

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**Diseño de la carretera, El Eucalipto-Santa María-El Líbano, distrito de  
Cajaruro, provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas, 2018**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**Virgilio Eduardo Gallardo Esquen**

**ASESOR**

**Segundo Guillermo Carranza Cieza**

<https://orcid.org/0000-0001-9321-2501>

**Chiclayo, 2021**

**Diseño de la carretera, El Eucalipto-Santa María-El Líbano, distrito de  
Cajaruro, provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas, 2018**

PRESENTADA POR

**Virgilio Eduardo Gallardo Esquen**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR

Manuel Alejandro Borja Suarez

PRESIDENTE

Marlon Robert Cubas Armas

SECRETARIO

Segundo Guillermo Carranza Cieza

VOCAL

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser el padre todo poderoso que nos guía para lograr nuestros objetivos y metas.

A mis padres, por su amor, trabajo y entrega en todos estos años para realizarme como profesional y como persona.

Agradezco a los docentes de esta casa de estudios que me brindaron los conocimientos para desarrollar mis capacidades y habilidades.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor de tesis Segundo Guillermo Carranza Cieza por brindarme su enseñanza durante el desarrollo de la tesis y por ayudarme cada vez que se lo pedía y a aquellas personas que me compartieron sus ideas y reforzaron mis capacidades.

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad elaborar El Eucalipto-Santa María-El Líbano, Distrito de Cajaruro, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas, 2018; pues la zona cuenta únicamente con un camino de herradura, que en épocas de precipitaciones pluviales impide y dificulta el tránsito de las personas y animales de carga que sirven para el intercambio comercial, causando elevados costos de transporte tanto en tiempo como en dinero, además de causar su incomunicación y aislamiento por su difícil acceso, dificultando el intercambio social y cultural.

La construcción de la carretera antes mencionada interconectará estas localidades con la capital provincial e impulsará el desarrollo económico y comercial, generando oportunidades laborales durante su ejecución, propiciando desarrollo agrícola y ganadero, permitiendo así mejorar la calidad de vida de la población.

La tesis en mención será realizada en cuatro fases programadas:

FASE I: Visita a la zona de proyecto y recolección de información.

FASE II: Estudios Básicos

FASE III: Diseño de la carretera

FASE IV: Diseño de cada componente del proyecto

**PALABRAS CLAVE:** Diseño geométrico, obras de arte, superficie de rodadura, estudios de ingeniería básica, parámetros técnicos de diseño.

## **ABSTRACT**

The purpose of this project is to design El Eucalipto-Santa María-El Líbano, district de Cajaruro, Province de Utcubamba, department of Amazonas, because this area count only with a bridle path, that in epochs of precipitation prevents and hinders the transit of people and cummings, that serve for the commercial exchange causing high transport costs both in time and money, in addition to causing there in communication and isolation for their difficult access.

The construction of the aforementioned road will interconnect these localities with the province capital and will promote economic and commercial development, generating job opportunities during its execution, favoring the agricultural and livestock development, thus improving the quality of life of the population.

The thesis in question will be carried out in four phases scheduled:

PHASE I: Visit the project area and gathering information.

PHASE II: Basic Studies

PHASE III: Design of the road

PHASE IV: Design of each project component

**KEYWORDS:** Geometric design, works of art, rolling surface, basic engineering studies, technical design parameters.

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	19
<b>II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROYECTO .....</b>	25
<b>2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO .....</b>	25
<b>III. MATERIALES Y METODOLOGIA .....</b>	26
<b>3.1. DISEÑO DE INVESTIGACION.....</b>	26
<b>3.1.1. Tipo de investigación.....</b>	26
<b>3.1.2. Población, muestra de estudio y muestreo.....</b>	26
<b>3.1.3. Técnicas e instrumentos de recolección.....</b>	26
<b>3.1.4. Plan de procesamiento para análisis de datos.....</b>	28
<b>3.2. METODOLOGÍA .....</b>	29
<b>3.2.1. ESTUDIO DE TRÁFICO .....</b>	29
<b>3.2.1.1. Localización geográfica de la carretera.....</b>	30
<b>3.2.1.2. Objetivos.....</b>	31
<b>3.2.1.3. Conteos volumétricos de tráfico.....</b>	31
<b>3.2.1.4. Estación de conteo.....</b>	31
<b>3.2.1.5. Proyección de tráfico .....</b>	33
<b>3.2.2. ESTUDIO DE RUTAS .....</b>	37
<b>3.2.2.1. Objetivos.....</b>	37
<b>3.2.2.2. Elección de la ruta .....</b>	38
<b>3.2.2.3. Definición del tipo de terreno y la máxima pendiente.....</b>	40
<b>3.2.2.4. Identificación de alineamiento y puntos obligados .....</b>	40
<b>3.2.2.5. Ruta propuesta en campo.....</b>	42
<b>3.2.2.6. Trazado de la línea de pendiente .....</b>	43
<b>3.2.2.7. Criterios de selección de las diferentes alternativas .....</b>	43
<b>3.2.2.7.1. Topografía del lugar .....</b>	44
<b>3.2.2.7.2. Longitud de carretera.....</b>	45
<b>3.2.2.7.3. Población beneficiada .....</b>	45
<b>3.2.2.7.4. Derechos de vía .....</b>	45
<b>3.2.2.7.5. Cantidad de obras de arte .....</b>	46
<b>3.2.2.7.6. Impactos negativos.....</b>	46
<b>3.2.2.7.7. Metodología de la selección de rutas .....</b>	46
<b>3.2.3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO .....</b>	47
<b>3.2.3.1. Objetivos.....</b>	47
<b>3.2.3.2. Trabajos de campo .....</b>	48

<b>3.2.4.</b>	<b>ESTUDIO DE SUELOS</b> .....	53
3.2.4.1.	Introducción.....	53
3.2.4.2.	Descripción de la vía existente.....	53
3.2.4.3.	Estado superficial de la vía.....	53
3.2.4.4.	Exploración de suelos.....	54
3.2.4.5.	Descripción de los trabajos realizados en el proyecto.....	56
3.2.4.6.	Ensayos de laboratorio.....	57
<b>3.2.5.</b>	<b>ESTUDIO DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA</b> .....	58
3.2.5.1.	Estudio de canteras.....	58
3.2.5.1.1.	Cantera Cerro Catache.....	59
3.2.5.2.	Metodología del estudio de canteras.....	61
3.2.5.2.1.	Trabajo de campo.....	61
3.2.5.2.2.	Ensayo de laboratorio de canteras.....	62
3.2.5.3.	Estudio de fuentes de agua.....	62
<b>3.2.6.</b>	<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO</b> .....	63
3.2.6.1.	Objetivos.....	63
3.2.6.2.	Metodología de trabajo.....	63
3.2.6.3.	Características físicas de la cuenca.....	63
3.2.6.4.	La red hidrográfica.....	63
3.2.6.5.	Identificación de puntos de estudio.....	64
3.2.6.6.	Trazo de parte aguas.....	64
3.2.6.7.	Selección del periodo de retorno.....	68
3.2.6.8.	Modelos de distribución.....	70
3.2.6.9.	Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia.....	70
3.2.6.10.	Tiempo de concentración.....	72
<b>3.2.7.</b>	<b>DISEÑO GEOMÉTRICO</b> .....	73
3.2.7.1.	Clasificación de las carreteras.....	73
3.2.7.2.	Vehículo de diseño.....	73
3.2.7.3.	Tangentes mínimas y máximas.....	74
3.2.7.4.	Radios mínimos.....	74
3.2.7.5.	Elementos de una curva horizontal.....	76
3.2.7.6.	Sobreechancho.....	77
3.2.7.7.	Peralte en curvas.....	78
3.2.7.8.	Longitud de transición de peralte.....	78
3.2.7.9.	Curvas de transición.....	79
3.2.7.10.	Longitud de espirales.....	79
3.2.7.11.	Elementos de la curva de transición –curva circular.....	79

3.2.7.12.	Determinación gráfica de distancias de visibilidad en curvas en planta (despeje lateral) .....	81
3.2.7.13.	Diseño geométrico de perfil .....	81
3.2.7.14.	Pendiente mínima .....	81
3.2.7.15.	Pendiente máxima.....	82
3.2.7.16.	Curvas verticales.....	82
3.2.7.17.	Tipo de curvas verticales .....	82
3.2.7.18.	Curva vertical simétrica .....	84
3.2.7.19.	Curva vertical asimétrica .....	85
3.2.7.20.	Longitud de las curvas convexas.....	85
3.2.7.21.	Longitud de curvas cóncavas .....	87
3.2.7.22.	Calzada .....	88
3.2.7.23.	Bombeo de calzada .....	89
3.2.7.24.	Bermas.....	89
3.2.7.25.	Taludes .....	89
3.2.8.	<b>DISEÑO DE PAVIMENTO</b> .....	90
3.2.8.1.	Cálculo ESAL de diseño .....	90
3.2.8.2.	Espesor del pavimento – método AASHTO.....	92
3.2.9.	<b>OBRAS DE DRENAJE Y DISEÑO HIDRÁULICO</b> .....	92
3.2.9.1.	Drenaje Superficial.....	92
3.2.9.1.1.	Cunetas .....	93
3.2.9.1.1.1.	Capacidad de cunetas .....	93
3.2.9.1.1.2.	Velocidades límites admisibles .....	95
3.2.9.1.1.3.	Caudal de aporte.....	96
3.2.9.1.1.4.	Dimensiones mínimas .....	96
3.2.9.1.1.5.	Desagüe de cuneta.....	96
3.2.9.2.	Drenaje transversal .....	97
3.2.9.2.1.	Alcantarillas .....	97
3.2.9.2.1.1.	Espesor mínimo de relleno sobre las alcantarillas .....	97
3.2.9.2.1.2.	Protección de los extremos de las alcantarillas muros de cabeza .....	97
3.2.9.2.1.3.	Cajas de entrada y desarenadores .....	97
3.2.9.2.1.4.	Muro transversal.....	97
3.2.9.2.1.5.	Cajón de entrada.....	97
3.2.9.2.1.6.	Tipo de salida. ....	97
3.2.9.2.1.7.	Desarenador. ....	97
3.2.9.2.1.8.	Alineamiento .....	98
3.2.9.2.1.9.	Pendiente de la alcantarilla .....	99
3.2.9.2.1.10.	Diseño hidráulico .....	99

3.2.9.2.1.11.	Material solido de arrastre .....	101
3.2.9.2.1.12.	Borde libre .....	101
3.2.9.2.1.13.	Socavación local a la salida de la alcantarilla .....	101
3.2.10.	<b>EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL</b> .....	102
3.2.10.1.	Resumen Ejecutivo .....	104
3.2.10.2.	Objetivos.....	104
3.2.10.3.	Marco legal.....	104
IV.	<b>RESULTADOS</b> .....	105
4.1	<b>ESTUDIO DE TRÁFICO</b> .....	105
4.1.1.	<b>RESULTADOS DE LOS CONTEOS VOLUMÉTRICOS DEL ESTUDIO DE TRÁFICO</b> .....	105
4.1.2.	<b>RESULTADOS DE LOS AFOROS DE TRÁNSITO</b> .....	105
4.1.3.	<b>CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)</b> .....	106
4.1.4.	<b>HORIZONTE DEL PROYECTO</b> .....	106
4.1.5.	<b>PROYECCIÓN DEL TRÁFICO</b> .....	106
4.1.5.1.	Proyección del tráfico normal.....	107
4.1.5.2.	Proyección del tráfico generado.....	107
4.2.	<b>ESTUDIO DE RUTAS</b> .....	107
4.2.1.	<b>RUTA ALTERNATIVA N°01 Y N°02</b> .....	107
4.2.2.	<b>CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS</b> 108	
4.2.2.1.	Topografía del lugar .....	108
4.2.2.2.	Longitud de carretera.....	108
4.2.2.3.	Población beneficiada .....	116
4.2.2.4.	Factibilidad de adquisición de derechos de vía .....	116
4.2.2.5.	Cantidad de obras de arte .....	117
4.2.2.6.	Análisis económico.....	117
4.2.2.7.	Impactos ambientales negativos .....	119
4.2.3.	<b>SELECCIÓN DE LA RUTA</b> .....	120
4.2.4.	<b>RUTA DEFINITIVA: ALINEAMIENTO PRELIMINAR</b> .....	121
4.3.	<b>ESTUDIO TOPOGRÁFICO</b> .....	121
4.3.1.	<b>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</b> .....	121
4.3.2.	<b>TRABAJO DE GABINETE</b> .....	122
4.3.2.1.	Exportación de datos topográfico .....	122
4.4.	<b>ESTUDIO DE SUELOS</b> .....	123
4.4.1.	<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO</b> .....	124

<b>4.5.</b>	<b>ESTUDIOS DE CANTERAS Y FUENTE DE AGUA</b> .....	126
4.5.1.	ESTUDIO DE CANTERAS .....	126
4.5.1.1.	Resultados de los ensayos de cantera San Juan de la Libertad .....	127
4.5.2.	BOTADEROS .....	127
4.5.3.	ESTUDIO DE FUENTES DE AGUAS .....	128
4.5.4.	DISEÑO DE MEZCLA .....	129
<b>4.6.</b>	<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO</b> .....	131
4.6.1.	ÁREA DE LA SUB-CUENCA .....	131
4.6.2.	LONGITUD DEL CAUCE MÁS LARGO Y PENDIENTE MEDIA .....	131
4.6.3.	ANÁLISIS HIDROLÓGICO .....	131
4.6.3.1.	Generalidades .....	131
4.6.3.2.	Análisis estadístico de los datos de precipitaciones .....	132
4.6.3.2.1.	Análisis pluviométrico .....	132
4.6.3.2.2.	Análisis de distribución de probabilidad estadísticas (método gráfico) 133	
4.6.3.2.3.	Prueba de bondad de ajuste Smirnov – Kolmogorov .....	135
4.6.3.2.4.	Riesgo admisible .....	137
4.6.4.	CALCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA .....	138
4.6.5.	CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF) .....	148
4.6.6.	CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN .....	149
4.6.7.	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA .....	149
4.6.8.	PERIODO DE RETORNO DE DIFERENTES ELEMENTOS DE DRENAJE SUPERFICIAL .....	150
4.6.9.	CALCULO DE CAUDAL DE DISEÑO .....	151
4.6.9.1.	Determinación de la intensidad de diseño .....	151
4.6.9.2.	Cálculo del caudal máximo .....	152
<b>4.7.</b>	<b>DISEÑO GEOMÉTRICO</b> .....	152
4.7.1.	DISEÑO GEOMETRICO HORIZONTAL .....	152
4.7.1.1.	Curvas horizontales .....	153
4.7.1.2.	Verificación de radios mínimos .....	153
4.7.1.3.	Elementos de la curva circular .....	153
4.7.1.4.	Sobreancho .....	156
4.7.1.5.	Peralte en curva .....	157
4.7.1.6.	Longitud de transición de peralte: .....	158
4.7.1.7.	Curvas de transición .....	159
4.7.2.	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL .....	164

4.7.3.	<b>DISEÑO DE SECCION TRANSVERSAL</b> .....	167
4.7.3.1.	Calzada .....	167
4.7.3.2.	Bermas .....	167
4.7.3.3.	Ancho de la plataforma .....	167
4.7.3.4.	Plazoleta .....	168
4.7.3.5.	Taludes .....	168
4.7.3.6.	Diagrama de masas .....	170
4.8.	<b>DISEÑO DE PAVIMENTO</b> .....	170
4.8.1.	<b>CÁLCULO DEL ESAL DE DISEÑO</b> .....	172
4.8.2.	<b>ESPESOR DEL PAVIMENTO</b> .....	174
4.9.	<b>OBRAS DE DRENAJE Y DISEÑO HIDRÁULICO</b> .....	175
4.9.1.	<b>DRENAJE SUPERFICIAL DE LA CARRETERA</b> .....	175
4.9.1.1.	CUNETAS .....	175
4.9.1.1.1.	Caudal de diseño .....	175
4.10.	<b>EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL</b> .....	177
4.10.1.	<b>Descripción y análisis del proyecto</b> .....	177
4.10.1.1.	Ubicación y ámbito de estudio .....	177
4.10.1.2.	Condición actual del acceso a las localidades .....	177
4.10.1.3.	Área de influencia del estudio .....	178
4.10.1.3.1.	Área de Influencia directa (AID) .....	178
4.10.1.3.2.	Área de influencia indirecta (AII) .....	178
4.10.2.	<b>ESTUDIO DE LÍNEA BASE</b> .....	179
4.10.2.1.	Aspectos físicos .....	179
4.10.2.2.	Aspectos biológicos .....	180
4.10.2.3.	<b>ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS</b> .....	181
4.10.2.1.	<b>Identificación y evaluación de impactos ambientales</b> .....	184
4.10.2.1.	<b>Identificación y evaluación de impactos ambientales potenciales</b> .....	184
4.10.2.1.1.	Etapa de planificación o pre construcción .....	184
4.10.2.1.2.	Etapa de construcción .....	185
4.10.2.1.3.	<b>Alteraciones Medio Ambientales por Mala Disposición de Material Excedente.</b> 187	
4.10.2.1.4.	etapa de operación .....	188
4.10.2.2.	<b>Identificación de impactos ambientales propiamente dichos</b> .....	188
5.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	191
6.	<b>REFERENCIAS</b> .....	192

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N°: 1 Relación de canteras para estudio .....	61
Cuadro N°: 2 Resumen de aforo de tránsito .....	105
Cuadro N°: 3 Resultados de IMDA afectados con los factores de corrección .....	106
Cuadro N°: 4 Resultados de IMDA afectados con los factores de corrección .....	107
Cuadro N°: 5 Resultado del IMDA generado para 20 años. ....	107
Cuadro N°: 6 Longitud y tiempo de viaje de ambas alternativas .....	108
Cuadro N°: 7 Variación de velocidades en curvas alternativa N° 01 .....	109
Cuadro N°: 8 Variación de velocidades en curvas alternativa N° 02 .....	110
Cuadro N°: 9 variaciones de velocidades de ambas alternativas .....	111
Cuadro N°: 10 Análisis y cumplimiento técnico de alternativa N° 01 .....	112
Cuadro N°: 11 Análisis y cumplimiento técnico de alternativa N° 02 .....	114
Cuadro N°: 12 beneficiados directos e indirectos .....	116
Cuadro N°: 13 Áreas de expropiación de ambas alternativas .....	117
Cuadro N°: 14 Número de obras de arte de ambas alternativas .....	117
Cuadro N°: 15 Volumen de material acumulado en la alternativa N° 01 .....	117
Cuadro N°: 16 Volumen de material acumulado en la alternativa N° 02 .....	118
Cuadro N°: 17 Costo de la alternativa N°01 .....	118
Cuadro N°: 18 Costo de alternativa N°02 .....	119
Cuadro N°: 19 Cuadro resumen de análisis de alternativas .....	120
Cuadro N°: 20 Ubicación de calicatas .....	123
Cuadro N°: 21 Resumen de resultados de los ensayos de laboratorio de suelos .....	124
Cuadro N°: 22 Resultado de PROCTOR Y CBR .....	126
Cuadro N°: 23 Resumen del ensayo de afirmado cantera San Juan de la Libertad .....	127
Cuadro N°: 24 Ubicación de botadero .....	127
Cuadro N°: 25 Resumen Fuente de abastecimiento el San Juan de la Libertad .....	128
Cuadro N°: 26 Áreas de las subcuentas en estudio .....	131
Cuadro N°: 27 Longitud de los cauces principales de las cuencas .....	131
Cuadro N°: 28 Serie de datos pluviométricos ordenados .....	132
Cuadro N°: 29 Periodo de retorno de cada precipitación .....	133
Cuadro N°: 30 Distribuciones estadísticas .....	134
Cuadro N°: 31 parámetros de frecuencias .....	135
Cuadro N°: 32 Prueba de bondad y ajuste .....	135
Cuadro N°: 33 Probabilidad expresadas en porcentaje .....	136
Cuadro N°: 34 Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov .....	136
Cuadro N°: 35 Periodo de retorno según tipo de obra .....	137
Cuadro N°: 36 Parámetros de tiempo y riesgo según el tipo de obra .....	138
Cuadro N°: 37 Coeficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora .....	138
Cuadro N°: 38 precipitaciones máximas por tiempo de duración .....	139
Cuadro N°: 39 Periodo de retorno para T= 2 años .....	140
Cuadro N°: 40 Periodo de retorno para T= 5 años .....	140
Cuadro N°: 41 Periodo de retorno para T=10 años .....	141
Cuadro N°: 42 Gráfica Periodo de retorno para T=25 años .....	142

Cuadro N°: 43 Periodo de retorno para T=50 años .....	143
Cuadro N°: 44 Periodo de retorno para T=100 años .....	144
Cuadro N°: 45 Periodo de retorno para T=500 años .....	145
Cuadro N°: 46 Gráfica Periodo de retorno para T=500 años .....	146
Cuadro N°: 47 Resumen de aplicación de regresión potencial .....	146
Cuadro N°: 48 Regresión potencial .....	147
Cuadro N°: 49 Tabla de intensidades - Tiempo de duración.....	148
Cuadro N°: 50 Curvas IDF de la cuenca .....	148
Cuadro N°: 51 Tiempos de concentración de las cuencas en estudio .....	149
Cuadro N°: 52 Coeficientes de escorrentía método racional.....	149
Cuadro N°: 53 Coeficientes de escorrentía de las cuencas en estudio .....	150
Cuadro N°: 54 Periodos de retorno para diseño de obras de drenaje en carreteras de bajo volumen de tránsito .....	151
Cuadro N°: 55 Intensidad máx., (mm/hr), duración igual al tc .....	151
Cuadro N°: 56 Caudales de diseño para diferentes periodos de retorno .....	152
Cuadro N°: 57 verificación de tangentes tramo largo .....	152
Cuadro N°: 58 Radio mínimo de curvatura .....	153
Cuadro N°: 59 Parámetros de curvas horizontales – circulares.....	154
Cuadro N°: 60 sobreeanchos en cada curva .....	156
Cuadro N°: 61 peraltes en curvas .....	157
Cuadro N°: 62 Cuadro de longitud de transición de peralte.....	158
Cuadro N°: 63 Longitud de transición de peralte .....	159
Cuadro N°: 64 Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras .....	159
Cuadro N°: 65 Verificación curva o curva espiral .....	160
Cuadro N°: 66 Longitud de espirales y longitudes de transición de peralte en cada curva .....	161
Cuadro N°: 67 Datos de curvas verticales .....	164
Cuadro N°: 68 Cuadro de longitud mínima de curva según visibilidad de parada .....	165
Cuadro N°: 69 Cuadro de longitud mínima según visibilidad de paso .....	166
Cuadro N°: 70 El ancho de la plataforma a nivel de rasante .....	167
Cuadro N°: 71 Cuadro resumen de volúmenes .....	170
Cuadro N°: 72 Datos para el cálculo de ESAL .....	172
Cuadro N°: 73 ESAL de diseño para cada tipo de vehículo pesado.....	174
Cuadro N°: 74 Datos de CBR.....	174
Cuadro N°: 75 Dimensiones de cuneta.....	176

## LISTA DE TABLAS

Tabla N°: 1 Taza de crecimiento vehicular .....	35
Tabla N°: 2 Taza de crecimiento porcentual Amazonas –PBI .....	35
Tabla N°: 3 Factor de corrección promedio para vehículos ligeros .....	36
Tabla N°: 4 Factor de corrección promedio para vehículos pesados .....	36
Tabla N°: 5 Pendientes máxima dadas por el Dg-2018.....	40
Tabla N°: 6 Número de calicatas para exploración .....	54
Tabla N°: 7 Número de ensayos CBR y Mr .....	55
Tabla N°: 8 Ensayos de Laboratorio.....	57
Tabla N°: 9 Características físico – mecánicas y químicas .....	62
Tabla N°: 10 Requerimientos Agregado Fino .....	62
Tabla N°: 11 Valores de Período de Retorno T (Años).....	69
Tabla N°: 12 Riesgo Admisible.....	69
Tabla N°: 13 coeficiente de duración de lluvias entre 48 horas y una hora .....	71
Tabla N°: 14 Formula de Kirpich para calcular el tiempo de concentración .....	72
Tabla N°: 15 Rango de velocidades de diseño .....	73
Tabla N°: 16 Longitudes de tramos tangentes.....	74
Tabla N°: 17 Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras.....	75
Tabla N°: 18 Tabla de longitud mínima de transición de peralte.....	78
Tabla N°: 19 Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase .....	79
Tabla N°: 20 Tabla de longitud mínima de transición de peralte.....	82
Tabla N°: 21 Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de tercera clase.....	86
Tabla N°: 22 Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de tercera clase.....	88
Tabla N°: 23 Anchos mínimos de calzada en tangente .....	88
Tabla N°: 24 Bombeo de calzada .....	89
Tabla N°: 25 Ancho de bermas.....	89
Tabla N°: 26 Valores referenciales para taludes en corte H/V .....	89
Tabla N°: 27 Talud referencial en zona de relleno (terraplenes).....	90
Tabla N°: 28 Factores de equivalencia de carga.....	91
Tabla N°: 29 Coeficientes de Manning .....	94
Tabla N°: 30 Velocidad limite admisible .....	95
Tabla N°: 31 Dimensiones Mínimas cunetas .....	96
Tabla N°: 32 Valores de coeficiente de Rugosidad de Manning(n).....	100
Tabla N°: 33 Velocidades máximas admisibles (m/s) en conductos revestidos.....	101
Tabla N°: 34 categorías de sub rasante.....	126
Tabla N°: 35 Valores del bombeo de la calzada.....	167
Tabla N°: 36 Pendiente transversal mínimas de las bermas.....	167
Tabla N°: 37 Periodo de retorno según obra .....	176

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen N°: 1 Localización del Proyecto .....	30
Imagen N°: 2 Kilómetro 1+500 de la carretera Santa Juan de la Libertad-Buenos Aires .....	32
Imagen N°: 3 Mapa local del proyecto y Puntos obligatorios del proyecto .....	41
Imagen N°: 4 Topografía de alternativa N°01 .....	44
Imagen N°: 5 Topografía de alternativa N°02.....	45
Imagen N°: 6 Ubicación política de la zona de estudios .....	49
Imagen N°: 7 Ubicación de la zona de estudio.....	49
Imagen N°: 8 Estación.....	50
Imagen N°: 9 Delimitación de la subcuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga, del punto de estudio N°01. ....	64
Imagen N°: 10 Delimitación de la subcuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga, del punto de estudio N°02. ....	64
Imagen N°: 11 Delimitación de la sub cuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga, del punto de estudio N°03. ....	65
Imagen N°: 12 Delimitación de la subcuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga, del punto de estudio N°04. ....	65
Imagen N°: 13 Delimitación de la subcuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga, del punto de estudio N°05. ....	66
Imagen N°: 14 Delimitación de la subcuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga del punto de estudio N°06. ....	66
Imagen N°: 15 Delimitación de la subcuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga, del punto de estudio N°07. ....	67
Imagen N°: 16 Delimitación de la subcuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga, del punto de estudio N°08. ....	67
Imagen N°: 17 Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño .....	68
Imagen N°: 18 fórmula para hallar el radio mínimo .....	74
Imagen N°: 19 Simbología de la curva circular diseño horizontal.....	77
Imagen N°: 20 Fórmula para determinar el sobreebanco.....	77
Imagen N°: 21 Grafica de peralte en zona rural (orografía 3 o 4).....	78
Imagen N°: 22 Fórmulas para Lmin-Lmax de espirales (carreteras de tercera clase)....	79
Imagen N°: 23 Elementos de curva de transición –curva circula.....	80
Imagen N°: 24 Despeje lateral.....	81
Imagen N°: 25 Tipo de curvas verticales convexas y cóncavas .....	83
Imagen N°: 26 Tipo de curvas simétricas y asimétricas.....	83
Imagen N°: 27 Elementos de la curva vertical simétrica .....	84
Imagen N°: 28 Elementos de la curva vertical Asimétrica.....	85
Imagen N°: 29 . Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada.....	85
Imagen N°: 30 . Longitud mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso .....	86
Imagen N°: 31 longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas.....	87

Imagen N°: 32 Drenaje Superficial .....	92
Imagen N°: 33 Sección típica de cuneta triangular .....	93
Imagen N°: 34 Protección contra socavación.....	98
Imagen N°: 35 Alineamientos de alcantarillas .....	98
Imagen N°: 36 Grafica de fluctuación del tráfico durante los 7 días .....	105
Imagen N°: 37 Grafica de distribuciones estadísticas .....	134
Imagen N°: 38 Prueba de bondad y ajuste.....	136
Imagen N°: 39 Grafica Periodo de retorno para T= 2 años .....	140
Imagen N°: 40 Gráfica Periodo de retorno para T= 5 años .....	141
Imagen N°: 41 Gráfica Periodo de retorno para T=10 años .....	142
Imagen N°: 42 Gráfica Periodo de retorno para T=25 años .....	143
Imagen N°: 43 Gráfica Periodo de retorno para T=50 años .....	144
Imagen N°: 44 Gráfica Periodo de retorno para T=100años .....	145
Imagen N°: 45 Gráfico de constante de regresión D .....	147
Imagen N°: 46 Elementos de curva circular .....	153
Imagen N°: 47 Grafico de Diagrama de masas. ....	170
Imagen N°: 48 Tráfico vehicular (veh/día), proyección 20 años .....	171
Imagen N°: 49 Distribución porcentual por tipo de vehículo.....	171
Imagen N°: 50 Sección típica de cuneta triangular .....	175
Imagen N°: 51 detalle de cuneta diseñada.....	176
Imagen N°: 52 Mapa Ubicación del proyecto .....	177
Imagen N°: 53 Trazo definitivo para la delimitación de la influencia directa a lo largo .....	178
Imagen N°: 54 Geología del terreno.....	179

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N°: 1 Reconocimiento de terreno para análisis de rutas. ....	39
Fotografía N°: 2 Trabajos preliminares .....	48
Fotografía N°: 3 Punto de Partida del Levantamiento topográfico .....	52
Fotografía N°: 4 Bm colocados en el levantamiento topográfico .....	52
Fotografía N°: 5 Estado superficial del camino de herradura existente. ....	54
Fotografía N°: 6 fotografías de la extracción de suelos .....	57
Fotografía N°: 7 Levantamiento topográfico realizada en coordenadas UTM .....	121
Fotografía N°: 8 Árboles en la zona del proyecto .....	181
Fotografía N°: 9 Agricultura.....	182
Fotografía N°: 10 Crianza de ganado vacuno.....	183
Fotografía N°: 11 Centro de Salud San Juan de la Libertad.....	183
Fotografía N°: 12 Institución educativas primarias .....	184

## I. INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial es sumamente importante en un país para lograr un nivel de articulación y comunicación que favorezca el desarrollo económico, pues permite reducir distancias, acercar mercados, ahorrar tiempo y disminuir costos. Así, un sistema amplio y en buen estado de carreteras permite romper el aislamiento ya que permite tentar nuevas oportunidades en términos de mayor empleo, intercambio comercial, turismo y calidad de vida. (IPE, 2012)

Provías Nacional indica, en el Programa de inversiones 2011 – 2016 Gestión Estratégica – Corredores Logísticos, lo siguiente: “La infraestructura de transporte, constituye el soporte necesario para una economía en desarrollo como el Perú y la calidad de esta repercute de manera importante en la competitividad del país”.

La infraestructura vial en el Perú al 2014, según Provías Nacional, se compone de 165,466.6 km de carreteras, los cuales se clasifican en tres tipos de redes: Red Primaria o nacional (15.59%), Red secundaria o departamental (15.12%) y Red terciaria o caminos vecinales (69.29%). (VER ANEXO, TABLA N°3.1)

Los caminos vecinales tienen el mayor porcentaje en la infraestructura vial, pues constituye un componente fundamental de la estrategia nacional de desarrollo; entre sus más importantes contribuciones se encuentran: la reducción de costos de transporte y consiguiente incremento de la rentabilidad de las actividades productivas; reducción de costos de transacción, que enfrentan especialmente los productores para su integración a los mercados; y reducción de tiempos de movilización y desplazamiento de personas y mercancías. (Torres 2016)

El distrito de Cajaruro es uno de los siete distritos de la Provincia de Utcubamba, ubicado en el Departamento de Amazonas (VER ANEXO, IMAGEN N° 4.1), se encuentra ubicado a 455 msnm y tiene una población que asciende a 28 403 habitantes al año 2015, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (VER ANEXO, CUADRO N°2.1).

La principal actividad económica es la agricultura y la ganadería con un 83 % de la población económicamente activa (VER ANEXO, GRÁFICO N° 5.01) siendo el cultivo principal la arroz, maíz y plátano ya que por sus temperaturas calurosas es ideal para

dichos cultivos, en los últimos años ha tomado mucha importancia lo que es la ganadería no solo por su comercialización sino también por la producción de leche y sus derivados convirtiéndose en un foco importante como actividad económica. De acuerdo al mapa de pobreza FONCODES, el distrito de Cajaruro se encuentra clasificado como POBRE con un puntaje de 2, en una escala del 1 al 5, siendo 1 más pobre y 5 menos pobre. El 69% de la población está ubicada en la zona rural y el índice de desarrollo humano es 0.54, este distrito tiene deficiencias en su desarrollo con un alto índice de analfabetismo. (VER ANEXO, CUADRO N°2.2).

Para poder llegar a la zona de estudio desde la ciudad de Chiclayo, se necesita hacer un recorrido por la carretera Fernando Belaunde hasta la ciudad de Bagua Grande con un total 327 km en 6 horas. A partir de ahí tomar el desvío que nos llevará hacia el Centro Poblado de San Juan, recorriendo una distancia aproximada de 20 km en 30 minutos con vehículo motorizado. Desde el Centro Poblado de San Juan hasta el punto de inicio de mi proyecto el caserío El Eucalipto existe un recorrido aproximadamente de 20 km en 30 minutos con vehículo motorizado. Desde El caserío El Eucalipto hacía el caserío Santa María existe un camino de herradura de 2.0 km con un tiempo de recorrido de 1 hora y 00 minutos, siguiendo la ruta caminamos 6.2 kilómetros en 3 hora y 00 minutos hasta llegar el Caserío El Líbano, teniendo un recorrido total de 8.2 km. (VER ANEXO, CUADRO N°2.3 E IMAGEN N°4.2).

La falta de una buena infraestructura vial hace que estos pueblos sean afectados en diversos sectores.

La zona en estudio presenta una gran variedad de productos agrícolas destacando: café, cacao y plátano con 365, 95 y 435 toneladas respectivamente, representando una producción de 37% el caserío de Eucalipto, 45% Santa María, 18% El Líbano. (VER ANEXO, CUADRO N°2.4).

Cabe resaltar que esta producción se ve afectada debido a la inexistencia de una Carretera, esto incrementa cuando inician las épocas de lluvia ya que los caminos de herradura se vuelven intransitables ocasionando así valiosas pérdidas de sus productos generando un déficit económico para los pobladores de los caseríos.

Anualmente El Eucalipto, la mayor producción la tiene el café con un promedio de 2760 quintales, después le sigue la Yuca con 900 quintales, a su vez el plátano con 4933

racimos. Actualmente la población transporta sus productos en acémilas hacia el centro poblado de San Juan (lugar de comercialización) es por eso que los pobladores se ven obligados a alquilar acémilas por un costo de 20 soles por día, cada acémila puede cargar 2 quintales ya sea de café o yuca y 4 racimos de plátano. La situación en el caserío Santa María es similar, pues aquí se obtiene un promedio de 3120 quintales de café, 640 quintales de Yuca ,7167 racimos de plátano. Respecto al caserío El Líbano, se obtiene 1420 quintales de café, 360 quintales de Yuca ,2400 racimos de plátano (VER ANEXO, CUADRO N°2.5-2.6-2.7).

Actualmente estos 3 caseríos cuentan con PRONOEI (programa no escolarizado de educación inicial), los caseríos El eucalipto –Santa María –El Líbano cuentan con institución educativa primaria; sin embargo, no poseen instituciones de educación secundaria. De modo que las personas que deciden continuar con sus estudios secundarios tienen que ir hasta la I.E. más cercana que se encuentra en el centro poblado San Juan, los estudiantes de Santa María tardan 1 hora y 30 minutos a pie, esto se vuelve aún más difícil para los jóvenes del Líbano ya que demoran alrededor de 4 horas y 30 minutos hasta llegar a su centro de estudios, debido a la excesiva lejanía, alquilan cuartos y además tienen que pagar una pensión alimenticia. Por ende, casi la mayoría de estudiantes solo se queda con su nivel de educación primaria, sin posibilidad de continuar sus estudios por la baja condición económica para sustentar los gastos, trayendo consigo el aumento de la tasa de analfabetismo. (VER ANEXO, CUADRO N° 2.8)

Según las estadísticas de matriculados de la institución educativas primarias de los 3 caseríos, la cantidad de alumnos matriculados ha ido aumentando y en algunos casos se mantiene en comparación con los años anteriores (VER ANEXO, CUADRO N°2.9-2.10-2.11). Respecto al centro educativo situado en el centro poblado más cercano (San Juan), la población estudiantil se ha mantenido respecto a los últimos 3 años (VER ANEXO, CUADRO N°2.12).

El acceso al servicio de salud de los pobladores del caserío de El Eucalipto, Santa María y El Líbano se ve limitado por la ausencia de puestos de salud en dichas comunidades, viéndose obligados a trasladarse al centro poblado de San Juan. Para llegar hasta el puesto de salud se tiene que transitar por caminos de herradura deteriorados lo que complica el traslado de algún enfermo, perdiendo valioso tiempo que podría salvar la vida de una persona y por ende incrementando la tasa de mortalidad en la población. Las

enfermedades más frecuentes según el índice de morbilidad son las infecciones respiratorias con un 35% y con 16 % de enfermedades infecciosas y parasitarias. (VER ANEXO, CUADRO N°2.13).

El índice de mortalidad infantil asciende al 20% (VER ANEXO, CUADRO N°2.14), este problema se ocasiona principalmente debido a que las gestantes prefieren dar a luz en su casa sin ayuda médica, sumado a que para dirigirse al centro de salud no existe la adecuada vía de acceso, por eso se propone el diseño de la Carretera El Eucalipto-Santa María-El Líbano. Paralelo a la agricultura, gran parte de la población se dedica a la crianza de animales: vacunos y equinos, El 69 % del total de animales de la zona son vacas, seguido de un 21% toros y 10% equinos (VER ANEXO, CUADRO N°2.15-2.16-2.17). Respecto al ganado vacuno, en su mayoría es comercializado en el distrito de Bagua Grande, ya sea como animales para crianza o para carne. En cuanto a los animales equinos mayormente son alquilados para el transporte de productos agrícolas.

La falta de infraestructura vial hace que los caseríos involucrados en el estudio se encuentren aislados y no puedan cubrir necesidades básicas en el menor tiempo posible, tales como: educación, salud, comercio, traslado a centro de trabajo, vestimenta, productos para la agricultura y ganadería, entre otros.

Dentro de los materiales predominantes en las paredes exteriores de las viviendas se encuentran el adobe con 68%, quincha con 22%, madera 6% y 4% adobe respecto a los caseríos El Eucalipto, Santa Rosa y El Líbano. (VER ANEXO, GRÁFICO N°5.2). Respecto al tipo de abastecimiento del servicio de agua un 48 % de la población cuenta con agua potable y el otro restante con agua de pozo. (VER ANEXO, GRÁFICO N°5.3). El 78 % de los pobladores no cuentan con servicio de alcantarillado y 22% cuenta con pozo ciego o letrina (VER ANEXO, GRÁFICO N°5.4).

Por ende, es de vital importancia reconocer que la población beneficiada por la carretera es amplia. Afectará directamente a los caseríos de El Eucalipto, Santa María y El Líbano. Sumando un total de 750 habitantes, e indirectamente se beneficiarán otros centros poblados, como San Juan y José Olaya con un total de 3391 habitantes, así como el distrito de Cajaruro con un total de 38504 habitantes. (VER ANEXO, CUADRO N°2.18).

Frente a la problemática mencionada, surge la necesidad del diseño de la Carretera, El Eucalipto-Santa María-El Líbano, distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba,

departamento de Amazonas, mediante el cual se logre mejorar el nivel socioeconómico de los caseríos en estudio y la calidad de vida de sus pobladores, el proyecto se encuentra justificable por los siguientes motivos:

Se realizará el diseño geométrico de la carretera teniendo en cuenta la normativa existente, cumpliendo estrictamente con los parámetros establecidos por la misma, además se diseñará obras de arte tales como badenes, alcantarillas y puentes, este último en caso lo requiera, manteniendo así el buen estado de la carretera.

Por otro lado, se obtuvo un IMDA preliminar teniendo como estación de conteo en la Cruce La Libertad (VER ANEXO, IMAGEN N°4.3), que permitió clasificar a la vía como una Carretera de 3 clase, con un conteo vehicular proyectado de 48 vehículos/día (VER ANEXO, tabla N° 3.4)

El proyecto permitirá el acceso entre los caseríos El Eucalipto, Santa María y El Líbano, lo cual impulsará el desarrollo en el ámbito social, cultural y comercial haciéndolo más dinámico y rentable, tanto para los caseríos y el propio distrito de Cajaruro.

Los pobladores de la zona se verán beneficiados directamente con el ahorro, tanto en el costo de operación vehicular al contar con una vía en óptimas condiciones de transitabilidad, disminuyendo los fletes para transportar sus productos agrícolas y ganaderos, teniendo beneficios anuales por caserío: El Eucalipto ( 5 058.46soles en época de verano y 14 208.46 soles en época de invierno), Santa María ( 24 019.09 soles en época de verano y 60 736.59 soles en época de invierno), El Líbano ( 9 676.89 soles en época de verano y 24 576.89 soles en época de invierno), por consiguiente tendrán mayores ingresos por el incremento de productividad(VER ANEXO, CUADRO N° 2.25-2.26-2.27)

La ejecución de un proyecto de carretera, demanda una alteración en el medio ambiente en factores como el suelo, agua, aire, flora y fauna. En este proyecto se analizará y optará por desarrollar la alternativa en donde el impacto ambiental negativo generado sea el menor posible. Para ello se elaborará y aplicará una Evaluación de Impacto Ambiental, con la finalidad de monitorear y mitigar los efectos que se ocasionen en el medio ambiente.

Frente a los problemas sociales, culturales y comerciales que aquejan a los pobladores, urge la necesidad de la creación de una carretera, que comunique a los caseríos con los alrededores, con el propósito de brindar progreso y bienestar social. Existirá acceso rápido hacia un centro de salud, instituciones educativas, mercados de consumo, entre otros, además producirá fuentes directas e indirectas de empleo a los pobladores beneficiados.

En general, toda obra vial bien planificada significa reducción en los costos de operación vehicular, en tiempo y contaminación del medio ambiente, así como las facilidades para el desplazamiento de los usuarios y en consecuencia mayor impulso económico de las zonas beneficiadas.

## **II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROYECTO**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO**

Entre los diversos estudios y bibliografías relacionados con el tema del proyecto “Diseño de una Carretera”, El Eucalipto-Santa María-El Líbano, distrito de Cajaruro, distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas” tenemos los siguientes:

### **2.2. BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS**

Se mencionarán normas, libros, manuales, estudios, que sirvan como base y de alguna manera contribuyan con el buen desarrollo del proyecto, así mismo se aplicarán las normas existentes necesarias para el buen diseño de la carretera.

#### **MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS (DG - 2018). RD N° 037-2008-MTC/18 (Modificación 2018)**

Para el presente diseño de la carretera, hemos tenido en cuenta los parámetros geométricos de diseño acordes a la norma vigente, el Diseño Geométrico de Carreteras 2018.

#### **MANUAL DE CARRETERAS, “SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTÉCNICA Y PAVIMENTOS”. RD N° 10-2014-MTC/14 (06.04.2014)**

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, es un organismo del Poder Ejecutivo que cuenta con personería jurídica de derecho público y constituye un pliego presupuestal, el mismo que conforme a lo señalado en la Ley N° 29370 – Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

#### **LEY GENERAL DEL AMBIENTE (LEY N° 28611). DECRETO SUPREMO N° 008-2005-PCM.**

La Ley General del Ambiente es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú.

Establece los principios y normas básicas que aseguren el efectivo ejercicio del derecho constitucional al ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida.

### III. MATERIALES Y METODOLOGIA

#### 3.1. DISEÑO DE INVESTIGACION

##### 3.1.1. Tipo de investigación.

De acuerdo al diseño de investigación es descriptiva, porque requiere de una observación, descripción y comprensión profunda de las condiciones y hechos actuales, mediante recolección de datos.

De acuerdo al fin que se persigue es aplicada, ya que el principal objetivo es resolver un problema práctico (falta de una carretera) aplicando y utilizando los conocimientos adquiridos en la práctica de la Ingeniería Civil.

##### 3.1.2. Población, muestra de estudio y muestreo.

Debido a que el objeto de estudio es una carretera y en toda su longitud al 100% no existe una población a nivel de selección estadística.

Por lo cual el muestreo para la recolección será el siguiente:

Calicatas para el estudio de mecánica de suelos cada 1000 metros.

Seccionamiento topográfico cada 20 metros.

Estudio de tráfico durante 7 días para obtener la mayor muestra posible.

##### 3.1.3. Técnicas e instrumentos de recolección.

###### **Estudio de tráfico**

Formato del MTC (ANEXO, CUADRO N°25)

###### **Estudio de suelos**

**Contenido de Humedad:** Volumen de agua de un material determinado bajo ciertas condiciones y expresado como porcentaje de la masa del elemento húmedo, es decir, la masa original incluyendo la sustancia seca y cualquier humedad presente. [6]

**Granulometría:** Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas. [6]

**Ensayo CBR (California Bearing Ratio):** Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo. [6]

**Ensayo de Compactación Proctor Modificado:** Es una prueba de laboratorio que sirve para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo compactado. [6]

**Ensayo de resistencia a la abrasión:** Desgaste mecánico de agregados y rocas resultante de la fricción y/o impacto. [6]

**Equivalente de arena:** Proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo (sucio) o material arcilloso en los suelos o agregados finos. [6]

**Límite Líquido:** Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo. [6]

**Límite Plástico:** Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

### **Levantamiento topográfico**

Levantamiento planimétrico y altimétrico por medio de poligonales cerradas y abiertas.

