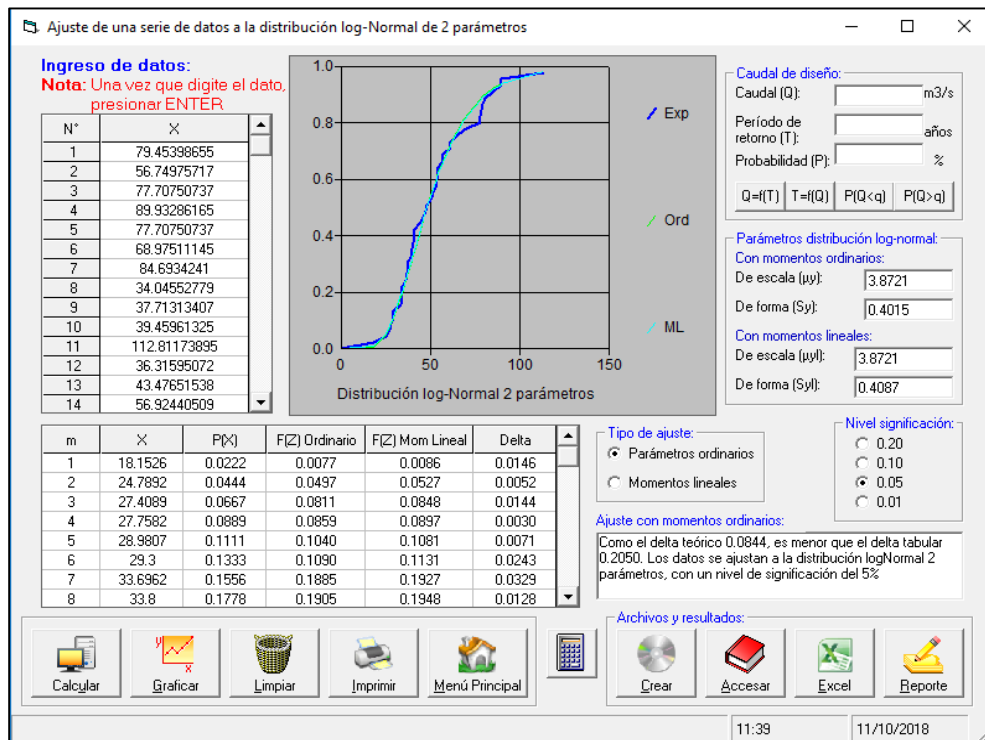


Figura 7 – Ajuste de la serie a la distribución log-Normal 2 parámetros

C. Distribución log-Normal 3 parámetros

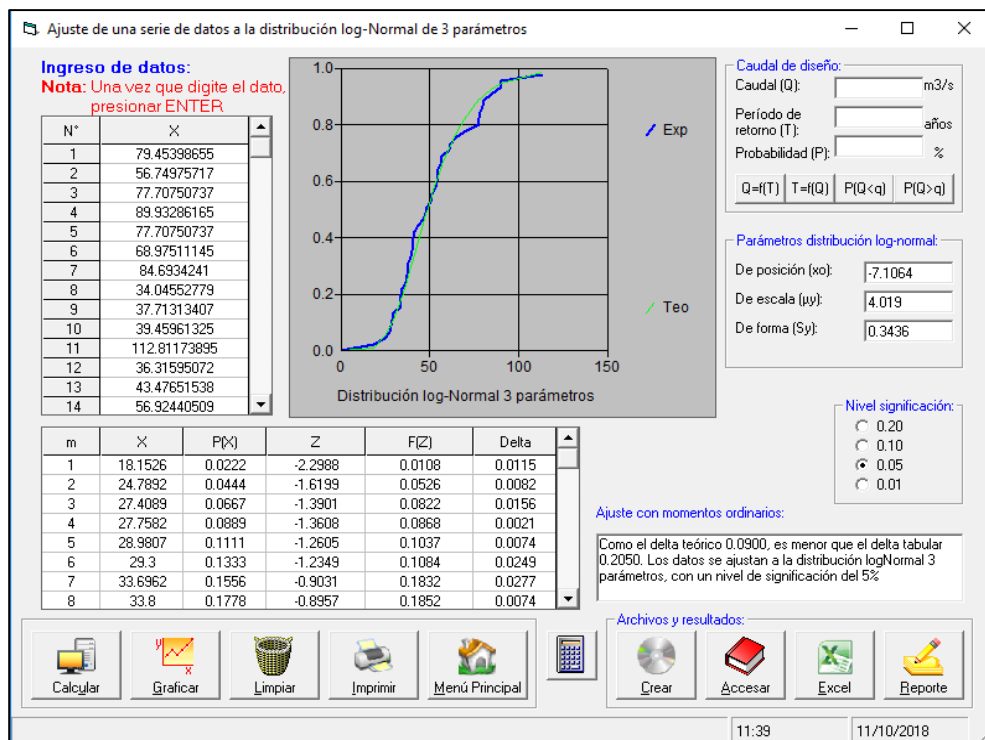


Figura 8 – Ajuste de la serie a la distribución log-Normal 3 parámetros

D. Distribución Gamma 2 parámetros

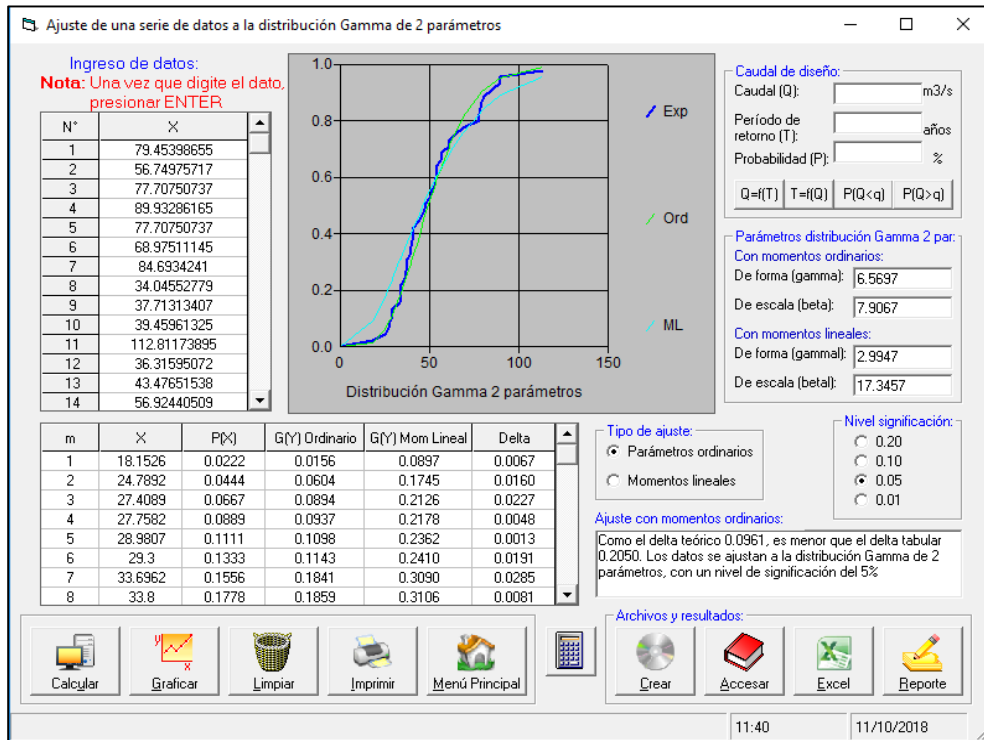


Figura 9 – Ajuste de la serie a la distribución Gamma 2 parámetros

E. Distribución Gamma 3 parámetros

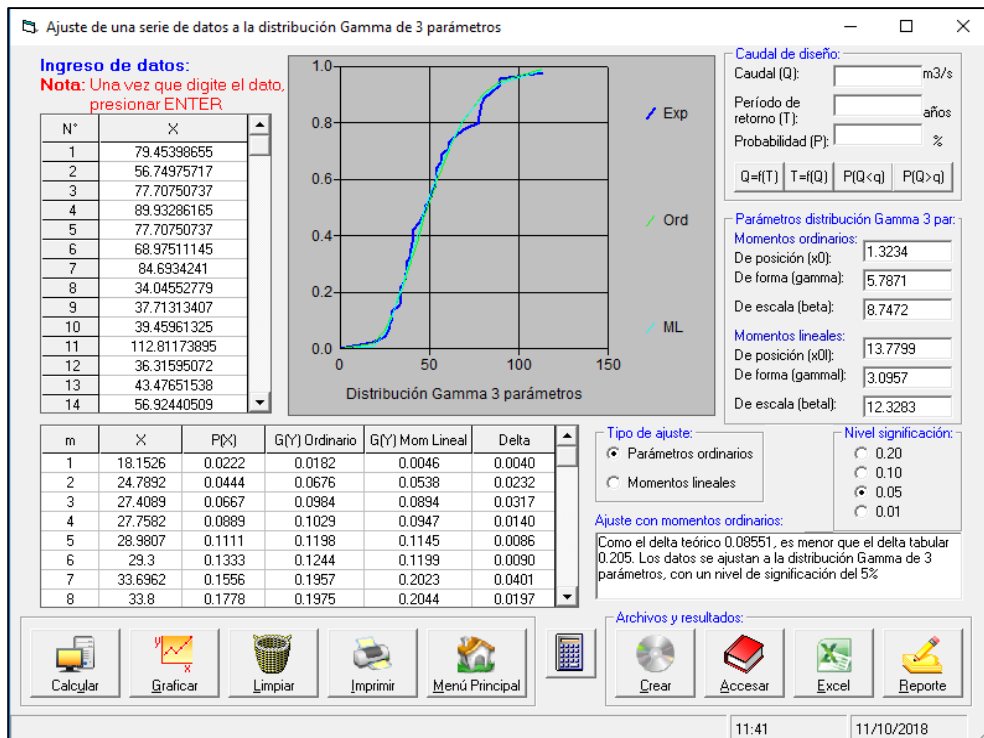


Figura 10 – Ajuste de la serie a la distribución Gamma de 3 parámetros

F. Distribución de Gumbel

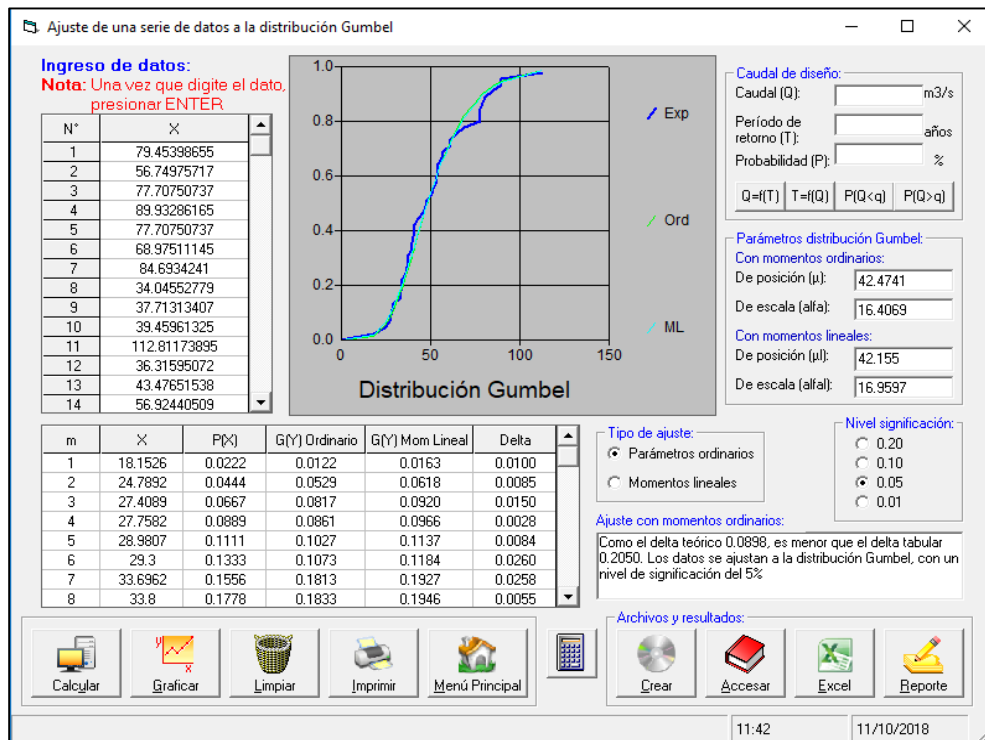


Figura 11 – Ajuste de la serie a la distribución Gumbel

G. Distribución log-Gumbel

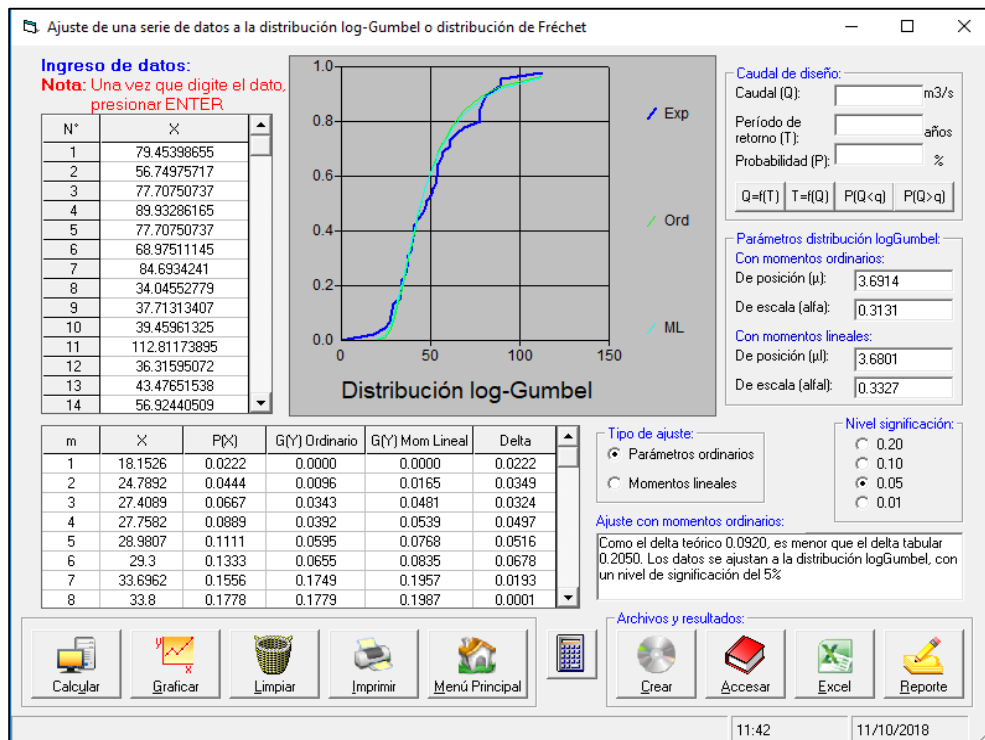


Figura 12 – Ajuste de la serie a la distribución log-Gumbel

3.3.2.3.6. Prueba de Kolmogorov-Smirnov

También conocida como prueba de bondad de ajuste y es la que determina cuál de las funciones anteriormente aplicadas es la adecuada para nuestro proyecto. La función más adecuada es la que posee el menor valor absoluto del delta teórico comparado con todas las demás funciones que se ajustan a la serie de datos hidrológicos.

Cuadro 16 - Prueba de bondad de ajuste

FDP	Normal	Log-Normal 2	Log-Normal 3	Gamma 2	Gamma 3	Gumbel	Log-Gumbel
Delta teórico	0.1207	0.0844	0.0900	0.0961	0.0855	0.0898	0.0920
Delta tabular	0.2050	0.2050	0.2050	0.2050	0.2050	0.2050	0.2050

Se observa que, según la prueba de bondad de ajuste, la función más adecuada es la de Log-Normal 2.

3.3.2.4. Curvas de intensidad – duración – frecuencia

3.3.2.4.1. Intensidad de lluvia

Para determinar la máxima lluvia en función al tiempo de retorno se usó el método de Frederick Bell, mediante la siguiente expresión:

$$I = aP_{24}^b$$

$$P_{60}^{10} = a(P_{(T=10)})^b$$

Donde:

- I : Intensidad máxima (mm/h)
- a, b : Parámetros de modelo (a=0.460 y b=0.876)
- P_{24} : Precipitación máxima en 24 horas
- P_{60}^{10} : Intensidad máxima para T=10 años y t=60 min.
- $P_{(T=10)}$: Precipitación máxima para T=10 años.

