

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



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

---

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN LA METODOLOGÍA  
AASHTO 93 Y LA TRANSITABILIDAD DE LA CALLE SAN PEDRO, EN EL DISTRITO  
DE JEQUETEPEQUE, PACASMAYO, LA LIBERTAD**

---

**Área de Investigación:** Transportes – Ingeniería Civil

**Autor(es):** Br. Castro Salazar, Marialuisa  
Br. Medrano Alfaro, Anthony Albert

**Jurado Evaluador:** **Presidente:** Ing. Henríquez Ulloa, Juan Paul  
**Secretario:** Ing. Galicia Guarniz, William Conrad  
**Vocal:** Ing. Vargas López, Segundo Alfredo

**Asesor:** Ing. Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-8810-9224>

**Fecha de Sustentación:** 2021 / 05 / 28

**TRUJILLO - PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigativo lo dedicamos principalmente a nuestros padres por su trabajo, sacrificio y amor en este proceso de superación, gracias a ellos hemos logrado llegar hasta aquí y convertimos en lo que somos y seremos. Somos el orgullo y privilegio de ser sus hijos, los queremos mucho.

A nuestros hermanos por estar presentes acompañándonos y por el apoyo moral que a lo largo de todo este tiempo nos han brindado.

A todas nuestras amistades que nos apoyaron y brindaron ánimos para continuar con nuestros sueños y no rendirnos nunca, en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos, a todos ellos muchas gracias.

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres: Luis y Maria; y, Luis y Fany, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Ingeniero Tito Burgos Sarmiento, tutor de nuestro proyecto de investigación

Finalmente, y no menos importante, agradecemos a todas nuestras amistades que nos brindaron su apoyo y sus conocimientos para poder cumplir con nuestras metas.

## Resumen

La presente investigación titulada “Diseño estructural de pavimento flexible según la metodología ASSHTO 93 y la transitabilidad de la Calle San Pedro, en el distrito de Jequetepeque, Pacasmayo, La Libertad”, tuvo como objetivo general establecer las características del Diseño Estructural de Pavimento Flexible aplicando la Metodología AASHTO 93 y la transitabilidad de la calle San Pedro, en el distrito de Jequetepeque, provincia de Pacasmayo – La Libertad. Metodológicamente fue una investigación de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño no experimental y corte transversal; la población de estudio estuvo conformada por todas las vías pavimentadas ubicadas en el distrito de Jequetepeque, con una muestra conformada por toda la vía de pavimento flexible de la calle San Pedro; para la recolección de datos se realizó una observación para poder determinar el estudio de tráfico, luego se realizó los estudios de mecánica de suelos y determinación de sus características con ensayos de laboratorio con fines de pavimentación. Obteniéndose como principales resultados que, el espesor final de la carpeta asfáltica es de 2.75”= 7cm, de la base granular es de 7.87”= 20cm y finalmente el espesor de la subbase granular es de 6.30”= 16cm. Concluyéndose que, en base a los análisis básicos, con el estudio de Mecánicas de suelo, se identificaron que la composición del suelo según el Sistema AASHTO son suelos limosos de arena, sedimentos y finos de baja compresión, y según el sistema SUCS son arcillas y estableciendo un CBR Californian Bearing Ratio de 9,00%; del mismo modo, se encontró un IMD semanal de 114 veh./día, y un valor de ESAL de 641565.699.

**Palabras Clave:** Pavimento Flexible. Método AASHTO. Espesores de pavimento. Transitabilidad.

## Abstract

The present research entitled "Structural Design of Flexible Pavement according to AASHTO 93 Methodology and the passability of San Pedro Street, in the district of Jequetepeque, Pacasmayo, La Libertad", had as general objective to establish the characteristics of the Structural Design of Flexible Pavement applying the AASHTO 93 Methodology and the passability of San Pedro Street, in the district of Jequetepeque, province of Pacasmayo - La Libertad. Methodologically it was an investigation of quantitative approach, descriptive level, non-experimental design and cross section; the study population was conformed by all the paved roads located in the district of Jequetepeque, with a sample conformed by all the flexible paved road of San Pedro street; for the data collection an observation was made to be able to determine the traffic study, then the studies of soil mechanics and determination of its characteristics with laboratory tests for paving purposes were made. Obtaining as main results that, the final thickness of the asphalt folder is 2.75"= 7cm, of the granular base is 7.87"= 20cm and finally the thickness of the granular subbase is 6.30"= 16cm. It was concluded that, based on the basic analysis, with the study of Soil Mechanics, it was identified that the soil composition according to the AASHTO System are silty soils of sand, sediments and fines of low compression, and according to the SUCS system are clays and establishing a CBR Californian Bearing Ratio of 9.00%; likewise, it was found a weekly IMD of 114 vehicles/day, and an ESAL value of 641565.699.