### **Fuentes**

Bibliográfica

Normativa existente

### **Instrumentos Programas de Cómputo:**

AutoCAD

Civil 3D

Microsoft Office (Word, Excel)

S10 Presupuestos 2005

Ms Project

### **Topográficos:**

Estación Total

Prisma para estación total

Brújula

GPS

Eclímetro

Winchas

Estacas, libreta de campo, comba, pintura, pincel, etc.

**Laboratorio de Mecánica de Suelos:**

Mallas

Hornos

Máquina de los Ángeles

Moldes de Proctor

Moldes de CBR

Equipo de corte directo

Equipo para límites de Atterberg

**3.1.4. Plan de procesamiento para análisis de datos.****FASE I**

Presentación formal y coordinación con las autoridades competentes.

Visita a la zona del proyecto y recolección de información.

Inicio de la recopilación de datos para la evaluación de impacto ambiental.

Recolección de información bibliográfica y antecedentes del proyecto.

Revisión de la normativa nacional vigente.

**FASE II**

Estudio de tráfico.

Levantamiento topográfico.

Elaboración de planos topográficos del área del proyecto.

Evaluación de dos alternativas y elección de la mejor propuesta de diseño.

Elaboración del diseño geométrico de la mejor propuesta.

Proceso y toma de datos para la evaluación de impacto ambiental.

Toma de muestras para ensayos de mecánica de suelos.

Realización de ensayos de mecánica de suelos.

Estudio de canteras y botaderos.

### **FASE III**

Evaluación y elección del tipo de estructura y superficie de rodadura.

Diseño del tipo de estructura y superficie de rodadura.

Estudio hidrológico e hidráulico.

Proceso y toma de datos para la evaluación de impacto ambiental.

Diseño de las obras de arte.

Elaboración de planos del diseño de obras de arte.

Elaboración de los planos de diseño para la mejor propuesta.

### **FASE IV**

Metrados.

Análisis de costos unitarios.

Elaboración de costos y presupuestos.

Determinación de los beneficios y rentabilidad.

Cronograma de ejecución de obras.

Elaboración de informe final de la evaluación de impacto ambiental.

Conclusiones y recomendaciones.

Elaboración final del proyecto.

## **3.2. METODOLOGÍA**

### **3.2.1. ESTUDIO DE TRÁFICO**

Para poder realizar una clasificación y poder conocer más a detalle los tipos de vehículos que transitan por una determinada vía, se tiene que realizar el estudio de tráfico, el cual nos va servir para poder clasificar el tipo de carretera y tomar los respectivos valores para dicho diseño. [7]

El tráfico se define como el desplazamiento de bienes y/o personas en los medios de transporte; mientras que el tránsito viene a ser el flujo de vehículos que circulan por la carretera, pero usualmente se denomina tráfico vehicular. [7]

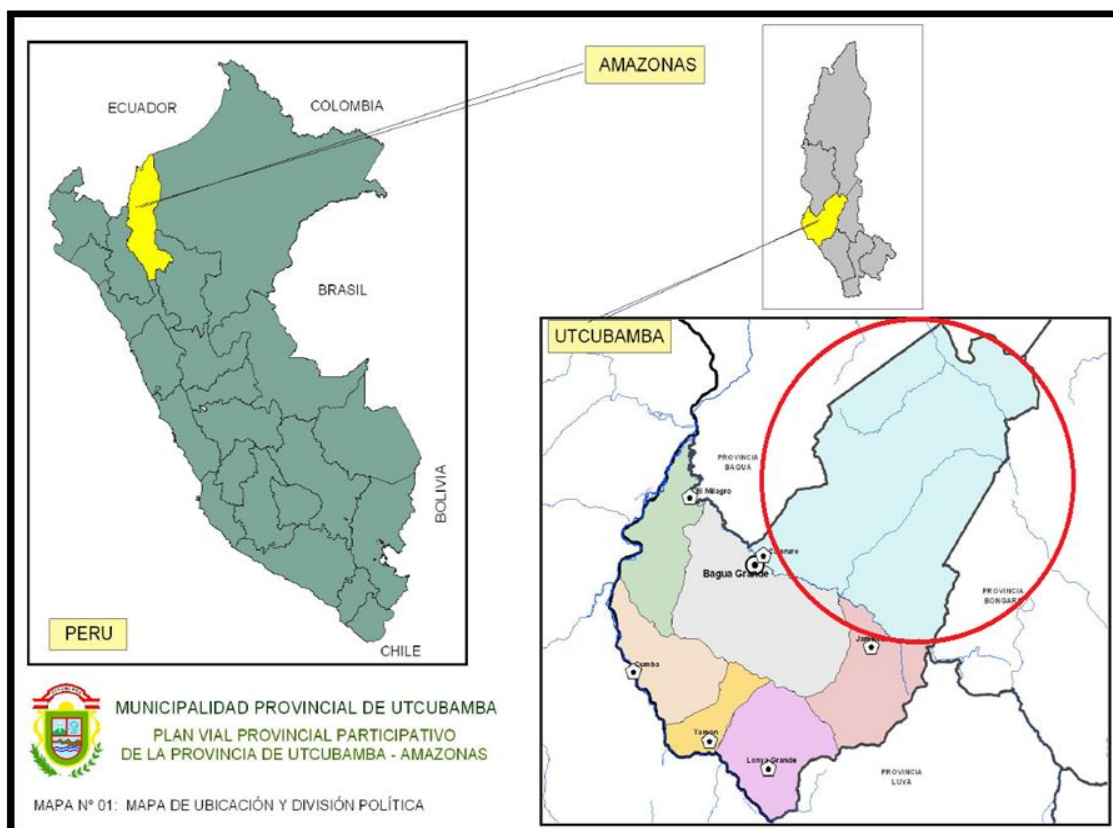
Se realizará la determinación del Índice Medio Diario (IMD), el cual será definido en base al conteo de vehículos que usualmente atraviesan la vía y a la realización de encuestas. Esto nos permitirá realizar el diseño del camino rural y definir su geometría, de acuerdo a las siguientes características: [7]

### 3.2.1.1. Localización geográfica de la carretera

Es necesario estipular la localización para la elección del punto de control para n muestra carretera y reconocer el impacto que tendría con respecto a la nueva construcción vial.

La vía en estudio se encuentra ubicado en el Distrito Santa Cruz, Provincia de Santa Cruz, Departamento de Cajamarca, 2018.

*Imagen N°: 1 Localización del Proyecto*



Fuente: Google Earth

### **3.2.1.2. Objetivos**

#### **Objetivos Generales**

Determinar el Índice Medio Diaria Anual (IMDA) que tendrá la carretera El Eucalipto-Santa María-El Líbano.

#### **Objetivos Específicos**

Identificar las características del tráfico que circula en la carretera más cercana.

Realizar el Conteo de Vehículos para determinar el volumen y clasificación vehicular.

Identificar los días y horas con mayor flujo vehicular.

### **3.2.1.3. Conteos volumétricos de tráfico**

La metodología para la determinación de los volúmenes de tráfico se basa fundamentalmente en la realización de aforos de tránsito en el camino de estudio, o en el camino más cercano a este; para estos aforos se ubicó una estación de conteo volumétrico, en el Cruce la Libertad. Este punto está ubicado en el kilómetro 1+300 de la carretera Santa Juan de la Libertad-Buenos Aires

Atendiendo los requerimientos se llevó a cabo una campaña de levantamiento de datos en él. El periodo levantado corresponde a las fechas del viernes 6 de abril hasta el jueves 12 de abril.

### **3.2.1.4. Estación de conteo**

Se definió una estación de conteo volumétrico que además fue la misma para el estudio de origen y destino, su ubicación se realiza conforme a lo siguiente:

Se tiene acceso por la carretera longitudinal de San Juan de la Libertad – Buenos Aires, en la cual se encuentra el punto de partida “El Cruce la Libertad” del presente proyecto.

*Imagen N°: 2 Kilómetro 1+500 de la carretera Santa Juan de la Libertad-Buenos Aires*



*Fuente: Elaboración Propia-Google Earth*

### **Personal de toma de datos.**

Para realizar el levantamiento de campo, se ha buscado un personal de apoyo el cual pueda ayudar en la toma de datos ya que el conteo se realizó en ambos sentidos de circulación, contando con material necesario como: lapiceros, borradores, copias de los formatos, banco, etc.

### **Digitación y control de calidad**

La tabulación de la información corresponde íntegramente al trabajo de gabinete, la misma que fue procesada en Excel mediante hojas de cálculo.

Los conteos de tráfico obtenidos en campo han sido procesados en formatos de resumen, por día y según el sentido.

### **Resultado de la compilación de datos**

El principal resultado de los conteos volumétricos de tráfico fue la obtención del Índice Medio Diario Anual (IMDA), junto con este se obtuvo la composición del tráfico que circula en el camino más cercano, su distribución horaria con el cual se pueda calcular el máximo volumen horario.

### **Cálculo del “IMDA ACTUAL” encontrado**

El principal resultado de los conteos volumétricos de tráfico será la obtención del Índice Medio Diario Anual (IMDA), su distribución horaria con el cual se pueda calcular el máximo volumen horario. [7]

Se utiliza la siguiente formula:

$$\text{IMDA} = \frac{(\text{VDL1} + \text{VDL2} + \text{VDL3} + \text{VDL4} + \text{VDsab} + \text{VDdom} + \text{VDL5})}{7} \times \text{F.C.E.}$$

Donde:

VDL1, VDL2, VDL3, VDL4 y VDL5... Volúmenes de tráfico registrados en los días laborables

VD SAB..... Volumen de tráfico registrado sábado

VD DOM..... Volumen de tráfico registrado domingo

FCE..... Factor de corrección estacional

IMD Anual..... Índice Medio Diario Anual

#### **3.2.1.5. Proyección de tráfico**

##### **Definición de los tipos de tráfico para las proyecciones**

Para efectuar las proyecciones del tráfico se tomarán en cuenta diversos indicadores, tales como: las tasas de crecimiento del tráfico, las variables macroeconómicas como el PBI, la población y el PBI per cápita de todos los departamentos que contribuyen en la generación y recepción del flujo de vehículos por la carretera en estudio. Las tasas obtenidas serán ponderadas en función a la estructura porcentual de su participación, registrada en las encuestas origen / destino, que se realizó para la carretera en estudio. Los resultados obtenidos por tipo de vehículo serán multiplicados por las elasticidades correspondientes.

Los resultados finales de la proyección del tráfico serán utilizados para el horizonte del planeamiento establecido en los términos de referencia

Para la proyección del tráfico de la carretera El Eucalipto-Santa María-El Líbano, se tomará en cuenta los resultados del conteo de tráfico, realizado para fines del presente

estudio, y las tasas de crecimiento de las variables macroeconómicas de la región Cajamarca.

Para la proyección del tráfico, se ha identificado 2 tipos de tráfico: (i) tráfico normal (sin proyecto), (ii) tráfico generado (por efecto del proyecto).

#### **Tráfico Normal (sin proyecto)**

Es la proyección del tránsito de los vehículos en el área de influencia para una Trocha Carrozable, en el estudio corresponderá para un horizonte de planeamiento de 20 años, establecido para este tipo de proyectos y expresado en términos de Índice medio Diario IMD.

#### **Tráfico Generado (por efectos del proyecto):**

Es el tráfico generado con la construcción de la nueva carretera, en consecuencia, de mayores producciones y mayor movimiento económico y comercial.

Con las definiciones anteriores se procederá a realizar los procedimientos de cálculo para cada uno de los tráficos que se consideraran para las proyecciones futuras de tráfico.

#### **Tasa de crecimiento de la demanda**

Para las tasas de crecimiento se trabajará en dos aspectos: la tasa de crecimiento del PBI y la tasa de crecimiento poblacional. El contexto de este estudio, la tasa de crecimiento vehicular y la tasa de crecimiento del PBI se obtuvieron de los estudios realizados por el INEI a nivel departamental (Amazonas) ya que no existen datos estadísticos confiables de la zona de influencia directamente es decir del distrito de Cajaruro por lo que se adoptaron los datos a nivel departamental, en este caso se tomó como tasa de crecimiento vehicular del año 2017, una tasa de crecimiento de 1.105 y con una tasa de crecimiento del PBI de Cajamarca 3.5.

Tabla N°: 1 Taza de crecimiento vehicular

Departamento	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Taza Crecimiento
<b>Total</b>	<b>1 361 403</b>	<b>1 440 017</b>	<b>1 473 530</b>	<b>1 534 303</b>	<b>1 640 970</b>	<b>1 732 834</b>	<b>1 849 690</b>	<b>1 979 865</b>	<b>2 137 837</b>	
Amazonas	1 975	2 020	2 103	2 168	2 218	2 292	2 390	2 407	2 400	1. 025
Áncash	19 293	19 382	19 757	20 354	21 001	21 309	22 086	23 322	25 418	1. 035
Apurímac	3 730	3 816	3 879	3 916	3 934	3 973	3 969	3 966	4 039	1. 010
Arequipa	78 858	79 544	81 293	84 829	91 674	98 270	106 521	118 985	134 533	1. 070
Ayacucho	3 882	3 919	3 969	4 153	5 404	5 572	5 716	5 784	5 941	1. 058
<b>Cajamarca</b>	<b>8 882</b>	<b>9 501</b>	<b>10 256</b>	<b>11 255</b>	<b>12 383</b>	<b>13 563</b>	<b>15 107</b>	<b>17 320</b>	<b>19 673</b>	<b>1. 105</b>
Cusco	35 342	35 705	36 204	37 592	39 688	42 175	45 090	48 491	53 675	1. 054

Fuente: INEI

Tabla N°: 2 Taza de crecimiento porcentual Amazonas –PBI

Actividades	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	...	9.2	6.8	3.9	15.6	-4.8	-0.9	4.6	2.1	8.2
Pesca y Acuicultura	...	4.4	2.5	-0.6	7.7	14.0	4.0	8.7	-2.0	4.8
Extracción de Petróleo, Gas y Minerales	...	4.1	5.9	25.5	32.6	-4.4	-14.4	-7.6	5.5	4.0
Manufactura	...	5.0	7.4	-0.1	0.7	1.5	-1.0	0.3	2.4	4.6
Electricidad, Gas y Agua	...	-2.4	17.3	-4.3	1.2	1.6	1.4	6.8	12.2	9.6
Construcción	...	3.7	2.0	3.0	3.5	3.3	4.4	5.5	9.3	3.8
Comercio	...	6.9	3.8	1.9	5.4	0.1	0.2	0.5	0.1	2.5
Transporte, Almacen., Correo y Mensajería	...	4.7	12.2	4.1	3.8	0.8	2.8	3.0	14.3	3.0
Alojamiento y Restaurantes	...	4.3	9.8	2.7	7.2	7.7	9.2	4.8	1.2	4.6
Telecom. y Otros Serv. de Información	...	-6.7	-8.7	-3.4	-5.7	-5.3	-3.3	-3.8	-6.5	-4.0
Administración Pública y Defensa	...	2.7	2.4	0.8	4.5	2.9	5.9	9.1	0.6	1.5
Otros Servicios	...	1.2	2.7	1.3	2.1	4.3	4.4	5.4	2.8	3.4
<b>Valor Agregado Bruto</b>	<b>...</b>	<b>4.2</b>	<b>5.1</b>	<b>9.8</b>	<b>15.0</b>	<b>-1.5</b>	<b>-5.3</b>	<b>0.0</b>	<b>3.7</b>	<b>3.5</b>

Fuente: INEI

### Factor de correlación estacional

Como los volúmenes de tráfico varían cada mes debido a las estaciones del año ocasionados por las épocas de cosecha, lluvias, ferias semanales, festividades, etc., es necesario afectar los valores obtenidos durante un periodo de tiempo, por un factor de corrección que lleve estos al promedio diario anual. El factor de corrección permite ajustar los valores obtenidos con el Índice Medio Diario Anual.

El factor de corrección es el de la estación de peaje más cercano para el proyecto se ha considerado la Estación.

Para nuestro caso tomamos el factor de corrección de la estación de pucara el cual está más cercano a nuestra zona de estudio. Y elegimos la que corresponde al mes de enero ya que fue en el mes de enero que se realizó el conteo.

Tabla N°: 3 Factor de corrección promedio para vehículos ligeros

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros
P001	Aguas Calientes	0.992382	0.920195	1.068743	1.075160	1.169200	1.184254	0.936857	0.879831	0.867443	1.050135	1.040737	1.010239
P002	Aguas Claras	1.120729	1.160006	1.095403	1.045593	0.973398	0.953971	0.890315	0.923189	1.050493	1.033557	1.008857	0.932598
P003	Ambo	1.035571	1.102719	1.094765	1.028035	1.011158	1.047825	1.020222	0.979908	1.031114	0.982223	0.952948	0.861338
P004	Atico	0.934263	0.784183	1.000100	1.047885	1.162355	1.221341	1.023835	0.999045	1.141732	1.095546	1.105757	0.864690
P005	Ayaviri	1.036650	0.967293	1.509918	1.121253	1.191289	1.173181	0.957975	0.883276	0.880329	0.996700	0.985409	0.865899
P006	Bagua	1.056196	1.109595	1.169597	1.102517	1.074476	1.024215	0.969664	0.949647	0.955497	1.009393	1.038757	0.876258
P007	Bujama	0.619687	0.582335	0.689777	1.018653	1.661345	1.793992	1.366112	1.514720	1.653584	1.297168	1.217959	1.012960
P039	Mocce	0.988368	0.962589	1.015888	1.097568	1.088704	1.041461	1.020978	0.914061	1.042163	1.045342	1.020761	0.906703
P040	Montalvo	0.952951	0.982183	1.081383	1.089070	1.116355	1.120768	0.979418	0.915982	1.020771	1.048732	1.025820	0.868988

Fuente: MTC

Tabla N°: 4 Factor de corrección promedio para vehículos pesados

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados
P001	Aguas Calientes	1.152056	0.983990	1.013858	1.017953	1.070015	1.106987	1.066392	0.916331	0.917894	0.969064	0.893941	0.936015
P002	Aguas Claras	1.115155	1.063206	1.013084	1.026083	0.960271	0.922331	0.937617	0.980422	1.028749	1.036881	1.028577	1.013063
P003	Ambo	0.975396	1.001856	0.990894	1.022654	1.064697	1.062693	1.084708	1.012073	1.023322	0.979103	0.967478	0.903952
P004	Atico	1.002637	0.967990	1.001283	1.003859	1.053150	1.101172	1.037379	0.991104	1.041947	1.015129	0.997863	0.893016
P005	Ayaviri	1.111406	1.020008	1.264724	1.017185	1.063508	1.094743	1.004545	0.957472	0.973269	0.988975	0.952043	0.872650
P006	Bagua	1.037192	1.038676	1.064756	1.480583	1.035709	0.969377	0.989694	0.951046	1.010844	1.004341	1.005912	0.935287
P007	Bujama	1.023799	0.990646	1.008912	1.029835	1.062501	1.084767	1.057903	1.020938	1.063802	1.008891	1.009929	1.060760
P008	Camana	0.987878	0.918781	0.980818	1.024526	1.076158	1.138937	1.059435	0.986145	1.048190	1.025378	1.012327	0.919004
P009	Cancas	1.003327	0.966822	0.999436	1.052351	1.154232	1.039043	1.003725	1.005452	1.017838	1.003000	0.978151	0.923694

Fuente: MTC

## Horizonte del proyecto

El periodo de diseño previsto para esta carretera es de 20 años, ya que se trata de una trocha carrozable de bajo volumen de tránsito, es decir la inversión inicial que se realiza y el contar con un mantenimiento adecuado, permite que, durante 20 años, la carretera se encuentre transitable. [7]

## Proyección del tráfico normal

Para hacer la proyección de la demanda y contando con la tasa de crecimiento vehicular 1.51 el cual es dato necesario para encontrar el tráfico normal proyectado [7]

Para las proyecciones del tráfico se ha utilizado la siguiente fórmula [6]:

$$T_n = T_0 (1 + r)^{(n-1)}$$

T<sub>n</sub> = Tránsito proyectado al año en vehículo por día

T<sub>0</sub> = Tránsito actual (año base) en vehículo por día

$n$  = año futuro de proyección

$r$  = tasa anual de crecimiento de tránsito

### **Proyección del tráfico generado**

En la proyección del tráfico generado, se ha estimado que por la ejecución del proyecto se dará un impacto en la actividad económica de relativo orden de importancia, que impulsará a la población a incrementar sus áreas de cultivos disponibles, que le permitirá tener un excedente exportable mayor a la situación actual, pero que no amerita un análisis del método del excedente del productor. Además, la zona es minera, por lo que se considera un incremento del orden del 100.00 % del tráfico normal para un horizonte de 20 años.

Los resultados de la proyección del tráfico generado por períodos y por tipo de vehículo se muestran a continuación.

El IMDA para el proyecto es de 34 veh/día.

El IMDA proyectado para 20 años de 28 veh/día.

El IMDA proyectado generado para 20 años de 62 veh/día.

### **3.2.2. ESTUDIO DE RUTAS**

Es uno de los puntos más importantes, ya que mediante el análisis de la ruta más óptima dependerá si el proyecto es viable o no, se analizan diferentes posibilidades, teniendo en cuenta como son: pendientes, obras de artes, longitud total del trazo.

#### **3.2.2.1. Objetivos**

##### **Objetivo general**

Evaluar y Definir la ruta más viable y adecuada para el proyecto: “Diseño de la carretera El Eucalipto – Santa María- El Líbano, distrito y provincia de Cajaruro, departamento de Amazonas”.

##### **Objetivos específicos**

Definir las posibles rutas de la carretera, ya sea en campo o a través de curvas de nivel.

Establecer la metodología con la que se van a evaluar las rutas.

Demostrar cual es la ruta más viable y adecuada para el presente proyecto de carretera.

### **3.2.2.2. Elección de la ruta**

#### **Reconocimiento topográfico del terreno**

En primer lugar, se realizó una reunión general con las autoridades y los pobladores de los caseríos involucrados en el estudio, para recolectar información de la zona que será de utilidad, como es el tema de los pases o permisos para poder realizar los estudios en campo (DOCUMENTOS N° 1.05 al N°1.06).

Posteriormente se solicitó el apoyo de pobladores para poder realizar el estudio del reconocimiento, se tuvo en cuenta la influencia sobre el futuro desarrollo de la región, las poblaciones favorecidas con el proyecto, los puntos notables de configuración topográfica, los puntos de paso y las hectáreas de terreno para el caso de expropiaciones.

Se tomaron las distancias recorridas desde el primer punto, las alturas sobre el nivel del mar, dirección de cada punto, tipo de suelo en el que se construirá el camino, su composición y características generales.

Se evaluó las rutas posibles a seguir en el terreno que conecten la mayor cantidad de sectores y casas que se encuentran en la zona, que el trazo no incluya terrenos de propiedad privada en grandes áreas, que no ocasione grandes perjuicios en el equilibrio ecológico de la zona y que se optimicen los costos en la ejecución del mismo.

También se ha podido identificar el nivel de altura al que está ubicado los caseríos, el cual es un factor muy importante a tener en cuenta para llevar nuestro trazo. Además, se identificó las zonas con mayor y menor pendiente para tener en cuenta al momento de realizar el trazo así tratar de evitar en lo posible un mayor movimiento de tierras.

Para el trazado se ha utilizado una pendiente de máxima del 10%, en curvas de nivel con intervalos cada 1 metros. El resultado de las rutas trazadas son las rutas alternativa N° 01 y la alternativa N° 02; el trazo se ha realizado teniendo en cuenta los puntos identificados anteriormente como son puntos intermedios, zonas agrícolas.

*Fotografía N°: 1 Reconocimiento de terreno para análisis de rutas.*



*Fuente: Elaboración Propia*

Finalmente, con los datos obtenidos del reconocimiento directo de las posibles rutas del terreno, se procedió a procesar los datos para tomar la decisión final sobre la elección de la ruta de la carretera.

El inicio del proyecto empieza desde el caserío El Eucalipto, sigue con el caserío Santa María y finaliza en el Líbano. El primer tramo El Eucalipto-Santa María, es de mucha vegetación y terrenos de cultivos, además de presentar fuertes pendientes para pasar de un sector a otro. En cambio, en el segundo tramo Santa María –El Líbano encontramos un terreno más llano.

Tanto la alternativa N°01 como la N°2, han sido trazadas en campo, mediante las visitas realizadas a la zona de estudio con ayuda y guía de los pobladores; cuando se realizó el levantamiento topográfico se tuvo en cuenta evitar afectar a las parcelas de cultivos y a las viviendas aledañas, ya que esto ocasionaría un conflicto social, a su vez encarecería el monto de inversión para su ejecución, además de que generaría la degradación ambiental en dicha zona de estudio. También se observó que por el hecho de la morfología y geología de la zona se evitó extenderse demasiado en algunos tramos ya que presenta un relieve escarpado a un lado y abismo al otro; es decir el ascenso y descenso se da de una manera brusca en tramos cortos, así mismo se evitó realizar el trazado por puntos críticos, es decir por puntos en los cuales estén propensos a deslizamientos o taludes inestables. De igual forma no se ha dejado de lado la parte técnica ya que se ha cumplido

con los requisitos mínimos del diseño geométrico de una carretera, parámetros estipulados en el Manual de Carreteras – Diseño Geométrico (2018) emitida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

### 3.2.2.3. Definición del tipo de terreno y la máxima pendiente

Luego de haber reconocido el terreno de manera directa, podemos clasificar el tipo de terreno para establecer parámetros de máxima pendiente y máxima velocidad de diseño; para ello se recurre al Manual de Carreteras – Diseño Geométrico (DG-2018)

Tabla N°: 5 Pendientes máxima dadas por el Dg-2018

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

Fuente: DG-2018

De acuerdo al cuadro de máximas pendientes, nuestra máxima pendiente puede llegar al 10 % ya que la topografía y reconocimiento directo nos indican que es un terreno Ondulado. Definiendo así su velocidad de diseño de 30 Km/h.

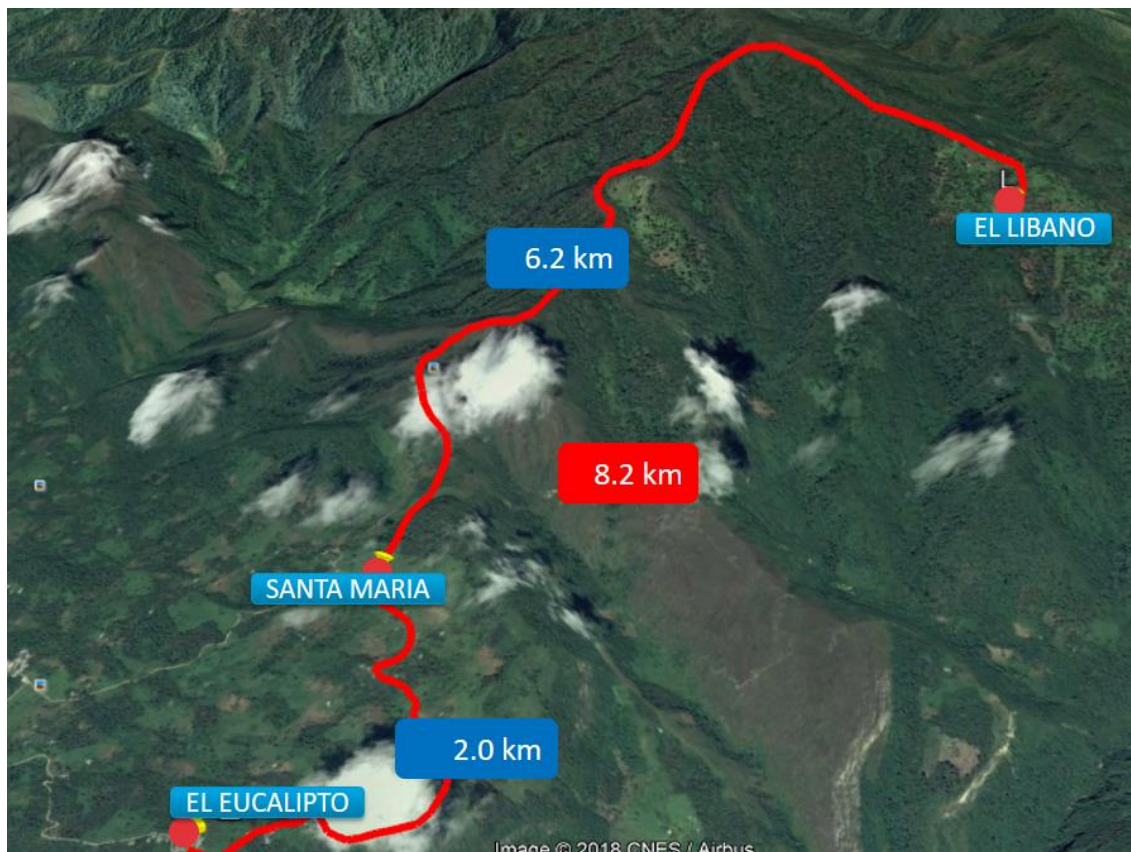
### 3.2.2.4. Identificación de alineamiento y puntos obligados

En base al reconocimiento se localizan puntos obligados principales y puntos obligados intermedios, cuando el tipo de terreno no tiene problemas topográficos únicamente se ubican estos puntos de acuerdo con las características geológicas o hidrológicas y el beneficio o economía del lugar, en caso contrario se requiere de una localización que permita establecer pendientes dentro de los lineamientos o especificaciones técnicas.

Una vez realizado el reconocimiento en campo de la topografía del terreno, el uso de tierras en el área del proyecto; las áreas que son zonas de cultivos, áreas que se encuentran

aptas para el paso del camino, e identificación de quebradas, etc., se identificó en un plano los puntos obligados principales y los puntos obligados intermedios; así como las zonas de vivienda y de cultivo.

*Imagen N°: 3 Mapa local del proyecto y Puntos obligatorios del proyecto*



*Fuente: Google Earth*

El Eucalipto-Santa María-El Líbano, se han identificado como los puntos obligados de la trocha, por ser los caseríos que debe unir esta vía. Además, se han identificado las zonas de cultivo y las casas de la población.

Una vez identificados los puntos obligados, las zonas de uso de tierra, condiciones hidrológicas; se han obtenido las curvas de nivel de esta área del proyecto para poder realizar el trazado preliminar de las posibles rutas y elegir la más adecuada; para ello se han obtenido las curvas de nivel de esta zona generándolas del Google Earth y exportándolas al AutoCAD.

En estas curvas de nivel se marcó los puntos anteriormente identificados para tener una visión de nuestro punto de partida, puntos de pase, zonas por las que debemos en lo posible evitar pasar y puntos de llegada.

### **3.2.2.5. Ruta propuesta en campo**

#### **Condiciones generales del trazado**

El criterio utilizado para iniciar el trazado es: primero tener en claro que es obligatorio pasar por los puntos de referencia, teniendo en cuenta que debemos cumplir con las pendientes máximas que se puede utilizar.

Debemos tener en cuenta evitar en lo posible el trazado por lugares donde exista roca fija para evitar mayores costes.

Si fuese posible, intentar seguir la trayectoria de las curvas de nivel, de esta forma tendremos un trazo mucho más eficiente con menos corte y relleno

#### **Elección de la pendiente para el trazo de la ruta**

Si tenemos en cuenta un rango de valores para la pendiente de trazado de nuestras rutas estará comprendida entre la pendiente mínima más 1% y la pendiente máxima menos 1% evitando utilizar los valores extremos de pendiente tanto mínimas como máximas

Manual de Carreteras – Diseño Geométrico (DG-2018) nos indica que la máxima pendiente es del 10% como se había mencionado anteriormente.

En tramos carreteros con altitudes superiores a los 3000 msnm, los valores máximos para terreno montañoso o terreno escarpados se reducirán en 1%. [6]

#### **Procedimientos en campo**

En primer lugar, se recorrió el terreno por el cual se pretende las posibles rutas, observando y evaluando las condiciones más factibles para el trazo.

Cabe destacar que la topografía de la zona es totalmente variable por lo que no se tuvo muchas opciones por dónde establecer nuestra ruta con la pendiente indicada; lo que nos permitía descartar otras rutas y tener la visión de la ruta más adecuada; sumada a que la ruta elegida está libre de expropiaciones y brinde mayores beneficios.

Una vez elegido el punto de inicio de la georreferenciación del punto de inicio, se obtuvo las coordenadas de cada punto de inflexión; para poder llevarlo a las curvas de nivel obtenido del Google Earth y poder realizar el estudio de las otras posibles rutas.

### 3.2.2.6. Trazado de la línea de pendiente

Una vez establecido el trazo alternativo N°01 en las curvas de nivel; se debe realizar el trazo de las otras posibles rutas para realizar la evaluación de la alternativa más adecuada; usando la metodología del trazado de línea de pendientes, con el fin de realizar una comparación racional de las diferentes alternativas propuestas aportando criterios técnicos que permitan seleccionar la mejor ruta; para lo que se brindará información de cómo se realiza y finalmente el resultado de dicho trazado.

#### Marco teórico

Si consideramos 2 puntos A y B, colocados sobre dos curvas consecutivas, la pendiente que los une estaría representada por siguiente expresión

pendiente (P) = Distancia Vertical (dv)/Distancia Horizontal

para poder lograr la unión de ambos puntos deberíamos hallar la distancia que los une con una pendiente determinada.

Distancia Horizontal = Equidistancia/Pendiente

La distancia obtenida debe fijar el radio desde el punto A que se está trabajando, hasta un punto denominado B que sería el punto de intersección de un círculo generado partir de A con un radio Dh.

El punto de intersección de interés sería con la curva sucesiva a la del punto de partida

Una vez encontrado el punto de intersección ya tendríamos nuestra distancia Dh con su respectiva pendiente estipulada.

Una vez realizado el primer trazo continuar de la misma manera comenzando por el punto que se encontró en la intersección con respecto a la siguiente curva sucesiva.

### 3.2.2.7. Criterios de selección de las diferentes alternativas

Los criterios de evaluación que se han tenido en cuenta han sido: el factor social, el factor económico, el factor ambiental, el factor técnico. De esta manera se ha elaborado de una forma sencilla y practica una metodología de evaluación para la selección de la alternativa, la cual satisfaga de una manera equitativa con los parámetros antes

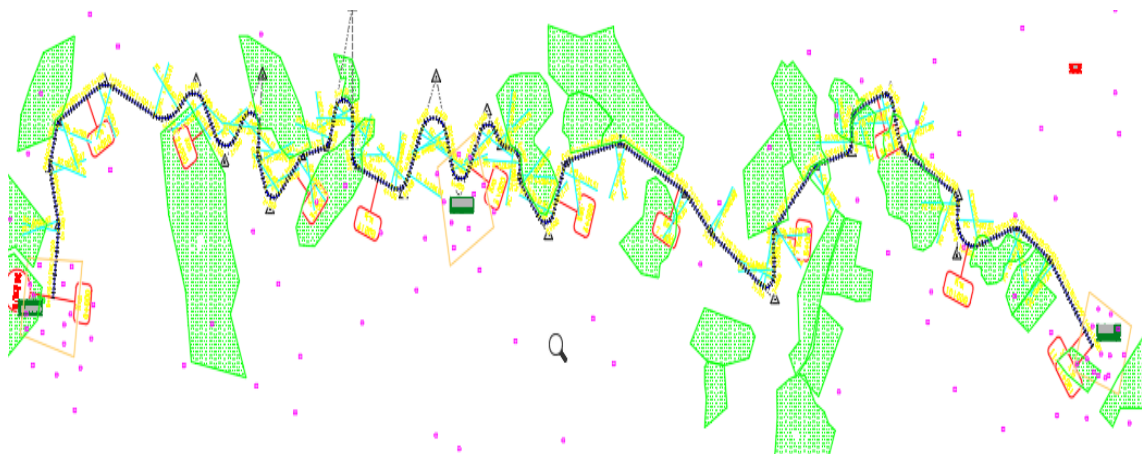
mencionados y con los objetivos planteados y definidos del proyecto. Y a su vez hemos analizado el beneficio costo de cada alternativa.

A continuación, se describirá cada uno de aspectos considerados en relación a los criterios de evaluación propuestos.

### 3.2.2.7.1. Topografía del lugar

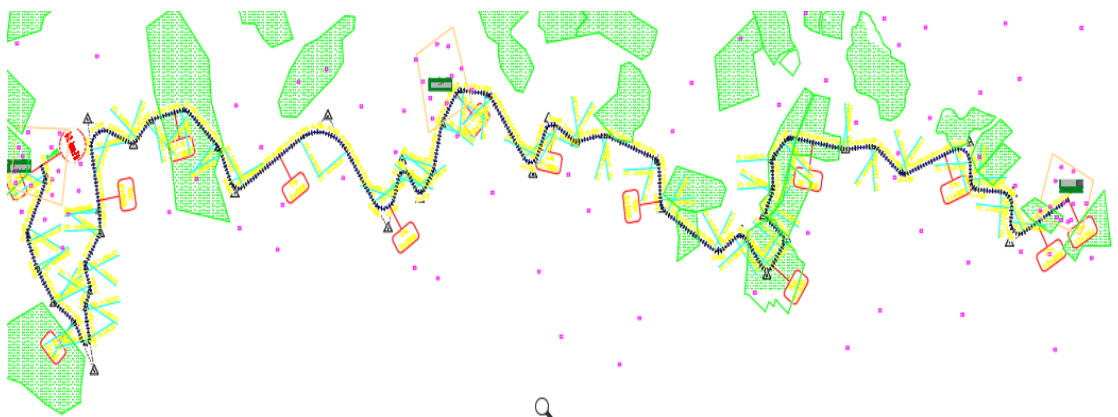
La carretera debe diseñarse con el criterio de buscar una ruta lo menos accidentada posible con respecto a lo topográfico, es por eso que se hace el análisis determinando las pendientes máximas del terreno natural de las posibles rutas a evaluar, si bien es cierto se puede aumentar las transiciones para lograr cumplir las pendientes requeridas por el manual de diseño geométrico DG-2018 se estaría perjudicando ya que la longitud del trazo aumentaría es por eso que es proporcional el relieve del terreno y la longitud de la carretera.

*Imagen N°: 4 Topografía de alternativa N°01*



*Fuente: Google Earth-Civil 3D*

*Imagen N°: 5 Topografía de alternativa N°02*



*Fuente: Google Earth-Civil 3D*

#### **3.2.2.7.2. Longitud de carretera**

Se refiere a la longitud total de cada alternativa y esta medida en Kilómetros (km), el cual constituye un aspecto muy importante, ya que de ello depende el N° de curvas que va tener, numero de alcantarillas y estos lineamientos está relacionados directamente en el incremento de costos de construcción del mismo.

La ruta N° 01 cuenta con un total de 11+081 km, mientras que la ruta N° 02 cuenta con un total de 12+254 km.

#### **3.2.2.7.3. Población beneficiada**

Se refiere a la población que se ve beneficiada tanto directamente como indirectamente con la carretera. es un punto indispensable ya que al bienestar social y la mejora de calidad de vida es uno de los objetivos esenciales que debe cumplir la vía y mientras más personas se beneficien, más sustentable sería el proyecto, en este caso se izó la evaluación de las casas que estuvieron más aledañas a cada ruta y realizando la comparación.

#### **3.2.2.7.4. Derechos de vía**

Una vez realizado el análisis técnico en campo y gabinete se deberá proceder con la concientización y gestión de factibilidad de compra de terrenos de propiedad, debido a que existió la previa conversación en una asamblea publica con los pobladores de los centros poblados beneficiados directamente. Este aspecto también hace énfasis en el

encarecimiento del proyecto. Así mismo se verá que zonas son cultivos, bosques o pastos para determinar el costo de expropiaciones.

#### **3.2.2.7.5. Cantidad de obras de arte**

El número de obras de arte que pueda ser necesario para recorrer cada una de las posibles rutas son un elemento muy importante a la hora de realizar la evaluación; ya que a mayor número de obras de arte incrementa el costo del proyecto de la carretera. Así mismo el hecho de tener que realizar más cantidad de estos trabajos generan un impacto negativo debido a su degradación de los factores ambientales, por ello se deberá de tener en cuenta un plan para mitigar dichos efectos.

#### **3.2.2.7.6. Impactos negativos**

Se refiere a todos los trabajos ocasionados por la elección de cada una de las alternativas independientemente, es decir por la degradación de cada factor ambiental asociado en la construcción, operación y mantenimiento de la misma. En las distintas alternativas se verán afectadas cada uno de los factores ambientales tales como en la tala de árboles, en el movimiento de tierras, en la contaminación del aire y agua en tiempos de ejecución, entre otros.

El pre diseño que realizamos de ambas rutas y con respecto a los costos preliminares utilizamos un expediente de la zona llamado “Proyecto de La carretera Santa cruz-Pulan” dicha obra se encuentra aledaña al diseño que se está planteando

Como se observa en el cuadro anterior la alternativa N° 01 es la conveniente ya que es mejor económicamente como socialmente y cumple con los requisitos técnicos para poder realizar el diseño definitivo.

#### **3.2.2.7.7. Metodología de la selección de rutas**

Como se mencionó anteriormente para elegir la alternativa óptima, no solo se tendrá en cuenta los criterios técnicos, sino también se tendrá que evaluar los aspectos socioeconómicos y ambientales. En el siguiente cuadro se detallará los parámetros para la elección de rutas realizando un costo beneficio: longitud total del trazo, expropiaciones de terreno agrícolas, expropiación de viviendas, relieve, población beneficiada, obras de arte.

De acuerdo al estudio realizado, por los múltiples beneficios que ofrece la alternativa N°01 es la ruta que se utilizará para hacer el levantamiento topográfico final.

### **3.2.3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO**

La topografía estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales. [6]

En los reconocimientos se recomienda usar de preferencia planos a escala en el rango entre 1:2000 y 1:10000 con curvas de nivel, a intervalos de altura de 5 m. En terrenos muy empinados no es posible el dibujo de curvas a este intervalo y será necesario elegir un intervalo mayor, en que la distancia horizontal en el dibujo, entre dos curvas de nivel sea mayor a 1 mm. En los diseños definitivos se recomienda utilizar planos en planta horizontales normalmente en el rango de 1:500 y 1:1000 para áreas urbanas; y de 1:1000 y 1:2000 para áreas rurales; y curvas a nivel a intervalos de 0.5 m. a 1.0 m. de altura en áreas rurales y a intervalos de 0.5 m. en áreas urbanas. [6]

En resumen, con esta metodología de selección se deduce que la alternativa N°01, proporciona las mejores condiciones con respecto a los aspectos que se emplearon como criterio de selección, ya que es esta alternativa la que permitirá a los pobladores obtener mayor beneficio, y a su vez es la que mejor se acopla a los objetivos planteados en el proyecto y se procede a realizar los estudios necesarios como lo es el estudio topográfico buscando la mejor representación del relieve a trabajar para la alternativa elegida.

#### **3.2.3.1. Objetivos**

##### **Objetivo del levantamiento topográfico**

El objeto del levantamiento topográfico del terreno consistió en obtener la mayor representación de todos los accidentes del terreno sobre el cual se construirá la carretera, de tal manera que se estableció sobre toda su extensión las redes de apoyo horizontal y vertical, constituidas por puntos representativos relacionados entre sí, por mediciones de precisión relativamente alta.

## Objetivo del proyecto

El objetivo del proyecto es realizar el levantamiento topográfico para el “Diseño de la carretera El Eucalipto – Santa María – El Líbano, distrito de Cajaruro y provincia de Amazonas, departamento de Amazonas”. de manera que se provea del servicio indispensable de vía de intercomunicación a la población de esta parte de nuestra Región Cajamarca.

### 3.2.3.2. Trabajos de campo

#### Trabajos preliminares

Reconocimiento de terreno y recorrido del trazo definitivo del levantamiento, reconociendo los puntos de partida, los posibles BMs y los puntos de control, también se estipulo el Datum (WGS 84 zona 18 sur)

*Fotografía N°: 2 Trabajos preliminares*



Fuente: Propia

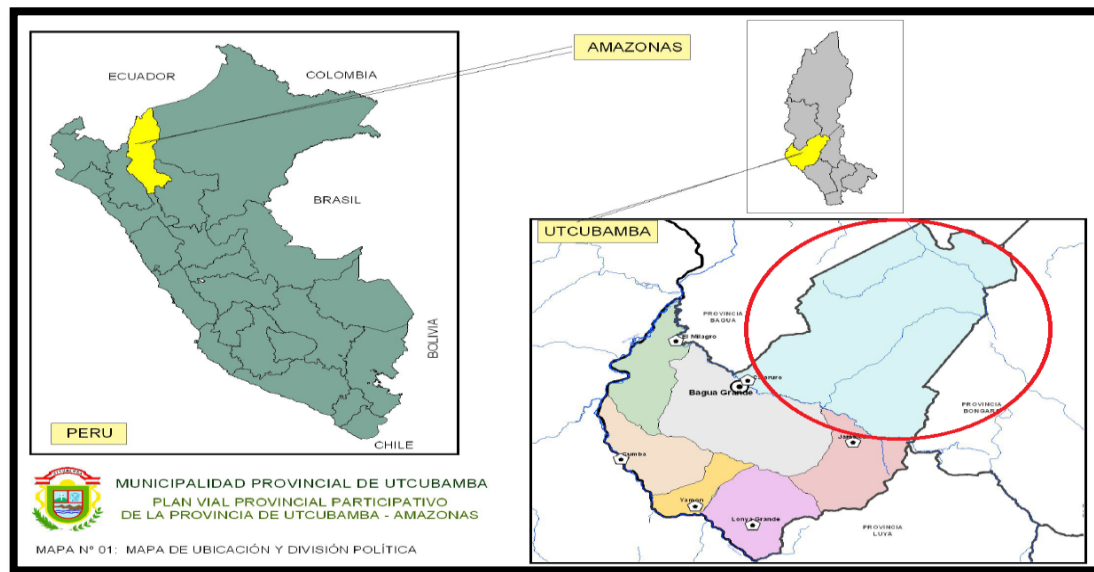
#### Ubicación

Departamento: Amazonas

Provincia : Utcubamba

Distrito : Cajaruro

*Imagen N°: 6 Ubicación política de la zona de estudios*



Fuente: Propia

### **Acceso a la zona**

Partiendo desde la ciudad de Chiclayo se accede a la zona de la vía terrestre asfaltada siguiendo la ruta:

Chiclayo – Bagua grande, El viaje hacia el cruce la libertad hay un tiempo de 30 minutos de Bagua grande por Camino de afirmado.