Cuadro 17 – Cálculo de intensidad máxima para T=10 y t=60

a	0.4602
b	0.8760
$P_{(T=10)}$	80.38
$P_{(10,60)}$	21.47

Cabe agregar que, el método Bell contiene la siguiente ecuación para poder calcular intensidades en distintos tiempos de retorno y concentración.

$$P_t^T = (0.21 \log_e T) \cdot (0.54t^{0.25} - 0.50) \cdot P_{60}^{10}$$

Cuadro 18 – Precipitación máxima para diferentes T y t

Lluvias máximas para diferentes duraciones y tiempo de retorno(mm)							
Tr	Pp	Duración					
		5	10	15	20	30	60
500	152.61	7.175	10.740	13.131	14.980	17.823	23.402
300	142.83	6.868	10.280	12.568	14.338	17.059	22.399
100	122.29	6.206	9.290	11.357	12.957	15.415	20.242
50	109.61	5.789	8.665	10.593	12.085	14.379	18.880
25	97.05	5.371	8.040	9.830	11.214	13.342	17.519
20	93.01	5.237	7.839	9.584	10.933	13.008	17.081
10	80.38	4.820	7.214	8.820	10.062	11.972	15.720
5	67.36	4.402	6.590	8.056	9.191	10.935	14.358
2	48.05	3.850	5.764	7.047	8.039	9.564	12.559

3.3.2.4.2. Curvas IDF

Representa a un gráfico en el cual se muestra la precipitación, duración y frecuencia. Para determinar su cálculo, es necesario contar con las características de la zona y se calcula con la siguiente expresión:

$$I = \frac{kT^m}{t^n}$$

Donde:

- I : Intensidad máxima (mm/h)
- k, m, n : Factores característicos de la zona
- T : Periodo de retorno (años)
- t : Duración de la precipitación (tiempo de concentración)

Se realizó un análisis de regresión múltiple, con la finalidad de obtener los valores de k, m, n .

$$I = \frac{108.88 \cdot T^{0.111}}{t^{0.527}}$$

Cuadro 19 - Intensidades máximas según tiempo de retorno y duración

Intensidades máximas según tiempo de retorno y duración						
Tr	Duración					
	5	10	15	20	30	60
500	92.864	64.455	52.058	44.737	36.133	25.079
300	87.753	60.908	49.193	42.275	34.144	23.699
100	77.693	53.926	43.554	37.429	30.230	20.982
50	71.949	49.938	40.333	34.661	27.995	19.431
25	66.628	46.246	37.351	32.098	25.925	17.994
20	65.001	45.116	36.439	31.314	25.291	17.554
10	60.195	41.780	33.744	28.999	23.421	16.256
5	55.744	38.691	31.249	26.855	21.689	15.054
2	50.361	34.955	28.232	24.261	19.595	13.601

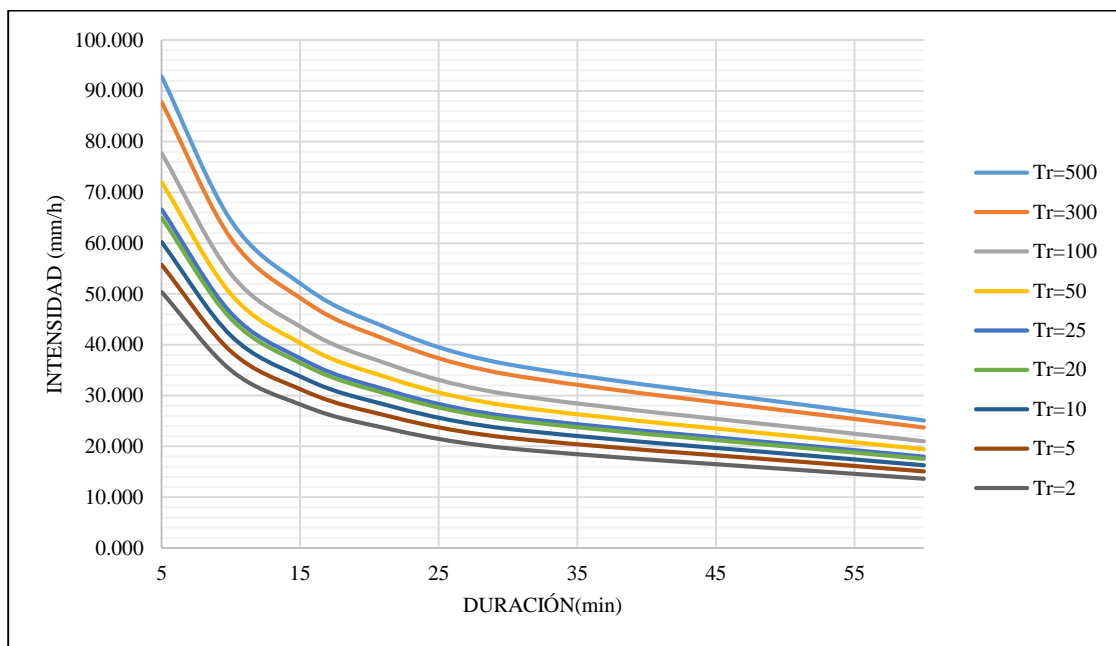


Figura 13 – Curva de intensidad-duración-frecuencia

3.3.2.5. Cálculos de caudales

Los caudales de diseño se calcularon según envergadura del proyecto, área tributaria y la intensidad de precipitación. Para el cálculo de los caudales se usó el método racional:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

- Q : Descarga pico (m^3/s)
- C : Coeficiente de escorrentía
- I : Intensidad de precipitación (mm/h)
- A : Área de cuenca (km^2)

3.3.2.6. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración da a conocer el periodo de tiempo en que una gota demora en llegar desde el punto más alto de la cuenca, hasta el más bajo. Para determinar el tiempo de concentración se usó la fórmula de Kirpich (1940), cuyo campo de aplicación son las pendientes inclinadas y cuencas con área pequeña.

$$t_c = 0.01947 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

Donde:

- L : Longitud de cuenca (m)
 S : Pendiente promedio de la cuenca (m/m)

3.3.3. Hidráulica y drenaje

3.3.3.1. Drenaje superficial

3.3.3.1.1. Finalidad

La función del drenaje superficial es evacuar las aguas de la carretera, proporcionando confinamiento de la estructura y mayor transitabilidad. Luego de procesar los datos pluviométricos obtenidos, se realizó el dimensionamiento de las estructuras. El agua que cae sobre la carretera, fluye hacia las cunetas por medio del bombeo y en las zonas de corte al agua va hacia las cunetas debido a la inclinación de los taludes.

3.3.3.1.2. Criterios de funcionamiento

Corresponde a las condiciones que necesita el drenaje para trabajar de manera más eficiente. En consecuencia, es necesario conocer las velocidades mínimas, que generan sedimentos y las velocidades máximas admisibles en función al tipo del material de la cuneta.

3.3.3.1.3. Periodo de retorno

El periodo de retorno hace referencia a la cantidad de años en que el caudal máximo llega a ser excedido en $1/T$. Se expresa de la siguiente manera:

$$p(Q > Q_T) = \frac{1}{T}$$

3.3.3.1.4. Daños por la escorrentía

Las capas de la carretera sufren daño cuando una quebrada se activa. También, la carretera sufre por las aguas que provienen de los taludes de corte. Por tal motivo, es que se diseñan las cunetas, para lograr drenar el agua y evitar que la carretera sufra deterioros.

3.3.3.2. Diseño de cunetas

Se denomina cunetas a las obras hidráulicas cuya finalidad es recepcionar el agua de los taludes y de la calzada. Las cunetas pueden situarse a un solo lado de la carretera cuando se trata de una sección de corte-relleno, o a los dos lados de la carretera cuando es una sección corte-corte. Las cunetas pueden adoptar distintas formas como triangulares, trapezoidales o rectangulares.

3.3.3.2.1. Velocidades

Se debe tomar en cuenta las velocidades, debido a que puede generar la erosión de la cuneta. El ministerio de transportes y comunicaciones nos propone velocidades según el material de construcción.

Cuadro 20 - Velocidades máximas admisibles

Velocidad máxima admisible	
Tipo de superficie	$V_{m\acute{a}x}$ (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	0.60-1.20
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, rocas duras	3.00-4.50*
Concreto	4.50-6.00*

Fuente: MTC

3.3.3.2.2. Coeficiente de escorrentía

Es un valor que se estima según las características hidrológicas y geomorfológicas del terreno. El ministerio de transportes y comunicaciones nos muestra una tabla para valores de escorrentía.

Cuadro 21 - Coeficiente de Escorrentía

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
Cultivos	Impermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.1
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
Hierba, grama	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Fuente: MTC.

El coeficiente de escorrentía en los taludes de corte es de 0.50 debido a que en la zona del proyecto existen pastos y vegetación ligera, además el suelo es semipermeable con pendientes altas mayores al 20%. En el caso de la superficie de rodadura se consideró un coeficiente de 0.65, correspondiente a una superficie impermeable, con pendiente suave y sin vegetación.

3.3.3.2.3. Cálculo hidráulico de la cuneta

A. Cálculo de aporte

Para obtener los caudales de aporte de los taludes se consideró un ancho tributario de 100 metros, el cual se multiplica por la longitud del tramo para obtener el área tributaria. La intensidad de lluvia se determinó considerando un periodo de retorno de 10 años y un tiempo de concentración de 10 minutos para el aporte de los taludes de corte, además un periodo de retorno de 10 años y un tiempo de concentración de 5 minutos para el aporte de la superficie de rodadura.

B. Dimensionamiento de las cunetas

Las cunetas fueron de sección triangular, y se calcularon según la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Donde:

n : Coeficiente de Manning

A : Área hidráulica

R : Radio hidráulico

S : Pendiente de la carretera

El cálculo de cunetas se detalla en el Cuadro 24 y la sección es la que se muestra a continuación.

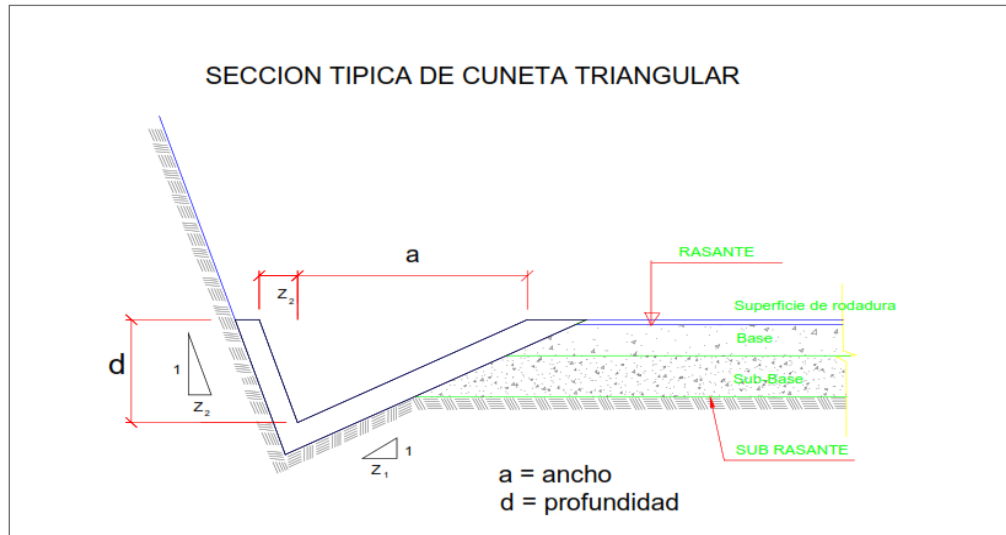


Figura 14 – Sección de cuneta
Fuente: MTC- 2014

El talud de exterior de la cuneta debe coincidir con el talud de corte el cual está en función del tipo de suelo. Para el caso del talud interior este depende de la velocidad de diseño y el IMDA. Al tener una velocidad menor a 70 Km/h y un IMDA menor a 750 Veh/día el talud interior será 1:2.

3.3.3.3. Consideraciones de alcantarillas de paso

Son colocadas en el cauce de quebradas para conducir el agua hacia el otro lado de la vía. Para este diseño, se consideró alcantarillas circulares Multiplate, con coeficiente de Manning de 0.030. Estas alcantarillas se utilizan cuando se requieran conducir grandes capacidades de drenaje debido a que son fabricadas de acero galvanizado y tienen un excelente comportamiento estructural. Se comercializan en diámetros desde los 2 m hasta los 8 m. El cálculo se detalla en el Cuadro 25.

3.3.3.3.1. Parámetros de microcuencas

En el proyecto existen dos quebradas que atraviesan la vía. El tiempo de concentración fue calculado por el método de Kirpich utilizando los datos de la microcuenca. El coeficiente de escorrentía se tomó de 0.50 para pastos de vegetación ligera, semipermeable y pendiente alta. Los caudales máximos se calcularon usando la fórmula del método racional. Los parámetros son los siguientes:

Cuadro 22 - Parámetros de microcuencas

Parámetros de cuenca										
N°	Progresiva	Descripción	A (Km2)	P (Km)	CC	Zmáx	Zmín	L (m)	S (m/m)	Tc (min)
1	Km 4 + 132	Alc. de paso	13.67	16.97	1.29	3950	3536	4356.18	0.095	30.55
2	Km 8 + 526	Alc. de paso	18.04	20.03	1.33	3900	3450	5666.76	0.079	40.08

Fuente: ArcMap, plano H-01

Los caudales totales para las alcantarillas de paso corresponden al caudal de aporte de la quebrada (Q1) y el caudal de aporte de las cunetas (Q2).

Cuadro 23 – Caudales para alcantarillas de paso

Cálculo del caudal total en las quebradas										
N°	Progresivas	Descripción	A	C	Tc	T	I	Q1	Q2	QT
1	Km 4 + 132	Alc. de paso	13.67	0.5	30.55	10	23.200	44.058	0.123	44.182
2	Km 8 + 526	Alc. de paso	18.04	0.5	40.08	10	20.105	50.379	0.136	50.515

3.3.3.4. Consideraciones de aliviadero

La función de los aliviaderos es conducir el agua de las cunetas por debajo de la carretera mediante alcantarillas. El MTC recomienda una separación máxima de 250 metros, en zonas lluviosas. Las alcantarillas consideradas para el proyecto son de tubería metálica corrugada (TMC), cuyo coeficiente de rugosidad es de 0.025. Estas alcantarillas se comercializan en las siguientes dimensiones 24", 32", 36", 48", 60", 72" y 80". La elección del diámetro está en función de los caudales de diseño que son obtenidos de los aportes de las cunetas (ver Cuadro 25).

3.3.4. Resumen de obras de arte

3.3.4.1. Resumen de resultados para las cunetas.

Cuadro 24 – Cálculo de caudales y diseño de las cunetas

Cálculo de caudales y diseño de las cunetas																							
N°	Progresivas		Drenaje del talud de corte								Drenaje de la carpeta de rodadura						QT (m3/s)	S (m/m)	Dimensiones	Material	n	Qmáx	Vmáx (m/s)
	Desde	Hasta	L (km)	at (Km)	A (Km2)	C	T (años)	t (min)	I (mm/hr)	Q1 (m3/s)	A (Km2)	C	T (años)	t (min)	I (mm/hr)	Q2 (m3/s)							
1	Km 0 + 244	Km 0 + 488	0.244	0.100	0.0244	0.50	10	10.00	41.780	0.142	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.150	0.005	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.195	1.385
2	Km 0 + 488	Km 0 + 732	0.244	0.100	0.0244	0.50	10	10.00	41.780	0.142	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.150	0.005	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.195	1.385
3	Km 0 + 732	Km 0 + 976	0.244	0.100	0.0244	0.50	10	10.00	41.780	0.142	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.150	0.005	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.195	1.385
4	Km 0 + 976	Km 1 + 220	0.244	0.100	0.0244	0.50	10	10.00	41.780	0.142	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.150	0.005	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.195	1.385
5	Km 1 + 220	Km 1 + 453	0.233	0.100	0.0233	0.50	10	10.00	41.780	0.135	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.142	0.005	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.195	1.385
6	Km 1 + 453	Km 1 + 685	0.233	0.100	0.0233	0.50	10	10.00	41.780	0.135	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.142	0.052	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.431	4.029
7	Km 1 + 685	Km 1 + 918	0.233	0.100	0.0233	0.50	10	10.00	41.780	0.135	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.142	0.052	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.431	4.029
8	Km 1 + 918	Km 2 + 150	0.233	0.100	0.0233	0.50	10	10.00	41.780	0.135	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.142	0.052	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.431	4.029
9	Km 2 + 150	Km 2 + 394	0.244	0.100	0.0244	0.50	10	10.00	41.780	0.142	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.150	0.052	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.431	4.029
10	Km 2 + 394	Km 2 + 638	0.244	0.100	0.0244	0.50	10	10.00	41.780	0.142	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.150	0.029	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.466	3.316
11	Km 2 + 638	Km 2 + 882	0.244	0.100	0.0244	0.50	10	10.00	41.780	0.142	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.150	0.029	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.466	3.316
12	Km 2 + 882	Km 3 + 126	0.244	0.100	0.0244	0.50	10	10.00	41.780	0.142	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.150	0.029	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.466	3.316
13	Km 3 + 126	Km 3 + 370	0.244	0.100	0.0244	0.50	10	10.00	41.780	0.142	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.150	0.029	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.466	3.316
14	Km 3 + 370	Km 3 + 580	0.210	0.100	0.0210	0.50	10	10.00	41.780	0.122	0.0006	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.129	0.029	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.466	3.316
15	Km 3 + 580	Km 3 + 790	0.210	0.100	0.0210	0.50	10	10.00	41.780	0.122	0.0006	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.129	0.076	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.520	4.870
16	Km 3 + 790	Km 4 + 000	0.210	0.100	0.0210	0.50	10	10.00	41.780	0.122	0.0006	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.129	0.076	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.520	4.870
17	Km 4 + 000	Km 4 + 132	0.132	0.100	0.0132	0.50	10	10.00	41.780	0.077	0.0004	0.65	10	5.00	60.195	0.004	0.081	0.076	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.320	4.219
18	Km 4 + 132	Km 4 + 334	0.201	0.100	0.0201	0.50	10	10.00	41.780	0.117	0.0006	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.123	0.079	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.528	4.944
19	Km 4 + 334	Km 4 + 535	0.201	0.100	0.0201	0.50	10	10.00	41.780	0.117	0.0006	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.123	0.079	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.528	4.944
20	Km 4 + 535	Km 4 + 733	0.198	0.100	0.0198	0.50	10	10.00	41.780	0.115	0.0006	0.65	10	5.00	60.195	0.006	0.122	0.079	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.528	4.944
21	Km 4 + 733	Km 4 + 932	0.198	0.100	0.0198	0.50	10	10.00	41.780	0.115	0.0006	0.65	10	5.00	60.195	0.006	0.122	0.013	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.135	1.772
22	Km 4 + 932	Km 5 + 130	0.198	0.100	0.0198	0.50	10	10.00	41.780	0.115	0.0006	0.65	10	5.00	60.195	0.006	0.122	0.013	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.135	1.772
23	Km 5 + 130	Km 5 + 345	0.215	0.100	0.0215	0.50	10	10.00	41.780	0.125	0.0006	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.132	0.013	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.135	1.772
24	Km 5 + 345	Km 5 + 560	0.215	0.100	0.0215	0.50	10	10.00	41.780	0.125	0.0006	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.132	0.029	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.469	3.338
25	Km 5 + 560	Km 5 + 775	0.215	0.100	0.0215	0.50	10	10.00	41.780	0.125	0.0006	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.132	0.029	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.469	3.338
26	Km 5 + 775	Km 5 + 990	0.215	0.100	0.0215	0.50	10	10.00	41.780	0.125	0.0006	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.132	0.029	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.469	3.338
27	Km 5 + 990	Km 6 + 168	0.178	0.100	0.0178	0.50	10	10.00	41.780	0.103	0.0005	0.65	10	5.00	60.195	0.006	0.109	0.029	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.322	3.008
28	Km 6 + 168	Km 6 + 347	0.178	0.100	0.0178	0.50	10	10.00	41.780	0.103	0.0005	0.65	10	5.00	60.195	0.006	0.109	0.036	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.355	3.325
29	Km 6 + 347	Km 6 + 525	0.178	0.100	0.0178	0.50	10	10.00	41.780	0.103	0.0005	0.65	10	5.00	60.195	0.006	0.109	0.036	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.355	3.325
30	Km 6 + 525	Km 6 + 747	0.222	0.100	0.0222	0.50	10	10.00	41.780	0.129	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.136	0.036	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.219	2.880
31	Km 6 + 747	Km 6 + 970	0.222	0.100	0.0222	0.50	10	10.00	41.780	0.129	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.136	0.057	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.451	4.218
32	Km 6 + 970	Km 7 + 192	0.222	0.100	0.0222	0.50	10	10.00	41.780	0.129	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.136	0.057	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.451	4.218

