

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



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

---

**ESTUDIO DE TRANSITABILIDAD Y PROPUESTA DE DISEÑO  
VIAL EN LA SEGUNDA CALZADA, DEL TRAMO: OVALO LA  
MARINA -PE-10A (Km 0 + 000 a Km 03 + 830 m) DEL DISTRITO Y  
PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.**

---

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Transportes**

**Autor(es):**

**BR. Castro Pereda, Mario Michel**

**BR. Landauro Navarro, Nora Jesús**

**Asesor:**

**Ing. Eiren Javier Rebaza Sánchez**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2019**

**Fecha de sustentación: 2019/10/25**

**Este documento es propiedad intelectual de la Universidad Privada Antenor Orrego.  
Se prohíbe su reproducción total o parcial sin su autorización expresa. El original es  
administrativo por la Oficina de Gestión de Procesos**

## ACREDITACIONES

TITULO: ESTUDIO DE TRANSITABILIDAD Y PROPUESTA DE DISEÑO VIAL EN LA SEGUNDA CALZADA, DEL TRAMO: OVALO LA MARINA - PE-10A (Km 0 + 000 a Km 003 + 830 m) DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD.

AUTOR(ES): CASTRO PEREDA, MARIO MICHEL  
LANDAURO NAVARRO, NORA JESÚS

APROBADO POR:

---

Dr. Enrique Francisco Luján Silva  
**PRESIDENTE**  
**N° CIP: 54460**

---

Ing. Juan Paúl Henríquez Ulloa  
**SECRETARIO**  
**N° CIP: 118101**

---

Ing. Rolando Ochoa Zevallos  
**VOCAL**  
**N° CIP: 9133**

---

Ing. Eiren Javier Rebaza Sánchez

**ASESOR**  
**N° CIP: 75984**

## DEDICATORIA

A Jah Dios, que me ha dado la vida y me ha permitido culminar el desarrollo de esta investigación.

A mis padres; Hilda Pereda y José Castro que con su amor, dedicación y esfuerzo me guiaron siempre por el camino correcto, haciendo de mí una persona de bien y un buen profesional para el mundo.

A mis hijos: Diego, Alejandro y mi esposa Lourdes, por ser mi esencia de vida y mis motores en todo cuanto emprendo.

A mis hermanos, por ser mi buen ejemplo a seguir, mi soporte y por todos los grandes momentos compartidos.

**Mario Michel, Castro Pereda**

## DEDICATORIA

Quiero agradecer a Dios, por todas sus bendiciones.

A mis padres, por los consejos, enseñanzas, valores y principios que me han inculcado.

A mis hermanos, por su cariño y apoyo incondicional y estar conmigo en todo momento.

A mis hijos, por ser mi mayor motivación para haber logrado este sueño. Gracias a ellos soy todo lo que soy. Gracias por estar siempre conmigo.

Y de una manera muy especial a mi esposo Parrish, por ser siempre un soporte diario en mi día a día, por ser quien nunca dejo de apoyarme para seguir adelante en este sueño, por su paciencia, por su confianza, por su amor. Gracias.

**Nora Jesús, Landauro Navarro**

## **AGRADECIMIENTO**

Con especial agradecimiento a nuestros padres por ser ejemplo de disciplina y dedicación, para lograr lo que nos proponemos.

A nuestra familia, que ha sido el soporte y el motor para emprender nuestros proyectos.

A la plana docente de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego por los conocimientos impartidos y experiencias vividas, que hoy nos facilitan el desenvolvimiento profesional dentro del mercado laboral.

En forma muy especial y con todo el cariño a nuestro asesor; Ing. Javier Rebaza Sánchez por brindarnos apoyo con su vasta experiencia y habernos guiado de la mejor manera durante el desarrollo de la presente investigación.

**LOS AUTORES**

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito brindar una nueva propuesta de mejora al diseño vial del actual tramo urbano: Ovalo La Marina PE-10A (Km 0 + 000 a Km 03 + 830 m), el cual permitirá mejorar la satisfacción de los usuarios de la vía, en la ciudad de Trujillo para el presente año. Para desarrollar este propósito, se realizó una investigación aplicada con un diseño descriptivo en la metodología.

Hoy en día uno de los problemas más graves y con mayor urgencia por resolver en las ciudades principales, es la congestión vehicular. La ciudad de Trujillo, no es ajena a ese tipo de problemas. El caos vehicular; generador de consecuencias nefastas como el incremento de la contaminación, serios daños a nuestra salud, aumento del índice de mortalidad y pérdidas económicas, debido al tiempo que desperdiciamos en las vías. Y a esto le sumamos el crecimiento del parque automotor que crece año a año y urge la necesidad de ampliar, reglamentar y mejorar nuestras vías.

Esta tesis está planeada por capítulos en los cuales primero se determina los problemas existentes mediante el estudio de transitabilidad vial que implica efectuar el estudio de tráfico como variable esencial, ya que con los datos obtenidos se elaborará el perfil geométrico y la proyección futura de la carga vehicular de acuerdo a la valoración de los ejes equivalentes que transitarán sobre la vía. Así mismo se realizará el estudio de suelos con fines de pavimentar una segunda calzada para poder conocer el perfil estratigráfico, la densidad, capacidad estructural de la subrasante CBR y clasificación de los suelos de la zona de estudio. Finalmente se elaborará el diseño geométrico, estructural y de señalización de la vía en la segunda calzada en el tramo urbano: Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 0 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m del distrito y provincia de Trujillo, con el fin de lograr el objetivo principal de la investigación.

Palabras clave: Transitabilidad, propuesta de diseño vial, segunda calzada.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research is to provide a new proposal to improve the road design of the current urban section: Oval La Marina PE-10A (Km 0 + 000 to Km 03 + 830 m), which will improve the satisfaction of users of the road, in the city of Trujillo for the current year. To develop this purpose, an applied research was carried out with a descriptive design in the methodology.

Nowadays one of the most serious and urgent problems to solve in the main cities is vehicular congestion. The city of Trujillo is no stranger to such problems. The vehicular chaos; generator of ominous consequences such as increased pollution, serious damage to our health, increased mortality rate and economic losses, due to the time we waste on the roads. And to this we add the growth of the automotive fleet that grows every year and urges the need to expand, regulate and improve our roads.

This thesis is planned by chapters in which first the existing problems are determined through the study of road traffic that implies carrying out the traffic study as an essential variable, since with the obtained data the geometric profile and the future projection of the load will be elaborated vehicular according to the valuation of the equivalent axes that transited the road. Likewise, the study of soils for the purpose of paving a second roadway will be carried out in order to know the stratigraphic profile, density, structural capacity of the CBR subgrade and classification of the soils of the study area. Finally, the geometric, structural and signaling design of the road will be developed in the second road in the urban section: Oval La Marina (PE-10A) progressive Km 0 + 000 until the progressive Km3 + 830m of the district and province of Trujillo, in order to achieve the main objective of the investigation

Key words: Transitability, road design proposal, second road.

## PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento y conforme a las normas establecidas en el reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone a vuestra consideración el Informe de Trabajo de Tesis titulado: **ESTUDIO DE TRANSITABILIDAD Y PROPUESTA DE DISEÑO VIAL EN LA SEGUNDA CALZADA, DEL TRAMO: OVALO LA MARINA - PE-10A (Km 0 + 000 a Km 03 + 830 m) DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD**. Con el que pretendemos, previa sustentación, optar el título de Ingeniero Civil.

Con esta oportunidad y con vuestra venia, suscribimos ante ustedes.

Muy atentamente.

Trujillo, Octubre del 2019

Castro Pereda, Mario Michel  
Landauro Navarro, Nora Jesús

# INDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vii</b>
<b>PRESENTACIÓN.....</b>	<b>viii</b>
<b>INDICE .....</b>	<b>ix</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>
1.1. Problema de investigación .....	18
1.1.1. Descripción de la Realidad Problemática .....	18
1.1.2. Descripción del problema.....	21
1.1.3. Formulación del Problema.....	22
1.2. Objetivos .....	22
1.2.1. Objetivo general .....	22
1.2.2. Objetivos Específicos: .....	22
1.3. Justificación del estudio .....	23
<b>II. MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>25</b>
2.1. Antecedentes de estudio.....	25
2.2. Marco Teórico .....	27
2.2.1. Carretera.....	27
2.2.2. Transitabilidad.....	31
2.2.3. Pavimento.....	31
2.2.4. Elementos necesarios para la propuesta de un diseño vial .....	33
2.2.5. Niveles de Servicio .....	39
2.2.6. Estudio de Suelos .....	42
2.3. Marco Conceptual.....	43
2.4. Hipótesis .....	49
2.5. Variables e indicadores.....	49
<b>III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....</b>	<b>53</b>
3.1. Tipo y nivel de investigación .....	53
3.2. Población y muestra de estudio .....	53
3.3. Diseño de investigación .....	54



4.5.1.1. Metodología AASTHO 1993 para Pavimentos Flexibles. ....	93
4.5.1.2. Número de Ejes Equivalentes.....	95
4.5.1.3. CBR de Diseño .....	95
4.5.1.4. Suelo de la Sub Rasante .....	96
4.5.1.5. Nivel del Tránsito .....	96
4.5.1.6. Cálculo del Espesor del afirmado .....	98
4.5.1.7. Sub - Rasante.....	98
4.5.1.8. Sub - Base .....	99
4.5.1.9. Base .....	99
4.5.2. Datos de Entrada, para el Diseño de Pavimento Flexible para el Proyecto:.....	100
4.5.2.1. Periodo de Diseño .....	100
4.5.2.2. Fórmula del ASSHTO ROAD TEST .....	100
4.5.2.3. Módulo de Resiliencia (MR) .....	101
4.5.2.3.1 Módulo de resiliencia obtenido en correlación con el CBR. .	101
4.5.2.4 Desviación Estándar ( $Z_R$ ) .....	102
4.5.2.5 Desviación Estándar Combinada ( $S_o$ ) .....	103
4.5.2.6 Índice de Serviciabilidad (PSI).....	104
4.5.2.7 Criterios de Comportamiento.....	106
4.5.2.8 Confiabilidad (R).....	106
4.5.3. Diseño Estructural del Pavimento .....	107
4.5.3.1 La Sub- Rasante.....	108
4.5.3.2 La Sub- Base .....	109
4.5.3.3 La Base.....	110
4.5.3.4 Resultados del Número Estructural .....	112
4.5.3.5 Determinación de los Coeficientes Estructurales del Pavimento $a_1, a_2, a_3$ .....	113
4.5.4. Espesores Resultantes, del Pavimento Flexible.....	114
4.5.5. Mezcla Asfáltica en Caliente.....	116
4.5.5.1 Metodología .....	117
4.6. Diseño de la Señalización Vial del Tramo PE -10A (Km 0+000 – Km 3+830) .....	120
4.6.1. Trabajo de Campo.....	120
4.6.2. Trabajo de Gabinete.....	124

4.6.3. Propuesta de Señalización .....	124
4.6.3.1 Señalización Horizontal .....	124
4.6.3.2 Señalización Vertical .....	126
4.6.3.2.1. Señales Reglamentarias: .....	126
4.6.3.2.2. Señales Preventivas:.....	128
4.6.3.2.3. Señales Informativas:.....	131
<b>V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>134</b>
<b>CONCLUSIONES: .....</b>	<b>141</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>144</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>147</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Parque automotor Nacional, por Clase de vehículo, según departamento .....	20
<b>Tabla 2:</b> Rangos de la velocidad de diseño en función de la clasificación de la carretera por demanda y orografía.....	39
<b>Tabla 3:</b> Variable Dependiente: Estudio de Transitabilidad vial.....	51
<b>Tabla 4:</b> Variable Independiente: Propuesta de diseño vial.....	52
<b>Tabla 5:</b> Técnicas e Instrumentos de investigación .....	54
<b>Tabla 6:</b> Características actuales de la vía .....	58
<b>Tabla 7:</b> La Libertad: Superficie y población 2017 .....	62
<b>Tabla 8:</b> Trujillo: Producción de agua potable, 2011 .....	68
<b>Tabla 9:</b> Cobertura de agua Potable en Trujillo .....	68
<b>Tabla 10:</b> Resumen de Ensayo de Suelos / CBR .....	72
<b>Tabla 11:</b> Resumen del Ensayo de Suelos / CBR .....	73
<b>Tabla 12:</b> Resumen del Ensayo de Suelos / CBR .....	75
<b>Tabla 13:</b> Acceso a la zona de estudio .....	77
<b>Tabla 14:</b> Equipos, Personal y materiales necesarios, para el levantamiento Topográfico, 2019 .....	78
<b>Tabla 15:</b> Bench Mark registrados en el levantamiento Topográfico, 2019 .....	79
<b>Tabla 16:</b> Área del terreno, 2019 .....	79
<b>Tabla 17:</b> Coordenadas Punto inicial y final del Proyecto, 2019.....	80
<b>Tabla 18:</b> Estaciones de Censos de Clasificación de vehículos .....	83
<b>Tabla 19:</b> Resumen Semanal de Conteo y Clasificación vehicular.....	84
<b>Tabla 20:</b> Factores de Corrección, Peaje Menocucho año 2016 .....	85
<b>Tabla 21:</b> Índice medio Diario Anual – PE10A – Km0+000 – 3+830, 2019.....	86
<b>Tabla 22:</b> Factor direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de Diseño .....	87
<b>Tabla 23:</b> Proyección de Trafico – Situación sin proyecto .....	89
<b>Tabla 24:</b> Proyección de Trafico – Situación Con proyecto .....	90
<b>Tabla 25:</b> Calculo de ejes equivalentes (EAL) .....	92
<b>Tabla 26:</b> Categoría de la Subrasante .....	96
<b>Tabla 27:</b> Número de repeticiones acumuladas de Ejes equivalentes de 8.2 tn , en el carril de diseño. ....	97

<b>Tabla 28:</b> Requerimiento Granulométrico para la Sub-Base Granular.....	99
<b>Tabla 29:</b> Requerimiento Granulométrico para la Sub-Base Granular.....	100
<b>Tabla 30:</b> Clasificación general en Correlación con el CBR.....	101
<b>Tabla 31:</b> Modulo de Resiliencia (MR) en correlación con el CBR .....	102
<b>Tabla 32:</b> Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico.....	103
<b>Tabla 33:</b> Índice de Serviciabilidad Inicial (Po) .....	104
<b>Tabla 34:</b> Índice de Serviciabilidad Final (Pt).....	105
<b>Tabla 35:</b> Diferencial de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI).....	106
<b>Tabla 36:</b> Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad (R) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años), según rango de tráfico. ....	107
<b>Tabla 37:</b> Espesores de pavimento flexible, obtenidos como alternativa del cálculo según el método AASHTO 1993 (CM) .....	116
<b>Tabla 38:</b> Gradación, para Mezcla Asfáltica en caliente .....	118
<b>Tabla 39:</b> Requisitos Básicos de una mezcla asfáltica, según el método Marshall .....	119
<b>Tabla 40:</b> Metrado de marcas en el pavimento Km 0+000 – km 4+000 Ruta PE-10A .....	122
<b>Tabla 41:</b> Metrado de Gibas o Resalto en el pavimento Km 0+000 – km 4+000 Ruta PE-10A.....	123
<b>Tabla 42:</b> Metrado de marcas en el pavimento Km 0+000 – km 4+000 Ruta PE-10A .....	123

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Área de Influencia del Proyecto.....	21
<b>Figura 2:</b> Sección Transversal de una carretera.....	27
<b>Figura 3:</b> Estructura del pavimento.....	31
<b>Figura 4:</b> Vehículo Ligero. ....	36
<b>Figura 5:</b> Vehículo Pesado. ....	37
<b>Figura 6:</b> Estado actual de la Red Vial Nacional PE-10A. ....	57
<b>Figura 7:</b> Estado actual de la Prolongación de la Av. Gonzales Prada. ....	57
<b>Figura 8:</b> Ubicación del Proyecto.....	60
<b>Figura 9:</b> Límites del Tramo de Estudio.....	61
<b>Figura 10:</b> La Libertad: Producción sectorial. ....	64
<b>Figura 11:</b> Apertura de calicatas para estudio de mecánica de suelos.....	70
<b>Figura 12:</b> Ubicación del Levantamiento Topográfico. ....	76
<b>Figura 13:</b> Levantamiento Topográfico en la zona de Estudio.....	77
<b>Figura 14:</b> Ubicación del Estudio de Tráfico vehicular.....	80
<b>Figura 15:</b> Formato de conteo y clasificación vehicular utilizado.....	82
<b>Figura 16:</b> Ubicación de las Estaciones de Conteo vehicular, en la zona de estudio.....	82
<b>Figura 17:</b> Número de vehículos por día en el tramo PE10A Km0+000 - Km 3+830. ....	84
<b>Figura 18:</b> Índice medio diario, según el tipo de vehículo que transita en el tramo Km 0+000 al 3+830. ....	87
<b>Figura 19:</b> Composición estructural del Pavimento. ....	94
<b>Figura 20:</b> Catálogo de Estructuras de Pavimento flexible con carpeta Asfáltica en caliente. Periodo de diseño 20 años. Fuente Sección de suelos y pavimentos MTC, 2014.....	98
<b>Figura 21:</b> Guía para Estructurar espesores de Pavimentos.....	107
<b>Figura 22:</b> Catálogo de Números Estructurales requeridos por tipo de tráfico y Sub- Rasante. ....	108
<b>Figura 23:</b> Nomograma para determinar el coeficiente estructural de la Sub-Base Estructural a3.....	110
<b>Figura 24:</b> Nomograma para determinar el coeficiente estructural de la Base Estructural a2. ....	111

<b>Figura 25:</b> Nomograma para determinar los coeficientes estructurales del Pavimento. ....	111
<b>Figura 26:</b> Determinación de los coeficientes estructurales de las capas del Pavimento. ....	113
<b>Figura 27:</b> Espesores de Pavimento flexible resultante, según la Metodología AASHTO 93, para la segunda calzada del tramo (PE-10) Km 0+000 a Km 3+830. ....	115
<b>Figura 28:</b> Señalización Informativa existente en la vía (PE-10A) Km 0+900.....	121
<b>Figura 29:</b> Señalización preventiva existente en la vía (PE-10A) Km 1+300.....	121
<b>Figura 30:</b> Señalización Reglamentaria existente en la vía (PE-10A. ....	122
<b>Figura 31:</b> Marcas sobre el pavimento en la vía (PE-10A). ....	126

## I. INTRODUCCIÓN

La red carretera de todos los países constituye un elemento fundamental para el desarrollo económico y social de su población, por lo cual se invierte un monto bastante importante de sus presupuestos en la construcción, ampliación y mantenimiento de sus carreteras con la finalidad de proporcionar una red con condiciones de servicios que implique una superficie cómoda y segura para la circulación de los vehículos.

El transporte es un medio de traslado de personas o bienes desde un lugar hasta otro. Esto genera una actividad económica, que está al servicio del interés público y que incluye todos los medios e infraestructuras implicadas en el movimiento de personas y bienes. Como en todo el mundo, el transporte es y ha sido un elemento central para el progreso o el atraso de las ciudades. La provincia de Trujillo no es ajena a esta situación, la suma de factores como: el desarrollo actual en infraestructura aún es insuficiente, el crecimiento del parque automotor desregulado el cual genera sobreoferta e informalidad, el crecimiento horizontal de la infraestructura urbana debido al aumento de la población y sus necesidades de vivienda, limitaciones financieras del gobierno central, regional o local para la renovación del parque automotor, y la falta de un modelo institucional normativo y técnico han hecho que el sistema de transporte que existe sea deficiente. Los servicios de transporte público buscan la satisfacción de movilidad y eficiencia del sistema en el ahorro de horas – hombre, horas - máquina, mejoramiento de la calidad de vida de la población, disminución de la contaminación ambiental y sonora, para lo cual el proyecto a cargo identificará la red vial actual, los movimientos y deseos de viajes de los usuarios del transporte urbano en la provincia, y propondrá la regulación de la oferta e implementación de rutas para satisfacer la demanda de viajes de la ciudad.

En el presente proyecto de tesis que tiene como título: Estudio de Transitabilidad y propuesta de diseño vial en la segunda calzada del tramo: Ovalo la Marina - PE-10A (Km 0 + 000 a Km 003 + 830 m) del Distrito y Provincia de Trujillo, Departamento de la Libertad; donde primero se determina los problemas existentes mediante el estudio de transitabilidad vial que implica efectuar el estudio de tráfico como variable esencial, ya que con los datos obtenidos se elaborará el perfil geométrico y la proyección futura de la carga vehicular de acuerdo a la valoración de los ejes equivalentes que transitaran sobre la vía. Así mismo se realizará el estudio de suelos con fines de pavimentar una segunda calzada para poder conocer el perfil estratigráfico, la densidad, capacidad estructural de la subrasante CBR y clasificación de los suelos de la zona de estudio. Finalmente se elaborará el diseño geométrico, estructural y de señalización de la vía en la segunda calzada, para mejorar la transitabilidad y beneficiar a la población de la Ciudad de Trujillo.

## **1.1. Problema de investigación**

### **1.1.1. Descripción de la Realidad Problemática**

En los últimos años, especialmente desde principios de los años noventa, el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial ha causado, particularmente en las principales ciudades de América Latina, más congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales. Ese aumento explosivo surge de un mayor acceso al automóvil —al elevarse el poder adquisitivo de las clases de ingresos medios—, más acceso al crédito, reducción de los precios de venta, más oferta de autos usados, crecimiento de la población, menos habitantes por hogar y escasa aplicación de políticas estructuradas en el transporte urbano. Este transporte consume, en las ciudades mayores, alrededor de 3.5% del PIB regional, en lo cual incide la congestión del tránsito, que afecta tanto a automovilistas como a usuarios del transporte masivo y que acarrea pérdida de eficiencia económica y otros efectos negativos para la sociedad. (Naciones Unidas, 2003)

Nuestro país y en particular nuestra ciudad de Trujillo no es ajena a ese tipo de problemas. El caos vehicular; generador de consecuencias nefastas como el incremento de la contaminación, serios daños a nuestra salud, aumento del índice de mortalidad y pérdidas económicas, debido al tiempo que desperdiciamos en las vías. Y a esto le sumamos el crecimiento del parque automotor que crece año a año y por tal urge la necesidad de ampliar, reglamentar y proponer una infraestructura vial que responda a la demanda actual. En tal sentido el tramo km 0+000 al km 3+830 de la carretera transversal de la sierra PE-10A actualmente presenta este tipo de problemas de congestión vehicular y las varias formas de contaminación, debido al crecimiento poblacional que concibió que el área urbana de la ciudad de Trujillo, cruce esta vía nacional y por tanto urge la necesidad de ampliar, reglamentar y mejorar esta vía principal, a fin de brindar una mejor calidad de vida a la población.

### **Contaminación ambiental y accidentes de tránsito**

El Distrito de Trujillo, en particular el Centro de la Ciudad atraviesa por una situación crítica derivado de la contaminación ambiental generada por el alto flujo vehicular, la congestión vehicular y otras actividades productivas.

#### **Flujo de tráfico urbano:**

Como efecto del crecimiento del parque automotor, en la Ciudad de Trujillo para el año 2013 el flujo vehicular alcanzó la circulación de 139,713 vehículos/día, el 32% son vehículos menores entre moto taxis y motos lineales, seguido de 20% de autos, 8% de taxis y otros, que en total alcanzan una distancia recorrido 2,957 millones km, generando congestión vehicular, contaminación ambiental y accidentes de tránsito en varios puntos de la ciudad.

**Tabla 1: Parque automotor Nacional, por Clase de vehículo, según departamento**

Departamentos	CLASE DE VEHÍCULO									
	TOTAL	Automóvil	Station wagon	Camionetas			Omnibus	Camión	Remolcador	Remolque Semirem.
				Pick-up	Rural	Panel				
<b>TOTAL</b>	2'661.719	1'167.041	403.193	283.479	365.316	43.387	80.119	213.155	43.604	62.425
Lima / Callao	1'752.919	807.529	284.251	163.793	236.502	31.006	50.441	116.601	29.520	33.276
<b>La Libertad</b>	<b>190.073</b>	<b>77.440</b>	<b>21.459</b>	<b>25.037</b>	<b>18.382</b>	<b>1.372</b>	<b>7.105</b>	<b>21.208</b>	<b>4.548</b>	<b>13.522</b>
Arequipa	187.929	89.335	14.236	21.353	27.142	1.989	5.099	16.853	4.804	7.118
Cusco	73.997	29.313	12.253	9.108	11.300	578	2.938	8.160	281	66
Lambayeque	68.261	30.741	5.908	9.192	9.418	1.034	1.348	8.088	572	1.960
Junín	67.049	22.296	12.308	8.749	9.715	295	2.139	9.231	881	1.435
Piura	55.060	23.771	4.922	10.378	7.915	400	1.280	5.503	518	373
Tacna	49.382	18.040	11.476	4.777	5.580	1.556	1.703	4.727	614	909
Puno	47.696	8.711	8.867	4.740	14.029	3.246	2.562	4.887	297	357
Áncash	33.542	14.484	5.472	4.009	5.555	235	940	2.415	199	233
Los demás	135.811	45.381	22.041	22.343	19.778	1.676	4.564	15.482	1.370	3.176

Fuente: *Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016*

### **Congestión del tráfico, emisiones de GEI y de contaminantes atmosféricos:**

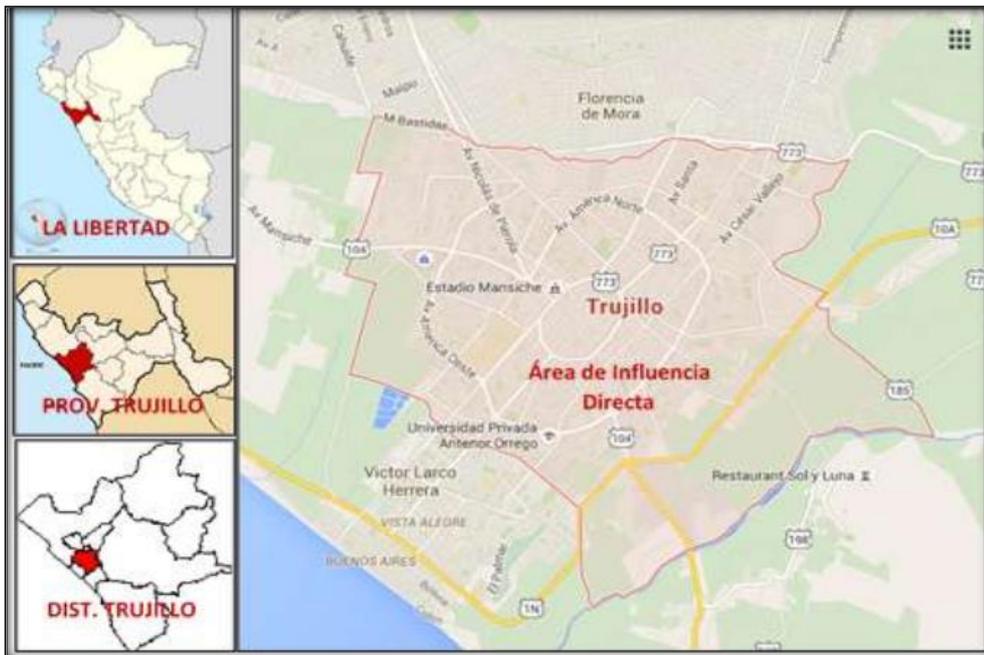
En efecto, un factor que contribuye a la contaminación del aire es la emisión de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de particulados (PM<sub>10</sub>), vinculados al transporte vehicular, (tipo de combustible, antigüedad y estado de las unidades) por el congestionamiento que se presenta en el Centro Histórico de Trujillo, donde la velocidad de desplazamiento es menor a 12 km/h.