*Imagen N°: 7 Ubicación de la zona de estudio*



Fuente: Google Earth

## Equipos

- ✓ 01 ESTACIÓN TOTAL
- ✓ 02 PRISMAS
- ✓ 01 WINCHA
- ✓ ESMALTE
- ✓ PINCEL
- ✓ ESTACAS

*Imagen N°: 8 Estación*



*Fuente: Propia*

### **Levantamiento topográfico con Estación**

El levantamiento topográfico se realizó en 10 días, y se realizó con Estación inició el 6 de marzo 2019 hasta el 16 de marzo del 2019.

### **Personal de trabajo**

Para realizar el trabajo durante los 10 días de topografía se contó con 3 personas cada una con un propósito distinto como se especifica:

Trabajador N° 1: Operador de la estación

Trabajador N° 2: Encargado de posicionarse con el prisma

Trabajador N° 3: Encargado de dirigir y Señalar la ruta que se debía seguir.

### **Procedimientos en campo**

Los trabajos desarrollados incluyen el levantamiento del eje de la carretera proyectada, la topografía de los márgenes derechos e izquierdos con el fin de obtener secciones transversales, el levantamiento topográfico de las posibles quebradas y puntos donde irán las obras de arte, viviendas y BMs.

*Fotografía N°: 3 Punto de Partida del Levantamiento topográfico*



*Fuente: Elaboración propia*

*Fotografía N°: 4 Bm colocados en el levantamiento topográfico*



*Fuente: Elaboración propia*

Para este estudio se necesitaron una estación total marca TOPCOM GPT 3107W, un trípode, un GPS marca GARMIN MAP 62, 2 Jalones, 2 Prismas, una wincha, esmalte, pincel, etc.

### **3.2.4. ESTUDIO DE SUELOS**

#### **3.2.4.1. Introducción**

El presente informe técnico se ha focalizado en los aspectos de la seguridad estructural de los sistemas constructivos, tiene por objeto describir los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, llevados a cabo en el proyecto de tesis DISEÑO DE LA CARRETERA EL EUCALIPTO – SANTA MARIA – EL LIBANO, DISTRITO DE CAJARURO Y PROVINCIA DE UTCUBAMBA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS .Se hizo con la finalidad de determinar las características físico-mecánicas del suelo dentro de la profundidad activa y a partir de ellas, establecer los parámetros necesarios para la construcción de la carretera, que tiene proyectado desde el Km. 0+000 al km. 11+081. Con base a estos trabajos, se examinaron las diferentes condiciones de los estratos que conforman el sitio de interés y se procedió a efectuar los análisis de las diferentes condiciones del subsuelo y sus características geotécnicas con el fin de dar las recomendaciones pertinentes que permitan entre otros aspectos establecer la dosificación de las capas de revestimiento granular.

En el diseño de una elaboración adecuada, además de las características estructurales y de las tensiones generadas por la propia estructura, deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

Naturaleza y estratigrafía del terreno. Características geo mecánicas y comportamiento geotécnico (Situación del nivel freático).

#### **3.2.4.2. Descripción de la vía existente**

La carretera que se está proponiendo no cuenta con algún tipo de vía, más que un Camino de herradura en muy malas condiciones.

#### **3.2.4.3. Estado superficial de la vía**

Superficialmente, en la actualidad, el tramo de estudio (0+000 Km a 11+081Km).

Durante la exploración de campo se ha podido observar que actualmente se encuentra a nivel de caminos de herradura.

Fotografía N°: 5 Estado superficial del camino de herradura existente.



Fuente: Propia

#### 3.2.4.4. Exploración de suelos

De acuerdo al Manual de Carreteras en la Sección de Suelos y Pavimentos, el MTC indica el número de calicatas para exploraciones que se deben realizar por km de acuerdo al tipo de carretera.

Tabla N°: 6 Número de calicatas para exploración

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número Mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: IMDA > 6000 veh/día	1.50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzadas de hasta 3 carriles por sentido, 4 calicatas por km.</li> <li>• Calzadas de 4 carriles por sentido, 6 calicatas por km.</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Multicarril: 4001 < IMDA < 6000	1.50 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzadas de hasta 3 carriles por sentido, 4 calicatas por km.</li> <li>• Calzadas de 4 carriles por sentido, 6 calicatas por km.</li> </ul>	
Carreteras de 1° clase: 2001 < IMDA < 4000	1.50 m	4 calicatas por km	
Carreteras de 2° clase: 401 < IMDA < 2000	1.50 m	3 calicatas por km	

Carreteras de 3° clase: 201<IMDA<400	1.50 m	2 calicatas por km
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: IMDA < 200	1.50 m	1 calicata por km

*Fuente: Manual de Carreteras. Sección: Suelos y Pavimentos. -2013*

Bajo este concepto y teniendo en cuenta que el proyecto se tiene en IMDA menor a 200 veh/día se optó por hacer 1 calicata por km. Los trabajos de campo han sido dirigidos a la obtención de la información necesaria para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, mediante un programa de exploración directa, habiéndose ejecutado siete (7) calicatas a cielo abierto, distribuidas de tal manera que cubran toda el área de estudio y que nos permita obtener con bastante aproximación la conformación litológica de los suelos. De acuerdo al Manual de Carreteras en la sección de suelos y pavimentos, el MTC indica el número de CBR como mínimo a realizar de acuerdo al tipo de carretera.

*Tabla N°: 7 Número de ensayos CBR y Mr*

<b>Tipo de Carretera</b>	<b>Número CBR</b>
Autopistas: IMDA > 6000 veh/día	• Calzadas de hasta 4 carriles por sentido, 1 Mr y 1CBR por km. por sentido
Multicarril: 4001<IMDA<6000	• Calzadas de hasta 4 carriles por sentido, 1 Mr y 1CBR por km. por sentido
Carreteras de 1° clase: 2001<IMDA<4000	1 CBR cada 1 km
Carreteras de 2° clase: 401<IMDA<2000	1 CBR cada 1.5 km
Carreteras de 3° clase: 201<IMDA<400	1 CBR cada 2 km
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: IMDA < 200	1 CBR cada 3 km

*Fuente: Manual de Carreteras. Sección: Suelos y Pavimentos. -2013*

Para el proyecto en estudio se han obtenido muestras para realizar ensayos CBR cada 3 km. La profundidad alcanzada en las 8 calicatas como mínimo es de 1.50 m. El plano de

ubicación de las calicatas se puede apreciar en anexos. Asimismo, se puede reconocer el suelo explorado en el panel fotográfico anexo en el presente informe.

#### **3.2.4.5. Descripción de los trabajos realizados en el proyecto**

Los trabajos se realizaron en el proyecto se realizó siguiendo todos los lineamientos que se encontró en el reglamento de suelos que nos estipula 1 calicata por kilómetro, primero se ubicó los puntos de toma de calicatas con el GPS determinando el kilómetro correspondiente

Una vez identificadas las calicatas se contrató a personal para realizarlas; todo el trabajo se realizó en 3 días con 4 peones por día, una vez realizadas las calicatas buscando la máxima profundidad posible con ayuda de una posteadora, se buscó que supere lo que especifica el reglamento que es como mínimo de 1.5 m de profundidad.

Luego se procedió a recoger 10 kg de muestra de cada calicata, y si es que se identificaba 2 estratos, se extrajo 10kg de cada uno, luego fueron guardadas en sacos de plásticos intentando conservar las características de cada suelo. Esa muestra escogida es para realizar los ensayos de contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

También se recogió de cada 2 calicatas, en otras palabras, de cada 3km unos 40 kg de suelo para realizar los ensayos de CBR y Proctor Modificado. Una vez extraídas y colocadas en sacos plásticos se alquiló acémilas para el transporte al punto de inicio de la carretera propuesta, luego se realizó el recorrido de cruce coluche a Santa cruz en camioneta y de Santa cruz a Chiclayo en bus, una vez llegadas las muestras procedimos inmediatamente a llevarlas al laboratorio de la USAT, donde al siguiente día se inició los ensayos respectivos.

*Fotografía N°: 6 fotografías de la extracción de suelos*



*Fuente: propia*

Revisar anexos de ensayos de suelos donde se mostrarán las imágenes de cada calicata y los procedimientos que se tomaron para realizarlos.

#### **3.2.4.6. Ensayos de laboratorio**

Los ensayos han sido realizados por el tesista en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. En cuanto a los ensayos a ejecutar, se realiza una breve explicación, también se señala el objetivo de cada uno de ellos. Cabe anotar que los ensayos físicos corresponden a aquellos que determinan las propiedades índices de los suelos y que permiten su clasificación.

*Tabla N°: 8 Ensayos de Laboratorio*

<b>NOMBRE DEL ENSAYO</b>	<b>USO</b>	<b>MÉTODO NTP</b>	<b>PROPÓSITO DEL ENSAYO</b>
Análisis Granulométrico por Tamizado	Clasificación	NTP 339.013	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Material que pasa la malla 200	Clasificación	NTP 400.018	Determinar la cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 expresadas en %
Contenido de Humedad	Clasificación	NTP 339.13	Hallar el contenido de humedad natural de los suelos

Límite líquido	Clasificación	NTP 339.129	Hallar el contenido de agua entre los estados Líquido y Plástico
Límite Plástico	Clasificación	NTP 339.129	Hallar el contenido de agua entre los estados plásticos y semi sólido.
Sales	Clasificación	NTP 339.152	Hallar el contenido de sales que se encuentra en el suelo expresadas en % y ppm
CBR	Diseño de Espesores	NTP 339.145	Determinar la capacidad de soporte del suelo. Permite inferir el módulo resiliente.
Compactación Proctor Modificado	Diseño de Espesores	NTP 339.141	Determina la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario de los Suelos (Curva de Compactación)

*Fuente: elaboración propia*

### **3.2.5. ESTUDIO DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA**

#### **3.2.5.1. Estudio de canteras**

Para el estudio de canteras, se tuvo en cuenta la cantera más cercana, la cual se detalla a continuación.

#### **Cantera San Juan de La Libertad**

##### **Ubicación**

Se ubica en la carretera a San Juan De La Libertad, a una distancia de 2.1 km de la obra.

Longitud Área de explotación – Cantera 2.00 km

Longitud Total: 26.523 km

##### **Descripción de cantera**

##### **Material:**

La cantera está conformada por áreas de almacenamiento a cielo abierto, se extrae el material del Río de san juan de la libertad para su procesamiento en la chancadora.

##### **Accesibilidad:**

Cuenta con un solo acceso directo, la carretera San Juan De La Libertad.

**Potencia:**

El área aproximada de explotación de los materiales según lo estimado en campo es 25000 m<sup>3</sup>, con un estrato explotable del 80%.

**Uso:**

Agregado grueso y fino para concreto.

**Evaluación**

Dicha cantera está ligada a la historia de las obras de la zona, además, cumple las exigencias técnicas del Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC (EM-2000).

**Procesamiento**

El material se comprará directamente en la cantera.

*Fotografía N°: 7 Cantera San Juan*



*Fuente: propia*

**3.2.5.1.1. Cantera Cerro Catache****Ubicación**

Se ubica en la carretera a San Juan de La Libertad, a una distancia de 4 km del inicio de la obra.

**Uso**

Afirmado para base, sub base y sub rasante.

**Evaluación**

Dicha cantera está ligada a las obras de trochas y carreteras con la ciudad de Bagua Grande y sus contornos y cumple con el Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC (EM-2000).

**Potencia**

El área aproximada de explotación de los materiales según la estimación en campo tiene un Potencial de 10000 m<sup>3</sup>.

**Procesamiento**

Para poder realizar el aprovechamiento de material, se debe realizar una limpieza del terreno de 0.10 cm. La extracción y explotación se realizará con cargador frontal, tractor y volquetes.

Además, se informa que durante años esta cantera provee a empresas que explotan en conformidad, debido a que el proceso de explotación directa es muy complicado demandando mucho tiempo, por tal motivo se obtiene de una forma directa el material.

El material de agregados para concreto se comprará en cantera.

**Muestra de cantera**

En el cerro de exploración, se encontró un material gravoso pobremente graduada con arcilla y arena.

SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de suelos) como un suelo GP-GC.

Contenido de humedad es de 1.73%.

Los resúmenes de todos los ensayos se muestran en el capítulo de resultados.

*Fotografía N°: 8 Cantera San Juan De La Libertad*



Fuente: propia

### **3.2.5.2. Metodología del estudio de canteras**

#### **3.2.5.2.1. Trabajo de campo**

Una vez ubicada la cantera, se procedió a su investigación geotécnica mediante el muestreo manual de la cantera seleccionada. La cantera mencionada es la única que cumple con las especificaciones y además es la única en la zona que proveer por años.

*Cuadro N°: 1 Relación de canteras para estudio*

<b>CANTERA</b>	<b>ACCESO</b>	<b>ESTADO DEL ACCESO</b>	<b>LADO</b>	<b>POSIBLES USOS</b>	<b>PROPIE- TARIOS</b>
Cantera rio cruce	Sí	Regular	Izquierdo	Carpeta Asfáltica y concreto hidráulico	Juan chilevas
Cantera cerro Catache	Sí	Regular	Izquierdo	Base, Sub Base Granular	Víctor morales

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.5.2.2. Ensayo de laboratorio de canteras

Se realizaron los ensayos en el laboratorio de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

*Tabla N°: 9 Características físico – mecánicas y químicas*

Valor Relativo de Soporte	Tráfico Ligero y Medio	Mín. 80%
C.B.R. (1)	Tráfico Pesado	100%

*Fuente: Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC (EM-2000)*

*Tabla N°: 10 Requerimientos Agregado Fino*

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTOS
Índice Plástico	NTP 339.129	4 % máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	35 % mín.
Sales Solubles Totales	NTP 339.152	0.55% Max.

*Fuente: Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC (EM-2000)*

### 3.2.5.3. Estudio de fuentes de agua

Para El Estudio Definitivo diseño de la carretera El Eucalipto – Santa María – El Libano, distrito de Cajaruro y provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas se ha realizado el estudio de agua del rio “San Juan”, que se encuentra ubicada en a 3.00 km del rio, hasta el punto de partida del Cruce La Libertad.

Los ensayos de agua traída de la quebrada se realizaron en el laboratorio químico del FERMATI.

Este Punto de toma de agua, la misma que fue sometida a ensayos químicos con la finalidad de determinar si presentan cantidades perjudiciales de ácidos, álcalis, sales como cloruro o sulfatos, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser nocivos para los materiales que componen el pavimento y para las obras hidráulicas.

### **3.2.6. ESTUDIO HIDROLÓGICO**

#### **3.2.6.1. Objetivos**

##### **Objetivos principales**

El objetivo principal de este estudio es la de conocer las características físicas de la zona del proyecto y los parámetros necesarios para diseñar las obras de drenaje.

##### **Objetivos Específicos**

Realizar un análisis hidrológico de la zona del proyecto.

Conocer lluvias de diseño y posteriormente, calcular los caudales solicitantes aportadas por las precipitaciones.

Obtener parámetros para diseñar las obras de drenaje del proyecto.

#### **3.2.6.2. Metodología de trabajo**

Para poder realizar el estudio hidrológico, primero realizamos el recorrido definitivo de la carretera proyectada, y se delimitaron subcuencas en todo el recorrido del tramo para poder sacar sus características de cada subcuenca y posteriormente realizar las distribuciones estadísticas, para estas distribuciones hemos empleado el software Hidroesta2.

#### **3.2.6.3. Características físicas de la cuenca**

##### **Generalidades**

Se evaluará y definirá las características del escurrimiento hidrológico superficial del área del proyecto de la carretera. Ello implica el estudio de las principales corrientes de agua, caudales y sus variaciones, así como el examen de posibilidades de máximas de escurrimiento para determinados periodos de retorno.

#### **3.2.6.4. La red hidrográfica**

La caracterización hidrológica comprende la descripción hidrográfica de las principales quebradas, así como la cuantificación de sus caudales y comportamiento de estos en forma espacial y temporal. En este caso específico describiremos la hidrografía de indistintas sub cuencas

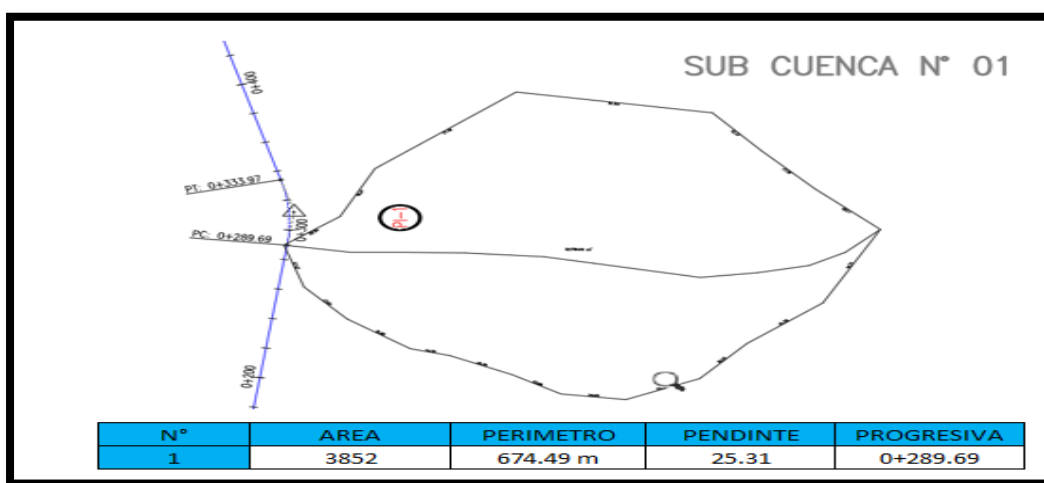
### 3.2.6.5. Identificación de puntos de estudio

Para una mejor distribución se delimitaron subcuencas en todo el trazo del diseño definitivo, se emplearon software como: Google Earth, global mapper y civil 3d.

### 3.2.6.6. Trazo de parte aguas

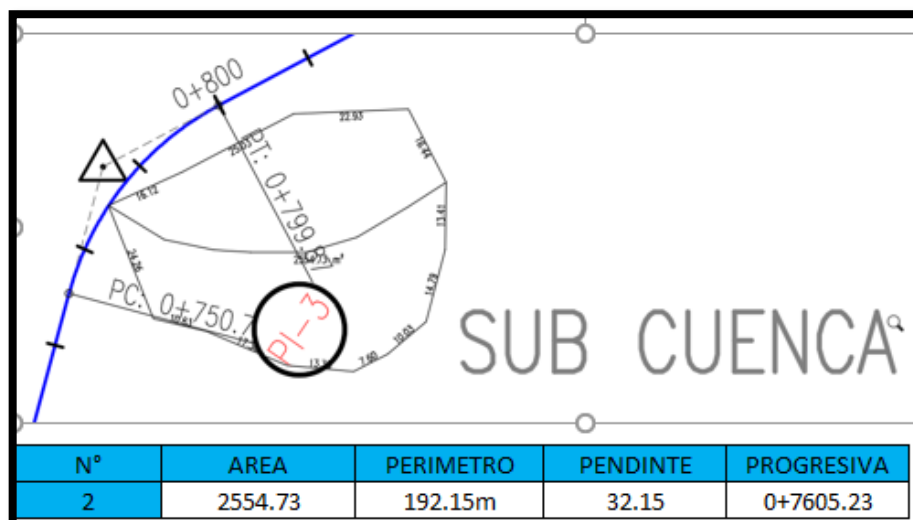
Se le asignó un número a cada punto para identificarlos, a continuación, se muestra el resultado de la delimitación de cada subcuencas:

*Imagen N°: 9 Delimitación de la subcuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga, del punto de estudio N°01.*



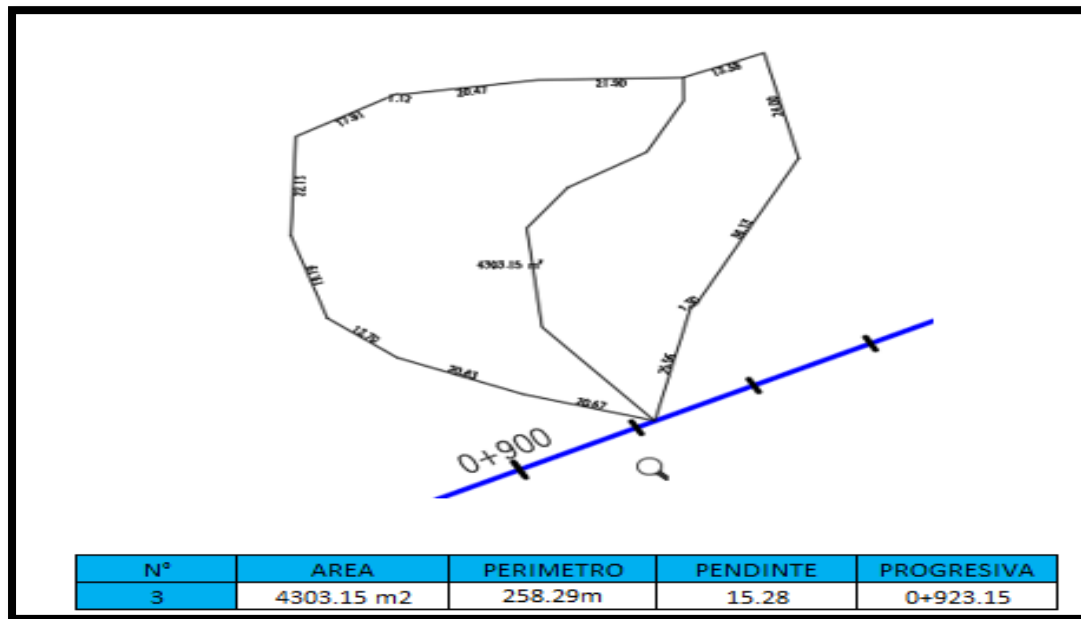
*Fuente: Elaboración Propia – Google Earth*

*Imagen N°: 10 Delimitación de la subcuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga, del punto de estudio N°02.*



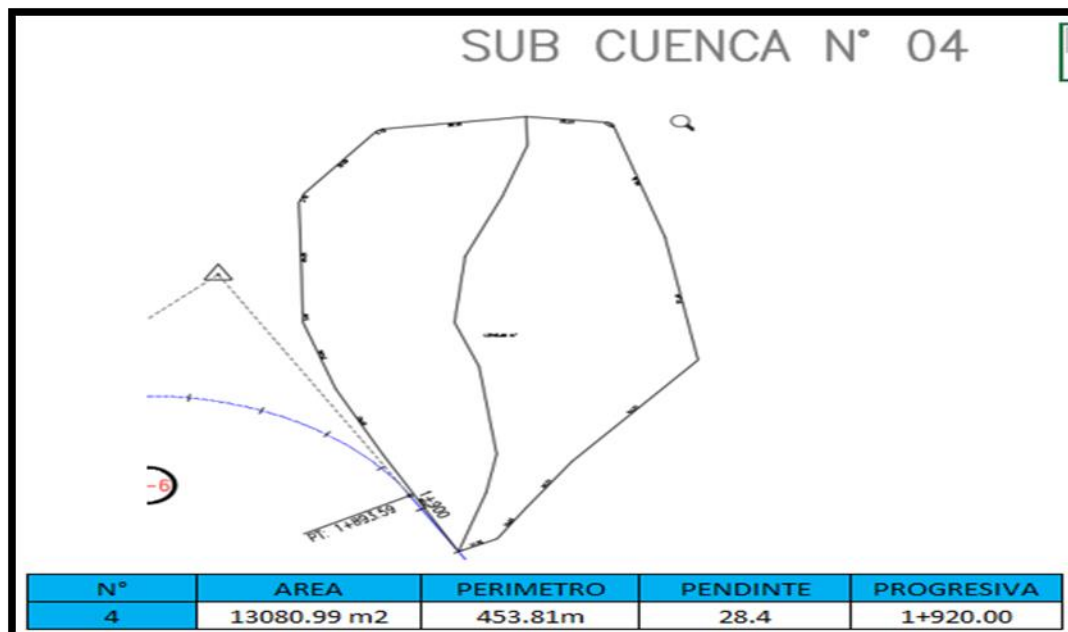
*Fuente: Elaboración Propia – Google Earth*

Imagen N°: 11 Delimitación de la sub cuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga, del punto de estudio N°03.



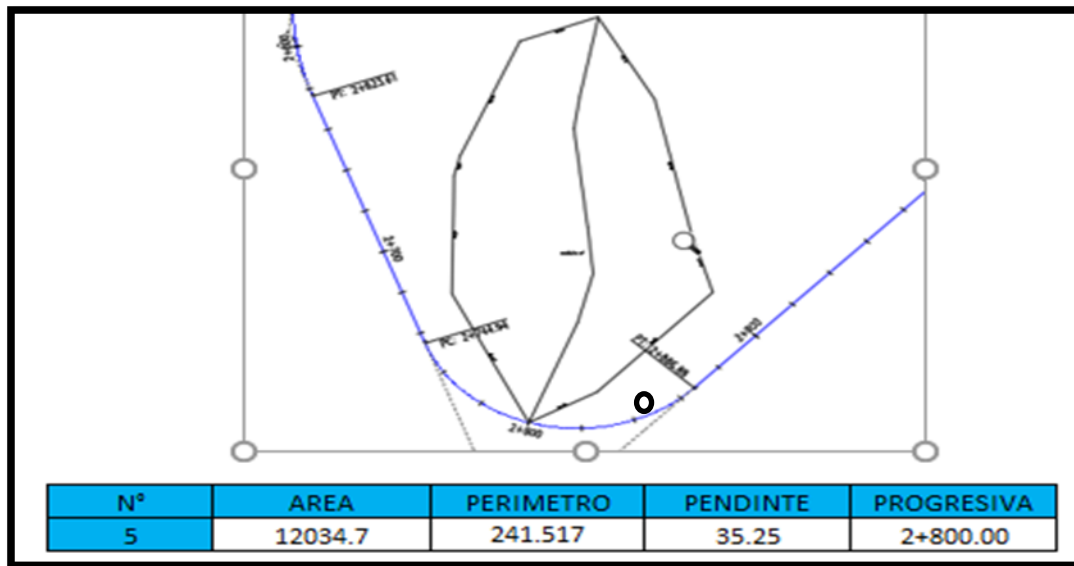
Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

Imagen N°: 12 Delimitación de la subcuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga, del punto de estudio N°04.



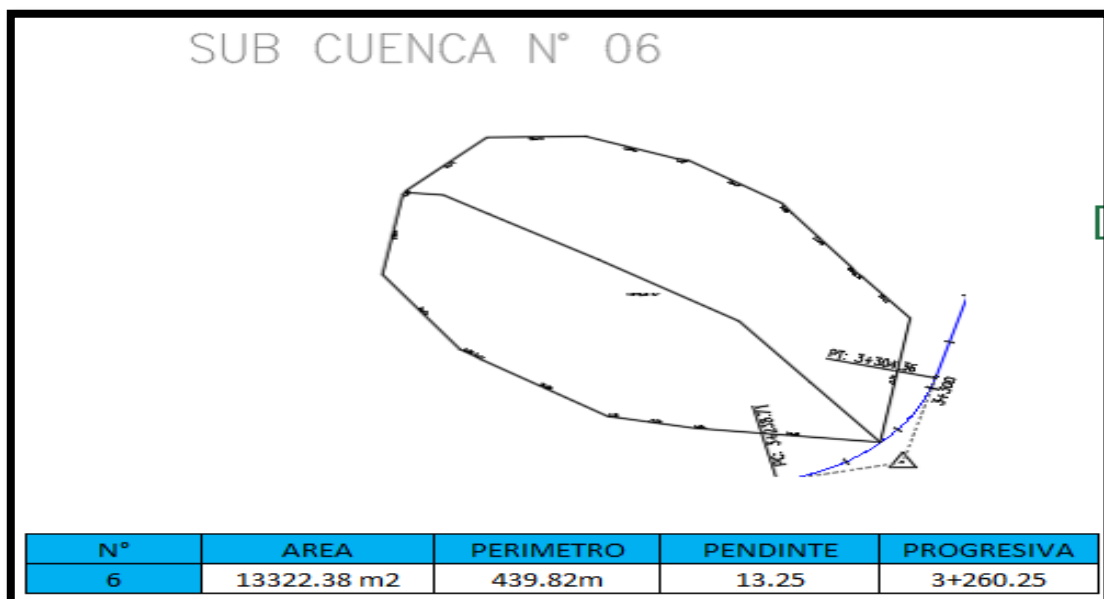
Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

Imagen N°: 13 Delimitación de la subcuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga, del punto de estudio N°05.



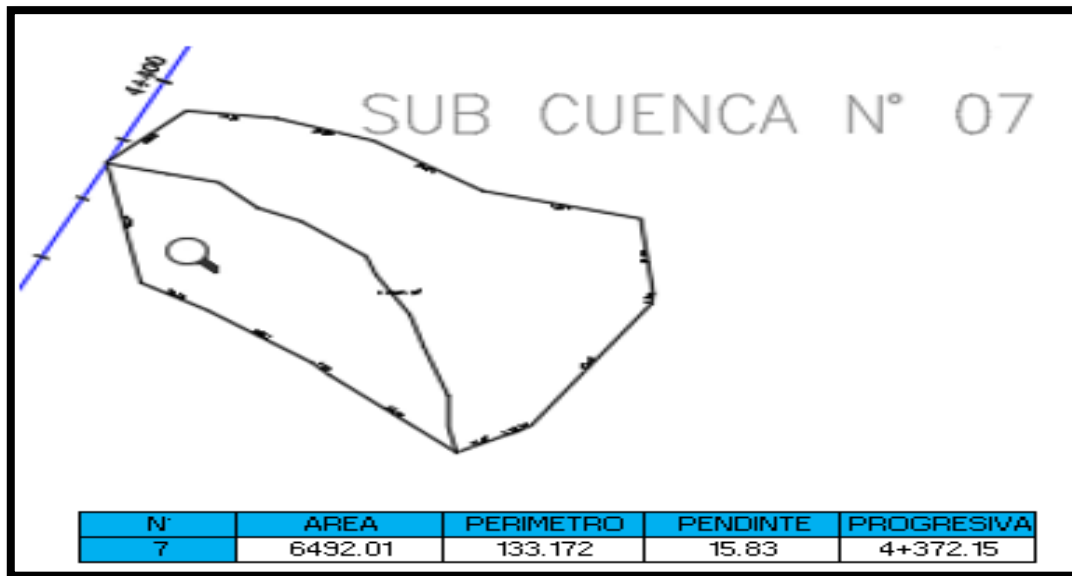
Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

Imagen N°: 14 Delimitación de la subcuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga del punto de estudio N°06.



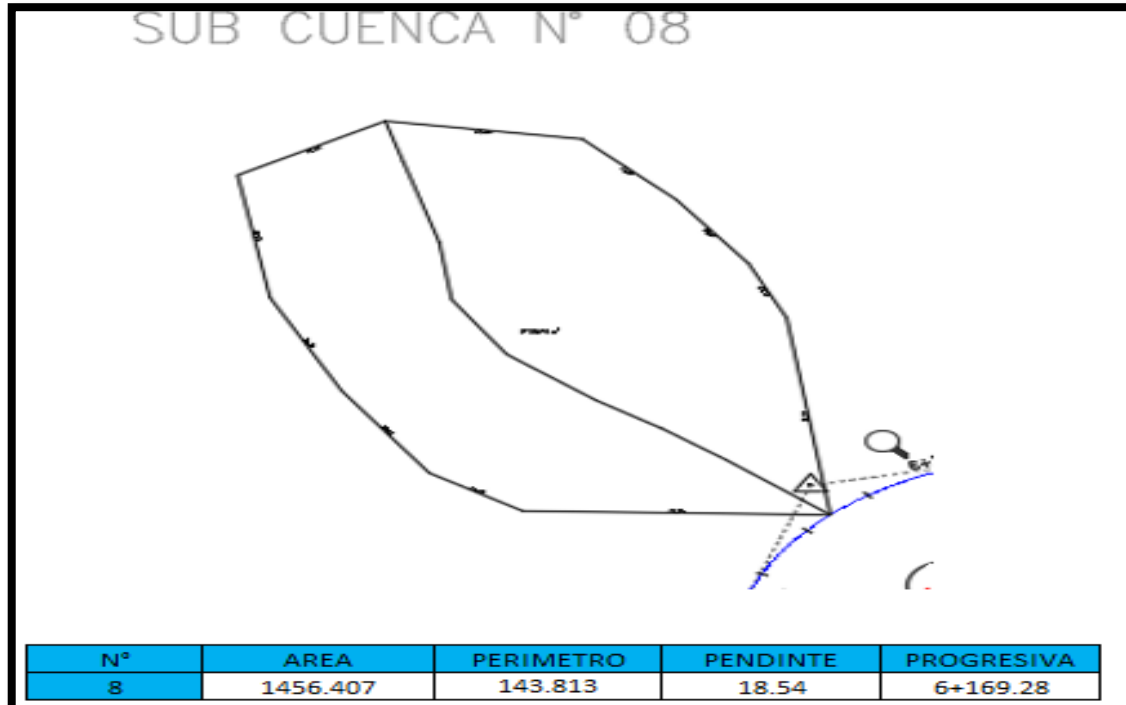
Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

Imagen N°: 15 Delimitación de la subcuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga, del punto de estudio N°07.



Fuente: Elaboración Propia – Google Earth.

Imagen N°: 16 Delimitación de la subcuenca y trazo de la trayectoria de agua más larga, del punto de estudio N°08.



Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

### 3.2.6.7. Selección del periodo de retorno

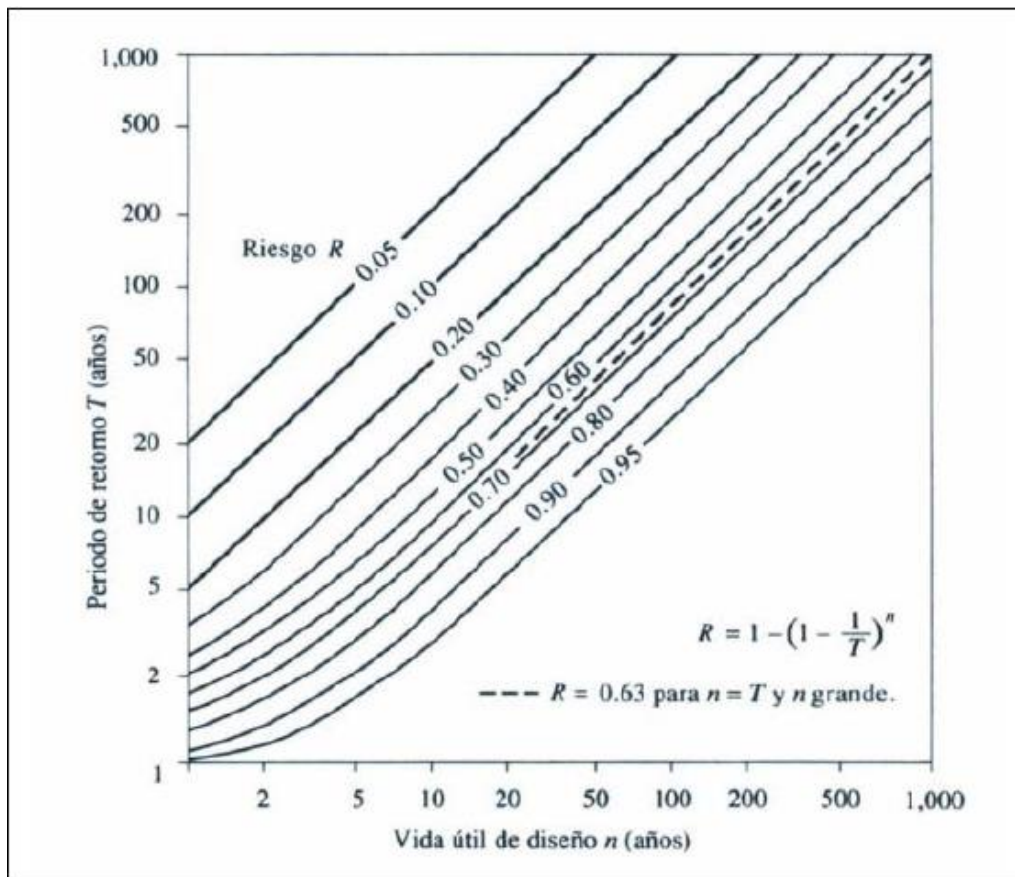
Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros. [8]

El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

Si la obra tiene una vida útil de  $n$  años, la fórmula anterior permite calcular el período de retorno  $T$ , fijando el riesgo de falla admisible  $R$ , el cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de la crecida estudiada, durante la vida útil de la obra.

*Imagen N°: 17 Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño*



*Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow)*

La tabla anterior se presenta el valor t para varios riesgos permisibles y para la vida útil “n” de la obra.

*Tabla N°: 11 Valores de Período de Retorno T (Años)*

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144

*Fuente:* Monsalve, 1999.

De acuerdo a los valores presentados en la Tabla anterior se recomienda utilizar como máximo, los siguientes valores de riesgo admisible de obras de drenaje:

*Tabla N°: 12 Riesgo Admisible*

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

*Fuente:* Manual de Hidrología, hidráulica y drenaje

Según la normativa de hidrología nos menciona que deberíamos considerar las siguientes vidas útiles como a continuación se detalla.

Puentes y Defensas Ribereñas n= 40 años.

- Alcantarillas de quebradas importantes n= 25 años.

- Alcantarillas de quebradas menores n= 15 años.
- Drenaje de plataforma y Sub-drenes n= 15 años.

Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse.

El Propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras. [8]

### **3.2.6.8. Modelos de distribución**

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones: [8]

Distribución Normal

Distribución Log Normal 2 parámetros

Distribución Log Normal 3 parámetros

Distribución Gamma 2 parámetros

Distribución Gamma 3 parámetros

Distribución Log Pearson tipo III

Distribución Gumbel

Distribución Log Gumbel

### **3.2.6.9. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia**

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como: [8]

$$i = \frac{P}{Td}$$

Donde P es la profundidad de lluvia (mm) y Td es la duración, dada usualmente en horas. La frecuencia se expresa en función del período de retorno, T, que es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño. [8]

*Tabla N°: 13 coeficiente de duración de lluvias entre 48 horas y una hora*

DURACION DE LA PRECIPITACIÓN EN HORAS	COEFICIENTE
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

*Fuente: Manual de Hidrología, hidráulica y drenaje*

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{K T^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad máxima (mm/h)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio

T = período de retorno en años

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

### 3.2.6.10. Tiempo de concentración

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca.

El tiempo de concentración en un sistema de drenaje pluvial es: [8]

$$t_c = t_o + t_f$$

Donde:

$t_o$ : tiempo de entrada, hasta alguna alcantarilla.

$t_f$ : tiempo de flujo en los alcantarillados hasta el punto de interés  $= \sum L_i / V_i$

Luego se elegirá la fórmula que sea más conveniente emplear para hallar el tiempo de concentración, en este caso nosotros utilizamos el método de KIRPICH

Tabla N°: 14 Formula de Kirpich para calcular el tiempo de concentración

MÉTODO Y FECHA	FÓRMULA PARA $t_c$ (minutos)	OBSERVACIONES
Kirpich (1940)	$t_c = 0.01947.L^{0.77}.S^{-0.385}$ <p>L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S = pendiente promedio de la cuenca, m/m</p>	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar $t_c$ por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.

Fuente: Manual de Hidrología, hidráulica y drenaje



### 3.2.7.3. Tangentes mínimas y máximas

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño. [6]

Tabla N°: 16 Longitudes de tramos tangentes

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

Fuente: DG-2018.

### 3.2.7.4. Radios mínimos

Imagen N°: 18 fórmula para hallar el radio mínimo

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

Dónde:

R<sub>mín</sub> : Radio Mínimo

V : Velocidad de diseño

P<sub>máx</sub>: Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

f<sub>máx</sub>: Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

Fuente: DG-2018.

Tabla N°: 17 Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

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

Fuente: DG-2018.

Ambas opciones dos como conclusión que en nuestra carretera tendríamos como radio mínimo 25 m.

### **3.2.7.5. Elementos de una curva horizontal**

Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares que a continuación se indican, deben ser utilizadas sin ninguna modificación y son los siguientes:

P.C.: Punto de inicio de la curva

P.I.: Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas

P.T.: Punto de tangencia

E: Distancia a externa (m)

M: Distancia de la ordenada media (m)

R: Longitud del radio de la curva (m)

T: Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)

L: Longitud de la curva (m)

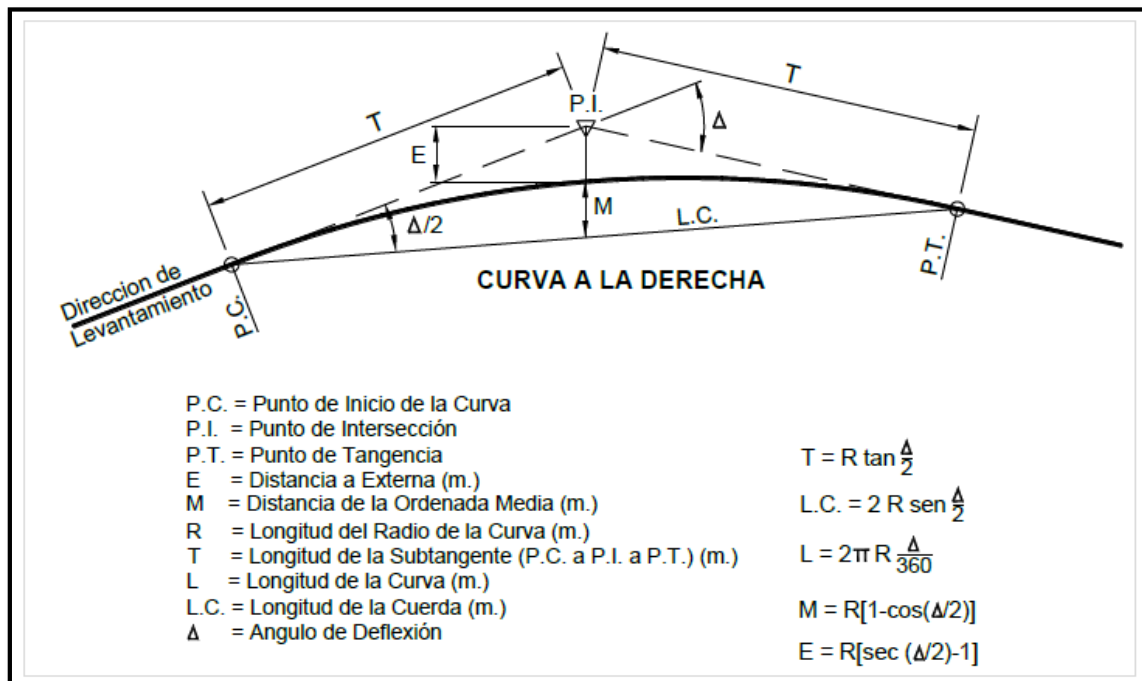
L.C: Longitud de la cuerda (m)

$\Delta$ : Ángulo de deflexión ( $^{\circ}$ )

p: Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)

Sa: Sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva(m) [6]

Imagen N°: 19 Simbología de la curva circular diseño horizontal



Fuente: DG-2018.

### 3.2.7.6. Sobreancho.

Imagen N°: 20 Fórmula para determinar el sobreancho

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

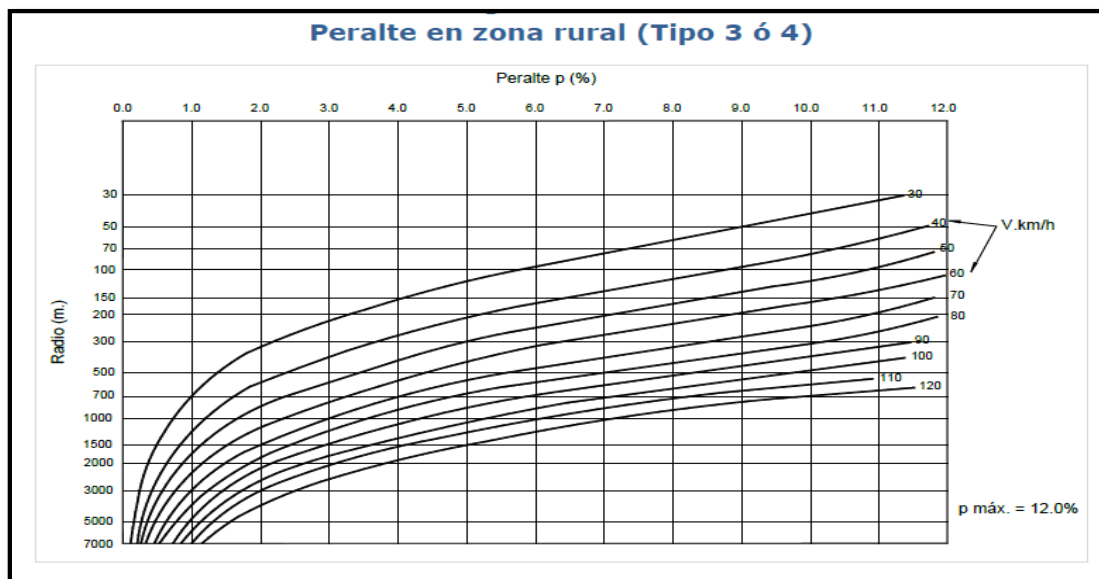
Dónde:

Sa	:	Sobreancho (m)
n	:	Número de carriles
R <sub>C</sub>	:	Radio de curvatura circular (m)
L	:	Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)
V	:	Velocidad de diseño (km/h)

Fuente: DG-2018.