33	Km 7 + 192	Km 7 + 414	0.222	0.100	0.0222	0.50	10	10.00	41.780	0.129	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.136	0.057	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.451	4.218
34	Km 7 + 414	Km 7 + 637	0.222	0.100	0.0222	0.50	10	10.00	41.780	0.129	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.136	0.057	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.451	4.218
35	Km 7 + 637	Km 7 + 859	0.222	0.100	0.0222	0.50	10	10.00	41.780	0.129	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.136	0.057	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.451	4.218
36	Km 7 + 859	Km 8 + 081	0.222	0.100	0.0222	0.50	10	10.00	41.780	0.129	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.136	0.057	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.451	4.218
37	Km 8 + 081	Km 8 + 304	0.222	0.100	0.0222	0.50	10	10.00	41.780	0.129	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.136	0.057	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.451	4.218
38	Km 8 + 304	Km 8 + 526	0.222	0.100	0.0222	0.50	10	10.00	41.780	0.129	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.136	0.057	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.451	4.218
39	Km 8 + 526	Km 8 + 730	0.204	0.100	0.0204	0.50	10	10.00	41.780	0.118	0.0006	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.125	0.057	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.451	4.218
40	Km 8 + 730	Km 8 + 948	0.218	0.100	0.0218	0.50	10	10.00	41.780	0.127	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.134	0.057	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.451	4.218
41	Km 8 + 948	Km 9 + 167	0.218	0.100	0.0218	0.50	10	10.00	41.780	0.127	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.134	0.063	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.472	4.414
42	Km 9 + 167	Km 9 + 385	0.218	0.100	0.0218	0.50	10	10.00	41.780	0.127	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.134	0.063	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.472	4.414
43	Km 9 + 385	Km 9 + 603	0.218	0.100	0.0218	0.50	10	10.00	41.780	0.127	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.134	0.063	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.472	4.414
44	Km 9 + 603	Km 9 + 822	0.218	0.100	0.0218	0.50	10	10.00	41.780	0.127	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.134	0.063	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.472	4.414
45	Km 9 + 822	Km 10 + 040	0.218	0.100	0.0218	0.50	10	10.00	41.780	0.127	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.007	0.134	0.063	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.472	4.414
46	Km 10 + 040	Km 10 + 273	0.233	0.100	0.0233	0.50	10	10.00	41.780	0.135	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.142	0.063	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.472	4.414
47	Km 10 + 273	Km 10 + 505	0.233	0.100	0.0233	0.50	10	10.00	41.780	0.135	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.142	0.067	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.487	4.556
48	Km 10 + 505	Km 10 + 738	0.233	0.100	0.0233	0.50	10	10.00	41.780	0.135	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.142	0.067	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.487	4.556
49	Km 10 + 738	Km 10 + 970	0.233	0.100	0.0233	0.50	10	10.00	41.780	0.135	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.142	0.067	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.487	4.556
50	Km 10 + 970	Km 11 + 210	0.240	0.100	0.0240	0.50	10	10.00	41.780	0.139	0.0007	0.65	10	5.00	60.195	0.008	0.147	0.067	0.50 x 0.75 m	Concreto	0.013	0.487	4.556

3.3.4.2. Resumen de resultados para alcantarillas de paso y alivio

Cuadro 25 - Diseño de alcantarillas de paso y alivio

Diseño de alcantarillas de paso y alivio															
Descripción				Dimensiones de alcantarilla						Parámetros hidráulicos según caudal máximo					
N°	Progresivas	Obra	QT (m ³ /s)	Ø		# de tub.	Material	n	Q _{máx} (m ³ /s)	Y (m)	S (m/m)	V (m/s)	N. Froude	Régimen	
				(m)	(")										
1	Km 0 + 244	Alc. de alivio	0.150	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.243	0.010	1.083	0.701	SubCrítico	
2	Km 0 + 488	Alc. de Alivio	0.150	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.243	0.010	1.083	0.701	SubCrítico	
3	Km 0 + 732	Alc. de Alivio	0.150	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.243	0.010	1.083	0.701	SubCrítico	
4	Km 0 + 976	Alc. de Alivio	0.150	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.243	0.010	1.083	0.701	SubCrítico	
5	Km 1 + 220	Alc. de Alivio	0.142	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.237	0.010	1.067	0.700	SubCrítico	
6	Km 1 + 453	Alc. de Alivio	0.142	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.237	0.010	1.067	0.700	SubCrítico	
7	Km 1 + 685	Alc. de Alivio	0.142	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.237	0.010	1.067	0.700	SubCrítico	
8	Km 1 + 918	Alc. de Alivio	0.292	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.344	0.010	1.305	0.710	SubCrítico	
9	Km 2 + 394	Alc. de Alivio	0.150	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.243	0.010	1.083	0.701	SubCrítico	
10	Km 2 + 638	Alc. de Alivio	0.150	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.243	0.010	1.083	0.701	SubCrítico	
11	Km 2 + 882	Alc. de Alivio	0.150	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.243	0.010	1.083	0.701	SubCrítico	

12	Km 3 + 126	Alc. de Alivio	0.150	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.243	0.010	1.083	0.701	SubCrítico
13	Km 3 + 370	Alc. de Alivio	0.129	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.225	0.010	1.035	0.698	SubCrítico
14	Km 3 + 580	Alc. de Alivio	0.129	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.225	0.010	1.035	0.698	SubCrítico
15	Km 3 + 790	Alc. de Alivio	0.129	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.225	0.010	1.035	0.698	SubCrítico
16	Km 4 + 000	Alc. de Alivio	0.081	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.178	0.010	0.905	0.684	SubCrítico
17	Km 4 + 132	Alc. de Paso	44.182	4.30	56 C	1	Multiplate	0.030	46.181	3.105	0.010	3.939	0.736	SubCrítico
18	Km 4 + 334	Alc. de Alivio	0.123	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.220	0.010	1.024	0.697	SubCrítico
19	Km 4 + 535	Alc. de Alivio	0.122	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.218	0.010	1.019	0.696	SubCrítico
20	Km 4 + 733	Alc. de Alivio	0.122	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.218	0.010	1.019	0.696	SubCrítico
21	Km 4 + 932	Alc. de Alivio	0.253	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.319	0.010	1.255	0.710	SubCrítico
22	Km 5 + 345	Alc. de Alivio	0.132	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.227	0.010	1.042	0.698	SubCrítico
23	Km 5 + 560	Alc. de Alivio	0.132	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.227	0.010	1.042	0.698	SubCrítico
24	Km 5 + 775	Alc. de Alivio	0.132	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.227	0.010	1.042	0.698	SubCrítico
25	Km 5 + 990	Alc. de Alivio	0.109	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.207	0.010	0.988	0.693	SubCrítico
26	Km 6 + 168	Alc. de Alivio	0.109	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.207	0.010	0.988	0.693	SubCrítico
27	Km 6 + 347	Alc. de Alivio	0.246	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.313	0.010	1.244	0.710	SubCrítico
28	Km 6 + 747	Alc. de Alivio	0.136	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.231	0.010	1.054	0.699	SubCrítico
29	Km 6 + 970	Alc. de Alivio	0.136	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.231	0.010	1.054	0.699	SubCrítico
30	Km 7 + 192	Alc. de Alivio	0.136	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.231	0.010	1.054	0.699	SubCrítico
31	Km 7 + 414	Alc. de Alivio	0.136	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.231	0.010	1.054	0.699	SubCrítico
32	Km 7 + 637	Alc. de Alivio	0.136	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.231	0.010	1.054	0.699	SubCrítico
33	Km 7 + 859	Alc. de Alivio	0.136	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.231	0.010	1.054	0.699	SubCrítico
34	Km 8 + 081	Alc. de Alivio	0.136	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.231	0.010	1.054	0.699	SubCrítico
35	Km 8 + 304	Alc. de Alivio	0.136	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.231	0.010	1.054	0.699	SubCrítico
36	Km 8 + 526	Alc. de Paso	50.515	4.45	58 C	1	Multiplate	0.030	50.765	3.322	0.001	4.054	0.722	SubCrítico
37	Km 8 + 730	Alc. de Alivio	0.134	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.229	0.010	1.047	0.699	SubCrítico
38	Km 8 + 948	Alc. de Alivio	0.134	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.229	0.010	1.047	0.699	SubCrítico
39	Km 9 + 167	Alc. de Alivio	0.134	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.229	0.010	1.047	0.699	SubCrítico
40	Km 9 + 385	Alc. de Alivio	0.134	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.229	0.010	1.047	0.699	SubCrítico
41	Km 9 + 603	Alc. de Alivio	0.134	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.229	0.010	1.047	0.699	SubCrítico
42	Km 9 + 822	Alc. de Alivio	0.134	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.229	0.010	1.047	0.699	SubCrítico
43	Km 10 + 040	Alc. de Alivio	0.142	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.237	0.010	1.067	0.700	SubCrítico
44	Km 10 + 273	Alc. de Alivio	0.142	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.237	0.010	1.067	0.700	SubCrítico
45	Km 10 + 505	Alc. de Alivio	0.142	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.237	0.010	1.067	0.700	SubCrítico
46	Km 10 + 738	Alc. de Alivio	0.142	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.237	0.010	1.067	0.700	SubCrítico
47	Km 10 + 970	Alc. de Alivio	0.147	0.90	36	1	TMC	0.025	0.858	0.240	0.010	1.076	0.701	SubCrítico

3.4. Diseño Geométrico de la carretera

3.4.1. Generalidades

Consiste en una técnica propia de la ingeniería civil, la cual se encarga de realizar el trazado de una carretera. Se deben tomar diversos criterios para la construcción de una carretera, entre ellos tenemos a la topografía del terreno, datos hidrológicos, el entorno ambiental, etc.

3.4.2. Normatividad

El diseño geométrico de carreteras se realiza únicamente respetando dos normas emitidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones los cuales son el manual de carreteras DG-2018 y “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”.

3.4.3. Clasificación de las carreteras

3.4.3.1. Clasificación por demanda

Según la demanda de la vía, la carretera pertenece a:

- Carreteras de tercera clase : IMDA menor a 400 veh/día

3.4.3.2. Clasificación por su orografía

Según la orografía, la carretera se puede clasificar en:

- Terreno accidentado (Tipo 3): Pendientes transversales entre 51% y 100% y, pendientes longitudinales entre 6% y 8%.

3.4.4. Estudio de tráfico

3.4.4.1. Generalidades

El estudio del tráfico tiene el propósito de contar y clasificar el volumen de vehículos que transitan por la carretera. Además, es importante porque ayuda a calcular el volumen futuro vehicular que se tendrá en la vía en función al periodo de vida útil.

3.4.4.2. Conteo y clasificación vehicular

Si se requiere obtener la clasificación de la carretera, se debe realizar el conteo de vehículos. Según este conteo, la carretera se puede clasificar en primera, segunda o de tercera clase.

3.4.3.3. Metodología

Para obtener una data más acorde con la realidad, se realizó el conteo vehicular durante los 7 días de la semana y en las horas donde más volumen vehicular se registre.

3.4.3.4. Procesamiento de información

Los datos obtenidos se pueden observar en el Anexo 3.

3.4.3.5. Determinación del índice medio diario (IMD)

Se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$IMD_A = \text{Conteo total} \times Fc$$

3.4.3.6. Determinación Factor de corrección (fc)

En la zona de estudio, o zonas aledañas a la carretera no existe información previa sobre estudios de tráfico. Por lo tanto, el factor de corrección elegido es de 1 para no afectar el conteo total.

3.4.3.7. Resultados del conteo vehicular

Representa a la cantidad de carros que circulan por la carretera en un día. Se calcula a partir de la suma de todos los vehículos registrado durante los días de la semana dividido entre 7.

$$\text{Conteo Vehicular} = \left(\frac{\text{Volumen} * (L+M+MI+J+V+S+D)}{7} \right)$$

3.4.3.8. IMDA por estación

El IMDA de la carretera y su clasificación según se demanda es la siguiente:

Cuadro 26 – Índice medio diario anual para el año 2018

IMDA	Clasificación
63	Carretera de tercera clase

3.4.3.9. Proyección de tránsito

Se entiende como proyección de tránsito a la cantidad de vehículos que transitarán por la carretera luego del periodo de diseño asignado. La proyección

de tránsito se calcular usando las tasas de crecimiento poblacional y económico, los cuales son de 0.95 % y 4.40 %, respectivamente.

$$P_f = P_0(1 + T_c)^n$$

Donde:

P_f = Tránsito final

P_0 = Tránsito inicial







T_c = Tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo entre 0.95 % y 4.40% según el INEI debido al crecimiento poblacional y socio-económico

n = año en el que se va estimar.

3.4.4.10. Tráfico total en el tramo El Molle – Quiguir

El tráfico generado es el siguiente:

Cuadro 27 – Crecimiento del tráfico para 20 años

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
 Auto	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11
 Camioneta	24	24	24	25	25	25	25	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	28	29	29	29
 Combi	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	15	15
 B2E	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
 C2E	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	17	17	18	19	20
 C3E	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	17	17
Total	63	63	65	66	67	69	70	72	73	74	75	77	78	80	82	83	85	89	89	92	95	96

3.4.4.11. Vehículo de diseño

Se le denomina vehículo de diseño al carro que viajará por la carretera y lo tendrá que hacer de manera segura y cómoda, por lo tanto, la carretera se debe diseñar en base al vehículo de diseño y tener el ancho de calzada necesario, radio de curvatura, pendiente, etc.

El vehículo de diseño elegido fue un Ómnibus de 2 ejes (B2), el cual tiene una longitud de 10.55 m desde el eje trasero hasta la luz frontal.

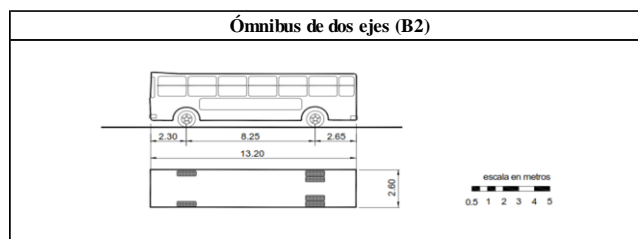


Figura 15 – Vehículo de diseño
Fuente: DG- 2018

3.4.5. Parámetros básicos para el diseño en zona rural

3.4.5.1. Velocidad de diseño

Representa a la velocidad escogida para poder transitar por la vía de manera cómoda y segura. Esta velocidad depende de la orografía del terreno y la clasificación de la carretera. Según la DG-2018, para una orografía accidentada y carretera de tercera clase, se puede elegir velocidad de 30-40-50 Km/h. Para el diseño de esta carretera se escogió 30 Km/h. Además, se utilizó una velocidad de 20 Km/h para las zonas más sinuosas.

3.4.5.2. Radios mínimos

Se les denomina a los menores radios de curvatura en que un vehículo puede transitar a la velocidad de diseño y tasa máxima de peralte, cuidando la seguridad y comodidad de los usuarios.

Con la siguiente expresión, se puede calcular el radio mínimo de curvatura:

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

Dónde:

$R_{mín}$: Radio mínimo (m):

V : Velocidad de diseño (km/h)

$P_{máx}$: Peralte máximo asociado a la velocidad de diseño

$f_{máx}$: Coeficiente de fricción transversal asociado a la velocidad de diseño.

Cuadro 28 – Cálculo de radios mínimos

V	$f_{máx}$	$P_{máx}$	$R_{mín-C}$	$R_{mín-R}$
20 km/h	0.17	12.00%	10.9	15 m
30 km/h	0.17	12.00%	24.4	25 m

3.4.5.3. Anchos mínimos de calzada en tangente

El ancho mínimo de calzada de la carretera depende de la orografía y clasificación que se tenga de la carretera. Para esta ocasión, el ancho de cada carril debe de 3 metros, si contamos con dos carriles, se estaría hablando de un mínimo de calzada de 6 metros.

3.4.5.4. Distancia de visibilidad

a. Distancia de visibilidad de parada

Se refiere a la longitud requerida para que un vehículo que transita en la vía con la velocidad de diseño se detenga antes de impactar a cualquier objeto inmóvil que se encuentra en su recorrido.

Las normas ASSHTO proponen usar un tiempo de reacción de 2.5 segundos. El coeficiente de fricción se calcula dividiendo a la aceleración sobre la gravedad. Siendo $a = 3.4 \text{ m/s}^2$. Se calcular mediante la siguiente formula:

$$D_p = \frac{V * t_p}{3.6} + \frac{V^2}{254 * (f \pm i)}$$

Dónde:

D_p : Distancia de parada (m)

V : Velocidad de diseño (km/h)

t_p : Tiempo de percepción + reacción (s)

f : Coeficiente de fricción, pavimento húmedo ($a/9.81$)

i : Pendiente longitudinal (tanto por uno)

$+i$: cuando se sube

$-i$: cuando se baja

b. Distancia de visibilidad de adelantamiento

Es la distancia mínima la cual necesita un vehículo para sobrepasar a otro que transita a una velocidad menor, garantizando seguridad y comodidad, sin ocasionar problemas a conductores que viajen en el carril opuesto.

3.4.6. Diseño geométrico en planta

3.4.6.1. Generalidades

Es aquí donde empieza el diseño del alineamiento de la carretera y las curvas horizontales, siempre respetando lo estipulado en las normas para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios. En el diseño de planta, también se ve los sobre anchos de las calzadas ubicados en las curvas horizontales.

3.4.6.2. Tramos en tangente

Con la siguiente expresión se puede tener el valor mínimo de longitud en tangente en base a la velocidad de diseño:

$$L_{mín.s} = 1.39 V$$

En curvas del mismo sentido, debe haber una longitud mínima, la cual se calcular con la siguiente expresión:

$$L_{mín.o} = 2.78 V$$

La longitud de tangente deseable se calcular mediante la siguiente expresión:

$$L_{máx} = 16.70 V$$

En el manual DG-2018, se puede observar una tabla con longitudes mínimas en tangente para curvas del mismo sentido y de diferente sentido.