**Keywords:** Flexible Pavement. AASHTO Method. Pavement Thickness. Transitability.

## Índice o tabla de contenidos

|  |    |
|--|----|
| Dedicatoria.....                                 | 1  |
| Agradecimiento.....                              | 2  |
| Resumen.....                                     | 3  |
| Abstract.....                                    | 4  |
| Índice o tabla de contenidos.....                | 5  |
| Índice de tablas y gráficos.....                 | 6  |
| I. INTRODUCCIÓN.....                             | 8  |
| 1.1. Problema de investigación.....              | 8  |
| 1.2. Objetivos.....                              | 10 |
| 1.3. Justificación del estudio.....              | 10 |
| II. MARCO DE REFERENCIA.....                     | 12 |
| 2.1. Antecedentes del estudio.....               | 12 |
| 2.2. Marco teórico.....                          | 15 |
| a. Marco conceptual.....                         | 33 |
| b. Variables e indicadores.....                  | 34 |
| 4) METODOLOGÍA EMPLEADA.....                     | 36 |
| a. Tipo y nivel de investigación.....            | 36 |
| b. Población y muestra de estudio.....           | 36 |
| c. Diseño de investigación.....                  | 37 |
| d. Técnicas e instrumentos de investigación..... | 37 |
| e. Procesamiento y análisis de datos.....        | 38 |
| 5) PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....               | 39 |
| a. Análisis e interpretación de resultados.....  | 39 |
| 6) DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....                  | 62 |
| CONCLUSIONES.....                                | 66 |
| RECOMENDACIONES.....                             | 68 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                  | 69 |
| ANEXOS.....                                      | 71 |

## Índice de tablas y gráficos

### Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Estructura del pavimento flexible.....                               | 18 |
| Tabla 2 Tipo de carpeta asfáltica según intensidad del tránsito. ....        | 19 |
| Tabla 3 Operacionalización de variables. ....                                | 35 |
| Tabla 4. Ubicación de la Calle San Pedro. ....                               | 40 |
| Tabla 5. Coordenadas de la calle San Pedro. ....                             | 40 |
| Tabla 6. Calicatas realizadas. ....  | 41 |
| Tabla 7. Análisis de tamizado. ....  | 41 |
| Tabla 8. Comparación de metodologías. ....                                   | 42 |
| Tabla 9. Datos de límite de consistencia. ....                               | 42 |
| Tabla 10. Contenido de humedad de calicatas. ....                            | 42 |
| Tabla 11. Ensayo de CBR de la calicata. ....                                 | 43 |
| Tabla 12. Categoría de subrasante.....                                       | 43 |
| Tabla 13. conteo vehicular semanal. ....                                     | 44 |
| Tabla 14. masa vehicular anual. ....   | 45 |
| Tabla 15. factor camión.....   | 45 |
| Tabla 16. Factor de distribución direccional y de carril. ....               | 46 |
| Tabla 17. Numero de ejes equivalentes. ....                                  | 47 |
| Tabla 18. EAL de diseño. ....  | 48 |
| Tabla 19. Clasificación de carretera por demanda y orografía. ....           | 49 |
| Tabla 20. Módulo resiliente en correlación al CBR. ....                      | 52 |
| Tabla 21. Confiabilidad.....   | 53 |
| Tabla 22. Coeficiente estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr)..... | 54 |
| Tabla 23. Índice de serviciabilidad (PSI).....                               | 55 |
| Tabla 24. Numero estructural requerido (SN3).....                            | 57 |
| Tabla 25. Número estructural requerido (SN2).....                            | 58 |
| Tabla 26. Número estructural requerido (SN1).....                            | 58 |
| Tabla 27. Coeficiente de drenaje para Base y Sub-Base. ....                  | 59 |
| Tabla 28. Espesores finales para el pavimento flexible. ....                 | 61 |