### 3.2.7.7. Peralte en curvas

Imagen N°: 21 Grafica de peralte en zona rural (orografía 3 o 4)



Fuente: DG-2018.

### 3.2.7.8. Longitud de transición de peralte.

Tabla N°: 18 Tabla de longitud mínima de transición de peralte

Velocidad de diseño (Km/h)	Valor del peralte						Longitud mínima de transición de bombeo (m)**
	2%	4%	6%	8%	10 %	12 %	
	Longitud mínima de transición de peralte (m)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	58	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	33	44	55	66	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	65	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14
90	15	31	46	61	77	92	15

Fuente: DG-2018

### 3.2.7.9. Curvas de transición.

Tabla N°: 19 Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño Km/h	Radio M
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210
70	290
80	380
90	480

Fuente: DG-2018

### 3.2.7.10. Longitud de espirales

Imagen N°: 22 Fórmulas para  $L_{\min}$ - $L_{\max}$  de espirales (carreteras de tercera clase)

$$L_{\min} = 0.0178 \frac{V^2}{R} \quad L_{\max.} = (24R)^{0.5}$$

Dónde:

- R : Radio de la curvatura circular horizontal.
- $L_{\min}$  : Longitud mínima de la curva de transición.
- $L_{\max}$  : Longitud máxima de la curva de transición en metros.
- V : Velocidad específica en km/h.

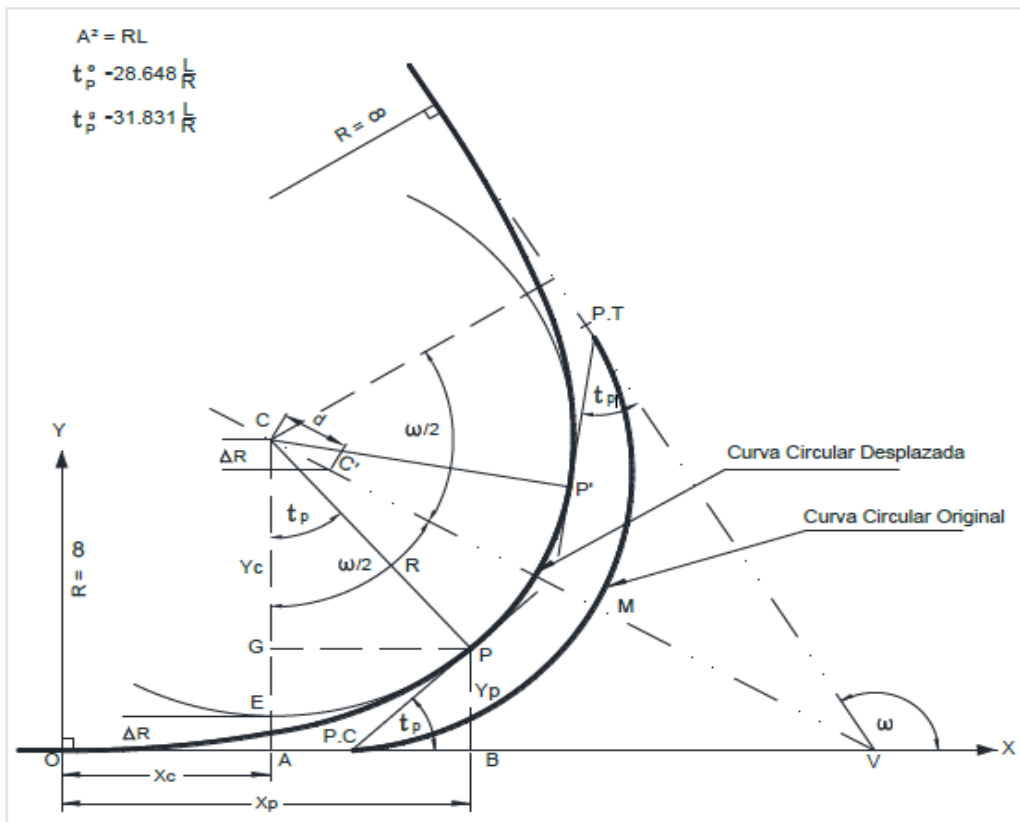
Fuente: DG-2018

Tener en cuenta que DG-2018 especifica que En ningún caso se adoptarán longitudes de transición menores a 30 m.

### 3.2.7.11. Elementos de la curva de transición –curva circular

Elementos de curvas horizontales que necesitan transición:

Imagen N°: 23 Elementos de curva de transición –curva circular



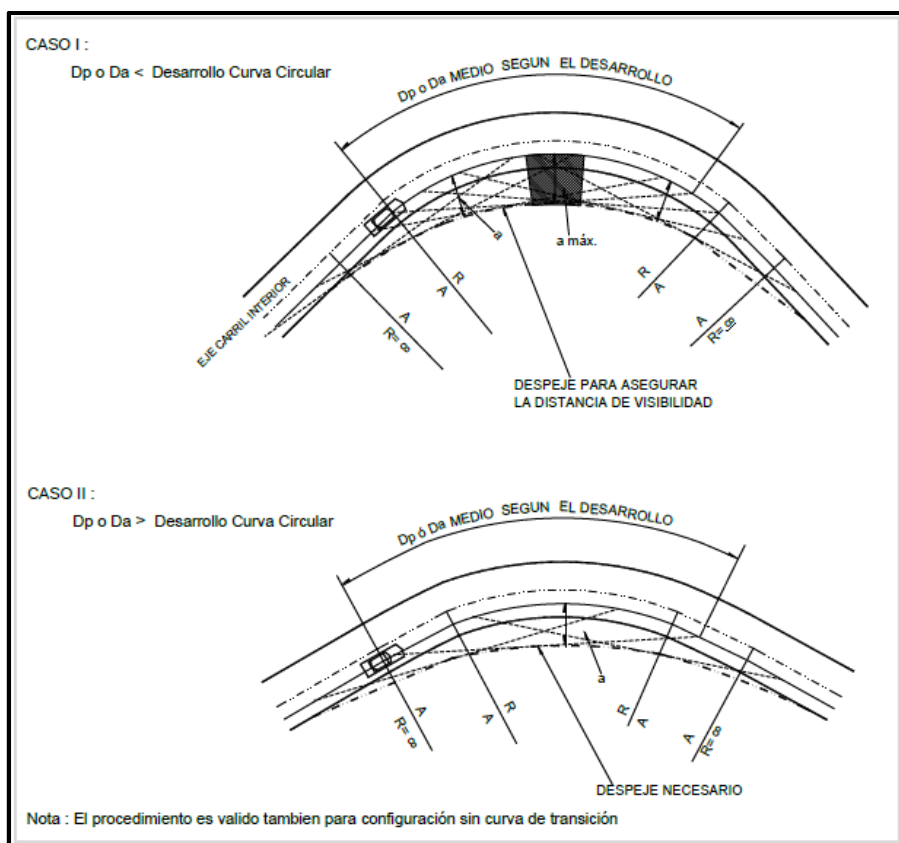
	$CE = CP = C'M = R$
Desplazamiento :	$\Delta R = EA = (PB - GE)$
	$\Delta R = Yp - R(1 - \cos t_p)$
Desplazamiento Centro :	$d = CC' = \frac{\Delta R}{\cos \frac{\omega}{2}}$
Origen Curva Enlace :	$OV = Xp + AV - AB$
	$OV = Xp + (R + \Delta R) \tan \frac{\omega}{2} - R \operatorname{sen} t_p$
Coordenada de c :	$Xc = Xp - R \operatorname{sen} t_p$
	$Yc = Yp + R \cos t_p = R + \Delta R$
Desarrollo Circular :	$pp' = \frac{R(\omega - 2t_p)}{57.296} \quad (^\circ)$
	$pp' = \frac{R(\omega - 2t_p)}{63.662} \quad (g)$

Fuente: DG-2018

### 3.2.7.12. Determinación gráfica de distancias de visibilidad en curvas en planta (despeje lateral)

$$a_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = \frac{Dv^2}{8R}$$

Imagen N°: 24 Despeje lateral



Fuente: DG-2018

### 3.2.7.13. Diseño geométrico de perfil

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas.

El alineamiento vertical deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

### 3.2.7.14. Pendiente mínima

La pendiente mínima según el reglamento sería de 0.5% ya que nuestro carretero cuenta con berma y excepcionalmente podría llegar hasta 0.35% según DG-2018.

### 3.2.7.15. Pendiente máxima

La DG-2018 nos proporciona una tabla para encontrar una pendiente óptima que depende del tipo de orografía y la velocidad de diseño adoptada.

Tabla N°: 20 Tabla de longitud mínima de transición de peralte

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

Fuente: DG-2018

### 3.2.7.16. Curvas verticales

$$K = L/A$$

Dónde,

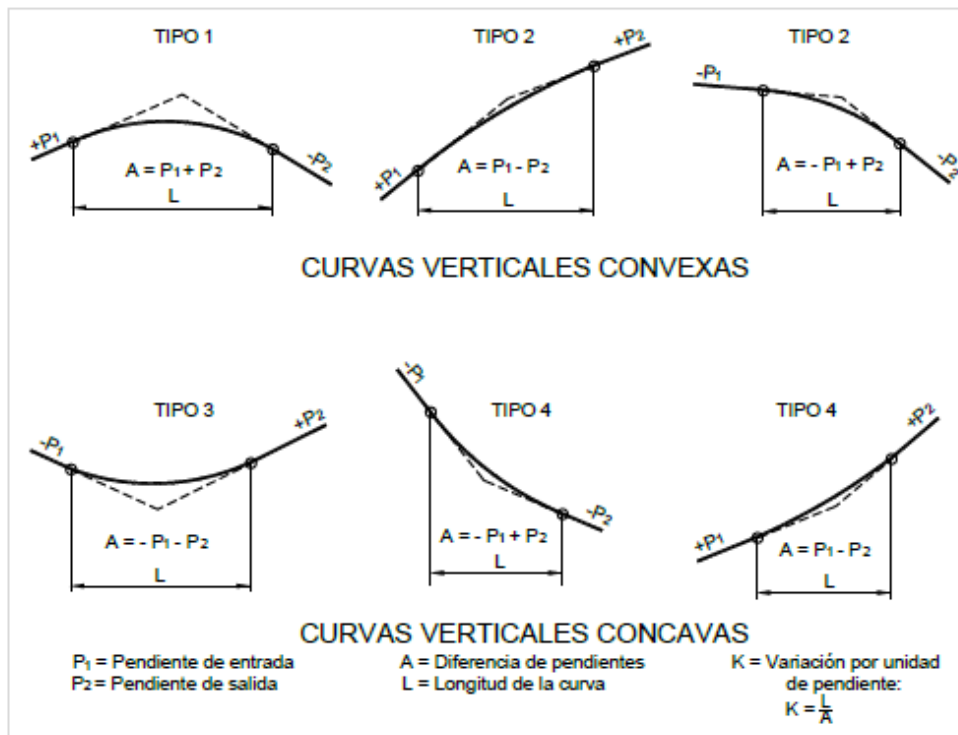
- K : Parámetro de curvatura
- L : Longitud de la curva vertical
- A : Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

Fuente: DG-2018

### 3.2.7.17. Tipo de curvas verticales

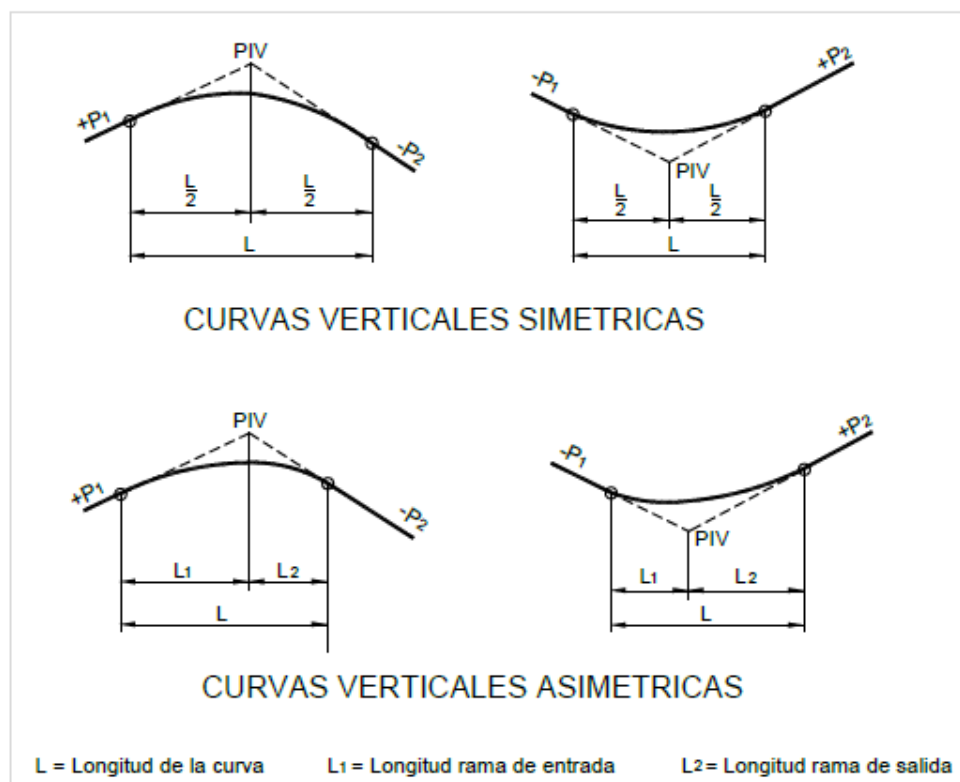
Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales convexas y cóncavas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas. [6]

Imagen N°: 25 Tipo de curvas verticales convexas y cóncavas



Fuente: DG-2018

Imagen N°: 26 Tipo de curvas simétricas y asimétricas

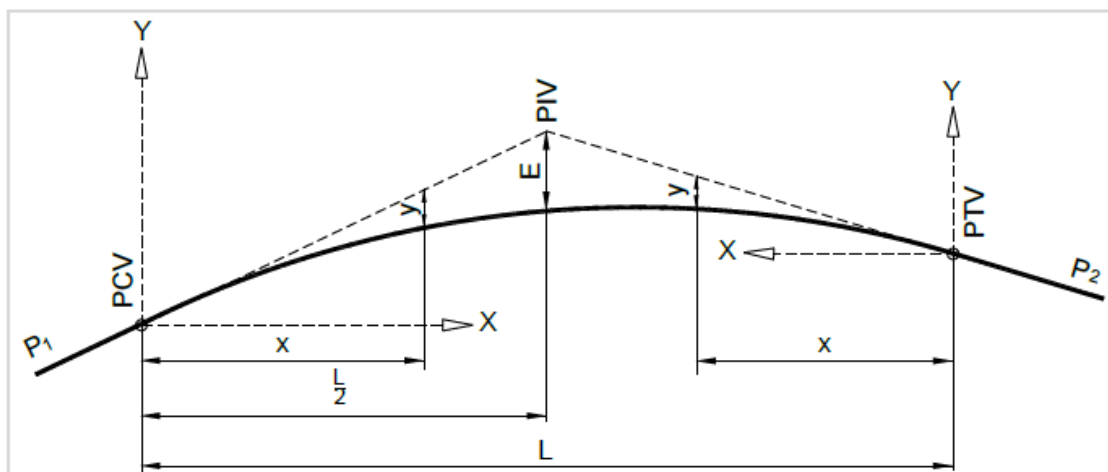


Fuente: DG-2018

### 3.2.7.18. Curva vertical simétrica

Está conformada por dos parábolas de igual longitud, que se unen en la proyección vertical del PIV. La curva vertical recomendada es la parábola cuadrática, cuyos elementos principales y expresiones matemáticas se incluyen a continuación. [6]

*Imagen N°: 27 Elementos de la curva vertical simétrica*



*Fuente: DG-2018*

PCV: Principio de la curva vertical

PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales

PTV: Término de la curva vertical

L: Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

S1: Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)

S2: Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)

A: Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%)

$$A = |S_1 - S_2|$$

E: Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), se determina con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{A L}{800}$$

X: Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.

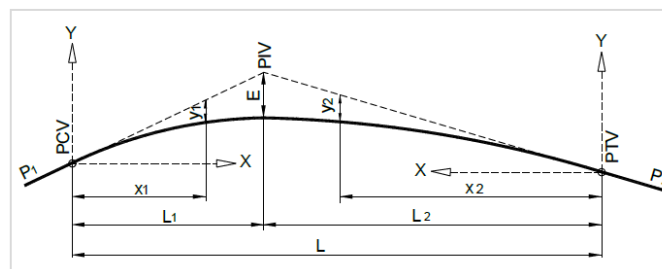
Y: Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical, se calcula mediante la siguiente fórmula: [6]

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

### 3.2.7.19. Curva vertical asimétrica

La curva vertical asimétrica está conformada por dos parábolas de diferente longitud ( $L_1$ ,  $L_2$ ) que se unen en la proyección vertical del PIV. [6]

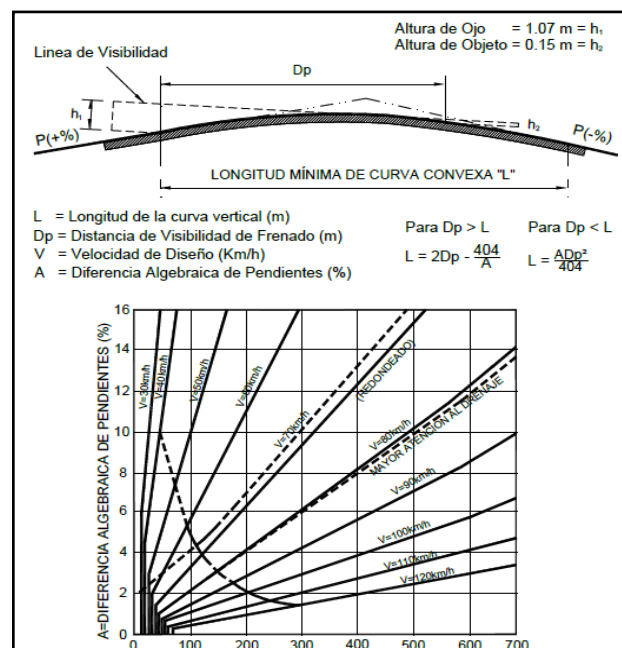
Imagen N°: 28 Elementos de la curva vertical Asimétrica



Fuente: DG-2018

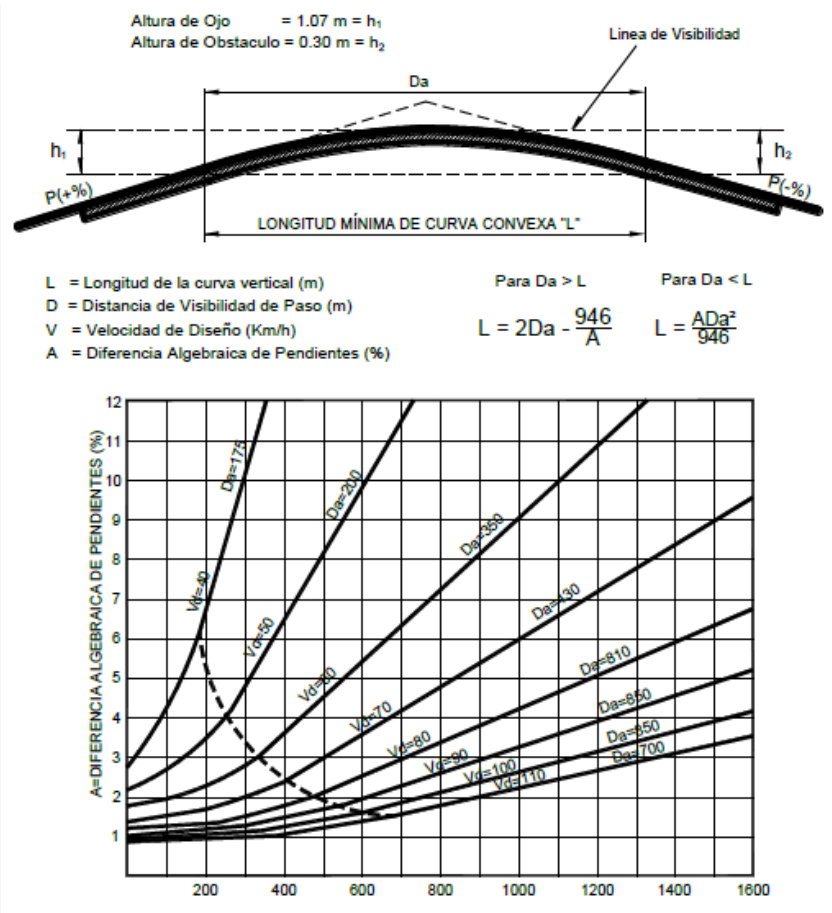
### 3.2.7.20. Longitud de las curvas convexas

Imagen N°: 29. Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada



Fuente: DG-2018

Imagen N°: 30. Longitud mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso



Fuente: DG-2018

Tabla N°: 21 Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de tercera clase.

Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	Índice de curvatura K
20	20	0.6		
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

Fuente: DG-2018



Tabla N°: 22 Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de tercera clase.

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

Fuente: DG-2018

### 3.2.7.22. Calzada

Tabla N°: 23 Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6,000				6,000 – 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																			5.00	6.00
40 km/h															6.60	6.60	6.60	6.60	5.00	
50 km/h										7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	5.00	
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60		
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60		
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20							
110 km/h	7.20	7.20			7.20															
120 km/h	7.20	7.20			7.20															
130 km/h	7.20																			

Fuente: DG-2018

Para nuestro caso con las características de nuestra carretera se eligió un ancho de calzada de 6.00 m.

### 3.2.7.23. Bombeo de calzada

Tabla N°: 24 Bombeo de calzada

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

Fuente: DG-2018

Se consideró el bombeo de la calzada 3.5 %

### 3.2.7.24. Bermas

Tabla N°: 25 Ancho de bermas

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

Fuente: DG-2018

Para nuestra carretera tendríamos bermas de 0.50m

### 3.2.7.25. Taludes

Tabla N°: 26 Valores referenciales para taludes en corte H/V

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

Fuente: DG-2018

Tabla N°: 27 Talud referencial en zona de relleno (terraplenes)

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

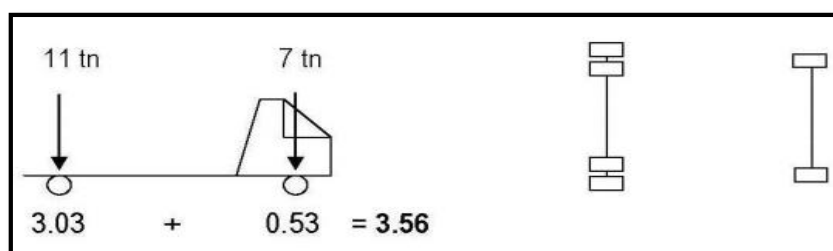
Fuente: DG-2018

### 3.2.8. DISEÑO DE PAVIMENTO

Según los parámetros de nuestra carretera tendrías una carretera a nivel de afirmado ya que el flujo de vehículos es bajo y está clasificada como trocha carrozable.

#### 3.2.8.1. Cálculo ESAL de diseño

##### Cálculo del Factor Equivalente de Carga para el Camión C2



Cabe mencionar que los factores equivalentes han sido extraídos e interpolados de la tabla de ejes equivalentes.

Tabla N°: 28 Factores de equivalencia de carga

Carga bruta por eje		Factores de equivalencia de Carga		
KN	lb	Ejes Simples	Ejes Tandem	Ejes Tridem
4.45	1,000	0.00002		
8.9	2,000	0.00018		
17.8	4,000	0.00209	0.0003	
26.7	6,000	0.01043	0.001	0.0003
35.6	8,000	0.0343	0.003	0.001
44.5	10,000	0.0877	0.007	0.002
53.4	12,000	0.189	0.014	0.003
62.3	14,000	0.360	0.027	0.006
71.2	16,000	0.623	0.047	0.011
80.0	18,000	1.000	0.077	0.017
89.0	20,000	1.51	0.121	0.027
97.9	22,000	2.18	0.180	0.040
106.8	24,000	3.03	0.260	0.057
115.6	26,000	4.09	0.364	0.080
124.5	28,000	5.39	0.495	0.109
133.4	30,000	6.97	0.658	0.145
142.3	32,000	8.88	0.857	0.191
151.2	34,000	11.18	1.095	0.246
160.1	36,000	13.93	1.38	0.313
169.0	38,000	17.20	1.70	0.393
178.0	40,000	21.08	2.08	0.487
187.0	42,000	25.64	2.51	0.597
195.7	44,000	31.00	3.00	0.723
204.5	46,000	37.24	3.55	0.868
213.5	48,000	44.50	4.17	1.033
222.4	50,000	52.88	4.86	1.22
231.3	52,000		5.63	1.43
240.2	54,000		6.47	1.66
249.0	56,000		7.41	1.91
258.0	58,000		8.45	2.20
267.0	60,000		9.59	2.51
275.8	62,000		10.84	2.85
284.5	64,000		12.22	3.22
293.5	66,000		13.73	3.62
302.5	68,000		15.38	4.05
311.5	70,000		17.19	4.52
320.0	72,000		19.16	5.03
329.0	74,000		21.32	5.57
338.0	76,000		23.66	6.15
347.0	78,000		26.22	6.78
356.0	80,000		29.0	7.45
364.7	82,000		32.0	8.20
373.6	84,000		35.3	8.90
382.5	86,000		38.8	9.80
391.4	88,000		42.6	10.6
400.3	90,000		46.8	11.6

Fuente: Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos

### 3.2.8.2. Espesor del pavimento – método AASHTO

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

Dónde

e = espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = valor del CBR de la sub rasante.

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

### 3.2.9. OBRAS DE DRENAJE Y DISEÑO HIDRÁULICO

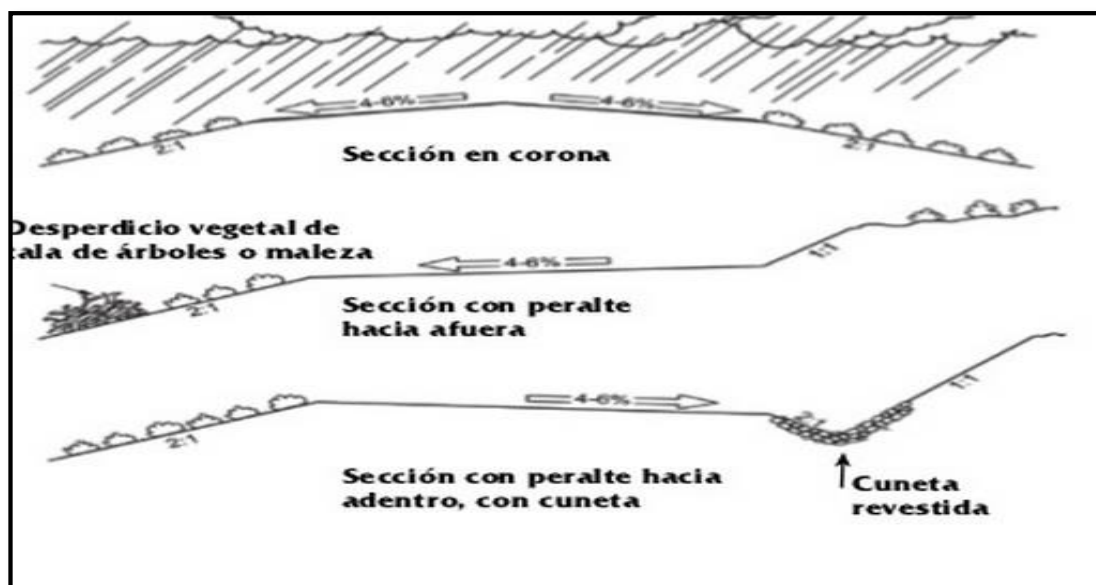
Se define como el método de controlar o eliminar el movimiento de las aguas superficiales y subterráneas con la finalidad que no afecten la estructura y la vida del pavimento, a partir de la hidrología. [8]

#### 3.2.9.1. Drenaje Superficial

Referido al control del agua que circula o discurre sobre el terreno natural o sobre la carretera, provenientes de las lluvias o de inundaciones de ríos o aguas almacenadas. [8]

Las principales obras de protección del camino que se plantea son las siguientes:

*Imagen N°: 32 Drenaje Superficial*

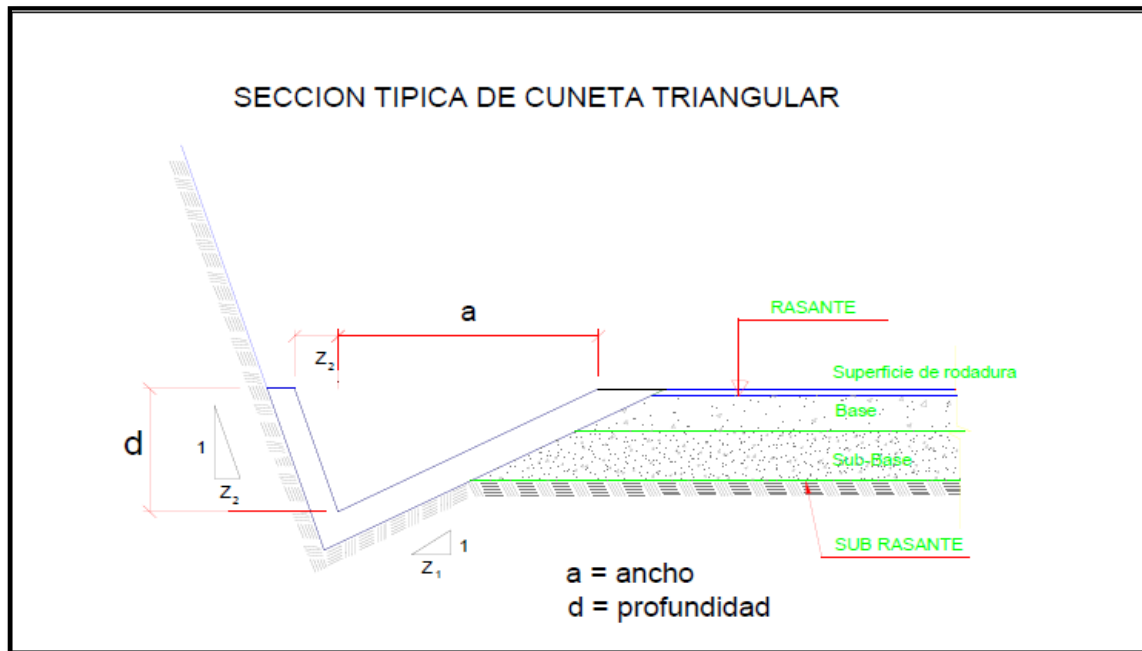


*Fuente: Ingeniería de caminos rurales.*

### 3.2.9.1.1. Cunetas

De acuerdo a las recomendaciones den el DG-2014 se recomienda utilizar un pendiente en las longitudes de relleno de la cuneta de  $\frac{1}{2}$  ya tiene qué coincidir con el talud de la berma y en las longitudes de corte 1/1.

Imagen N°: 33 Sección típica de cuneta triangular



Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje

#### 3.2.9.1.1.1. Capacidad de cunetas

Para el cálculo de la capacidad real de la cuneta utilizaremos la fórmula de Manning:

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

Por continuidad:

$$Q = A * V$$

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

Donde:

Q = Capacidad de las cunetas en m<sup>3</sup>/seg

A = Área hidráulica (m<sup>2</sup>)

V = Velocidad promedio (m/seg)

R = Radio hidráulico (A/P)

S = Pendiente de la cuneta (%o)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

P = Perímetro mojado (m)

*Tabla N°: 29 Coeficientes de Manning*

<b>Material</b>	<b>Coeficiente rugosidad (n)</b>
Tubos de barro para drenaje	0.014
Superficie de cemento pulido	0.012
Tuberías de concreto	0.015
Canales revestidos con concreto	0.014
Superficie de mampostería con cemento	0.020
Acueductos semicirculares, metálicos, lisos	0.012
Acueductos semicirculares, metálicos corrugados	0.025
Tuberías de plástico corrugadas ADS	0.012
Canales en tierra, alineados y uniformes	0.025
Canales en roca, lisos y uniformes	0.033
Canales en roca, con salientes y sinuosos	0.040
Canales dragados en tierra	0.0275
Canales con lecho pedregoso y bordos de tierra enyerbados	0.035
Canales con plantilla de tierra y taludes ásperos	0.033
Corrientes naturales limpias, bordos rectos, sin hendeduras ni charcos profundos	0.030

<b>Material</b>	<b>Coefficiente rugosidad (n)</b>
Corrientes naturales igual al anterior, pero con algo de hierba y piedra	0.035
Corrientes naturales igual al anterior, pero menos profundas, con secciones pedregosas	0.055
Ríos con tramos lentos, cauce enhierbado o con charcos profundos	0.070
Playas muy enyerbadas	0.125

*Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*

Para nuestra carretera se tocó como coeficiente de Manning 0.14 que le corresponde al revestimiento de concreto.

### 3.2.9.1.1.2. Velocidades límites admisibles

*Tabla N°: 30 Velocidad límite admisible*

<b>TIPO DE SUPERFICIE</b>	<b>VELOCIDAD LIMITE ADMISIBLE (M/S)</b>
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 *
<b>Concreto</b>	<b>4.50 – 6.00 *</b>

*Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*

En nuestra carretera se vio conveniente no superar la velocidad de 3 m/s para evitar erosión en el concreto y consideramos una pendiente mínima de 0.6 m/s para evitar la sedimentación.

### 3.2.9.1.1.3. Caudal de aporte

Es el caudal calculado en el área de aporte correspondiente a la longitud de cuneta. Se calcula mediante la siguiente expresión. [7]

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6}$$

Donde:

Q: Caudal en m<sup>3</sup>/s

C: Coeficiente de escurrimiento de la cuenca

A: Área aportante en Km<sup>2</sup>

I: Intensidad de la lluvia de diseño en mm/h

### 3.2.9.1.1.4. Dimensiones mínimas

Las dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviales.

De elegir la sección triangular, las dimensiones mínimas serán las indicadas.

*Tabla N°: 31 Dimensiones Mínimas cunetas*

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

*Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*

### 3.2.9.1.1.5. Desagüe de cuneta

La descarga de agua de las cunetas se efectuará por medio de alcantarillas de alivio. [7]

### 3.2.9.1.1.6. Revestimiento de cunetas

En nuestro caso seguimos el lineamiento del reglamento estableciendo de espesor 0.075 y con un f'c=175 kg/cm<sup>2</sup>.

### **3.2.9.2. Drenaje transversal**

#### **3.2.9.2.1. Alcantarillas**

Es una obra de arte destinada a pasar el agua de una banda a la otra de la vía, de manera que garantice la estabilidad del afirmado y lo proteja de cualquier perturbación que dañe la estructura. [8]

##### **3.2.9.2.1.1. Espesor mínimo de relleno sobre las alcantarillas**

El método práctico a usar el equivalente al medio diámetro de la tubería entre la parte superior de la alcantarilla y la capa base, teniendo un relleno mínimo de 12" (30 cms), el material del que está construida la alcantarilla. [8]

##### **3.2.9.2.1.2. Protección de los extremos de las alcantarillas muros de cabeza**

Su construcción es importante porque impiden la erosión alrededor del cañón, guiando la corriente y evitando que el material del terraplén invada y lo colmate, su altura debe ser mayor que su intersección con los taludes de la carretera.

##### **3.2.9.2.1.3. Cajas de entrada y desarenadores**

Cuando el tirante en las cunetas sobrepasa su valor mínimo, es necesario colocar alcantarillas de alivio, para tal efecto se construirá los cajones de entrada cuya forma será cuadrada de dimensiones en función al diámetro de la alcantarilla a colocarse.

##### **3.2.9.2.1.4. Muro transversal.**

Es un muro de mampostería o de concreto, que intercepta a la cuneta conteniendo el agua y guiándola hacia la caja receptora

##### **3.2.9.2.1.5. Cajón de entrada.**

Es una caja de mampostería de piedra o de concreto utilizado para recepcionar el agua proveniente de la cuneta y guiarlo hacia la alcantarilla.

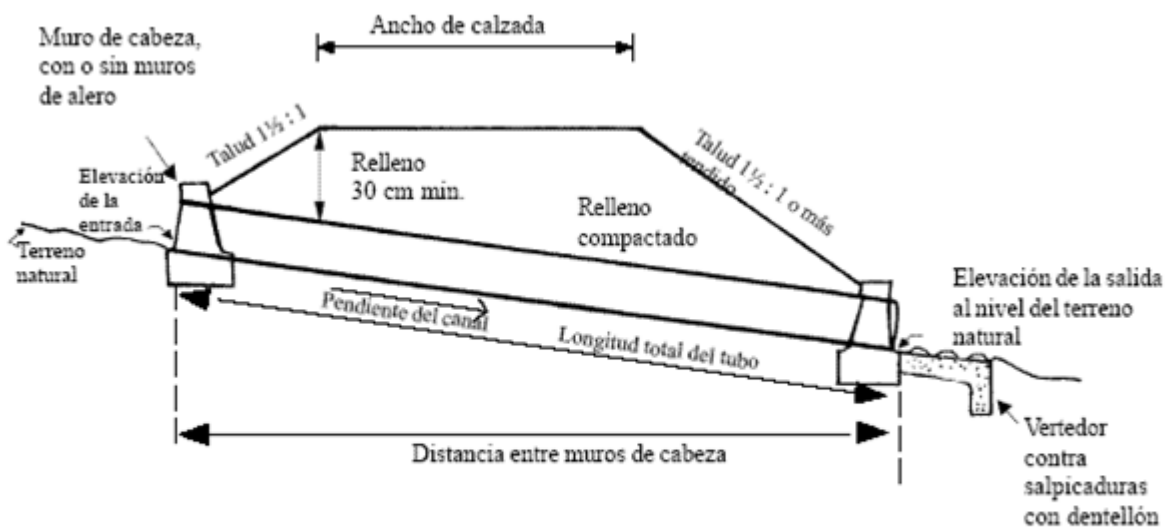
##### **3.2.9.2.1.6. Tipo de salida.**

La mayor dificultad en el extremo de la salida de una alcantarilla es, impedir la obstrucción causada por la sedimentación, el daño ocasionado por la socavación de la alcantarilla y el terraplén, la erosión del cauce aguas abajo de la alcantarilla.

##### **3.2.9.2.1.7. Desarenador.**

Es una estructura de entrada que tiene la función de depositar el agua que debe ingresar a la alcantarilla, sedimentándola previamente los materiales que arrastra el agua.

Imagen N°: 34 Protección contra socavación

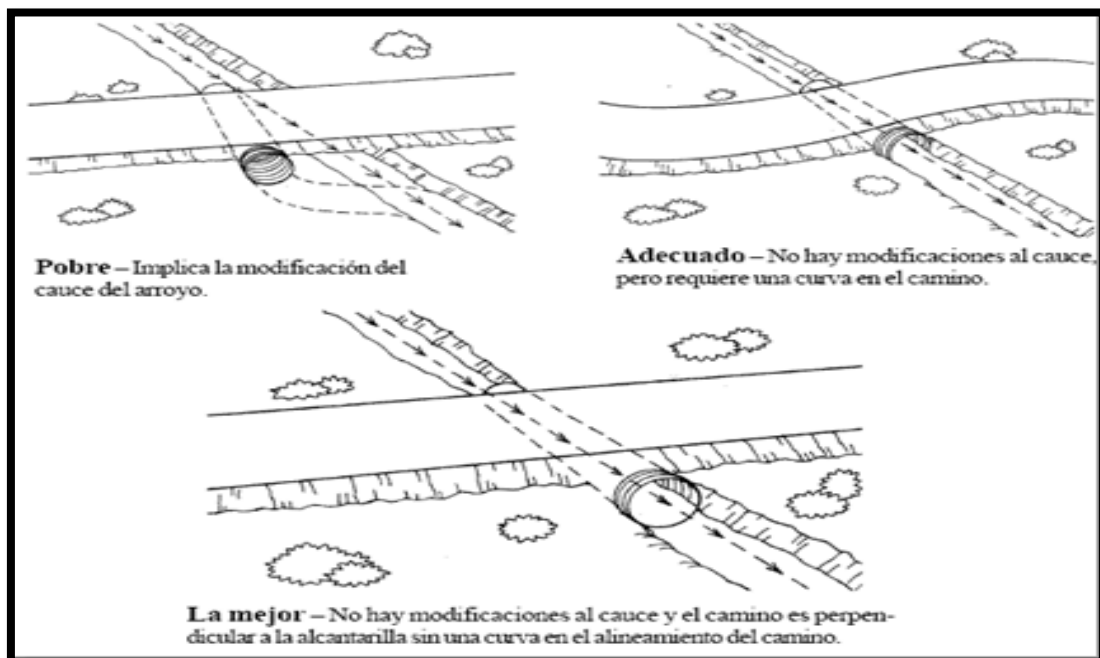


**Instalación típica de una alcantarilla con muros de cabeza y vertedor contra salpicaduras o con tanque amortiguador revestido con enrocamiento, para disipación de la energía y control de la erosión,**

Fuente: Estudio de hidrología y drenaje

### 3.2.9.2.1.8. Alineamiento

Imagen N°: 35 Alineamientos de alcantarillas



Fuente: Estudio de hidrología y drenaje

### 3.2.9.2.1.9. Pendiente de la alcantarilla

La pendiente mínima de la alcantarilla debe ser normalmente de 2%, sin embargo, en zonas planas se puede admitir pendientes de 0.5% y en caso que se tenga pendientes fuertes del terreno se podrá admitir hasta 4%.

### 3.2.9.2.1.10. Diseño hidráulico

El cálculo hidráulico considerado para establecer las dimensiones mínimas de la sección para las alcantarillas a proyectarse, es lo establecido por la fórmula de Robert Manning.

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

$$R = A / P$$

$$Q = VA$$

Donde:

$Q$ : Caudal (m<sup>3</sup>/s)

$V$ : Velocidad media de flujo (m/s)

$A$ : Área de la sección hidráulica (m<sup>2</sup>)

$P$ : Perímetro mojado (m)

$R$ : Radio hidráulico (m)

$S$ : Pendiente de fondo (m/m)

$n$ : Coeficiente de Manning (Ver Tabla N° 09)

Tabla N°: 32 Valores de coeficiente de Rugosidad de Manning(n)

TIPO DE CANAL			MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
A. CONDUCTO CERRADO CON ESCURRIMIENTO PARCIALMENTE LLENO	A.1. METÁLICOS	a. Bronce Polido b. Acero soldado con remaches c. Metal corrugado sub - dren dren para aguas lluvias	0.009 0.010 0.013 0.017 0.021	0.010 0.012 0.016 0.019 0.024	0.013 0.014 0.017 0.021 0.030
	A.2 NO METÁLICOS	a. Concreto tubo recto y libre de basuras tubo con curvas, conexiones afinado tubo de alcantarillado con cámaras, entradas. Tubo con moldaje de acero. Tubo de moldaje madera cepillada Tubo con moldaje madera en bruto b. Madera duelas laminada y tratada c. Albañilería de piedra.	0.010 0.011 0.011 0.013 0.012 0.012 0.015 0.010 0.015 0.018	0.011 0.013 0.012 0.015 0.013 0.014 0.017 0.012 0.017 0.025	0.013 0.014 0.014 0.017 0.014 0.016 0.020 0.014 0.020 0.030
B. CANALES REVESTIDOS	B.1 METAL	a. Acero liso sin pintar pintado b. Corrugado	0.011 0.012 0.021	0.012 0.013 0.025	0.014 0.017 0.030
	B.2 NO METÁLICO	a. Madera Sin tratamiento Tratada Planchas b. Concreto afinado con plana afinado con fondo de grava sin afinar excavado en roca de buena calidad excavado en roca descompuesta c. Albañilería piedra con mortero piedra sola	0.010 0.011 0.012 0.011 0.015 0.014 0.017 0.022 0.017 0.023	0.012 0.012 0.015 0.013 0.017 0.017 0.020 0.027 0.025 0.032	0.014 0.015 0.018 0.015 0.020 0.020 0.030 0.035 0.030 0.035
C. EXCAVADO		a. Tierra, recto y uniforme nuevo grava con algo de vegetación b. Tierra, sinuoso sin vegetación con malezas y pasto maleza tupida, plantas fondo pedregoso - malezas. c. Roca suave y uniforme irregular d. Canales sin mantención maleza tupida Fondo limpio, bordes con vegetación	0.016 0.022 0.022 0.023 0.025 0.030 0.025 0.025 0.035 0.050 0.040	0.018 0.025 0.027 0.025 0.030 0.035 0.035 0.040 0.040 0.080 0.050	0.020 0.030 0.033 0.030 0.033 0.040 0.040 0.050 0.120 0.080

Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos, Ven Te Chow, 1983.

Tabla N°: 33 Velocidades máximas admisibles (m/s) en conductos revestidos

TIPO DE REVESTIMIENTO	VELOCIDAD (M/S)
Concreto	3.0 – 6.0
Ladrillo con concreto	2.5 – 3.5
Mampostería de piedra y concreto	2.0

Fuente: HCANALES, Máximo Villon B.

Se deberá verificar que la velocidad mínima del flujo dentro del conducto no produzca sedimentación que pueda incidir en una reducción de su capacidad hidráulica, recomendándose que la velocidad mínima sea igual a 0.25 m/s.