Cuadro 29 – Longitudes máximas y mínimas deseables

Velocidad de diseño	$L_{mín.s} = 1.39V$		$L_{mín.o} = 2.78V$		$L_{máx} = 16.70V$	
20 km/h	27.8	28 m	55.6	56 m	334	330 m
30 km/h	41.7	42 m	83.4	84 m	501	500 m

3.4.6.3. Curvas circulares

Están representados por arcos de circunferencia con un solo radio que unen dos tangentes consecutivas. A continuación, se presentan los diferentes elementos que componen una curva horizontal.

3.4.6.3.1. Elementos de curvas horizontales

El manual de carretera DG-2018, se puede identificar la nomenclatura adecuada para los elementos de curva horizontal.

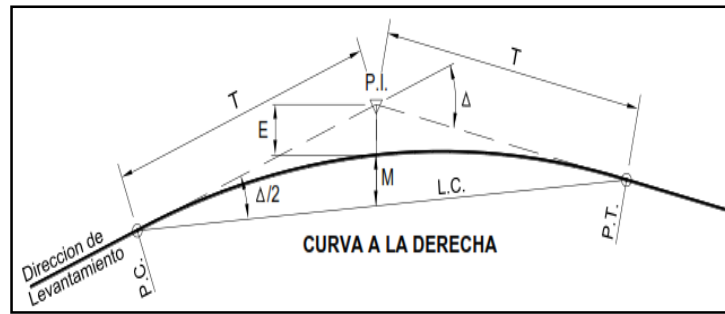


Figura 6 – Elementos de curvas horizontales

Fuente: DG- 2018

PC	: Punto de inicio de la curva
PI	: Punto de inflexión
PT	: Punto de término de la curva
Externa (m)	: $E = R[\sec(\Delta/2) - 1]$
Radio de curvatura (m)	: R
Tangente (m) (PC-PI o PI-PT)	: $T = R \tan(\Delta/2)$
Longitud de la curva (m)	: $L = 2\pi R(\Delta/360)$
Longitud de la cuerda (m)	: $L.C. = 2R \sin(\Delta/2)$
Ángulo de deflexión	: Δ

3.4.6.4. Curva de transición

Estas curvas tienen forma de espiral con el propósito de evitar las discontinuidades en la curva de una carretera; deben tener las mismas condiciones de seguridad y comodidad que el resto de los elementos de la carretera.

Tiene forma de una clotoide, la cual se puede estimar con la siguiente expresión:

$$R L = A^2$$

Dónde:

R : Radio de curvatura

L : Longitud de la curva de transición

A : Parámetro de la clotoide

En la DG-2018 se muestra una ecuación con la cual se puede determinar el parámetro mínimo que corresponde a una clotoide.

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{VR}{46.656J} \left(\frac{V^2}{R} - 1.27p \right)}$$

Dónde:

V : Velocidad de diseño (km/h)

R : Radio de curvatura (m)

J : Variación uniforme de la aceleración (m/s^3)

p : Peralte correspondiente a V y R (%)

La siguiente ecuación permite calcular la longitud de transición;

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

$$L_{\max} = (24 R)^{0.5}$$

En el proyecto la velocidad de diseño es de 30 km/h y el radio mínimo de 25 metros.

Cuadro 30 – Parámetros de la clotoide para VD 30

V	R	L	A
30 km/h	50 m	10 m	22 m
30 km/h	45 m	15 m	26 m
30 km/h	40 m	15 m	24 m
30 km/h	35 m	15 m	23 m
30 km/h	30 m	20 m	24 m
30 km/h	25 m	20 m	22 m

Además, es posible prescindir de curvas de transición cuando:

Cuadro 31 – Radio a partir del cual se puede prescindir de curva de transición

Velocidad de diseño	Radio
20 km/h	24 m
30 km/h	55 m

3.4.6.5. Curvas de vuelta

Habitualmente las curvas de vuelta se dan en terrenos con orografía accidentada con el fin de poder alcanzar cotas mayores sin exceder la pendiente máxima permitida.

3.4.7. Diseño geométrico en perfil

3.4.7.1. Generalidades

Consiste en el diseño la subrasante de la carretera mediante un perfil longitudinal conformado por tangentes que son unidas mediante curvas parabólicas denominadas curvas verticales.

3.4.7.2. Pendiente

a. Pendiente mínima

Para lograr el drenaje de las aguas superficiales, como mínimo, la norma DG-2018 exige usar 0.5 % de pendiente. En caso la calzada tenga un bombeo igual o mayor a 2.5 %, se puede considerar el valor 0%.

b. Pendiente máxima

La pendiente máxima se puede determinar dependiente de la clasificación de la carretera, velocidad de diseño. La norma DG-2018, establece que se debe restar 1% a la pendiente máxima cuando la vía se encuentra sobre los 3000 m.s.n.m. La pendiente máxima determinada para esta carretera es la siguiente:

Cuadro 32 – Pendiente máxima

Clasificación por orografía	Terreno accidentado (tipo 3)
Clasificación por demanda	Carretera de tercera clase
Velocidad de diseño	30 km/h
Altitud media	3554.28 m
Pendiente máxima	9.0%

3.4.7.3. Curvas verticales

Tiene la función de unir los tramos en tangente y de esta forma suavizan el cambio de pendiente. Si se tiene una diferencia algebraica menor a 2%, no es necesario el uso de curvas verticales.

Parámetro de curvatura:

$$K = L/A$$

Dónde:

K : Parámetro de curvatura

L : Longitud de la curva vertical

A : Valor absoluto de las diferencias algebraicas de las pendientes

3.4.7.3.1. Tipos de curvas verticales

Las curvas verticales se pueden dividir según su forma y según su proporción de sus ramas. Según su forma pueden ser cóncavas o convexas y, según su proporción de sus ramas pueden ser simétricas o asimétricas.

3.4.7.3.2. Elementos de una curva vertical simétrica

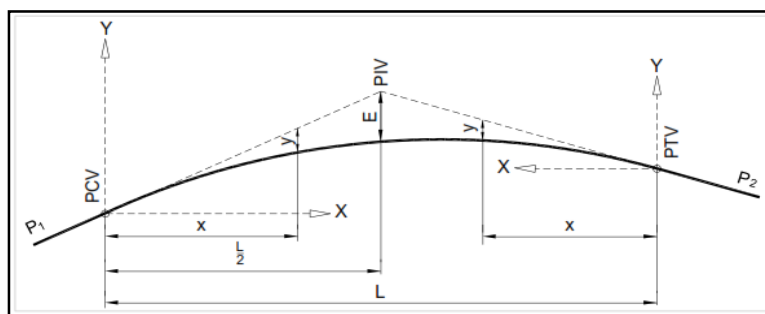


Figura 17 – Elementos de curvas verticales simétricas

Fuente: DG- 2018

PCV : Principio de la curva vertical

PIV : Punto de intersección

PTV : Término de la curva vertical

L : Longitud de proyección horizontal de la curva vertical (m)

S₁ : Pendiente de entrada (%)

S₂ : Pendiente de salida (%)

A : Diferencia algebraica de pendientes (%)

$$A = |S_1 - S_2|$$

E : Externa, distancia vertical desde PIV hasta la curva

$$E = \frac{AL}{800}$$

x : Distancia horizontal desde el PCV

y : Distancia vertical a cualquier punto de la curva

$$y = x^2 \left(\frac{A}{200 L} \right)$$

3.4.7.3.3. Longitud de las curvas convexas

a. Visibilidad de parada (D_p)

- Si $D_p < L$:

$$L = \frac{A D_p^2}{100 (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

- Si $D_p > L$:

$$L = 2D_p - \frac{200 (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}{A}$$

Dónde:

L : Longitud de la curva vertical (m)

D_p : Distancia de visibilidad de parada (m)

A : Diferencia algebraica de pendientes (%)

h_1 : Altura del ojo sobre la rasante (m)

h_2 : Altura del objeto sobre la rasante (m)

Según el acápite 202.02, los valores de h_1 y h_2 , son de 1.07 m y 0.15 m respectivamente.

b. Visibilidad de adelantamiento (D_a)

- Si $D_a < L$:

$$L = \frac{A D_a^2}{946}$$

- Si $D_a > L$:

$$L = 2D_a - \frac{946}{A}$$

Dónde:

L : Longitud de la curva vertical (m)

D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento o paso (m)

A : Diferencia algebraica de pendientes (%)

Y para una longitud controlada por la visibilidad y velocidad de diseño el índice de curvatura K es de 46.

c. Longitud de las curvas cóncavas

- Cuando $D_p < L$

$$L = \frac{AD_p^2}{120 + 3.5D_p}$$

- Cuando $D_p > L$

$$L = 2D_p - \left(\frac{120 + 3.5D_p}{A} \right)$$

Se cuenta con un parámetro de curvatura K de 46.

3.4.8. Diseño geométrico de la sección transversal

3.4.8.1. Generalidades

Hace referencia a la descripción de los elementos de la vía en un corte vertical que se le hace al alineamiento horizontal. La sección transversal es diferente en cada punto de la vía, debido a que en diferentes puntos existen distintas cotas. Uno de los puntos más importantes en la sección transversal es la capa de rodadura, la cual debe tener un ancho que permita la libre circulación de los vehículos con seguridad y comodidad.

3.4.8.2. Calzada

Parte de la carretera por la cual circulan los carros y comprende uno o más carriles, sin incluir la berma. El número de carriles estará en base al IMDA de diseño. El ancho de calzada que se usó para esta carretera fue de 3.00 m.

Cuadro 33 – Ancho de calzada

Según la orografía	Según la demanda	V.D.	Ancho de calzada
Terreno accidentado (tipo 3)	Carretera de tercera clase	20 km/h	6.00 m
		30 km/h	6.00 m

3.4.8.3. Bermas

Se le denomina berma a la franja lateral ubicada al costado de la calzada. Sirve como confinamiento de la capa de rodadura y a veces, como estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

3.4.8.3.1. Ancho de bermas

El ancho de bermas se establece según la clasificación de la vía, velocidad y orografía. En la tabla 304.02 de la DG-2018, se puede observar que para una carretera de tercera clase y de velocidad de diseño 30 km/h, le corresponde un ancho de berma de 0.50 m.

Cuadro 34 – Ancho de berma

Según la orografía	Según la demanda	V.D.	Ancho de berma
Terreno accidentado (tipo 3)	Carretera de tercera clase	20 km/h	0.50 m
		30 km/h	0.50 m

3.4.8.3.2. Inclinación de bermas

Las bermas se estiman por el volumen vehicular que circulan por las carreteras. En caso se tenga carreteras con bajo volumen vehicular, se deberá adoptar una inclinación de 6 %.

3.4.8.4. Bombeo

El bombeo hace referencia a la pequeña inclinación que tiene la calzada y cuya función es evacuar las aguas superficiales. La inclinación del bombeo está en función del tipo de superficie y la precipitación por año. Para una vía con superficie de pavimento asfáltico y con precipitaciones mayores a 500 mm, le corresponde un bombeo de 3.0 %.

3.4.8.5. Peralte

Se le denomina peralte a la inclinación que tiene la carretera en tramos de curva con la finalidad de contrarrestar la fuerza centrífuga. Según la tabla 304.05 de

la DG-2018, indica que, para una zona rural de terreno accidentado, le corresponde un peralte máximo absoluto de 12 %.

3.4.8.5.1. Transición del bombeo al peralte

Se le denominada transición del bombeo al peralte a la distancia desde donde el bombeo empieza a cambiar su forma hasta adoptar la forma del peralte. Este cambio se desarrolla de manera gradual a lo largo de la curva de transición.

3.4.8.6. Taludes

Inclinación de diseño que se le otorga al terreno lateral de la carretera. Los taludes se dan tanto en zonas de corte como en relleno (terraplenes).

Cuadro 35 – Ancho de berma

	Clasificación del suelo	Talud de corte (H: V)			Talud de relleno (V:H)		
		<5 m	5-10 m	>10 m	<5 m	5-10 m	>10 m
C-1	SM	1:0.75	1:0.50	*	1:1.75	1:2	1:2.25
C-2	SM	1:0.75	1:0.50	*	1:1.75	1:2	1:2.25
C-3	SC-SM	1:0.75	1:0.50	*	1:1.75	1:2	1:2.25
C-4	SC-SM	1:0.75	1:0.50	*	1:1.75	1:2	1:2.25
C-5	SC	1:0.75	1:0.50	*	1:1.75	1:2	1:2.25
C-6	CL	1:1	1:0.50	*	1:1.50	1:1.75	1:2
C-7	CL	1:1	1:0.50	*	1:1.50	1:1.75	1:2
C-8	SC	1:0.75	1:0.50	*	1:1.75	1:2	1:2.25
C-9	SC	1:0.75	1:0.50	*	1:1.75	1:2	1:2.25
C-10	SC	1:0.75	1:0.50	*	1:1.75	1:2	1:2.25
C-11	SC	1:0.75	1:0.50	*	1:1.75	1:2	1:2.25

3.4.8.7 Cunetas

Son canales que van ubicado al costado y a lo largo de la carretera, cuya función es transportar los escurrimientos superficiales que provienen de la carretera. Tienen diferente forma, pueden ser rectangulares, triangulares o trapezoidales. Las dimensiones de las cunetas se estiman de acuerdo al cálculo hidráulico, según las precipitaciones pluviales, área de drenaje, etc.

Cuadro 36 – Resumen del diseño geométrico

Resumen del diseño geométrico	
Clasificación:	Según su orografía es tipo III Según su demanda es una carretera tercera clase
Veh. de diseño:	B2 - Ómnibus doble eje
Vel. de diseño:	30 km/h
Radios mínimos:	VD 20 km/h - 15 m VD 30 km/h - 25 m
Pendientes:	Máxima - 9.0% Mínima - 0.5%
# C. horizontales:	69
# C. verticales:	11
Calzada:	Ancho - 6.00 m Inclinación - 3.0%
Berma:	Ancho - 0.50 m Inclinación - 6.0%
Taludes:	Corte - 1:0.5 Relleno - 1:2.25
Capas de rodadura:	Micropavimento - 0.025 m Base granular - 0.250 m Subbase granular - 0.250 m

3.4.9. Resumen del diseño geométrico en planta

a. Diseño geométrico en planta

Cuadro 37 – Resumen de elementos de curvas horizontales

Elementos de la curva horizontal circular																	
N°	S	Ángulo de inflexión			R	T	LC	E	PC	PI	PT	Este	Norte	SA	p%	Ls	Ltp
		°	'	''													
PI-1	D	36	15	23	55	18.007	34.804	2.873	Km 0+045.28	Km 0+063.29	Km 0+080.08	792953.682	9071587.387	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-2	I	22	34	32	55	10.978	21.671	1.085	Km 0+196.83	Km 0+207.81	Km 0+218.50	793018.913	9071717.701	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-3	D	37	8	42	55	18.480	35.657	3.022	Km 0+300.44	Km 0+318.92	Km 0+336.10	793026.714	9071828.827	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-4	D	58	22	37	55	30.724	56.038	8.000	Km 0+399.35	Km 0+430.07	Km 0+455.39	793100.728	9071913.49	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-5	I	35	13	7	55	17.457	33.807	2.704	Km 0+553.75	Km 0+571.20	Km 0+587.55	793245.245	9071889.209	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-6	I	76	18	27	55	43.209	73.250	14.943	Km 0+661.75	Km 0+704.96	Km 0+735.00	793366.786	9071947.653	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-7	D	42	1	30	30	11.523	22.004	2.137	Km 0+801.55	Km 0+813.07	Km 0+823.55	793340.728	9072070.373	4.4	11.6%	20.0	34.4
PI-8	I	29	0	1	55	14.224	27.838	1.810	Km 0+893.99	Km 0+908.22	Km 0+921.83	793433.938	9072107.59	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-9	D	49	17	29	55	25.234	47.316	5.512	Km 1+008.38	Km 1+033.61	Km 1+055.69	793513.633	9072205.189	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-10	I	65	8	17	55	35.132	62.528	10.263	Km 1+101.00	Km 1+136.13	Km 1+163.53	793619.272	9072207.91	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-11	D	22	24	33	55	10.895	21.511	1.069	Km 1+268.98	Km 1+279.88	Km 1+290.49	793679.4	9072346.947	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-12	I	41	38	6	55	20.912	39.967	3.841	Km 1+386.42	Km 1+407.33	Km 1+426.38	793770.964	9072436.001	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-13	D	80	3	2	55	46.192	76.843	16.824	Km 1+522.61	Km 1+568.80	Km 1+599.45	793782.815	9072598.9	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-14	I	79	21	2	80	66.359	110.794	23.940	Km 1+769.07	Km 1+835.43	Km 1+879.86	794063.544	9072627.359	1.8	6.9%	SE	15.6
PI-15	D	22	52	17	80	16.183	31.935	1.620	Km 2+631.08	Km 2+647.27	Km 2+663.02	794134.195	9073458.124	1.8	6.9%	SE	15.6
PI-16	I	13	31	34	80	9.487	18.886	0.561	Km 2+714.64	Km 2+724.13	Km 2+733.53	794170.164	9073526.54	1.8	6.9%	SE	15.6
PI-17	I	14	30	48	80	10.187	20.265	0.646	Km 2+823.28	Km 2+833.47	Km 2+843.55	794197.018	9073632.62	1.8	6.9%	SE	15.6
PI-18	D	105	6	3	20	26.112	36.687	12.891	Km 2+955.57	Km 2+981.68	Km 2+992.25	794195.696	9073879.239	6.5	9.9%	10.0	25.9
PI-19	I	9	45	27	80	6.829	13.624	0.291	Km 3+055.85	Km 3+062.68	Km 3+069.47	794255.616	9073693.84	1.8	6.9%	SE	15.6
PI-20	I	114	0	36	100	154.016	198.985	83.632	Km 3+231.70	Km 3+385.71	Km 3+430.68	794405.633	9073407.713	1.5	5.9%	SE	11.6
PI-21	D	93	7	15	16	16.896	26.004	7.270	Km 3+724.40	Km 3+741.29	Km 3+750.40	794755.8	9073850.752	8.5	10.9%	10.0	29.7