## Índice de gráficos

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Pavimento Flexible (Becerra, 2012). .....                                 | 16 |
| Figura 2. Pavimento Flexible (Becerra, 2012). .....                                 | 17 |
| Figura 3. Deterioro de los pavimentos en el ciclo de la vida (Becerra, 2012). ..... | 18 |
| Figura 4. Ciclo de vida del pavimento (Gamboa, 2009). .....                         | 22 |
| Figura 5. Configuración de ejes .....   | 32 |

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Problema de investigación

En el mundo que vivimos, los estilos de vida se relacionan obligadamente al uso de automóviles; esto se aprecia en pequeñas ciudades y también en las grandes urbes, en países no desarrollados como en los países más ricos del mundo, esto es debido a que la población es más rica, a las facilidades de financiamiento, al incremento de la población, y una mayor penetración del comercio en las familias, la venta de autos ha experimentado un enorme incremento en los últimos años, pero sin duda los estilos de vida se basan en gran parte a usar automóviles.

Por otro lado, los automóviles se desplazan por vías o carreteras; y los malos diseños o el poco o inapropiado mantenimiento de estas vías ocasionan enormes congestiones, a veces innecesarias. En las grandes ciudades, corrientemente uno encuentra una de los siguientes escenarios: faltan más carriles en la vía, cambio inesperado en la cantidad de carriles, paradas de buses que están mal ubicadas y usan el ancho de calles pequeñas y muchos más factores que entorpecen el rápido flujo de los vehículos. Asimismo, el pésimo estado de los pavimentos, en especial las fallas en las estructuras, provocan enormes congestiones vehiculares, frecuentes accidentes lo que merma la calidad de vida de los habitantes, sobre todo a los vecinos de estas vías.

El Perú no es ajeno a la realidad descrita, si se toma como ejemplo a la ciudad capital, Lima, que se cataloga como una de las urbes Latinoamericanas que tiene la mayor congestión vehicular, de lo que se puede inferir que, nuestras vías, calles y carreteras generalmente, no han sido diseñadas para que puedan soportar la enorme demanda de autos que circulan diariamente, entre las causas se mencionan la mala ejecución de las obras públicas a cargo de las municipalidades locales y gobiernos regionales, debido a desastres naturales entre otras razones, que ocasionan fallas del pavimento y daños en la estructura.

La propuesta de diseño se ubica en el distrito de Jequetepeque el cual ha ido incrementando de población en los últimos años que ya cuenta con

4258 habitantes, según los resultados del censo de población y vivienda del año 2017 (INEI, 2017), como respuesta de los cambios económicos, sociales y culturales que se han venido desarrollando por efecto del crecimiento de las distintas actividades comerciales y turísticas, lo que ha originado la inmigración de distintos sitios del país.

El incremento sostenido del parque automotor en la mencionada vía, es debido al incremento constante y acelerado del parque automotor en Jequetepeque, el crecimiento del comercio, que origina un mayor flujo de unidades de carga pesada, y que al pasar los años originan deterioro en las vías de mayor tránsito y en las calles aledañas, lo cual se reflejan en las grietas, baches, deformación y desprendimientos de la superficies (huecos), que producen congestión y retardan la velocidad normal que deben llevar los vehículos.

El alto índice de las fallas en las calles de Jequetepeque, principalmente en la calle San Pedro, se deben a la falta de mantenimiento, exceso de tránsito y carga.

Es muy complicado determinar una única causa única que explique el deterioro de esta vía en investigación. Las diversas fallas que afectan a los pavimentos son generadas por una serie de factores; entre los cuales se mencionan a que se hicieron con materiales de baja calidad, debido a un diseño estructural inapropiado, o debido a la poca experiencia del personal que ejecutó la obra, a veces por un deficiente sistema de drenaje pluvial, defectos de factores externos, por la excesiva carga vehicular y factores relacionados al clima entre tantos otros.

Pero el más relevante problema es que no se programa y ejecuta un óptimo mantenimiento de las vías, y que no se ha considerado el periodo de vida de las vías, en resumen, no es evaluada el comportamiento de las vías luego de ser usadas muchos años; el paso del tiempo es inexorable y origina deterioros por el mismo uso y que solo intervienen las vías al ocurrir graves deterioros de las calzadas.

Para ello se realizará un estudio de tráfico de la Calle San Pedro y así determinar las variables de diseño, así como el espesor del pavimento

flexible según la metodología AASHTO 93, que va a ser estudiado y aplicado en la presente tesis. Por todo lo antes mencionado, se planteó el siguiente problema de investigación: ¿Cuáles son las características del diseño estructural de pavimento flexible usando la metodología AASHTO 93 y la transitabilidad de la calle San Pedro en el distrito de Jequetepeque?