#### 3.2.9.2.1.11. Material sólido de arrastre

Se puede considerar en forma práctica, para calcular el orden de magnitud de este caudal sólido, la siguiente fórmula: [8]

$$Q_s = \rho AV$$

$Q_s$  = caudal sólido

$\rho$  = 2,650 kg/m<sup>3</sup> (densidad promedio del material sólido).

A = área transversal del material sólido retenido.

V = velocidad aproximada del flujo sólido.

#### 3.2.9.2.1.12. Borde libre

Se recomienda que el diseño hidráulico considere como mínimo el 25 % de la altura, diámetro o flecha de la estructura. [8]

#### 3.2.9.2.1.13. Socavación local a la salida de la alcantarilla

A continuación, se presenta la fórmula de Laushey que permite calcular el diámetro medio de los elementos de protección a la salida de alcantarillas en función de la velocidad del flujo.

$$d_{50} = \frac{V^2}{(3.1g)}$$

$d_{50}$ : Diámetro medio de los elementos de protección (m)

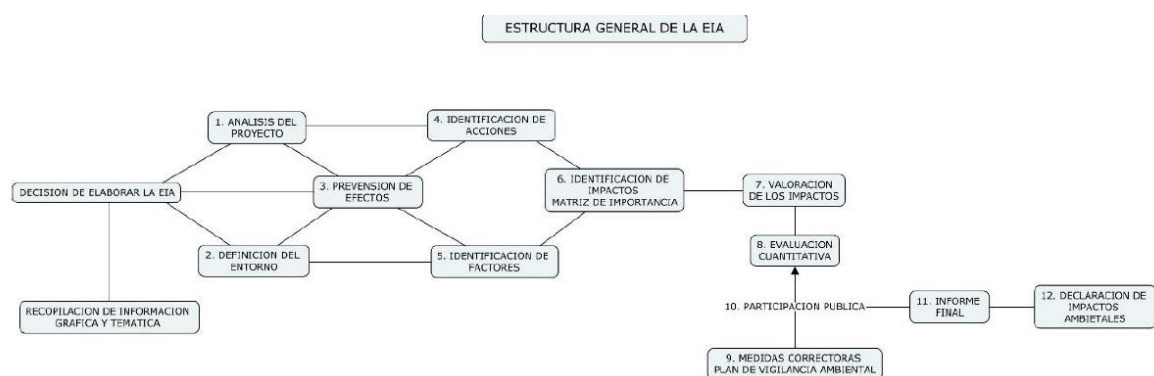
V: Velocidad media del flujo a la salida de la alcantarilla (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

### 3.2.10. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Para poder realizar una Evaluación de Impacto Ambiental se tiene que saber qué pasos hacer para poder realizar una estructura general para una vía de comunicación como es en el caso del proyecto.

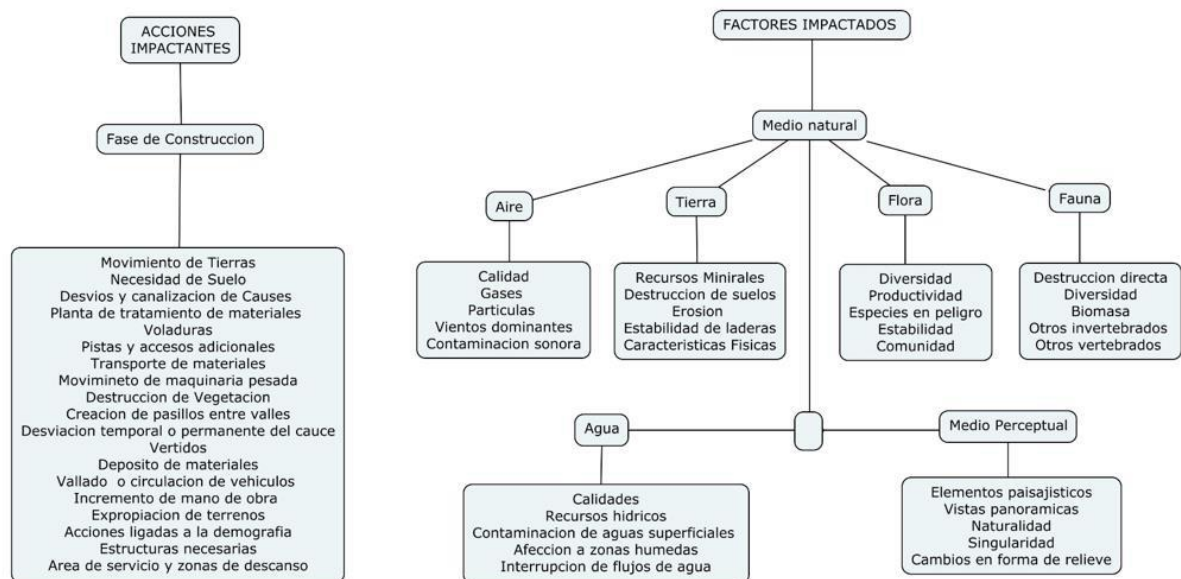
Fig. N.º 43: Estructura general de una EIA



Fuente: Conesa – VitoraCuando

Se tiene una estructura general para la elaboración de una EIA, se tiene que tener en claro las acciones impactantes, factores impactados de la carretera.

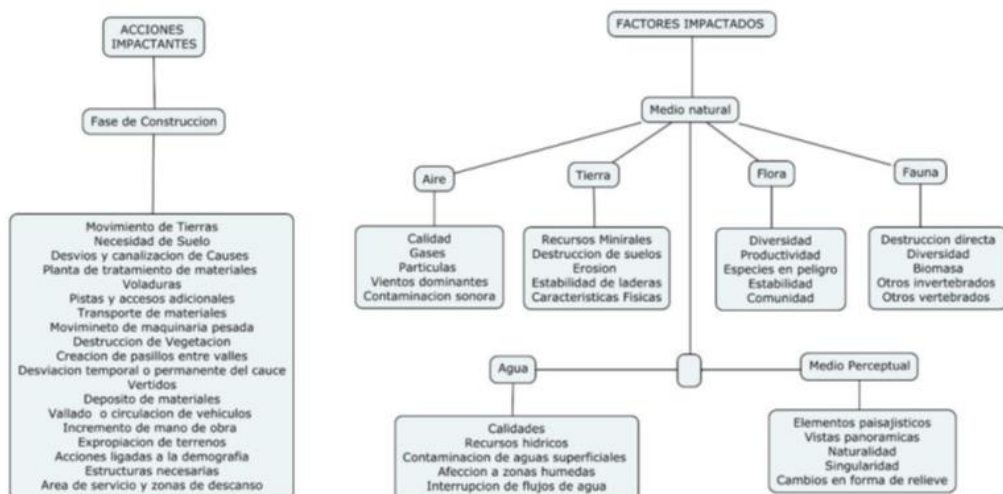
Fig. N.º 44: Acciones y Factores impactantes



Fuente: Conesa – Vitoracuando

Cuando se tiene una estructura general para la elaboración de una EIA, se tiene que tener en claro las acciones impactantes, factores impactados de la carretera.

Fig. N.º 45: Acciones y Factores impactantes



Fuente: Conesa – Vitoracuando

### **3.2.10.1. Resumen Ejecutivo**

El presente proyecto tiene como finalidad elaborar el diseño de la carretera Eucalipto – Santa María – El Líbano, distritos Cajaruro, provincias Utcubamba, departamento de Amazonas; pues la zona cuenta únicamente con un camino de herradura, que en épocas de precipitaciones pluviales impide y dificulta el tránsito de las personas y animales de carga que sirven para el intercambio comercial, causando elevados costos de transporte tanto en tiempo como en dinero, además de causar su incomunicación y aislamiento por su difícil acceso.

### **3.2.10.2. Objetivos**

Su objetivo son definir los posibles impactos que genere el proyecto, positivos o negativos durante el proceso de preparación, diseño y ejecución del proyecto “DISEÑO DE LA CARRETERA EL EUCALIPTO – SANTA MARIA – EL LIBANO, DISTRITO DE CAJARURO, PROVINCIA DE UTCUBAMBA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS.”, y evitar cualquier tipo de peligro que se genere, teniendo en cuenta una mitigación y un plan de manejo ambiental.

### **3.2.10.3. Marco legal**

- La Ley General del Ambiente (2005), en su Capítulo III
- El Código Penal, en su Título XIII

## IV. RESULTADOS

### 4.1 ESTUDIO DE TRÁFICO

#### 4.1.1. RESULTADOS DE LOS CONTEOS VOLUMÉTRICOS DEL ESTUDIO DE TRÁFICO

Atendiendo los requerimientos se llevó a cabo una campaña de levantamiento de datos en él. El periodo levantado corresponde a las fechas viernes 06 de abril hasta el jueves 12 de abril.

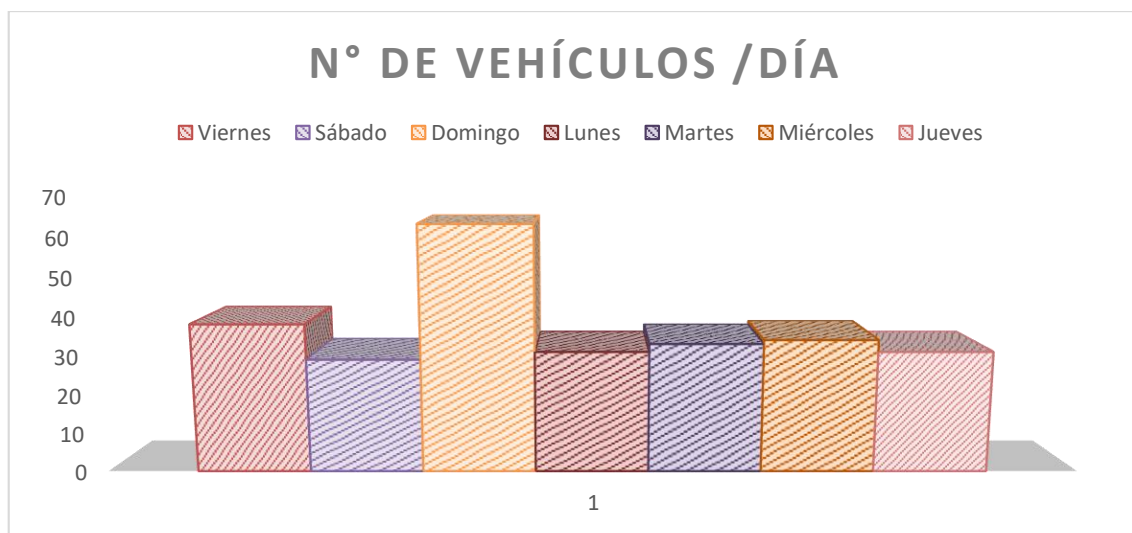
#### 4.1.2. RESULTADOS DE LOS AFOROS DE TRÁNSITO

*Cuadro N°: 2 Resumen de aforo de transito*

TIPO DE VEHÍCULO	VIERNES		SABADO		DOMINGO		LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES	
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
AUTO	1	3	0	0	0	0	2	1	1	1	1	2	1	1
STATION WAGON	1	1	2	2	6	6	3	2	4	3	3	4	4	3
CAMIONETA	7	7	6	6	10	10	6	6	6	6	6	6	6	6
MINIBAN	2	2	3	2	5	4	3	2	2	4	2	3	3	3
COMBI	3	3	1	1	6	5	2	2	3	3	2	3	2	2
Camión 2E	4	4	3	3	6	5	1	1	0	0	1	1	0	0
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>33</b>	<b>30</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>15</b>
<b>TOTAL</b>	<b>38</b>		<b>29</b>		<b>63</b>		<b>31</b>		<b>33</b>		<b>34</b>		<b>31</b>	

*Fuente: Propia*

*Imagen N°: 36 Grafica de fluctuación del tráfico durante los 7 días*



*Fuente: Propia*

### 4.1.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)

*Cuadro N°: 3 Resultados de IMDA afectados con los factores de corrección*

Cuadro N°2.45: Resultado del cálculo del IMDA											
Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							TOTAL	IMD <sub>s</sub>	FC	IMD <sub>a</sub>
	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	SEMANA			
AUTO	4	0	0	3	2	3	2	14	2	0.749	1
STATION WAGON	2	4	12	5	7	7	7	44	6	0.749	5
CAMIONETA	14	12	20	12	12	12	12	94	13	0.749	10
MINIBAN	4	5	9	5	6	5	6	40	6	0.749	4
COMBI	6	2	11	4	6	5	4	38	5	0.749	4
Camión 2E	8	6	11	2	0	2	0	29	4	0.985	4
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.985	0
<b>TOTAL</b>	<b>38</b>	<b>29</b>	<b>63</b>	<b>31</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>31</b>	<b>259</b>	<b>37</b>		<b>28</b>

*Fuente: Propia*

### 4.1.4. HORIZONTE DEL PROYECTO

El periodo de diseño previsto para esta carretera es de 20 años, es decir la inversión inicial que se realiza y el contar con un mantenimiento adecuado, permite que, durante 20 años, la carretera se encuentre transitable. Este parámetro es tomado del manual de diseño geométrico DG-2018.

### 4.1.5. PROYECCIÓN DEL TRÁFICO

Para las proyecciones del tráfico se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$\text{Fórmula: } P_f = P_o (1 + T_c)^n$$

Dónde:  $P_f$  = tráfico final o tráfico a estimarse

$P_o$  = tráfico inicial (año base 2015)

$T_c$  = tasa de crecimiento por tipo de vehículo

$N$  = año a estimarse

Vehículos de carga:  $T_c = 3.70\%$  anual

Vehículos de pasajeros:  $T_c = 1.51\%$  anual

#### 4.1.5.1. Proyección del tráfico normal

Cuadro N°: 4 Resultados de IMDA afectados con los factores de corrección

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	
Tráfico Normal	28	28	28	28	28	29	30	30	30	30	30	32	31	33	33	35	34	34	34	34	35	34
AUTO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
STATION WAGON	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
CAMIONETA	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12
MINIBAN	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
COMBI	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Camión 2E	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	6	5	5	5	5	6	5
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Propia

#### 4.1.5.2. Proyección del tráfico generado

A continuación, se presenta la proyección del tráfico generado para 20 años:

Cuadro N°: 5 Resultado del IMDA generado para 20 años.

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	
Tráfico Normal	28	28	28	28	28	29	30	30	30	30	30	32	31	33	33	35	34	34	34	34	35	34
AUTO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
STATION WAGON	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
CAMIONETA	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12
MINIBAN	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
COMBI	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Camión 2E	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	6	5	5	5	5	6	5
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráfico Generado	0	22	22	22	22	23	24	24	24	24	24	0	25	27	27	29	28	28	28	28	29	28
AUTO	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
STATION WAGON	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
CAMIONETA	0	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	0	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10
MINIBAN	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
COMBI	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Camión 2E	0	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4
Camión 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMDA TOTAL	28	50	50	50	50	52	54	54	54	54	54	32	56	60	60	64	62	62	62	64	64	62

Fuente: Propia

## 4.2. ESTUDIO DE RUTAS

El estudio de rutas se detalla a continuación:

### 4.2.1. RUTA ALTERNATIVA N°01 Y N°02

Para la alternativa N°1 empieza desde el caserío El Eucalipto, sigue con el caserío Santa María y finaliza en el Caserío El Libano. El primer tramo El Eucalipto-Santa María, es de mucha vegetación con terrenos de cultivos y a lo largo de la ruta presenta a sus

alrededores viviendas familiares, además de tener pendientes moderadas para pasar de un sector a otro. En cambio, en el segundo tramo Santa María- El Libano encontramos un terreno más llano.

La alternativa N°2 empieza desde el caserío El Eucalipto sigue hasta Santa María y finaliza en el caserío El Libano. El primer tramo El Eucalipto-Santa María presenta terrenos de cultivos y menor cantidad de viviendas familiares durante el recorrido de la ruta con grandes dependientes, en cambio el tramo Santa María-El Libano presenta un terreno más llano.

#### **4.2.2. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS**

A continuación, se describe cada uno de los aspectos técnicos considerados en la selección de la ruta que mejor pueda albergar el diseño geométrico de la carretera a proyectarse:

##### **4.2.2.1. Topografía del lugar**

Según nuestras alternativas propuestas, tenemos nuestra topografía generada tanto de la alternativa N° 01 y alternativa N° 02, donde se encontraron unas pendientes longitudinales de alternativa N° 01 del orden 30% -50 % y una alternativa N°02 de orden 30%-60% concluyendo que la alternativa N° 01 tiene pendientes más manejables y como consecuencia con menor recorrido.

##### **4.2.2.2. Longitud de carretera**

Se refiere a la longitud total de la ruta medida en kilómetros, la cual se constituye un factor muy importante, influyendo directamente en los costos de construcción de las mismas e incrementándolos en la medida en que mayor sea la longitud de las vías.

*Cuadro N°: 6 Longitud y tiempo de viaje de ambas alternativas*

CUADRO COMPARATIVO DE LONGITUDES Y TIEMPO DE VIAJE					
Alternativas	LONGITUD (KM)	VELOCIDAD DE MARCHA (KM/H)	TIEMPO DE VIAJE		PUNTOS
			HORAS	MINUTAS	
Alternativa 1	11081	27	0.410407407	24.62	X
Alternativa 2	12254	27	0.453851852	27.23	

*Fuente: Elaboración propia*

La alternativa 1 tiene un menor tiempo, con una diferencia de 3 minutos de la segunda. Debido a su mayor kilometraje.

*Cuadro N°: 7 Variación de velocidades en curvas alternativa N° 01*

ALTERNATIVA 1

N°PI	RADIO	TIPO	PERALTE	VELOCIDAD EN CURVA	VARIACION DE VELOCIDADES
PI:1	120	CURVA	5.00%	57.90	4.093
PI:2	100	CURVA	5.80%	53.81	9.990
PI:3	60	CURVA	8.20%	43.82	9.990
PI:4	100	CURVA	5.80%	53.81	9.589
PI:5	150	CURVA	4.10%	63.40	14.226
PI:6	80	CURVA	6.80%	49.17	0.000
PI:7	80	CURVA	6.80%	49.17	5.353
PI:8	60	CURVA	8.20%	43.82	14.083
PI:9	120	CURVA	5.00%	57.90	14.083
PI:10	60	CURVA	8.20%	43.82	9.990
PI:11	100	CURVA	5.80%	53.81	9.990
PI:12	60	CURVA	8.20%	43.82	0.000
PI:13	60	CURVA	8.20%	43.82	0.000
PI:14	60	CURVA	8.20%	43.82	5.353
PI:15	80	CURVA	6.80%	49.17	2.432
PI:16	90	CURVA	6.30%	51.61	9.020
PI:17	56	CURVA	8.50%	42.59	0.000
PI:18	56	CURVA	8.50%	42.59	1.235
PI:19	60	CURVA	8.20%	43.82	1.235
PI:20	56	CURVA	8.50%	42.59	0.000
PI:21	56	CURVA	8.50%	42.59	0.000
PI:22	56	CURVA	8.50%	42.59	6.588
PI:23	80	CURVA	6.80%	49.17	4.637
PI:24	100	CURVA	5.80%	53.81	11.357
PI:25	160	CURVA	3.90%	65.17	0.000
PI:26	160	CURVA	3.90%	65.17	22.582
PI:27	56	CURVA	8.50%	42.59	0.000
PI:28	56	CURVA	8.50%	42.59	11.225
PI:29	100	CURVA	5.80%	53.81	11.225

PI:30	56	CURVA	8.50%	42.59	1.235
PI:31	60	CURVA	8.20%	43.82	0.000
PI:32	60	CURVA	8.20%	43.82	14.083
PI:33	120	CURVA	5.00%	57.90	15.317
PI:34	56	CURVA	8.50%	42.59	13.354
PI:35	110	CURVA	5.40%	55.94	12.119
PI:36	60	CURVA	8.20%	43.82	21.348
PI:37	160	CURVA	3.90%	65.17	65.168

FUENTE: elaboración propia

Cuadro N°: 8 Variación de velocidades en curvas alternativa N° 02

ALTERNATIVA 2

N°PI	RADIO	TIPO	PERALTE	VELOCIDAD EN CURVA	VARIACIONES DE VELOCIDAD
PI:1	56	CURVA	8.50%	42.59	9.0202
PI:2	90	CURVA	6.30%	51.61	15.4067
PI:3	170	CURVA	3.80%	67.01	13.2021
PI:4	100	CURVA	5.80%	53.81	9.9902
PI:5	60	CURVA	8.20%	43.82	13.4767
PI:6	25	ESPIRAL-CURVA- ESPIRAL	12.00%	30.34	13.4767
PI:7	60	CURVA	8.20%	43.82	0.0000
PI:8	60	CURVA	8.20%	43.82	0.0000
PI:9	60	CURVA	8.20%	43.82	2.6582
PI:10	70	CURVA	7.30%	46.48	18.6894
PI:11	160	CURVA	3.90%	65.17	13.5620
PI:12	90	CURVA	6.30%	51.61	7.7856
PI:13	60	CURVA	8.20%	43.82	7.7856
PI:14	90	CURVA	6.30%	51.61	7.7856
PI:15	60	CURVA	8.20%	43.82	28.3390
PI:16	200	CURVA	3.50%	72.16	28.3390
PI:17	60	CURVA	8.20%	43.82	35.2263
PI:18	240	CURVA	3.50%	79.05	29.8728
PI:19	80	CURVA	6.80%	49.17	12.0019
PI:20	40	ESPIRAL-CURVA- ESPIRAL	10.20%	37.17	0.0000
PI:21	40	ESPIRAL-CURVA- ESPIRAL	10.20%	37.17	27.9961

PI:22	160	CURVA	3.90%	65.17	9.2281
PI:23	110	CURVA	5.40%	55.94	12.1194
PI:24	60	CURVA	8.20%	43.82	0.0000
PI:25	60	CURVA	8.20%	43.82	1.2346
PI:26	56	CURVA	8.50%	42.59	1.2346
PI:27	60	CURVA	8.20%	43.82	0.0000
PI:28	60	CURVA	8.20%	43.82	2.6582
PI:29	70	CURVA	7.30%	46.48	65.2400
PI:30	60	CURVA	8.20%	43.82	7.7856
PI:31	90	CURVA	6.30%	51.61	7.7856
PI:32	60	CURVA	8.20%	43.82	0.0000
PI:33	60	CURVA	0.082	43.82	6.6485
PI:34	40	ESPIRAL-CURVA- ESPIRAL	0.102	37.17	6.6485
PI:35	60	CURVA	0.082	43.82	0.0000
PI:36	60	CURVA	0.082	43.82	2.6582
PI:37	70	CURVA	0.073	46.48	5.3368
PI:38	56	CURVA	0.068	41.14	5.3778
PI:39	80	CURVA	0.043	46.52	20.4173
PI:40	140	CURVA	0.082	66.94	24.3511
PI:41	60	CURVA	0.068	42.59	1.2346
PI:42	60	CURVA	0.082	43.82	5.3534
PI:43	80	CURVA	0.068	49.17	5.3534
PI:44	60	CURVA	0.082	43.82	6.7791
PI:45	80	CURVA	0.082	50.60	6.7791
PI:46	60	CURVA	0.082	43.82	43.8205

Fuente: elaboración propia

Cuadro N°: 9 variaciones de velocidades de ambas alternativas

Alternativa	Maxima variación de velocidades	Repeticiones	Punto
Primera	2.06km/h	8.9	x
Segunda	2.03km/h	11.2	

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que hay una diferencia cuanto a las repeticiones, siendo en este caso la segunda alternativa la más riesgosa y la primera la más segura entre las dos. Debido a esto el punto es otorgado a la primera alternativa. Esto es importante de marcar puesto que si esta diferencia es muy grande puede ocasionar un desgaste en los frenos de los vehículos o en el peor de los casos accidentes fatales.

Cuadro N°: 10 Análisis y cumplimiento técnico de alternativa N° 01

Datos					Lmin de curva vertical según visibilidad de Parada Dp								Lmin de curva vertical según visibilidad de Paso Da							
PI V	S1	S2	A	TIPO CURVA	Dp E	Convexa		Concava		Lmin	Lmin R	Lmin VD	Lmin Absu luto	Da E	Convexa		Lmin	Lmin R	Lmin VD	Lmin Absoluto
						Dp>L	Dp<L	Dp>L	Dp<L						Da>L	Da<L				
1	- 6.77	8.97	15.74	Sag	<b>35</b>	.....	.....	54.59	79.51	79.51	80.00	30.00	<b>80.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>
2	8.97	8.21	0.76	Crest	<b>35</b>	- 461.58	2.30	.....	.....	2.30	3.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	-844.74	32.14	32.14	33.00	30.00	<b>33.00</b>
3	8.21	6.64	1.57	Crest	<b>35</b>	- 187.32	4.76	.....	.....	4.76	5.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	-202.55	66.38	66.38	67.00	30.00	<b>67.00</b>
4	6.64	0.6	6.04	Crest	<b>35</b>	3.11	18.31	.....	.....	18.31	19.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	243.38	255.39	255.39	256.00	30.00	<b>256.00</b>
5	0.6	8.03	7.43	Sag	<b>35</b>	.....	.....	37.36	37.53	37.53	38.00	30.00	<b>38.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>
6	8.03	1.76	6.27	Crest	<b>35</b>	5.57	19.01	.....	.....	19.01	20.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	249.12	265.12	265.12	266.00	30.00	<b>266.00</b>
7	1.76	6.87	5.11	Sag	<b>35</b>	.....	.....	22.54	25.81	25.81	26.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>
8	6.87	- 0.87	7.74	Crest	<b>35</b>	17.80	23.47	.....	.....	23.47	24.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	277.78	327.27	327.27	328.00	30.00	<b>328.00</b>
9	- 0.87	0.65	1.52	Sag	<b>35</b>	.....	.....	-89.54	7.68	7.68	8.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>
10	0.65	- 2.01	2.66	Crest	<b>35</b>	-81.88	8.07	.....	.....	8.07	9.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	44.36	112.47	112.47	113.00	30.00	<b>113.00</b>
11	- 2.01	3.21	5.22	Sag	<b>35</b>	.....	.....	23.54	26.37	26.37	27.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>
12	3.21	- 2.73	5.94	Crest	<b>35</b>	1.99	18.01	.....	.....	18.01	19.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	240.74	251.16	251.16	252.00	30.00	<b>252.00</b>
13	- 2.73	1.77	4.5	Sag	<b>35</b>	.....	.....	16.11	22.73	22.73	23.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>
14	1.77	- 1.97	3.74	Crest	<b>35</b>	-38.02	11.34	.....	.....	11.34	12.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	147.06	158.14	158.14	159.00	30.00	<b>159.00</b>
15	- 1.97	0.51	2.48	Sag	<b>35</b>	.....	.....	-27.78	12.53	12.53	13.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>

16	0.51	- 1.98	2.49	Crest	<b>35</b>	-92.25	7.55	.....	.....	7.55	8.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	20.08	105.29	105.29	106.00	30.00	<b>106.00</b>
17	- 1.98	7.85	9.83	Sag	<b>35</b>	.....	.....	45.33	49.66	49.66	50.00	30.00	<b>50.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>
18	7.85	- 0.67	8.52	Crest	<b>35</b>	22.58	25.83	.....	.....	25.83	26.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	288.97	360.25	360.25	361.00	30.00	<b>361.00</b>
19	- 0.67	0.59	1.26	Sag	<b>35</b>	.....	.....	- 122.4 6	6.36	6.36	7.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>
20	0.59	- 1.91	2.5	Crest	<b>35</b>	-91.60	7.58	.....	.....	7.58	8.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	21.60	105.71	105.71	106.00	30.00	<b>106.00</b>
21	- 1.91	0.75	2.66	Sag	<b>35</b>	.....	.....	-21.17	13.44	13.44	14.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>
22	0.75	- 2.95	3.7	Crest	<b>35</b>	-39.19	11.22	.....	.....	11.22	12.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	144.32	156.45	156.45	157.00	30.00	<b>157.00</b>
23	- 2.95	0.76	3.71	Sag	<b>35</b>	.....	.....	4.64	18.74	18.74	19.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>
24	0.76	- 2.13	2.89	Crest	<b>35</b>	-69.79	8.76	.....	.....	8.76	9.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	72.66	122.20	122.20	123.00	30.00	<b>123.00</b>
25	- 2.13	- 1.98	0.15	Sag	<b>35</b>	.....	.....	- 1546. 67	0.76	0.76	1.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>
26	- 1.98	- 2.57	0.59	Crest	<b>35</b>	- 614.75	1.79	.....	.....	1.79	2.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	- 1203.3 9	24.95	24.95	25.00	30.00	<b>30.00</b>
27	- 2.57	- 3.31	0.74	Crest	<b>35</b>	- 475.95	2.24	.....	.....	2.24	3.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	-878.38	31.29	31.29	32.00	30.00	<b>32.00</b>
28	- 3.31	0.67	3.98	Sag	<b>35</b>	.....	.....	9.07	20.11	20.11	21.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Cuadro N°: 11 Análisis y cumplimiento técnico de alternativa N° 02

Datos					Lmin de curva vertical según visibilidad de Parada Dp									Lmin de curva vertical según visibilidad de Paso Da						
PIV	S1	S2	A	TIPO CURVA	Dp E	Convexa		Concava		Lmin	Lmin R	Lmin VD	Lmin Absoluto	Da E	Convexa		Lmin	Lmin R	Lmin VD	Lmin Absoluto
						Dp>L	Dp<L	Dp>L	Dp<L						Da>L	Da<L				
1	2.7	9.24	6.54	Sag	35	.....	.....	32.92	33.0 4	33.04	34.0 0	30.00	34.00	200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
2	9.24	5.02	4.22	Crest	35	-25.73	12.80	.....	.....	12.80	13.0 0	30.00	30.00	200	175.83	178.44	178.44	179.00	30.00	179.00
3	5.02	10.55	5.53	Sag	35	.....	.....	26.15	27.9 4	27.94	28.0 0	30.00	30.00	200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
4	10.55	4.73	5.82	Crest	35	0.58	17.65	.....	.....	17.65	18.0 0	30.00	30.00	200	237.46	246.09	246.09	247.00	30.00	247.00
5	4.73	0.26	4.47	Crest	35	-20.38	13.55	.....	.....	13.55	14.0 0	30.00	30.00	200	188.37	189.01	189.01	190.00	30.00	190.00
6	0.26	1.81	1.55	Sag	35	.....	.....	-86.45	7.83	7.83	8.00	30.00	30.00	200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
7	1.81	1.7	0.11	Crest	35	-3602.73	0.33	.....	.....	0.33	1.00	30.00	30.00	200	- 8200.0 0	4.65	4.65	5.00	30.00	30.00
8	1.7	-1.54	3.24	Crest	35	-54.69	9.82	.....	.....	9.82	10.0 0	30.00	30.00	200	108.02	137.00	137.00	137.00	30.00	137.00
9	-1.54	-2.61	1.07	Crest	35	-307.57	3.24	.....	.....	3.24	4.00	30.00	30.00	200	- 484.11	45.24	45.24	46.00	30.00	46.00
10	-2.61	-9.58	6.97	Crest	35	12.04	21.13	.....	.....	21.13	22.0 0	30.00	30.00	200	264.28	294.71	294.71	295.00	30.00	295.00
11	-9.58	0.46	10.04	Sag	35	.....	.....	45.85	50.7 2	50.72	51.0 0	30.00	51.00	200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
12	0.46	3.13	2.67	Sag	35	.....	.....	-20.82	13.4 9	13.49	14.0 0	30.00	30.00	200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
13	3.13	0.84	2.29	Crest	35	-106.42	6.94	.....	.....	6.94	7.00	30.00	30.00	200	-13.10	96.83	96.83	97.00	30.00	97.00
14	0.84	0.22	0.62	Crest	35	-581.61	1.88	.....	.....	1.88	2.00	30.00	30.00	200	- 1125.8 1	26.22	26.22	27.00	30.00	30.00
15	0.22	-0.27	0.49	Crest	35	-754.49	1.49	.....	.....	1.49	2.00	30.00	30.00	200	- 1530.6 1	20.72	20.72	21.00	30.00	30.00

16	-0.27	0.15	0.42	Sag	<b>35</b>	.....	.....	-	2.12	2.12	3.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>	
17	0.15	-2.02	2.17	Crest	<b>35</b>	-116.18	6.58	.....	.....	6.58	7.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	-35.94	91.75	91.75	92.00	30.00	<b>92.00</b>	
18	-2.02	-4.69	2.67	Crest	<b>35</b>	-81.31	8.10	.....	.....	8.10	9.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	45.69	112.90	112.90	113.00	30.00	<b>113.00</b>	
19	-4.69	-8.57	3.88	Crest	<b>35</b>	-34.12	11.76	.....	.....	11.76	12.0 0	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	156.19	164.06	164.06	165.00	30.00	<b>165.00</b>	
20	-8.57	-3.9	4.67	Sag	<b>35</b>	.....	.....	18.07	23.5 9	23.59	24.0 0	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>	
21	-3.9	-4.47	0.57	Crest	<b>35</b>	-638.77	1.73	.....	.....	1.73	2.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	-	1259.6 5	24.10	24.10	25.00	30.00	<b>30.00</b>
22	-4.47	-5.21	0.74	Crest	<b>35</b>	-475.95	2.24	.....	.....	2.24	3.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	878.38	31.29	31.29	32.00	30.00	<b>32.00</b>	
23	-5.21	-6.26	1.05	Crest	<b>35</b>	-314.76	3.18	.....	.....	3.18	4.00	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	-	500.95	44.40	44.40	45.00	30.00	<b>45.00</b>
24	-6.26	-9.53	3.27	Crest	<b>35</b>	-53.55	9.92	.....	.....	9.92	10.0 0	30.00	<b>30.00</b>	<b>200</b>	110.70	138.27	138.27	139.00	30.00	<b>139.00</b>	
25	-9.53	4.8	14.33	Sag	<b>35</b>	.....	.....	53.08	72.3 9	72.39	73.0 0	30.00	<b>73.00</b>	<b>200</b>	.....	.....	0.00	0.00	30.00	<b>30.00</b>	

*Fuente: Elaboración propia*

La atenuativa 1 tiene menos curvas Horizontales, y menor pendiente. Por lo tanto, la alternativa 1 tiene una mayor transmisibilidad.

#### 4.2.2.3. Población beneficiada

La población beneficiada directa que es la que se diferencia de cada ruta; se realizó según los alineamientos de las rutas, realizamos el conteo y confirmamos que para la ruta N° 01 existen 142 viviendas cercanas y para la ruta N°02 142 viviendas aledañas y que las alternativas van en la misma trayectoria.

*Cuadro N°: 12 beneficiados directos e indirectos*

<b>BENEFICIO DIRECTO</b>				
<b>Caseríos</b>	<b>Censo 2007</b>	<b>Tasa de Crecimiento Distrito de Cajaruro</b>	<b>Tasa de Imigracion</b>	<b>Proyección 2017</b>
El Eucalipto	380	1.3	0.05	475
Santa Maria	220	1.3	0.05	275
EL libano	150	1.3	0.05	188
<b>TOTAL</b>	<b>750</b>	<b>1.3</b>	<b>0.05</b>	<b>938</b>
<b>BENEFICIO INDIRECTO</b>				
Cajururo	30803	1.3	0.05	38504
San Juan	1800	1.3	0.05	2250
Jose Olaya	913	1.3	0.05	1141
<b>TOTAL</b>				<b>41895</b>

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.2.2.4. Factibilidad de adquisición de derechos de vía

Una vez realizado todo el análisis técnico es necesario iniciar la gestión de factibilidad de compra de la propiedad y su costo, para luego realizar en el terreno más factible, la propuesta geométrica de la carretera, ya que la adquisición de este influye directamente en los costos.

Cuadro N°: 13 Áreas de expropiación de ambas alternativas

CONSIDERACIONES	ESTUDIO DE RUTAS	
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Áreas de Expropiación		
1	4300.8	4746
2	1680	2520
3	1075.2	2503.2
4	1260	268.8
5		2755.2
6		714
7		1663.2
8		3326.4
9		3376.8
10		3318
11		4200
12		4200
<b>N° Hectáreas</b>	0.8316	3.35916
<b>Costo ht</b>	30000	30000
<b>Costo de Expropiación</b>	24948	100774.8

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.5. Cantidad de obras de arte

Cuadro N°: 14 Número de obras de arte de ambas alternativas

OBRAS DE ARTE	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
ALCANTARILLAS	8	9
CUNETAS	13297.2	14704.8

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.6. Análisis económico

Cuadro N°: 15 Volumen de material acumulado en la alternativa N° 01

ALTERNATIVA 1	
RESUMEN	VOLUMEN M3
VOLUMEN DE CORTE	297444.13
VOLUMEN DE RELLENO	149132.73
VOLUMEN ACUMULADO ELIMINACION DEL MATERIAL	148311.4

Fuente: elaboración propia

Cuadro N°: 16 Volumen de material acumulado en la alternativa N° 02

ALTERNATIVA 2	
RESUMEN	VOLUMEN M3
VOLUMEN DE CORTE	308289.87
VOLUMEN DE RELLENO	153545.06
VOLUMEN ACUMULADO ELIMINACION DEL MATERIAL	154744.81

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°: 17 Costo de la alternativa N°01

ALTERNATIVA 1				
COSTOS				
ALTERNATIVA 1				
RESUMEN	VOLUMENES	COSTO UNITARIO M3	COSTO PR METRADO	
VOLUMEN DE CORTE	297444.13	3.2	S/. 951,821.22	
VOLUMEN DE RELLENO	149132.73	11	S/. 1,640,460.03	
VOLUMEN ACUMULADO ELIMINACION DEL MATERIAL	148311.4	3.5	S/. 519,089.90	
			S/. 3,111,371.15	
OBRAS DE ARTE	UNIDAD	METRADO	COSTO UNITARIO	COSTO METRADO
ALCANTARILLAS	UNID	8	1050	S/. 8,400.00
CUNETAS	ML	13297.2	12.5	S/. 166,215.00
COSTO TOTAL				S/. 3,285,986.15

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°: 18 Costo de alternativa N°02

ALTERNATIVA 2				
COSTOS				
ALTERNATIVA 2				
RESUMEN	VOLUMENES	COSTO UNITARIO M3	COSTO PR METRADO	
VOLUMEN DE CORTE	308289.87	3.2	S/. 986,527.58	
VOLUMEN DE RELLENO	153545.06	11	S/. 1,688,995.66	
VOLUMEN ACUMULADO ELIMINACION DEL MATERIAL	154744.81	3.5	S/. 541,606.84	
			S/. 3,217,130.08	
OBRAS DE ARTE	UNIDAD	METRADO	COSTO UNITARIO	COSTO METRADO
ALCANTARILLAS	UNID	9	1050	S/. 9,450.00
CUNETAS	ML	14704.8	12.5	S/. 183,810.00
COSTO TOTAL				S/. 3,410,390.08

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.7. Impactos ambientales negativos

Se refiere a la densidad de vegetación que afectaría cada ruta en su recorrido, así como impactos en terrenos de cultivo.

En nuestro caso al evaluar los impactos negativos de las dos alternativas, nos dimos cuenta que para ambas opciones los impactos ambientales serían las mismas ya que se encuentran en el mismo espacio.

### 4.2.3. SELECCIÓN DE LA RUTA

A continuación, se presenta un cuadro que nos permite evaluar:

*Cuadro N°: 19 Cuadro resumen de análisis de alternativas*

CONSIDERACIONES	ESTUDIO DE RUTAS			
	ALTERNATIVA 1	PUNTAJE	ALTERNATIVA 2	PUNTAJE
<b>VIABILIDAD TECNICA</b>				
KILOMETRAJE	11081	1	12254	0
VELOCIDAD DE DISEÑO	30	1	30	1
N° PENDIENTES MAXIMAS	9	1	10	0
N°CURVAS HORIZONTALES	37	1	44	0
N°DE CURVAS VERTICALES	28	0	25	1
VARIACIONES DE LA VELOCIDADES DE LAS CURVAS HORIZONTALES	8.9	1	11.2	0
TIEMPO DE VIAJE	24.62min	1	27.2min	0
<b>VIABILIDAD SOCIAL</b>				
N° VIVIENDAS BENEFICIARIAS	142	1	142	1
POBLACION BENEFICIADA DIRECTA	750	1	750	1
POBLACION BENEFICIADA INDIRECTA	26735	1	26735	1
..				
..				
<b>VIABILIDAD ECONOMICA</b>				
VOLUMEN DE CORTE	S/. 951,821.22	1	S/. 986,527.58	0
VOLUMEN DE RELLENO	S/. 1,640,460.03	1	S/. 1,688,995.66	0
VOLUMEN ACUMULADO	S/. 519,089.90	1	S/. 541,606.84	0
ALCANTARILLAS	S/. 8,400.00	1	S/. 9,450.00	0

#### 4.2.4. RUTA DEFINITIVA: ALINEAMIENTO PRELIMINAR

En resumen, con esta metodología de selección se deduce que la alternativa N°01, en todos sus tramos, proporciona las mejores condiciones con respecto a los factores que se emplearon como criterio de selección, de manera técnica, económica y ambiental.

### 4.3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

#### 4.3.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

*Fotografía N°: 7 Levantamiento topográfico realizada en coordenadas UTM*



*Fuente: Elaboración propia*

También cabe resaltar que se realizó una topografía con una longitud transversal de levantamiento de 50 m con respecto al eje referencial con el objetivo de tener amplia data para darnos la opción de dar el respectivo desarrollo a la carretera propuesta en las condiciones de curvas o inflexiones, se realizo toma de puntos más cercanos para tener la opción de ampliar el radio de accione la curva; por lo general tomamos puntos cada 20 metros con respecto al eje referencial y en posibles curvas cada 10 metros con la intención siempre de tomar el radio de acción máximo para tener los datos necesario para realizar un correcto diseño geométrica de la carretera propuesta.

### 4.3.2. TRABAJO DE GABINETE

Los trabajos de gabinete consistieron básicamente en transportar los datos del equipo Estación total X, Y, Z. hacia un archivo de bloc de notas.

#### 4.3.2.1. Exportación de datos topográfico

Corresponde a la transferencia de datos, desde la estación total en extensión texto, para luego digitalizar dichos puntos x, y, z.

#### Procesamiento de los datos de campo

Esta etapa se procesa tomando en cuenta los intervalos del nivel del terreno, una vez editado la interpolación o triangulación se obtienen las curvas de nivel cuyos intervalos son:

Curvas menores o secundarias: 1 metros

Curvas mayores o primarias: 5 metros.

*Cuadro N°: 15 BMS colocados durante el levantamiento*

PUNTO	ESTE	NORTE	ALTURA	DESCRIPCION
1	783380.136	9368410.76	545.365	BM-01
246	783393.125	9368651.99	585.654	BM-02
503	783239.965	9368953.36	548.426	BM-03
758	783102.951	9369239.75	515.543	BM-04
995	783613.126	9369199.24	589.785	BM-05
1252	783790.236	9369442.36	603.113	BM-06
1510	784346.987	9369465.23	635.298	BM-07
1745	784546.644	9369140.65	592.98	BM-08
2016	785096.389	9369191.46	545.659	BM-09
2254	785571.237	9368861.12	672.352	BM-10
2526	786626.235	9369172.75	664.543	BM-11
2759	787363.658	9369197.88	699.123	BM-12
3006	787522.235	9368383.75	667.543	BM-13
3260	788621.644	9369171.65	752.98	BM-14
3503	789010.31	9369541.37	777.321	BM-15
3756	788998.136	9368868.76	731.365	BM-16
3998	789216.965	9368770.36	751.426	BM-17
4261	789444.235	9368581.75	763.543	BM-18
4522	789849.236	9368577.36	806.113	BM-19
4763	790208.236	9368618.88	866.552	BM-20
5003	790278.236	9368268.88	850.552	BM-21

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.4. ESTUDIO DE SUELOS

Para el estudio de suelos se ha hecho calicatas aproximadamente cada 1kilometro, los cuales las ubicaciones se muestran en el siguiente cuadro:

*Cuadro N°: 20 Ubicación de calicatas*

N°	KM
C1	0+020
C2	1+340
C3	2+120
C4	3+360
C5	4+380
C6	5+340
C7	6+920
C8	7+380
C9	8+300
C10	9+780
C11	10+440
C12	10+940

N°	KM
C1	0+020
C2	1+340
C3	2+120
C4	3+360
C5	4+380
C6	5+340
C7	6+920
C8	7+380
C9	8+300
C10	9+780
C11	10+440
C12	10+940

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.4.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Los resultados de los ensayos realizados por estrato de calicata se adjuntan en el Anexo N° 3 del presente informe. A continuación, se muestra la ubicación y el resumen de los resultados:

*Cuadro N°: 21 Resumen de resultados de los ensayos de laboratorio de suelos*

N°	M	PROF	GRANULOMETRIA															LIMI %		SUCS	AASHTO	DENOMINACION	HUM%
			3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N°4	N°10	N°20	N°40	N°50	N°100	N°200	LL	IP				
C-1	M-1	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	22.9	10.07	12.83	A-4	Arcilla de baja plasticidad con arena	8.51
C-2	M-1	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	34.48	16.13	18.35	A-6	Arcilla de baja plasticidad con arena	24.01
C-2	M-2	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	32.44	17.65	14.79	A-6	Arcilla de baja plasticidad con arena	29.13
C-3	M-1	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	34.48	16.13	18.35	A-6	Arcilla arenosa de baja plasticidad	28.6
C-3	M-2	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	27.88	12.39	15.49	A-6	Arcilla de baja plasticidad con arena	29.7
C-4	M-1	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	29.91	16.86	13.05	A-6	Arcilla de baja plasticidad con arena	32.1
C-5	M-1	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	36.77	14.23	22.54	A-2	Arcilla arcillosa	18.51
C-5	M-2	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	0	0	0	A-2	arena limosa	10.45
C-6	M-1	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	42.23	15.04	27.19	A-7	limo de baja plasticidad con arena	26.49
C-7	M-1	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	42.26	26.83	15.43	A-7	limo arenoso de baja plasticidad	20.42
C-7		1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	28.97	14.17	14.8	A-6		30.14

	M-2																					Arcilla arenosa de baja plasticidad	
C-8	M-1	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	47.8	20.51	27.29	A-7-6	Arcilla arenosa de baja plasticidad	21.57
C-8	M-2	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	41.41	19.46	21.95	A-7-6	arena arcillosa	20.51
C-9	M-1	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	18.85	6.02	12.83	A-4	arcilla limosa de baja plasticidad con arena	16.14
C-10	M-1	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	42.82	20.71	22.11	A-7-6	Arcilla de baja plasticidad	19.05
C-11	M-1	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	34.77	11.49	23.28	A-6	Arcilla de baja plasticidad con arena	21.95
C-12	M-1	1.5	75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	6.3	4.75	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075	46.59	25.77	20.82	A-7-6	Arcilla de baja plasticidad con arena	23.46

*Fuente: Elaboración propia*

Cuadro N°: 22 Resultado de PROCTOR Y CBR

PROGR	CALIC	M	CLAS. DE SUELOS			PROCTOR	CBR	
			PROF	SUCS	AASHTO	DENSIDAD SECA (GR/CM3)	OCH(%)	95%MDS
0+000	C-1	M-1	1.5	CL	A-4	1.853	9.8	24.4
3+000	C-3	M-1, M-2	1.5	CL	A-6	1.639	17.8	8.1
6+000	C-6	M-1	1.5	ML	A-7-6	1.546	19	10.1
9+000	C-9	M-1	1.5	CL-ML	A-4	1.671	15.4	9.8
11+000	C-12	M-1	1.5	CL	A-7-6	1.685	16	8.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°: 34 categorías de sub rasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S <sub>0</sub> : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de carreteras – Sección suelos y pavimentos

#### 4.5. ESTUDIOS DE CANTERAS Y FUENTE DE AGUA

##### 4.5.1. ESTUDIO DE CANTERAS

Se detallan los resultados de los ensayos realizados a las muestras de las canteras, las cuales nos permitirán verificar si la calidad de material de cantera es buena.