PI-22	I	87	51	7	16	15.411	24.533	6.215	Km 3+836.45	Km 3+851.86	Km 3+860.98	794643.401	9073586.756	8.5	10.9%	10.0	29.7
PI-23	D	63	18	48	16	9.865	17.680	2.797	Km 3+949.21	Km 3+959.07	Km 3+966.89	794783.397	9073733.815	8.5	10.9%	10.0	29.7
PI-24	D	23	2	57	55	11.214	22.126	1.132	Km 4+231.93	Km 4+243.15	Km 4+254.06	794791.311	9073426.747	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-25	I	56	7	34	55	29.322	53.877	7.328	Km 4+337.21	Km 4+366.53	Km 4+391.08	794745.835	9073311.728	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-26	I	32	18	38	100	28.968	56.392	4.111	Km 4+572.59	Km 4+601.55	Km 4+628.98	794881.84	9073114.234	1.5	5.9%	SE	11.6
PI-27	D	21	14	46	100	18.756	37.082	1.744	Km 4+719.35	Km 4+738.11	Km 4+756.44	795008.832	9073059.972	1.5	5.9%	SE	11.6
PI-28	D	36	48	19	55	18.299	35.331	2.964	Km 4+845.37	Km 4+863.67	Km 4+880.70	795098.876	9072971.849	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-29	D	49	33	31	55	25.389	47.573	5.577	Km 4+963.29	Km 4+988.68	Km 5+010.86	795118.221	9072847.066	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-30	I	36	6	7	55	17.925	34.655	2.847	Km 5+112.16	Km 5+130.09	Km 5+146.82	795023.828	9072737.504	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-31	D	34	17	43	55	16.970	32.921	2.559	Km 5+384.63	Km 5+401.60	Km 5+417.56	795001.746	9072465.688	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-32	I	68	12	40	55	37.246	65.478	11.425	Km 5+461.36	Km 5+498.61	Km 5+526.84	794940.139	9072389.445	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-33	D	102	15	54	55	68.241	98.167	32.646	Km 5+569.18	Km 5+637.42	Km 5+667.35	795012.418	9072260.495	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-34	I	164	50	47	220	1653.927	632.965	1448.495	Km 5+874.81	Km 7+528.74	Km 6+507.78	793167.166	9071696.113	0.8	3.0%	SE	0.0
PI-35	I	23	37	10	80	16.727	32.979	1.730	Km 6+858.30	Km 6+875.03	Km 6+891.28	795187.287	9071761.466	1.8	6.9%	SE	15.6
PI-36	D	33	5	37	80	23.768	46.208	3.456	Km 7+197.26	Km 7+221.03	Km 7+243.47	795500.084	9071910.478	1.8	6.9%	SE	15.6
PI-37	I	22	40	11	100	20.045	39.566	1.989	Km 7+503.81	Km 7+523.86	Km 7+543.38	795801.553	9071870.139	1.5	5.9%	SE	11.6
PI-38	D	78	9	0	55	44.657	75.019	15.847	Km 7+588.24	Km 7+632.90	Km 7+663.26	795907.363	9071898.586	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-39	I	41	53	37	70	26.796	51.183	4.954	Km 7+743.86	Km 7+770.65	Km 7+795.04	795976.152	9071762.987	2.0	7.6%	SE	18.4
PI-40	I	79	31	27	80	66.564	111.037	24.071	Km 8+028.03	Km 8+094.60	Km 8+139.07	796280.403	9071644.927	1.8	6.9%	SE	15.6
PI-41	D	10	24	48	55	5.012	9.996	0.228	Km 8+349.73	Km 8+354.74	Km 8+359.72	796428.64	9071885.096	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-42	D	49	12	23	55	25.185	47.235	5.492	Km 8+454.79	Km 8+479.97	Km 8+502.02	796512.612	9071978.04	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-43	D	90	30	46	30	30.270	47.392	12.618	Km 8+559.48	Km 8+589.75	Km 8+606.87	796648.822	9071974.94	4.4	11.6%	20.0	34.4
PI-44	I	57	47	45	55	30.359	55.480	7.823	Km 8+683.89	Km 8+714.25	Km 8+739.37	796545.315	9071851.645	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-45	I	168	12	12	30	290.388	88.071	261.933	Km 8+753.68	Km 9+044.07	Km 8+841.75	796647.645	9071532.589	4.4	11.6%	20.0	34.4
PI-46	D	44	18	8	55	22.390	42.527	4.383	Km 8+886.96	Km 8+909.35	Km 8+929.49	796610.313	9071888.624	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-47	I	58	38	27	16	8.986	16.376	2.351	Km 9+009.88	Km 9+018.87	Km 9+026.26	796679.612	9071976.32	8.5	10.9%	10.0	29.7
PI-48	D	93	31	47	16	17.017	26.118	7.358	Km 9+058.60	Km 9+075.61	Km 9+084.72	796632.358	9072103.898	8.5	10.9%	10.0	29.7

PI-49	D	18	24	44	25	4.052	8.034	0.326	Km 9+134.72	Km 9+138.77	Km 9+142.75	796726.605	9071986.493	5.3	12.0%	20.0	36.0
PI-50	I	17	40	4	55	8.548	16.960	0.660	Km 9+267.40	Km 9+275.95	Km 9+284.36	796671.84	9071858.722	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-51	I	69	38	30	16	11.129	19.448	3.490	Km 9+336.86	Km 9+347.99	Km 9+356.31	796664.896	9071787.04	8.5	10.9%	10.0	29.7
PI-52	I	52	42	22	16	7.926	14.718	1.856	Km 9+357.36	Km 9+365.28	Km 9+372.08	796702.914	9071792.47	8.5	10.9%	10.0	29.7
PI-53	D	48	32	47	55	24.803	46.601	5.334	Km 9+409.50	Km 9+434.30	Km 9+456.10	796697.189	9071859.895	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-54	I	34	20	52	55	16.998	32.971	2.567	Km 9+504.98	Km 9+521.98	Km 9+537.96	796759.836	9071925.467	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-55	D	46	14	17	16	6.831	12.912	1.397	Km 9+589.06	Km 9+595.89	Km 9+601.97	796771.498	9071996.332	8.5	10.9%	10.0	29.7
PI-56	D	63	44	1	16	9.946	17.798	2.840	Km 9+602.41	Km 9+612.35	Km 9+620.20	796805.624	9071996.569	8.5	10.9%	10.0	29.7
PI-57	D	19	6	6	55	9.254	18.336	0.773	Km 9+662.23	Km 9+671.49	Km 9+680.57	796797.926	9071936.939	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-58	I	30	11	37	55	14.837	28.984	1.966	Km 9+800.00	Km 9+814.84	Km 9+828.99	796733.98	9071808.445	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-59	D	43	45	38	55	22.088	42.007	4.270	Km 9+942.97	Km 9+965.06	Km 9+984.98	796743.814	9071657.855	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-60	I	14	14	3	55	6.867	13.664	0.427	Km 10+176.19	Km 10+183.06	Km 10+189.86	796602.221	9071489.257	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-61	D	21	45	34	55	10.571	20.887	1.007	Km 10+295.33	Km 10+305.90	Km 10+316.21	796548.748	9071378.592	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-62	D	15	2	21	55	7.260	14.437	0.477	Km 10+408.91	Km 10+416.17	Km 10+423.35	796467.191	9071303.989	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-63	I	42	1	21	55	21.125	40.339	3.917	Km 10+469.83	Km 10+490.95	Km 10+510.17	796400.733	9071269.524	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-64	D	44	32	33	55	22.525	42.758	4.434	Km 10+596.24	Km 10+618.77	Km 10+639.00	796355.161	9071148.065	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-65	I	92	35	36	16	16.741	25.857	7.157	Km 10+740.37	Km 10+757.11	Km 10+766.23	796161.505	9071058.209	8.5	10.9%	10.0	29.7
PI-66	I	68	12	25	55	37.243	65.474	11.423	Km 10+981.93	Km 11+019.18	Km 11+047.41	796502.453	9071091.178	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-67	D	69	9	59	16	11.031	19.315	3.434	Km 11+140.35	Km 11+151.39	Km 11+159.67	796548.338	9071248.399	8.5	10.9%	10.0	29.7
PI-68	D	23	39	11	55	11.517	22.705	1.193	Km 11+252.69	Km 11+264.21	Km 11+275.40	796610.025	9071124.809	2.5	8.8%	SE	23.2
PI-69	I	6	45	37	16	0.945	1.888	0.028	Km 11+343.80	Km 11+344.74	Km 11+345.69	796614.196	9071041.664	8.5	10.9%	10.0	29.7

b. Diseño geométrico en perfil

Cuadro 38- Curvas verticales

Nº	Progresiva	S1	S2	A	Dp	Da	Curva	L por Dp	L por Da	L	Cumple
1	Km 1+220	-0.50%	5.22%	5.72	31.22	120.00	Cóncava	26.29		40.00	Para Dp y Da
	X			Km 1+200	Km 1+210	Km 1+220	Km 1+230	Km 1+240			
	Y			0.000	0.071	0.286	0.071	0.000			
	Z			3567.600	3567.479	3567.214	3567.950	3568.543			

Nº	Progresiva	S1	S2	A	Dp	Da	Curva	L por Dp	L por Da	L	Cumple
2	Km 2+150	5.22%	-2.87%	8.08	32.88	120.00	Convexa	21.62	123.05	130.00	Para Dp y Da
	X		Km 2+085	Km 2+090	Km 2+110	Km 2+130	Km 2+150	Km 2+170	Km 2+190	Km 2+210	Km 2+215
	Y		0.000	0.008	0.194	0.630	1.314	0.630	0.194	0.008	0.000
	Z		3612.610	3612.863	3613.720	3614.327	3614.686	3614.797	3614.658	3614.271	3614.135

Nº	Progresiva	S1	S2	A	Dp	Da	Curva	L por Dp	L por Da	L	Cumple
3	Km 3+370	-2.87%	-7.62%	4.75	32.00	120.00	Convexa	13.55	72.31	80.00	Para Dp y Da
	X		Km 3+330	Km 3+340	Km 3+350	Km 3+360	Km 3+370	Km 3+380	Km 3+390	Km 3+400	Km 3+410
	Y		0.000	0.030	0.119	0.267	0.475	0.267	0.119	0.030	0.000
	Z		3582.148	3581.831	3581.455	3581.020	3580.525	3579.971	3579.357	3578.685	3577.952

Nº	Progresiva	S1	S2	A	Dp	Da	Curva	L por Dp	L por Da	L	Cumple		
4	Km 4+000	-7.62%	7.85%	15.47	33.95	120.00	Cóncava	75.05		100.00	Para Dp y Da		
	X		Km 3+950	Km 3+960	Km 3+970	Km 3+980	Km 3+990	Km 4+000	Km 4+010	Km 4+020	Km 4+030	Km 4+040	Km 4+050
	Y		0.000	0.077	0.309	0.696	1.238	1.934	1.238	0.696	0.309	0.077	0.000
	Z		3536.810	3535.970	3534.976	3533.828	3532.524	3531.066	3532.547	3533.874	3535.046	3536.063	3536.925

Nº	Progresiva	S1	S2	A	Dp	Da	Curva	L por Dp	L por Da	L	Cumple		
5	Km 4+535	7.85%	1.34%	6.51	34.07	120.00	Convexa	18.68	99.03	100.00	Para Dp y Da		
	X		Km 4+485	Km 4+495	Km 4+505	Km 4+515	Km 4+525	Km 4+535	Km 4+545	Km 4+555	Km 4+565	Km 4+575	Km 4+585
	Y		0.000	0.033	0.130	0.293	0.520	0.813	0.520	0.293	0.130	0.033	0.000
	Z		3571.075	3571.827	3572.515	3573.137	3573.694	3574.187	3574.614	3574.976	3575.273	3575.505	3575.672

Nº	Progresiva	S1	S2	A	Dp	Da	Curva	L por Dp	L por Da	L	Cumple
6	Km 5+130	1.34%	-2.91%	4.25	31.49	120.00	Convexa	10.78	64.72	70.00	Para Dp y Da
	X		Km 5+095	Km 5+100	Km 5+110	Km 5+120	Km 5+130	Km 5+140	Km 5+150	Km 5+160	Km 5+165

	Y		0.000	0.008	0.068	0.190	0.372	0.190	0.068	0.008	0.000	
	Z		3582.529	3582.589	3582.663	3582.676	3582.628	3582.520	3582.350	3582.120	3581.983	

N°	Progresiva	S1	S2	A	Dp	Da	Curva	L por Dp	L por Da	L	Cumple
7	Km 5+990	-2.91%	3.55%	6.46	32.01	120.00	Cóncava	28.83		40.00	Para Dp y Da
	X			Km 5+970	Km 5+980	Km 5+990	Km 6+000	Km 6+010			
	Y			0.000	0.081	0.323	0.081	0.000			
	Z			3558.581	3558.210	3557.677	3558.274	3558.710			

N°	Progresiva	S1	S2	A	Dp	Da	Curva	L por Dp	L por Da	L	Cumple
8	Km 6+525	3.55%	-5.71%	9.27	32.24	120.00	Convexa	25.10	141.04	150.00	Para Dp y Da
	X			Km 6+450	Km 6+465	Km 6+485	Km 6+505	Km 6+525	Km 6+545	Km 6+565	Km 6+600
	Y			0.000	0.069	0.378	0.934	1.737	0.934	0.378	0.000
	Z			3574.336	3574.800	3575.201	3575.355	3575.263	3574.923	3573.502	3572.714

N°	Progresiva	S1	S2	A	Dp	Da	Curva	L por Dp	L por Da	L	Cumple
9	Km 8+730	-5.71%	6.26%	11.97	33.09	120.00	Cóncava	56.20		80.00	Para Dp y Da
	X			Km 8+690	Km 8+700	Km 8+710	Km 8+720	Km 8+730	Km 8+740	Km 8+750	Km 8+760
	Y			0.000	0.075	0.299	0.674	1.197	0.674	0.299	0.000
	Z			3453.286	3452.639	3451.844	3450.898	3449.803	3450.952	3451.953	3452.803

N°	Progresiva	S1	S2	A	Dp	Da	Curva	L por Dp	L por Da	L	Cumple
10	Km 10+040	6.26%	6.67%	0.41	33.33	120.00	Cóncava	1.93		30.00	Para Dp y Da
	X				Km 10+025	Km 10+030	Km 10+040	Km 10+050	Km 10+055		
	Y			0.000	0.002	0.015	0.002	0.000			
	Z			3532.061	3532.372	3532.985	3533.665	3534.000			

N°	Progresiva	S1	S2	A	Dp	Da	Curva	L por Dp	L por Da	L	Cumple
11	Km 10+970	6.67%	7.92%	1.25	33.51	120.00	Cóncava	6.09		30.00	Para Dp y Da
	X				Km 10+955	Km 10+960	Km 10+970	Km 10+980	Km 10+985		
	Y			0.000	0.005	0.047	0.005	0.000			
	Z			3594.000	3594.328	3594.953	3595.787	3596.188			

3.4.10. Diseño del pavimento

3.4.10.1. Generalidades

Cuando se requiera diseñar la carpeta de rodadura, existen muchos métodos para calcular los espesores de capa del pavimento; sin embargo, en el Perú el método más usado es el ASSHTO 93, el cual depende de las cargas de los vehículos y la resistencia que pueda llegar a tener la subrasante.

3.4.10.2. Características de la subrasante

Se tuvieron 12 calicatas, de las cuales a 4 de ellas se le realizó el ensayo de CBR, obteniendo los siguientes resultados: CBR-C-1: 12.46 %, CBR-C-4: 10.21 %, CBR-C-7: 12.46 % y CBR-C-10: 7.31%.

3.4.10.3. Cargas del tráfico vehicular

a. Factor direccional y factor carril

Representa a la cantidad de vehículos pesados que transitan en una misma dirección o sentido de tráfico. El factor carril representa al carril que recibe el mayor número de ejes equivalentes, es decir es el carril por donde el tránsito tiene mayor afluencia.

Cuadro 39 - Elección del factor direccional y factor carril

Número de calzadas	1
Número de sentidos	2
Número de carriles por sentido	1
Factor direccional (Fd)	0.5
Factor carril (Fc)	1.0

b. Factor de crecimiento acumulado

Se refiere a la cantidad de vehículos que transitarán durante todo el periodo de diseño asignado a la carretera. En una carretera transitan todo tipo de vehículos los cuales podemos clasificar en vehículos pesados de pasajes y vehículos pesados de carga, debido a que son esos vehículos los que más carga le proporcionan al pavimento.

Para determinar el factor de crecimiento acumulado se deben tener las tasas de crecimiento, para lo cual se creyó necesario usar las tasas de crecimiento poblacional y económico para vehículos pesado de pasajeros y de carga,

respectivamente. Las tasas fueron de 0.95 % y 4.40 %. El factor de crecimiento acumulado se puede obtener usando la siguiente ecuación:

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r : Tasa anual de crecimiento

n : Periodo de diseño

Cuadro 40 – Factor de crecimiento acumulado

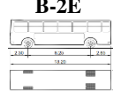


	n	r	Fca
Vehículos de pasajero	20	0.95%	21.92
Vehículos de carga	20	4.40%	31.04

c. Número de repeticiones de ejes equivalentes

En el diseño de pavimentos se toma en consideración el tráfico pesado de ómnibus y de camiones, por el motivo que son los vehículos que más daño ocasionan al pavimento.

Según el estudio de tránsito, se obtiene el dato del conteo de vehículos pesado de ómnibus y de camiones y se calcula el número de ejes equivalentes por vehículo.

Cuadro 41 – Ejes equivalentes para cada vehículo pesado

Vehículo	Ejes	E1	E2	E3	E4	Total	IMD	EEs
 B-2E	Peso	7	10			3.477	3	10.431
	Tipo	EE-S1	EE-S2					
	F. E.E.	1.265	2.212	0.000	0.000			
 C-2E	Peso	7	10			3.477	8	27.817
	Tipo	EE-S1	EE-S2					
	F. E.E.	1.265	2.212	0.000	0.000			
 C-3E	Peso	7	16			2.526	7	17.682
	Tipo	EE-S1	EE-TA2					
	F. E.E.	1.265	1.261	0.000	0.000			

Realizando la suma de los ejes equivalente, se obtiene el número de repeticiones de ejes equivalentes para diseñar las capas del pavimento.