## **1.2. Objetivos**

### **Objetivo general:**

Establecer las características del Diseño Estructural de Pavimento Flexible aplicando la Metodología AASHTO 93 y la transitabilidad de la calle San Pedro, en el distrito de Jequetepeque, provincia de Pacasmayo – La Libertad.

### **Objetivos específicos:**

- Realizar el levantamiento topográfico.
- Elaborar el estudio de mecánica de suelo.
- Recopilar datos para el estudio de la transitabilidad de la calle San Pedro.
- Determinar las variables de diseño aplicando la metodología AASHTO 93.
- Determinar el espesor del pavimento flexible siguiendo la metodología AASHTO 93.
- Elaborar los planos del diseño de pavimento flexible de la calle San Pedro en base a los procesos y operaciones reportados en el diseño.

## **1.3. Justificación del estudio**

### **Relevancia social**

El resultado de la propuesta fue de beneficio directo para todos los pobladores del distrito de Jequetepeque, ya que fueron beneficiados con una nueva vía. El nuevo diseño del pavimento evitó que haya congestión, accidentes y daños a las viviendas y también permitió conectar a distintas zonas aledañas produciendo una disminución de costos y tener una mejoría en la población.

### **Implicaciones prácticas**

Ayudó a tener una mejor calidad de vida en la población.

### **Utilidad metodológica**

Se aplicó la metodología AASHTO 93 que es una metodología estandarizada para el diseño estructural del pavimento, que fue de aporte para otros diseños similares en lugares con las mismas condiciones que la localidad de Jequetepeque.

## II. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. Antecedentes del estudio

- **Internacionales**

Cedeño (2014) en su estudio “Propuesta de Metodología complementaria a los Diseños de Pavimentos según AASHTO 93”, realizado para la Universidad Católica de Guayaquil, se decidió elaborar una aplicativo que consienta diseñar y analizar de manera rápida, cercana a las estructuras de pavimentos flexibles, tomando en cuenta todas las dimensiones y operaciones consideradas en la metodología de diseño AASHTO 93 que permita incluir las situaciones en los tipos de daños generados por el cambio de temperatura en todo el año en las diversas localidades del país. Concluyó: Que las estructuras de pavimentos que están sometidas a las temperaturas más elevadas en el Ecuador son especialmente los pavimentos de la zona costera en esta zona se registra en promedio 28°C, en la zona sierra el pavimento muestra un mejor comportamiento ante la carga de capa asfáltica gracias a la baja temperatura (cercana a 15°), no obstante cuando existe una baja temperatura hay que considerar que aumenta la rigidez de las capas asfálticas, que si no tienen bastante resistencia, existe la probabilidad de fatigarse con mayor rapidez que las capas asfálticas más flexibles, la zona del Amazonas registra temperaturas que fluctúan entre los dos extremos, (la sierra y la costa) y muestran un comportamiento propicio durante 1 temporada por año.

Contando con estos datos, la contribución del estudio es establecer las situaciones de daño que puede ocurrir debido a algún fenómeno natural y/o temperaturas altas y bajas, ya que el Perú tiene tres regiones naturales, cada una con diferentes temperaturas y que cambian según las estaciones en el año, como antecedente se tiene las intensas lluvias que ocurrieron entre marzo y abril en el año 2017 el llamado “Fenómeno del niño costero”, que provocaron grandes fallas en la estructura y en la superficie de los pavimentos de muchas regiones del norte del país. La temperatura en el distrito de Jequetepeque se altera de acuerdo a las estaciones, la temperatura promedio de 28 °C a 15 °C.

Fontalba (2015) en su estudio “Diseño de un pavimento alternativo para la avenida circunvalación sector Guacamayo 1ra etapa”, se planteó como meta hacer entrega de una opción de diseño de pavimentos flexibles con el uso de diversas metodologías tales como AASHTO 93 y DISPAV-5, con este propósito se analizó el sector de aplicación y se hicieron estudios de cargas a las que están sometidos los pavimentos. Llegó a la conclusión que ambos métodos de diseño son buenos y que no representan grandes diferencias en relación a parámetros de diseño, y que se deben considerar algunos factores como los costos, tiempos de la ejecución, entre varios y por lo que resulta el uso de la metodología AASHTO 93 como la más viable. La principal contribución del trabajo de investigación es dar a conocer lo factible que es aplicar la metodología AASHTO 93 al sector de Jequetepeque, ya que es una alternativa de diseño muy completa y eficaz frente a un estudio de tráfico considerable y que podría aplicarse con un costo y tiempo de ejecución menor a las demás metodologías.