La congestión del tránsito ha ido en aumento en la ciudad de Trujillo, constituyendo un peligro para la calidad de vida urbana, se manifiesta en la reducción de velocidades de circulación, que se traduce en incremento de tiempos de viajes, costos de operación, consumo de combustible y de contaminación atmosférica, en especial de monóxido de carbono (CO), NO<sub>x</sub> (monóxido de nitrógeno NO y NO<sub>2</sub> [óxido nítrico y dióxido de nitrógeno]) y compuestos orgánicos volátiles distintos al metano (COV), también material particulado (MP) que afectan la salud con problemas respiratorios y asma, principalmente. (Transportes Metropolitanos de Trujillo, 2015, págs. 11,12)

### 1.1.2. Descripción del problema

El Tramo que comprende desde el Ovalo La Marina (PE-10A) Km 0 + 000 a la Progresiva Km 003 + 830 m que es altura del cruce con la Av. Federico Villarreal. Actualmente pertenece a una carretera nacional transversal que une la ciudad de Trujillo con la sierra Liberteña. Esta permite el intercambio de productos y el desarrollo de las localidades que cruza. Sin embargo, el crecimiento demográfico a lo largo de todos estos años posibilitó que la vía se una a la zona urbana, presentando problemas de congestión vehicular, contaminación atmosférica, sonora, tiempo desperdiciado en la vía y problemas de transitabilidad vial que afectan la calidad de vida de la población.

Con el presente proyecto se plantea una alternativa de solución al realizar un estudio de Transitabilidad y realizar una propuesta de diseño vial en una segunda calzada en el tramo urbano PE-10A Km 0+000 a la progresiva Km 3+830 planteando un nuevo diseño geométrico y estructural de pavimento flexible, aplicando la metodología AASHTO 1993, que permita dar fluidez, seguridad y mejora de la transitabilidad en beneficio de la población de Trujillo.



**Figura 1.** Área de Influencia del Proyecto.  
**Fuente:** Google Maps

### **1.1.3. Formulación del Problema**

¿De qué manera nuestra propuesta de diseño vial en la segunda calzada, del tramo urbano: Ovalo la Marina (PE-10A) km 0 + 000 a la progresiva km 003 + 830 del distrito y provincia de Trujillo, permitirá mejorar la transitabilidad vial el año 2019?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Mejorar la transitabilidad vial con nuestra propuesta de diseño en la segunda calzada del tramo Urbano, que comprende: desde el Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 0 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m del distrito y Provincia de Trujillo, Departamento de la Libertad.

### **1.2.2. Objetivos Específicos:**

- Determinar el actual estado de transitabilidad vehicular del tramo: Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 000 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m del distrito y provincia de Trujillo.
- Elaborar conteos volumétricos y clasificación vehicular (IMDA) como variable esencial, ya que con los datos obtenidos se elaborará el perfil geométrico y la proyección futura de la carga vehicular de acuerdo a la valoración de los ejes equivalentes que transitaran sobre la vía, en el tramo comprendido desde el Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 000 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m carretera de penetración a la sierra Liberteña.
- Realizar el estudio de suelos para conocer el perfil estratigráfico, la densidad, capacidad estructural de la subrasante CBR y clasificación de los suelos de la zona de estudio, con fines de estructurar el pavimento de la segunda calzada según la metodología ASSHTO 1993.

- Elaborar el diseño geométrico de la segunda calzada, en el tramo urbano: Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 000 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m del distrito y provincia de Trujillo.
- Elaborar el diseño estructural del pavimento flexible aplicando la metodología ASSHTO 1993 de la segunda calzada, en el tramo urbano: Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 000 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m del distrito y provincia de Trujillo.
- Elaborar el diseño de señalización vial en el tramo urbano: Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 000 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m del distrito y provincia de Trujillo.

### **1.3. Justificación del estudio**

La Metrópoli de Trujillo por la jerarquía de ciudad en cuanto a tamaño poblacional y su particular dinamismo económico, constituye un centro político – económico poli funcional, condición que le ha brindado la calificación de capital regional y macro regional desde la óptica privada y desde la óptica oficial o pública. Ejerce influencia directa en el territorio comprendido entre el valle de Jequetepeque al norte, los valles de Santa y Nepeña al sur, la sierra del Departamento de la Libertad y el sur de Cajamarca, todo ello sobre la base de una red vial nacional y departamental que facilita su articulación e integración progresiva al interno y conectividad con ejes viales de naturaleza binacional. (Municipalidad Provincial de Trujillo, 2009).

En ese sentido la actual vía (PE-10A) o carretera transversal nacional se convierte en un importante eje para el Intercambio de productos con la región alto andina constituyendo de vital importancia en la generación de bienestar económico - social para la ciudad de Trujillo.

Académicamente se justifica porque se está poniendo en práctica los conocimientos adquiridos en nuestra escuela. Esto con la finalidad dar una propuesta de mejora a la actual situación de la vía, con el objeto de diseñar una segunda calzada de pavimento flexible a todo el tramo comprendido en la zona urbana, que permita descongestionar la vía y beneficie a la comunidad que usa la vía diariamente. Así mismo con la construcción de una segunda vía, se pretende reducir el índice de accidentes de tránsito, a la vez que se optimizará los tiempos de recorrido de los vehículos que van de este a oeste y viceversa en la ciudad de Trujillo.

## II. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. Antecedentes de estudio

A través de una búsqueda realizada en la web en el repositorio nacional e Internacional de Grados y títulos, se encontró variada información relacionada al tema de nuestra investigación, dentro de lo cual destacamos los siguientes:

(Arteaga & Cristian, 2019) **Propuesta para mejorar la transitabilidad en los accesos del Hospital de Alta Complejidad de la Libertad “Virgen de la Puerta”, La Esperanza – Trujillo – La Libertad:** Propone como objetivo: Realizar un Estudio de Transitabilidad y de acuerdo a ello, proponer alternativas que permitan mejorar el tránsito en los accesos al hospital de alta complejidad de La Libertad. Se concluyó que finalizado el estudio de tránsito se pudo determinar el volumen promedio diario semanal en cada arteria, teniendo la Arteria 1: 1644 veh/día; Arteria 2: 1975 veh/día y la Arteria 3: 2030 veh/día. En cuanto a su composición, los vehículos más recurrentes son del tipo livianos (que va desde el 64% hasta el 84%) y combis (hasta 21%). El nivel de servicio es bueno en todas las vías, ya que, según el estudio, las arterias 1 y 2 clasifican como B y la Arteria 3 clasifica como A. El aporte principal para nuestro proyecto de investigación, es la aplicación de la metodología para el estudio de Tránsito y determinar el IMDA, determinantes en una propuesta vial.

(Bermúdez Delfin & Guzmán Díaz, 2016) **Estudio de transitabilidad vial en las calles de la asociación pro vivienda Virgen del Rosario, Distrito de Ancón, Lima:** Propone como objetivo: Diseñar el pavimento flexible en caliente de las calles la Asociación Pro Vivienda que permita favorecer a los pobladores, a los conductores, vehiculares y peatonales. Se concluyó que la mejor metodología para la zona es el Método AASHTO 93 y se validó el cumplimiento de los parámetros establecidos. El aporte principal para nuestro proyecto de investigación se puede apreciar en la aplicación de la metodología AASHTO 93 y en el diseño geométrico planteado.

(Gómez Vallejos, 2014) **Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo Grau - Trujillo - La Libertad**: Propone como objetivo: Efectuar los estudios de mecánica de suelos y tráfico para poder determinar la estructura del pavimento flexible. Su estudio concluyó que se encontró como material predominante una Arena Arcillosa y Arcilla de mediana plasticidad el cual dio como resultado un CBR de diseño de 8.20%, este valor es relativamente bajo debido al alto porcentaje de finos obtenido en la muestra. El aporte principal a nuestro trabajo de investigación es el procedimiento que se utilizó en la tesis, para el diseño de espesores de pavimentos y la estructura del pavimento flexible según la metodología AASHTO 93. (Chávez & Carrasco, 2013) **Diseño del pavimento Flexible de la carretera baños del Inca, Otuzco, Provincia de Cajamarca usando método AASHTO**. Plantea como objetivo: Efectuar el diseño de la estructura del pavimento flexible bajo los métodos propuestos analizando información existente requerida para el desarrollo del diseño. Se concluyó que la mejor metodología para la zona es el Método del Instituto del Asfalto debido que se optimizaron los espesores definidos por el Método AASHTO 93 y se validó el cumplimiento de los parámetros establecidos. El aporte principal para nuestro proyecto de investigación se puede apreciar que el análisis de costos realizado para el pavimento flexible, ya que nos brinda un método guía muy completo.

(Rengifo, 2014) **Diseño de pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189)** se propuso como objetivo realizar el diseño del pavimento flexible bajo las metodologías AASHTO e Instituto del Asfalto como también el diseño del pavimento rígido bajo metodologías AASHTO y PCA. Su estudio concluyó que el Índice Medio Diario Anual hallado a partir de los datos proporcionados por el MTC era 8,702 vehículos por día. Por otro lado, el número de ejes equivalentes de diseño es  $4.1E+07$  para el pavimento flexible y  $6.6E+07$  para el pavimento rígido, todo ello bajo características de con una subrasante era una arcilla de baja plasticidad (CL) según SUCS o A-6 (9) según AASHTO, con un índice de plasticidad de 12, un porcentaje pasante de la malla -200 de casi 84% y un valor de CBR de 7%. El aporte principal para nuestro proyecto

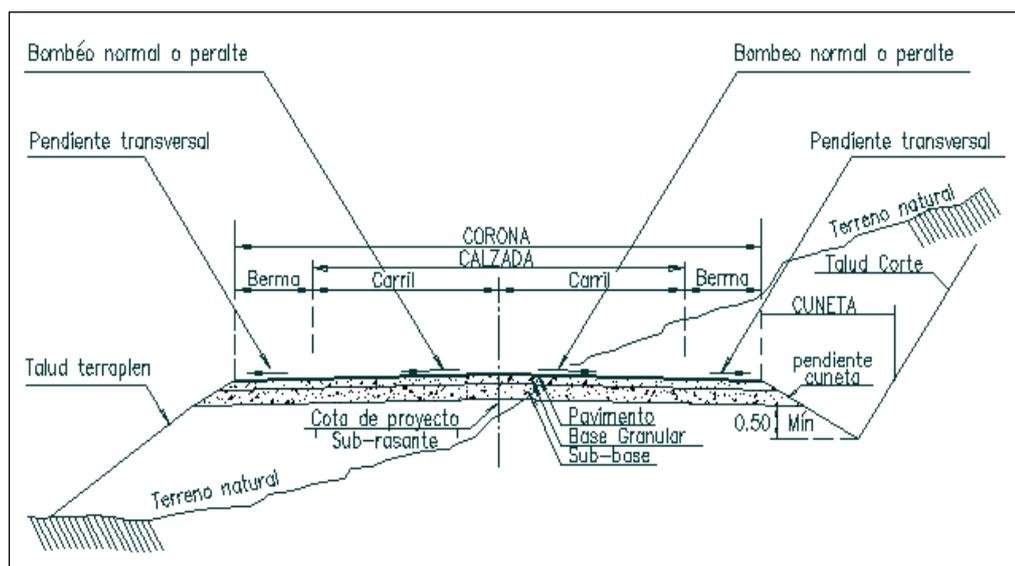
de investigación es que al comparar los métodos en el pavimento flexible que se diseñó, por AASHTO 93 se obtiene un numero estructurar menor que el método del Instituto del Asfalto, lo que por consiguiente se entendería que los espesores de las capas del pavimento son menores. Se podría esperar diseños similares para futuros pavimentos en zonas de estudio donde el tráfico vehicular como la composición de la subrasante sea parecida, se puede establecer que el método AASHTO 93 % es más económico.

## 2.2. Marco Teórico

### 2.2.1. Carretera

Es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

En el proyecto integral de una carretera, el diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional, con el fin de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente. (Cárdenas, 2013, pág. 1)



**Figura 2:** Sección Transversal de una carretera.  
Fuente: Ulate, 2015

## **Clasificación de las Carreteras:**

### **Según su función:**

Determinada según la necesidad operacional de la carretera o de los intereses de la nación en sus diferentes niveles:

#### **Carreteras Primarias o de Primer Orden**

Son aquellas vías troncales, transversales y de accesos a las capitales de los Departamentos, que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y de consumo del país y de éste con los demás países. Este tipo de carreteras puede ser de calzadas divididas según las exigencias del proyecto, y deben ser siempre pavimentadas.

#### **Carreteras Secundarias o de Segundo Orden**

Son aquellas vías que unen cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria. Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.

#### **Carreteras Terciarias o de Tercer Orden**

Son aquellas vías de acceso que unen cabeceras municipales con sus veredas, o que unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deben cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras Secundarias (Cárdenas, 2013, pág. 3)

### **Clasificación por demanda**

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

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

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6.000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de

ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

### **Autopistas de Segunda Clase**

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

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

### **Carreteras de Primera Clase**

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

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

(Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2018, pág. 12)

### **Carreteras de Segunda Clase**

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

### **Carreteras de Tercera Clase**

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

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2018, pág. 12)

### **Clasificación por Orografía:**

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

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

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

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

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios, sin mayores dificultades en el trazo.

#### **Terreno accidentado (tipo 3)**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de *tierras*, razón por la cual presenta dificultades en el trazo.

### Terreno escarpado (tipo 4)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazo. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2018, pág. 14)

### 2.2.2. Transitabilidad

Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo. (Ministerio de transportes, 2014)

### 2.2.3. Pavimento

Estructura construida sobre la sub-rasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: sub-base, base y capa de rodadura. Por lo general está conformada por las siguientes capas: Base, Sub Base y Capa de Rodadura.



**Figura 3:** Estructura del pavimento.  
Fuente ICG, 2006

**a.- Base.** - Es la Capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas obsesionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante (CBR  $\geq$ 80%) o será tratada con asfalto, cal o cemento.

**b.- Sub-base.-** Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular (CBR  $\geq$ 40%) o tratada con asfalto.

**c.- Capa de Rodadura.-** Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito. (Ministerio de transportes, 2014, pág. 21)

### **Clasificación de Pavimentos**

En nuestro medio los pavimentos se clasifican en: pavimentos flexibles, rígidos, semi-rígidos, flexibles, semi-flexibles y pavimentos articulados. (Montejo Fonseca, 2002)

#### **Pavimentos Flexibles**

Formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. (Montejo Fonseca, 2002)

#### **Pavimentos Rígidos**

Aquellos que están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyado sobre la Sub-rasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina Sub-base del pavimento rígido. (Montejo Fonseca, 2002)

#### **2.2.4. Elementos necesarios para la propuesta de un diseño vial**

El diseño de una carretera responde a una necesidad que debe ser justificada social y económicamente. Ambos conceptos deben relacionarse para establecer las características técnicas y físicas que debe tener la carretera que se proyecta para que los resultados buscados sean óptimos, siendo el estudio de la demanda uno de los elementos para el diseño de una vía o carretera. El tráfico sobre un determinado tramo de un camino se puede expresar en cantidad de vehículos que circulan por unidad de tiempo. Dentro de los principales elementos para la propuesta de un diseño vial, tenemos:

##### **Características del Transito**

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

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

Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2018, pág. 92)

## Calculo del Trafico Medio diario Anual (IMDA)

Para calcular el Índice Medio Diario Anual (IMDA) utilizamos la siguiente ecuación:

$$\text{IMDA} = \text{FC} \times \text{IMDS}$$

**Donde:**

**IMDS:** Índice Medio Diario Semanal.

**FC:** Factor de Corrección estacional

### **Vehículos de diseño.**

El Diseño Geométrico de Carreteras se efectuará en concordancia con los tipos de vehículos, dimensiones, pesos y demás características, contenidas en el Reglamento Nacional de Vehículos, vigente. Las características físicas y la proporción de vehículos de distintos tamaños que circulan por las carreteras, son elementos clave en su definición geométrica. Por ello, se hace necesario examinar todos los tipos de vehículos, establecer grupos y seleccionar el tamaño representativo dentro de cada grupo para su uso en el proyecto. Estos vehículos seleccionados, con peso representativo, dimensiones y características de operación, utilizados para establecer los criterios de los proyectos de las carreteras, son conocidos como vehículos de diseño. Al seleccionar el vehículo de diseño hay que tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía. Normalmente, hay una participación suficiente de vehículos pesados para condicionar las características del proyecto de carretera. Por consiguiente, el vehículo de diseño normal será el vehículo comercial rígido (camiones y/o buses). Las características de los vehículos tipo indicados, definen los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y sobre ancho de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.
- La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.
- La relación de peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles.

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor). Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2018, pág. 24)

## **Clasificación de los vehículos:**

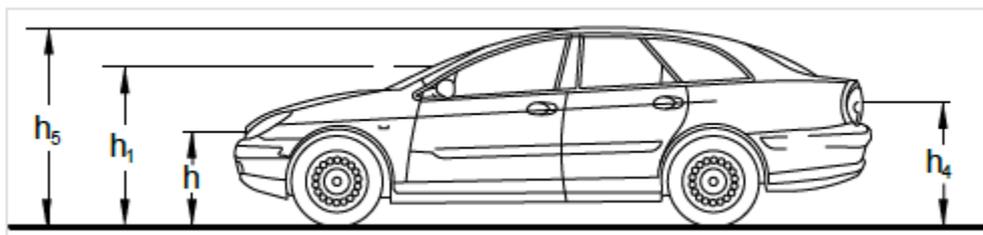
### **Vehículos Ligeros**

La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no condicionan el proyecto, salvo que se trate de una vía por la que no circulan camiones, situación poco probable en el proyecto de carreteras. A modo de referencia, se citan las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles:

- Ancho: 2.10 m.
- Largo: 5.80 m.

Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- $h$ : altura de los faros delanteros: 0.60 m.
- $h_1$ : altura de los ojos del conductor: 1.07 m.
- $h_2$ : altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0.15 m.
- $h_4$ : altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.
- $h_5$ : altura del techo de un automóvil: 1.30 m



**Figura 4:** Vehículo Ligero.

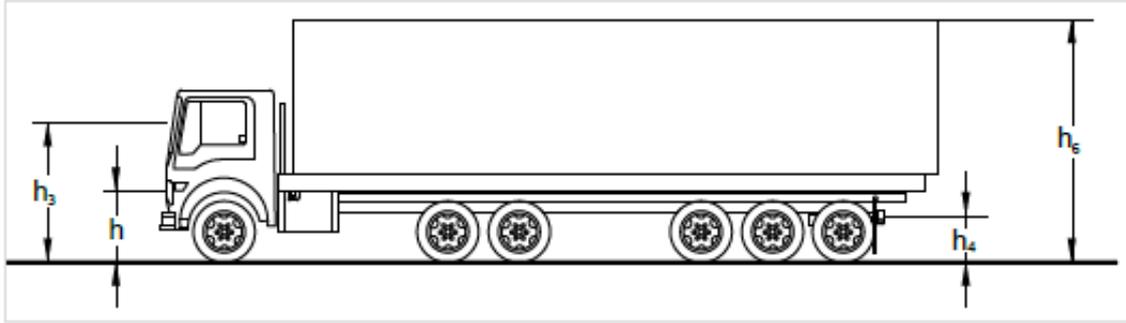
Fuente: Manual de carreteras, Diseño Geométrico MTC, 2018

## Vehículos Pesados

Las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- $h$ : altura de los faros delanteros: 0.60 m.
- $h_3$ : altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2.50 m.
- $h_4$ : altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.
- $h_6$ : altura del techo del vehículo pesado: 4.10 m

(Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2018, pág. 25)



**Figura 5:** Vehículo Pesado.

Fuente: Manual de carreteras, Diseño Geométrico MTC, 2018

### **Crecimiento del tránsito**

Una carretera debe estar diseñada para soportar el volumen de tráfico que es probable que ocurra en la vida útil del proyecto. No obstante, el establecimiento de la vida útil de una carretera, requiere la evaluación de las variaciones de los principales parámetros en cada segmento de la misma, cuyo análisis reviste cierta complejidad por la obsolescencia de la propia infraestructura o inesperados cambios en el uso de la tierra, con las consiguientes modificaciones en los volúmenes de tráfico, patrones, y demandas. Para efectos prácticos, se utiliza como base para el diseño un periodo de veinte años. La definición geométrica de las nuevas carreteras, o en el caso de mejoras en las ya existentes, no debe basarse únicamente en el volumen de tránsito actual, sino que debe considerar, el volumen previsto que va a utilizar esta instalación en el futuro. De esta forma, deberán establecerse los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño. Ello, además de fijar algunas características del proyecto, permite eventualmente, elaborar un programa de construcción por etapas. A continuación, se establece la metodología para el estudio de la demanda de tránsito:

$$T_n = T_o(1 + i)^{n-1}$$

**Donde:**

T<sub>n</sub> = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

T<sub>o</sub> = Tránsito actual (año base) en veh/día.

n = Año para el cual se calcula el volumen de tráfico

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito. Definida en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico (Tasa Anual de Crecimiento Poblacional) normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2018, pág. 95)

### **Velocidad de Diseño**

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño. En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios. Por ello, la velocidad de diseño a lo largo del trazo, debe ser tal, que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

El proyectista, para garantizar la consistencia de la velocidad, debe identificar a lo largo de la ruta, tramos homogéneos a los que, por las condiciones topográficas, se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, denominada Velocidad de Diseño del tramo homogéneo, es la base para la definición de las características de los elementos geométricos, incluidos en dicho tramo. Para identificar los tramos homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño, se debe atender a los siguientes criterios:

- La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño dada, debe ser de tres (3.0) kilómetros, para velocidades entre

veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4.0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 km/h).

- La diferencia de la Velocidad de Diseño entre tramos adyacentes, no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h). (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2018, pág. 96)

**Tabla 2:** Rangos de la velocidad de diseño en función de la clasificación de la carretera por demanda y orografía

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

*Fuente:* (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2018)

### 2.2.5. Niveles de Servicio

Acorde a la teoría de Capacidad de Carreteras, cuando el volumen del tránsito es del orden de la capacidad de la carretera, las condiciones de operación son malas, aun cuando el tránsito y el camino presenten características ideales. En efecto, la velocidad de operación considerada

fluctúa alrededor de 48 km/h para la totalidad de los usuarios y la continuidad del flujo será inestable, pudiendo en cualquier momento interrumpirse, pasando de un flujo máximo a un flujo cero, durante el período de detención. Es necesario, por tanto, que el volumen de demanda sea menor que la capacidad de la carretera, para que ésta proporcione al usuario un nivel de servicio aceptable. La demanda máxima que permite un cierto nivel o calidad de servicio es lo que se define como Volumen de Servicio. La metodología desarrollada por el TRB define cuatro Niveles de Servicio (A, B, C y D) que permiten condiciones de operación superior a las antes descritas. Cuando la carretera opera a capacidad se habla de Nivel E y cuando se tiene flujo forzado se le denomina Nivel F. Cuantitativamente, los Niveles de Servicio se establecen a partir de la Velocidad de Operación que permiten y la densidad (VL/km/carril), para las condiciones prevalecientes en la carretera. Dicho de otro modo, el límite inferior de un Nivel de Servicio queda definido por el volumen máximo que permite alcanzar la velocidad de operación especificada como propia de ese nivel. Los niveles de servicio abarcan un rango de volúmenes menores que el volumen de servicio, que permiten velocidades de operación mayores que la mínima exigida para cada nivel. Cuando el volumen disminuye y la velocidad de operación aumenta hasta el rango definido para el nivel superior, indica que se ha alcanzado dicho nivel; por el contrario, si el volumen aumenta y la velocidad disminuye, se pasa a las condiciones definidas para el nivel inferior.

Las características principales de operación correspondientes a cada nivel son:

**Nivel A:** Corresponde a las condiciones de libre flujo vehicular. Las maniobras de conducción no son afectadas por la presencia de otros vehículos y están condicionadas únicamente por las características geométricas de la carretera y las decisiones del conductor. Este nivel de servicio ofrece comodidad física y psicológica al conductor. Las interrupciones menores para circular son fácilmente amortiguadas sin que exijan un cambio en la velocidad de circulación.

- Nivel B:** Indica condiciones buenas de libre circulación, aunque la presencia de vehículos que van a menor velocidad pueden influir en los que se desplazan más rápido. Las velocidades promedio de viaje son las mismas que en el nivel A, pero los conductores tienen menor libertad de maniobra. Las interrupciones menores son todavía fácilmente absorbibles, aunque los deterioros locales del nivel de servicio, pueden ser mayores que en el nivel anterior.
- Nivel C:** En este nivel, la influencia de la densidad de tráfico en la circulación vehicular determina un ajuste de la velocidad. La capacidad de maniobra y las posibilidades de adelantamiento, se ven reducidas por la presencia de grupos de vehículos. En las carreteras de varios carriles con velocidades de circulación mayores a 80 Km/h, se reducirá el libre flujo sin llegar a la detención total. Las interrupciones menores pueden causar deterioro local en el nivel de servicio y se formarán colas de vehículos ante cualquier interrupción significativa del tráfico.
- Nivel D:** La capacidad de maniobra se ve severamente restringida, debido a la congestión del tránsito que puede llegar a la detención. La velocidad de viaje se reduce por el incremento de la densidad vehicular, formándose colas que impiden el adelantamiento a otros vehículos. Solo las interrupciones menores pueden ser absorbibles, sin formación de colas y deterioro del servicio.
- Nivel E:** La intensidad de la circulación vehicular se encuentra cercana a la capacidad de la carretera. Los vehículos son operados con un mínimo de espacio entre ellos, manteniendo una velocidad de circulación uniforme. Las interrupciones no pueden ser disipadas de inmediato y frecuentemente causan colas, que ocasionan que el nivel de servicio se deteriore hasta llegar al nivel F. Para el caso de las carreteras de varios carriles con velocidad de flujo libre

entre 70 y 100 km/h, los vehículos desarrollan velocidades menores, que son variables e impredecibles.

**Nivel F:** En este nivel, el flujo se presenta forzado y de alta congestión, lo que ocurre cuando la intensidad del flujo vehicular (demanda) llega a ser mayor que la capacidad de la carretera. Bajo estas condiciones, se forman colas en las que se experimenta periodos cortos de movimientos seguidos de paradas. Debe notarse que el nivel F se emplea para caracterizar tanto el punto de colapso, como las condiciones de operación dentro de la cola vehicular. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2018, págs. 122,123)

### **2.2.6. Estudio de Suelos**

La exploración e investigación del suelo es muy importante tanto para la determinación de las características del suelo, como para el correcto diseño de la estructura del pavimento. Si la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de las pruebas aún con exigencias de precisión, no tendrán mayor sentido para los fines propuestos.

Para la exploración de suelos y rocas primero deberá efectuarse un reconocimiento del terreno y como resultado de ello un programa de exploración e investigación de campo a lo largo de la vía y en las zonas de préstamo, para de esta manera identificar los diferentes tipos de suelo que puedan presentarse.

El reconocimiento del terreno permitirá identificar los cortes naturales y/o artificiales, definir los principales estratos de suelos superficiales, delimitar las zonas en las cuales los suelos presentan características similares, asimismo identificar las zonas de riesgo o poco recomendables para emplazar el trazo de la vía.

El programa de exploración e investigación de campo incluirá la ejecución de calicatas o pozos exploratorios, cuyo espaciamiento dependerá

fundamentalmente de las características de los materiales subyacentes en el trazo de la vía. Generalmente están espaciadas entre 250 m y 2,000 m, pero pueden estar más próximas dependiendo de puntos singulares, como en los casos de:

- Cambio en la topografía de la zona en estudio.
- Por la naturaleza de los suelos o cuando los suelos se presentan en forma errática o irregular.
- Delimitar las zonas en que se detecten suelos que se consideren pobres o Inadecuados.
- Zonas que soportarán terraplenes o rellenos de altura mayor a 5.0m.
- Zonas donde la rasante se ubica muy próxima al terreno natural ( $h < 0.6$  m).
- En zonas de corte, se ubicarán los puntos de cambio de corte a terraplén o de terraplén a corte, para conocer el material a nivel de subrasante.

### 2.3. Marco Conceptual

**ASFALTO:** Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo. (Ministerio de transportes, 2018)

**CALZADA:** Zona de la carretera destinada a la circulación de vehículos, con ancho suficiente para acomodar un cierto número de carriles para el movimiento de los mismos, excluyendo los hombros laterales. (Coronado Iturbide, 2002)

**CAMINO:** Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados y no motorizados, peatones y animales, con excepción de las vías férreas

**CARRETERA:** Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de

rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**CARRETERA PAVIMENTADA:** Carretera cuya superficie de rodadura, está conformada por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto Portland (rígida).