Cuadro 42 – Ejes equivalentes para cada vehículo pesado

Ejes equivalentes veh. Pasajeros	10.431
Ejes equivalentes veh. de carga	45.499

La siguiente expresión permite calcular el número de ejes equivalentes por día por carril:

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_p * Fd * Fc * Fvp * F_{EE}$$

El manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos” propone la siguiente ecuación con la cual permite calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes de carga 8.2 toneladas.

$$N_{\text{rep de EE 8.2 tn}} = \Sigma(EE_{\text{día-carril}} * Fca * 365)$$

$$N_{\text{rep de EE}} = (10.43*21.92 + 45.5*31.04) * 365 * 0.5 * 1 = 299513.5$$

3.4.10.4. Espesores de capas de la estructura del pavimento

En primer lugar, se debe clasificar la carretera según el número de ejes equivalente. La carretera en estudio pertenece a un TP1 debido a que sus ejes equivalentes oscilan entre los 150001 a 300000.

El CBR de diseño fue de 7.31 %, teniendo una subrasante excelente. Posteriormente, se calcula el módulo de resiliencia con la siguiente ecuación:

$$Mr(\text{psi}) = 2555 * CBR^{0.64}$$

Obteniendo un $Mr = 9126.37$ psi

Se entiende por Confiabilidad a la probabilidad con la una estructura se comportará de acuerdo a lo previsto en un determinado periodo de diseño. El manual de carreteras recomienda ciertos Valores de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) en función al rango de tráfico, en donde para un TP1 le corresponde el 70 % de confiabilidad.

El coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r) corresponde al valor de la confiabilidad seleccionada usada para un conjunto de datos distribuidos de manera normal. Para el valor de confiabilidad asignado le corresponde una desviación estándar de -0.524.

El valor de la Desviación Estándar Combinada (S_0) toma en cuenta la variabilidad de la predicción del tránsito y otros factores que dañan al pavimento. La guía ASSHTO recomienda usar entre 0.40 y 0.50. En este proyecto se tomó como valor 0.45.

El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) es la comodidad que se les ofrece a los usuarios. Se compone tanto en Serviciabilidad Inicial como Serviciabilidad Final; en el manual de carreteras para un TP1 se le asigna el valor de 3.80 y 2.00, respectivamente.

En consecuencia, la Variación de la Serviciabilidad se refiere a la diferencia de serviciabilidad inicial y final, lo cual resulta 1.80.

El coeficiente de drenaje utiliza un valor de 1.00 para capas de base y sub-base en pavimentos flexibles.

Con todos los coeficientes obtenidos, se puede calcular el Numero Estructural (SN), la siguiente ecuación permite obtener dicho valor:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Donde:

- W_{18} : Número de repeticiones
- Z_R : Desviación estándar normal
- S_0 : Desviación estándar combinada
- SN : Número estructural
- ΔPSI : Variación de la serviciabilidad
- M_R : Módulo de resiliencia

Los espesores de cada capa se calculan usando la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 x d_1 + a_2 x d_2 x m_2 + a_3 x d_3 x m_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 : Coeficientes estructurales de la capa superficial, la base y la subbase.

d_1, d_2, d_3 : Espesores de las capas (cm).

m_2, m_3 : Coeficientes de drenaje para la capa de base y subbase.

Con los datos de cada coeficiente, se obtuvo el valor del número estructural requerido:

$$SN = 2.307$$

Se considera un diseño óptimo si el número estructural generado por los espesores de las diferentes capas del pavimento es mayor que el número estructural requerido. Los números estructurales de cada capa se muestran a continuación:

Cuadro 43 – Espesores de las capas del pavimento

Componente del pavimento	Coefficiente estructural	Espesores (cm)	Coefficiente de drenaje	SN _n	SN _{total}
Capa superficial				0.325	2.8
Micropavimento 25 mm	0.130	2.5	-		
Base				1.300	
Base granular CBR 80%	0.052	25.0	1		
Sub base				1.175	
Sub base granular CBR 40%	0.047	25.0	1		

3.4.11. Señalización

3.4.11.1. Generalidades

La señalización es fundamental en el diseño de la carretera debido a que garantiza la seguridad en las carreteras. Los usuarios deben mantenerse informados constantemente cuando transite por la carretera, respetando las señales de tránsito, se pueden prevenir accidentes.

3.4.11.2. Requisitos

a. Diseño

Los colores, tamaño y composición deben llamar la atención del usuario.

b. Posición de las señales

La ubicación debe ser en lugares estratégicos de tal manera que sea visible para los usuarios.

c. Uso

La señal colocada debe guardar realización con lo que se quiere dar a informar

d. Uniformidad

Los usuarios deben identificar, analizar y respetar cada señal puesta en la carretera.

e. Mantenimiento

Se debe guardas cada cierto tiempo un mantenimiento para evitar su deterioro.

3.4.11.3. Señales verticales

Son carteles ubicados a los costados de la carretera. Informan a los conductores mediante palabras o símbolos. Se dividen en 3 grupos:

A. Señales reglamentarias

Estas señales se encargan de emitir las prohibiciones o restricciones que deben tener los conductores al transitar por la carretera

-Forma: Rectangular

-Medidas: 60 x 60 cm

-Fondo: blanco, Letras-símbolos-bordes: negro, Circulo y franja de restricción: rojo.



Figura 158 – R-30 Velocidad máxima permitida

B. Señales de prevención

Dan alerta a los conductores acerca de los riesgos que se aproximan en la carretera, de esta forma, los usuarios deberán tomar las precauciones debidas.

- Forma: Rombo
- Medida: 60 x 90 cm.
- Fondo: Amarillo, Símbolo-Borde: Negro



Figura 169 – P-1B Curva pronunciada a la izquierda
Fuente: MTC 2016

C. Señales informativas

Las señales informativas dan a conocer la aproximación a lugares como pueblos, ciudades, centros turísticos, etc. Estas señales tienen forma rectangular, con fondo verde y letras blancas. El tamaño de la señal está en función del texto, la norma recomienda no tener más de cuatro líneas.



Figura 20 – I-1D Señal de identificación
Fuente: MTC 2016

3.4.11.3. Colocación de las señales

- Distancia mínima del borde de la carretera a la señal debe ser de 1.20 y un máximo de 3 m.
- La altura mínima que deben tener las señales es de 1.50 m.
- Las señales de tránsito deben formar un ángulo de 90° con el eje de la vía, con variaciones de 8 a 15°.

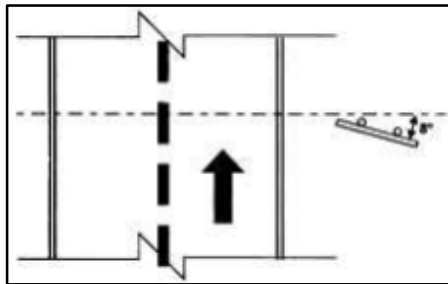


Figura 171 – I-2A Colocación de las señales
Fuente: MTC 2016

3.4.11.4. Hitos kilométricos

Están colocados en cada kilómetro con el propósito de indicar al conductor en que tramo de la carretera se ubica.

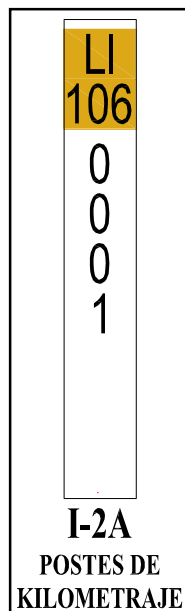


Figura 182 – I-2A Postes de kilometraje
Fuente: MTC 2016

3.4.11.5. Señalización horizontal

Señales ubicadas sobre las carreteras para garantizar la seguridad de los conductores.

a. Características

- Uniformidad
- Materiales: Pintura convencional de tráfico TTP-115 F
- Color: líneas blancas entre carriles del mismo sentido y líneas amarillas para carriles de sentido opuesto.

b. Tipo y ancho de las líneas longitudinales

- Líneas continuas: Separa corrientes vehiculares
- Líneas discontinuas: Demarcar carriles de circulación
- Ancho de líneas: 10 a 15 cm

c. Línea central

En caso de líneas discontinuas, su longitud será de 4.50 m y una separación de 7.50 una de otra.

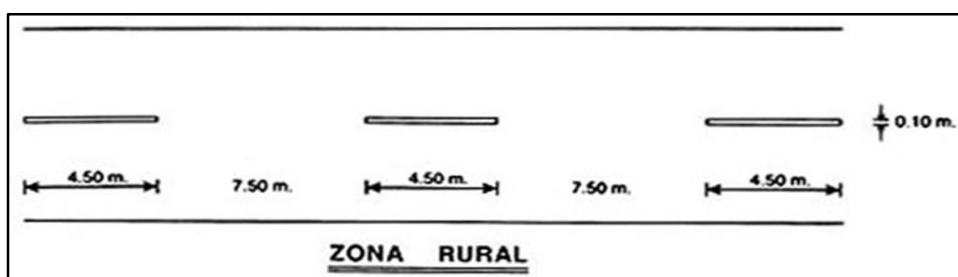


Figura 193 – Marcas en el pavimento para zona rural
Fuente: MTC-2013.

d. Línea de borde del pavimento

De color blanco y un ancho de 10 cm.

3.4.11.6. Señales en el proyecto de investigación

Cuadro 44 – Ubicación y sentido de las señales

PROGRESIVA	CÓDIGO	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Km 0+000	I-1D	Izquierda	Señal de identificación "El Molle"
Km 0+000	I-2A	Izquierda	Poste de kilometraje 0
Km 0+000	R-30	Derecha	Velocidad máxima permitida 30 km/h
Km 0+020	P-2A	Derecha	Curva a la derecha
Km 0+100	P-2B	Izquierda	Curva a izquierda

Km 0+160	P-2B	Derecha	Curva a izquierda
Km 0+240	P-2A	Izquierda	Curva a la derecha
Km 0+280	P-2A	Derecha	Curva a la derecha
Km 0+360	P-2B	Izquierda	Curva a izquierda
Km 0+380	P-4A	Derecha	Curva y contra-curva a la derecha
Km 0+620	P-4A	Izquierda	Curva y contra-curva a la derecha
Km 0+640	P-4B	Derecha	Curva y contra-curva a la izquierda
Km 0+860	P-4B	Izquierda	Curva y contra-curva a la izquierda
Km 0+880	P-2B	Derecha	Curva a izquierda
Km 0+940	P-2A	Izquierda	Curva a la derecha
Km 0+980	P-4A	Derecha	Curva y contra-curva a la derecha
Km 1+000	I-2A	Izquierda	Poste de kilometraje 1
Km 1+180	P-4A	Izquierda	Curva y contra-curva a la derecha
Km 1+240	P-2A	Derecha	Curva a la derecha
Km 1+320	P-2B	Izquierda	Curva a izquierda
Km 1+360	P-2B	Derecha	Curva a izquierda
Km 1+460	P-2A	Izquierda	Curva a la derecha
Km 1+500	P-1A	Derecha	Curva pronunciada a la derecha
Km 1+640	P-1B	Izquierda	Curva pronunciada a la izquierda
Km 1+740	P-1B	Derecha	Curva pronunciada a la izquierda
Km 1+920	P-1A	Izquierda	Curva pronunciada a la derecha
Km 2+000	I-2A	Izquierda	Poste de kilometraje 2
Km 2+600	P-4A	Derecha	Curva y contra-curva a la derecha
Km 2+760	P-4A	Izquierda	Curva y contra-curva a la derecha
Km 2+780	P-2B	Derecha	Curva a izquierda
Km 2+860	P-2A	Izquierda	Curva a la derecha
Km 2+920	P-5-2A	Izquierda	Curva en "U" a la izquierda
Km 3+000	I-2A	Izquierda	Poste de kilometraje 3
Km 3+040	P-5-2B	Derecha	Curva en "U" a la derecha
Km 3+200	P-5-2B	Izquierda	Curva en "U" a la derecha
Km 3+480	P-5-2A	Izquierda	Curva en "U" a la izquierda
Km 3+700	P-5-1	Izquierda	Camino sinuoso a la derecha
Km 4+000	I-2A	Izquierda	Poste de kilometraje 4
Km 4+040	P-5-1A	Derecha	Camino sinuoso a la izquierda
Km 4+220	P-2A	Izquierda	Curva a la derecha
Km 4+320	P-2B	Derecha	Curva a izquierda
Km 4+340	P-2B	Derecha	Curva a izquierda
Km 4+440	P-2A	Izquierda	Curva a la derecha
Km 4+580	P-2B	Derecha	Curva a izquierda
Km 4+660	P-2A	Izquierda	Curva a la derecha
Km 4+720	P-2A	Derecha	Curva a la derecha

Km 4+800	P-2B	Izquierda	Curva a izquierda
Km 4+860	P-2A	Derecha	Curva a la derecha
Km 4+940	P-2B	Izquierda	Curva a izquierda
Km 4+960	P-2A	Derecha	Curva a la derecha
Km 5+000	I-2A	Izquierda	Poste de kilometraje 5
Km 5+080	P-2B	Izquierda	Curva a izquierda
Km 5+120	P-2B	Derecha	Curva a izquierda
Km 5+200	P-2A	Izquierda	Curva a la derecha
Km 5+380	P-5-1	Derecha	Camino sinuoso a la derecha
Km 5+740	P-5-1A	Izquierda	Camino sinuoso a la izquierda
Km 5+880	P-2B	Derecha	Curva a izquierda
Km 6+000	I-2A	Izquierda	Poste de kilometraje 6
Km 6+540	P-2A	Izquierda	Curva a la derecha
Km 6+860	P-2B	Derecha	Curva a izquierda
Km 6+940	P-2A	Izquierda	Curva a la derecha
Km 7+000	I-2A	Izquierda	Poste de kilometraje 7
Km 7+200	P-2A	Derecha	Curva a la derecha
Km 7+300	P-2B	Izquierda	Curva a izquierda
Km 7+500	P-4B	Derecha	Curva y contra-curva a la izquierda
Km 7+700	P-4B	Izquierda	Curva y contra-curva a la izquierda
Km 7+760	P-2B	Derecha	Curva a izquierda
Km 7+840	P-2A	Derecha	Curva a la derecha
Km 8+000	P-1B	Derecha	Curva pronunciada a la izquierda
Km 8+200	P-1A	Izquierda	Curva pronunciada a la derecha
Km 8+360	P-2A	Derecha	Curva a la derecha
Km 8+420	P-2B	Izquierda	Curva a izquierda
Km 8+460	P-2A	Derecha	Curva a la derecha
Km 8+540	P-2B	Izquierda	Curva a izquierda
Km 8+560	P-5-1	Izquierda	Camino sinuoso a la derecha
Km 9+000	I-2A	Izquierda	Poste de kilometraje 9
Km 9+760	P-5-1A	Izquierda	Camino sinuoso a la izquierda
Km 9+820	P-2A	Derecha	Curva a la derecha
Km 9+900	P-2A	Izquierda	Curva a la derecha
Km 9+960	P-2A	Derecha	Curva a la derecha
Km 10+000	I-2A	Izquierda	Poste de kilometraje 10
Km 10+020	P-2B	Derecha	Curva a izquierda
Km 10+180	P-2B	Izquierda	Curva a izquierda
Km 10+260	P-2A	Derecha	Curva a la derecha
Km 10+300	P-2B	Izquierda	Curva a izquierda
Km 10+380	P-2A	Derecha	Curva a la derecha
Km 10+420	P-4A	Izquierda	Curva y contra-curva a la derecha

Km 10+580	P-4A	Izquierda	Curva y contra-curva a la derecha
Km 10+620	P-2A	Izquierda	Curva a la derecha
Km 10+700	P-2B	Derecha	Curva a izquierda
Km 10+740	P-5-2B	Derecha	Camino sinuoso a la derecha
Km 10+860	P-5-2-A	Izquierda	Curva en "U" a la izquierda
Km 11+000	P-2A	Izquierda	Curva a la derecha
Km 11+000	I-2A	Izquierda	Poste de kilometraje 11
Km 11+120	P-2A	Izquierda	Curva a la derecha
Km 11+160	P-5-2A	Derecha	Curva en "U" a la izquierda
Km 11+240	P-5-2B	Izquierda	Curva en "U" a la derecha
Km 11+280	P-2A	Derecha	Curva a la derecha
Km 11+340	P-2B	Izquierda	Curva a izquierda
Km 11+360	P-1B	Derecha	Curva pronunciada a la izquierda
Km 11+420	P-1A	Izquierda	Curva pronunciada a la derecha
Km 11+449	I-1D	Izquierda	Señal de identificación "Quiguir"
Km 11+449	R-30	Derecha	Velocidad máxima permitida 30 km/h

3.5. Estudio de impacto ambiental

3.5.1. Generalidades

El siguiente estudio es el que determina si el proyecto se realiza, se rechaza o si se requiere alguna modificación. Reconoce, analiza y evita los posibles impactos negativos que provoque el desarrollo del proyecto.

Durante un proyecto existen distintas actividades, las cuales generan diferentes impactos, si existen muchos impactos negativos, se deberá proponer un plan de mitigación para que la obra se desarrolle con normalidad.

3.5.2. Objetivos

Reconocer, identificar y analizar los impactos que se generar antes, durante y después de la ejecución del proyecto de investigación.

3.5.3. Legislación y normativa sobre el estudio de impacto ambiental (EIA)

3.5.3.1. Constitución política del Perú

En el artículo 2 se puede observar el derecho que tiene cualquier persona a residir en un ambiente equilibrado y adecuado. Por otro lado, en el artículo 67 y 68, se menciona que el Perú brindará una política ambiental con la finalidad de tener un uso adecuado de los recursos naturales.

3.5.3.2. Ley para el crecimiento de la inversión privada (D.L. N°757)

El artículo 49 de esta ley habla sobre la política ambiental en cuanto a la actividad privada. El artículo 50 habla sobre la obligación de cada municipio de velar por el sector ambiental de su zona. Por otro lado, el artículo 51 es sobre los casos en específico donde se deben realizar estudios de impacto ambiental de manera obligatoria.

3.5.3.3. Código del medio ambiente y de los recursos naturales (D.L. N°613)

Tiene la finalidad de proteger y conservar el medio ambiente, respaldando el derecho al libre desarrollo de los seres humanos. Este código obliga a que todos los proyectos de investigación contengan el estudio de impacto ambiental.