Montealegre y Betancourt (2019) en su trabajo “Diseño de un pavimento flexible por el método AASHTO utilizando como capa de rodadura un asfalto natural y chequearlo por el método racional” propusieron diseñar un pavimento flexible usando la metodología AASHTO, con el uso de un asfalto natural como capa de rodadura. Estos investigadores concluyeron que el módulo dinámico de un asfalto natural es más bajo en comparación con asfaltos normales y que algunas vías clasificadas de bajo tránsito requieren de pavimento flexible normal y no necesariamente de una estructura considerablemente robusta, lo que hace permite ser viable la circulación de vehículos en zonas rurales, por lo que se considera el uso del método AASHTO, porque es el método de mayor utilización en el mundo, además, incluye el factor de serviciabilidad en sus diseños, lo que ofrece superficies suaves a los usuarios. La contribución a esta investigación radica en orientarse en el cálculo del tráfico, ya que de estos cálculos realizados depende en gran parte el diseño de la capa de rodadura y sus parámetros, para de esta manera brindar mejoras al sector, incrementar la fluidez en la circulación y brindar una superficie suave a los usuarios.

- **Nacionales**

Escobar y Huincho (2017) con su investigación “Diseño de Pavimento Flexible, bajo influencia de parámetros de Diseño debido al deterioro del Pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica - 2017.”, se propusieron establecer los parámetros de diseño para el pavimento flexible, precisar la resistencia al esfuerzo de corte del suelo (CBR) y calcular la vida útil del pavimento flexible, para evitar que se deteriore prematuramente. En la realización del estudio se encontró un IMD alto, por lo que, incide de manera directa, ya que el diseño de la vía en investigación fue hecho para un IMD bajo, por esto, afecta mucho en temas de diseño el tomar coeficientes y valores de diseño de la carpeta asfáltica y los estudios específicos al hacer uso de la metodología AASTHO 93. Se encontró que el espesor la carpeta asfáltica de 4 pulgadas, y que debería ser de 7 pulgadas con un ESAL de 7, 867,970 de ejes equivalentes (EE). Por lo que se dice que a mayor ESAL aumenta la carpeta asfáltica requerida y a menor ESAL disminuye la carpeta asfáltica, de esa manera la estructura tiene un comportamiento óptimo. El CBR influye de manera directa ya que, al diseñar el pavimento flexible, se halló un CBR de diseño 7.2 % para los dos diseños hechos del 2006 y del 2017, y por ser el mismo suelo es recomendable trabajar con el mismo CBR de la sub rasante, si fuera menor se optaría por estabilizar u otro método, en conclusión, se afirma que a mayor CBR disminuye el espesor de la subbase y a menor CBR se tendrá que aumentar la sub-base. El principal aporte al trabajo de investigación es realizar un estudio óptimo de IMD que nos brindará datos esenciales para determinar el diseño de la vía aplicando la metodología AASHTO 93 y así poder definir una resistencia al esfuerzo de corte del suelo (CBR) con la finalidad de obtener una vía que perdure a lo largo de los años.

Humpiri (2015) en su estudio titulado “Análisis superficial de Pavimentos Flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno”. Juliaca, se propuso analizar las fallas superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles, con ese propósito se realizaron evaluaciones superficiales, como inspeccionar y visualizar para de esta manera anotar en forma detallada las fallas halladas en la superficie, catalogándolas en función a su severidad,

frecuencia y ubicación. Este estudio concluyó que el mantenimiento permanente de la infraestructura vial contribuye en conservar en buen estado las vías, lo que se refleja en mayor comodidad y menor tiempo de transporte. El principal aporte al trabajo de investigación es proponer un plan de mantenimiento cada cierto tiempo para poder alargar la vida útil de la vía y poder evitar fallas superficiales.