**CALICATA:** Excavación que se realiza en el terreno que nos permite estudiar la estratigrafía del suelo a diferentes profundidades.

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

**CARRIL ADICIONAL PARA CIRCULACIÓN LENTA:** Carril adicional situado a la derecha de los carriles principales, que permite desviarse a los vehículos que circulan con menor velocidad para permitir el adelantamiento de vehículos.

**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.

**CÓDIGO DE RUTA:** Identificación simplificada de una vía del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

**CRUCE PEATONAL:** Zona transversal al eje de una vía, destinada al cruce o paso de peatones mediante regulación de la prioridad de paso.

**DERECHO DE VÍA:** Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera y todos los elementos que la conforman, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario. Su ancho se establece mediante resolución del titular de la autoridad competente respectiva. Las obras necesarias para garantizar la seguridad y funcionamiento hidráulico en los ríos, quebradas y otros cursos de agua, no están limitadas a la indicada faja del terreno que constituye el Derecho de Vía.

**EJE DE LA CARRETERA:** Línea longitudinal que define el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. Para el caso de autopistas y carreteras duales el eje se ubica en el centro del separador central.

**ENSANCHE DE PLATAFORMA:** Obra de una carretera que amplía su sección transversal, utilizando parte.

**ESTUDIO DE SUELOS:** Documento técnico que engloba el conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tiene por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las solicitaciones de carga.

**FLUJO DE TRÁNSITO:** Movimiento de vehículos que se desplazan por una sección dada de una vía, en un tiempo determinado.

**GRANULOMETRÍA:** Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.

**ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA):** Volumen promedio del tránsito de vehículos en ambos sentidos de la carretera, durante 24 horas, de una muestra vehicular (conteo vehicular), para un período anual.

**INVENTARIO VIAL:** Registro ordenado, sistemático y actualizado de una carretera o de un sistema vial existente, especificando su ubicación, características físicas y estado operativo.

**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:** Conjunto de operaciones de medidas efectuadas en el terreno para obtener los elementos necesarios y elaborar su representación gráfica.

**LÍMITE LÍQUIDO:** Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

**LÍMITE PLÁSTICO:** Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semi-sólido.

**MATERIAL DE CANTERA:** Material de características apropiadas para su utilización en las diferentes partidas de construcción de obra, que deben estar económicamente cercanas a las obras y en los volúmenes significativos de necesidad de la misma.

**NIVELES DE SERVICIO:** Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.

**ÓVALO O ROTONDA:** Intersección dispuesta en forma de anillo (circular u oval) al que acceden, o del que parten, tramos de carretera, siendo único el sentido de circulación en el anillo.

**PERFIL LONGITUDINAL:** Trazo del eje longitudinal de la carretera con indicación de cotas y distancias.

**PLATAFORMA:** Superficie superior de una carretera, incluye calzadas o superficie de rodadura, bermas, veredas, separadores centrales y cunetas, según corresponda.

**PUNTO DE CONFLICTO:** Tramo o segmento del camino donde existe un grave riesgo de que ocurra o derive en un posible accidente, debido a las condiciones orográficas, climatológicas, visibilidad, adecuación de los componentes del camino a la normativa vigente, usuarios vulnerables y otros en los que la conducción de un vehículo se dificulta para un conductor diligente.

**PUNTO DE INTERSECCIÓN:** Punto en que se cortan las prolongaciones de dos tangentes sucesivas, conocido como PI.

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

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

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

**RUTA:** Carretera definida entre dos puntos determinados, con origen, itinerario y destino debidamente identificados.

**SECCIÓN TRANSVERSAL:** Representación de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas, que nomina y dimensiona los elementos que conforman la misma, dentro del Derecho de Vía. Hay dos tipos de sección transversal: General y Especial.

**SECCIÓN TRANSVERSAL GENERAL:** Está conformada por los elementos de la carretera, tales como: calzada o superficie de rodadura (constituida por carriles), bermas, taludes, sistema de drenaje (cunetas, alcantarillas, zanja de coronación badenes y otros) y obras complementarias (muros, ductos y cámaras para fibra óptica, elementos del sistema de señalización, seguridad vial e infraestructura para dispositivo de control de tránsito inteligente y otros).

**SEÑALIZACIÓN VIAL:** Dispositivos que se colocan en la vía, con la finalidad de prevenir e informar a los usuarios y regular el tránsito, a efecto de contribuir con la seguridad del usuario.

**SEPARADOR:** Espacio o dispositivo estrecho y ligeramente saliente, distinto de una franja o línea pintada, situado longitudinalmente para separar el tránsito de la misma o distinta dirección y dispuesto de tal forma que limite e impida el paso de vehículos entre calzadas o carriles.

**SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS (SINAC):** Conjunto de carreteras conformantes de la Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural.

**SUB-BASE:** Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base.

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

**SUPERFICIE DE RODADURA:** Plano superficial del pavimento, que soporta directamente las cargas del tráfico.

**TRAMO:** Parte continúa de una carretera.

**TRANSITABILIDAD:** Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular y fluido durante un determinado periodo.

**TRÁNSITO:** Conjunto de desplazamientos de personas, vehículos y animales por las vías terrestres de uso público (Circulación).

**VEHÍCULO:** Todo medio capaz de desplazarse que sirve para transportar personas o mercancías y que se encuentra comprendido dentro de la clasificación vehicular del Anexo I del Reglamento Nacional de Vehículos.

**VEHICULO LIVIANO:** Vehículo automotor de peso bruto mayor a 1,5 t hasta 3,5 t.

**VEHICULO LIVIANO DE USO PRIVADO (Ligero):** Vehículo automotor de peso bruto hasta 1,5 t.

**VEHICULO PESADO:** Vehículo automotor de peso bruto mayor a 3,5 t.

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

**VELOCIDAD DE OPERACIÓN:** Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, sin sobrepasar la velocidad de diseño de tramo homogéneo.

**VÍA DE EVITAMIENTO:** Vía que se construye para evitar atravesar una zona urbana.

**VÍA DE SERVICIO:** Vía secundaria paralela a una carretera, conectada a ésta solamente en algunos puntos y que sirve a las propiedades o edificios contiguos. Puede ser con sentido único o doble sentido de circulación.

**VÍA URBANA:** Arterias o calles conformantes de una red vial de una ciudad o centro poblado que no es integrante del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). (Ministerio de transportes, 2018)

## 2.4. Hipótesis

¿La propuesta de diseño vial de la segunda calzada, permitirá mejorar la Transitabilidad vehicular, en el tramo comprendido desde el Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 0 + 000 hasta la progresiva Km 03 + 830 m de la ciudad de Trujillo, Departamento de la Libertad, el año 2019?

## 2.5. Variables e indicadores

### Variable Independiente

#### ➤ Propuesta de diseño Vial

#### Indicadores

- IMDA: Conteos Vehiculares
- Levantamiento Topográfico: Altimetría, Equidistancias, Pendiente, Vista en planta de la nueva vía.
- Estudio de Suelos: Granulometría, Límites de Consistencia, Contenido de Humedad, Densidad máxima.
- Diseño Geométrico: Alineamiento, Perfiles Longitudinales, Secciones Transversales del nuevo trazo, Derecho de Vía.
- Diseño estructural del Pavimento: Metodología AASHTO 93, CBR, Proctor modificado.
- Señalización: Horizontal y Vertical de la nueva vía.

## **Variable Dependiente**

### **➤ Transitabilidad Vial**

#### **Indicadores:**

- IMDA: Conteos vehiculares
- Niveles de servicio: A, B, C, D, E, F
- Levantamiento Topográfico: Altimetría, Equidistancias, Pendiente, Vista en planta de la carretera actual.
- Estudio de Suelos: Granulometría, Límites de Consistencia, Contenido de Humedad, Densidad máxima.

## Cuadro de Operacionalización de variables

**Tabla 3:** Variable Dependiente: Transitabilidad vial

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>TRANSITABILIDAD VIAL</b>	Nivel de servicio de la Infraestructura vial, que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular y fluido durante un determinado periodo.	Operacionalmente el estudio de transitabilidad vial, se hará para realizar un diagnóstico actual de la vía en uso para ver las condiciones actuales de la carretera y a partir de ello establecer las características del trazo vial de la segunda calzada, de acuerdo a las normas vigentes del MTC.	Índice medio diario Anual (IMDA)	Conteos vehiculares	Und
			Nivel de Servicio	A-B-C-D-E-F	veh/hora / carril
			Levantamiento Topográfico	Levantamiento Altimétrico	Intervalo (msnm)
				Equidistancias	Intervalo (m)
				Pendiente del terreno	Intervalo (%)
				Vista en Planta	Intervalo (m)
			Estudio de Suelos	Granulometría	Razón (%)
				Peso Específico de los sólidos	Intervalo (gr/cm <sup>3</sup> )
				Contenido de Humedad	Razón (%)
				Límites de Atterberg	Razón (%)

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 4:** Variable Independiente: Propuesta de diseño vial

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>PROPUESTA DE DISEÑO VIAL</b>	Vía o carretera. - Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (Ministerio de transportes, 2018)	Operacionalmente la propuesta de diseño vial implica la ampliación a una segunda calzada y por ende una nueva propuesta de sección transversal que de mayor fluidez al tráfico y mejore la transitabilidad vial del tramo Urbano Km 0+00 al Km 0+3830. Para lo cual se aplicará la mejora en base a los datos obtenidos del campo, tales como: la topografía del terreno, resultados del ensayo de mecánica de suelos, IMDA, etc. De tal manera que el diseño del pavimento tanto geométricamente y estructuralmente sean los más óptimos.	IMDA	Conteos vehiculares	Und
			Levantamiento Topográfico	Levantamiento Altimétrico	Intervalo (msnm)
				Equidistancias	Intervalo (m)
				Pendiente del terreno	Intervalo (%)
				Vista en Planta	Intervalo (m)
			Estudio de Suelos	Granulometría	Razón (%)
				Límites de consistencia	Razón (%)
				Contenido de Humedad	Razón (%)
				Densidad Máxima	Intervalo (gr/cm3)
			Diseño Geométrico	Alineamiento	Intervalo (m)
				Perfiles Longitudinales	Intervalo (km)
				Secciones Transversales	Intervalo (m2)
				Derecho de Vía	Intervalo (m)
			Diseño estructural del Pavimento	CBR	Razón (%)
				Proctor Modificado	Razón (%)
AASHTO 93	Razón (%)				
Método del Instituto del Asfalto	Razón (%)				
Diseño de Señalización	Señalización Horizontal	Und			
	Señalización Vertical	Und			

*Fuente:* Elaboración propia.

### III. METODOLOGÍA EMPLEADA

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

##### Tipo de Investigación

**Investigación Aplicada:** Se aplica conocimientos teóricos de un Proyecto de Carreteras para poder mejorar la transitabilidad vial del tramo: PE-10A km 0+000 a Km 3+830 de la Ciudad de Trujillo, Departamento de la Libertad.

##### Nivel de la Investigación

**Investigación Descriptiva:** Se mide conceptos relacionados con una propuesta vial de mejora, pudiendo así observar y describir los fenómenos que se suscitan en la presente investigación.

$$M : o : Pv$$

**Donde:**

**M:** Representa la muestra

**o:** Representa lo que Observamos.

**Pv:** Representa la nueva propuesta vial

#### 3.2. Población y muestra de estudio

##### Población

Carretera Longitudinal de la sierra Tramo 2 (Sub-Tramo 15 - PE-10A) que comprende desde el Ovalo La Marina Trujillo progresiva Km 000 + 000 hasta la progresiva Km 069 + 825 m Dv. Otuzco, Departamento de la Libertad.

## Muestra

Tramo comprendido desde el Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 000 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m del distrito y Provincia de Trujillo, departamento de la Libertad.

### 3.3. Diseño de investigación

**Diseño No-Experimental:** Al inicio del estudio; se observa y se recoge los problemas existentes en la vía de estudio, tales como: tráfico, contaminación, entre otros. Ello para conocer la actual situación de la carretera (Pre experimental), y luego de aplicar la propuesta de diseño vial de una segunda calzada, se aplica nuevamente, para conocer el impacto de la propuesta (estudio post experimental).

### 3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

*Tabla 5: Técnicas e Instrumentos de investigación*

TÉCNICA	INSTRUMENTO	INFORMANTES O FUENTES	DESCRIPCIÓN
Estudio de Tráfico Vehicular	Formato según MTC, para Conteos vehiculares	Tesistas y personal de apoyo	Esta técnica permitirá reunir información del actual diagnóstico del Tráfico del tramo de estudio.
Niveles de Servicio	Observación de campo	Tesistas	Permite determinar el actual servicio de transitabilidad que brinda la vía de estudio.
Levantamiento Topográfico	Estación Total, Nivel Topográfico, Estacas, Mira	Topógrafo, Tesistas	Sirve para levantar Información en cuanto a altimetría, Equidistancia, Pendiente del terreno, Secciones Transversales para proponer el diseño vial.
Estudio de Suelos	Muestra Estratigráfica de suelos	Tesistas, personal de apoyo	Esta permitirá recolectar información sobre la Estratigrafía del suelo a fin de verificar la resistencia del suelo y finalmente realizar la propuesta de diseño de pavimentos.
Diseño estructural del pavimento	Según Metodología AASHTO 1993	Tesistas	Esto nos permitirá diseñar estructuralmente el pavimento para la segunda calzada del tramo de estudio.

*Fuente: Elaboración propia*

### **3.5. Procesamiento y análisis de datos**

Para la presente investigación se realizó un análisis de datos cuantitativos, de la siguiente forma:

Para el estudio de tráfico vehicular los datos se analizaron mediante un conteo de vehículos donde se pudo observar las horas puntas del tráfico en la zona además clasificar el tipo de vehículos en formatos de tablas de Excel según las categorías de Manual de Carreteras (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2018, pág. 278)

Para el estudio de suelos se tomaron muestras estratigráficas de la zona de estudio de 08 calicatas cada 500 metros a cada lado del eje de la carretera existente como lo determina el Ministerio de Transportes y se envió para su análisis a un laboratorio especializado.

El estudio Topográfico se realizó haciendo un levantamiento a la zona con una estación total, nivel óptico, GPS, Estacas. Y mediante el uso de programas especializados de ingeniería como el AutoCAD CIVIL y Excel se procesó los datos tomados en campo.

En los siguientes objetivos que proponemos desarrollar como: diseño estructural del pavimento según normas y manuales acorde a los parámetros de diseño según la metodología AASHTO 93, el diseño geométrico del tramo: Ruta PE-10A (km 0+000 a km 03+830) vía nacional de penetración a la sierra Liberteña, Señalización Vertical y Horizontal se realizó, mediante programas, normas y manuales de Ingeniería de caminos de nuestro país.

## **IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1. Análisis e Interpretación de resultados:**

#### **a. Diagnóstico de la situación actual de la vía:**

El Tramo de estudio pertenece a la vía longitudinal de la sierra; tramo 2 (Ruta PE-10A). Es una carretera de tipo nacional que inicia en el Ovalo la Marina Km 0+000 y se ubica a una altitud de 19 m.s.n.m. Constituye el décimo eje transversal del país y cruza transversalmente la parte sur de la ciudad de Trujillo, límite con la zona industrial de moche. Una zona en constante crecimiento urbano, cruzando desde el lado Sur Oeste al Este de la ciudad, las urbanizaciones de Santa María V Etapa, Casuarinas, Villa contadores, Semi Rustica el Bosque, etc.

La Ciudad de Trujillo, de acuerdo al último censo 2017 cuenta con un total 970,016 habitantes registrando un crecimiento demográfico apreciable si tenemos en cuenta la importancia socio económica que representa para las ciudades cercanas.

Las áreas destinadas para la circulación colindante con la vía, están definidas por secciones de vías con características irregulares, ya sea por la falta de planificación Urbana, que trajo consigo otros problemas como: el crecimiento o trazo desordenado de las calles y avenidas, necesarias para la circulación vehicular y peatonal, así como espacios para áreas verdes. Las condiciones físicas del área de algunas avenidas perpendiculares, tales como la Prolongación de la Av. Gonzales Prada, están aún conformados por tierra polvorienta y volátil, debido a esta es que puede apreciarse que los pobladores tienen que regar su frontera mínimo dos veces durante el día para evitar la generación de la polución o polvo que genera por el tráfico vehicular existente. La Av. Prolongación Francisco de Zela que se encuentra con interferencias en su futura prolongación, o la Av. Santa Rosa (Lado perteneciente a la ciudad de Trujillo) que igualmente está aún conformada, por tierra polvorienta y volátil. Sin embargo, uno de

los problemas que crece día a día es el congestionamiento vehicular y los problemas que se desprende de este, como: la contaminación atmosférica, la sonora entre otras, por ello surge la idea de plantear y dar solución a los problemas que nos vienen aquejando.

**PANEL FOTOGRAFICO**



**Figura 6:** Estado actual de la Red Vial Nacional PE-10A.  
Fuente MTC, 2017



**Figura 7:** Estado actual de la Prolongación de la Av. Gonzales Prada.  
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 6:** Características actuales de la vía

<b>ESTADO ACTUAL DE LA VIA</b>	
<b>CARACTERISTICAS TÉCNICAS</b>	
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>	Carretera Longitudinal de la Sierra, Tramo 2 (PE-10A) km 0+000 – km Ov. La Marina – Quirihuac – Shiran – Dv. Otuzco – Emp. PE-3N (Shorey).
<b>RED VIAL</b>	Nacional (Ruta PE-10A) D.S. N°011-2016-MTC
<b>CLASIFICACIÓN DE LA VIA:</b>	Carretera de primera y Segunda clase
<b>Longitud total de la Vía</b>	121.670 km
<b>Tramo de Estudio</b>	Km 0+000 - 3+830
<b>IMDA</b>	16,157 Veh/día
<b>NIVEL DE SERVICIO “E”</b>	El Volumen del Tráfico vehicular, supera a la capacidad vial, de la carretera.
<b>Velocidad directriz</b>	40 y 60 KPH
<b>Características de la vía y el pavimento</b>	Pavimento flexible
<b>Tipo de material de la superficie de rodadura</b>	Asfalto en caliente
<b>Estado de conservación</b>	Buena
<b>Alineamiento Horizontal</b>	
<b>Radio Mínimo</b>	30.00 m
<b>Alineamiento Vertical</b>	
<b>Pendiente Mínima</b>	0.5 %
<b>Pendiente Máxima</b>	8.0% a 10%
<b>Sección Transversal Actual</b>	
<b>Número de carriles</b>	2
<b>Ancho de Carril</b>	3.60 m
<b>Ancho de bermas</b>	Variable de 0.30 - 1.20 m
<b>Ancho de calzada</b>	7.20 m
<b>Bombeo</b>	2.0 %
<b>Peralte</b>	3.00 %
<b>Derecho de vía</b>	20.00 m
<b>Talud en relleno</b>	1.00 - 1.50 m

*Fuente:* Elaboración propia

## **b. Descripción del proyecto:**

### **Ubicación Del Proyecto:**

La ciudad de Trujillo es la capital política de la Región La Libertad. Está situada en la costa norte del litoral peruano, 554 Km al norte de Lima, a una altitud media de 34 msnm. Trujillo está establecida sobre una llanura de la costa de la región y presenta una topografía suave por lo cual su relieve es poco accidentado, pues se asienta sobre una planicie. Las zonas de baja altitud de la ciudad se encuentran muy cerca del Océano Pacífico y las zonas de mayor altitud están próximas a las primeras estribaciones andinas que se presentan en la zona.

**Departamento** : La Libertad

**Provincia** : Trujillo

**Distrito** : Trujillo

**Localidad** : Carretera PE-10A Km 0+000 – Km 03+830.

**Inicio del Tramo punto notable Km 0+000 Emp. Ovalo La Marina – PE 1N – P-10A**

**Coordenadas Este:** 79.020708940

**Norte:** 8.131030465

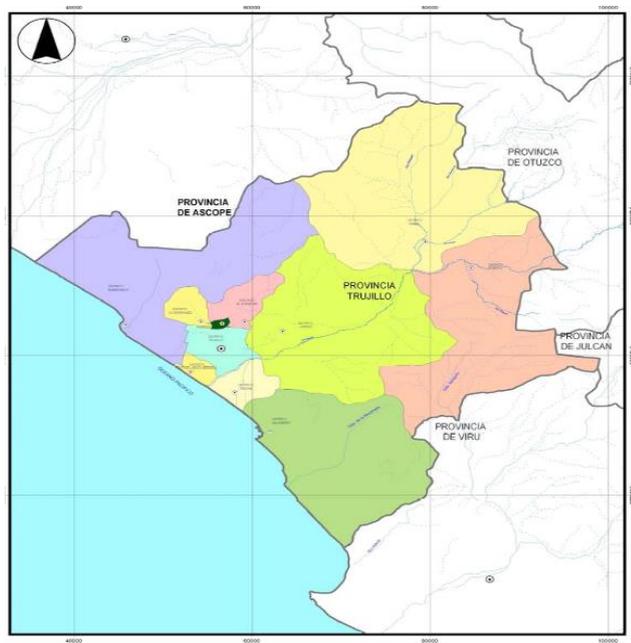
**Altitud:** 19.03 m.s.n.m.

**Término del Tramo de Estudio Km 3+830 Intersección Av. Federico Villarreal – P-10A.**

**Coordenadas Este:** 78.996305370

**Norte:** 8.108941880

**Altitud:** 44.886 m.s.n.m.



**Figura 8:** Ubicación del Proyecto  
*Fuente: Elaboración Propia*

**Límites del Tramo de estudio: Carretera PE-10A (Km: 0+000 – Km 03+830):**

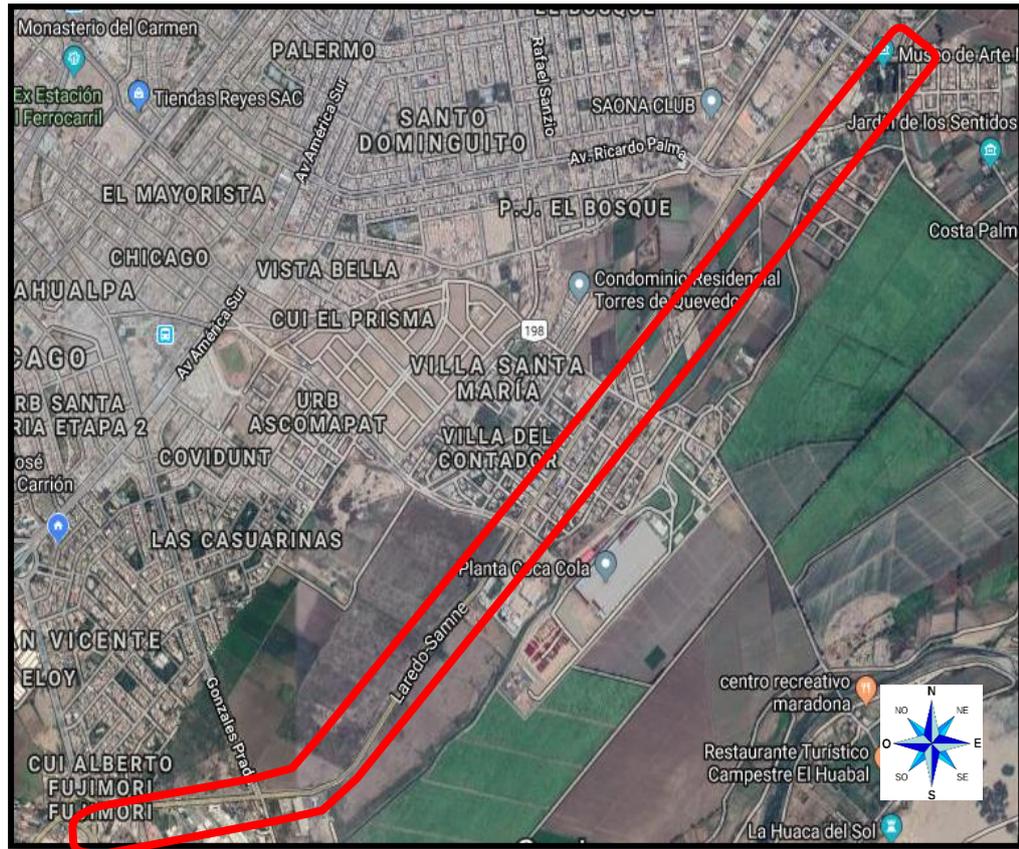
El tramo de estudio colinda por:

Norte : Distrito de Trujillo.

Sur : Zona Industrial, Distrito de Moche.

Oeste : Distrito de Trujillo y Moche.

Este : Distrito de Moche y Laredo.



**Figura 9:** Límites del Tramo de Estudio.  
Fuente Google Maps, Elab. Propia

## CARACTERÍSTICAS GENERALES

### a) Extensión

La provincia de Trujillo cuenta con una extensión territorial de 1,769.00 km<sup>2</sup>. Su territorio está constituido por pampas costeras conformadas por terrazas aluviales y marinas, dunas y mantos de arena eólica de grosor variable y micro zona de cono aluvial y cono terraza fluvio aluvial.

## b) Altitud

Trujillo cuenta con una altura mínima de 3 msnm en los distritos de Salaverry Víctor Larco, y una altura máxima de 627 msnm en el distrito de Poroto. El distrito de Trujillo, capital de la provincia se encuentra a una altura de 34 msnm.

## c) Población

Según el XII Censo Nacional de Población, realizado en el año 2017 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el departamento de La Libertad posee una población de 1' 778, 080 habitantes (6,1 % del total nacional), situándolo como el tercero más poblado del país, después de Lima (35,7 %) y Piura (6,3). Las cifras reflejan una alta concentración en la ciudad capital Trujillo, con una población de 970,016 habitantes, al albergar al 54,6 % de la población departamental. El 51,2 % de la población es femenina y el 48,8 % masculina. Según ámbito geográfico, el 78,9 % de la población es urbana y el 21,1 % rural.

**Tabla 7:** *La Libertad: Superficie y población 2017*

<b>La Libertad: Superficie y Población 2017</b>		
<b>Provincia</b>	<b>Superficie (Km<sup>2</sup>) <sup>11</sup></b>	<b>Población</b>
Trujillo	1 769,000	970 016
Ascope	2 655,000	115 786
Bolívar	1 719,000	14 457
Chepén	1 142,000	78 418
Julcán	1 101,000	28 024
Otuzco	2 111,000	77 862
Pacasmayo	1 127,000	102 897
Pataz	4 227,000	76 103
Sánchez Carrión	2 486,000	144 405
Santiago de Chuco	2 659,000	50 896
Gran chimú	1 285,000	26 892
Virú	3 215,000	92 324
<b>TOTAL</b>	<b>25 500,000</b>	<b>1 778 080</b>

*Fuente:* INEI (2017)

#### **d) Topografía**

Trujillo está establecida sobre una llanura de la costa de la región y presenta una topografía suave por lo cual su relieve es poco accidentado, pues se asienta sobre una planicie. Las zonas de baja altitud de la ciudad se encuentran muy cerca del Océano Pacífico y las zonas de mayor altitud están próximas a las primeras estribaciones andinas que se presentan en la zona.

#### **e) Clima**

Tiene un clima promedio de 18°C a 23°C, con una humedad promedio al 75%, además de la presencia de lluvias que son muy escasas y que se manifiestan en forma de lloviznas o garuas, excepto durante los meses de enero a abril donde se presentan eventualmente lluvias fuertes pero de corta duración sobre todo en épocas en las que se manifiesta el fenómeno del niño.