3.5.4. Características del proyecto

El proyecto está ubicado en:

Región : La Libertad
Provincia : Santiago de Chuco
Distrito : Santiago de Chuco

3.5.5. Infraestructura de servicio

3.5.5.1. Salud

Se encuentra el hospital Cesar Vallejo, totalmente equipado que beneficia a varios distritos de la provincia.

3.5.5.3. Vivienda

En el distrito de Santiago de Chuco las viviendas son predominantemente de material rustico, paredes de adobe con techos de quincha.

3.5.5.2. Educación

Cuenta con el colegio Cesar Abraham Vallejo Mendoza como el centro educativo más representativo.

3.5.6. Diagnóstico ambiental

3.5.6.1. Medio físico

En Santiago de Chuco el clima es estepa local, con pocas precipitaciones durante el año. La temperatura media anual es 11.8 °C. En marzo alcanza la mayor precipitación del año, aproximadamente 100 mm.

3.5.6.2. Medio biótico

Flora y Fauna:

En Santiago de Chuco podemos encontrar especies vegetales helechos, Puya Raimondi, ichu, cadillo, achicoria, valeriana, chocho, malva, ortiga, entre otras especies. En fauna se encuentran especies de reptiles, aves y mamíferos entre los cuales podemos mencionar a la lagartija, colibrí, gallinazo, halcón, zorzal, jilguero, vizcacha, entre otros.

3.4.6.3. Medio socioeconómico y cultural

La agricultura es la actividad que genera mayores ingresos. Además, el turismo ha tomado gran ingreso económico los últimos años.

3.5.7. Área de influencia del proyecto

3.5.7.1 Área de influencia directa

La zona de influencia directa representa al lugar donde se realiza la obra. En el presente proyecto, la zona de influencia directa son las localidades El Molle y Quiguir.

3.5.7.2. Área de influencia indirecta

El área de influencia indirecta está representada por los lugares cercanos a la zona directa. La población es parte del área indirecta.

3.5.8. Evaluación de impacto ambiental en el proyecto

3.5.8.1. Matriz de impactos ambientales

Se utilizó la matriz de Leopold para identificar los diferentes impactos del proyecto. Se deberá colocar datos desde el 1-10 según la magnitud del impacto. En caso de los impactos negativos, irán con un signo negativo.

3.5.8.3. Matriz causa-efecto de impacto ambiental

Cuadro 45- Matriz de Leopold

MATRIZ PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

1. ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES

INSTRUCCIONES	A. ETAPA PRELIMINAR			B. ETAPA DE EJECUCIÓN							C. ETAPA DE OPERACIÓN				E. ETAPA DE CIERRE		
	A. Estudios preliminares para el proyecto	B. Transporte de personal y muestras	C. Elaboración del proyecto	A. Movilización y desmovilización de equipos	B. Instalación de obras provisionales	C. Movimiento de tierra	D. Explotación de cantera	E. Conformación de la carpeta de rodadura	F. Construcción de obras de arte	G. Transporte de material dentro y fuera de la obra	A. Nueva estructura	B. Accesibilidad	C. Incremento de tránsito	D. Aumento de comercio	A. Liberación de los trabajadores	B. Desinstalación de las obras temporales	C. Limpieza y cierre
1. Identificar todas las acciones (Situadas en la parte superior de la matriz) que ponen lugar en el proyecto propuesto.																	
2. Bajo cada una de las acciones propuestas, trazar una barra diagonal en la intercepción con cada uno de los términos laterales de la matriz, en caso de posible impacto																	
3. Una vez completada la matriz en la esquina superior izquierda de cada cuadrado con barra, calificar de 1 a 10 la MAGNITUD del posible impacto 10 representa la máxima magnitud y 1 la mínima (el cero no es válido). Si el impacto es beneficioso, el valor será positivo; mientras que los impactos negativos llevarán signo negativo. En la esquina inferior derecha de cada cuadrado calificar de 1 a 10 la IMPORTANCIA del posible impacto (por ejemplo si es regional o simplemente local) 10 representa la máxima importancia y 1 la mínima (El cero no es válido).																	
4. El texto que acompaña la matriz consistirá en la discusión de los impactos más significativos, es decir aquellos cuyas filas y columnas están señalados con las mayores calificaciones y aquellos cuadrillos alistados con números superiores.																	

SUSCEPTIBLES DE ALTERARSE	ACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS		1. ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES																	
			A. Estudios preliminares para el proyecto	B. Transporte de personal y muestras	C. Elaboración del proyecto	A. Movilización y desmovilización de equipos	B. Instalación de obras provisionales	C. Movimiento de tierra	D. Explotación de cantera	E. Conformación de la carpeta de rodadura	F. Construcción de obras de arte	G. Transporte de material dentro y fuera de la obra	A. Nueva estructura	B. Accesibilidad	C. Incremento de tránsito	D. Aumento de comercio	A. Liberación de los trabajadores	B. Desinstalación de las obras temporales	C. Limpieza y cierre	
SUSCEPTIBLES DE ALTERARSE	1. AIRE	a. Gases y humo	-1	1	-3	-2	-3	-5	-4	-1	-5	-1			-1	-3	-1	-30		
		b. Partículas en suspensión	-1	2	-1	3	-1	-1	-2		-1	2						-9		
		c. Polvo	-2	1	-3	4	-5	-4	-3	-4	-5	3		-1	-1	-2	-2	-6	-39	
		d. Contaminación acústica	-2	2	-5	5	-4	-6	-5	-1	-4	4		-2	-1			-1	-31	
	2. AGUA	a. Contaminación de aguas superficiales				-1	-4	-3	-1	-2				-1	-1	-2	-2	-4	-21	
		b. Contaminación de aguas subterráneas	-1			1	3	1	3	2				-1				-1	-5	
		c. Calidad de agua					-1	-2	-2	-1				-2	-1			-1	-10	
		d. Turbiedad					-1	-1	-3	-2				-1	-2	-1	-2	-1	-14	
					4	1	5	1				1	2	1	2	1	18			

2. CARACTERÍSTICAS O CONDICIONES DEL MEDIO SUS		A. CAR																			
3. SUELO	a. Erosión		-1		-3	-1	-6	-5	-2	-2	-1	3	1	-1	-1	-2	-1	-2		-24	
	b. Uso del suelo	-2				-1	-1	3	-2	-1		-2	-1	-5	-2		-1		-18		
	c. Vibración		-1		-3	-1	-6	-5	-5	-3	-3	2	1	-1		-1	-3		-29		
	d. Superficie del agua								-4	-6		-3	-2						-15		
1. AMBIENTE	a. Alteración del paisaje					-2	-4	-7	-5	-4		-4	-3	-2	-1	2	1	3	-26		
	a. Árboles					-2						-2	-1				1	-4			
	b. Cultivos					-1	-3			-2		-1	-3	-1	-1		2	-10			
1. POBLACIÓN	a. Migración	1	1	3							4	5	7	5				26			
	b. Empleo	1	2	1	1	2	2	2	3	1	2	5	1	4	6	-5	1	1	30		
	c. Salud	2	1	5								4	5					17			
	d. Seguridad	1	1	6								5	6					19			
	2. SERVICIO	a. Servicio básico	2	1	3							2	3	-1	1				11		
		a. Comercio	1	2	3							5	3	3					17		
	3. ECONOMÍA	b. Ingresos	1	1	5							4	5		3				19		
			2	1	1							1	1		1				7		
		1	3	26	-17	-9	-37	-37	-37	-28	-17	21	20	-4	2	-10	-10	-13	33		
		17	15	10	30	10	48	18	47	20	23	33	33	20	16	11	12	33			

3.5.9. Descripción de los impactos ambientales

3.5.9.1. Impactos negativos

- **Impacto sobre el medio Físico – Químico**

Producción de ruido y posibles accidentes con los obreros.

- **Impacto sobre el medio Biológico**

Producción de gases tóxicos que pueden afectar a la fauna silvestre

- **Impacto sobre el medio Socio – Económico**

Alteración del paisaje de la zona por las construcciones temporales, así como, el cierre de algunas vías de acceso.

3.5.9.2. Impactos positivos

- **Impacto sobre el medio Físico**

- Suelo**

El suelo no recibirá mayores daños debido a que los desechos tendrán un lugar para su almacenamiento

- Agua**

El agua no será foco infeccioso porque estarán almacenados en recipientes totalmente cerrados

- **Impacto sobre el medio Biológico**

- Flora**

No será afectada.

- Fauna**

Solamente se tendrá cuidado con los mosquitos y bacterias.

- **Impacto sobre el medio Socio cultural y económico**

Habrá mayor generación de trabajo, en lo que los trabajadores pueden mejorar su economía.

3.5.10. Mejoramiento de la calidad de vida

3.5.10.1. Aumento del precio del terreno

Es posible que los terrenos aledaños a la carretera incrementen su precio debido a que ahora tendrán accesibilidad y facilidad para su movilización.

3.5.10.2. Mejoramiento de la transitabilidad vehicular

Habrà una marcada diferencia de la mejora que traerà la nueva carretera para el distrito de Santiago de Chuco, trayendo consigo múltiples beneficios para la sociedad.

3.5.10.3. Reducción de costos de transporte

Al tener una nueva carretera, los viajes se harán más rápido, y por lo tanto, se reducirá los costos de los pasajes y se ahorrará más tiempo.

3.5.11. Impactos naturales adversos

3.5.11.1. Deslizamientos

Los deslizamientos se generan como consecuencia de las lluvias que caen por los taludes del terreno. El diseño de la carretera se ha realizado con el fin de poder evacuar todas esas aguas y evitar en lo posible los deslizamientos hacia la carretera.

3.5.11.2. Sismos

Por el tipo de investigación, no se tomó en cuenta los sismos para el diseño de la carretera.

3.5.11.3. Neblina

La generación de neblina generalmente se da en horas de la mañana, donde se puede tornar peligroso conducir por la carretera.

3.5.12. Plan de manejo ambiental

La finalidad de elaborar este plan es mitigar los posibles impactos negativos que se producen durante la ejecución del proyecto.

3.5.13. Medidas de mitigación

3.5.13.1. Aumento de emisión de material particulado

Se puede mitigar este impacto mojando las vías por donde circula la maquinaria, con el fin de evitar que el polvo se genere al transitar los vehículos.

3.5.13.2. Incrementos de niveles sonoros

Se recomienda que los trabajadores laboren con orejeras, además, las maquinarias deben contar con filtros para disminuir su ruido.

3.5.13.3. Alteración de la calidad del suelo por movimientos de tierras, uso de espacios y aumento de la población

El suelo se ve afectado cuando se explote la cantera, la cual luego de su uso se debe realizar una limpieza y mantenimiento respectivo, al igual que con el lugar destinado como botadero.

3.5.13.4. Alteración directa de la vegetación

Por el motivo que se trata del mejoramiento de una carretera existente, la vegetación no sufrirá mayor daño.

3.5.13.5. Alteración de la fauna

No serán afectados.

3.5.13.6. Riesgos contra la salud pública

A los pobladores se les prohibirá el tránsito por zonas cercanas a la obra, para evitar algún tipo de daño a su salud.

3.5.13.7. Mano de obra

Todos los trabajadores deben usar sus equipos de protección personal durante las horas de trabajo.

3.5.14. Plan de manejo de residuos sólidos

Los residuos sólidos estarán almacenados en recipientes según el tipo de desechos:

Color Rojo: Residuos peligrosos

Color Azul: Residuos no peligrosos

Color Amarillo: Residuos orgánicos e inorgánicos reciclables

Color Verde: Residuos biodegradables no reciclables

3.5.15. Plan de abandono

- En la clausura de la obra, se debe retirar todas las estructuras colocadas
- Los líquidos se vaciarán en lugares específicos para evitar la contaminación.
- Se programarán capacitaciones para los pobladores en cuenta al sector ambiental.

3.5.16. Programa de control y seguimiento

Se refiere al seguimiento que se tiene en cuanto al entorno ambiental. El propósito es brindar información sobre el medio ambiente durante la ejecución del proyecto.

3.5.17. Plan de contingencias

Este plan está diseñado cuando se presenten emergencias en la obra, buscando disminuir los daños y víctimas.

3.6. Especificaciones técnicas

Ver Anexo 4.

3.7. Análisis de costos y presupuestos

3.7.1. Resumen de metrados

RESUMEN DE METRADOS			
ITEM	DESCRIPCION	METRADO	UND
01	TRABAJOS PRELIMINARES		
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	1.00	glb
01.02	TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN	11.40	km
01.03	CAMPAMENTO PROVISIONAL PARA LA OBRA	300.00	m2
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
02.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO	20.08	ha
02.02	EXCAVACION PARA EXPLANACIONES	197818.85	m3
02.03	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONAS DE CORTE	14057.59	m2
02.04	TERRAPLENES	102356.19	m3
02.05	DEPÓSITO DE MATERIALES EXCEDENTES (DME)	119673.00	m3
03	CAPAS ANTICONTAMINANTES SUBBASES Y BASES		
03.01	SUBBASES GRANULARES	26218.63	m3
03.02	BASES GRANULARES	23776.65	m3
04	PAVIMENTOS FLEXIBLES		
04.01	IMPRIMACION	78997.71	m2
04.02	MICROPAVIMENTOS	78997.71	m2
05	DRENAJE		
05.01	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS	2449.93	m3
05.02	RELLENOS PARA ESTRUCTURAS	851.98	m3
05.03	CONCRETO F'C=140 KG/CM2 + 70% PG	149.04	m3
05.04	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 + 30% PG	255.72	m3
05.05	CONCRETO F'C=175 KG/CM2	153.77	m3
05.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA ESTRUCTURAS	6035.46	m2
05.07	TUBERÍA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO CIRCULA DE DIÁMETRO 0.90M	419.20	m
05.08	TUBERÍA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO CIRCULAR DE DIÁMETRO 4.30M	15.07	m
05.09	TUBERÍA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO CIRCULAR DE DIÁMETRO 4.45M	16.87	m
05.10	CUNETAS	11395.89	m
06	TRANSPORTE		
06.01	TRANSPORTE DE MATERIALES GRANULARES CON DISTANCIAS ENTRE 120M Y 1000M	44615.32	m3- km
06.02	TRANSPORTE DE MATERIALES GRANULARES CON DISTANCIAS MAYORES A 1000M	188760.91	m3- km
06.03	TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES CON DISTANCIAS ENTRE 120M Y 1000M	104835.29	m3- km
06.04	TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES CON DISTANCIAS MAYORES A 1000M	252626.03	m3- km
07	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL		
07.01	SEÑALES PREVENTIVAS	100.00	und
07.02	SEÑALES REGLAMENTARIAS	2.00	und
07.03	SEÑALES INFORMATIVAS	2.00	und
07.04	MARCAS EN EL PAVIMENTO	3403.89	m2
07.05	POSTES DE KILOMETRAJE	11.00	und
08	PROTECCIÓN AMBIENTAL		
08.01	READECUACION AMBIENTAL DE CANTERAS	125437.97	m2

3.7.2. Presupuesto general

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRABAJOS PRELIMINARES				551,937.54
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	gib	1.00	470,387.08	470,387.08
01.02	TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN	km	11.40	2,172.76	24,769.46
01.03	CAMPAMENTO PROVISIONAL PARA LA OBRA	m2	300.00	189.27	56,781.00
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,967,578.54
02.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO	ha	20.08	3,114.33	62,535.75
02.02	EXCAVACION PARA EXPLANACIONES	m3	197,818.85	4.71	931,726.78
02.03	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONAS DE CORTE	m2	14,057.59	1.95	27,412.30
02.04	TERRAPLENES	m3	102,356.19	7.09	725,705.39
02.05	DEPÓSITO DE MATERIALES EXCEDENTES (DME)	m3	119,673.00	1.84	220,198.32
03	CAPAS ANTICONTAMINANTES SUBBASES Y BASES				2,831,448.57
03.01	SUBBASES GRANULARES	m3	26,218.63	55.55	1,456,444.90
03.02	BASES GRANULARES	m3	23,776.65	57.83	1,375,003.67
04	PAVIMENTOS FLEXIBLES				534,814.50
04.01	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	78,997.71	0.97	76,627.78
04.02	MICROPAVIMENTOS	m2	78,997.71	5.80	458,186.72
05	DRENAJE				2,603,029.66
05.01	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS	m3	2,449.93	6.75	16,537.03
05.02	RELLENOS PARA ESTRUCTURAS	m3	851.98	40.85	34,803.38
05.03	CONCRETO F'C=140 KG/CM2 + 70% PG	m3	149.04	193.07	28,775.15
05.04	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 + 30% PG	m3	255.72	288.15	73,685.72
05.05	CONCRETO F'C=175 KG/CM2	m3	153.77	320.50	49,283.29
05.06	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA ESTRUCTURAS	m2	6,035.46	67.40	406,790.00
05.07	TUBERÍA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO CIRCULA DE DIÁMETRO 0.90M	m	419.20	437.10	183,232.32
05.08	TUBERÍA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO CIRCULAR DE DIÁMETRO 4.30M (56 C)	m	15.07	2,443.99	36,830.93
05.09	TUBERÍA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO CIRCULAR DE DIÁMETRO 4.45M (58 C)	m	16.87	2,526.73	42,625.94
05.10	CUNETAS	m	11,395.89	151.85	1,730,465.90
06	TRANSPORTE				2,005,167.16
06.01	TRANSPORTE DE MATERIALES GRANULARES CON DISTANCIAS ENTRE 120M Y 1000M	m3-km	44,615.32	8.02	357,814.87
06.02	TRANSPORTE DE MATERIALES GRANULARES CON DISTANCIAS MAYORES A 1000M	m3-km	188,760.91	1.58	298,242.24
06.03	TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES CON DISTANCIAS ENTRE 120M Y 1000M	m3-km	104,835.29	8.70	912,067.02
06.04	TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES CON DISTANCIAS MAYORES A 1000M	m3-km	252,626.03	1.73	437,043.03
07	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				73,765.18
07.01	SEÑALES PREVENTIVAS	und	100.00	365.35	36,535.00
07.02	SEÑALES REGLAMENTARIAS	und	2.00	389.33	778.66
07.03	SEÑALES INFORMATIVAS	und	2.00	594.54	1,189.08
07.04	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	3,403.89	9.62	32,745.42
07.05	POSTES DE KILOMETRAJE	und	11.00	228.82	2,517.02
08	PROTECCIÓN AMBIENTAL				156,797.46
08.01	READECUACION AMBIENTAL DE CANTERAS	m2	125,437.97	1.25	156,797.46
	COSTO DIRECTO				10,724,538.61
	GASTOS GENERALES (10%)				1,072,453.86
	UTILIDAD (5%)				536,226.93
	SUBTOTAL				12,333,219.40
	IGV (18%)				2,219,979.49
	PRESUPUESTO TOTAL				14,553,198.89

SON : CATORCE MILLONES QUINIENTOS CINCUENTITRES MIL CIENTO NOVENTIOCHO Y 89/100 NUEVOS SOLES

3.7.3. Desagregado de gastos generales

Ver Anexo 5.