Chávez (2018) en su investigación de título “Diseño del Pavimento Flexible para la Av. Morales Duárez, de la vía expresa línea amarilla en la ciudad de Lima”, se propuso analizar los parámetros necesarios para diseñar el pavimento flexible teniendo en cuenta los valores de la subrasante (CBR) y el estudio de tráfico (W18), el índice de servicialidad inicial y final, el nivel de confiabilidad, etc. Llegó a las siguientes conclusiones: que muchas agencias no tienen el equipo para determinar el MR. Para el cual, usaron la relación CBR-MR que se recomienda en la Guía de Diseño de Pavimentos Empírico - Mecánico (MEPDG), publicada por AASHTO en julio del 2008 y acogida por el MTC en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. El principal aporte al trabajo de investigación es tener en cuenta que todos los rellenos de material innecesario existentes, debe ser sustituido por material competente, tenemos que saber que las características de CBR min > 28% sirve para una vía Expresa y un CBR min > 30% sirve para una vía de Servicio, enfocándonos que la compactación de este material tendrá que ser realizada con 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo Proctor y que el material propuesto deberá cumplir con lo requerido en las especificaciones técnicas.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Pavimentos**

Todo pavimento, constituye un medio por el que transitan personas o automóviles; en este caso se considera a toda vía que es creada, elaborada y edificada pensando en proporcionar bienestar, que tiene que recibir mantenimiento para estar en óptimas condiciones y alargar su duración.

Es un conjunto conformado por capas granulares y cobertura o cubierta de rodadura, las capas se empalman sobre la cimentación (suelo) conocido como: la subrasante. Un pavimento se diseña para distribuir uniformemente la carga vehicular, desde la carpeta asfáltica hasta el suelo de cimentación (Becerra, 2012).

En general, se considera que existen pavimentos que se pueden clasificar en:

- Pavimentos flexibles.
- Pavimentos rígidos.

Existe una marcada diferencia entre estos dos tipos de pavimentos, sobre todo por la manera en que se transmiten la carga vehicular, considerando este factor es que se concibe y se diseña la estructura del pavimento (Becerra, 2012).

## 1. Pavimentos flexibles

Todo pavimento flexible tiene una carpeta de rodadura que está hecha en concreto de cemento asfáltico. Se le conoce por ese nombre en razón a la manera en que se distribuye la carga desde la carpeta de rodadura hasta la subrasante (Becerra, 2012).

El asfalto o la carpeta asfáltica no soporta totalmente la carga vehicular, se desempeña a manera de un transmisor. Por lo que, un pavimento flexible necesita de una mayor cantidad de capas, una entre otra como la carpeta de rodadura y la subrasante (Becerra, 2012).

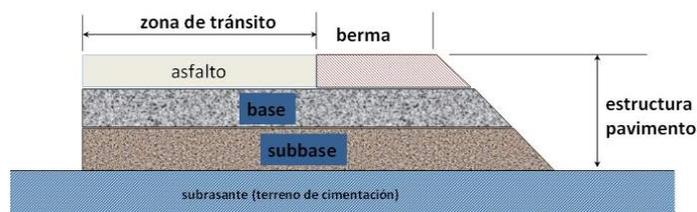


Figura 1. Pavimento Flexible (Becerra, 2012).

## 2. Pavimentos rígidos

Un pavimento rígido se compone de una carpeta de rodadura estructurada en concreto de cemento hidráulico. Recibe este nombre debido a las características del concreto, que tiene que absorber totalmente la carga vehicular.

Debido al medio rígido de la carpeta asfáltica, la carga vehicular se traslada de una forma más eficiente. Para lo cual, se requiere en su estructura se disminuya la cantidad de capas granulares entre la carpeta de rodadura y la subrasante (Becerra, 2012).

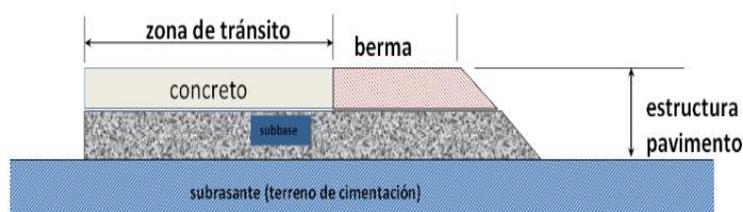


Figura 2. Pavimento Flexible (Becerra, 2012).

### 2.2.2. Comportamiento de los pavimentos

Las estructuras de los pavimentos deben ser diseñados, realizados y ejecutados con la finalidad de lograr un mejor funcionamiento mediante una estructura óptima durante su etapa de vida.