#### 4.5.1.1. Resultados de los ensayos de cantera San Juan de la Libertad

Cuadro N°: 23 Resumen del ensayo de afirmado cantera San Juan de la Libertad

Ensayo afirmado cantera Cruce												
N°	M	Limite %		IG	SUCS	AASHTO	Denominación	Hum %	PROCTOR		CBR	CONTENIDO DE SALES %
		LL	IP						DENSIDAD SECA (GR/CM3)	OCH(%)		
1	M-1	21.1	16.1	5.00	SP-SC	A-2-6	Arena arcillosa con grava	10.84	2.199	6.5	63.1	0.02%

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos de la cantera Cerro Catache nos dan una indicación de que tenemos un afirmado óptimo ya que está bien graduado y un CBR por encima de 30 que se clasifica como un material excelente.

#### 4.5.2. BOTADEROS

Se ha identificado un depósito de material excedente con su respectiva ubicación, capacidad y volumen

Cuadro N°: 24 Ubicación de botadero

N°	PROGRESIVA	AREA(Ha)
1	0+030	6.5
2	1+850	4.8
3	7+760	3.9
4	11+000	5.4

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la disponibilidad del botadero se indica que el mismo es de libre disponibilidad.

### 4.5.3. ESTUDIO DE FUENTES DE AGUAS

*Cuadro N°: 25 Resumen Fuente de abastecimiento el San Juan de la Libertad*

Muestra:		A 6 KM DE LA ZONA DE PROYECTO	
ENSAYOS	P.P.M.	NORMA N.T.P.	TOLERANCIA
Cloruros expresados como ion Cl	4.0	339.076	1000 Max.
Sulfatos expresados como ion SO4	0.7	339.074	1000 Max.
Alcalinidad Total	7.76	339.088	1000 Max.
Sales Solubles Totales	0.7	339.152	1500 Máx.
Ph	7.76	339.073	5.5 a 8

*Fuente: Elaboración propia*

Según el Cuadro N° 48: Elementos Químicos Nocivos para la Cimentación, se concluyó que dichos resultados no son mayores a lo establecido por la norma N.T.P, se determinó pues que el agua está en condiciones óptimas para darle el uso adecuado, cumpliendo de esa manera sus propias funciones.

#### 4.5.4. DISEÑO DE MEZCLA

**USAT**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
**DISEÑO DE MEZCLA**

**Ensayo** : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Sin aire incorporado)  
**Referencia** : RECOMENDACIÓN ACI 211

**Resistencia del Diseño** :  $f'c = 175$  kg/cm<sup>2</sup>

##### I.) DATOS DEL AGREGADOS:

GRUESO : **San Jaun de la Li** FINO : **San Juan de la Libertad**

01.- Tamaño máximo nominal	1/2"	-----	pulg.
02.- Peso Unitario suelto seco	1422	1583	kg/m <sup>3</sup>
03.- Peso Unitario compactado seco	1531	1661	kg/m <sup>3</sup>
04.- Peso específico de masa seco	2639	2637	kg/m <sup>3</sup>
05.- Contenido de humedad	1.43	2.61	%
06.- Contenido de absorción	0.90	0.81	%
11.- Módulo de fineza (adimensional)	-----	2.778	
12.- Peso Unitario Suelto Humedo	1443	1625	

##### II.) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

12.- Resistencia especificada a los 28 días	$F'_{cr}$	245	kg/cm <sup>3</sup>
13.- Contenido de aire atrapado		2.5	%
14.- Relación agua cemento	$R^{a/c}$	0.628	
15.- Asentamiento		3	Pulg.
16.- Volumen unitario del agua : <b>Potable de la zona</b>		216	L/m <sup>3</sup>
17.- Volumen del agregado grueso		0.552	m <sup>3</sup>
18.- Peso específico del cemento : <b>Tipo I Pacasmayo</b>		3150	kg/cm <sup>3</sup>
19.- Aditivo		0.0	%
20.- Densidad aparente del aditivo		0.0	kg/L

##### III.) Calculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a) Cemento	344	Kg/m <sup>3</sup>	0.109	m <sup>3</sup>	
b) Agua	216	Lt/m <sup>3</sup>	0.216	m <sup>3</sup>	Corrección por humedad
c) Aire	2.5	%	0.025	m <sup>3</sup>	Agua Efectiva
d) Arena	869	Kg/m <sup>3</sup>	0.329	m <sup>3</sup>	891
e) Grava	845	Kg/m <sup>3</sup>	0.320	m <sup>3</sup>	857
	2277		1.000	m <sup>3</sup>	20.1

##### IV.) Resultado final de diseño (húmedo) V.)Tanda de ensayo

a) Cemento	344	Kg/m <sup>3</sup>	2.07	kg	$F'_{cemento}$	8.099	Bolsas
b) Agua	196	Lt/m <sup>3</sup>	1.18	kg	$R^{a/c}$	0.628	Diseño
c) Arena	891	Kg/m <sup>3</sup>	5.35	kg	$R^{a/c}$	0.569	Obra
d) Grava	857	Kg/m <sup>3</sup>	5.14	kg	Aditivo	0.0	%
e) Aditivo	0.00	Lt/m <sup>3</sup>	0.00	kg			
	2289		13.73	kg			

##### VI.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

Proporción en peso :	1.00	2.59	2.49	24.19	0.000	Lts/kg
Proporción en volumen :	1.00	2.39	2.59	24.19	0.000	Lts/Pie <sup>3</sup>

**USAT**  
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
**DISEÑO DE MEZCLA**

**Ensayo** : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Sin aire incorporado)

**Referencia** : RECOMENDACIÓN **ACI 211**

**Resistencia del Diseño :**

$f'c =$  **210** kg/cm<sup>2</sup>

I.) DATOS DEL AGREGADOS:

GRUESO : **San Jaun de la Li** FINO : **San Juan de la Libertad**

01.- Tamaño máximo nominal	1/2"	-----	pulg.
02.- Peso Unitario suelto seco	1422	1583	kg/m <sup>3</sup>
03.- Peso Unitario compactado seco	1531	1661	kg/m <sup>3</sup>
04.- Peso específico de masa seco	2639	2637	kg/m <sup>3</sup>
05.- Contenido de humedad	1.43	2.61	%
06.- Contenido de absorción	0.90	0.81	%
11.- Módulo de fineza (adimensional)	-----	2.778	
12.- Peso Unitario Suelto Humedo	1443	1625	

II.) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

12.- Resistencia especificada a los 28 días	$F'_{cr}$	<b>294</b>	kg/cm <sup>3</sup>
13.- Contenido de aire atrapado		<b>2.5</b>	%
14.- Relación agua cemento	$R^{a/c}$	<b>0.556</b>	
15.- Asentamiento		<b>3</b>	Pulg.
16.- Volumen unitario del agua : <b>Potable de la zona</b>		<b>216</b>	L/m <sup>3</sup>
17.- Volumen del agregado grueso		<b>0.552</b>	m <sup>3</sup>
18.- Peso específico del cemento : <b>Tipo I Pacasmayo</b>		<b>3150</b>	kg/cm <sup>3</sup>
19.- Aditivo		<b>0.0</b>	%
20.- Densidad aparente del aditivo		<b>0.0</b>	kg/L

III.) Calculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a) Cemento	388	Kg/m <sup>3</sup>	0.123	m <sup>3</sup>		
b) Agua	216	Lt/m <sup>3</sup>	0.216	m <sup>3</sup>	Corrección por humedad	
c) Aire	2.5	%	0.025	m <sup>3</sup>		Agua Efectiva
d) Arena	832	Kg/m <sup>3</sup>	0.315	m <sup>3</sup>	853	15.0
e) Grava	845	Kg/m <sup>3</sup>	0.320	m <sup>3</sup>	857	4.5
	<u>2284</u>		<u>1.000</u>	<u>m<sup>3</sup></u>		<u>19.4</u>

IV.) Resultado final de diseño (húmedo)	V.)Tanda de ensayo	<b>0.0060</b>	m <sup>3</sup>	<b>0.006</b>	m <sup>3</sup>
a) Cemento	388	Kg/m <sup>3</sup>	2.33	kg	$F'_{cemento}$ <b>9.141</b> Bolsas
b) Agua	197	Lt/m <sup>3</sup>	1.18	kg	$R^{a/c}$ <b>0.556</b> Diseño
c) Arena	853	Kg/m <sup>3</sup>	5.12	kg	$R^{a/c}$ <b>0.506</b> Obra
d) Grava	857	Kg/m <sup>3</sup>	5.14	kg	Aditivo <b>0.0</b> %
e) Aditivo	<u>0.00</u>	<u>Lt/m<sup>3</sup></u>	<u>0.00</u>	<u>kg</u>	
	2296		13.77	kg	

VI). Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

Proporción en peso :	1.00	2.20	2.21	21.50	0.000	Lts/kg
Proporción en volumen :	1.00	2.03	2.30	21.50	0.000	Lts/Pie <sup>3</sup>

## 4.6. ESTUDIO HIDROLÓGICO

### 4.6.1. ÁREA DE LA SUB-CUENCA

*Cuadro N°: 26 Áreas de las subcuentas en estudio*

	Area (m <sup>2</sup> )	Area (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (ml)	Perímetro (Km)
Sub - cuenca N°01	3852.97m <sup>2</sup>	0.0039m <sup>2</sup>	228.86m <sup>2</sup>	0.23m <sup>2</sup>
Sub - cuenca N°02	4252.69m <sup>2</sup>	0.0043m <sup>2</sup>	264.79m <sup>2</sup>	0.26m <sup>2</sup>
Sub - cuenca N°03	5604.32m <sup>2</sup>	0.0056m <sup>2</sup>	291.70m <sup>2</sup>	0.29m <sup>2</sup>
Sub - cuenca N°04	2907.47m <sup>2</sup>	0.0029m <sup>2</sup>	201.85m <sup>2</sup>	0.20m <sup>2</sup>
Sub - cuenca N°05	4031.91m <sup>2</sup>	0.0040m <sup>2</sup>	241.52m <sup>2</sup>	0.24m <sup>2</sup>
Sub - cuenca N°06	9211.09m <sup>2</sup>	0.0092m <sup>2</sup>	375.95m <sup>2</sup>	0.38m <sup>2</sup>
Sub - cuenca N°07	1252.53m <sup>2</sup>	0.0013m <sup>2</sup>	133.17m <sup>2</sup>	0.13m <sup>2</sup>
Sub - cuenca N°08	1456.41m <sup>2</sup>	0.0015m <sup>2</sup>	143.81m <sup>2</sup>	0.14m <sup>2</sup>

*Fuente: Elaboración propia.*

### 4.6.2. LONGITUD DEL CAUCE MÁS LARGO Y PENDIENTE MEDIA

*Cuadro N°: 27 Longitud de los cauces principales de las cuencas*

	Long. cauce (Km)	S prom. (%)
Sub - cuenca N°01	256.242	25.3%
Sub - cuenca N°02	72.961	32.2%
Sub - cuenca N°03	908.630	15.3%
Sub - cuenca N°04	184.430	28.4%
Sub - cuenca N°05	192.098	35.3%
Sub - cuenca N°06	175.285	13.3%
Sub - cuenca N°07	125.495	15.8%
Sub - cuenca N°08	195.394	18.5%

*Fuente: Google Earth*

## 4.6.3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

### 4.6.3.1. Generalidades

En este capítulo se encuentran los resultados del estudio hidrológico que se realizó a la zona que involucra el proyecto.

En la primera etapa del estudio se procedió a realizar un análisis estadístico de la serie de datos de lluvias diarias máximas anuales, adoptándose ocho métodos distribuciones estadísticas como nos recomienda el manual de hidrología, hidráulica y drenaje: Normal, Log Normal 2 Parámetros, Log Normal 3 Parámetros, Gamma 2 Parámetros, Gamma 3 Parámetros, Log Pearson, Gumbel, Log Gumbel.

#### 4.6.3.2. Análisis estadístico de los datos de precipitaciones

Para el análisis estadístico se tomaron los datos de la estación Pluviométrica estación quebrada San Juan de la Libertad con información de precipitaciones máximas en 24 horas, desde el año 1962 hasta el 2014, proporcionada por el SENAMHI. Los datos de la estación se adjuntan en los anexos.

##### 4.6.3.2.1. Análisis pluviométrico

*Cuadro N°: 28 Serie de datos pluviométricos ordenados*

N°	Año	P (mm)
1	1988	35.70
2	1989	58.00
3	1990	25.20
4	1991	42.20
5	1992	26.30
6	1993	45.20
7	1994	46.90
8	1995	42.40
9	1996	64.20
10	1997	51.10
11	1998	50.20
12	1999	67.90
13	2000	52.00
14	2001	56.30
15	2002	46.70
16	2003	57.50
17	2004	36.00
18	2005	50.50
19	2006	56.50
20	2007	77.80
21	2008	42.20
22	2009	41.90
23	2010	88.80
24	2011	43.90
25	2012	56.60

26	2013	43.10
27	2014	45.20
28	2015	30.60
29	2016	56.60

*Fuente: elaboración propia.*

#### 4.6.3.2.2. Análisis de distribución de probabilidad estadísticas (método gráfico)

Se ha calculado el periodo de retorno de cada precipitación de la estación quebrada El Pintor, con la finalidad de poder graficar cuál de los métodos de distribuciones de probabilidades estadísticas (Método Gráfico).

*Cuadro N°: 29 Periodo de retorno de cada precipitación*

m	P (mm)	Tr (años)
1	88.80	30.00
2	77.80	15.00
3	67.90	10.00
4	64.20	7.50
5	58.00	6.00
6	57.50	5.00
7	56.60	4.29
8	56.60	3.75
9	56.50	3.33
10	56.30	3.00
11	52.00	2.73
12	51.10	2.50
13	50.50	2.31
14	50.20	2.14
15	46.90	2.00
16	46.70	1.88
17	45.20	1.76
18	45.20	1.67
19	43.90	1.58
20	43.10	1.50
21	42.40	1.43
22	42.20	1.36
23	42.20	1.30
24	41.90	1.25
25	36.00	1.20
26	35.70	1.15
27	30.60	1.11
28	26.30	1.07
29	25.20	1.03

*Fuente: elaboración propia*

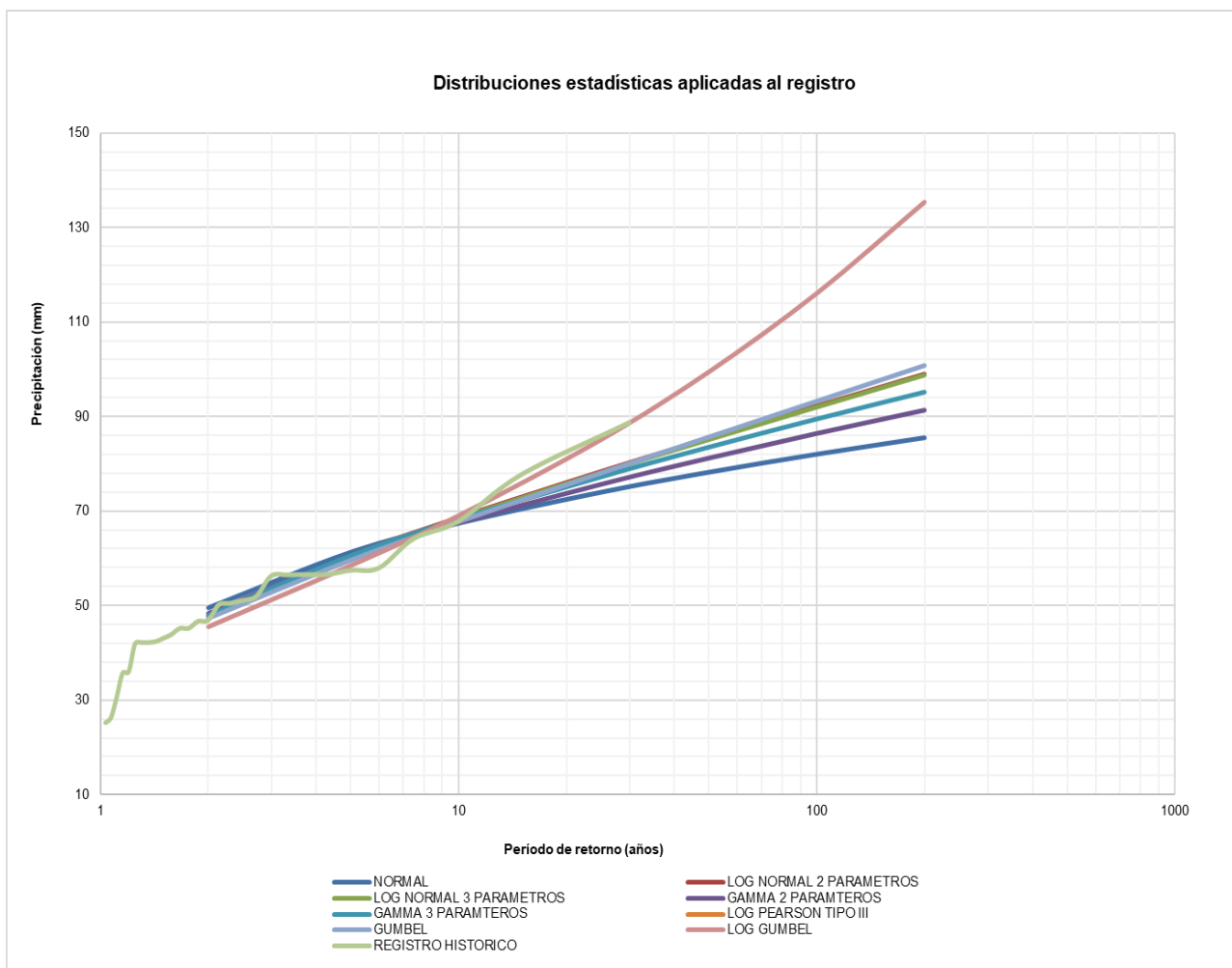
Con la ayuda del software Hidroesta2 comenzamos a calcular nuestras precipitaciones de diseño para cada método de distribuciones estadísticas con su respectivo periodo de retorno.

*Cuadro N°: 30 Distribuciones estadísticas*

DISTRIBUCIONES ESTADÍSTICAS								
Tr (años)	NORMAL	LOG NORMAL 2 PARAMETROS	LOG NORMAL 3 PARAMETROS	GAMMA 2 PARAMETROS	GAMMA 3 PARAMETROS	LOG PEARSON TIPO III	GUMBEL	LOG GUMBEL
2	49.57	47.72	47.64	48.33	47.83		47.28	45.55
5	61.30	60.58	60.34	60.49	60.50		59.6	58.52
10	67.43	68.63	68.33	67.57	68.17		67.75	69.08
25	73.98	78.40	78.06	75.69	77.17		78.06	85.18
50	78.20	85.43	85.08	81.25	83.45		85.70	99.51
100	82.00	92.30	91.95	86.47	89.41		93.29	116.12
200	85.48	99.06	98.73	91.40	95.10		100.85	135.43

Fuente: Elaboración Propia hidroesta 2

*Imagen N°: 37 Grafica de distribuciones estadísticas*



Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.3.2.3. Prueba de bondad de ajuste Smirnov – Kolmogorov

Cuadro N°: 31 parámetros de frecuencias

m	P (mm)	X (mm)	P(x)-Weibull	P(x)-Weibull*100	Z	F(Z)	/F(z)-P(x)/	
1	35.70	25.20	0.0333	3.33	-1.75	0.0402	0.007	
2	58.00	26.30	0.0667	6.67	-1.67	0.0475	0.019	
3	25.20	30.60	0.1000	10.00	-1.36	0.0868	0.013	
4	42.20	35.70	0.1333	13.33	-1.00	0.1599	0.027	
5	26.30	36.00	0.1667	16.67	-0.97	0.1652	0.002	
6	45.20	41.90	0.2000	20.00	-0.55	0.2911	0.091	
7	46.90	42.20	0.2333	23.33	-0.53	0.2985	0.065	
8	42.40	42.20	0.2667	26.67	-0.53	0.2985	0.032	
9	64.20	42.40	0.3000	30.00	-0.51	0.3035	0.004	
10	51.10	43.10	0.3333	33.33	-0.46	0.3213	0.012	
11	50.20	43.90	0.3667	36.67	-0.41	0.3421	0.025	
12	67.90	45.20	0.4000	40.00	-0.31	0.3770	0.023	
13	52.00	45.20	0.4333	43.33	-0.31	0.3770	0.056	
14	56.30	46.70	0.4667	46.67	-0.21	0.4185	0.048	
15	46.70	46.90	0.5000	50.00	-0.19	0.4241	0.076	
16	57.50	50.20	0.5333	53.33	0.05	0.5181	0.015	
17	36.00	50.50	0.5667	56.67	0.07	0.5266	0.040	
18	50.50	51.10	0.6000	60.00	0.11	0.5437	0.056	
19	56.50	52.00	0.6333	63.33	0.17	0.5692	0.064	
20	77.80	56.30	0.6667	66.67	0.48	0.6854	0.019	
21	42.20	56.50	0.7000	70.00	0.50	0.6905	0.010	
22	41.90	56.60	0.7333	73.33	0.50	0.6930	0.040	
23	88.80	56.60	0.7667	76.67	0.50	0.6930	0.074	
24	43.90	57.50	0.8000	80.00	0.57	0.7153	0.085	
25	56.60	58.00	0.8333	83.33	0.60	0.7274	0.106	
26	43.10	64.20	0.8667	86.67	1.05	0.8531	0.014	
27	45.20	67.90	0.9000	90.00	1.32	0.9058	0.006	
28	30.60	77.80	0.9333	93.33	2.03	0.9786	0.045	
29	56.60	88.80	0.9667	96.67	2.81	0.9976	0.031	
							Δ tabular:	0.1060
							Δ crítico:	0.2525
Condición:							Cumple P.B.A.	Significancia de 5%

Fuente: elaboración propia

Cuadro N°: 32 Prueba de bondad y ajuste

P%	F(Z)
16	X-S
50	X-S
84	X+S

FUENTE: Análisis estadístico de precipitaciones y caudales para el diseño de estructuras hidráulicas.

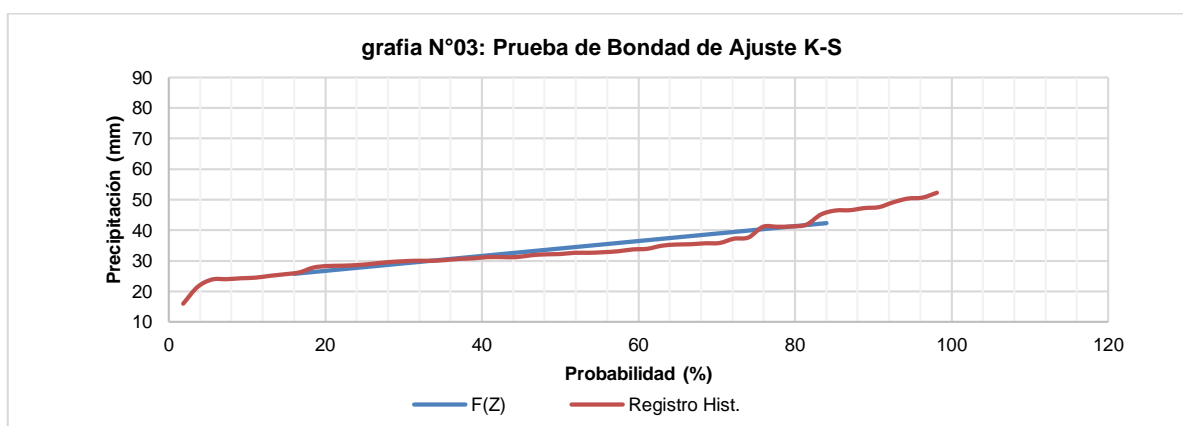
Cuadro N°: 33 Probabilidad expresadas en porcentaje

F(z)	P(x)
16	35.63
50	49.57
84	63.51

Fuente: elaboración propia

Con estos datos podemos realizar el gráfico de bondad de ajuste de Kolmogorov – Smirnov.

Imagen N°: 38 Prueba de bondad y ajuste



Fuente: elaboración propia

Cuadro N°: 34 Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov

Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Smirnov			
DISTRIBUCION	$\Delta$ tabular	$\Delta$ critico:	CONDICION
NORMAL	0.1199	0.2525	SE AJUSTA
LOG NORMAL 2 PARAMETROS	0.0764	0.2525	SE AJUSTA
LOG NORMAL 3 PARAMTEROS	0.1028	0.2525	SE AJUSTA
GAMMA 2 PARAMETROS	0.0895	0.2525	SE AJUSTA
GAMMA 3 PARAMETROS	0.08682	0.2525	SE AJUSTA
GUMBEL	0.0713	0.2525	SE AJUSTA
LOG GUMBEL	0.0799	0.2525	SE AJUSTA

Fuente: elaboración propia

#### 4.6.3.2.4. Riesgo admisible

Determinamos la probabilidad de falla de la vida útil de las obras de arte como son: Alcantarillas de pase, alcantarillas de alivio y cunetas. Estas obras son las que contamos en la trocha carrozable. El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

*Cuadro N°: 35 Periodo de retorno según tipo de obra*

Tipo de Obra	Periodo de Retorno (años)
Puentes y Pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de paso y badenes	50
Alcantarillas de Alivio	10 a 20
Drenaje de la plataforma	10

Fuente: manual de hidrología, hidráulica y drenaje

Tipo de Obra	Vida Útil (años)
Puentes y Defensas Ribereñas	40
Alcantarillas de quebradas importantes	25
Alcantarillas de quebradas menores	15
Drenaje de plataforma y Sub-drenes	15

Fuente: manual de hidrología, hidráulica y drenaje

Cuadro N°: 36 Parámetros de tiempo y riesgo según el tipo de obra

PARA ALCANTARILLAS DE PASE
R= 0.40
PARA ALCANTARILLAS DE ALIVIO
R= 0.54
PARA CUNETAS
R= 0.79

*Fuente elaboración propia*

#### 4.6.4. CALCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA

En la Figura N° 97, del Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, nos muestra los coeficientes de duración entre 1 hora y 48 horas:

Cuadro N°: 37 Coeficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora

Duración de la precipitación en horas	Coefficiente
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.5
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.9
20	0.93

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras

Cuadro N°: 38 precipitaciones máximas por tiempo de duración

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	45.5500	58.5200	69.0800	85.1800	99.5100	116.1200	135.4300
18 hr	X18 = 91%	36.4400	46.8160	55.2640	67.2922	79.6080	92.8960	108.3440
12 hr	X12 = 80%	35.9845	46.2308	54.5732	67.2922	78.6129	91.7348	106.9897
8 hr	X8 = 68%	29.1520	37.4528	44.2112	54.5152	63.6864	74.3168	86.6752
6 hr	X6 = 61%	25.5080	32.7712	38.6848	47.7008	55.7256	65.0272	75.8408
5 hr	X5 = 57%	22.7750	29.2600	34.5400	42.5900	49.7550	58.0600	67.7150
4 hr	X4 = 52%	20.0420	25.7488	30.3952	37.4792	43.7844	51.0928	59.5892
3 hr	X3 = 46%	17.3090	22.2376	26.2504	32.3684	37.8138	44.1256	51.4634
2 hr	X2 = 39%	14.1205	18.1412	21.4148	26.4058	30.8481	35.9972	41.9833
1 hr	X1 = 30%	11.3875	14.6300	17.2700	21.2950	24.8775	29.0300	33.8575

Fuente elaboración propia

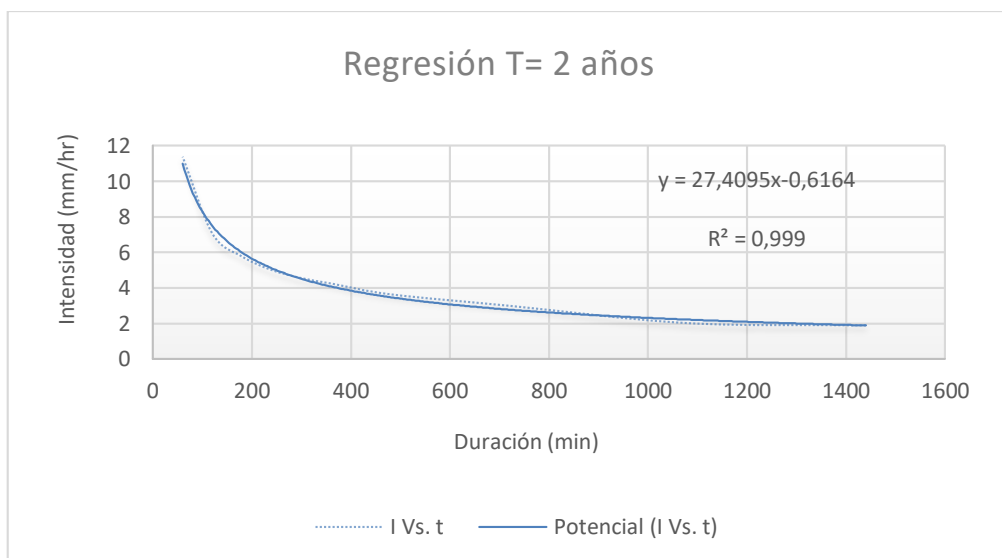
Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma								
$I = \frac{P \text{ [mm]}}{t_{\text{duración}} \text{ [hr.]}}$								
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	1.8979	2.4383	2.8783	3.5492	4.1463	4.8383	5.6429
18 hr	1080	2.0244	2.6009	3.0702	3.7385	4.4227	5.1609	6.0191
12 hr	720	2.9987	3.8526	4.5478	5.6077	6.5511	7.6446	8.9158
8 hr	480	3.6440	4.6816	5.5264	6.8144	7.9608	9.2896	10.8344
6 hr	360	4.2513	5.4619	6.4475	7.9501	9.2876	10.8379	12.6401
5 hr	300	4.5550	5.8520	6.9080	8.5180	9.9510	11.6120	13.5430
4 hr	240	5.0105	6.4372	7.5988	9.3698	10.9461	12.7732	14.8973
3 hr	180	5.7697	7.4125	8.7501	10.7895	12.6046	14.7085	17.1545
2 hr	120	7.0603	9.0706	10.7074	13.2029	15.4241	17.9986	20.9917
1 hr	60	11.3875	14.6300	17.2700	21.2950	24.8775	29.0300	33.8575

Fuente elaboración propia

Cuadro N°: 39 Periodo de retorno para  $T = 2$  años

Periodo de retorno para $T = 2$ años						
N°	x	y	land x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	1.8979	7.2724	0.6408	4.6598	52.8878
2	1080	2.0244	6.9847	0.7053	4.9263	48.7863
3	720	2.9987	6.5793	1.0982	7.2252	43.2865
4	480	3.6440	6.1738	1.2931	7.9832	38.1156
5	360	4.2513	5.8861	1.4472	8.5186	34.6462
6	300	4.5550	5.7038	1.5162	8.6482	32.5331
7	240	5.0105	5.4806	1.6115	8.8322	30.0374
8	180	5.7697	5.1930	1.7526	9.1013	26.9668
9	120	7.0603	4.7875	1.9545	9.3571	22.9201
10	60	11.3875	4.0943	2.4325	9.9596	16.7637
10	4980	48.5993	58.1555	14.4519	79.2114	346.9435
$Ln(d) = 4.6628$		$d = 105.9353$		$n = -0.5533$		

Fuente: elaboración propia

Imagen N°: 39 Grafica Periodo de retorno para  $T = 2$  años

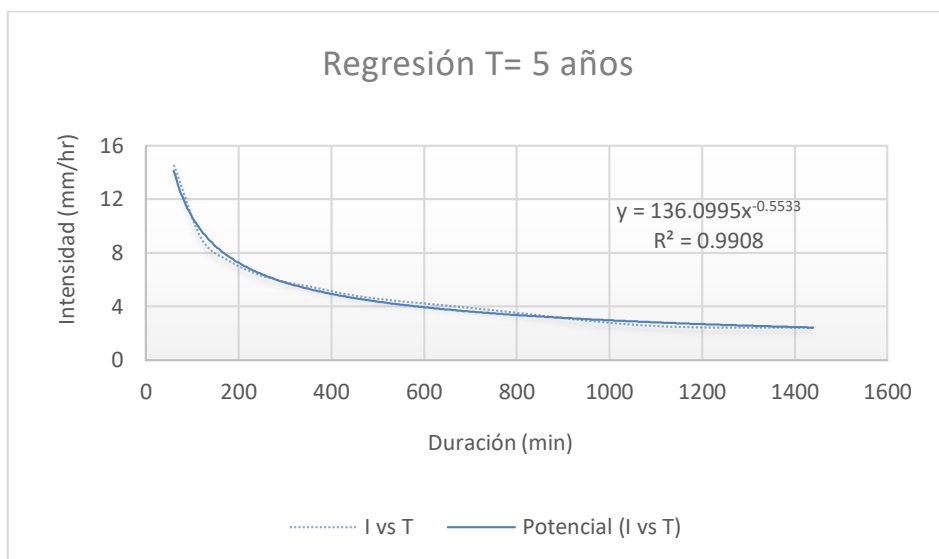
Fuente: elaboración propia

Cuadro N°: 40 Periodo de retorno para  $T = 5$  años

Periodo de retorno para $T = 5$ años						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.4383	7.2724	0.8913	6.4820	52.8878
2	1080	2.6009	6.9847	0.9559	6.6764	48.7863
3	720	3.8526	6.5793	1.3487	8.8737	43.2865

Fuente: elaboración propia

Imagen N°: 40 Gráfica Periodo de retorno para T= 5 años



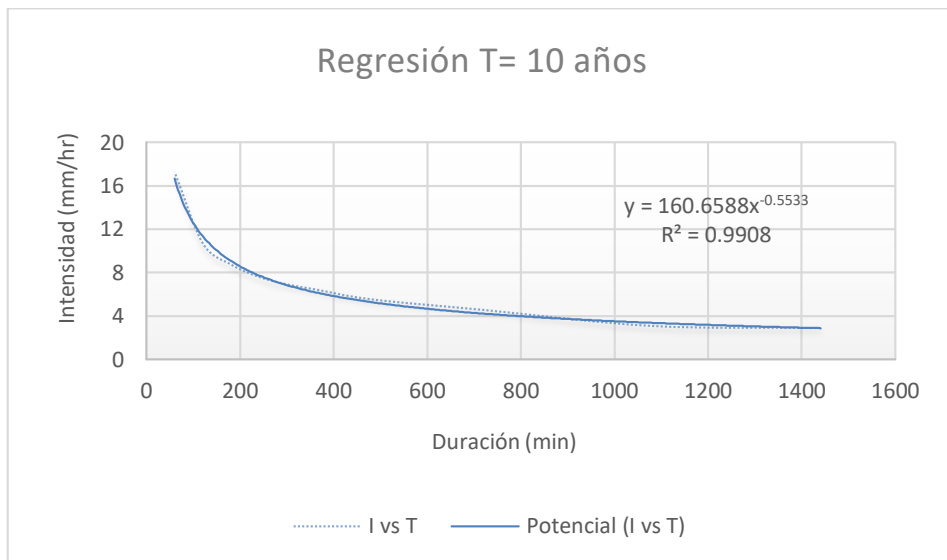
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°: 41 Periodo de retorno para T=10 años

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.8783	7.2724	1.0572	7.6885	52.8878
2	1080	3.0702	6.9847	1.1217	7.8351	48.7863
3	720	4.5478	6.5793	1.5146	9.9652	43.2865
4	480	5.5264	6.1738	1.7095	10.5543	38.1156
5	360	6.4475	5.8861	1.8637	10.9699	34.6462
6	300	6.9080	5.7038	1.9327	11.0236	32.5331
7	240	7.5988	5.4806	2.0280	11.1147	30.0374
8	180	8.7501	5.1930	2.1691	11.2639	26.9668
9	120	10.7074	4.7875	2.3709	11.3508	22.9201
10	60	17.2700	4.0943	2.8490	11.6647	16.7637
10	4980	73.7045	58.1555	18.6165	103.4306	346.9435
<b>Ln (d) = 5.0793</b>		<b>d = 160.6588</b>		<b>n = -0.5533</b>		

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°: 41 Gráfica Periodo de retorno para T=10 años



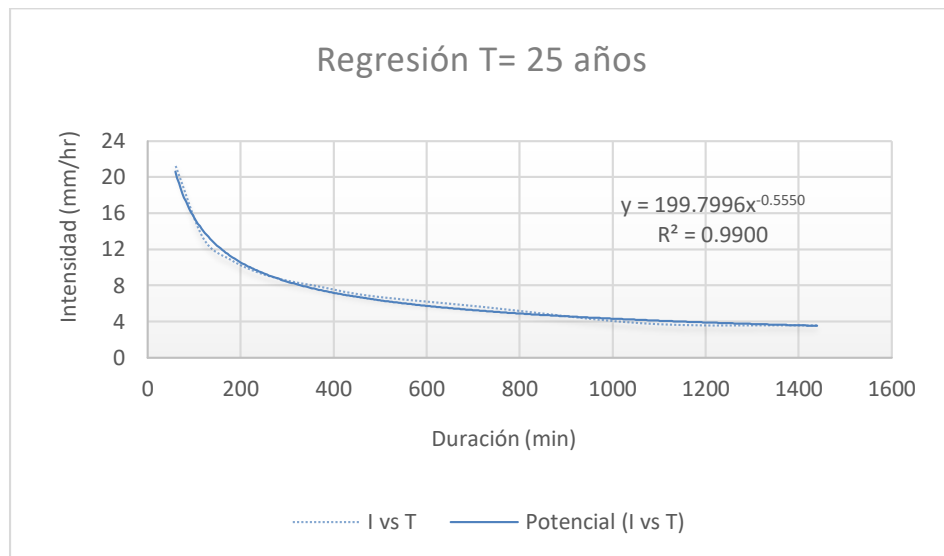
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°: 42 Gráfica Periodo de retorno para T=25 años

Periodo de retorno para T = 25 años								
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2		
1	1440	3.5492	7.2724	1.2667	9.2120	52.8878		
2	1080	3.7385	6.9847	1.3187	9.2106	48.7863		
3	720	5.6077	6.5793	1.7241	11.3435	43.2865		
4	480	6.8144	6.1738	1.9190	11.8477	38.1156		
5	360	7.9501	5.8861	2.0732	12.2030	34.6462		
6	300	8.5180	5.7038	2.1422	12.2185	32.5331		
7	240	9.3698	5.4806	2.2375	12.2629	30.0374		
8	180	10.7895	5.1930	2.3786	12.3518	26.9668		
9	120	13.2029	4.7875	2.5804	12.3538	22.9201		
10	60	21.2950	4.0943	3.0585	12.5224	16.7637		
10	4980	90.8350	58.1555	20.6989	115.5264	346.9435		
<b>Ln (d) =</b>		<b>5.2973</b>	<b>d =</b>		<b>199.7996</b>	<b>n =</b>		<b>-0.5550</b>

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°: 42 Gráfica Periodo de retorno para T=25 años



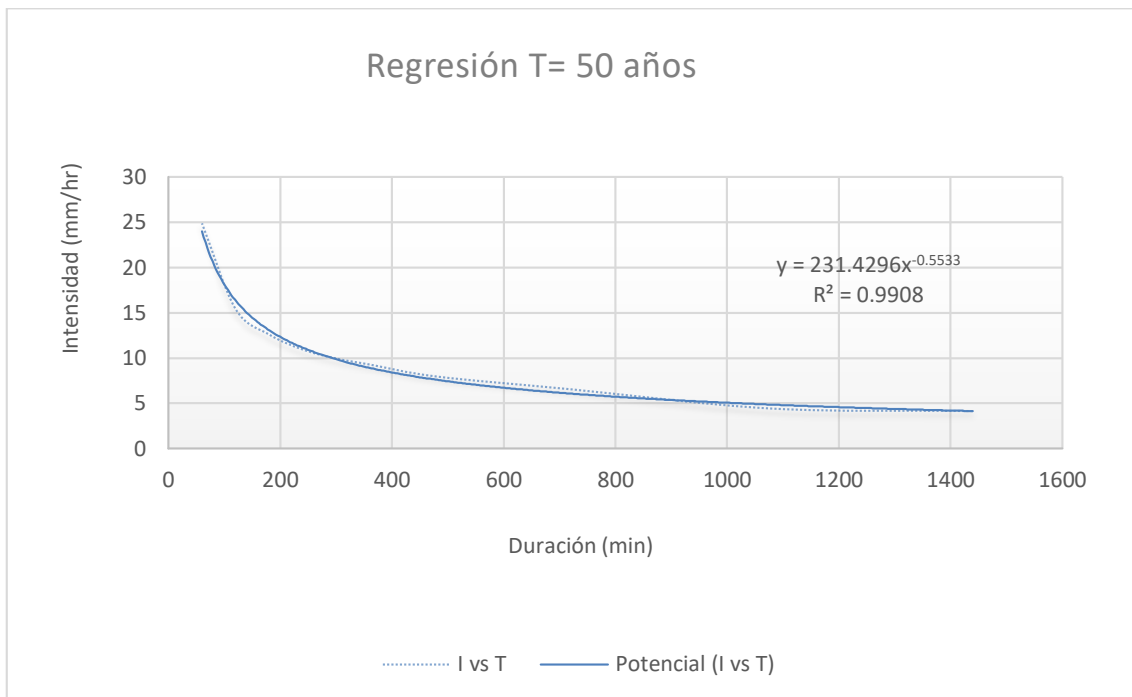
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°: 43 Periodo de retorno para T=50 años

Periodo de retorno para T = 50 años						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	4.1463	7.2724	1.4222	10.3428	52.8878
2	1080	4.4227	6.9847	1.4867	10.3845	48.7863
3	720	6.5511	6.5793	1.8796	12.3666	43.2865
4	480	7.9608	6.1738	2.0745	12.8077	38.1156
5	360	9.2876	5.8861	2.2287	13.1182	34.6462
6	300	9.9510	5.7038	2.2977	13.1054	32.5331
7	240	10.9461	5.4806	2.3930	13.1151	30.0374
8	180	12.6046	5.1930	2.5341	13.1593	26.9668
9	120	15.4241	4.7875	2.7359	13.0982	22.9201
10	60	24.8775	4.0943	3.2140	13.1591	16.7637
10	4980	106.1716	58.1555	22.2664	124.6569	346.9435
<b>Ln (d) =</b>		<b>5.4443</b>	<b>d =</b>	<b>231.4296</b>	<b>n =</b>	<b>-0.5533</b>

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°: 43 Gráfica Periodo de retorno para T=50 años



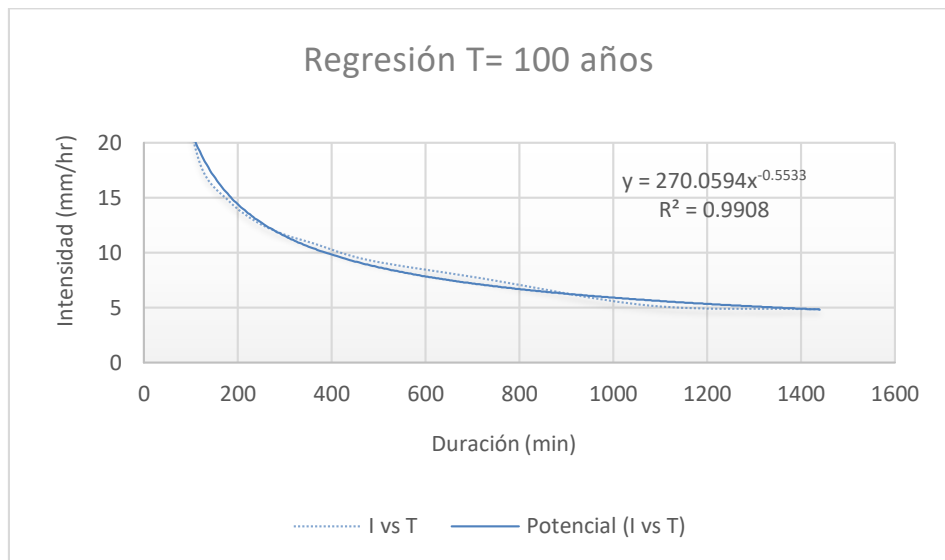
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°: 44 Periodo de retorno para T=100 años