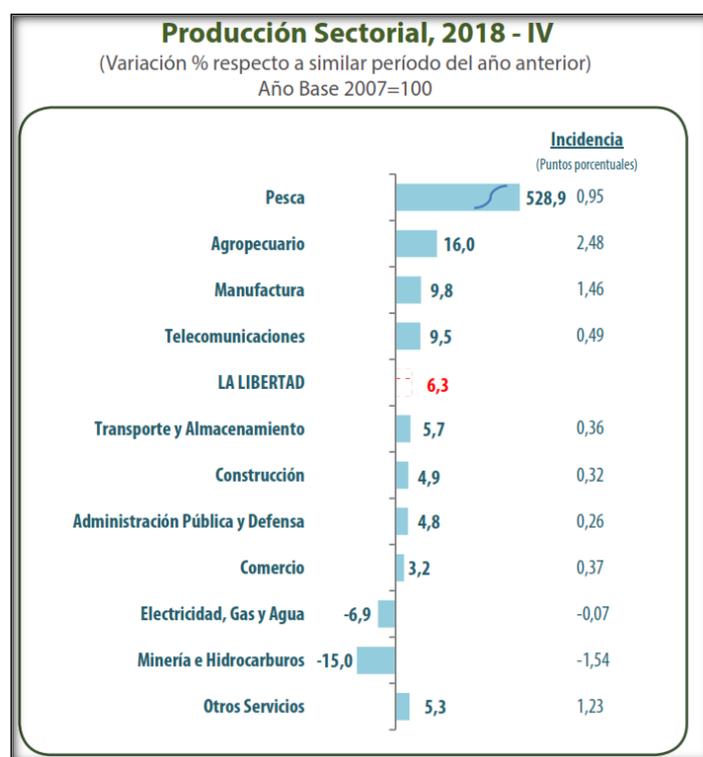
#### **f) Vías de Acceso**

Se accede por el lado sur de la ciudad de Trujillo a través de la carretera Panamericana sur, altura de la progresiva Km 563, ovalo La Marina, desde el cual se inicia la vía PE-10A; Eje longitudinal que pertenece a la red vial nacional de nuestro país y permite la conexión con los pueblos de la sierra Libertena, donde se inicia el tramo de nuestro estudio en la progresiva Km 0+000 a la progresiva Km 3+830 en la jurisdicción del distrito y provincia de Trujillo, Departamento de la Libertad.

#### **g) Actividades Económicas**

Según el Informe técnico N° 01 del (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019) – “Indicador de la actividad productiva departamental”- INEI. La actividad productiva departamental de La Libertad registra un comportamiento favorable por 7 trimestres consecutivos, creciendo en 6,3% para el último trimestre de 2018, impulsado por el sector **Agropecuario**, ante el aumento de la

producción agrícola de arándano, ají, caña de azúcar y chocho o tarhui (primer productor de estos productos a nivel nacional), seguido de maracuyá, palta, zapallo y uva, asimismo en el subsector **pecuario** se incrementó la producción de huevos, ave, porcino y leche fresca. El comportamiento positivo del sector **Manufactura** se atribuye a la mayor producción de harina y aceite de pescado, procesamiento y conservación de carnes (ave, porcino y vacuno), además de la producción de cemento. El sector **Telecomunicaciones** estuvo influenciado por las líneas de telefonía móvil en servicio, asociado a la mayor demanda de los servicios de cable e internet fijo.



**Figura 10:** La Libertad: Producción sectorial.  
Fuente INEI, 2019

La ciudad de Trujillo es el reflejo de actividad económica de la región La Libertad y muchas veces es el reflejo del dinamismo económico de la macro región norte del país. Trujillo es el principal centro urbano industrial del norte peruano; es el principal centro de servicios y de equipamiento social desde Lima hasta el norte del país, y; principal

centro urbano de apoyo a la actividad agrícola del departamento de La Libertad. (Municipalidad Provincial de Trujillo, págs. 68,70)

Entre las principales actividades económicas se encuentran:

**La agricultura** (valles costeros de Santa Catalina, Chicama, Jequetepeque, Virú y Chao y los valles alto andinos de Sánchez Carrión, Otuzco y Santiago de Chuco en la sierra de La Libertad), la agricultura genera en promedio, la cuarta parte del PBI del Departamento.

**Producción de aves y huevos;** a través de la crianza de aves de carne y aves de postura (los valles de Trujillo y Virú).

**La producción de ganado** vacuno, porcino, ovino y caprino (provincias andinas de la sierra), la producción de derivados del ganado porcino (Trujillo y Chepén).

**La pesca,** es el puerto de Malabrigo donde se concentra más del 90% de embarque de productos hidrobiológicos, el resto es enviado a través del puerto de Salaverry.

**Minería:** La Libertad es uno de los departamentos más importante en la producción de oro a nivel nacional. En la provincia de Patate se produce la mayor cantidad de este metal; sin embargo, en las provincias de Gran Chimú y Santiago de Chuco se ubican los principales centros mineros polimetálicos (plata, cobre, plomo, zinc). La producción minera aporta con cerca del 5% al PBI regional.

**La producción industrial** del Departamento contribuye aproximadamente en un 30% del PBI regional. Cerca del 50% de esta producción proviene de la agroindustria relacionada con la industria azucarera y sus derivados; así como, con la producción de conservas de espárragos.

**El sector manufacturero** está compuesto principalmente por micro empresas que representan cerca del 98% de las unidades empresariales. Aproximadamente, el 40% de estas unidades empresariales se orientan a la confección y fabricación del calzado, el resto de empresas se dedican principalmente al rubro de alimentos y bebidas, y al de metal mecánica. El 50% de las Pymes dedicadas a la manufactura del calzado se localiza en el distrito de El Porvenir, el resto se distribuye en el distrito de La Esperanza, Florencia de Mora y Trujillo.

**La actividad comercial** de la Región está concentrada en la provincia de Trujillo, principalmente en la ciudad, donde se instala cerca del 70% de agentes económicos de la Provincia. Muchas de las actividades comerciales están asociadas al turismo regional. Trujillo cuenta con importantes recursos turísticos, muchos de ellos todavía no son considerados como “producto turístico”; sin embargo, el valioso patrimonio cultural y arqueológico, como la ciudadela de Chan-Chan, las Huacas del Sol y de La Luna, su Centro Histórico, el paisaje de su territorio y el desarrollo gastronómico de los últimos años, perfilan a la ciudad como un destino turístico obligado a nivel nacional, y puerta de entrada a los otros destinos turísticos del norte del país, como el Complejo Arqueológico de “El Brujo”, en la provincia de Ascope, el museo de Tumbas Reales de Sipán, en Lambayeque, las playas de Piura, los manglares de Tumbes, entre otros. (Municipalidad Provincial de Trujillo, 2012)

### **Construcción**

La construcción ha registrado en periodo 2008-2017, un crecimiento promedio anual de 5,2 %. El auge inmobiliario y de edificación de centros comerciales en la ciudad de Trujillo fue coadyuvado por el crecimiento económico, mayor financiamiento y generación de empleo que experimentó el departamento, en los últimos años.

El crédito hipotecario incrementó su participación en el VAB departamental, de 2,7 por ciento a 4,4 % entre los años 2007 y 2017.

Cabe destacar el impulso inicial que dio el sector público mediante programas de financiamiento como crédito Mi vivienda y Techo Propio. En el primer caso, en La Libertad se registró un financiamiento acumulado de S/ 591,9 millones durante el periodo junio de 1999-diciembre de 2017 (7 684 créditos desembolsados); mientras que, en el segundo caso, se desembolsó un monto acumulado en bonos familiares habitacionales de S/ 892,5 millones (equivalente a 49 217 número de desembolsos) durante entre agosto de 2003 y diciembre de 2017.

La edificación de centros comerciales coadyuvó también al crecimiento del sector. Entre los principales proyectos ejecutados se encuentran: Mall Aventura Plaza, Real Plaza Trujillo, Los Jardines Open Plaza, Plaza Veá Chacarero, Penta Mall Mansiche, entre otros. (Banco Central de Reserva del Perú, 2018)

#### **h) Servicios existentes:**

##### **Energía Eléctrica.**

La población de Trujillo cuenta con el servicio de energía eléctrica, la empresa encargada de la distribución de energía es Hidrandina S.A.

##### **Medios de Comunicación**

La población trujillana tiene acceso a diversos medios de comunicación: emisoras radiales, canales de televisión a nivel nacional por sistema analógico y servicios de cable; así mismo tienen acceso a los principales diarios del distrito y de la capital.

##### **Telefonía**

Trujillo cuenta con diversas empresas que ofrecen su servicio de telefonía fija y móvil, entre las que destacan: Claro, Movistar, Entel, Bitel entre otras.

## Agua Potable - Distrito de Trujillo

En cuanto al agua potable la empresa encargada de abastecer de agua a la Provincia de Trujillo, es actualmente: SEDALIB.

El Sistema de Abastecimiento de la ciudad de Trujillo utiliza como fuente el agua superficial que proviene de la Planta de Tratamiento Chavimochic. Este sistema de captación está conformado por una Bocatoma, ubicada en el río Santa, hasta la planta de tratamiento del Alto Salaverry. Adicionalmente, se aprovecha las aguas subterráneas provenientes del Acuífero del Valle Santa Catalina.

**Tabla 8:** *Trujillo: Producción de agua potable, 2011*

**Área Metropolitana de Trujillo: Producción de Agua Potable según Distritos, 2011**

DISTRITOS	Producción Anual 2011	
	(m3)	%
TRUJILLO	24'932,269	55.0
EL PORVENIR	4'281,023	9.5
FLORENCIA DE MORA	2'731,153	6.0
HUANCHACO	1'409,349	3.1
LA ESPERANZA	5'789,451	12.8
LAREDO	(*)	
MOCHE	1'376,071	3.0
SALAVERRY	1'055,884	2.3
VICTOR LARCO HERRERA	3'775,459	8.3
<b>ÁREA METROPOLITANA</b>	<b>45'350,659</b>	<b>100.0</b>

(\*) Laredo cuenta con un sistema independiente de agua potable, siendo su producción en promedio de 200 lps.

Fuente: SEDALIB, 2012

Elaboración Equipo Técnico PLANDET, 2012

**Tabla 9:** *Cobertura de agua Potable en Trujillo*

DISTRITOS	Cobertura de Agua (%)
TRUJILLO	98.3
EL PORVENIR	78.3
FLORENCIA DE MORA	80.9
HUANCHACO	58.0
LA ESPERANZA	85.0
LAREDO	97.3
MOCHE	78.6
SALAVERRY	90.1
VICTOR LARCO HERRERA	94.2
<b>ÁREA METROPOLITANA</b>	<b>83.0</b>

Fuente: SEDALIB, 2012

## **Sistema de alcantarillado - Distrito de Trujillo**

El sistema de alcantarillado del área central de la ciudad de Trujillo está compuesto por un total de 528.95 Km de redes colectoras primarias y de disposición final y 467.8 Km colectores secundarios. Las tuberías instaladas son de CSN y Concreto Reforzado para los diámetros mayores. Los colectores más antiguos están ubicados en el Centro Cívico, El Molino, Independencia y Chicago. Este sistema está estructurado en varios sectores de servicio, siendo el más importante el que descarga a las lagunas del Cortijo y Covicorti. El resto que corresponden a pequeños sectores descargan sus aguas servidas a las Lagunas de El Milagro y a las acequias de riego de las urbanizaciones de Sta. María, El Golf y Palmera. Todo este sistema funciona por gravedad, excepto en Buenos Aires y Vista Alegre, donde debido a la topografía del terreno, es necesario bombear las aguas servidas desde tres cámaras de bombeo. (Municipalidad)

### **4.2. Estudio de Suelos:**

#### **OBJETIVO**

El estudio de suelos se realiza con la finalidad de conocer el perfil estratigráfico, la densidad, capacidad estructural de la sub-rasante CBR y clasificación de los suelos de la zona de estudio, con fines de estructurar el pavimento de la segunda calzada, según recomienda la metodología ASSHTO 1993. Con el objeto de definir el perfil estratigráfico del área de estudio, se realizó una exploración del suelo mediante la excavación de ocho calicatas y muestreo de la estratigrafía del suelo.

#### **4.2.1 Trabajo de Campo**

##### **CALICATAS**

Se excavaron ocho (08) calicatas o pozos de exploración a cielo abierto, asignándole como C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6, C-7 y C-8 las cuales fueron convenientemente ubicadas a cada lado de la vía existente, efectuándose acorde a la Norma ASTM D420-69.



**Figura 11:** Apertura de calicatas para estudio de mecánica de suelos.  
*Fuente Elaboración Propia*

#### 4.2.2 Ensayos de Laboratorio

##### ENSAYOS ESTANDAR:

Con las muestras de suelos tomadas en el campo se han efectuado los siguientes ensayos, con fines de identificación y clasificación de suelos:

- ✓ Análisis Granulométricos por Tamizado (Norma ASTM D422)
- ✓ Límite Líquido (Norma ASTM D423)
- ✓ Límite Plástico (Norma ASTM D424)
- ✓ Contenido de Humedad (ASTM-D2216) NTP 339.250:2002
- ✓ Determinación del C.B.R. (California Bearing Ratio)
- ✓ Ensayos de Proctor Modificado/Densidad Seca Máxima
- ✓ Ensayo de Gravedad Específica.

## **4.2.3 Trabajos de Gabinete**

### **4.2.3.1 Perfil Estratigráfico**

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y de los ensayos de laboratorio, se han establecido un perfil estratigráfico: Según las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6, C-7 y C-8, a una profundidad de exploración de 2.00 m., con respecto a la superficie inicial del terreno.

### **4.2.3.2 Conformación del Subsuelo:**

- **Calicatas C-1: (km 000 + 250)**

**0.00 – 1.00 m.** Hasta el metro de profundidad de exploración se presenta una capa de material de relleno suelto conformado por suelo orgánico, arena y basura.

**1.00 - 2.00 m.** Luego sigue una secuencia de arcillas de baja plasticidad de color beige claro a marrón oscuro, de consistencia media, de baja a regular humedad y de compacidad suelta a media. No se presenta el Nivel Freático hasta la profundidad explorada.

- **Calicatas C-2: (km 000 + 750)**

**0.00 – 1.00 m.** Hasta el metro de profundidad de exploración se presenta una capa de material de relleno suelto conformado por suelo orgánico, arena y basura.

**1.00 - 2.00 m.** Luego sigue una secuencia de arcillas de baja plasticidad de color beige claro a marrón oscuro, de consistencia media, de baja a regular humedad y de compacidad suelta a media. No se presenta el Nivel Freático hasta la profundidad explorada.

**Tabla 10: Resumen de Ensayo de Suelos / CBR**

CALICATA C-01		CALICATA C-02	
ESTRATO	E-1	ESTRATO	E-1
PROF. (M)	1.00 - 2.00	PROF. (M)	1.00 - 2.00
SUCS	CL	SUCS	CL
DESCRIPCION	Material de arcillas de baja plasticidad, de compacidad suelta a media, de baja humedad, y de consistencia media. No se encontró el NAF.	DESCRIPCION	Material de arcillas de baja plasticidad, de compacidad suelta a media, de baja humedad, y de consistencia media. No se encontró el NAF.
> 200%	88.53	> 200%	88.83
LL	32.00	LL	30.80
LP	23.40	LP	23.00
IP	8.60	IP	7.80
%Wn	6.84	%Wn	9.82
Y Seco (gr/cm3)	2.03	Y Seco (gr/cm3)	2.00
M.D.S.	2.21	M.D.S.	2.20
O.C.H.		O.C.H.	
CBR (95% M.D.S.)	20.00	CBR (95% M.D.S.)	15.50
CBR (100% M.D.S.)		CBR (100% M.D.S.)	

Fuente: Laboratorio SL DE INGENIERIA E.I.R.L.

- **Calicatas C-3: (km 001 + 250)**

**0.00 – 1.00 m.** Hasta el metro de profundidad de exploración se presenta una capa de material de relleno suelto conformado por suelo orgánico, arena y basura.

**1.00 - 2.00 m.** Luego sigue una secuencia de arcillas de baja plasticidad de color beige claro a marrón oscuro, de consistencia media, de baja a regular humedad y de compacidad suelta a media. No se presenta el Nivel Freático hasta la profundidad explorada.

- **Calicatas C-4: (km 001 + 750)**

**0.00 – 1.00 m.** Hasta el metro de profundidad de exploración se presenta una capa de material de relleno suelto conformado por suelo orgánico, arena y basura.

**1.00 - 2.00 m.** Luego sigue una secuencia de arcillas de baja plasticidad de color beige claro a marrón oscuro, de consistencia media, de baja a regular humedad y de compacidad suelta a media. No se presenta el Nivel Freático hasta la profundidad explorada.

**Tabla 11: Resumen del Ensayo de Suelos / CBR**

<b>CALICATA C-03</b>		<b>CALICATA C-04</b>	
ESTRATO	E-1	ESTRATO	E-1
PROF. (M)	1.00 - 2.00	PROF. (M)	1.00 - 2.00
SUCS	CL	SUCS	CL
DESCRIPCION	Material de arcillas de baja plasticidad, de compacidad suelta a media, de baja humedad, y de consistencia media. No se encontró el NAF.	DESCRIPCION	Material de arcillas de baja plasticidad, de compacidad suelta a media, de baja humedad, y de consistencia media. No se encontró el NAF.
> 200%	88.43	> 200%	88.06
LL	31.00	LL	31.60
LP	23.10	LP	23.50
IP	7.90	IP	8.10
%Wn	9.38	%Wn	9.48
Y Seco (gr/cm3)	2.24	Y Seco (gr/cm3)	2.04
M.D.S.	2.22	M.D.S.	2.21
O.C.H.		O.C.H.	
CBR (95% M.D.S.)	19.20	CBR (95% M.D.S.)	19.30
CBR (100% M.D.S.)		CBR (100% M.D.S.)	

Fuente: *Laboratorio SL DE INGENIERIA E.I.R.L.*

- **Calicatas C-5: (km 002 + 250)**

**0.00 – 1.00 m.** Hasta el metro de profundidad de exploración se presenta una capa de material de relleno suelto conformado por suelo orgánico, arena y basura.

**1.00 - 2.00 m.** Luego sigue una secuencia de arcillas de baja plasticidad de color beige claro a marrón oscuro, de consistencia media, de baja a regular humedad y de compacidad suelta a media. No se presenta el Nivel Freático hasta la profundidad explorada.

- **Calicatas C-6: (km 002 + 750)**

**0.00 – 1.00 m.** Hasta el metro de profundidad de exploración se presenta una capa de material de relleno suelto conformado por suelo orgánico, arena y basura.

**1.00 - 2.00 m.** Luego sigue una secuencia de arcillas de baja plasticidad de color beige claro a marrón oscuro, de consistencia media, de baja a regular humedad y de compacidad suelta a media. No se presenta el Nivel Freático hasta la profundidad explorada.

**Tabla 12: Resumen del Ensayo de Suelos / CBR**

CALICATA C-05		CALICATA C-06	
ESTRATO	E-1	ESTRATO	E-1
PROF. (M)	1.00 - 2.00	PROF. (M)	1.00 - 2.00
SUCS	CL	SUCS	CL
DESCRIPCION	Material de arcillas de baja plasticidad, de compacidad suelta a media, de baja humedad, y de consistencia media. No se encontró el NAF.	DESCRIPCION	Material de arcillas de baja plasticidad, de compacidad suelta a media, de baja humedad, y de consistencia media. No se encontró el NAF.
>200%	88.53	> 200%	87.75
LL	30.10	LL	32.20
LP	23.00	LP	20.00
IP	7.10	IP	12.20
%Wn	9.19	%Wn	9.22
Y Seco (gr/cm3)	2.16	Y Seco (gr/cm3)	2.31
M.D.S.	2.19	M.D.S.	2.25
O.C.H.		O.C.H.	
CBR (95% M.D.S.)	18.50	CBR (95% M.D.S.)	17.00
CBR (100% M.D.S.)		CBR (100% M.D.S.)	

Fuente: *Laboratorio SL DE INGENIERIA E.I.R.L.*

**Donde:**

- SUCS: Sistema Unificado Clasificación de Suelos
- < 200: Partículas menores del Tamiz N° 200
- LL: Límite Líquido
- LP: Límite Plástico
- IP: Índice Plástico
- %Wn: Contenido de Humedad Natural
- Yseco: Peso Volumétrico Seco (ton/m3)

• **Calicata C-7: (km 003 + 250)**

**1.00 – 2.00 m.** Hasta los dos metros de profundidad de exploración se presenta una capa de material de relleno suelto conformado por suelo orgánico y arena.

- **Calicata C-8: (km 003 + 750)**

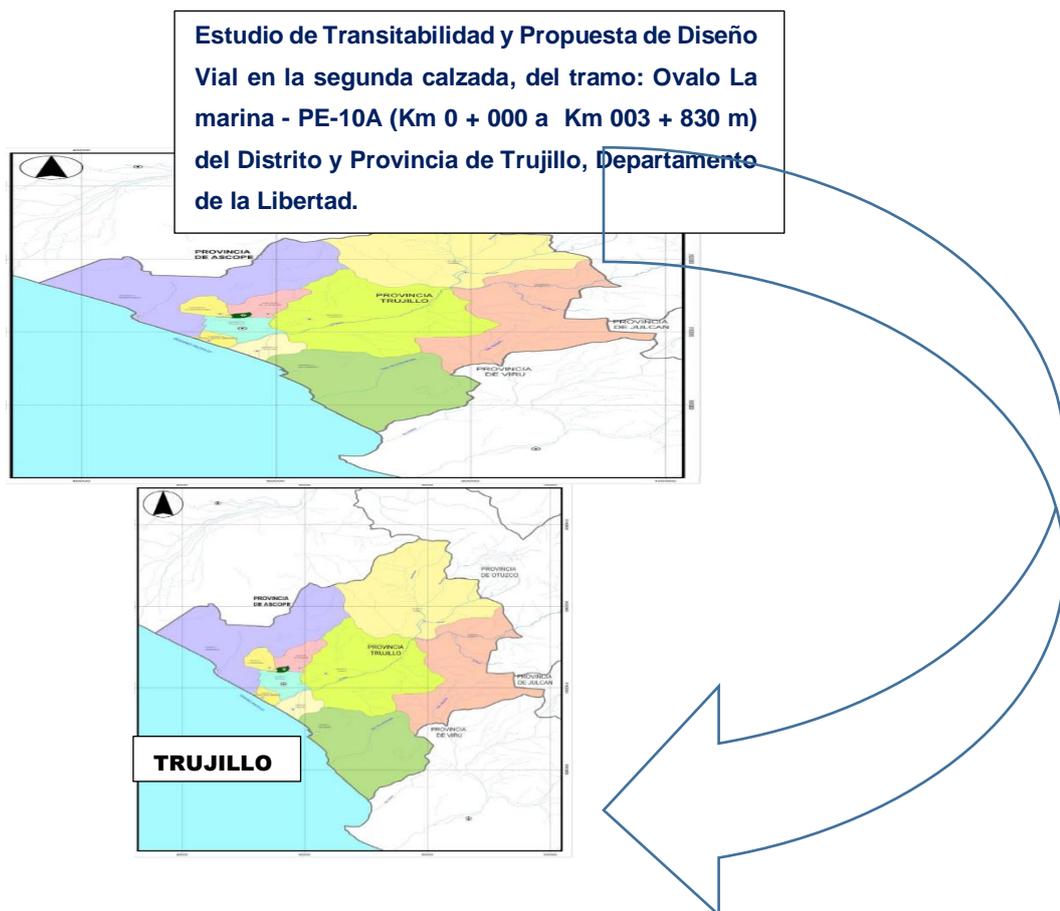
**1.00 – 2.00 m.** Hasta los dos metros de profundidad de exploración se presenta una capa de material de relleno suelto conformado por suelo orgánico, arena y basura.

### 4.3. Estudio Topográfico:

#### 4.3.1 Ubicación

##### Localidad: Trujillo

El trabajo se ha realizado en el tramo: ovalo la Marina - PE – 10A (km 000 + 000- km 003 + 830m) del distrito y provincia de Trujillo, departamento de Libertad.



**Figura 12:** Ubicación del Levantamiento Topográfico.  
Fuente Elaboración Propia

### 4.3.2 Acceso a la Zona de Proyecto

Se accede a la vía a través del recorrido desde el centro de la ciudad de Trujillo hasta el ovalo la Marina PE 10A- KM 0+00 con dirección este hasta la progresiva Km 003 + 830 m del distrito y provincia de Trujillo, dicho recorrido demora 15 minutos. Vía nacional que conecta con la sierra Liberteña.

**Tabla 13:** Acceso a la zona de estudio

RECORRIDO	DISTANCIA	TIEMPO
Centro de Trujillo al ovalo la Marina PE 10A- KM 0+00	2.290 M	15 min.
<b>TOTAL</b>	2.29 KM	

*Fuente: Elaboración Propia*

### 4.3.3 Metodología del Trabajo Realizado

#### 4.3.3.1 Trabajo de Campo

El estudio topográfico se ha realizado con la finalidad de obtener información detallada, de la zona del levantamiento. El trabajo realizado tuvo las siguientes etapas:

- ✓ Recorrido general del proyecto para ubicación de las estaciones o vértices de la poligonal, así como identificación de la envergadura de trabajo con los detalles necesarios.
- ✓ Levantamiento topográfico, por el método taquimétrico y altimétrico de la zona. Se realizó con una poligonal ya que la zona de trabajo es pequeña en una distancia no considerable la poligonal.
- ✓ Colocación de BM-R referenciales calculado a partir de un BM (Marca de Cota fija).



**Figura 13:** Levantamiento Topográfico en la zona de Estudio.  
*Fuente: Elaboración Propia*

## TRABAJO DE GABINETE

La información obtenida en el campo con la estación total, se procesó en una PC. Las coordenadas obtenidas con la estación total, fueron exportadas en un formato de Excel para luego arreglar la data y volver a guardarlo en formato delimitado por comas. Se tuvo especial cuidado en guardar los puntos con la siguiente configuración para que sea reconocido por el software AutoCAD 2017: Punto, Norte, Este, Elevación y Descripción.

En el software AutoCAD 2017, se realizó lo siguiente:

- ✓ Generación de la superficie del proyecto
- ✓ Generación de curvas de nivel maestras y secundarias.
- ✓ Se trazó de la ruta de la avenida analizar
- ✓ Se generó los perfiles longitudinales de la avenida
- ✓ Se obtuvieron las secciones transversales

### 4.3.3.2 Meta:

Estudio y Diseño de Pavimento para 36,768.00 m<sup>2</sup> aprox. de pista.

### 4.3.3.2.1 Equipos, Personal y materiales para el Levantamiento topográfico.

Tabla 14: Equipos, Personal y materiales necesarios, para el levantamiento Topográfico, 2019

EQUIPOS	PERSONAL	MATERIALES VARIOS
Estación Total Marca: Topcon, Modelo: GPT 3005 LW	01 Ing. Civil	06 und Chalecos Reflectivos de Seguridad.
Trípode de aluminio	02 Tesistas	Clavos de acero
Nivel Automático Leica NA720	01 Topografo, operador de la Estación Total.	Spray marcador
Mira Taquimétrica	02 Asistentes apoyo en sostener el prisma	01 comba de 4 libras
GPS Navegador eTrex® 30x		Corrector
Dos prismas		Esmalte color rojo; para escritura de los BMS referenciales
Dos bastones		Conos de seguridad vial
Cámara Digital CANON de 14.1 Mega Pixeles		

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.3.2.2 Procesamiento de Data Obtenida

La información obtenida en el campo, es transmitida de los medios de almacenamiento de datos de Estación Total a nuestra estación de trabajo. Estos datos obtenidos fueron pasados a formatos de Excel para poder ordenar todos los puntos del levantamiento topográfico del área de estudio.

##### a) Punto Norte, Este, Elevación y descripción:

Para el ajuste de la información, se utilizaron programas de diseño, que permitieron la georeferenciación hasta y la obtención de los planos según las escalas indicadas.

**Tabla 15:** Bench Mark registrados en el levantamiento Topográfico, 2019

CUADRO TÉCNICO DE BM's			
COORDENADAS UTM - WGS 84			
BM	ESTE	NORTE	COTA
BM - 1	9100721.0271	718176.9898	27.102
BM - 2	9101003.6085	719134.5064	27.431
BM - 3	9101607.6331	719594.4652	29.934
BM - 4	9102725.7924	720425.4818	40.982

*Fuente: Elaboración Propia*

##### b) Área del terreno:

**Tabla 16:** Área del terreno, 2019

UND /MED	AREA TOTAL DEL TERRENO
M2	36,768.00

*Fuente: Elaboración Propia*

### c) Punto Inicial y Final del Área Projectada:

Tabla 17: Coordenadas Punto inicial y final del Proyecto, 2019

COORDENADAS UTM - WGS 84 PUNTO INICIAL y FINAL DEL PROYECTO				
PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
1	9100724.0890	718149.8770	22.936	A0
713	9102262.786	720120.185	35.252	A713

Fuente: Elaboración Propia

## 4.4. Estudio de Tráfico Vehicular

### 4.4.1 Ubicación

La Carretera del Proyecto está ubicada en la Costa Norte del Perú, en la Región La Libertad, Provincia y Distrito de Trujillo. El gráfico siguiente muestra la ubicación del tramo en estudio; Ruta PE-10A Km 0+000 – km 3+830.