3.7.4. Análisis de costos unitarios

Ver Anexo 5.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados del estudio topográfico dieron a conocer el área de influencia de la carretera; además, es de suma importancia analizar las pendientes longitudinales y transversales del terreno para de esta manera clasificar la vía. Este análisis permitió determinar que las pendientes transversales en el tramo se encuentran entre 51% y 100%, clasificando la vía como una carretera tipo 3 o accidentada según el manual de DG-2018. Así mismo, las pendientes longitudinales están entre 2% y 10% predominando las pendientes entre 6% y 8% clasificando la carretera como tipo 3 según el manual de DG-2018, Guerrero (2017) en su investigación luego de procesar la información determinó que el terreno de su carretera fue accidentado. Por lo tanto, la clasificación del terreno es tipo 3 o una carretera con terreno accidentado, esta situación indica que el diseño tendrá movimientos de tierra de gran magnitud y con la presencia de curvas cerradas, en donde de necesitará velocidades de diseño bajas.

El CBR del terreno de fundación se determinó mediante la realización del ensayo de CBR en 4 calicatas. El manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos recomienda realizar como mínimo ensayos cada 2 kilómetros; no obstante, para el fin de este proyecto se realizaron cada 3 kilómetros. Los valores de CBR obtenidos fueron de 12.46%, 10.21%, 12.46% y 7.31% para las calicatas C-1, C-4, C-7 y C-10; no obstante, el CBR de diseño se determinó escogiendo el valor más crítico (7.31%) según las pautas del manual antes mencionado. Saldaña y Mera (2014) en su trabajo de investigación diseñaron una carretera cuyo terreno de fundación presentó un CBR de 14%; sin embargo, el método de diseño AASHTO fue el mismo que se utilizó en esta investigación.

En el estudio hidrológico se utilizó la estación meteorológica de Huacamarcanga, la misma que cuenta con información desde el año 1971 hasta el 2014 disponible en el SENAMHI. También se detectó que existen 2 quebradas que pasan por la carretera. Las quebradas pueden ser evacuadas a través de tubería Multiplate considerando el caudal a evacuar. Además, se diseñaron cunetas de 0.50x0.75 m (material: Concreto) y alcantarillas de alivio de TMC de 36” que garantizarán la evacuación adecuada de la vía. Según la investigación de Martínez (2013), diseñó 17 alcantarillas y 2 badenes utilizando tuberías TMC.

El diseño geométrico se realizó de acuerdo a la normativa establecida por Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el Manual de Diseño Geométrico (DG-2018). El índice medio diario anual (IMDA) fue de 96 vehículos en un periodo de vida útil de 20 años, la que según el manual de DG-2018 clasifica la carretera por su demanda como una vía de tercera clase; es decir para carreteras cuyo IMDA es menor a 400 vehículos diarios. Considerando las características del terreno y la demanda, se escogió una velocidad de diseño de 30 km/h; sin embargo, en lugares sinuosos o en curvas cerradas la velocidad puede ser hasta de 20 km/h. Se consideró un vehículo de diseño B2 (Ómnibus doble eje), radios mínimos 15 y 25 m para velocidades de 20 y 30 km/h respectivamente, pendiente máxima de 9.0% y mínima de 0.5%. Como resultado se obtuvo: 69 curvas horizontales y 11 curvas verticales, un ancho de calzada de 6 m con una inclinación del 3% y un ancho de berma de 0.50 con una inclinación del 6%. Guerrero (2017), en su tesis de investigación, obtuvo resultados parecidos a los obtenidos en esta tesis.

El estudio de impacto ambiental se realizó utilizando la matriz de Leopold, relacionando las etapas del proyecto (desde la etapa preliminar hasta el cierre), con las características ambientales. Se identificaron los impactos negativos y positivos más relevantes para los parámetros físicos, biológicos y socioeconómicos. El objetivo fundamental del estudio es proporcionar la información acerca de los efectos de las actividades constructivas sobre el medio ambiente. Estos impactos son contemplados en el plan de manejo ambiental para su prevención. En el proyecto se determinaron que la mayor cantidad de impactos negativos se dan durante la etapa de ejecución específicamente en las actividades de movimiento de tierra, explotación de canteras y conformación de la carpeta de rodadura, del mismo modo, Saldaña y Mera (2014) en su investigación determinó que el mayor impacto negativo lo generará el movimiento de tierras. Este resultado es esperado para carreteras de tercera clase porque estas vías presentan movimiento importante de tierras para su construcción.

El análisis de costos determinó que la partida más costosa es la correspondiente a las capas anticontaminantes subbases y bases, resultado esperado porque el espesor de estas es de 25 centímetros y se considera el chancado y zarandeado mecánico de los materiales de cantera para lograr las especificaciones requeridas. No se consideró la utilización de explosivos para las excavaciones debido a que el estudio de suelo no identificó rocas en el terreno.

V. CONCLUSIONES

- El estudio topográfico concluyó que la carretera estaba sobre un terreno tipo 3 o accidentado, con pendientes longitudinales máximas de 7.92%. En total fueron 2232 puntos que se levantaron durante el estudio topográfico.
- El estudio de mecánica arrojó que el terreno donde se sitúa la carretera posee arena con material arcilloso, clasificado en SUCS como SM, SM-SC, SC y CL y en ASSHTO como A-4, A-6, A-7-5 y A-7-6. En total fueron 12 calicatas y una cantera. El CBR de diseño de la subrasante fue de 7.31%. La cantera alcanzó un CBR de 82.84%.
- En el estudio hidrológico se tomó información de la estación Huacamarcanga, la cual tiene datos desde el año 1971 al 2014. Se tuvieron 50 tramos de cunetas de dimensiones 0.50 x 0.75 m. Se diseñaron 2 alcantarillas de paso de material Multiplate y 45 alcantarillas de alivio de TMC y de diámetro 36”.
- La realización del estudio geométrico diseñó 11449 metros de carretera con 69 curvas horizontales y 11 curvas verticales. La velocidad directriz fue de 30 km/h, un ancho mínimo de calzada de 6 metros con una inclinación de 3%, el peralte máximo es de 12%, las bermas se diseñaron con un ancho de 0.50 metros e inclinación de 6%. La carpeta de rodadura está compuesta de 2.5 cm de Micropavimento, 25 cm de base y 25 cm de subbase.
- Los mayores impactos negativos se producen al realizar los movimientos de tierra, explotación de la cantera y la conformación de la carretera. Los impactos positivos radicaron en la elaboración del proyecto mediante la generación del empleo.
- El costo total del proyecto es S/ 14 553 198.89 (Catorce millones quinientos cincuenta y tres mil ciento noventa y ocho y 89/100 soles). Es decir, el costo por cada kilómetro es de S/ 1 271 132.75. El presupuesto está distribuido de la siguiente manera:

Costo directo:	S/ 10 724 538.61
Gastos generales (10%):	S/ 1 072 453.86
Utilidad (5%):	S/ 536 226.93
IGV (18%):	S/ 2 219 979.49

VI. RECOMENDACIONES

- Los Bm's que se ubiquen a lo largo del tramo de la carretera deben estar situados de tal manera que sean visibles uno de otro, además, estar situados lejos de la calzada.
- El estudio de mecánica de suelos se debe realizar después de realizar el trazo de la carretera tanto en planta como en perfil, con el propósito de conocer las características del suelo por debajo del nivel de la subrasante así como en las zonas de corte.
- Una vez concluido todo el diseño geométrico, se realiza el estudio hidrológico, debido a que las alcantarillas que se quieren diseñan deben estar situadas en cotas exactas para que cumplan su función de drenaje.
- El diseño geométrico debe estar regido bajo las normas y parámetros establecidos en el manual de carreteras, para tener una carretera cómoda y sobre todo segura.

VII. REFERENCIAS

AGUDELO, Jhon. Diseño Geométrico de Vías. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 2002. 531pp.

AGUILAR, Luis. Diseño geométrico y pavimento flexible para mejorar accesibilidad vial en tres centros poblados, Pomalca, Lambayeque – 2016. Tesis (Ingeniería Civil). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2016.

ALVARADO, Wilder y MARTÍNEZ, Lorena. Propuesta para la actualización del diseño geométrico de la carretera Chancos – Vicos – Wiyash según criterios de seguridad y economía. Tesis (Ingeniería Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2016.

AASHTO. A policy on geometric design of highways and streets. Washington. 2001.

BAÑÓN, Luis. Manual de carreteras, Universidad de Alicante; Editorial EGC, Alicante, España, 2000.

CEBALLOS, Cuauhtémoc. Análisis de costos y presupuestos. Lima: editorial MACRO, 2014.

CHICOMA, James. Mejoramiento a nivel de afirmado carretera Cupisnique Trinidad – La Zanja, tramo: Km 10+00 – 15+00. Tesis (Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2013.

CHOW, Ven Te, MAIDMENT, David y MAYS, Larry. Hidrología aplicada. Bogotá: McGraw-Hill INTERAMERICANA S.A., 1994.

CUEVA, Wilson. Rehabilitación y mejoramiento de la carretera – Chugur Ninabamba, tramo I desde Chugur hasta El Tingo. Tesis (Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.

FLUJO Vehicular por Unidades de Peaje. Lima: INEI y PROVIAS, 2018. [fecha de consulta: 01 de noviembre de 2018].

Disponible en https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/10-informe-tecnico-n10_flujo-vehicular-ago2018.pdf

GARCÍA, María. Evaluación del impacto ambiental. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2010.

GÓMEZ, Domingo. Evaluación de impacto ambiental. Madrid: Editorial Mundiprensa, 2013.

GONZALES, Claves. Topografía para ingenieros civiles. Universidad de Quindío – Armenia. 2007. 191 p.

GUERRERO, Erick. Diseño de la carretera que une los caseríos de Muchucayda – nueva fortaleza – Cauchalda, distrito de Santiago de chuco, provincia de Santiago de chuco, departamento de La Libertad. Tesis (Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2017.

IDROGO, Felipe. Mejoramiento de la carretera cruce La Libertad – Nuevo Oriente – Masintranca, Tramo II desde Nuevo Oriente hasta Masintranca, distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca. Tesis (Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.

INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática (Perú). Informe Técnico: Evolución de la Pobreza Monetaria 2007-2016. Lima: INEI, 2017.

JUAREZ Eulalio y RICO Alfonso. Mecánica de Suelos – Tomo II: Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos. Bogotá: Editorial Limusa. 2011.

LA LIBERTAD, en el séptimo lugar en competitividad. [en línea]. Correo. 10 de marzo de 2018. [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://diariocorreo.pe/edicion/la-libertad/la-libertad-en-el-septimo-lugar-en-competitividad-807333/>

MAMANI, Ever y CHURA, Oliver. Diseño de intercambio vial a desnivel en las intersecciones de la carretera Panamericana Sur y la avenida El Estudiante de la ciudad de Puno. Tesis (Ingeniería Civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2016.

MARTÍNEZ, Samuel. Mejoramiento de la trocha carrozable Corralpampa – Sangal bajo. Tesis (Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2013.

MEJÍA Marcacuzco, Luis, Hidrología Aplicada, Universidad Nacional Agraria; Editorial UNALM, Lima, Perú, 2012. 125-178 pp.

MENDOZA, Jorge. Topografía. Lima: ediciones SEGRIN EIRL, 2013.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018. Perú, 2018. 284 pp.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013. Perú, 2013. 1282 pp.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de carreteras: Hidrología, hidráulica y drenaje. Perú, 2011. 209 pp.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Perú, 2016. 346 pp.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras. Perú, 2016. 395 pp.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de ensayo de materiales. Perú, 2013. 1269 pp.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de seguridad vial. Perú, 2017. 461 pp.

PATRASCU, Anghel. Construction cost engineering handbook. California: Editorial Taylor & Francis. 2008.

RENGIFO, Kimiko. Diseño de los pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km. 188 a 189). Tesis (Ingeniería Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014.

RICO, Hermilo. La ingeniería de Suelos. Editorial Limusa. Bogotá, 1992.

RODRÍGUEZ, Ángel. Manual de mecánica de suelos y cimentaciones. Ángel Muelas Rodríguez. UNED- Lima – 2010. 119 pp.

ROMERO, Marlong. Mejoramiento de la carretera Llapa – Guerreros – Las Viejas tramo: Km 0+00 al Km 6+00. Tesis (Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.

RUIZ, Adolfo. Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector vías generales de comunicación. Primera edición; México – 2002. 117 pp.

SALDAÑA, Paulo y MERA, Segundo. Diseño de la vía y mejoramiento hidráulico de obras de arte en la carretera Loero-Jorge Chávez, inicio en el km 7.5, distrito de Tambopata, región Madre de Dios. Tesis (Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2014.

SANCHEZ, Luis. Mejoramiento carretera cruce Paccha – Tallamac – Centro Poblado El Romero – Centro Poblado Pusoc, Primer Tramo. Tesis (Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2013.

TEZAGHI Von Kart y RALP B. Peck. “Mecánica de Suelos en la Ingeniería Practica” 2º edición; editorial El Ateneo. Argentina. 1991. 676 p.

TITO, Luis. Mejoramiento y rehabilitación de la carretera Ayacucho - Abancay, tramo IV, pertenece a la ruta PE – 28B. Tesis (Ingeniería Civil) Lima: Universidad Ricardo Palma, 2014.

TORRES, José. Topografía. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2016. 128 pp.

UGARTE. Olger. Diseño geométrico de carreteras con AutoCAD Civil 3D. Lima: Empresa editora MACRO, 2013.

VILLÓN, Máximo. Hidrología. Universidad Nacional Agraria; Editorial Villón, Lima, Perú. 2002. 2016 pp.

VIII. ANEXOS

- 8.1. Anexo 1.- Puntos topográficos
- 8.2. Anexo 2.- Resultados del estudio de mecánica de suelos
- 8.3. Anexo 3.- Estudio de tráfico
- 8.4. Anexo 4.- Especificaciones técnicas
- 8.5. Anexo 5.- Metrados, costos unitarios y desagregado de gastos generales
- 8.6. Anexo 6.- Panel fotográfico
- 8.7. Anexo 7.- Planos

PU-01	PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACION
PT-01	PLANO TOPOGRÁFICO TRAMOS 1 Y 2
PT-02	PLANO TOPOGRÁFICO TRAMOS 3 Y 4
PT-03	PLANO TOPOGRÁFICO TRAMOS 5 Y 6
PT-04	PLANO TOPOGRÁFICO TRAMOS 7 Y 8
H-01	DELIMITACIÓN DE MICROCUENCAS
H-02	PLANO HIDROLÓGICO TRAMO 1
H-03	PLANO HIDROLÓGICO TRAMO 2
H-04	PLANO HIDROLÓGICO TRAMO 3
H-05	DETALLE DE ALCANTARILLA TIPO TMC
H-06	DETALLE DE ALCANTARILLA TIPO MULTIPLATE
H-07	DETALLE DE ALCANTARILLA TIPO MULTIPLATE
DG-01	PLANO CLAVE DEL DISEÑO GEOMÉTRICO
DG-02	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL KM 0+000 - KM 1+000
DG-03	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL KM 1+000 - KM 2+000
DG-04	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL KM 2+000 - KM 3+000
DG-05	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL KM 3+000 - KM 4+000
DG-06	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL KM 4+000 - KM 5+000
DG-07	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL KM 5+000 - KM 6+000
DG-08	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL KM 6+000 - KM 7+000
DG-09	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL KM 7+000 - KM 8+000
DG-10	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL KM 8+000 - KM 9+000
DG-11	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL KM 9+000 - KM 10+000
DG-12	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL KM 10+000 - KM 11+000
DG-13	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL KM 11+000 - KM 11+448
DG-14	SECCIONES TRANSVERSALES KM 0+000 - KM 0+640
DG-15	SECCIONES TRANSVERSALES KM 0+660 - KM 1+200
DG-16	SECCIONES TRANSVERSALES KM 1+220 - KM 1+820

DG-17	SECCIONES TRANSVERSALES KM 1+830 - KM 2+600
DG-18	SECCIONES TRANSVERSALES KM 2+620 - KM 3+280
DG-19	SECCIONES TRANSVERSALES KM 3+290 - KM 3+850
DG-20	SECCIONES TRANSVERSALES KM 3+860 - KM 4+520
DG-21	SECCIONES TRANSVERSALES KM 4+540 - KM 5+160
DG-22	SECCIONES TRANSVERSALES KM 5+180 - KM 5+800
DG-23	SECCIONES TRANSVERSALES KM 5+820 - KM 6+260
DG-24	SECCIONES TRANSVERSALES KM 6+270 - KM 6+860
DG-25	SECCIONES TRANSVERSALES KM 6+870 - KM 7+580
DG-26	SECCIONES TRANSVERSALES KM 7+590 - KM 8+160
DG-27	SECCIONES TRANSVERSALES KM 8+180 - KM 8+780
DG-28	SECCIONES TRANSVERSALES KM 8+790 - KM 9+350
DG-29	SECCIONES TRANSVERSALES KM 9+360 - KM 9+950
DG-30	SECCIONES TRANSVERSALES KM 9+960 - KM 10+630
DG-31	SECCIONES TRANSVERSALES KM 10+640 - KM 11+270
DG-32	SECCIONES TRANSVERSALES KM 11+280 - KM 11+396
DG-33	SECCIÓN TÍPICA TRANSVERSAL CORTE-RELLENO
DG-34	SECCIÓN TÍPICAS TRANSVERSAL RELLENO-RELLENO
DG-35	SECCIÓN TÍPICA TRANSVERSAL CORTE-CORTE
DG-36	SEÑALIZACIÓN TRAMOS 1 Y 2
DG-37	SEÑALIZACIÓN TRAMOS 3 Y 4
DG-38	SEÑALIZACIÓN TRAMOS 5 Y 6

8.8. Anexo 8.- Otros