Periodo de retorno para T = 100 años						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	4.8383	7.2724	1.5766	11.4654	52.8878
2	1080	5.1609	6.9847	1.6411	11.4627	48.7863
3	720	7.6446	6.5793	2.0340	13.3822	43.2865
4	480	9.2896	6.1738	2.2289	13.7607	38.1156
5	360	10.8379	5.8861	2.3830	14.0269	34.6462
6	300	11.6120	5.7038	2.4520	13.9859	32.5331
7	240	12.7732	5.4806	2.5473	13.9611	30.0374
8	180	14.7085	5.1930	2.6884	13.9609	26.9668
9	120	17.9986	4.7875	2.8903	13.8373	22.9201
10	60	29.0300	4.0943	3.3683	13.7911	16.7637
10	4980	123.8936	58.1555	23.8101	133.6341	346.9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>5.5986</b>	<b>d =</b>	<b>270.0594</b>	<b>n =</b>	<b>-0.5533</b>	

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°: 44 Gráfica Periodo de retorno para T=100años



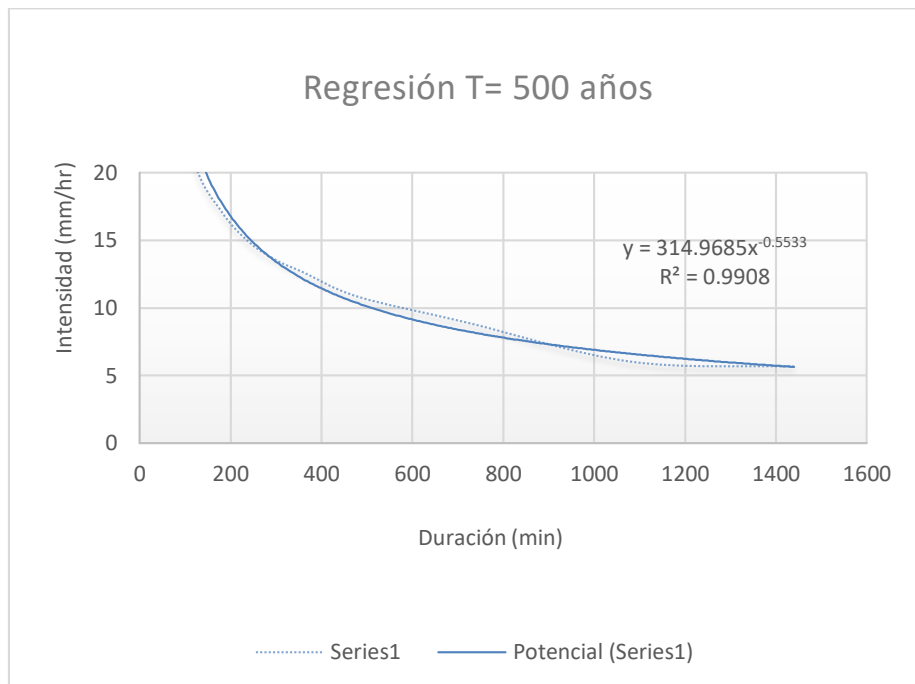
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°: 45 Periodo de retorno para T=500 años

Periodo de retorno para T = 500 años							
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2	
1	1440	5.6429	7.2724	1.7304	12.5842	52.8878	
2	1080	6.0191	6.9847	1.7949	12.5371	48.7863	
3	720	8.9158	6.5793	2.1878	14.3943	43.2865	
4	480	10.8344	6.1738	2.3827	14.7104	38.1156	
5	360	12.6401	5.8861	2.5369	14.9323	34.6462	
6	300	13.5430	5.7038	2.6059	14.8633	32.5331	
7	240	14.8973	5.4806	2.7012	14.8042	30.0374	
8	180	17.1545	5.1930	2.8423	14.7597	26.9668	
9	120	20.9917	4.7875	3.0441	14.5737	22.9201	
10	60	33.8575	4.0943	3.5222	14.4209	16.7637	
10	4980	144.4963	58.1555	25.3484	142.5802	346.9435	
<b>Ln (d) =</b>		<b>5.7525</b>	<b>d =</b>	<b>314.9685</b>	<b>n =</b>	<b>-0.5533</b>	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°: 46 Gráfica Periodo de retorno para T=500 años



Fuente: elaboración propia

Cuadro N°: 47 Resumen de aplicación de regresión potencial

<b>Resumen de aplicación de regresión potencial</b>		
Periodo de Retorno (años)	Término ctte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]
2	105.9353	-0.5533
5	136.0995	-0.5533
10	160.6588	-0.5533
25	199.7996	-0.5550
50	231.4296	-0.5533
100	270.0594	-0.5533
200	314.9685	-0.5533
<b>Promedio =</b>	202.7073	-0.5535

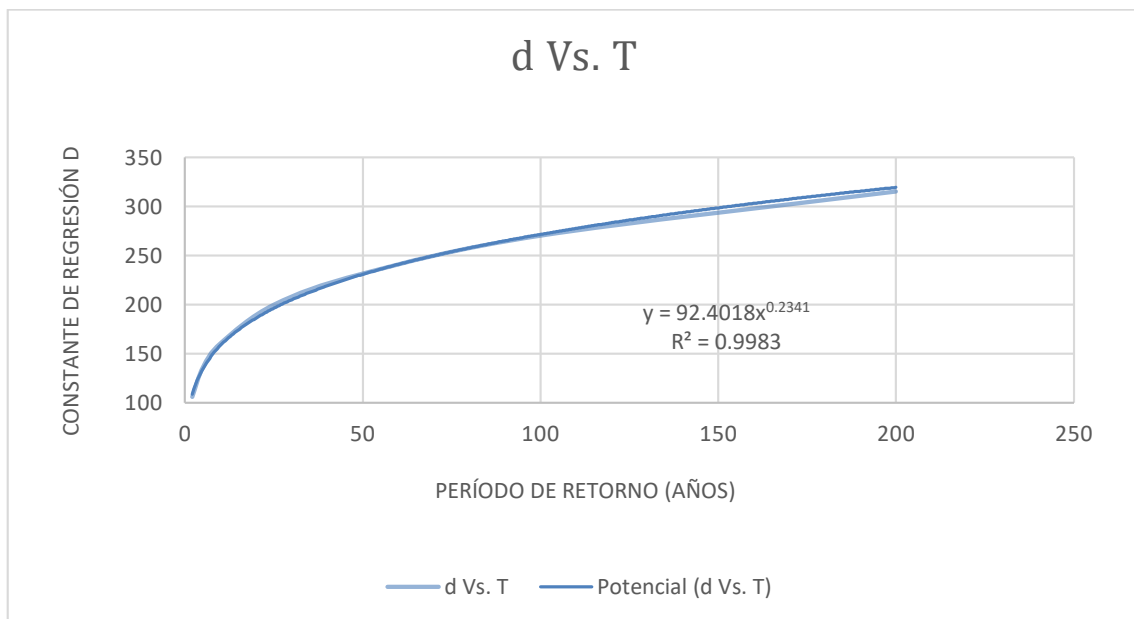
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°: 48 Regresión potencial

Regresión potencial						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	105.9353	0.6931	4.6628	3.2320	0.4805
2	5	136.0995	1.6094	4.9134	7.9078	2.5903
3	10	160.6588	2.3026	5.0793	11.6955	5.3019
4	25	199.7996	3.2189	5.2973	17.0514	10.3612
5	50	231.4296	3.9120	5.4443	21.2981	15.3039
6	100	270.0594	4.6052	5.5986	25.7827	21.2076
7	200	314.9685	5.2983	5.7525	30.4784	28.0722
7	392	1418.9508	21.6396	36.7482	117.4460	83.3175
<b>Ln (K) = 4.5261</b>		<b>K = 92.4018</b>		<b>m = 0.2341</b>		

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°: 45 Gráfico de constante de regresión D



Fuente: elaboración propia

Termino constante de regresión (K) =92.4018 y Coeficiente de regresión (m) =0.234. Calculados estas constantes podemos calcular nuestras curvas I-D-F y la intensidad máxima de diseño.

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{92.4018 * T^{0.234070}}{t^{0.55352}}$$

Cuadro N°: 49 Tabla de intensidades - Tiempo de duración

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	44.59	30.38	24.27	20.70	18.30	16.54	15.19	14.10	13.21	12.47	11.83	11.27
5	55.26	37.65	30.08	25.65	22.67	20.50	18.82	17.48	16.38	15.45	14.65	13.97
10	64.99	44.28	35.38	30.17	26.67	24.11	22.13	20.56	19.26	18.17	17.24	16.42
25	80.54	54.87	43.84	37.39	33.05	29.87	27.43	25.48	23.87	22.52	21.36	20.35
50	94.72	64.54	51.57	43.98	38.87	35.13	32.26	29.96	28.07	26.48	25.12	23.94
100	111.41	75.91	60.65	51.72	45.71	41.32	37.94	35.24	33.02	31.15	29.55	28.16
500	162.38	110.64	88.40	75.38	66.63	60.23	55.30	51.36	48.12	45.40	43.06	41.04

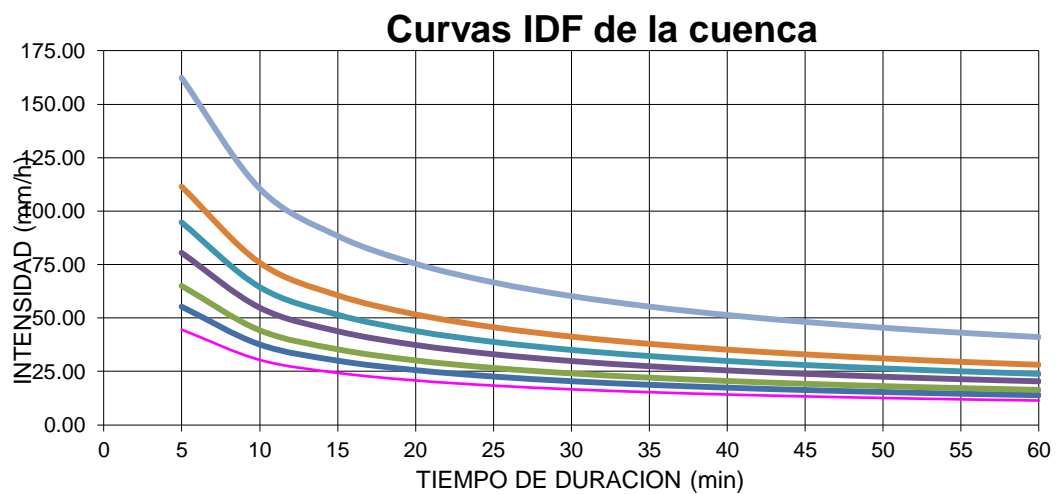
Fuente: Elaboración propia

Intensidades de diseño para diferentes tiempos de duración y periodo de retorno, con estados datos podemos graficar las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia.

#### 4.6.5. CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN –FRECUENCIA (IDF)

Las curvas IDF, se grafican con la duración en las abscisas, y las intensidades en la ordenada, como lo muestra la gráfica Curvas IDF de la cuenca.

Cuadro N°: 50 Curvas IDF de la cuenca



Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.6. CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN

*Cuadro N°: 51 Tiempos de concentración de las cuencas en estudio*

	Long. cauce (m)	S prom.	K = L/√S	tc (min)
Sub - cuenca N°01	256.242	25.3%	509.34	2.37
Sub - cuenca N°02	72.961	32.2%	128.68	0.82
Sub - cuenca N°03	908.63	15.3%	2324.48	7.62
Sub - cuenca N°04	184.43	28.4%	346.08	1.76
Sub - cuenca N°05	192.098	35.3%	323.55	1.67
Sub - cuenca N°06	175.285	13.3%	481.54	2.27
Sub - cuenca N°07	125.495	15.8%	315.42	1.64
Sub - cuenca N°08	195.394	18.5%	453.79	2.17

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.6.7. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

La escorrentía, es decir, el agua que llega al cauce de evacuación, representa una fracción de la precipitación total. A esta fracción se le denomina coeficiente de escorrentía, que no tiene dimensiones y se representa por la letra C.

$$C = \frac{V \text{ escorrentia superficial total}}{V \text{ precipitación total}}$$

*Cuadro N°: 52 Coeficientes de escorrentía método racional*

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		>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

*Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje.*

Cuadro N°: 53 Coeficientes de escorrentía de las cuencas en estudio

Nº	AREA (A)	LONGITUD (L)	COTA MAYOR (C1)	COTA MENOR (C2)	PENDIENTE $S = \frac{C1 - C2}{1000L}$	ESCORR ENTIA "C"
C1	0.1439 Km <sup>2</sup>	0.482 Km	745.88 m	563.11 m	0.379 m/m	0.50
C2	0.0818 Km <sup>2</sup>	0.228 Km	680.09 m	595.15 m	0.372 m/m	0.50
C3	0.0326 Km <sup>2</sup>	0.150 Km	649.41 m	600.76 m	0.325 m/m	0.50
C4	0.1282 Km <sup>2</sup>	0.586 Km	699.00 m	608.21 m	0.155 m/m	0.55
C5	0.0735 Km <sup>2</sup>	0.178 Km	669.00 m	623.07 m	0.259 m/m	0.50
C6	0.1183 Km <sup>2</sup>	0.436 Km	694.03 m	630.61 m	0.146 m/m	0.55
C7	0.1230 Km <sup>2</sup>	0.295 Km	687.37 m	648.41 m	0.132 m/m	0.50
C8	0.0228 Km <sup>2</sup>	0.080 Km	664.00 m	650.22 m	0.173 m/m	0.55
C9	0.2645 Km <sup>2</sup>	0.570 Km	763.00 m	649.53 m	0.199 m/m	0.55
C10	0.0456 Km <sup>2</sup>	0.186 Km	682.31 m	654.20 m	0.151 m/m	0.55
C11	0.0412 Km <sup>2</sup>	0.122 Km	655.72 m	646.70 m	0.074 m/m	0.50
C12	0.0706 Km <sup>2</sup>	0.222 Km	705.00 m	641.76 m	0.285 m/m	0.55
C13	0.2060 Km <sup>2</sup>	0.689 Km	727.00 m	642.49 m	0.123 m/m	0.55
C14	0.0530 Km <sup>2</sup>	0.214 Km	678.86 m	645.90 m	0.154 m/m	0.50
C15	0.1398 Km <sup>2</sup>	0.419 Km	748.00 m	639.87 m	0.258 m/m	0.55
C16	0.0607 Km <sup>2</sup>	0.321 Km	707.00 m	661.53 m	0.142 m/m	0.45
C17	0.0447 Km <sup>2</sup>	0.196 Km	704.00 m	665.75 m	0.195 m/m	0.45
C18	0.1300 Km <sup>2</sup>	0.487 Km	729.00 m	662.41 m	0.137 m/m	0.55
C19	0.0318 Km <sup>2</sup>	0.145 Km	686.00 m	667.50 m	0.127 m/m	0.45
C20	0.1391 Km <sup>2</sup>	0.417 Km	693.79 m	661.70 m	0.077 m/m	0.55
C21	0.1103 Km <sup>2</sup>	0.279 Km	706.00 m	653.89 m	0.187 m/m	0.55
C22	0.0644 Km <sup>2</sup>	0.202 Km	722.00 m	651.29 m	0.350 m/m	0.55
C23	0.1748 Km <sup>2</sup>	0.547 Km	706.00 m	640.80 m	0.119 m/m	0.55
C24	0.0471 Km <sup>2</sup>	0.304 Km	704.00 m	650.29 m	0.177 m/m	0.50
C25	0.0972 Km <sup>2</sup>	0.456 Km	737.00 m	646.15 m	0.199 m/m	0.55
C26	0.1363 Km <sup>2</sup>	0.558 Km	692.00 m	636.72 m	0.099 m/m	0.50
C27	0.0890 Km <sup>2</sup>	0.384 Km	668.21 m	628.71 m	0.103 m/m	0.55
C28	0.1074 Km <sup>2</sup>	0.455 Km	653.00 m	611.40 m	0.091 m/m	0.55
C29	0.0929 Km <sup>2</sup>	0.194 Km	663.44 m	611.01 m	0.270 m/m	0.50
C30	0.0559 Km <sup>2</sup>	0.205 Km	639.98 m	602.50 m	0.182 m/m	0.50
C31	0.1345 Km <sup>2</sup>	0.565 Km	697.00 m	588.63 m	0.192 m/m	0.55
C32	0.0611 Km <sup>2</sup>	0.315 Km	640.00 m	595.01 m	0.143 m/m	0.45

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.8. PERIODO DE RETORNO DE DIFERENTES ELEMENTOS DE DRENAJE SUPERFICIAL

El Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, en el cuadro de a continuación nos indica periodos de retorno aconsejables según el tipo de obra de drenaje:

Cuadro N°: 54 Periodos de retorno para diseño de obras de drenaje en carreteras de bajo volumen de tránsito

Tipo de Obra	Periodo de Retorno (años)
Puentes y Pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de paso y badenes	50
Alcantarillas de Alivio	10 a 20
Drenaje de la plataforma	10

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras

Para el Proyecto se tomarán los periodos de retorno de la tabla anterior; y en el caso de las alcantarillas de alivio, el periodo de retorno a considerar es de 10 años y alcantarillas de paso 36 años mediante cálculo.

#### 4.6.9. CALCULO DE CAUDAL DE DISEÑO

##### 4.6.9.1. Determinación de la intensidad de diseño

Cuadro N°: 55 Intensidad máx., (mm/hr), duración igual al tc

LO DE LA INTENSIDAD - TRAMO EL EUCALIPTO - SANTA MARÍA - EL I				
PROGRESIVA	ESTRUCTURA	TIEMPO DE RETORNO (T)	SUB - CUENCA	INTENSIDAD (mm/hr) $I = \frac{111.817^{0.238}}{t^{0.553}}$
			Nº	
0+165	ALC. PASE	36 años	C1	64.01 mm/hr
0+550	ALC. PASE	36 años	C2	78.43 mm/hr
0+875	ALC. ALIVIO	36 años	C3	86.00 mm/hr
1+290	ALC. PASE	36 años	C4	53.98 mm/hr
1+510	ALC. PASE	36 años	C5	78.63 mm/hr
1+860	ALC. PASE	36 años	C6	57.89 mm/hr
2+580	ALC. PASE	36 años	C7	60.33 mm/hr
2+795	ALC. ALIVIO	36 años	C8	95.69 mm/hr
3+100	ALC. PASE	36 años	C9	56.95 mm/hr
3+315	ALC. PASE	36 años	C10	73.79 mm/hr
3+660	ALC. PASE	36 años	C11	69.37 mm/hr
3+870	ALC. PASE	36 años	C12	78.96 mm/hr
4+190	ALC. PASE	36 años	C13	49.42 mm/hr
4+490	ALC. PASE	36 años	C14	67.93 mm/hr
4+903	ALC. PASE	36 años	C15	65.02 mm/hr
5+180	ALC. PASE	36 años	C16	57.19 mm/hr
5+520	ALC. PASE	36 años	C17	69.49 mm/hr
5+895	ALC. PASE	36 años	C18	55.49 mm/hr
6+140	ALC. PASE	36 años	C19	69.78 mm/hr
6+668	ALC. PASE	36 años	C20	52.13 mm/hr
7+150	ALC. PASE	36 años	C21	68.57 mm/hr
7+430	ALC. PASE	36 años	C22	84.18 mm/hr
7+740	ALC. PASE	36 años	C23	52.41 mm/hr
8+010	ALC. PASE	36 años	C24	63.20 mm/hr
8+310	ALC. PASE	36 años	C25	60.60 mm/hr
8+570	ALC. PASE	36 años	C26	48.00 mm/hr
9+280	ALC. PASE	36 años	C27	56.23 mm/hr
9+875	ALC. PASE	36 años	C28	52.51 mm/hr
10+105	ALC. PASE	36 años	C29	77.27 mm/hr
10+400	ALC. PASE	36 años	C30	70.80 mm/hr
10+780	ALC. PASE	36 años	C31	56.71 mm/hr
11+040	ALC. PASE	36 años	C32	57.55 mm/hr

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.6.9.2. Cálculo del caudal máximo

Cuadro N°: 56 Caudales de diseño para diferentes periodos de retorno

CALCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO - TRAMO EL EUCALIPTO - SANTA MARÍA - EL LIBANO						
PROG..	ESTRUCTURA	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA (C)	INTENSIDAD MAXIMA (I)	N° DE LA SUB-CUENCA	AREA DE LA SUB-CUENCA (A)	CAUDAL DE DISEÑO $Q=C.I.A/3.6$
0+165	ALC. PASE	0.50	64.01 mm/hr	C1	0.1439 Km <sup>2</sup>	1.280 m <sup>3</sup> /s
0+550	ALC. PASE	0.50	78.43 mm/hr	C2	0.0818 Km <sup>2</sup>	0.891 m <sup>3</sup> /s
0+875	ALC. ALIVIO	0.50	86.00 mm/hr	C3	0.0326 Km <sup>2</sup>	0.389 m <sup>3</sup> /s
1+290	ALC. PASE	0.55	53.98 mm/hr	C4	0.1282 Km <sup>2</sup>	1.057 m <sup>3</sup> /s
1+510	ALC. PASE	0.50	78.63 mm/hr	C5	0.0735 Km <sup>2</sup>	0.803 m <sup>3</sup> /s
1+860	ALC. PASE	0.55	57.89 mm/hr	C6	0.1183 Km <sup>2</sup>	1.047 m <sup>3</sup> /s
2+580	ALC. PASE	0.50	60.33 mm/hr	C7	0.1230 Km <sup>2</sup>	1.031 m <sup>3</sup> /s
2+795	ALC. ALIVIO	0.55	95.69 mm/hr	C8	0.0228 Km <sup>2</sup>	0.334 m <sup>3</sup> /s
3+100	ALC. PASE	0.55	56.95 mm/hr	C9	0.2645 Km <sup>2</sup>	2.301 m <sup>3</sup> /s
3+315	ALC. PASE	0.55	73.79 mm/hr	C10	0.0456 Km <sup>2</sup>	0.514 m <sup>3</sup> /s
3+660	ALC. PASE	0.50	69.37 mm/hr	C11	0.0412 Km <sup>2</sup>	0.397 m <sup>3</sup> /s
3+870	ALC. PASE	0.55	78.96 mm/hr	C12	0.0706 Km <sup>2</sup>	0.851 m <sup>3</sup> /s
4+190	ALC. PASE	0.55	49.42 mm/hr	C13	0.2060 Km <sup>2</sup>	1.555 m <sup>3</sup> /s
4+490	ALC. PASE	0.50	67.93 mm/hr	C14	0.0530 Km <sup>2</sup>	0.500 m <sup>3</sup> /s
4+903	ALC. PASE	0.55	65.02 mm/hr	C15	0.1398 Km <sup>2</sup>	1.389 m <sup>3</sup> /s
5+180	ALC. PASE	0.45	57.19 mm/hr	C16	0.0607 Km <sup>2</sup>	0.434 m <sup>3</sup> /s
5+520	ALC. PASE	0.45	69.49 mm/hr	C17	0.0447 Km <sup>2</sup>	0.388 m <sup>3</sup> /s
5+895	ALC. PASE	0.55	55.49 mm/hr	C18	0.1300 Km <sup>2</sup>	1.102 m <sup>3</sup> /s
6+140	ALC. PASE	0.45	69.78 mm/hr	C19	0.0318 Km <sup>2</sup>	0.278 m <sup>3</sup> /s
6+668	ALC. PASE	0.55	52.13 mm/hr	C20	0.1391 Km <sup>2</sup>	1.108 m <sup>3</sup> /s
7+150	ALC. PASE	0.55	68.57 mm/hr	C21	0.1103 Km <sup>2</sup>	1.156 m <sup>3</sup> /s
7+430	ALC. PASE	0.55	84.18 mm/hr	C22	0.0644 Km <sup>2</sup>	0.828 m <sup>3</sup> /s
7+740	ALC. PASE	0.55	52.41 mm/hr	C23	0.1748 Km <sup>2</sup>	1.400 m <sup>3</sup> /s
8+010	ALC. PASE	0.50	63.20 mm/hr	C24	0.0471 Km <sup>2</sup>	0.413 m <sup>3</sup> /s
8+310	ALC. PASE	0.55	60.60 mm/hr	C25	0.0972 Km <sup>2</sup>	0.900 m <sup>3</sup> /s
8+570	ALC. PASE	0.50	48.00 mm/hr	C26	0.1363 Km <sup>2</sup>	0.909 m <sup>3</sup> /s
9+280	ALC. PASE	0.55	56.23 mm/hr	C27	0.0890 Km <sup>2</sup>	0.765 m <sup>3</sup> /s
9+875	ALC. PASE	0.55	52.51 mm/hr	C28	0.1074 Km <sup>2</sup>	0.861 m <sup>3</sup> /s
10+105	ALC. PASE	0.50	77.27 mm/hr	C29	0.0929 Km <sup>2</sup>	0.997 m <sup>3</sup> /s
10+400	ALC. PASE	0.50	70.80 mm/hr	C30	0.0559 Km <sup>2</sup>	0.550 m <sup>3</sup> /s
10+780	ALC. PASE	0.55	56.71 mm/hr	C31	0.1345 Km <sup>2</sup>	1.165 m <sup>3</sup> /s
11+040	ALC. PASE	0.45	57.55 mm/hr	C32	0.0611 Km <sup>2</sup>	0.439 m <sup>3</sup> /s

Fuente: Elaboración propia

### 4.7. DISEÑO GEOMÉTRICO

#### 4.7.1. DISEÑO GEOMETRICO HORIZONTAL

Cuadro N°: 57 verificación de tangentes tramo largo

Evaluar Radio			
25			
Longitudes de tramos en tangente			
V (km/h)	L mín. s (m)	L mín. o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
Radios mínimos		Peraltes	
Ubicación de la vía		Ubicación de la vía	
Área rural (accidentada o escarpada)		Zona rural (Tipo 3 ó 4)	
Radios mín. 25			
Longitud De Espiral			
Amin	Lmin	19.22	
CONDICIONES			
Le ≥ 30m	30.00	ok	
Lmax	24.49	no	
R/3 ≤ A ≤ R			
Le ≥ Ltp	58.00	no	
Sobre Ancho			
Camion de dos ejes (C2)			
N° carril	L	Sa	Lt Sa
2	7.3	2.8	58
Curva de Espiral que puede prescindir			
55			J (m/s <sup>2</sup> )
Lmin de Peralte			
Pi	-3.5%		
B	3.00		
ip max	1.5%		
Pf	12.0%		
Ltp	58		

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7.1.1. Curvas horizontales

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales [2].

#### 4.7.1.2. Verificación de radios mínimos

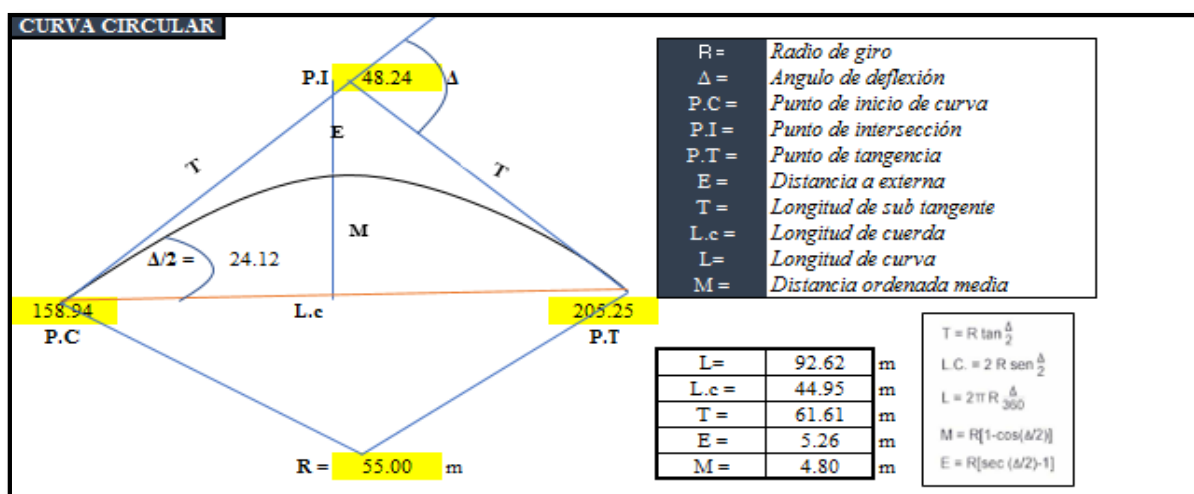
Cuadro N°: 58 Radio mínimo de curvatura

Radio mínimo			
$R_{min} = \frac{V^2}{127*(Pmax+Fmax)}$			
Vel-diseño	30	km/h	
Peralte max	0.12	%	
fricción max	0.17		
Rmin =	24.44 m		

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7.1.3. Elementos de la curva circular

Imagen N°: 46 Elementos de curva circular



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°: 59 Parámetros de curvas horizontales – circulares

TABLA DE PARAMETROS DE CURVAS HORIZONTALES - CIRCULARES												
CURVA	SENTIDO	P.C	P.I	P.T	R	$\Delta$	$\Delta/2$	L (m)	Lc (m)	T (m)	E (m)	M (m)
PI-1	D	289.69	312.08	333.97	120.00	21.14	10.57	44.28	44.03	22.39	2.07	2.04
PI-2	I	544.97	570.89	595.70	100.00	29.06	14.53	50.73	50.18	25.92	3.30	3.20
PI-3	D	750.71	776.77	799.87	60.00	46.94	23.47	49.16	47.79	26.05	5.41	4.96
PI-4	D	1092.40	1140.69	1182.37	100.00	51.55	25.78	89.97	86.97	48.29	11.05	9.95
PI-5	I	1503.41	1604.05	1680.69	150.00	67.72	33.86	177.29	167.15	100.64	30.63	25.44
PI-6	D	1747.18	1851.18	1893.59	80.00	104.86	52.43	146.41	126.82	103.99	51.20	31.22
PI-7	I	2060.48	2189.13	2222.79	80.00	116.25	58.12	162.31	135.87	128.65	71.49	37.75
PI-8	D	2319.23	2550.00	2477.20	60.00	150.85	75.43	157.97	116.14	230.76	178.44	44.90
PI-9	I	2570.37	2597.43	2623.61	120.00	25.42	12.71	53.24	52.80	27.06	3.01	2.94
PI-10	I	2744.94	2841.79	2866.88	60.00	116.44	58.22	121.94	102.01	96.85	53.93	28.40
PI-11	D	3057.44	3088.03	3116.82	100.00	34.02	17.01	59.38	58.51	30.59	4.58	4.38
PI-12	I	3238.71	3275.26	3304.36	60.00	62.69	31.34	65.65	62.42	36.54	10.25	8.76
PI-13	D	3451.02	3573.44	3584.83	60.00	127.78	63.89	133.81	107.75	122.42	76.33	33.59
PI-14	I	3784.71	3826.46	3857.67	60.00	69.67	34.84	72.96	68.55	41.76	13.10	10.75
PI-15	I	4126.31	4174.86	4213.59	80.00	62.51	31.25	87.28	83.02	48.55	13.58	11.61
PI-16	D	4472.21	4629.71	4661.51	90.00	120.51	60.26	189.30	156.28	157.50	91.40	45.35
PI-17	I	4841.28	4985.35	4975.69	56.00	137.52	68.76	134.41	104.39	144.08	98.58	35.71
PI-18	D	5172.40	5269.35	5289.66	56.00	119.98	59.99	117.27	96.99	96.96	55.97	27.99
PI-19	I	5344.29	5369.19	5391.50	60.00	45.08	22.54	47.21	46.00	24.90	4.96	4.58
PI-20	D	5450.63	5498.58	5529.94	56.00	81.14	40.57	79.30	72.84	47.95	17.72	13.46

PI-21	I	5584.29	5606.11	5625.90	56.00	42.57	21.29	41.61	40.66	21.82	4.10	3.82
PI-22	I	5817.17	5915.11	5934.93	56.00	120.48	60.24	117.76	97.23	97.94	56.82	28.20
PI-23	D	6131.51	6175.98	6212.68	80.00	58.14	29.07	81.17	77.74	44.47	11.53	10.08
PI-24	D	6521.40	6555.88	6587.81	100.00	38.05	19.02	66.41	65.19	34.48	5.78	5.46
PI-25	D	7023.95	7051.67	7078.85	160.00	19.66	9.83	54.89	54.63	27.72	2.38	2.35
PI-26	I	7273.64	7290.73	7307.69	160.00	12.19	6.10	34.04	33.98	17.09	0.91	0.90
PI-27	I	7725.92	7777.71	7809.51	56.00	85.52	42.76	83.59	76.04	51.79	20.27	14.89
PI-28	I	7990.98	8015.82	8037.74	56.00	47.84	23.92	46.76	45.41	24.84	5.26	4.81
PI-29	D	8388.71	8416.20	8442.37	100.00	30.74	15.37	53.66	53.02	27.49	3.71	3.58
PI-30	D	8625.01	8669.74	8700.49	56.00	77.23	38.61	75.48	69.90	44.73	15.67	12.24
PI-31	I	8779.96	8821.94	8853.22	60.00	69.96	34.98	73.26	68.79	41.98	13.23	10.84
PI-32	D	9030.83	9097.53	9131.42	60.00	96.05	48.03	100.58	89.21	66.70	29.71	19.87
PI-33	I	9271.88	9325.16	9372.16	120	47.88	23.94	100.27	97.38	53.27	11.29	10.32
PI-34	D	9729.44	9764.52	9792.12	56	64.13	32.07	62.68	59.46	35.08	10.08	8.54
PI-35	I	9862.07	10013.4	10069.37	110	107.98	53.99	207.30	177.96	151.33	77.09	45.32
PI-36	D	10320.72	10348.01	10371.94	60	48.91	24.46	51.22	49.68	27.29	5.91	5.38
PI-37	D	10583.04	10610.71	10637.84	160	19.63	9.81	54.80	54.54	27.67	2.38	2.34

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.7.1.4. Sobreancho

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

Nuestro vehículo de diseño es el C2 con este vehículo vamos a calcular el sobre ancho en cada curva, las características de este vehículo es lo siguiente:

Nº carril L	
2	7.3

Cuadro N°: 60 sobreanchos en cada curva

N°PI	RADIO	SOBREANCHO
PI-1	120	0.72
PI-2	100	0.83
PI-3	60	1.28
PI-4	100	0.83
PI-5	150	0.60
PI-6	80	1.00
PI-7	80	1.00
PI-8	60	1.28
PI-9	120	0.72
PI-10	60	1.28
PI-11	100	0.83
PI-12	60	1.28
PI-13	60	1.28
PI-14	60	1.28
PI-15	80	1.00
PI-16	90	0.91
PI-17	56	1.36
PI-18	56	1.36
PI-19	60	1.28
PI-20	56	1.36
PI-21	56	1.36
PI-22	56	1.36
PI-23	80	1.00
PI-24	100	0.83
PI-25	160	0.57
PI-26	160	0.57
PI-27	56	1.36
PI-28	56	1.36
PI-29	100	0.83
PI-30	56	1.36
PI-31	60	1.28
PI-32	60	1.28
PI-33	120	0.72
PI-34	56	1.36
PI-35	110	0.77
PI-36	60	1.28
PI-37	160	0.57

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7.1.5. Peralte en curva

*Cuadro N°: 61 peraltes en curvas*

N°PI	RADIO	PERALTE
PI-1	120	5.00%
PI-2	100	5.80%
PI-3	60	8.20%
PI-4	100	5.80%
PI-5	150	4.10%
PI-6	80	6.80%
PI-7	80	6.80%
PI-8	60	8.20%
PI-9	120	5.00%
PI-10	60	8.20%
PI-11	100	5.80%
PI-12	60	8.20%
PI-13	60	8.20%
PI-14	60	8.20%
PI-15	80	6.80%
PI-16	90	6.30%
PI-17	56	8.50%
PI-18	56	8.50%
PI-19	60	8.20%
PI-20	56	8.50%
PI-21	56	8.50%
PI-22	56	8.50%
PI-23	80	6.80%
PI-24	100	5.80%
PI-25	160	3.90%
PI-26	160	3.90%
PI-27	56	8.50%
PI-28	56	8.50%
PI-29	100	5.80%
PI-30	56	8.50%
PI-31	60	8.20%
PI-32	60	8.20%
PI-33	120	5.00%
PI-34	56	8.50%
PI-35	110	5.40%
PI-36	60	8.20%
PI-37	160	3.90%

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.7.1.6. Longitud de transición de peralte:

Cuadro N°: 62 Cuadro de longitud de transición de peralte

velocidad de diseño (km/hr)	valor del peralte						longitud mínima de transición de bombeo (m)
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud mínima de transición de peralte (m)						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	58	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	33	44	55	66	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	65	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14
90	15	31	46	61	77	92	15

Fuente: Manual de carreteras: diseño geométrico DG-2018

Cuadro N°: 63 Longitud de transición de peralte

N°PI	RADIO	LTP
PI-1	120	24
PI-2	100	28
PI-3	60	39
PI-4	100	28
PI-5	150	20
PI-6	80	33
PI-7	80	33
PI-8	60	39
PI-9	120	24
PI-10	60	39
PI-11	100	28
PI-12	60	39
PI-13	60	39
PI-14	60	39
PI-15	80	33
PI-16	90	31
PI-17	56	41
PI-18	56	41
PI-19	60	39
PI-20	56	41
PI-21	56	41
PI-22	56	41
PI-23	80	33
PI-24	100	28
PI-25	160	19
PI-26	160	19
PI-27	56	41
PI-28	56	41
PI-29	100	28
PI-30	56	41
PI-31	60	39
PI-32	60	39
PI-33	120	24
PI-34	56	41
PI-35	110	26
PI-36	60	39
PI-37	160	19

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7.1.7. Curvas de transición

Cuadro N°: 64 Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras

Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de  
tercera clase (extraída de la DG-2018)

V (Km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90
R(m)	24	55	95	150	210	290	380	480

Fuente: Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018

Cuadro N°: 65 Verificación curva o curva espiral

N°PI	RADIO	TIPO
PI-1	120	CURVA
PI-2	100	CURVA
PI-3	60	CURVA
PI-4	100	CURVA
PI-5	150	CURVA
PI-6	80	CURVA
PI-7	80	CURVA
PI-8	60	CURVA
PI-9	120	CURVA
PI-10	60	CURVA
PI-11	100	CURVA
PI-12	60	CURVA
PI-13	60	CURVA
PI-14	60	CURVA
PI-15	80	CURVA
PI-16	90	CURVA
PI-17	56	CURVA
PI-18	56	CURVA
PI-19	60	CURVA
PI-20	56	CURVA
PI-21	56	CURVA
PI-22	56	CURVA
PI-23	80	CURVA
PI-24	100	CURVA
PI-25	160	CURVA
PI-26	160	CURVA
PI-27	56	CURVA
PI-28	56	CURVA
PI-29	100	CURVA
PI-30	56	CURVA
PI-31	60	CURVA
PI-32	60	CURVA
PI-33	120	CURVA
PI-34	56	CURVA
PI-35	110	CURVA
PI-36	60	CURVA
PI-37	160	CURVA

*Fuente: Elaboración Propia*

Cuadro N°: 66 Longitud de espirales y longitudes de transición de peralte en cada curva

N°PI	RADIO	TIPO	ESPIRALES					SOBREANCHO	PERALTE	LTP
			Lmin	Lmax	Le $\geq$ 30m	Le $\geq$ Ltp	Lspiral			
PI-1	120	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	0.72	5.00%	24
PI-2	100	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	0.83	5.80%	28
PI-3	60	CURVA	NO	NO	NO	NO	58	1.28	8.20%	39
PI-4	100	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	0.83	5.80%	28
PI-5	150	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	0.60	4.10%	20
PI-6	80	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.00	6.80%	33
PI-7	80	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.00	6.80%	33
PI-8	60	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.28	8.20%	39
PI-9	120	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	0.72	5.00%	24
PI-10	60	CURVA	NO	NO	NO	NO	58	1.28	8.20%	39
PI-11	100	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	0.83	5.80%	28
PI-12	60	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.28	8.20%	39

PI-13	60	CURVA	NO	NO	NO	NO	58	1.28	8.20%	39
PI-14	60	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.28	8.20%	39
PI-15	80	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.00	6.80%	33
PI-16	90	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	0.91	6.30%	31
PI-17	56	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.36	8.50%	41
PI-18	56	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.36	8.50%	41
PI-19	60	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.28	8.20%	39
PI-20	56	CURVA	NO	NO	NO	NO	58	1.36	8.50%	41
PI-21	56	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.36	8.50%	41
PI-22	56	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.36	8.50%	41
PI-23	80	CURVA	NO	NO	NO	NO	58	1.00	6.80%	33
PI-24	100	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	0.83	5.80%	28
PI-25	160	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	0.57	3.90%	19
PI-26	160	CURVA	NO	NO	NO	NO	58	0.57	3.90%	19
PI-27	56	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.36	8.50%	41

PI-28	56	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.36	8.50%	41
PI-29	100	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	0.83	5.80%	28
PI-30	56	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.36	8.50%	41
PI-31	60	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.28	8.20%	39
PI-32	60	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.28	8.20%	39
PI-33	120	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	0.72	5.00%	24
PI-34	56	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.36	8.50%	41
PI-35	110	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	0.77	5.40%	26
PI-36	60	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	1.28	8.20%	39
PI-37	160	CURVA	NO	NO	NO	NO	No	0.57	3.90%	19

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.7.2. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL

Cuadro N°: 67 Datos de curvas verticales

CURVA	PENDIENTE		A	K	TIPO DE CURVA
01	-6.770%	8.973%	15.74%	5.08	CÓNCAVA
02	8.973%	8.214%	0.76%	52.69	CONVEXA
03	8.214%	6.641%	1.57%	44.50	CONVEXA
04	6.641%	0.598%	6.04%	43.02	CONVEXA
05	0.598%	8.034%	7.44%	5.38	CÓNCAVA
06	8.034%	1.760%	6.27%	43.04	CONVEXA
07	1.760%	6.866%	5.11%	5.88	CÓNCAVA
08	6.866%	-0.869%	7.73%	42.67	CONVEXA
09	-0.869%	0.654%	1.52%	19.69	CÓNCAVA
10	0.654%	-2.010%	2.66%	45.03	CONVEXA
11	-2.010%	3.207%	5.22%	5.75	CÓNCAVA
12	3.207%	-2.729%	5.94%	43.80	CONVEXA
13	-2.729%	1.765%	4.49%	6.67	CÓNCAVA
14	1.765%	-1.972%	3.74%	42.80	CONVEXA
15	-1.972%	0.506%	2.48%	12.11	CÓNCAVA
16	0.506%	-1.983%	2.49%	44.21	CONVEXA
17	-1.983%	7.848%	9.83%	5.09	CÓNCAVA
18	7.848%	-0.674%	8.52%	43.41	CONVEXA
19	-0.674%	0.588%	1.26%	23.78	CÓNCAVA
20	0.588%	-1.907%	2.49%	44.10	CONVEXA
21	-1.907%	0.747%	2.65%	11.30	CÓNCAVA
22	0.747%	-2.948%	3.70%	43.29	CONVEXA
23	-2.948%	0.760%	3.71%	8.09	CÓNCAVA
24	0.760%	-2.125%	2.89%	42.62	CONVEXA
25	-2.125%	-1.983%	0.14%	210.15	CÓNCAVA
26	-1.983%	-2.573%	0.59%	50.84	CONVEXA
27	-2.573%	-3.309%	0.74%	54.35	CONVEXA
28	-3.309%	0.000%	3.31%	9.07	CÓNCAVA

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°: 68 Cuadro de longitud mínima de curva según visibilidad de parada

Lmin de curva vertical según visibilidad de Parada Dp								
Dp E	Convexa		Concava		Lmin	Lmin R	Lmin VD	Lmin Absoluto
	Dp>L	Dp<L	Dp>L	Dp<L				
35	.....	.....	54.59	79.51	79.51	80.00	30.00	80.00
35	-461.58	2.30	.....	.....	2.30	3.00	30.00	30.00
35	-187.32	4.76	.....	.....	4.76	5.00	30.00	30.00
35	3.11	18.31	.....	.....	18.31	19.00	30.00	30.00
35	.....	.....	37.36	37.53	37.53	38.00	30.00	38.00
35	5.57	19.01	.....	.....	19.01	20.00	30.00	30.00
35	.....	.....	22.54	25.81	25.81	26.00	30.00	30.00
35	17.80	23.47	.....	.....	23.47	24.00	30.00	30.00
35	.....	.....	-89.54	7.68	7.68	8.00	30.00	30.00
35	-81.88	8.07	.....	.....	8.07	9.00	30.00	30.00
35	.....	.....	23.54	26.37	26.37	27.00	30.00	30.00
35	1.99	18.01	.....	.....	18.01	19.00	30.00	30.00
35	.....	.....	16.11	22.73	22.73	23.00	30.00	30.00
35	-38.02	11.34	.....	.....	11.34	12.00	30.00	30.00
35	.....	.....	-27.78	12.53	12.53	13.00	30.00	30.00
35	-92.25	7.55	.....	.....	7.55	8.00	30.00	30.00
35	.....	.....	45.33	49.66	49.66	50.00	30.00	50.00
35	22.58	25.83	.....	.....	25.83	26.00	30.00	30.00
35	.....	.....	-122.46	6.36	6.36	7.00	30.00	30.00
35	-91.60	7.58	.....	.....	7.58	8.00	30.00	30.00
35	.....	.....	-21.17	13.44	13.44	14.00	30.00	30.00
35	-39.19	11.22	.....	.....	11.22	12.00	30.00	30.00
35	.....	.....	4.64	18.74	18.74	19.00	30.00	30.00
35	-69.79	8.76	.....	.....	8.76	9.00	30.00	30.00
35	.....	.....	-1546.67	0.76	0.76	1.00	30.00	30.00
35	-614.75	1.79	.....	.....	1.79	2.00	30.00	30.00
35	-475.95	2.24	.....	.....	2.24	3.00	30.00	30.00
35	.....	.....	9.07	20.11	20.11	21.00	30.00	30.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°: 69 Cuadro de longitud mínima según visibilidad de paso