Figura 14: Ubicación del Estudio de Tráfico vehicular.

Fuente MTC, 2019

#### **4.4.2 Objetivo**

El estudio de tráfico vehicular tiene por objeto, cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos para desarrollar el dimensionamiento de la Estructura del Pavimento en el tramo carretero comprendido entre el Ov. La Marina km 0+000 a – km 3+830 de la carretera longitudinal de la sierra Tramo 2, ruta PE-10A.

El tránsito vehicular existente en la vía, está compuesto ahora mayormente por el paso de vehículos ligeros tales como: Autos, camionetas, combis y por vehículos pesados como: camiones de 02, 03 y 04 ejes, así como vehículos acoplados: T3S3, C3R2 principalmente.

El flujo vehicular en esta vía es principalmente de pasajeros y de carga pesada que se movilizan en autos, camionetas, combis, camiones de 02, 03 y 04 ejes y tracto camiones con dirección Longitudinal; Este - Oeste y viceversa hacia el lado este de la Ciudad de Trujillo, conexión con la sierra Liberteña. Tienen sus horas pico, por las mañanas de 6 a 10 am, por las tardes de 4 a 8 pm.

#### **4.4.3 Trabajo de Campo**

##### **4.4.3.1 Metodología**

La metodología del trabajo de campo desarrollada en el presente estudio, se fundamentó en la compilación y procesamiento de la información obtenida en la zona de estudio.

##### **4.4.3.1.1 Compilación de la Información**

La información para la elaboración de este estudio de tráfico se adquirió de la siguiente forma:

##### **a) Fuente Directa:**

Se compilo la información a través de lo observado que se tomó en el campo, con el conteo vehicular y registro fotográfico. Este permitió conocer



**Tabla 18:** Estaciones de Censos de Clasificación de vehículos

N°	ESTACION	UBICACIÓN	SENTIDO	N° DIAS	INICIO	TERMINO	HORARIO
E-1	Ovalo La marina	Km 0+000	ENTRADA	7	10/06/2019	16/06/2019	0:00 - 24.00
			SALIDA	7	10/06/2019	16/06/2019	0:00 - 24.00
E-2	Intersección PE-10A - Av. Federico Villarreal	Km 3+800	ENTRADA	7	10/06/2019	16/06/2019	0:00 - 24.00
			SALIDA	7	10/06/2019	16/06/2019	0:00 - 24.00

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.4.4 Trabajo de Gabinete**

Corresponde al trabajo realizado de todos los datos tomados en campo y los cálculos obtenidos por los Tesisistas de los conteos vehiculares que se hicieron con entradas y salidas. El Procesamiento de la información de los datos tomados en campo corresponde íntegramente al trabajo de gabinete, la misma que ha sido procesada en el Programa Microsoft Excel; mediante hojas de cálculo, a fin de analizar y graficar los resultados para una mejora visualización. Los conteos vehiculares de tráfico obtenidos en campo han sido procesados en Formatos de Resumen, por día y según el sentido, indicando su distribución por horas.

##### **4.4.4.1 Cuantificación del Tráfico**

Se muestra la tabla resumen del conteo vehicular obtenido por los 7 días de la semana, en cada sentido de entradas y salidas, por cada estación.

**Tabla 19: Resumen Semanal de Conteo y Clasificación vehicular**

DIA	SENTIDO	LIGEROS				BUS	CAM UNIT.	CAM ACOP	TOTAL
		AUTOS	CMTA	CR	MICRO				
JUEVES	SENTIDO: ENTRADA	7129	674	338	4	44	408	160	8757
	SENTIDO: SALIDA	7102	666	329	6	44	393	164	8704
	<b>SENTIDO:AMBOS</b>	<b>14231</b>	<b>1340</b>	<b>667</b>	<b>10</b>	<b>88</b>	<b>801</b>	<b>324</b>	<b>17461</b>
VIERNES	SENTIDO: ENTRADA	6732	614	306	5	30	387	162	8236
	SENTIDO: SALIDA	6519	587	289	5	33	370	182	7985
	<b>SENTIDO:AMBOS</b>	<b>13251</b>	<b>1201</b>	<b>595</b>	<b>10</b>	<b>63</b>	<b>757</b>	<b>344</b>	<b>16221</b>
SABADO	SENTIDO: ENTRADA	7897	757	260	3	17	485	258	9677
	SENTIDO: SALIDA	7639	772	260	3	16	518	260	9468
	<b>SENTIDO:AMBOS</b>	<b>15536</b>	<b>1529</b>	<b>520</b>	<b>6</b>	<b>33</b>	<b>1003</b>	<b>518</b>	<b>19145</b>
DOMINGO	SENTIDO: ENTRADA	4690	404	101	2	5	284	169	5655
	SENTIDO: SALIDA	4766	385	86	2	14	169	105	5527
	<b>SENTIDO:AMBOS</b>	<b>9456</b>	<b>789</b>	<b>187</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>453</b>	<b>274</b>	<b>11182</b>
LUNES	SENTIDO: ENTRADA	7224	584	166	4	44	384	234	8640
	SENTIDO: SALIDA	7105	584	166	4	22	365	237	8483
	<b>SENTIDO:AMBOS</b>	<b>14329</b>	<b>1168</b>	<b>332</b>	<b>8</b>	<b>66</b>	<b>749</b>	<b>471</b>	<b>17123</b>
MARTES	SENTIDO: ENTRADA	7107	661	272	3	29	350	169	8591
	SENTIDO: SALIDA	6530	638	346	5	32	351	202	8104
	<b>SENTIDO:AMBOS</b>	<b>13637</b>	<b>1299</b>	<b>618</b>	<b>8</b>	<b>61</b>	<b>701</b>	<b>371</b>	<b>16695</b>
MIERCOLES	SENTIDO: ENTRADA	6327	568	284	0	33	353	167	7732
	SENTIDO: SALIDA	6173	568	284	0	33	350	167	7575
	<b>SENTIDO:AMBOS</b>	<b>12500</b>	<b>1136</b>	<b>568</b>	<b>0</b>	<b>66</b>	<b>703</b>	<b>334</b>	<b>15307</b>

*Fuente: Elaboración Propia*



**Figura 17: Número de vehículos por día en el tramo PE10A Km0+000 - Km 3+830.**

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.4.4.2 Factores de Corrección Estacional

La utilización del Factor de Corrección Estacional se toma de los años anteriores y corresponden a la estación de peaje más cercana a la zona de estudio; dicho factor se utiliza tanto para vehículos ligeros, como para vehículos pesados, para el estudio se han tomado los siguientes factores:

El Factor de corrección mensual (FCm), se obtuvo de la información proporcionada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (OPPMT) de Peaje de Menocucho (PE-10A) del año 2016, ubicada en la Carretera Longitudinal de la sierra – tramo 2.

**Tabla 20:** Factores de Corrección, Peaje Menocucho, 2016

MESES	Factor de Corrección Vehic. Ligeros	Factor de Corrección Vehic. Pesados
ENERO	0.931733116	1.090167555
FEBRERO	1.002653274	1.071035874
MARZO	1.051126028	1.123294249
ABRIL	1.079072114	1.035649241
MAYO	1.034916732	0.997824273
<b>JUNIO</b>	<b>1.057324857</b>	<b>0.96282037</b>
JULIO	0.950217361	0.946697131
AGOSTO	0.906350607	0.951810159
SETIEMBRE	1.085361336	1.000123958
OCTUBRE	0.852320883	0.803186516
NOVIEMBRE	0.783800259	0.750955664
DICIEMBRE	0.520839781	0.624225176

*Fuente:* Ministerio de Transportes y Comunicaciones

En base de ellos se considerará los factores de corrección promedios del mes de junio, F.C.E. Vehículos ligeros: 1.057324857 y F.C.E. Vehículos pesados: 0.96282037.

#### 4.4.4.3 Cálculo del Índice Medio Diario Anual

Para convertir el volumen de tráfico obtenido del conteo de índice Medio Diario (IMD), se ha empleado la siguiente fórmula:

Donde:

$$IMDA_a = IMD_s \times FC$$

$$IMD_s = \sum \frac{V_i}{7}$$

Donde:

$IMD_s$  = Índice Medio diario semanal de la Muestra vehicular tomada

$IMD_a$  = Índice Medio Anual

$V_i$  = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo

$FC$  = Factores de Corrección Estacional

**Tabla 21:** Índice medio Diario Anual – PE10A – Km0+000 – 3+830, 2019

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
AUTO / S. WAGON	14038	82.18%
CAMIONETA-PICK UP	1278	7.48%
COMBI	527	3.09%
MICRO / MINIBUS	7	0.04%
BUS 2 EJES - B2	31	0.18%
BUS 3 EJES - B3-1	25	0.15%
BUS 4 EJES - B4-1	3	0.02%
CAMIÓN 2 EJES - C2	485	2.84%
CAMIÓN 3 EJES - C3	264	1.55%
CAMIÓN 4 EJES - C4	26	0.15%
SEMI TRAYLER T2S2	2	0.01%
SEMI TRAYLER T2S3	5	0.03%
SEMI TRAYLER T3S2	42	0.25%
SEMI TRAYLER T3S3	346	2.03%
TRAYLER C3R2	3	0.02%
TRAYLER C3R3	0	0.00%
<b>IMDA</b>	<b>17,082.00</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia

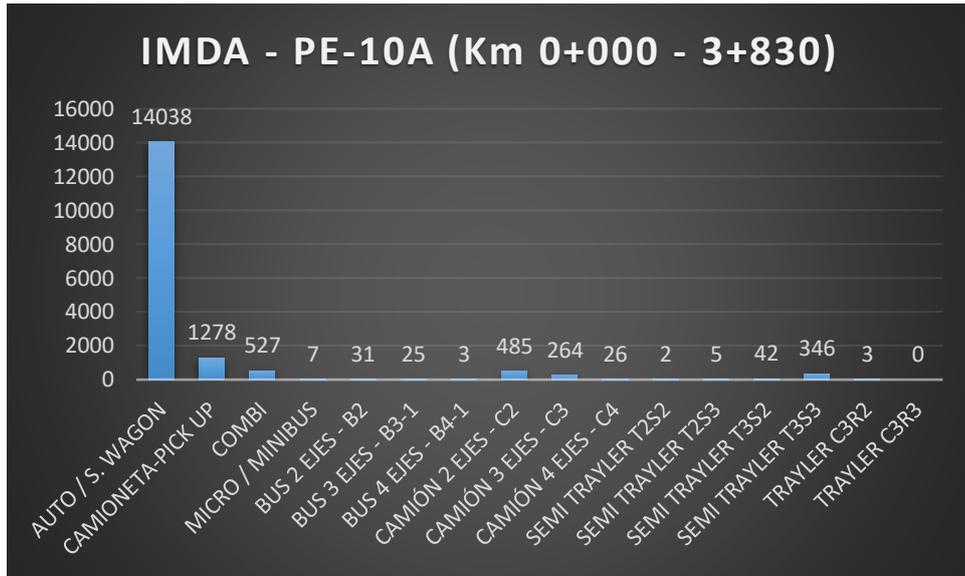


Figura 18: Índice medio diario, según el tipo de vehículo que transita en el tramo Km 0+000 al 3+830.

#### 4.4.4.4 Análisis De La Demanda

### FACTOR DIRECCIONAL Y FACTOR CARRIL

Tabla 22: Factor direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de Diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado (Fd x Fc para carril de diseño)
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Elaboración Propia

## CALCULO DE TASA DE CRECIMIENTO y PROYECCIÓN DEL TRÁFICO

Para el cálculo de la tasa de crecimiento y proyección del Tráfico se usó la siguiente formula:

$$Tn = To(1 + r)^{n-1}$$

*Donde:*

$Tn$  = Transito proyectado al año "n" en vehículos / día

$To$  = Transito Actual (Año base 0) en vehículos / día

$n$  = Número de años del periodo de diseño.

$r$  = Tasa anual de crecimiento del tránsito.

Para el presente estudio se utilizó la siguiente tasa de crecimiento por región:

$r_{vp} =$	<b>1.26%</b>	(Ver 1.2 TC - Tasa de Crecimiento Anual de la Población) <b>(para vehículos de pasajeros)</b>
$r_{vc} =$	<b>2.83%</b>	(Ver 1.2 TC - Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional) <b>(para vehículos de carga)</b>

**Tabla 23: Proyección de Trafico – Situación sin proyecto**

Proyección de Tráfico - Situación Sin Proyecto																					
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	17082	17315	17551	17791	18037	18286	18537	18793	19054	19314	19581	19853	20127	20405	20690	20979	21274	21567	21868	22174	22485
AUTO / S. WAGON	14038	14215	14394	14575	14759	14945	15133	15324	15517	15713	15911	16111	16314	16520	16728	16938	17152	17368	17587	17808	18033
CAMIONETA-PICK UP	1278	1294	1310	1327	1344	1361	1378	1395	1413	1430	1448	1467	1485	1504	1523	1542	1561	1581	1601	1621	1642
COMBI	527	534	540	547	554	561	568	575	583	590	597	605	612	620	628	636	644	652	660	669	677
MICRO / MINIBUS	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9
BUS 2 EJES - B2	31	31	32	32	33	33	33	34	34	35	35	36	36	36	37	37	38	38	39	39	40
BUS 3 EJES - B3-1	25	25	26	26	26	27	27	27	28	28	29	29	29	29	30	30	31	31	31	32	32
BUS 4 EJES - B4-1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
CAMIÓN 2 EJES - C2	485	499	513	527	542	558	573	590	606	623	641	659	678	697	717	737	758	779	801	824	847
CAMIÓN 3 EJES - C3	264	271	279	287	295	304	312	321	330	339	349	359	369	379	390	401	413	424	436	449	461
CAMIÓN 4 EJES - C4	26	27	27	28	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	45
SEMI TRAYLER T2S2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
SEMI TRAYLER T2S3	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	9
SEMI TRAYLER T3S2	42	43	44	46	47	48	50	51	53	54	56	57	59	60	62	64	66	67	69	71	73
SEMI TRAYLER T3S3	346	356	366	376	387	398	409	421	433	445	457	470	484	497	511	526	541	556	572	588	605
TRAYLER C3R2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
TRAYLER C3R3																					

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 24: Proyección de Trafico – Situación Con proyecto**

Tráfico Proyectado - Con Proyecto																						
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	17082	17315	17551	17791	18037	18286	18537	18793	19054	19314	19581	19853	20127	20405	20690	20979	21274	21567	21868	22174	22485	
AUTO / S. WAGON	14038	14215	14394	14575	14759	14945	15133	15324	15517	15713	15911	16111	16314	16520	16728	16938	17152	17368	17587	17808	18033	
CAMIONETA-PICK UP	1278	1294	1310	1327	1344	1361	1378	1395	1413	1430	1448	1467	1485	1504	1523	1542	1561	1581	1601	1621	1642	
COMBI	527	534	540	547	554	561	568	575	583	590	597	605	612	620	628	636	644	652	660	669	677	
MICRO / MINIBUS	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	
BUS 2 EJES - B2	31	31	32	32	33	33	33	34	34	35	35	36	36	36	37	37	38	38	39	39	40	
BUS 3 EJES - B3-1	25	25	26	26	26	27	27	27	28	28	28	29	29	29	30	30	31	31	31	32	32	
BUS 4 EJES - B4-1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	
CAMIÓN 2 EJES - C2	485	499	513	527	542	558	573	590	606	623	641	659	678	697	717	737	758	779	801	824	847	
CAMIÓN 3 EJES - C3	264	271	279	287	295	304	312	321	330	339	349	359	369	379	390	401	413	424	436	449	461	
CAMIÓN 4 EJES - C4	26	27	27	28	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	45	
SEMI TRAYLER T2S2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
SEMI TRAYLER T2S3	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	9	
SEMI TRAYLER T3S2	42	43	44	46	47	48	50	51	53	54	56	57	59	60	62	64	66	67	69	71	73	
SEMI TRAYLER T3S3	346	356	366	376	387	398	409	421	433	445	457	470	484	497	511	526	541	556	572	588	605	
TRAYLER C3R2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	
TRAYLER C3R3																						
<b>Tráfico Generado</b>	<b>3423</b>	<b>3469</b>	<b>3516</b>	<b>3566</b>	<b>3614</b>	<b>3664</b>	<b>3714</b>	<b>3765</b>	<b>3817</b>	<b>3867</b>	<b>3923</b>	<b>3976</b>	<b>4031</b>	<b>4086</b>	<b>4144</b>	<b>4202</b>	<b>4262</b>	<b>4320</b>	<b>4380</b>	<b>4440</b>	<b>4502</b>	<b>Total</b>
AUTO / S. WAGON	2808	2843	2879	2915	2952	2989	3027	3065	3104	3143	3183	3223	3263	3304	3346	3388	3431	3474	3518	3562	3607	<b>21640</b>
CAMIONETA-PICK UP	256	259	262	266	269	273	276	279	283	286	290	294	297	301	305	309	313	317	321	325	329	<b>1971</b>
COMBI	106	107	108	110	111	113	114	115	117	118	120	121	123	124	126	128	129	131	132	134	136	<b>813</b>
MICRO / MINIBUS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	<b>11</b>
BUS 2 EJES - B2	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	<b>48</b>
BUS 3 EJES - B3-1	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	<b>39</b>
BUS 4 EJES - B4-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	<b>5</b>
CAMIÓN 2 EJES - C2	97	100	103	106	109	112	115	118	122	125	129	132	136	140	144	148	152	156	161	165	170	<b>1017</b>
CAMIÓN 3 EJES - C3	53	55	56	58	59	61	63	65	66	68	70	72	74	76	78	81	83	85	88	90	93	<b>554</b>
CAMIÓN 4 EJES - C4	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	9	9	<b>54</b>
SEMI TRAYLER T2S2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	<b>4</b>
SEMI TRAYLER T2S3	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	<b>11</b>
SEMI TRAYLER T3S2	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	13	14	14	14	15	15	<b>88</b>
SEMI TRAYLER T3S3	70	72	74	76	78	80	82	85	87	89	92	94	97	100	103	106	109	112	115	118	121	<b>726</b>
TRAYLER C3R2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	<b>6</b>
TRAYLER C3R3																						
<b>IMD TOTAL</b>	<b>20505</b>	<b>20784</b>	<b>21067</b>	<b>21357</b>	<b>21651</b>	<b>21950</b>	<b>22251</b>	<b>22558</b>	<b>22871</b>	<b>23181</b>	<b>23504</b>	<b>23829</b>	<b>24158</b>	<b>24491</b>	<b>24834</b>	<b>25181</b>	<b>25536</b>	<b>25887</b>	<b>26248</b>	<b>26614</b>	<b>26987</b>	

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.4.5 Cálculo del EAL

Se procedió a calcular el factor de crecimiento, tránsito de diseño de veh/año, y el factor camión para cada tipo de vehículo.

Para el cálculo del EAL se utilizó la siguiente fórmula:

$$EAL_{8.2} = \Sigma 365 \times IMD \times FC \times FD \times FCR$$

Donde:

IMD = Índice Medio diario.

FC = Factor de Crecimiento.

FD = Factor de distribución.

FCR = *Factor Carril*.

n = Periodo de diseño.

Se utilizaron los siguientes parámetros para el cálculo del EAL:

$$FD = 0.5$$

$$FCR = 0.80$$

$$n = 20 \text{ Años}$$

De acuerdo al conteo realizado durante una semana en las diferentes estaciones de control en la vía, se obtuvo un EAL de 2.16E+07 ó 21'619,224.20 de ejes equivalentes de 8.2 T.M. proyectados para un periodo de diseño de 20 años.

**Tabla 25: Calculo de ejes equivalentes (EAL)**

**INGRESAR DATOS:**

NUMERO DE CALZADAS=	2
NUMERO DE SENTIDOS=	2
NUMERO DE CARRILES POR SENTIDO=	2
CODIGO FACTOR PONDERADO=	222
FACTOR PONDERADO	0.4
TASA ANUAL DE CRECIMIENTO	2.83%
PERIODO DE DISEÑO	20
FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO	26.41051739

**CALCULO DE ESAL:**

ESAL= 2.16E+07 Ejes Equivalentes de 8.2 TM

MEDIO DE TRANSPORTE	IMD	PESO TOTAL (Tn)	PESO POR EJES (Tn)			EJES/ZONA	CONJUNTO DE EJES	FACTOR DE EJES EQUIVALENTES	FACTOR CAMION	EJES EQUIVALENTES (DIA-CARRIL)
			EJE	%	Peso/Eje					
<b>TOTAL VEHICULOS</b>	<b>17082</b>									
<b>VEHICULOS MENORES</b>	<b>0</b>									
<b>CATEGORIA " L "</b>	<b>0</b>									
MOTOKAR / MOTO LINEAL			Del.		0.09	1	EJE SIMPLE			
			Post. 01		0.21	1	EJE SIMPLE			
<b>VEHIC. MAYOR</b>	<b>15912</b>									
<b>CATEGORIA " M "</b>	<b>15912</b>									
<b>AUTOMOVILE</b>			Del.		1.50	1	EJE SIMPLE			
			Post. 01		1.50	1	EJE SIMPLE			
STATION WAGON	14038	3.50	Del.	50.0%	1.75	1	EJE SIMPLE	0.005	0.01	55.51
			Post. 01	50.0%	1.75	1	EJE SIMPLE	0.005		
CAMIONETA PICK UP	1278	5.00	Del.	50.0%	2.50	1	EJE SIMPLE	0.021	0.04	21.05
			Post. 01	50.0%	2.50	1	EJE SIMPLE	0.021		
PANEL			Del.		2.50	1	EJE SIMPLE			
			Post. 01		2.50	1	EJE SIMPLE			
COMBI	537	7.00	Del.	50.0%	3.50	1	EJE SIMPLE	0.079	0.16	33.98
			Post. 01	50.0%	3.50	1	EJE SIMPLE	0.079		
BUS (B2)	31	18.00	Del.	38.9%	7.00	1	EJE SIMPLE	1.265	4.50	55.85
			Post. 01	61.1%	11.00	1	EJE SIMPLE	3		
BUS (B3-1)	25	23.00	Del.	30.4%	7.00	1	EJE SIMPLE	1.265	2.63	26.31
			Post. 01	69.6%	16.00	2	EJE TANDEM	1		
BUS (B4-1)	3	30.00	Del.	46.7%	14.00	2	EJE TANDEM	1	2.63	3.16
			Post. 01	53.3%	16.00	2	EJE TANDEM	1		
BUS (BA-1)			Del.		7.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 01		11.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 02		7.00	1	EJE SIMPLE			
<b>VEHICULOS PESADOS</b>	<b>1170</b>									
<b>CATEGORIA " N "</b>	<b>775</b>									
<b>C-CAMION</b>										
CAMION (C2)	485	18.00	Del.	38.9%	7.00	1	EJE SIMPLE	1.265	4.50	873.71
			Post. 01	61.1%	11.00	1	EJE SIMPLE	3		
CAMION (C3)	264	25.00	Del.	28.0%	7.00	1	EJE SIMPLE	1.265	3.28	346.85
			Post. 01	72.0%	18.00	2	EJE TANDEM	2		
CAMION (C4) 3	26	30.00	Del.	23.3%	7.00	1	EJE SIMPLE	1.265	2.77	28.84
			Post. 01	76.7%	23.00	3	EJE TRIDEM	2		
CAMION (C4) 2	0		Del.		14.00	2	EJE TANDEM			
			Post. 01		18.00	2	EJE TANDEM			
<b>CATEGORIA " O "</b>	<b>395</b>									
<b>TS=TRACCION CAMION + SEMIREMOLQUE</b>	<b>395</b>									
T2S1			Del.		7.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 01		11.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 02		11.00	1	EJE SIMPLE			
T2S2	2	36.00	Del.	19.4%	7.00	1	EJE SIMPLE	1.265	6.52	5.22
			Post. 01	30.6%	11.00	1	EJE SIMPLE	3		
			Post. 02	50.0%	18.00	2	EJE TANDEM	2		
T2Sc2			Del.		7.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 01		11.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 02		11.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 03		11.00	1	EJE SIMPLE			
T2S3	5	43.00	Del.	16.3%	7.00	1	EJE SIMPLE	1.265	6.21	12.42
			Post. 01	25.6%	11.00	1	EJE SIMPLE	3		
			Post. 02	58.1%	25.00	3	EJE TRIDEM	2		
T2Sc3			Del.		7.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 01		11.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 02		11.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 03		18.00	2	EJE TANDEM			
T3S1			Del.		7.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 01		18.00	2	EJE TANDEM			
			Post. 02		11.00	1	EJE SIMPLE			
T3S2	42	43.00	Del.	16.3%	7.00	1	EJE SIMPLE	1.265	5.30	89.10
			Post. 01	41.9%	18.00	2	EJE TANDEM	2		
			Post. 02	41.9%	18.00	2	EJE TANDEM	2		
T3Sc2			Del.		7.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 01		18.00	2	EJE TANDEM			
			Post. 02		11.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 03		11.00	1	EJE SIMPLE			
T3S3	346	50.00	Del.	14.0%	7.00	1	EJE SIMPLE	1.265	4.99	690.70
			Post. 01	36.0%	18.00	2	EJE TANDEM	2		
			Post. 02	50.0%	25.00	3	EJE TRIDEM	2		
T3Sc3			Del.		7.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 01		18.00	2	EJE TANDEM			
			Post. 02		11.00	1	EJE SIMPLE			
			Post. 03		18.00	2	EJE TANDEM			

Fuente: Elaboración Propia

## 4.5. Diseño de Pavimento Flexible según la Metodología AASTHO 1993

### 4.5.1 Parámetros de Diseño:

#### 4.5.1.1. Metodología AASTHO 1993 para Pavimentos Flexibles.

Para efectos de determinar el espesor del pavimento requerido para una nueva estructura a nivel de carpeta asfáltica, se utilizará el método para diseño de pavimentos flexibles de la American Associations of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 1993).

El método de la AASHTO permite calcular el espesor de pavimento, necesario para satisfacer un valor estructural determinado. Este valor o número estructural (SN) asegura que la estructura diseñada será capaz de soportar un flujo determinado de tráfico (N18), sin que los esfuerzos inducidos excedan la capacidad de soporte del suelo de subrasante (S). En este método es el requisito de serviciabilidad, por el cual el pavimento debe brindar, a lo largo del periodo de diseño considerado, un servicio adecuado, cuyo nivel final puede controlarse a través de un parámetro denominado serviciabilidad final (pt).

El diseño es basado en los resultados obtenidos de campo mediante métodos destructivos; es decir caracterización físico-mecánica de los materiales del terreno de fundación.

La fórmula general que gobierna el número estructural de diseño presenta la expresión siguiente:

$$\text{Log}W_{18} = Z_R \times S_O + 9.36 \times \text{Log} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \text{Log}M_R - 8.07$$

Donde:

W18 = Numero esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 tn. En el periodo de diseño índice Medio diario.

ZR = Coeficiente estadístico de Desviación Estándar

So = Desviación estándar del error combinado en la predicción del tráfico y comportamiento de la estructura.

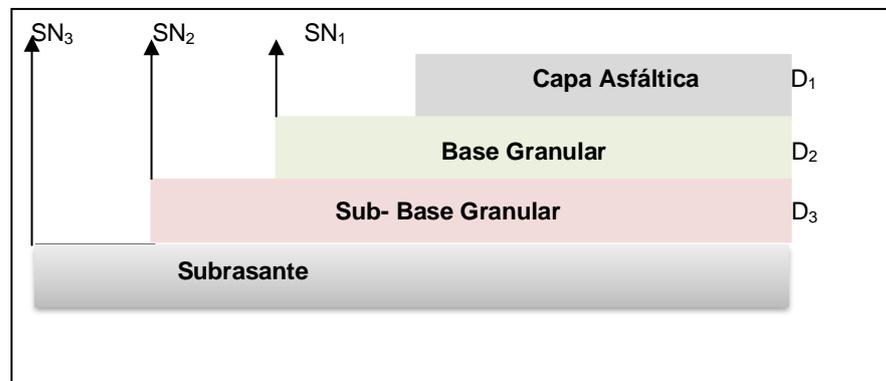
SN = Número estructural, indicador de la capacidad estructural requerida.