**Comportamiento Funcional:** Este aspecto es el que más afecta la calidad de la carpeta asfáltica y por ello están íntimamente ligado con el bienestar y garantizar la seguridad en la transitabilidad en las vías (Becerra, 2012).

**Comportamiento Estructural:** Son las particularidades que están integradas como estructura del pavimento. El pavimento tiene el comportamiento de ser capaz de resistir los efectos fusionados del tránsito y del medioambiente (Becerra, 2012).

Un parámetro está referido a la debida conformación del pavimento que impacta de forma significativa en la duración del mismo. Esto representa que, el pavimento inicia bien y a medida que distribuye las cargas

vehiculares a través de toda la carpeta asfáltica o rodadura va sufriendo deterioros. Uno de los factores que interviene es el clima, que afecta en el deterioro o desprendimiento de los pavimentos, y que en fecha reciente se asocia a los métodos de diseño (Becerra, 2012).

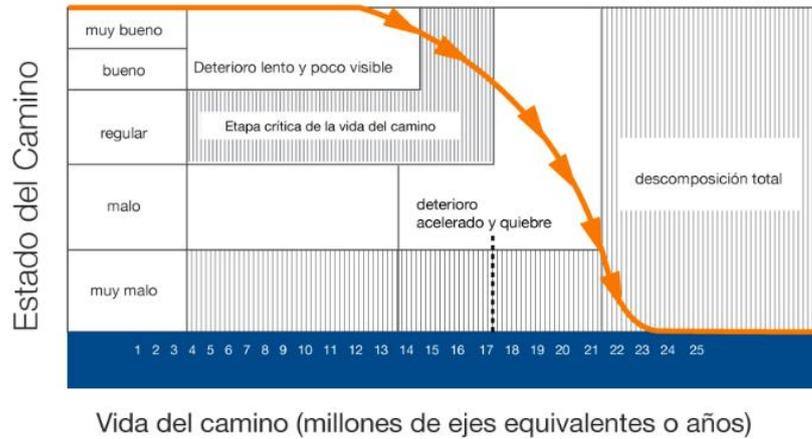


Figura 3. Deterioro de los pavimentos en el ciclo de la vida (Becerra, 2012).

### 2.2.3. Estructura del pavimento flexible

Estos tipos de pavimentos se estructuran con varias capas granulares (base y subbase) y al menos por una capa de superficie asfáltica o carpeta de rodadura (carpeta asfáltica) (Gamboa, 2009).

Tabla 1 Estructura del pavimento flexible.

|                   |
|-------------------|
| CARPETA ASFALTICA |
| BASE              |
| SUB-BASE          |
| SUBRASANTE        |

Fuente: (Gamboa, 2009).

#### 1. Carpeta asfáltica

Conforma la parte superior del pavimento, esta es colocada en una o varias capas sobre la superficie del pavimento siendo hecha de una mezcla bituminosa, la primera capa es conocida como capa de rodadura y la siguiente capa se le llama capa intermedia (Gamboa, 2009).

Los contenidos de asfalto óptimo son fundamentales en la mezcla asfáltica ya que, son estos contenidos los que constituyen la mucosa que tiene las apropiadas proporciones para resistir las demandas, como consecuencia de la circulación y del ambiente exterior (Gamboa, 2009).

Asimismo, las particularidades funcionales que brinda esta carpeta, es la distribución y la absorción de todas las presiones sobre el pavimento, tanto horizontales como verticales.

Teniendo en cuenta la intensidad del tráfico, se determina el espesor y el tipo de carpeta asfáltica (Gamboa, 2009):

Tabla 2 Tipo de carpeta asfáltica según intensidad del tránsito.

| <b>Intensidad de tránsito pesado en un solo sentido.</b> | <b>Tipo de carpeta.</b>                                  |
|--|--|
| Mayor de 2000 veh/día                                    | Mezcla en planta de 7.5cm de espesor mínimo              |
| 1000 a 2000  | Mezcla en planta con un espesor mínimo de 5cm            |
| 500 a 1000   | Mezcla en el lugar o planta con un espesor mínimo de 5cm |
| Menos de 500   | Tratamiento superficial simple o múltiple                |

Fuente: (Gamboa, 2009)

## **2. Base**

En las estructuras de las carpetas asfálticas, la base se encuentra debajo de estas, cumpliendo una función generalmente de resistir los efectos del tránsito vehicular (Gamboa, 2009).