Lmin de curva vertical según visibilidad de Paso Da						
Da E	Convexa		Lmin	Lmin R	Lmin VD	Lmin Absoluto
	Da>L	Da<L				
200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
200	-844.74	32.14	32.14	33.00	30.00	33.00
200	-202.55	66.38	66.38	67.00	30.00	67.00
200	243.38	255.39	255.39	256.00	30.00	256.00
200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
200	249.12	265.12	265.12	266.00	30.00	266.00
200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
200	277.78	327.27	327.27	328.00	30.00	328.00
200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
200	44.36	112.47	112.47	113.00	30.00	113.00
200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
200	240.74	251.16	251.16	252.00	30.00	252.00
200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
200	147.06	158.14	158.14	159.00	30.00	159.00
200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
200	20.08	105.29	105.29	106.00	30.00	106.00
200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
200	288.97	360.25	360.25	361.00	30.00	361.00
200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
200	21.60	105.71	105.71	106.00	30.00	106.00
200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
200	144.32	156.45	156.45	157.00	30.00	157.00
200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
200	72.66	122.20	122.20	123.00	30.00	123.00
200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00
200	-1203.39	24.95	24.95	25.00	30.00	30.00
200	-878.38	31.29	31.29	32.00	30.00	32.00
200	.....	.....	0.00	0.00	30.00	30.00

Fuente: Elaboración propia

### 4.7.3. DISEÑO DE SECCION TRANSVERSAL

#### 4.7.3.1. Calzada

Tabla N°: 35 Valores del bombeo de la calzada

Valores del bombeo de la calzada		
Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación	Precipitación
	>500 mm/año	<500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

Fuente: manual de carreteras: diseño geométrico DG-2018

#### 4.7.3.2. Bermas

Tabla N°: 36 Pendiente transversal mínimas de las bermas

Superficie de rodadura	Pendiente transversal mínimas de las bermas	
	Pendiente normal	Pendiente especial
Pav. o tratamiento	4%	0% (2)
grava o afirmado	4-6%	
césped	8%	

Fuente: manual de carreteras: diseño geométrico DG-2018

#### 4.7.3.3. Ancho de la plataforma

Cuadro N°: 70 El ancho de la plataforma a nivel de rasante

CALZADA		BERMA		ANCHO DE LA PLATAFORMA
ANCHO	6	ANCHO	0.5	7.00m 7.00m 7.00m
BOMBEO	3%	INCLINACION DE LAS BERMAS	6%	

Fuente: Elaboración propia

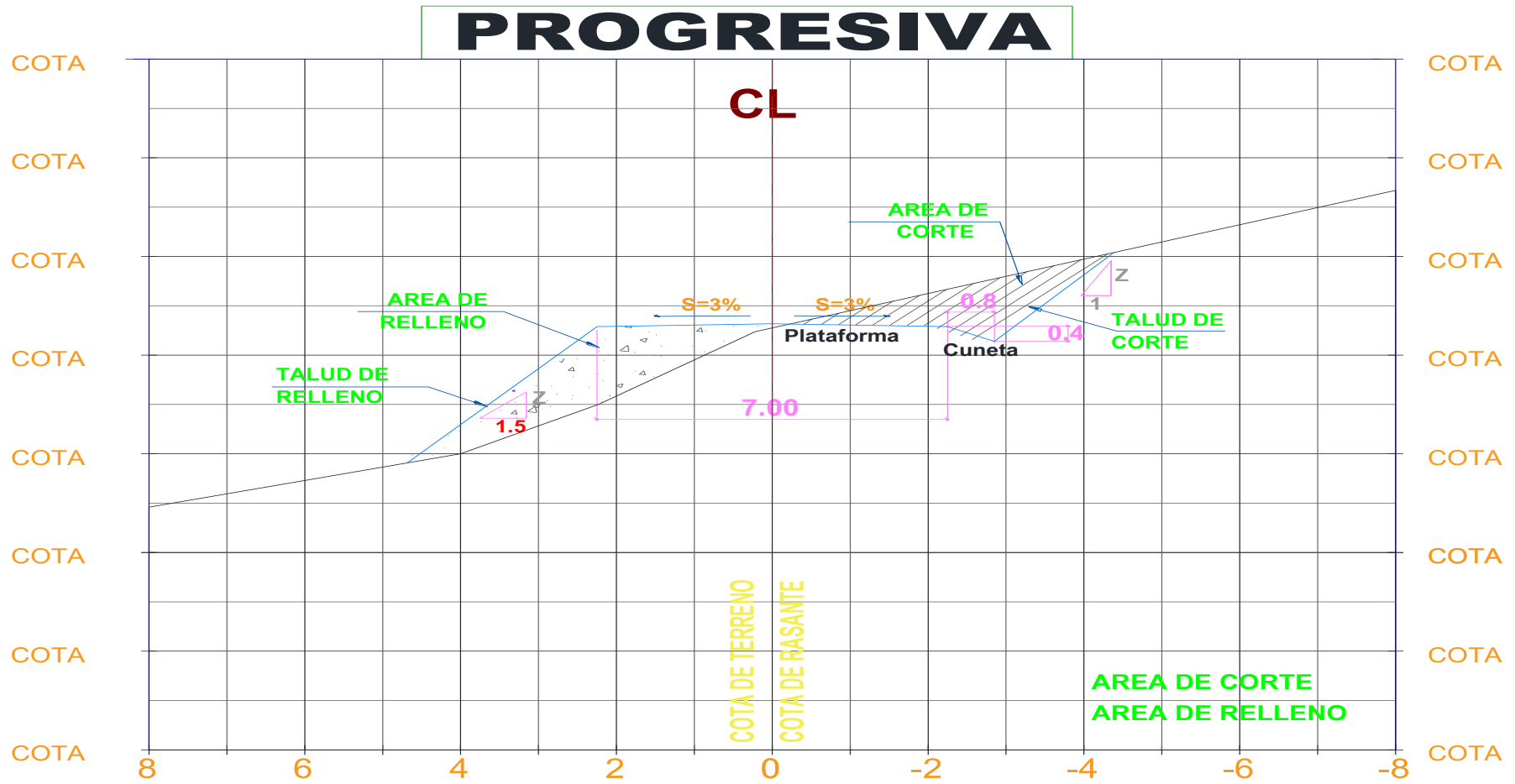
**4.7.3.4.Plazoleta**

No se dispondrá de plazoletas ya que es una carretera de doble carril, por consiguiente, no habrá dificultad para que dos vehículos opuestos se crucen.

**4.7.3.5.Taludes**

Talud de corte: 1/1

Talud de relleno: 1.5/1



Fuente: Elaboración propia

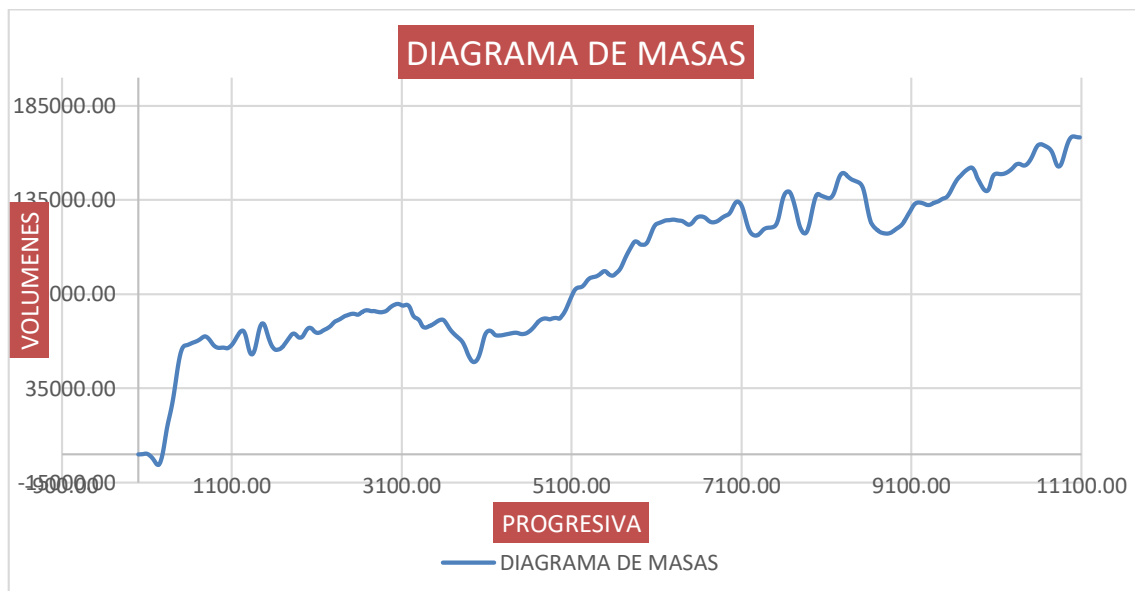
Cuadro N°: 71 Cuadro resumen de volúmenes

DESCRIPCION		VOLUMEN ( M3 )	
VOLUMEN DE CORTE	MATERIAL SUELTO	VCms	275,823.36
	ROCA SUELTA	VCrs	99,821.08
	ROCA FIJA	VCrf	0.00
	TOTAL		<b>375,644.43</b>
VOLUMEN DE RELLENO	MATERIAL DE RELLENO	VR	207,294.49
	TOTAL		<b>207,294.49</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7.3.6. Diagrama de masas

Imagen N°: 47 Grafico de Diagrama de masas.



Fuente: Elaboración propia

## 4.8. DISEÑO DE PAVIMENTO

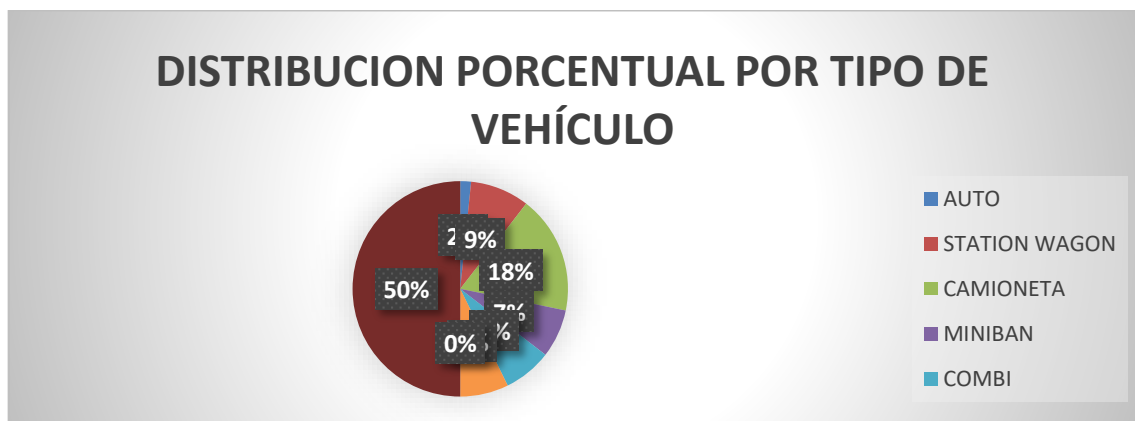
Con respecto a la vida útil, se considerará el primer año, como ya se explicó se ha proyectado el tráfico a 20 años para una determinada tasa de crecimiento obtenida del estudio de tráfico.

Imagen N°: 48 Tráfico vehicular (veh/día), proyección 20 años

TRAFICO VEHICULAR (VEH/DIA), PROYECCION 20 AÑOS		
TIPO DE VEHICULO	IMD	DISTRIBUCION
AUTO	2	3.2%
STATION WAGON	11	17.7%
CAMIONETA	22	35.5%
MINIBAN	9	14.5%
COMBI	9	14.5%
Camión 2E	9	14.5%
Camión 3E	0	0.0%
TOTAL	62	100%

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°: 49 Distribución porcentual por tipo de vehículo



Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.1. CÁLCULO DEL ESAL DE DISEÑO

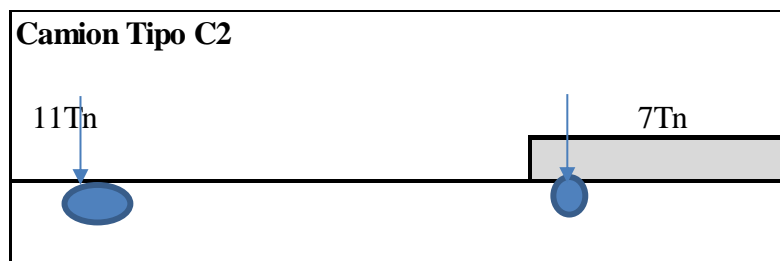
Con los datos siguientes calcularemos el ESAL de diseño.

*Cuadro N°: 72 Datos para el cálculo de ESAL*

DATOS	
IMD	62.00veh/día
AUTO	2
STATION WAGON	11
CAMIONETA	22
MINIBAN	9
COMBI	9
VEHICULOS LIGEROS	53
Camión 2E	9
Camión 3E	0
Tiempo de DISEÑO	20.00años
T. DE CRECIMIENTO	0.020
F. CRECIMIENTO	24.30

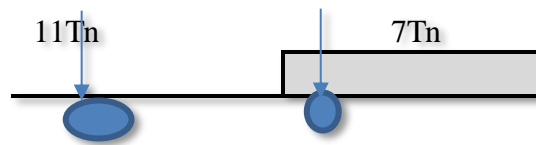
*Fuente: Elaboración propia*

Determinación del factor crecimiento.



## DETERMINACION DEL FACTOR CAMION

### Camion Tipo C2



Interpolamos para las cargas 7 y 11

62.30	0.36
68.67	x
71.20	0.62

x=

Camion tipo C2

FC=

Interpolamos para las cargas 7 y 11

106.80	3.03
107.87	x
115.60	4.09

x=

Camion tipo C2

FC=

$$ESAL = (\#Vehículos) \times (F. E.E.) \times (F. D.) \times (F. C.) \times 365 \times (Fca)$$

# Vehículos = el número de vehículos del conteo vehicular

F.E. E=factor del eje equivalente

F. D=factor de dirección

F.C= factor de carril

Fca= factor de crecimiento anual

Cuadro N°: 73 ESAL de diseño para cada tipo de vehículo pesado

TIPO DE VEHÍCULO	N° veh/día (2 sent.) 1	N° veh/año (1 sent.) 3=2*(365)	F.C. 4	F.CRECIMIENTO ANUAL 5	ESAL diseño 6=3x4*5
Ligeros	53	9672.5	0.0001	24.30	23.50163094
C2	9	1642.5	3.707	24.30	147945.476
Total	62	16790			147968.9776

Fuente: elaboración propia

#### 4.8.2. ESPESOR DEL PAVIMENTO

Cuadro N°: 74 Datos de CBR

PROGR	CALIC	M	PROF	CLAS. DE SUELOS		PROCTOR	CBR	
				SUCS	AASHTO	DENSIDAD SECA (GR/CM3)	OCH(%)	95%MDS
0+000	C-1	M-1	1.5	CL	A-4	1.853	9.8	24.4
3+000	C-3	M-1, M-2	1.5	CL	A-6	1.639	17.8	8.1
6+000	C-6	M-1	1.5	ML	A-7-6	1.546	19	10.1
9+000	C-9	M-1	1.5	CL-ML	A-4	1.671	15.4	9.8
11+000	C-12	M-1	1.5	CL	A-7-6	1.685	16	8.7

Fuente: Elaboración propia

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

CBR= 8.22  
 Nrep= 147968.98  
 e= 230.30187  
 e= 3.00cm      espesor de diseño

Fuente: Elaboración propia

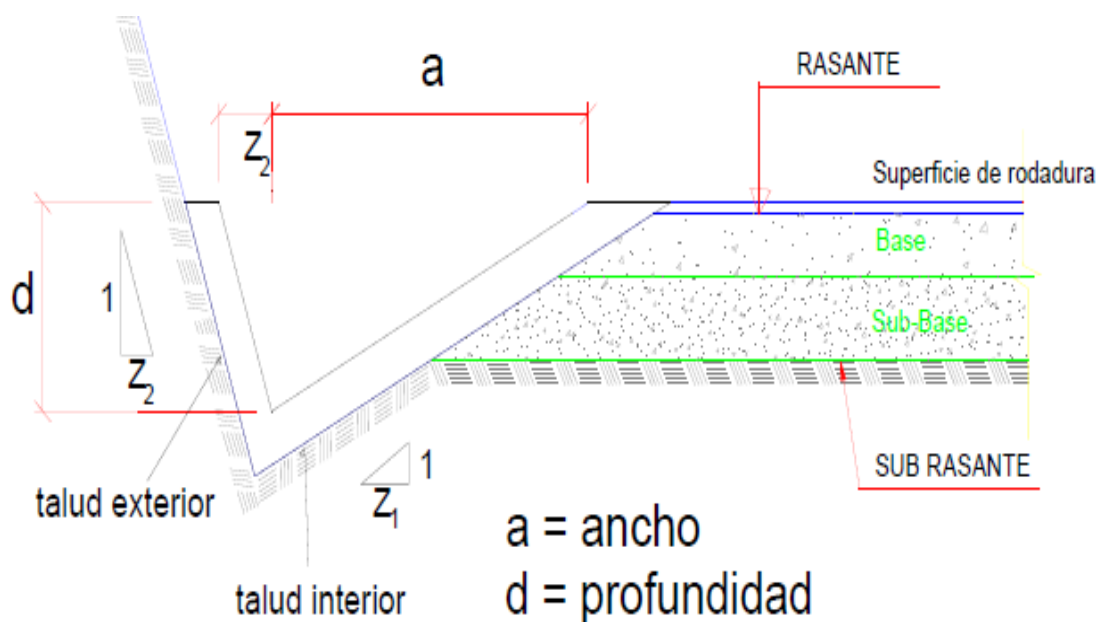
## 4.9. OBRAS DE DRENAJE Y DISEÑO HIDRÁULICO

### 4.9.1. DRENAJE SUPERFICIAL DE LA CARRETERA

#### 4.9.1.1. CUNETAS

**Localización:** Se colocarán cunetas al pie de los taludes de corte, paralelos y adyacentes a la calzada.

Imagen N°: 50 Sección típica de cuneta triangular



Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje

**Descarga de las cunetas:** En alcantarillas de alivio, ubicadas cada 250 m.

**Revestimiento:** De concreto  $f^c=175\text{kg/cm}^2$ , con espesor de 7.5 cm, Vaciadas in situ, para evitar la erosión y filtración del agua al pavimento

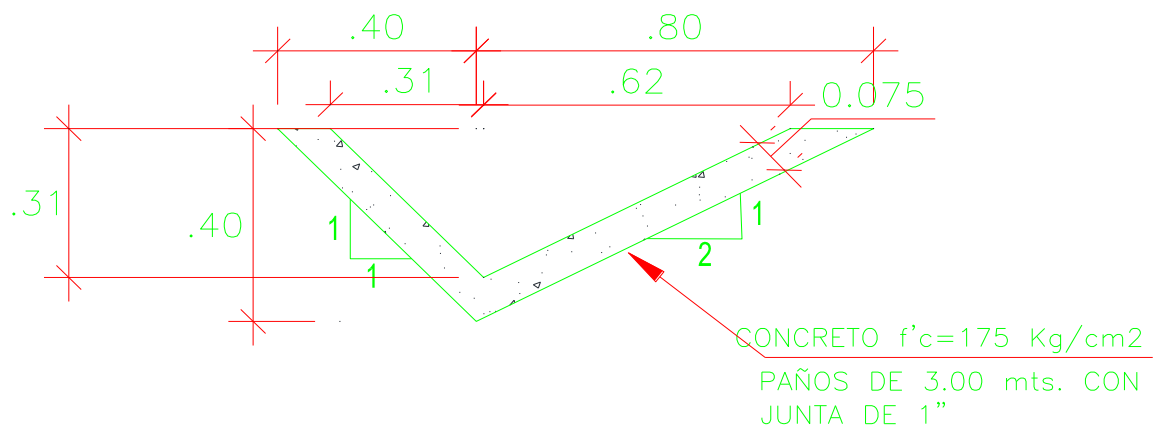
#### 4.9.1.1.1. Caudal de diseño

El caudal de diseño se calculará por el método racional  $Q=CIA/3.6$ , con un coeficiente de escorrentía (0.55) que depende del tipo de vegetación, tipo de suelos, el área se calcula de las alturas de los taludes de corte por su respectiva longitud y con una intensidad de 40.78 (mm/hr) que sea a calculado anteriormente e las intensidades de diseño, curvas I-D-F, para obras de plataforma con un tiempo de retorno de 10n años. Este caudal desembocara en las alcantarillas de alivio.

Tabla N°: 37 Periodo de retorno según obra

Tipo de Obra	Periodo de Retorno (años)
Puentes y Pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de paso y badenes	50
Alcantarillas de Alivio	10 a 20
Drenaje de la plataforma	10

Imagen N°: 51 detalle de cuneta diseñada



## DETALLE DE CUNETA REVESTIDA

ESC 1/25

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°: 75 Dimensiones de cuneta

CUNETA TIPO 1		
Z1=	2	M
Z2=	1	M
H=	0.31	m
b=	0.31	m
B=	0.62	m

Fuente: Elaboración propia

## 4.10. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

### 4.10.1. Descripción y análisis del proyecto

#### 4.10.1.1. Ubicación y ámbito de estudio

El proyecto se ubica en el departamento de Amazonas, Distrito de Cajaruro y Provincia de Utcubamba, departamento Amazonas, la altitud del mismo es de 2535 m.s.n.m.

Limita:

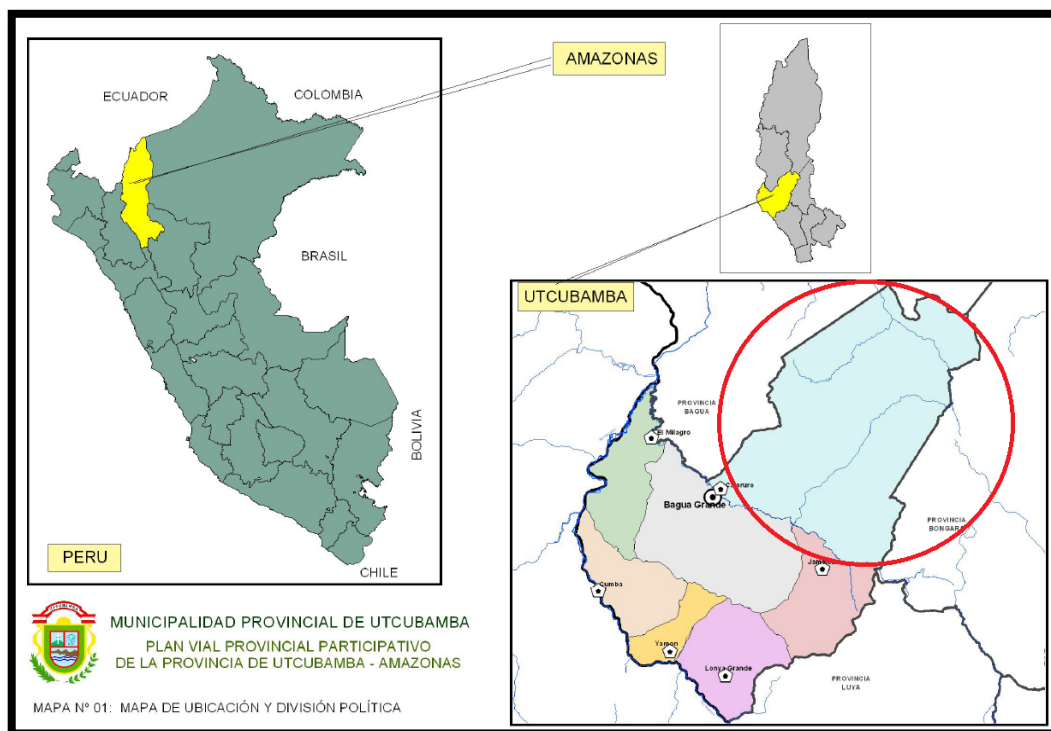
Por el norte: con la provincia de Condorcanqui.

Por el Este: con la provincia de Bongara.

Por el sur: con el distrito de Bagua grande.

Por el oeste: con la provincia de Bagua.

*Imagen N°: 52 Mapa Ubicación del proyecto*



*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.10.1.2. Condición actual del acceso a las localidades

Actualmente llega una carretera a base de afirmado hasta El Eucalipto, mientras que las localidades de Santa María - el Líbano se encuentran totalmente aisladas, ya que sólo cuentan con caminos de herradura. Estos caminos en tiempo de lluvias se tornan casi inaccesibles porque se llenan de barro y lodo.

#### 4.10.1.3. Área de influencia del estudio

El Área de influencia del Proyecto involucra parte de la jurisdicción distrital de Cajaruro. Los criterios para determinar esta área se hicieron en base a los aspectos climáticos, hidrológicos, geológicos, fisiográficos, de suelos, ecológicos, socioeconómicos y culturales, que influyen en la zona de estudio.

##### 4.10.1.3.1. Área de Influencia directa (AID)

El criterio para delimitar el Área de Influencia Directa se ha realizado teniendo en consideración las actividades previstas en la etapa de construcción, el derecho de vía y el área de concesión. Por lo que el AID se ha definido dentro de una franja a lo largo de la carretera.

*Imagen N°: 53 Trazo definitivo para la delimitación de la influencia directa a lo largo de la trocha.*



*Fuente: Google Earth*

##### 4.10.1.3.2. Área de influencia indirecta (AII)

La delimitación ha sido determinada en función a los criterios de ordenamiento geopolítico (comunidades, distritos) y de composición natural, entrelazados con sus respectivos escenarios político - administrativos, corredores económicos y la presencia de áreas naturales protegidas.

En tal sentido, de acuerdo con el ordenamiento geopolítico, se ha considerado los caseríos de San Juan de la Libertad y también el distrito de Cajaruro y Provincia de Utcubamba y el Departamento de Amazonas.

#### 4.10.2. ESTUDIO DE LÍNEA BASE

La Evaluación de Impacto Ambiental por su naturaleza involucra un gran número de variables muchas veces complejas. Es el caso del área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental de la carretera que une los caseríos de El Eucalipto-Santa María-El Líbano, Distrito de Cajaruro y provincia de Utcubamba, dentro de cuya área se han producido o producirán alteraciones como consecuencia de las obras y actividades de construcción.

##### 4.10.2.1. Aspectos físicos

###### Climatología

El clima en Cajaruro es cálido y templado. Tiene una cantidad significativa de lluvia durante los meses de Diciembre y Abril. Este clima es considerado Cfb según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura aquí es en promedio 19 ° C. Precipitaciones aquí promedios 792 mm.

###### Geología y Geomorfología

Según el mapa morfológico del IGN contamos con suelos del tipo: LMME-m considerada como laderas de montaña moderadamente empinadas en rocas del jurásico superior, LME-rcs considerada como ladera de montaña empinada en rocas del cretáceo superior, MME-rcs considerada como montaña moderadamente empinada en rocas del cretáceo superior y MME-rci considerada como montaña moderadamente empinada en rocas de cretáceo inferior ,según el tipo de rocas encontradas predomina las rocas de alta resistencia pero con posibilidad de fallas geológicas.

*Imagen N°: 54 Geología del terreno*



*Fuente: carta geológica*

### **Geomorfología**

El relieve del área de estudio es irregular, con desniveles. se desarrolla en laderas de pendientes moderadas a escarpadas, que constituyen el flanco de una cadena de cerros que forman parte de la vertiente occidental de la cordillera oriental de los andes, cabe señalar que esta unidad presenta procesos de incisión y erosión lateral (cárcavas y quebradas secundarias) que se intensifican en épocas de lluvia dando lugar a taludes activos; por sectores se aprecian terrazas donde se han asentado pequeños centros poblados y otras que son aprovechadas como áreas de cultivo.

### **Hidrografía**

El distrito de Santa Cruz se halla dentro de los límites de la cuenca del río San Juan, sin embargo, los recursos hídricos que se encuentran en el área de influencia Indirecta del proyecto pertenecen a una microcuenca llamada Estrellas, la cual tiene un número importante de afluentes, entre ellos están quebradas y riachuelos, por lo que el proyecto contempla el diseño de obras de arte como badenes, alcantarillados, que permitan el transporte de las crecientes de estos cauces.

### **Topografía**

La zona en estudio tiene 2 sectores bien definidos: uno de arbustos cortos con fuertes pendientes transversales y valles accidentados, y el otro sector es alienadamente ondulado, dentro del cual está comprendido las pampas de hierba.

#### **4.10.2.2. Aspectos biológicos**

##### **Flora**

Mediante una visita de campo al área de influencia directa del proyecto, se encontró estos árboles: Eucalipto, Sauce y Quinuas: zarza, mora; aunque un cierto tramo se caracteriza por la predominancia de paja chilena, pasto elefanto, paja mona, mequerón.

La vegetación presente se ha entendido como el producto de una larga historia de evolución, resultante de factores ambientales sobre el conjunto interactuante de las especies que cohabitan en un espacio continuo. De esta manera, la flora nos refleja el clima, la naturaleza del suelo, disponibilidad de agua y los factores antrópicos y bióticos de un determinado ecosistema.

*Fotografía N°: 8 Árboles en la zona del proyecto*



*Fuente: Elaboración Propia*

### **Fauna**

Para la Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto, se ha considerado la Evaluación de los siguientes grupos taxonómicos: mamíferos, aves, reptiles. En la visita a campo que se realizó, se pudo observar especies como el gavilán, loro, perdiz, búho, gallinazo cabeza negra, venado gris, majaz, conejo silvestre, ganado vacuno, pato, gallina, cuyes, cerdos, zorro, perro doméstico, sapo, saltamontes, avispas, abejas, hormigas, mariposas, lagartijas, reptiles (macanche), etc.

#### **4.10.2.3. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS**

##### ***Agricultura***

El área del proyecto es una zona de bajo nivel socio-económico, sus actividades principales son la agricultura y ganadería, son estas su fuente de ingresos económicos. La zona en estudio está cubierta por terrenos de gran vegetación y muy buenos para la

producción agrícola. Por ende, casi el 70 % de la población de estos caseríos se dedican a la agricultura, siendo el principal cultivo La papa, el maíz, el frijol y la caña de azúcar.

*Fotografía N°: 9 Agricultura*



*Fuente: Elaboración Propia*

### ***Ganadería***

Gran parte de los pobladores de la zona de estudio se dedican a la actividad pecuaria, teniendo como principal producción el ganado vacuno, caballar y porcino. La existencia de pastos naturales permite desarrollar una ganadería aún incipiente pero muy prometedora; la explotación ganadera de la zona se desarrolla con una tecnología tradicional y empírica practicada por los campesinos. Existen, además, especies menores como porcinos y aves en todas las fincas, las que constituyen una actividad casera familiar. Existe un gran interés por parte de la población de querer potenciar y mejorar la incipiente crianza de sus animales.

*Fotografía N°: 10 Crianza de ganado vacuno*



*Fuente: Elaboración Propia*

### ***Salud***

Los pobladores de estos caseríos El Eucalipto-Santa María- El Libano se encuentran restringidos al acceso de los servicios de salud, ya que el Puesto de salud más cercano es del distrito de Santa cruz, siendo necesario que los demás centros poblados se trasladen hacia allí para cualquier emergencia.

*Fotografía N°: 11 Centro de Salud San Juan de la Libertad*



*Fuente: Elaboración Propia*

## Educación

Actualmente el centro poblado de El Eucalipto- Santa María solo cuenta con institución educativa de primaria, no cuenta con PRONOEI (programa no escolarizado de educación inicial) y el caserío de El Libano solo cuenta con una institución educativa primaria, no cuenta con PRONOEI (programa no escolarizado de educación inicial).

*Fotografía N°: 12 Institución educativas primarias*



*Fuente: Elaboración Propia*

### **4.10.2.1. Identificación y evaluación de impactos ambientales**

Diseño de la carretera El Eucalipto-Santa María-El Libano, distrito de Cajaruro y provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas, estipula la ejecución de obras orientadas fundamentalmente a definir los trabajos de mantenimiento periódico que requiere la vía en sectores con problemas funcionales y estructurales originados por el deterioro del afirmado. Este deterioro que se manifiesta con la presencia de zonas homogéneas y puntuales es consecuencia del tráfico, cargas que soportan, condiciones climatológicas y eventos extraordinarios.

### **4.10.2.1. Identificación y evaluación de impactos ambientales potenciales**

#### **4.10.2.1.1. Etapa de planificación o pre construcción**

En esta etapa es necesario desarrollar una metodología específica para la identificación y evaluación de impactos ambientales, debido a que se presentarán numerosos impactos muy significativos, principalmente porque la trocha va a iniciar desde cero un trazo, tal como mencionaremos a continuación:

### **Expectativa de Generación de Empleo**

La población de los caseríos El Eucalipto-Santa María-El Libano, luego de tener conocimiento de la construcción de la carretera, la que unirá estos caseríos y generará trabajo, tendrán interés en solicitar algún puesto de trabajo en las oficinas del Proyecto. Esto debido a que existe población desempleada o subempleada en la zona y muchos de ellos brindan trabajos de construcción.

### **Riesgo de Enfermedades**

En los trabajos de construcción del proyecto, no se descarta la posibilidad que aparezcan algunos casos de enfermedades propias de la zona entre el personal. Cabe mencionar que, en el área de estudio.

### **Riesgo de Afectación del Suelo**

Este impacto está referido a la posibilidad de afectación del suelo en caso de no adoptarse las medidas correspondientes para evitarlo; es decir, es posible la pérdida de suelo en el área asignada como emplazamiento del campamento y patio de máquinas, durante la implementación de estas instalaciones auxiliares. Las actividades que causan alteraciones sobre el suelo, es el desbroce y limpieza del terreno, movimiento de tierras.

#### **4.10.2.1.2. Etapa de construcción**

Teniendo en cuenta las características físicas, biológicas y socioeconómicas del área de influencia y considerando las actividades de desarrollo del Proyecto, se ha realizado la identificación y evaluación de los posibles impactos ambientales que puedan presentarse durante el trabajo de la construcción de la El Eucalipto-Santa María-El Libano Por ello se consideran los siguientes impactos:

### **Riesgo de Accidentes**

En la etapa de la construcción, la mayor presencia de vehículos, máquinas, trabajadores y transeúntes podrían incrementar el riesgo de accidentes, en desmedro de la integridad física de las personas.

### **Aumento de Emisión de Material Particulado**

En el proceso de realizar el roce y desbroce del área de corte, nivelación de la rasante, carga y descarga de transporte de material, explotación de canteras, depósito de material excedente, etc., se generará el incremento de emisión de material articulado y gases contaminantes, los mismos que pueden afectar a los trabajadores y pobladores asentados en las márgenes de la construcción de la carretera.

### **Riesgo de Contaminación de los Recursos de Agua Natural**

Al no contar los trabajadores con una capacitación sobre la importancia de la conservación de los recursos naturales puede dar lugar a que estos viertan residuos de pintura, concreto, etc., sobre cursos de agua, cunetas y alcantarillados, pudiendo así incrementar la contaminación en los cauces naturales, quebradas, etc.

### **Mejora en la Dinámica Comercial de la Zona**

En los caseríos por donde atravesará la vía ocasionará un incremento en la dinámica comercial al contar con trabajadores foráneos en la zona. De este modo, muchos de los pobladores podrán ofertar sus productos en el campamento o en otras instalaciones provisionales de la obra.

Esto generará aumento en la demanda de productos, lo cual dará inicio a mejorar el nivel de vida de la población local, contribuyendo a un leve crecimiento económico y comercial de la zona.

### **Generación de Empleo**

La contratación de mano de obra por parte de la Empresa Contratista para la realización de los trabajos de la construcción de la trocha carrozable, contribuirá a la disminución de la tasa de desempleo existente. Del mismo modo, al aumentar la capacidad adquisitiva de aquellos trabajadores, se incrementará la demanda de bienes y servicios, generando por efecto multiplicador otros puestos de trabajo de manera directa, transfiriendo el crecimiento económico hacia otros sectores.

### **Incremento de los Niveles Sonoros**

Según las actividades consideradas para la construcción de la trocha carrozable, se generarán emisiones de ruidos, como consecuencia del desplazamiento y funcionamiento

de las maquinarias, procesos de transporte carga y descarga de material, remoción de material, uso de explosivos, etc.

#### **4.10.2.1.3. Alteraciones Medio Ambientales por Mala Disposición de Material Excedente.**

Todos los materiales excedentes resultantes de los trabajos de la construcción, movimiento de tierras, cortes y rellenos, excavaciones, pueden causar desequilibrio al entorno, si no se coloca de manera adecuada en los depósitos de materiales excedentes. Es necesario que en trabajos de la construcción de la carretera se coloque el material excedente al lado de la vía, los mismos que pueden obstruir las obras de arte en épocas de lluvia y ser arrastrados a otros lugares, emitir polvo en épocas de escasa precipitación, obstruir vías de acceso, causar accidentes, entre otros.

#### **Posible Expansión Urbana No Planificada**

Luego de la ejecución del proyecto, no se descarta la posibilidad que se pueda generar un crecimiento urbano irregular en las entradas y salidas, aprovechando las mejores condiciones viales.

#### **Mejora de Transporte**

El proyecto permitirá brindar a todos los pobladores de la zona un mejor servicio en el transporte terrestre, disminuyendo los costos y tiempos de viaje, facilitando el flujo vehicular y la comercialización de productos en general de los pobladores, tanto a nivel local como regional.

#### **Mejoramiento de los Niveles de Vida**

El proyecto tiene muchas ventajas a favor de la población, permitirá dar un acceso rápido para la venta de sus productos agrícolas, intercambio comercial, adecuada atención médica, mejoras en la calidad de Educación, así como incentivar la actividad social en esta parte del país.

### **Riesgo de Contaminación de los Suelos**

Durante el funcionamiento de los campamentos, patio de maquinarias y planta de chancado, puede darse la contaminación de suelos por derrames accidentales de cemento, grasas, combustible, o por la inadecuada disposición final de los residuos sólidos generados en estas instalaciones.

### **Riesgos de Enfermedades**

Se trata de prevenir que durante los trabajos para la construcción del proyecto el personal de obra foráneo enferme, para lo cual deberá recibir un chequeo médico a fin de evitar que pueda ser afectado por alguna enfermedad. En el área de estudio la picadura de insectos es lo que con frecuencia suele darse.

#### **4.10.2.1.4. etapa de operación**

Durante la identificación y evaluación de los impactos ambientales que se generan en esta etapa se considera la ocurrencia de los siguientes impactos ambientales:

### **Riesgo de Seguridad Vial**

Luego de la ejecución del proyecto las mejores condiciones de la carretera pueden inducir a los conductores a incrementar la velocidad de sus vehículos, pudiendo causar accidentes de tránsito en la población local.

#### **4.10.2.2. Identificación de impactos ambientales propiamente dichos**

En la metodología aplicada se ha tenido como base un ordenamiento cronológico de las diversas actividades que se realizará en el Proyecto, de acuerdo a la interrelación existente entre ellas, quedando definidas las etapas de: planificación, construcción, operación y abandono. Se han definido las actividades por etapas, y bajo una concepción integral se procedió a la identificación de impactos propiamente dichos, desde una perspectiva general a una perspectiva específica.

En cuanto a la técnica utilizada para el estudio se optó por el criterio de que ninguna de por sí, es suficiente para todas las fases del estudio. Cada una de ellas, presenta ventajas y limitaciones; por lo cual el método del estudio contempla una combinación de dichas técnicas. Es así que a continuación se procede a la identificación de impactos mediante la matriz de Leopold.

Cuadro N.º LVI: Cuadro de factores ambientales.

FACTORES AMBIENTALES	
TIERRA	Recursos minerales
	Material de construcción
	Suelos
	Relieve
	Asentamiento y compactación del suelo
AGUA	Superficial
	Subterránea
	Calidad
	Recarga
AIRE	Calidad (polvo, partícula)
	Contaminación atmosférica (gases, humo)
	Contaminación sonora (ruido)
PROCESOS	Erosión
	Compactación y asentamiento
	Movimientos de Aire
FLORA	Arboles
	Arbustos
	Herbáceas
	Cultivos
	Plantas acuáticas
	Especies en peligro
	Barreras
FAUNA	Aves
	Animales terrestres incluso reptiles
	Peces y crustáceos. Morfología terreno
	Organismos bentónicos
	Insectos
	Especies en peligro
USO DE SUELO	Naturaleza espacios abiertos
	Humedales
	Bosques
	Pastos
	Agricultura
	Residencial
	Comercial
	Minería y canteras
ESTÉTICA E INTERÉS HUMANO	Vistas escénicas y panorámicas
	Composición del paisaje
	Rasgos físicos singulares
	Parques y reserva
	Monumentos
Especies o ecosistemas raros o exclusivos	
ESTATUS SOCIAL	Educación
	Valoración de los inmuebles
	Calidad de vida
	Salud y seguridad
	Empleo
INSTALACIONES FABRICADAS	Ingresos económicos (comercio)
	construcciones existentes
	Redes de transporte (movimiento y acceso)
	Eliminación de residuos

## ESTUDIO DE SEÑALIZACIÓN

En el proyecto del estudio definitivo de la carretera El Eucalipto – Santa María –El Líbano del Distrito de Cajaruro, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas se ha visto en la ejecución de los siguientes trabajos de señalización:

Incorporación de señales nuevas en la totalidad del tramo informando lugares estratégicos como, zonas de derrumbes, lugares de badenes, etc. Ya que cuentas con un volumen de tránsito de camionetas y autos, es necesario garantizar la viabilidad de una señalización adecuada y con elementos de seguridad suficiente.

La carretera atraviesa por varios caseríos como El Eucalipto, Santa María, El Líbano, en este caso se a previsto el empleo de señales preventivas de tipo:

(P-2A) señal de curva a la derecha.

(P-2B) señal de curva a la izquierda.

Estas se utilizan para indicar la presencia de curvas cuyos radios varían entre 40 y 300 metros con ángulos de deflexión menores a  $45^\circ$ , y para aquellas otras, cuyo radio fluctúan entre 80 y 300 metros con ángulos de deflexión mayores de  $45^\circ$ .

(P-34) señal de Baden.

Se utiliza para advertir al conductor de la proximidad de un baden.

(P-4A) señal de curva y contra curva a la derecha.

(P-4B) señal de curva y contra curva a la izquierda.

La presencia de dos curvas de sentido contrario, con radios inferiores a 300 metros y superiores a 800 metros, separados por una tangente menor de 60 metros.

(P-5-2A) señal de curva de vuelta a la derecha.

(P-5-2B) señal de curva de vuelta a la izquierda.

Se utilizará para prevenir la presencia de curvas cuyas características geométricas la hacen pronunciadas.

## 5. CONCLUSIONES

- La tesis concluye con una longitud total de 11+086 km, uniendo los Caseríos El Eucalipto - El Líbano, Santa María.
- Se ha considerado utilizar señales de tránsito de las zonas críticas, garantizando la correcta circulación y seguridad de tránsito en la carretera.
- Para el cálculo de alturas de precipitaciones (mm) para diferentes periodos de retorno, se empleó la distribución Log Gumbel por ser el más conservador, se ajusta mejor a los registros Históricos.

## 6. REFERENCIAS

- [1] BANCO MUNDIAL, «El futuro del transporte,» BANCO MUNDIAL, Ashgabat, 2017.
- [2] WEF, «Indice de competitividad global,» Foro Económico Mundial, 2016.
- [3] MTC, «REPORTE DE EMERGENCIAS ACTIVAS EN LAS CARRETERAS DE PERU,» 2017.
- [4] MTC, «Cajamarca: Camino al desarrollo,» MTC, Lima, 2016.
- [5] INEI, «CENTROS POBLADOS POR DISTRITO Y PROVINCIA,» 2017.
- [6] MTC, MANUAL DE ENSAYO MATERIALES, 2016.
- [7] MTC, MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS, DG-2018.
- [8] MTC, «MANUAL DE HIDROLOGIA,HIDRAULICA Y DRENAJE,» 2013.
- [9] PCM, LEY GENERAL DEL AMBIENTE(LEY N° 28611), 2005.
- [10] MTC, MANUAL DE HIDROLOGIA,HIDRAULICA Y DRENAJE, 2012.
- [11] MANUAL DE CARRTERAS: DISEÑO GEOMETRICO DG-2018, 2018.
- [12] MANUAL DE SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS, 2013.
- [13] MTC, «Infraestructura vial del sistema nacional de carreteras, por superficie de rodadura existente, 1990-2015,» MTC, Lima, 2015.
- [14] Asociación Mundial de la Carretera, «EVOLUCION DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LAS ADMINISTRACIONES DE TRANSPORTE,» PIARC, Paris, 2015.
- [15] INEI, «Población 2000 al 2015,» INEI, 2015.
- [16] MTC, «RED VIAL NACIONAL,» 2016.
- [17] MTC, «Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial,» MTC, Lima, 2013.
- [18] RNE, REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2009.

[19] FONCODES, MAPA DE POBREZA DE ACUERDO AL CENSO DE 2007,  
2007.

[20] MTC, MANUAL DE SUELOS GEOLOGIA GEOTECNIA Y PAVIMENTOS,  
2013.