$\Delta$ PSI= Variación de Servicialidad.

MR = Módulo Resiliencia de la Subrasante.

### Fórmula Número Estructural

$$SN = a_1 x D_1 + a_2 x D_2 x m_2 + a_3 x D_3 x m_3$$



**Figura 19:** Composición estructural del Pavimento.  
*Fuente:* Elaboración Propia

**Siendo:**

$a_i$  = Coeficiente estructural de la capa en función de las propiedades de los materiales "i".

$D_i$  = Espesor de la capa "i" en pulgadas.

$m_i$  = Coeficiente de drenaje de la capa gradual "i"

#### **4.5.1.2. Número de Ejes Equivalentes**

Se refiere al número acumulado de ejes simples equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el período de diseño, corresponde al número de repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn, el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico.

$$ESALs' = \left( \sum_{i=1}^m p_i \cdot F_i \cdot P \right) \cdot (TPD) \cdot (FC) \cdot F_d \cdot F_c \cdot 365$$

Del estudio de Trafico se obtuvo un EAL de **21'619,224.20** de ejes equivalentes de 8.2 T.M. proyectados para un periodo de diseño de 20 años.

#### **4.5.1.3. CBR de Diseño**

El espesor del pavimento toma en consideración fundamental este valor ya que es el primer dato de ingreso al análisis del tipo de estructura a plantear, en combinación con parámetros propios de cada material conformante.

Se toma como valor de diseño, el mínimo establecido en la subrasante, el cual corresponde a CBR (diseño).

**Tabla 26:** Categoría de la Subrasante

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, 2014

#### 4.5.1.4. Suelo de la Sub Rasante

El comportamiento del suelo de la Subrasante (suelo de fundación) tiene una gran influencia en los pavimentos, porque sobre ello descansa y reciben todas las cargas que son transmitidas por el mismo pavimento.

La representación del suelo de fundación en el diseño de estructuras es por medio del Módulo de resiliencia (Mr) y por este factor se puede definir el tipo de pavimento que se colocará en la vía proyectada. Se trabajará con el promedio de todos los valores de Modulo de resiliencia obtenidos.

#### 4.5.1.5. Nivel del Tránsito

Esta información es importante para el estudio y proyección de la demanda, para un determinado periodo de análisis y para establecer el número de ejes equivalentes de diseño para el pavimento.

**Tabla 27:** Número de repeticiones acumuladas de Ejes equivalentes de 8.2 tn , en el carril de diseño.

Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
TP0	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
TP1	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
TP2	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
TP3	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
TP4	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE
TP5	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
TP6	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
TP7	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
TP8	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
TP9	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
TP10	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
TP11	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
TP12	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
TP13	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
TP14	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE
TP15	> 30'000,000 EE

*Fuente:* Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos, 2014

#### 4.5.1.6. Cálculo del Espesor del afirmado

EE	M <sub>v</sub> 2555x $CBR^{0.14}$	TP8	TP9	TP10	TP11	TP12	TP13	TP14	Figura N° 12.9
		5 000.001-7 500.000	7 500.001-10 000.000	10 000.001-12 500.000	12 500.001-15 000.000	15 000.001-20 000.000	20 000.001-25 000.000	25 000.001-30 000.000	
CBR %		11 cm 30 cm	12 cm 35 cm	13 cm 35 cm	14 cm 35 cm	15 cm 35 cm	16 cm 40 cm	17 cm 40 cm	
CBR < 6%	≤ 8.040 psi (55.4 MPa)	26 cm (*)	21 cm (*)	22 cm (*)	21 cm (*)	22 cm (*)	22 cm (*)	22 cm (*)	
≥ 6% CBR < 10%	> 8.040 psi (55.4 MPa) ≤ 11.150 psi (76.9 MPa)	11 cm 30 cm 26 cm	12 cm 35 cm 21 cm	13 cm 35 cm 22 cm	14 cm 35 cm 21 cm	15 cm 35 cm 22 cm	16 cm 40 cm 22 cm	17 cm 40 cm 22 cm	
≥ 10% CBR < 20%	> 11.150 psi (76.9 MPa) ≤ 17.380 psi (119.8 MPa)	11 cm 30 cm 15 cm	12 cm 30 cm 15 cm	13 cm 30 cm 16 cm	14 cm 30 cm 15 cm	15 cm 30 cm 16 cm	16 cm 30 cm 21 cm	17 cm 30 cm 21 cm	
≥ 20% CBR < 30%	> 17.380 psi (119.8 MPa) ≤ 22.530 psi (155.3 MPa)	11 cm 31 cm	12 cm 31 cm	13 cm 31 cm	14 cm 31 cm	15 cm 31 cm	16 cm 22 cm 15 cm	17 cm 22 cm 15 cm	
CBR ≥ 30%	> 22.530 psi (155.3 MPa)	11 cm 24 cm	12 cm 24 cm	13 cm 24 cm	14 cm 24 cm	15 cm 24 cm	16 cm 27 cm	17 cm 27 cm	

Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)  
 Base Granular  
 Subbase Granular

**Figura 20:** Catálogo de Estructuras de Pavimento flexible con carpeta Asfáltica en caliente. Periodo de diseño 20 años. Fuente Sección de suelos y pavimentos MTC, 2014

#### 4.5.1.7. Sub - Rasante

El terreno de fundación o Sub- Rasante previo perfilado de su superficie, se deberá Cortar y compactar por debajo de la superficie de la sub-rasante hasta lograr una densidad no menor del 95% de máxima obtenida según el AASHTO. T-180-A. Previamente, se deberá eliminar todo material extraño, como material orgánico: raíces, material de desmonte y piedras mayores de 2”.

El Estudio de Suelos plantea Mejorar la Sub-rasante, debido a la presencia de material de relleno, en la superficie. Se sugiere eliminar este material y reemplazarlo por Piedra **Over de 4-8”** en un espesor de 0.50 m de profundidad en la **Zona 1** (Calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6) con un espesor de 1.50 m en la **Zona 2** Calicatas C-7 y C-8) comenzando en lo más profundo con over de 8” y reducir su diámetro progresivamente hasta completar el espesor sugerido, esto con el fin de mejorar la estabilidad del

terreno de fundación y servir de material de drenaje conjuntamente con el hormigón.

#### 4.5.1.8. Sub - Base

El espesor compactado de la Sub-base granular deberá ser de 20 cm, según la Norma Peruana.

Los materiales seleccionados y recomendados para el material de sub base se ceñirán a lo señalado en las siguientes especificaciones:

**Tabla 28:** *Requerimiento Granulométrico para la Sub-Base Granular.*

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 um (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45

*Fuente: ASTM D-1241*

#### 4.5.1.9. Base

El espesor compactado de la base granular deberá ser de 30 cm. El material a emplearse en la base granular deberá ser de una cantera que cumpla las especificaciones técnicas pertinentes. La compactación que debe alcanzar esta capa debe ser no menor del 100%. Para el presente estudio se recomienda colocar como capa de Base, material granular (afirmado) sobre las capas de hormigón.

**Tabla 29:** Requerimiento Granulométrico para la Sub-Base Granular.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	GRADACIÓN A	GRADACIÓN B	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D
50 mm (2")	100	100	-	-
25 mm (1")	-	75-95	100	100
9.5 mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm (N° 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm (N° 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
4.25 um (N° 40)	8--20	15-30	15-30	25-45
75 um (01 Vol 200)	2--20	5--15	5--15	8--15

*Fuente: ASTM D-1241*

#### 4.5.2. Datos de Entrada, para el Diseño de Pavimento Flexible para el Proyecto:

##### 4.5.2.1. Periodo de Diseño

Para el presente proyecto, debido al alto volumen del tránsito, se ha considerado un periodo de diseño en una sola etapa, de 20 años.

##### 4.5.2.2. Formula del ASSHTO ROAD TEST

$$\text{Log } W_{18} = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \text{Log} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \text{Log} M_R - 8.07$$

*Donde:*

W18 = Numero esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 tn. En el periodo de diseño índice Medio diario.

ZR = Coeficiente estadístico de Desviación Estándar

So = Desviación estándar del error combinado en la predicción del tráfico y comportamiento de la estructura.

SN = Número estructural, indicador de la capacidad estructural requerida.

ΔPSI= Variación de Servicialidad.

MR = Módulo Resiliencia de la Subrasante.

#### 4.5.2.3. Módulo de Resiliencia (MR)

Se tiene el valor de CBR de la Sub-rasante y el valor mínimo para la sub-base y base requerido por la Norma del MTC, 60% y 100% respectivamente. Al tener estos parámetros es necesario encontrar una correlación para hallar el módulo de resiliencia. Para ello se utilizó la fórmula recomendada por el Mechanistic Empirical Pavement Design Guide (MEPDG) que figura en la guía AASHTO (2003).

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

Según el método AASHTO 93, considera que el módulo de resiliencia se obtiene de la correlación del CBR mediante:

Para CBR < 10 %:

$$Mr (psi) = 1500 \times CBR$$

Para\_CBR\_de\_10%\_a\_20%:

$$Mr (psi) = 3000 \times CBR^{0.65}$$

Para CBR > a 20%:

$$Mr (psi) = 4326 \times \ln CBR + 241$$

##### 4.5.2.3.1 Módulo de resiliencia obtenido en correlación con el CBR.

Habiendo obtenido resultados de suelos con fines de pavimentación en el laboratorio, el CBR al 95% de Máxima densidad seca es 20.00%, por lo que según la clasificación del suelo es Bueno.

*Tabla 30: Clasificación general en Correlación con el CBR*

CBR	CLASIFICACION GENERAL	USOS
7--20	Regular	Sub - Base
20-50	Bueno	Sub - Base - Base
> 50	Excelente	Base

*Fuente: Guía ASSHTO 1993 / Elaboración propia*

**Tabla 31:** *Modulo de Resiliencia (MR) en correlación con el CBR*

<b>CBR %</b>	<b>MODULO RESILIENTE</b>	<b>MODULO RESILIENTE</b>
<b>SUB - RASANTE</b>	<b>SUB - RASANTE (MR - Psi)</b>	<b>SUB - RASANTE (MPA)</b>
8	9,669.00	66.67
9	10,426.00	71.88
10	11,153.00	76.90
11	11,854.00	81.73
12	12,533.00	86.41
13	13,192.00	90.96
14	13,833.00	95.38
15	14,457.00	99.68
16	15,067.00	103.88
17	15,663.00	107.99
18	16,247.00	112.02
19	16,819.00	115.96
20	17,380.00	119.83
21	17,931.00	123.63
22	18,473.00	127.37
23	19,006.00	131.04
24	19,531.00	134.66
25	20,048.00	138.23
26	20,558.00	141.74
27	21,060.00	145.20
28	21,556.00	148.62
29	22,046.00	152.00
30	22,529.00	155.33

*Fuente: Guía ASSHTO 1993 / Elaboración propia*

#### **4.5.2.4 Desviación Estándar ( $Z_R$ )**

Representa el valor de confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.

Según el manual de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), indica lo siguiente:

**Tabla 32:** Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico.

TIPOS DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTANDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	100,001	150,000	-0.385
	TP1	150,001	300,000	-0.524
	TP2	300,001	500,000	-0.674
	TP3	500,001	750,000	-0.842
	TP4	750,001	1,000,000	-1.036
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	TP6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	TP8	5,000,001	7,500,000	-1.282
	TP9	7,500,001	10,000,000	-1.282
	TP10	10,000,001	12,500,000	-1.282
	TP11	12,500,001	15,000,000	-1.282
	TP12	15,000,001	20,000,000	-1.645
	TP13	20,000,001	25,000,000	-1.645
	TP14	25,000,001	30,000,000	-1.645
TP15		> 30'000,000	-1.645	

*Fuente: Guía ASSHTO 1993 / Elaboración propia*

#### 4.5.2.5 Desviación Estándar Combinada (So)

Es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la Predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento. La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de So comprendidos entre 0.40 y 0.50.

Para el presente proyecto se adopta una **So = 0.50**

#### 4.5.2.6 Índice de Serviciabilidad (PSI)

La serviciabilidad, es la condición de un pavimento para ofrecer un manejo seguro y confortable a los usuarios de una vía, en un determinado momento.

La medida fundamental de la serviciabilidad, tal como fue establecida en el Experimento Vial de la AASTHO, es el Índice de Serviciabilidad Actual (PSI), y que puede variar entre los rangos de cero (0) -vía intraficable- a cinco (5) -vía con un pavimento perfecto.

$$\Delta PSI = P_0 - P_t$$

Donde:

P<sub>0</sub> = Serviciabilidad Inicial

P<sub>t</sub> = Serviciabilidad Final

**Tabla 33:** Índice de Serviciabilidad Inicial (P<sub>0</sub>)

TIPOS DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (P <sub>0</sub> )
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	3.8
	TP2	300,001	500,000	3.8
	TP3	500,001	750,000	3.8
	TP4	750,001	1,000,000	4.0
	TP5	1,000,001	1,500,000	4.0
Resto de Caminos	TP6	1,500,001	3,000,000	4.0
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.0
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.0
	TP9	7,500,001	10,000,000	4.0
	TP10	10,000,001	12,500,000	4.0
	TP11	12,500,001	15,000,000	4.0
	TP12	15,000,001	20,000,000	4.2
	TP13	20,000,001	25,000,000	4.2
	TP14	25,000,001	30,000,000	4.2
	TP15		> 30'000,000	4.2

*Fuente:* Guía ASSHTO 1993 / Elaboración propia

**Tabla 34: Índice de Serviabilidad Final (Pt)**

TIPOS DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750,001	1,000,000	2.50
	TP5	1,000,001	1,500,000	2.50
Resto de Caminos	TP6	1,500,001	3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	2.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	2.50
	TP9	7,500,001	10,000,000	2.50
	TP10	10,000,001	12,500,000	2.50
	TP11	12,500,001	15,000,000	2.50
	TP12	15,000,001	20,000,000	3.00
	TP13	20,000,001	25,000,000	3.00
	TP14	25,000,001	30,000,000	3.00
	TP15		> 30'000,001	3.00

*Fuente: Guía ASSHTO 1993 / Elaboración propia*

Habiendo obtenido los datos de las tablas sacadas de la guía AASHTO 93, el Índice de Serviabilidad está en función al EAL (Ejes equivalentes). En este caso nuestro EAL de estudio es **21'619,224.20**, por lo tanto, obtuvimos los siguientes valores:

$$\Delta PSI = P_0 - P_t$$

$$PSI = 4.2 - 3.00$$

$$PSI = 1.20$$

**Tabla 35: Diferencial de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI)**

TIPOS DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	1.80
	TP2	300,001	500,000	1.80
	TP3	500,001	750,000	1.80
	TP4	750,001	1,000,000	1.50
	TP5	1,000,001	1,500,000	1.50
Resto de Caminos	TP6	1,500,001	3,000,000	1.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	1.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	1.50
	TP9	7,500,001	10,000,000	1.50
	TP10	10,000,001	12,500,000	1.50
	TP11	12,500,001	15,000,000	1.50
	TP12	15,000,001	20,000,000	1.20
	TP13	20,000,001	25,000,000	1.20
	TP14	25,000,001	30,000,000	1.20
	TP15	> 30'000,001		1.20

*Fuente: Guía ASSHTO 1993 / Elaboración propia*

#### 4.5.2.7 Criterios de Comportamiento

El comportamiento estructural de los Pavimentos, está sometidos a las siguientes condiciones:

- ✓ Condiciones climáticas
- ✓ Crecimiento excepcional del tránsito

#### 4.5.2.8 Confiabilidad (R)

El criterio de confiabilidad (%R) representa la probabilidad que una determinada estructura, se comporte durante su periodo de diseño de acuerdo con lo previsto. Esto está en función de factores como:

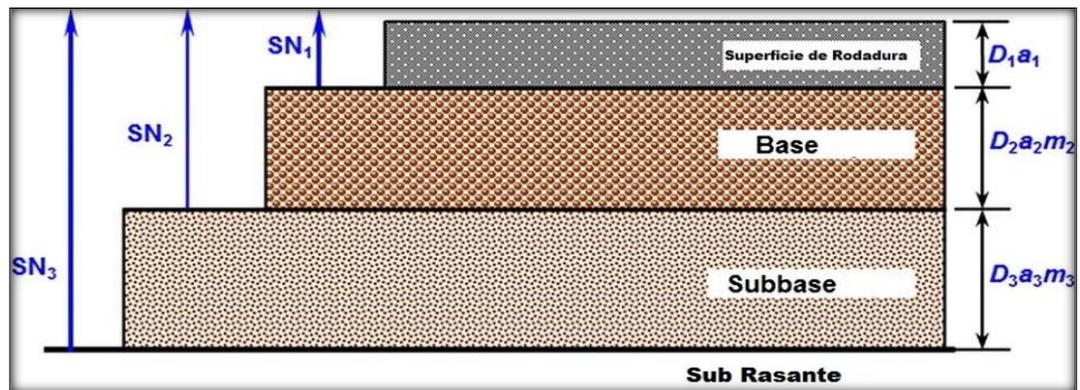
- ✓ Condiciones climáticas
- ✓ Crecimiento excepcional del tránsito

**Tabla 36:** Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad (R) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años), según rango de tráfico.

TIPOS DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD ( R )
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750,001	1,000,000	80%
	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
Resto de Caminos	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10,000,000	90%
	TP10	10,000,001	12,500,000	90%
	TP11	12,500,001	15,000,000	90%
	TP12	15,000,001	20,000,000	95%
	TP13	20,000,001	25,000,000	95%
	TP14	25,000,001	30,000,000	95%
	TP15	> 30'000,001		95%

Fuente: Guía ASSHTO 1993 / Elaboración propia

### 4.5.3. Diseño Estructural del Pavimento



**Figura 21:** Guía para Estructurar espesores de Pavimentos.  
Fuente Guía ASSHTO 1993

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el número estructural, que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de la base

y de la Sub-Base, mediante el uso de los coeficientes estructurales, esta conversión se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 x D_1 + a_2 x D_2 x m_2 + a_3 x D_3 x m_3$$

Donde:

$a_1, a_2, a_3$  = Coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y sub base, respectivamente.

$D_1, D_2, D_3$  = Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y sub base, respectivamente.

$m_2, m_3$  = Coeficientes de drenaje de las capas: base y sub base, respectivamente.

#### 4.5.3.1 La Sub- Rasante

De acuerdo al valor obtenido del CBR se tiene una estructura de soporte apta para, el cálculo del módulo de resiliencia de esta capa. Se calcula según el manual de bajos volúmenes de tránsito MTC, bajos se debe hacer una corrección del CBR.

CATALOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) REQUERIDOS POR TIPO DE TRAFICO Y DE SUB RASANTE Carpetas Asfálticas en Caliente + Base Granular + Subbase Granular						
TIPO SUB RASANTE CLASE DE TRANSITO	Inadecuada CBR < 3 % (*)	Pobre 3 % ≤ CBR < 6 % (*)	Regula	Buena	Muy Buena	Excelente
			6 % ≤ CBR < 10 %	10 % ≤ CBR < 20 %	20 % ≤ CBR < 30 %	CBR ≥ 30 %
Tp0			2.150	1.890	1.630	1.630
75,000 < Rep. EE ≤ 150,000						
Tp1			2.476	2.216	1.852	1.800
150,000 < Rep. EE ≤ 300,000						
Tp2			2.765	2.372	2.008	1.800
300,000 < Rep. EE ≤ 500,000						
Tp3			2.982	2.594	2.178	1.970
500,000 < Rep. EE ≤ 750,000						
Tp4			3.152	2.764	2.348	2.140
750,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000						
Tp5			3.459	3.105	2.556	2.296
1'000,000 < Rep. EE ≤ 1'500,000						
Tp6			3.911	3.431	2.882	2.570
1'500,000 < Rep. EE ≤ 3'000,000						
Tp7			4.218	3.757	3.156	2.844
3'000,000 < Rep. EE ≤ 5'000,000						
Tp8			4.652	4.135	3.482	3.118
5'000,000 < Rep. EE ≤ 7'500,000						
Tp9			4.847	4.305	3.652	3.288
7'500,000 < Rep. EE ≤ 10'000,000						
Tp10			5.134	4.582	3.884	3.506
10'000,000 < Rep. EE ≤ 12'500,000						
Tp11			5.257	4.705	4.054	3.676
12'500,000 < Rep. EE ≤ 15'000,000						
Tp12			5.380	4.922	4.224	3.846
15'000,000 < Rep. EE ≤ 20'000,000						
Tp13			5.914	5.327	4.613	4.178
20'000,000 < Rep. EE ≤ 25'000,000						
Tp14			6.084	5.497	4.783	4.348
25'000,000 < Rep. EE ≤ 30'000,000						

(\*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere Estabilización de suelos, que será materia de Estudio Especial  
- Con el Suelo Estabilizado la estructura del pavimento a colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥6% a CBR<10%)

**Figura 22:** Catálogo de Números Estructurales requeridos por tipo de tráfico y Sub- Rasante.  
Fuente Sección de Suelos y Pavimentos MTC, 2014

Acorde al catálogo anterior, el comportamiento de la Sub- Rasante está catalogado como “Bueno” dado el valor de 20.00% obtenido. Por tanto, se calcula de la siguiente manera:

$$MrSubr = 100 \times CBR$$

Donde el  $CBR_{\text{diseño}} = 20.00 \%$

$$MrSubr = 100 \times 20.00$$

$$MrSubr = 2000 \frac{Kg}{cm^2}$$

Por tanto, se obtiene el Modulo de Resiliencia:

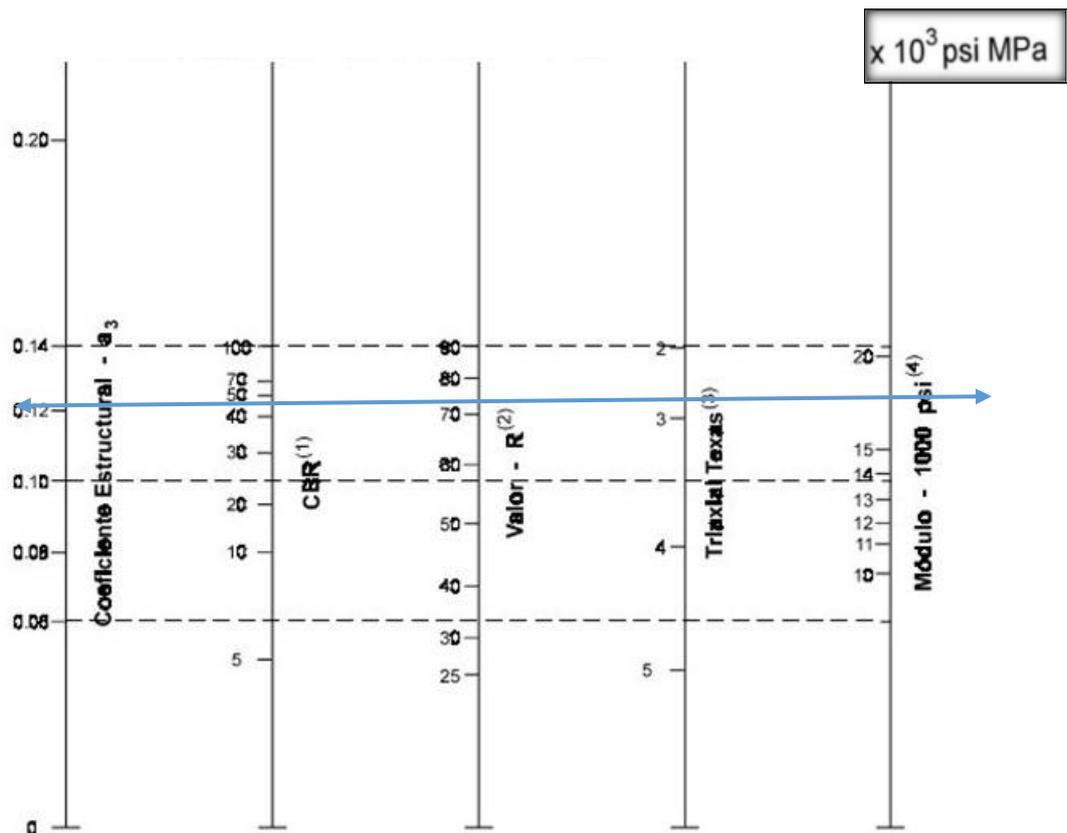
$$Mr Subr = 2555 \times CBR^{0.64}$$

$$Mr Subr = 2555 \times 20.00^{0.64}$$

$$MrSubr = 17380.01 \text{ psi}$$

#### 4.5.3.2 La Sub- Base

Esta capa trabajaremos con un CBR de acuerdo a las especificaciones del Ministerio de Transportes, el cual establece en un mínimo de 40%. El Nomograma de la AASHTO se intercepta con el valor escogido del CBR, en este caso el de 40% y con esto se determina el Modulo Resiliente del material.



**Figura 23:** Nomograma para determinar el coeficiente estructural de la Sub-Base Estructural  $a_3$ .  
Fuente Guía ASSHTO 1993/Elab. Propia

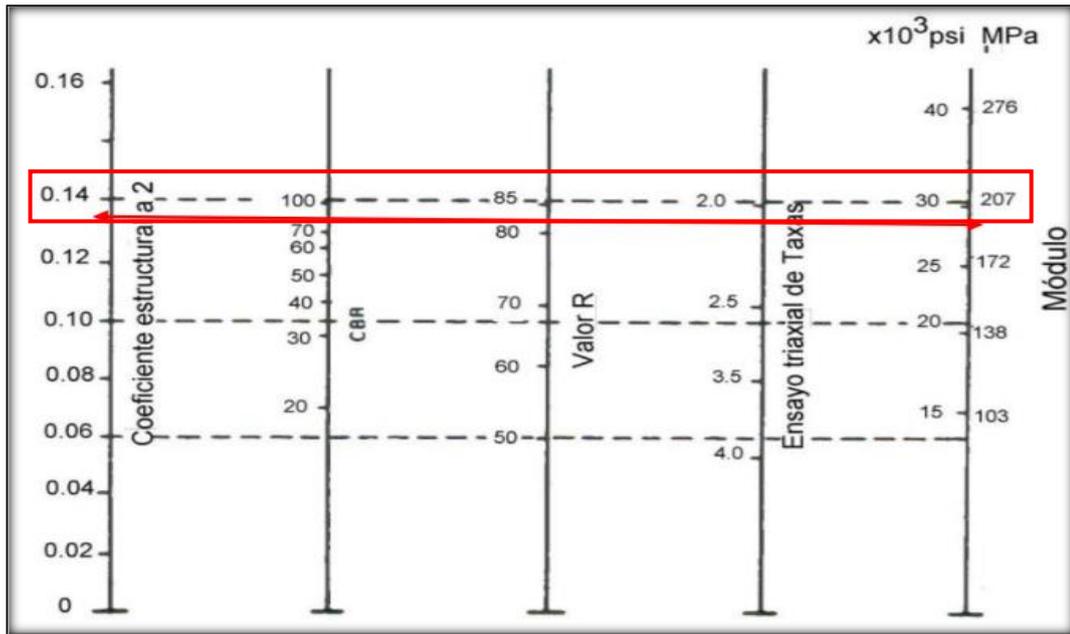
Para un CBR de valor 40%, mediante el nomograma se obtiene un coeficiente estructural  $a_3 = 0.12$  y un módulo resiliente (MR) = 18000 psi. Por tanto, el módulo de resiliencia a considerar:

$$Mr_{Subbase} = 2555 \times 40.00^{0.64}$$

$$Mr_{Subbase} = 27083.78 \text{ psi}$$

#### 4.5.3.3 La Base

Esta capa trabajaremos con un CBR de acuerdo a las especificaciones del Ministerio de Transportes, el cual establece en un mínimo de 100%. Del Nomograma de la AASHTO se determina el coeficiente estructural  $a_2$  y el módulo resiliente del material.

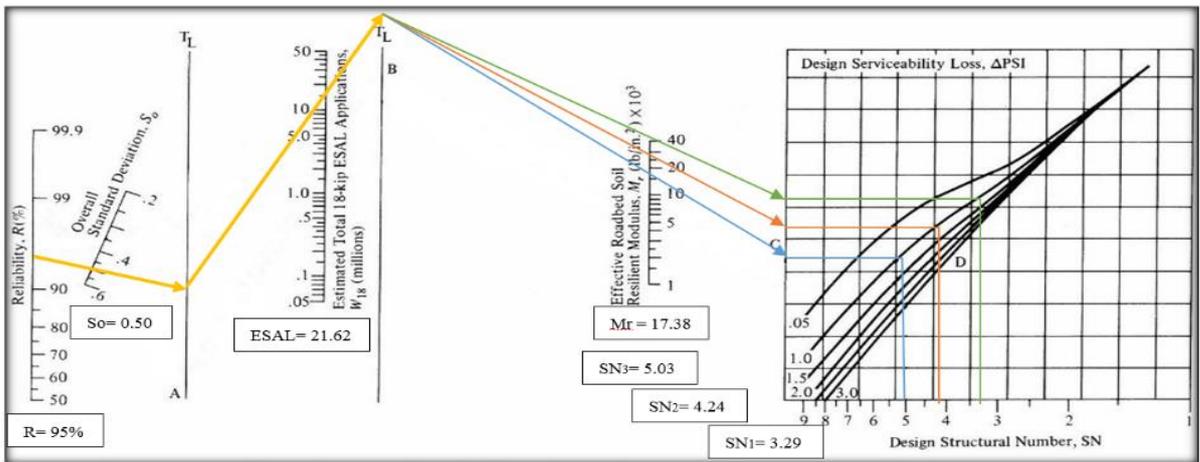


**Figura 24:** Nomograma para determinar el coeficiente estructural de la Base Estructural a2.  
 Fuente: Guía ASSHTO 1993.

Para un valor de CBR del 100% mediante el nomograma, se obtiene un coeficiente estructural  $a_3 = 0.14$  y un módulo resiliente (MR) = 30000 psi. Por tanto, el módulo de resiliencia a considerar seria el siguiente:

$$Mr \text{ Base} = 2555 \times 100.00^{0.64}$$

$$Mr \text{ Base} = 48684.52 \text{ psi}$$



**Figura 25:** Nomograma para determinar los coeficientes estructurales del Pavimento.  
 Fuente: Guía ASSHTO 1993/ Elaboración Propia

#### 4.5.3.4 Resultados del Número Estructural

$$R = 95.0 \%$$

$$S_o = 0.50$$

$$EAL = 2.16E+07$$

$$M_r \text{ SubRasante} = 17,380.01 \text{ psi}$$

$$M_r \text{ Sub Base } 40\% = 27,083.78 \text{ psi}$$

$$M_r \text{ Base } 100\% = 48,684.52 \text{ psi}$$

Del Nomograma para Calcular los SN, resulto lo siguiente:

- **Sub Rasante**

$$SN_3 = 5.03 \text{ Pulgadas}$$

- **Sub Base**

$$SN_2 = 4.24 \text{ Pulgadas}$$

- **Base**

$$SN_1 = 3.29 \text{ Pulgadas}$$

#### 4.5.3.5 Determinación de los Coeficientes Estructurales del Pavimento a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a <sub>i</sub> (cm)	OBSERVACIÓN
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	a <sub>1</sub>	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	a <sub>1</sub>	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE
Micropavimento 25 mm	a <sub>1</sub>	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a <sub>1</sub>	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	a <sub>1</sub>	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000 EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) no se considerapor no tener aporte estructural			
<b>BASE</b>			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a <sub>2</sub>	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 10'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a <sub>2</sub>	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico > 10'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a <sub>2a</sub>	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	a <sub>2b</sub>	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	a <sub>2c</sub>	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
<b>SUBBASE</b>			
Subbase Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a <sub>3</sub>	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico

**Figura 26:** Determinación de los coeficientes estructurales de las capas del Pavimento.  
Fuente: Sección Suelos y Pavimentos. MTC, 2014

Por tanto, en base a datos de la Guía AASHTO 1993, catalogado en el Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos del MTC 2014, se determina los siguientes coeficientes estructurales:

$$a_1 = 0.17 \text{ cm} = 0.43 \text{ Pulgadas}$$

$$a_2 = 0.054 \text{ cm} = 0.14 \text{ Pulgadas}$$

$$a_3 = 0.047 \text{ cm} = 0.12 \text{ Pulgadas}$$

#### 4.5.4. Espesores Resultantes, del Pavimento Flexible.

El Pavimento Flexible es una estructura conformada por varias capas y debe ser estructurada acorde con esta premisa. Se debe de hallar el número estructural necesario de la Sub-Rasante, así mismo de la Sub base y base. Con estos valores se determinan los espesores de cada capa. Para calcular los espesores de las capas según la metodología ASSHTO 93 se sigue de la siguiente forma:

##### 1.0

**Base** SN<sub>1</sub> = 3.29 pulgadas  
 $a_1 = 0.43$  pulgadas → Capa Superficial

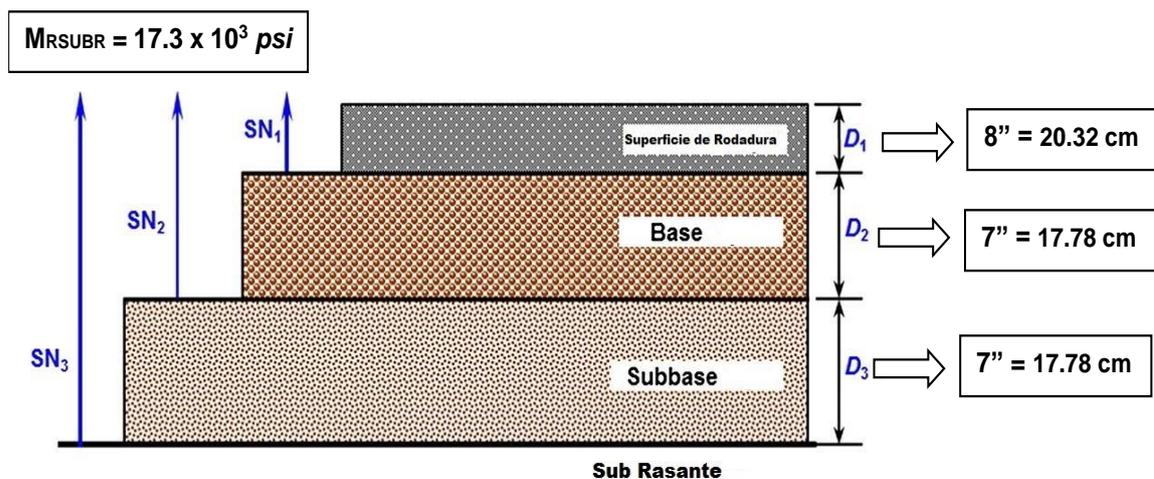
**Sub base** SN<sub>2</sub> = 4.24 pulgadas  
 $a_2 = 0.14$  pulgadas → Capa Base

**Sub Rasante** SN<sub>3</sub> = 5.03 pulgadas  
 $a_3 = 0.12$  pulgadas → Capa Sub base  
**M<sub>i</sub>** = 1.00

## 2.0

En tal sentido:

- $D_1 = \frac{SN_1}{a_1} = 7.65 \text{ pulg.}$  → Se redondea a 8" pulgadas.
- $SN_1 = a_1 \times D_1 = 0.43 \times 7.65 = 3.29$
- $D_2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 \times m_i} = \frac{4.24 - 3.29}{0.14 \times 1.00} = 6.78 \text{ pulg.}$  → Se redondea a 7" pulgadas.
- $SN_2 = a_2 \times D_2 \times m = 0.14 \times 6.78 \times 1.00 = 0.95$
- $D_3 = \frac{SN_3 - (SN_2 + SN_1)}{a_3 \times m} = \frac{5.03 - (0.95 + 3.29)}{0.12 \times 1.00} = 6.58 \text{ pulg.}$  → Se redondea a 7" pulgadas
- $SN_3 = a_3 \times D_3 \times m = 0.12 \times 6.58 \times 1.00 = 0.79$



**Figura 27:** Espesores de Pavimento flexible resultante, según la Metodología AASHTO 93, para la segunda calzada del tramo (PE-10) Km 0+000 a Km 3+830.

**Fuente:** Guía ASSHTO 1993 / Elaboración Propia

Así mismo se pone en propuesta el siguiente cuadro de espesores como alternativa al resultante en este estudio para cada capa del pavimento, ya que también cumplen con el requerimiento de espesor mínimo, teniendo en cuenta el número estructural mínimo de  $SN = 5.33$ . Igualmente, considerando el tema económico como en todo proyecto, se sabe que el costo del concreto asfáltico es mayor al del material granular de la base y sub-base, por lo que se puede reducir el espesor de este y aumentar los espesores del material granular. Para tal fin se presenta el siguiente cuadro de proporciones:

**Tabla 37:** *Espesores de pavimento flexible, obtenidos como alternativa del cálculo según el método AASHTO 1993 (CM)*

PARTES DEL PAVIMENTO	ALTERNATIVA				
	1	2	3	4	5
<b>CAPAS</b>	<b>ESPEORES (cm)</b>				
<b>CARPETA ASFALTICA</b>	10	15	12	10	15
<b>BASE</b>	30	25	25	25	20
<b>SUB-BASE</b>	20	20	20	25	20

*Fuente: Guía AASHTO 1993 / Elaboración propia*

#### 4.5.5. Mezcla Asfáltica en Caliente

Se define como mezcla asfáltica (o bituminosa) en caliente a la combinación de agregados (incluido el polvo mineral) con un ligante.

Las cantidades relativas de ligante y agregados determinan las propiedades físicas de la mezcla.

El proceso de fabricación implica calentar el agregado pétreo y el ligante a alta temperatura, muy superior a la ambiental. Enseguida esta mezcla es colocada en la obra.

#### 4.5.5.1 Metodología

Existen diferentes métodos de diseño, dentro de los cuales nosotros proponemos para este estudio el Método Marshall. El cual se encuentra en detalle en las normas ASHTO T 245 (o ASTM D1559).

**Método Marshall:** Basado en estabilidad y contenido de vacíos.

#### Clasificación de Mezclas Asfálticas en Caliente:

##### 1.0 De acuerdo a su posición relativa:



#### **Carpeta de Rodadura:**

Es una capa aglomerada de agregados pétreos y asfalto, generalmente semi cerrada o cerrada diseñada para resistir la abrasión y desintegración por efectos ambientales.

#### **Capa Intermedia:**

Mezcla generalmente abierta y graduada densa o gruesa, colocada sobre la base.

#### **Base Asfáltica:**

Mezcla generalmente abierta colocada sobre la base granular o subrasante, a la cual se le Super-pone la capa intermedia o rodadura.

## 2.0 De acuerdo a su Granulometría:

La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los husos granulométricos

**Tabla 38:** Gradación, para Mezcla Asfáltica en caliente

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

*Fuente: Manual de carreteras EG, 2014*

La capa correspondiente a la superficie de rodadura deberá ser de concreto asfáltico y tendrá un espesor compactado de 20.32 cm. (8"). Previa colocación de un riego de liga.

### Diseño de la Mezcla Asfáltica

Es importante que la mezcla sea diseñada de tal forma que pueda ser colocada con facilidad, evitando segregaciones.

Previo al diseño de la mezcla se deben analizar tanto los agregados como el asfalto para decidir si son aptos para la construcción del pavimento. Los agregados deben ser limpios, tenaces y durables y lo más importante deben tener una granulometría de acuerdo a la norma.

### Especificaciones Generales:

Las especificaciones generales que deben cumplir son:

- ✓ Granulometría
- ✓ Resistencia al Desgaste
- ✓ Solidez

- ✓ Limpieza y pureza
- ✓ Rozamiento Interno
- ✓ Propiedades superficiales

**Tabla 39:** *Requisitos Básicos de una mezcla asfáltica, según el método Marshall*

Número de golpes de compactación en cada lado del espécimen.	75
Estabilidad (Kg)	680
Fluencia en 0.01"	8 mín - 18 máx.
Vacíos en la mezcla, en %	3 mín - 5 máx.
Vacíos llenos de asfalto, en %	75 mín - 85 máx.

**Fuente:** *Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en caliente del Asphalt Institute.*

La mezcla asfáltica en caliente será producida en plantas continuas o intermitentes. La temperatura de los componentes será la adecuada para garantizar una viscosidad en el cemento asfáltico que le permita mezclarse íntimamente con el agregado combinado, también calentado. La mezcla a la salida de la planta tendrá una 110°C temperatura comprendida entre 125°C y 165°C. La temperatura de colocación de la mezcla asfáltica en la base imprimada, será de 120°C mínimo.

La colocación y distribución se hará por medio de una pavimentación autopropulsada de tipo y estado adecuados, para que se garantice un esparcido de la mezcla en volumen, espesor y densidad de capa uniformes. El esparcido será complementado con un acomodo y rastrillado manual, cuando se comprueben irregularidades a la salida de la pavimentadora.

## **4.6. Diseño de la Señalización Vial del Tramo PE -10A (Km 0+000 – Km 3+830)**

### **4.6.1. Trabajo de Campo**

En esta etapa se recopiló información, que comprendió la recolección, evaluación y análisis de la documentación oficial existente, como estudios anteriores y el último inventario vial existente de la PE-10A del tramo comprendido Km 0+000 al Km 3+830.

Así mismo se procedió a una inspección visual y registro de las características físicas actuales de la vía, como complemento del inventario vial.

Inventario de cada uno de los elementos de señalización vertical y de seguridad vial existentes desde el punto de vista de la seguridad del usuario de la vía.

Evaluación funcional y estructural y operacional de los elementos de señalización y seguridad vial y sus respectivos componentes.

Evaluación del desempeño en la prevención de accidentes de tránsito.

Evaluación de cada una de las zonas potenciales de riesgo de accidente de tráfico y determinación de existencia e identificación de puntos negros en la vía. Así como la identificación de las zonas inseguras en el tramo.

### **A. INVENTARIO DE ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO PE-10A Km 0+000 al Km 3+830.**

#### **Inventario Vial de Señalización existente:**

El tramo de estudio contiene 31 señales verticales existentes conformadas por señalización de tipo: Preventivas, Reglamentarias e Informativas. Cada una de ellas ha sido identificada y evaluada.

El resultado del inventario es el siguiente:

## Señales Informativas: 06 Unidades



**Figura 28:** Señalización Informativa existente en la vía (PE-10A) Km 0+900.  
Fuente Elaboración Propia

## Señales Preventivas: 17 Unidades



**Figura 29:** Señalización preventiva existente en la vía (PE-10A) Km 1+300.  
Fuente Elaboración. Propia

## Señales Reglamentarias: 08 Unidades



**Figura 30:** Señalización Reglamentaria existente en la vía (PE-10A).  
Fuente: Elaboración Propia

## B. INVENTARIO DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD VIAL

Comprendió los siguientes trabajos:

- ✓ Inventario de Hitos Kilométricos: 03 Und.

### Inventario de señalización horizontal existente

**Tabla 40:** Metrado de marcas en el pavimento Km 0+000 – km 4+000 Ruta PE-10A

<b>SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL</b>											
<b>METRADO DE MARCAS EN EL PAVIMENTO</b>											
<b>LÍNEAS</b>											
<b>LÍNEAS BLANCAS (BORDES)</b>							<b>LÍNEAS AMARILLAS (CENTRO)</b>				<b>805.A</b>
<b>Líneas Continuas</b>			<b>Líneas Discontinuas</b>				<b>Líneas Discontinuas</b>			<b>Líneas</b>	<b>MARCAS EN EL PAVIMENTO</b>
<b>Inicio (km)</b>	<b>Final (km)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Inicio (km)</b>	<b>Final (km)</b>	<b>Lado</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Inicio (km)</b>	<b>Final (km)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	
0+000.00	1+000.00	200.00				0.00	0+000.00	1+000.00	37.50	0.00	237.50
1+000.00	2+000.00	200.00				0.00	1+000.00	2+000.00	37.50	0.00	237.50
2+000.00	3+000.00	200.00				0.00	2+000.00	3+000.00	37.50	0.00	237.50
3+000.00	4+000.00	200.00				0.00	3+000.00	4+000.00	37.50	0.00	237.50

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 41: Metrado de Gibas o Resalto en el pavimento Km 0+000 – km 4+000 Ruta PE-10A

SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL								
TRAMO 15 DV. OTUZCO - TRUJILLO								
METRADO DE GIBAS O RESALTO								
N°	PROGRESIVA (km)	CANTIDAD	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	805.A	815.A	816.A	OBSERVACIONES
					MARCAS EN EL PAVIMENTO (m <sup>2</sup> )	PINTADO DE PARAPETOS EN MUROS Y ALC. (m <sup>2</sup> )	GIBAS O RESALTO (m)	
1	0+270	1.00	8.00	3.60	-	28.80	-	
2	0+380	1.00	8.00	4.00	-	32.00	-	
3	1+870	1.00	10.00	3.30	-	33.00	-	
4	2+025	1.00	4.65	1.00	-	4.65	-	
5	2+085	1.00	9.00	3.50	-	31.50	-	
6	2+120	1.00	5.40	0.70	-	3.78	-	
7	2+165	1.00	5.65	1.05	-	5.93	-	
8	2+230	1.00	5.75	1.10	-	6.33	-	
9	2+350	1.00	9.00	3.30	-	29.70	-	

Fuente: Elaboración propia

### Tachas retroreflectivas:

Tabla 42: Metrado de marcas en el pavimento Km 0+000 – km 4+000 Ruta PE-10A

SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL								
TRAMO 15 DV. OTUZCO - TRUJILLO								
METRADO DE TACHAS REFLECTIVAS								
CURVA N°	PROGRESIVA		RADIO (m)	ESPAC. (m)	UBICACIÓN			804.A
	INICIO (Km)	FINAL (Km)			IZQ. BLANCO / ROJO	CENTRO AMARILLA	DER. BLANCO / ROJO	TACHA RETROFLECTIVA (u)
	TANG.	0+000.000			0+088.529		24.00	4.00
1	0+088.529	0+114.033	4,000.00	23.00	2.00	2.00	2.00	6.00
TANG.	0+114.033	0+690.759		24.00	25.00	25.00	25.00	75.00
2	0+690.759	0+919.963	258.00	17.00	14.00	14.00	14.00	42.00
TANG.	0+919.963	1+335.687		24.00	18.00	18.00	18.00	54.00
3	1+335.687	1+425.629	400.00	20.00	5.00	5.00	5.00	15.00
TANG.	1+425.629	1+524.848		24.00	5.00	5.00	5.00	15.00
4	1+524.848	1+805.593	400.00	20.00	5.00	5.00	5.00	15.00
TANG.	1+805.593	3+173.435		24.00	66.00	66.00	66.00	198.00
5	3+173.435	3+235.011	800.00	23.00	3.00	3.00	3.00	9.00

Fuente: Elaboración propia

Blanco- Rojo (Lado Izquierdo): 147 Und

Blanco- Rojo (Lado Derecho): 147 Und

Amarillo: 147 Und

#### **4.6.2. Trabajo de Gabinete**

Análisis de la información recopilada, así como también de la estadística obtenida de accidentes proporcionada por entidades oficiales.

Procesamiento, análisis y propuesta de solución a los problemas presentados que atentan contra la seguridad vial en el tramo.

Proporcionar el estado de cada uno de los elementos de señalización y seguridad vial para que sea parte de los trabajos a realizarse en nuestra propuesta de una segunda calzada para el tramo de estudio.

Brindar propuestas y alternativas de solución para todo el tramo.

El Estudio de Señalización, ha sido realizado con el propósito de contribuir al mejoramiento en el control y ordenamiento del tráfico de la Carretera Longitudinal de la Sierra, Tramo 2 (PE-10A), Tramo: Km 0+000 al KM 3+830, en concordancia con lo señalado en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC.

#### **4.6.3. Propuesta de Señalización**

Dado que el presente proyecto plantea la ampliación a una segunda calzada, se planteó una señalización horizontal y vertical, así como de seguridad vial acorde al nuevo diseño geométrico de la carretera, en conformidad con el “Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú”.

##### **4.6.3.1 Señalización Horizontal**

###### **Marcas en el Pavimento**

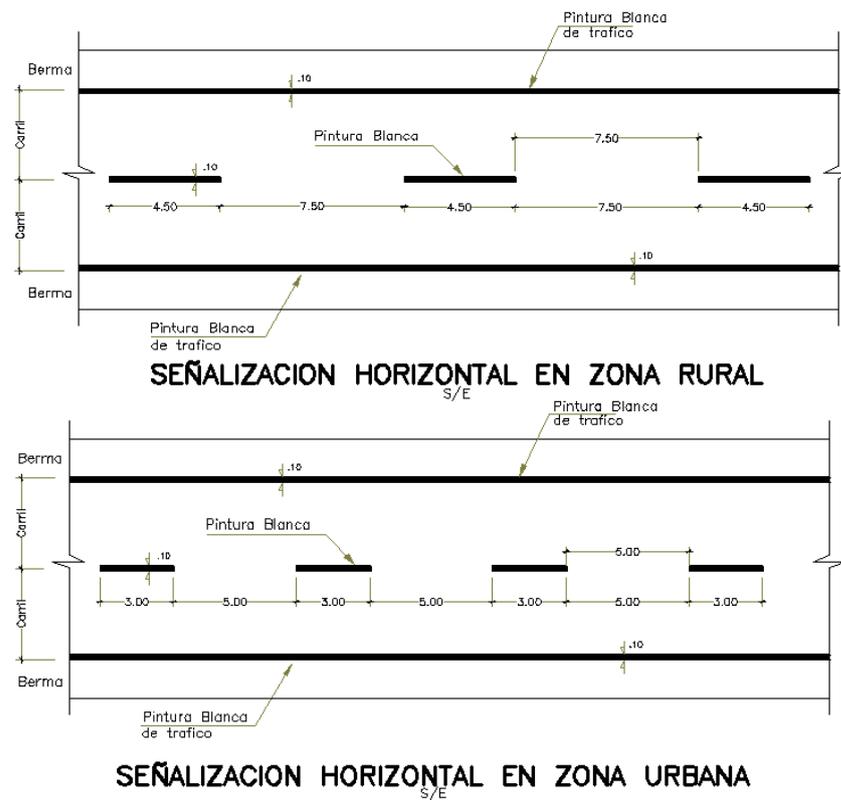
Se utilizarán marcas sobre el pavimento con la finalidad de reglamentar el movimiento vehicular e incrementar la seguridad de tránsito en el tramo de carretera en estudio.

Para el proyecto se incrementó el metrado de marcas en el pavimento; tanto de líneas discontinuas separadoras de carril en el centro de la calzada, como líneas continuas blancas en el borde de ambas calzadas como resultado del nuevo diseño geométrico propuesto para la vía.

Las marcas sobre el pavimento se clasifican de la forma siguiente:

- **Líneas de borde;** se utilizarán líneas continuas de color blanco para demarcar el borde del pavimento o calzada, a fin de facilitar la conducción del vehículo, especialmente durante la noche o condiciones climáticas severas. Asimismo, se utilizarán líneas discontinuas de borde, cuando está permitido el cruce vehicular (zonas de acceso, intersecciones, estacionamientos y otros).
  
- **Línea de carril;** Las líneas de carril son utilizadas para separar los carriles de circulación que transitan en la misma dirección. Las líneas de carril, son líneas discontinuas o segmentadas, de ancho 0.10m - 0.15m, de color blanco y cuyos segmentos serán de 4.50 m de longitud espaciadas 7.50m en el caso de carreteras; en la zona urbana será de 3.00 m y 5.00 m, respectivamente.

Las líneas o marcas a pintarse en el nuevo pavimento, serán ejecutadas en las ubicaciones establecidas cumpliendo las disposiciones establecidas que existen en el “Manual de Dispositivos de Control de Tránsito automotor para Calles y Carreteras” del Ministerio de Transportes.



**Figura 31:** Marcas sobre el pavimento en la vía (PE-10A).

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo se contempla la utilización de textos: DESPACIO, PARE, ZONA URBANA. El tamaño de letra a utilizar se encuentra detallado en la reglamentación establecida por el Ministerio de Transportes y deberán tener una apariencia bien clara, uniforme y bien acabada.

#### 4.6.3.2 Señalización Vertical

##### 4.6.3.2.1. Señales Reglamentarias:

Las señales reglamentarias generan un ordenamiento en el tránsito vehicular, además de dar a conocer al usuario de la vía sobre la existencia de las limitaciones y prohibiciones que regulan su uso.

Los paneles de las señales nuevas se fabricarán con planchas de fibra de vidrio de 4mm de espesor con resina poliéster y con una cara de textura similar al vidrio. La parte posterior del panel se pintará con doble mano

de pintura con doble mano de pintura esmalte de color negro y el borde superior derecho de esta cara posterior.

Los postes de fijación o soporte de las señales nuevas serán de concreto armado prefabricado, los mismos que deberán pintarse con esmalte color negro y blanco, en franjas horizontales de 50 centímetros.

- **Señales restrictivas o prohibitivas;** De forma circular inscritas en una placa rectangular de 0.80 x 1.20m con el mensaje que encierra la simbología utilizada, de color blanco con símbolo y marco negros, círculo de color rojo, así como la franja oblicua trazada del cuadrante superior izquierdo al cuadrante inferior derecho, que representa la prohibición.
- **Señales de sentido de circulación;** De forma rectangular de 0.80 x 1.00m con fondo de color blanco, flechas direccionales y marco con tinta xerográfica de color negro.

Las señales reglamentarias serán ubicadas de acuerdo al tipo de mensaje y la prohibición a la que se refiere. En general, deberán colocarse en el lugar donde exista la prohibición o restricción.

### **Relación de Señales Reglamentarias que serán utilizados en el Proyecto**

La forma, colores, dimensiones y detalles de las señales de carácter reglamentario a utilizarse en el Proyecto, se encuentran en los Planos. Aquí se mencionan alguna de ellas:

#### **(R-30) Señal Velocidad Máxima**

Se utiliza para indicar la velocidad máxima permitida, a la cual podrán circular los vehículos. Estas señales serán colocadas para recordar al usuario la velocidad reglamentaria y cuando por razones de las características geométricas de la vía o aproximación a

determinadas zonas (Zona Urbana), deben restringirse la velocidad.



#### **(R-30-4) Señal de Reducir Velocidad**

Se empleará para recordar al usuario de la vía que debe reducir la velocidad a por lo menos, lo indicado en esta señal.

Este tipo de señales reglamentarias se usan en las proximidades de zonas urbanas y zonas que presenten condiciones particulares de alineamiento.



#### **4.6.3.2.2. Señales Preventivas:**

Serán ubicadas y diseñadas de acuerdo al alineamiento de la vía, en las zonas que representan un peligro real o potencial, que puede ser evitado disminuyendo la velocidad del vehículo o tomando las precauciones del caso.

Las señales preventivas tendrán una dimensión de 0.90 x 0.90m. Así mismo estas señales contarán con un fondo de material retro-reflectante

de color amarillo; los símbolos, letras y borde del marco se pintarán con tinta xerográfica de color negro.

Los paneles de las señales serán fabricados en fibra de vidrio de 4mm de espesor con resina poliéster y una cara de textura similar al vidrio. La parte posterior de los paneles se pintará con dos manos de pintura esmalte de color negro y en el borde superior derecho de la misma, se colocará la fecha de instalación (mes y año).

Los postes de fijación o soporte de las señales serán de concreto armado prefabricado, los mismos que deberán pintarse con esmalte color negro y blanco, en franjas horizontales de 50 centímetros.

La ubicación de las señales ha sido definida principalmente en función de la geometría de la vía, considerando a aquellos conductores que no se encuentran familiarizados con la carretera y darles el tiempo necesario para percibir, identificar y decidir cualquier maniobra sin peligro.

### **Relación de Señales Preventivas que serán utilizadas en el Proyecto**

La forma, colores, dimensiones y detalles de las señales de carácter preventivo a utilizarse en el Proyecto, se encuentran indicadas en los planos. Se adjunta las planillas de metrados respectivas.

#### **(P-2A) Señal Curva a la Derecha, (P-2B) a la Izquierda.**

Se usarán para prevenir la presencia de curvas de radio de 40m a 300m con ángulo de deflexiones menor de 45° y para aquellas de radio entre 80 y 300m cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°.



**P-2A**



**P-2B**

**(P-15) Señal de Intersección Rotatoria.**

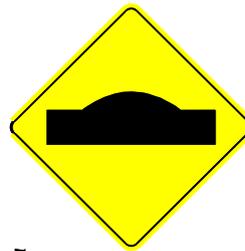
Se utilizará para advertir al conductor de la proximidad de una intersección rotatoria (óvalo o rotonda).



P-15

**(P-33) Señal Resalto**

Esta señal se empleará para advertir la proximidad a un resalto normal a la vía que puede causar daños o desplazamientos peligrosos o incontrolables del vehículo.



P-33

**(P-56) Señal zona urbana**

Se utilizarán para advertir al conductor de la cercanía de un poblado con el objeto de adoptar las debidas precauciones. Se colocarán estas señales a una distancia de 200 a 300 metros antes del inicio del centro poblado, debiéndose complementar con la señal R-30 que indica "velocidad máxima", estableciendo el valor que corresponde al paso por el centro poblacional.



P-56

#### **4.6.3.2.3. Señales Informativas:**

Tienen como finalidad guiar al conductor de un vehículo a través de una determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino. También tienen por objeto identificar puntos notables o de interés, tales como ciudades, ríos, lugares históricos, etc. Y da información precisa y oportuna que ayude al usuario que utilice la vía.

Las señales de información que implementarán en el proyecto serán las de dirección, localización, indicadoras de ruta y de información general, para dar a conocer los lugares o poblaciones más importantes en el trayecto de su destino. Asimismo, se emplearán señales con indicación de distancias, las cuales se utilizarán con la finalidad de informar al conductor del vehículo, sobre las distancias a las que se encuentran las poblaciones de importancia. Se utilizarán también postes de kilometraje.

Las señales informativas serán de forma rectangular con su mayor dimensión en posición horizontal y de dimensiones variables, según el mensaje a transmitir. Dichas señales deberán ubicarse al lado derecho de la carretera, de manera que los conductores puedan distinguirlos de manera clara y oportuna.

Las estructuras de soporte para estas señales serán metálicas, constituidas principalmente por tubos negros estándar de 3" de diámetro, los cuales serán recubiertos con pintura anticorrosiva y esmalte de color gris. Los carteles de las señales serán fabricados con fibra de vidrio de 4mm. de espesor con resina poliéster y con una cara de textura similar al vidrio. La cara posterior de los paneles se pintará con dos manos de pintura esmalte color negro y en el borde superior derecho de la misma, se colocará la fecha de instalación (mes y año).

El mensaje a transmitir, así como los bordes, se confeccionarán con láminas reflectantes de color blanco, mientras que para el fondo de la señal se utilizarán láminas reflectantes de color verde, marrón o azul; de acuerdo a lo indicado en los planos y las Especificaciones Técnicas del Proyecto.

La altura mínima adoptada para los carteles informativos es de 0.90 m. a fin de uniformizar las señales proyectadas y conseguir un adecuado equilibrio óptico en los mensajes a transmitir.

### **Relación de Señales Informativas que serán utilizadas en el Proyecto**

La forma, colores, dimensiones y detalles de las señales de carácter informativo a utilizarse en el Proyecto, se encuentran indicadas en los planos que se adjuntan en el volumen correspondiente.

#### **(I-2) Señal indicador de Ruta Carretera Sistema Nacional**

Se utilizará exclusivamente en las carreteras del Sistema Nacional: Un cuadrado 0.75m de lado en el que está inscrito la forma del escudo nacional, de color blanco con letras y marco negro. Llevará la palabra PERU seguido del nombre del departamento, jurisdicción del lugar en que se encuentra la señal y el número de la ruta que está identificado.



#### **(I-5), (I-5-A) Señal de destino**

Se utilizarán antes de las intersecciones o accesos, a fin de guiar al usuario en el itinerario a seguir para llegar a su destino. Sus dimensiones son variables según su contenido. Llevarán al lado el nombre del lugar, una flecha que indique la dirección a seguir para llegar al destino indicado. Adicionalmente la señal I-5A lleva una identificación.



### **(I-7) Señal con Indicación de distancias**

Serán utilizadas para indicar al usuario, las distancias a las que se encuentran poblaciones o lugares próximos de destino, a partir del punto donde se encuentra localizada la señal.



### **(I-8) Postes de kilometraje**

Se utilizarán para indicar la distancia al origen de la vía. Dichos postes se colocarán a intervalos de 1 kilómetro.

### **(I-18) Señal de localización**

Se emplearán para indicar la proximidad de poblaciones o lugares de interés, tales como ríos, poblaciones, etc.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- **En relación al Objetivo General de la investigación:** Mejorar la transitabilidad vial con nuestra propuesta de diseño en la segunda calzada, del tramo Urbano, que comprende: desde el Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 0 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m del distrito y Provincia de Trujillo, Departamento de la Libertad. Tras la obtención de toda la información del análisis situacional, que comprendió el diagnóstico de la situación actual de la vía, la aplicación de herramientas y estrategias, se logró analizar y darle una interpretación a cada uno de los datos para poder darle un valor y transformarla en información valiosa, que permitió desarrollar una propuesta de diseño vial y plantear una segunda calzada, que permita mejorar la transitabilidad vial de la Ruta PE-10A en el tramo urbano Km 0+000 al Km 3+830 y permita la satisfacción y confort del usuario.
- **Con respecto al primer objetivo específico:** Determinar el actual estado de transitabilidad vehicular del tramo: Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 000 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m del distrito y provincia de Trujillo. Se relaciona con los Tesistas (Arteaga & Cristian, 2019) **Propuesta para mejorar la transitabilidad en los accesos del Hospital de Alta Complejidad de la Libertad “Virgen de la Puerta”, La Esperanza – Trujillo – La Libertad:** Propone como objetivo: Realizar un Estudio de Transitabilidad y de acuerdo a ello, proponer alternativas que permitan mejorar el tránsito en los accesos al hospital de alta complejidad de La Libertad. Ellos concluyen que el nivel de servicio de su carretera es bueno en todas las vías, ya que, según el estudio, las arterias 1 y 2 clasifican como B y la Arteria 3 clasifica como A. Comparado a nuestro proyecto de investigación, el nivel de servicio de nuestro tramo de estudio es el “E” debido a un IMDA alto y que sobrepasa la capacidad de la actual vía. Con el apoyo de los estudios previos de Topografía y el Estudio del Tráfico actual, se determinó y se plasma el siguiente cuadro que nos brinda la Información técnica resumida de la actual vía.

<b>ESTADO ACTUAL DE LA VIA</b>	
<b>CARACTERISTICAS TÉCNICAS</b>	
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>	Carretera Longitudinal de la Sierra, Tramo 2 (PE-10A) km 0+000 – km Ov. La Marina – Quirihuac – Shiran – Dv. Otuzco – Emp. PE-3N (Shorey).
<b>RED VIAL</b>	Nacional (Ruta PE-10A) D.S. N°011-2016-MTC
<b>CLASIFICACIÓN DE LA VIA:</b>	Carretera de primera y Segunda clase
<b>Longitud total de la Vía</b>	121.670 km
<b>Tramo de Estudio</b>	Km 0+000 - 3+830
<b>IMDA</b>	17,082 Veh/día
<b>NIVEL DE SERVICIO TIPO “F”</b>	El Volumen del Tráfico vehicular, supera a la capacidad vial de la carretera.
<b>Velocidad directriz</b>	40 y 60 KPH
<b>Características de la vía y el pavimento</b>	Pavimento flexible
<b>Tipo de material de la superficie de rodadura</b>	Asfalto en caliente
<b>Estado de conservación</b>	Buena
<b>Alineamiento Horizontal</b>	
<b>Radio Mínimo</b>	30.00 m
<b>Alineamiento Vertical</b>	
<b>Pendiente Mínima</b>	0.5 %
<b>Pendiente Máxima</b>	8.0% a 10%
<b>Sección Transversal Actual</b>	
<b>Número de carriles</b>	2
<b>Ancho de Carril</b>	3.60 m
<b>Ancho de bermas</b>	Variable de 0.30 - 1.20 m
<b>Ancho de calzada</b>	7.20 m
<b>Bombeo</b>	2.0 %
<b>Peralte</b>	3.00 %
<b>Derecho de vía</b>	20.00 m
<b>Talud en relleno</b>	1.00 - 1.50 m

- **En relación al segundo objetivo específico:** Elaborar conteos volumétricos y clasificación vehicular (IMDA) como variable esencial, ya que con los datos obtenidos se elaborará el perfil geométrico y la proyección futura de la carga vehicular de acuerdo a la valoración de los ejes equivalentes que transitaran sobre la vía, en el tramo comprendido desde el Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 000 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m carretera de penetración a la sierra Liberteña. Se relaciona con los Tesistas: (Arteaga & Cristian, 2019) **“Propuesta para mejorar la transitabilidad en los accesos del Hospital de Alta Complejidad de la Libertad “Virgen de la Puerta”, La Esperanza – Trujillo – La Libertad”**. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, Perú. Se difiere ya que su IMDA resultante es el siguiente: el volumen promedio diario semanal en cada arteria, teniendo la Arteria 1: 1644 veh/día; Arteria 2: 1975 veh/día y la Arteria 3: 2030 veh/día. En cuanto a su composición, los vehículos más recurrentes son del tipo livianos (que va desde el 64% hasta el 84%) y combis (hasta 21%). El nivel de servicio es bueno en todas las vías, ya que, según el estudio, las arterias 1 y 2 clasifican como B y la Arteria 3 clasifica como A. Y con respecto a nuestro IMDA, los resultados fueron los siguientes:

Tipo de Vehículo	IMDS	Distribución (%)
AUTO / S. WAGON	14038	82.18%
CAMIONETA-PICK UP	1278	7.48%
COMBI	527	3.09%
MICRO / MINIBUS	7	0.04%
BUS 2 EJES - B2	31	0.18%
BUS 3 EJES - B3-1	25	0.15%
BUS 4 EJES - B4-1	3	0.02%
CAMIÓN 2 EJES - C2	485	2.84%
CAMIÓN 3 EJES - C3	264	1.55%
CAMIÓN 4 EJES - C4	26	0.15%
SEMI TRAYLER T2S2	2	0.01%
SEMI TRAYLER T2S3	5	0.03%
SEMI TRAYLER T3S2	42	0.25%
SEMI TRAYLER T3S3	346	2.03%
TRAYLER C3R2	3	0.02%
TRAYLER C3R3	0	0.00%
<b>IMDA</b>	<b>17,082.00</b>	<b>100.00%</b>

Según el cuadro, se puede notar que por esta vía, en su mayor porcentaje circulan vehículos ligeros con un alto volumen o flujo vehicular. El ESAL resultante fue de **21'619,224.20** de ejes equivalentes de 8.2 T.M. proyectados para un periodo de diseño de 20 años.

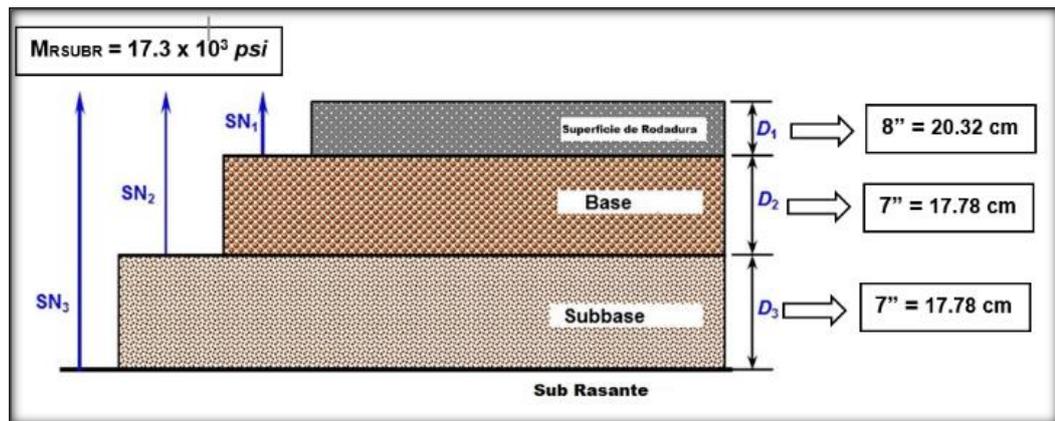
- En relación con el tercer objetivo específico:** Realizar el estudio de suelos para conocer el perfil estratigráfico, la densidad, capacidad estructural de la subrasante CBR y clasificación de los suelos de la zona de estudio con fines de estructurar el pavimento de la segunda calzada según la metodología ASSHTO 1993. Se relaciona con los Tesistas (Gómez Vallejos, 2014) **Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo Grau - Trujillo - La Libertad**, donde su estudio encuentran como material predominante una Arena Arcillosa y Arcilla de mediana plasticidad el cual dio como resultado un CBR de diseño de 8.20%, este valor es relativamente bajo debido al alto porcentaje de finos obtenido en la muestra. Al respecto nuestro estudio de suelos resultante fue el siguiente:

CALICATA C-01	
ESTRATO	E-1
PROF. (M)	1.00 - 2.00
SUCS	CL
DESCRIPCION	Material de arcillas de baja plasticidad, de compacidad suelta a media, de baja humedad, y de consistencia media. No se encontro el NAF.
% Pasa 200	88.53
LL	32.00
LP	23.40
IP	8.60
%Wn	6.84
Y Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	2.03
M.D.S.	2.21
O.C.H.	
CBR (95% M.D.S.)	20.00
CBR (100% M.D.S.)	

Igualmente, en nuestro estudio de Suelos resultante se encontró lo siguiente: En el estrato de (0.00 a 1.00 m) es un material de relleno y de (1.00 a 2.00 m) el material predominante es una arcilla de baja plasticidad (CL) y de consistencia media, según SUCS o A-6; según AASHTO, con un índice de plasticidad de 8.60, un porcentaje pasante de la malla N° 200 de casi 88.53%. No se encontró NAF y con un CBR al 95% de 20.00.

- **En relación al cuarto objetivo específico:** Elaborar el diseño geométrico de la segunda calzada, en el tramo urbano: Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 0 + 000 al Km 003 + 830 m del distrito y provincia de Trujillo. Se proyectó la construcción de una segunda calzada, elaborándose el diseño geométrico acorde al eje y la rasante de la actual vía. Para lo cual se elaboró los planos, que se encuentran en la parte de anexos del presente estudio: Vista en Planta así mismo diseñando las nuevas secciones transversales, Perfiles longitudinales acorde a la progresiva y las cotas obtenidas en el levantamiento Topográfico, adjuntando de igual forma la planilla de corte y relleno de la nueva vía.

- En relación al Quinto objetivo específico:** Elaborar el diseño estructural del pavimento flexible aplicando la metodología ASSHTO 1993 de la segunda calzada, en el tramo urbano: Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 000 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m del distrito y provincia de Trujillo. Se relaciona con los Tesistas: (Bermúdez Delfin & Guzmán Díaz, 2016) **Estudio de transitabilidad vial en las calles de la asociación pro vivienda Virgen del Rosario, Distrito de Ancón, Lima:** Propone como objetivo: Diseñar el pavimento flexible en caliente de las calles la Asociación Pro Vivienda que permita favorecer a los pobladores, a los conductores, vehiculares y peatonales. Ellos ultiman que la mejor metodología para la zona, es el Método AASHTO 93 y se validó el cumplimiento de los parámetros establecidos. Se relaciona con nuestro proyecto de investigación en la aplicación y el diseño de pavimento flexible según la metodología AASHTO 93. Al respecto nuestros resultados se presentan como siguen:



Acorde a la Metodología ASSHTO se determinó los espesores del pavimento flexible. Así mismo se pone en propuesta el siguiente cuadro de espesores como alternativa al resultante en este estudio para cada capa del pavimento, ya que también cumplen con el requerimiento de espesor mínimo, teniendo en cuenta el número estructural mínimo de  $SN = 5.33$ . Igualmente, considerando el tema económico como en todo proyecto, se sabe que el costo del concreto asfáltico es mayor al del material granular de la base y sub-base, por lo que se puede reducir el espesor de este y aumentar los espesores del material granular. Para tal fin se presenta el siguiente cuadro de espesores:

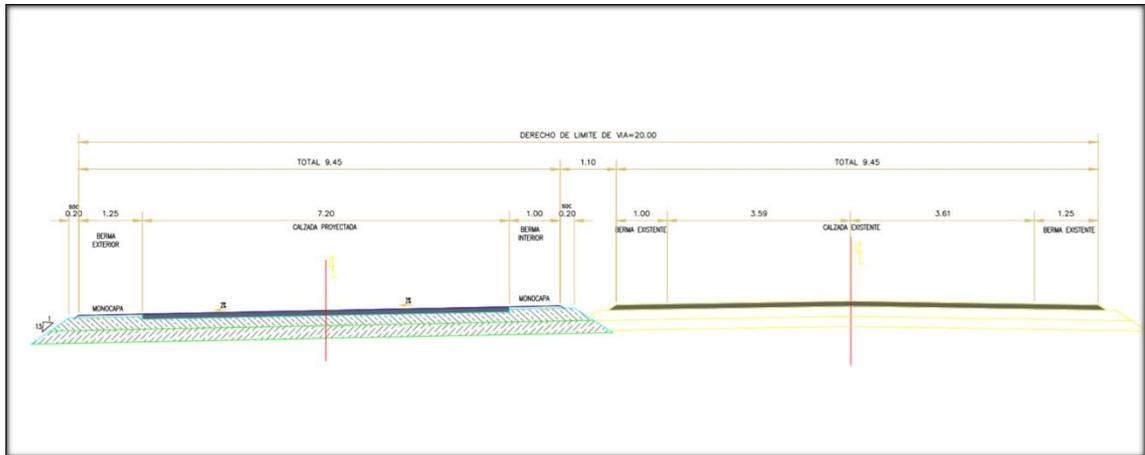
PARTES DEL PAVIMENTO	ALTERNATIVA				
	1	2	3	4	5
CAPAS	ESPESORES (cm)				
CARPETA ASFALTICA	10	15	12	10	15
BASE	30	25	25	25	20
SUB-BASE	20	20	20	25	20

- **En relación al sexto objetivo específico:** Elaborar el diseño de señalización vial en el tramo urbano: Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 0 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m del distrito y provincia de Trujillo. Se planteó una señalización vial acorde al nuevo diseño geométrico de la carretera, que se proyecta la ampliación a una segunda calzada, con dos carriles y bermas. Ello en conformidad con el “Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú”.

## CONCLUSIONES:

- ✓ La transitabilidad vehicular del tramo: Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 000 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m del distrito y provincia de Trujillo, actualmente presenta un Nivel de servicio "F" dado que su Índice Medio Diario Anual(IMDA) es alto: 17,230 vehículos / día; ello supera la capacidad vial de la carretera y por ende genera: congestión, caos, tráfico vehicular, contaminación sonora, atmosférica e incomodidad general en la población Trujillana, que se ve afectada por este tema.
- ✓ De los conteos volumétricos y clasificación vehicular, se concluye: que el Índice Medio Diario Anual hallado a partir de los datos recogidos en campo fue de 17,230 vehículos por día. Por otro lado, el número de ejes equivalentes de diseño es  $2.16E+07$  para el pavimento flexible, del tramo comprendido desde el Ovalo La Marina (PE-10A) progresiva Km 0 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m. Sin embargo, es importante remarcar que el factor de crecimiento del tráfico estimado, puede ser en realidad mayor con el paso de los años, debido al progreso actual de nuestro país y a las recientes demandas de transporte por parte del sector Industrial emergente de la zona.
- ✓ Del estudio de suelos, se clasifico la estratigrafía en dos zonas: en la ZONA N°01 km 000 + 250 al Km km 02 + 750 (Calicatas N°01 a la N° 06). El material de la Sub-rasante se encontró una arcilla de baja plasticidad (CL) según SUCS o A-6 (9) según AASHTO, con un índice de plasticidad de 8.60 y un porcentaje pasante de la malla N° 200 de casi 88.53%, con un valor de CBR al 95% de 20%, no encontrándose presencia del Nivel Freático hasta la profundidad explorada. Según la zona de exploración N° 02 (Calicata N°07, 08) km 03 + 250 al Km km 03 + 750 se encontró presencia de material de relleno suelto, conformado por suelo orgánico, arena y basura.
- ✓ Se elaboró el diseño geométrico, con una velocidad de diseño de 60 Km/h, acorde al eje y al nivel de la actual rasante de la vía, manteniendo el alineamiento horizontal y vertical, obteniendo nuevas secciones transversales, perfiles longitudinales, pasando de 02 a 04 carriles de 3.60 m c/u con bermas

laterales y centrales, todo ello dentro del derecho de vía, de 20 metros, estipulado según R.M. N°234-2013-MTC. Lo que faculta a poder realizarse el proyecto.



- ✓ Del diseño estructural del pavimento para el tramo Ovalo La Marina (PE-10A) Km 0 + 000 hasta la progresiva Km 003 + 830 m; se determinó los espesores del pavimento flexible, en base a la Metodología ASSHTO 1993 y al Manual de Carreteras, sección: Suelos y Pavimentos, 2014. Del cual se utilizó los parámetros necesarios, tales como: Coeficiente estadístico de la desviación estándar (ZR), Modulo de resiliencia (MR) de la Sub-rasante, Confiabilidad (R). De la información obtenida y del grado de servicialidad de la vía, así como la relación con el Ensayo de soporte de california (CBR), se obtuvo los siguientes espesores: Para la Superficie de rodadura, un espesor de 8" (20.32 cm) cuya mezcla asfáltica debe ser asfalto en caliente, acorde al método Marshall; para la Capa Base, con material granular afirmado, con un espesor de 7" (17.78 cm) y para la capa Sub-base con material granular, con un espesor de 7" (17.78 cm) ello para un periodo de 20 años.
- ✓ Se planteó una señalización vial, acorde al nuevo diseño geométrico de la carretera, que proyecta la ampliación de una segunda calzada, con dos carriles y bermas. Ello llevo a incrementar la señalización vertical a lo largo de la vía y la señalización horizontal tales como: Marcas en el pavimento, pintura con líneas continuas y discontinuas que delimitan carriles vehiculares, pasos peatonales, bermas laterales, flechas indicadoras del

sentido del tránsito, cebras peatonales y ubicar gibas o resaltos en lugares urbanos o cercano a las intersecciones, con fin de reducir la velocidad y sea un tráfico efectivo y seguro. Todo ello en conformidad con el “Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, 2018”; El cual ha sido una guía en el esbozo del presente trabajo.

## RECOMENDACIONES

- Se recomendaría revertir el estado actual de Transitabilidad de la vía, poniendo en ejecución el proyecto y permitiendo que la oferta; es decir la capacidad de la actual vía, sea mayor a la demanda actual, una mejor infraestructura vial que permita dar fluidez y comodidad a la población que circule por la vía.
- Es aconsejable, dar un seguimiento continuo al tráfico y peso máximo de los vehículos pesados. Así mismo un mantenimiento Rutinario y Periódico de la vía de tal manera, que no se intente someter al pavimento, a una carga mucho mayor de la esperada, que pueda convertirse en fallas estructurales, que afecten el estado de Transitabilidad de la vía.
- Del estudio de Mecánica de Suelos, para el tramo de la progresiva: Km 03 + 250 hasta la progresiva Km 003 + 750 m, se sugiere eliminar dicho material y ser reemplazado por Piedra Over de 4-8", comenzando desde lo más profundo con over de 8" y reducir su diámetro progresivamente hasta completar los espesores propuestos, esto con el fin de mejorar la estabilidad del terreno de fundación.
- Se elaboró un cuadro alterno de espesores para cada capa de pavimento, como alternativa al resultante en este estudio, ya que también cumple con el número estructural mínimo de  $SN = 5.33$ . Tomando en cuenta el tema económico, se sabe que el costo del concreto asfáltico, es mayor al del material granular de la base y sub-base, por lo que se puede reducir el espesor de este y aumentar los espesores del material granular, el cual puede servir para reducir costos, en su ejecución.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arteaga, H., & Cristian, G. (2019). *Propuesta para mejorar la transitabilidad en los accesos del Hospital de Alta Complejidad "Virgen de la Puerta", La Esperanza - Trujillo - La Libertad*. Trujillo.
- Banco Central de Reserva del Perú. (05 de Diciembre de 2018). *Banco Central de Reserva del Perú, sucursal Trujillo*. Obtenido de <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Trujillo/la-libertad-caracterizacion.pdf>
- Bermúdez Delfin, E., & Guzmán Díaz, Z. (2016). *Estudio de transitabilidad vial en las calles de la asociación pro-vivienda Virgen del Rosario*. Ancón, Lima.
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogota: Ecoe Ediciones.
- Chávez, E., & Carrasco, G. (2013). *Diseño del pavimento flexible de la carretera baños del Inca, Provincia de Cajamarca usando método AASHTO*. Cajamarca.
- Coronado Iturbide, J. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de pavimentos*. Guatemala.
- Gómez Vallejos, S. J. (2014). *Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo Grau*. Trujillo.
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2006). Obtenido de [www.construccion.org.pe](http://www.construccion.org.pe)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (Marzo de 2019). *inei/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-de-la-actividad-productiva-departamental-iv\_trim2018*. Obtenido de [inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-de-la-actividad-productiva-departamental-iv\\_trim2018.pdf](http://inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-de-la-actividad-productiva-departamental-iv_trim2018.pdf): [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-de-la-actividad-productiva-departamental-iv\\_trim2018.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-de-la-actividad-productiva-departamental-iv_trim2018.pdf)
- Ministerio de transportes. (09 de Abril de 2014). *transparencia.mtc.gob.pe*. Obtenido de Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos : [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/manuales.html](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html)

- Ministerio de transportes. (12 de Enero de 2018). *transparencia.mtc.gob.pe*.  
Obtenido de Glosario de terminos de uso frecuente en proyectos de  
infraestructura vial:  
[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_4032.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf)
- Ministerio de Transportes y comunicaciones. (Enero de 2018). *Manual de  
carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018*. Obtenido de  
[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf)
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá:  
Agora Editores.
- Municipalidad Provincial de Trujillo. (2009). *Plan vial provincial participativo de  
Trujillo*. Trujillo.
- Municipalidad Provincial de Trujillo. (Diciembre de 2012). *Plan de desarrollo Urbano  
Metropolitano de Trujillo 2012 - 2022*. Obtenido de Municipalidad Provincial  
de Trujillo: <http://www.munitrujillo.gob.pe>
- Naciones Unidas. (2003). *Congestión de Transito: El Problema y como enfrentarlo*.  
Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas.
- Rengifo, k. (2014). *Diseño de pavimentos de la nueva carretera panamericana norte  
en el tramo Huacho a Pativilca (Km 188 a 189)*. Lima.
- Salvatierra, R. (22 de Febrero de 2017). *Diario La Republica*.
- Transportes Metropolitanos de Trujillo. (14 de Octubre de 2015). *Sistema de  
Información ambiental local de Trujillo*. Obtenido de Sistema de Información  
ambiental local de Trujillo: <http://sial.segat.gob.pe/documentos/informe-tecnico-evaluacion-area-saturada-red-vial-metropolitana>
- Ulate, J. (22 de Octubre de 2015). *Elementos componentes de una calzada*.  
Obtenido de <http://jorgeulatea.blogspot.com/>

# ANEXOS

**PANEL FOTOGRAFICO, DE LA RUTA PE10A – TRAMO: Km 0+000 – Km 03+830 EN ACTUAL ESTADO**



PE-10A Km 0+ 250



PE-10A Km 0+ 650



PE-10A Km 0+ 150



PE-10A Km 02+ 230



PE-10A Km 03+ 830



**ESTUDIO  
DE  
SUELOS**

**PLANOS  
TOPOGRAFIA  
EXISTENTE**

**PROPUESTA DE  
DISEÑO  
GEOMETRICO DE  
LA VIA, RUTA PE-  
10A Km0+000 –  
Km 3+830**