Para tráfico ligero se necesitan materiales granulares gruesos, mientras que, para tráfico pesado, es frecuente utilizar un tipo de tratamiento (estabilización) ya que las capas inferiores soportan mayor esfuerzo y así poder transmitirlos convenientemente, sin deformarse (Gamboa, 2009).

Los actuales estudios señalan que para un tránsito inferior a 1000 vehículos pesados se recomienda utilizar un espesor de 12 cm, por lo contrario, si

el tráfico es mayor el espesor debe tener un mínimo de 15 cm (Gamboa, 2009).

### **3. Subbase**

Entre la estructura de la base y la subrasante se encuentra una capa conocida como subbase, esta capa impide que el agua del suelo ascienda, proporciona un cimiento ideal para la base. Asimismo, se consigue ahorros económicos, ya que convierte una parte del espesor de la base a un espesor parecido a la subbase. Para la subbase se recomienda un espesor mínimo de 10 cm, la misma que puede estar conformada por gravas y arenas.

### **4. Subrasante**

El pavimento soporta directamente cargas transmitidas por el tráfico, esto ayuda favorablemente ya que así reduce el espesor del pavimento teniendo una mejor calidad de la subrasante. En la conformación de esta base se debe evitar en todo momento que se contamine la misma, para evitar probables fallas a futuro.

Intensidad del tránsito pesado en un solo sentido:

Tipo de carpeta:

- Mayor de 2000 veh/día Mezcla en planta de 7.5cm de espesor mínimo.
- 1000 a 2000 Mezcla en planta con un espesor mínimo de 5cm.
- 500 a 1000 Mezcla en el lugar o planta de 5cm como mínimo.
- Menos de 500 Tratamiento superficial simple o múltiple.

En este tipo de pavimento, la resistencia a la deformación disminuye igual que la profundidad, debido a la distribución de las fuerzas que está conformada por las distintas características de la estructura (capas).

#### **2.2.4. Ciclo de vida de los pavimentos**

Para referencia a asegurar y alargar la vida útil del pavimento, resulta necesario cumplir con ciertas normas, resulta crucial dar mantenimiento

cada cierto tiempo, y ser reparado cuando lo requiera a lo largo de su vida útil (Gamboa, 2009).

Mayormente las nuevas vías están a cargo de instituciones públicas, dejando de lado la conservación de las mismas, en la mayoría de estos caminos no se destinaba un presupuesto para el mantenimiento ni para reparaciones en su vida útil, esto originaba que se reconstruyan cuando se presentaba un deterioro significativo. En la actualidad se ha incrementado la responsabilidad de realizar mantenimientos programados para conservar su funcionamiento.

Existen ciertos factores externos como la lluvia, tránsito, etc., que hacen que el pavimento sufra deterioros significativos, producto de estos factores se deterioran permanentemente las vías y resulta intransitable el pavimento (Gamboa, 2009).

En la etapa inicial se comienza con el deterioro del pavimento, así hasta llegar al deterioro final que es casi imperceptible. La denominación de vida útil se debe a que el pavimento se debe construir y estructurar para que cumplan un determinado número de años, (ciclo de vida útil) (Gamboa, 2009).

Las 4 etapas del ciclo del pavimento que se puede clasificar son:

- **Etapa 1. Construcción:** Esta parte del ciclo del pavimento es fundamental ya que satisface los estándares de calidad de los usuarios. El paquete estructural es el costo en el que se ha incurrido hasta esta etapa.
- **Etapa 2. Deterioro imperceptible:** A través del tiempo el pavimento sufre un deterioro o desgaste progresivo, los usuarios no son capaces de visualizarlo ya que es no es apreciable. Los factores externos como el clima y tránsito son los que generan mayor daño en la superficie de rodadura.

Aplicando medidas de mantenimiento y conservación, evitamos el deterioro o desgaste, aumentado así la vida útil del pavimento, pero si no se aplicasen la vida útil del pavimento se reduce drásticamente.

Los usuarios del camino siguen utilizando la vía estando en condiciones óptimas, construir un pavimento sale demasiado caro, por ello se debe realizar el mantenimiento, estando este entre 0.4% y 0.6% de construir una nueva vía. La conservación de la vía varía desde regular a excelente.

- **Etapa 3. Deterioro acelerado:** En esta etapa se aprecia que la resistencia al tránsito se ve reducida, después de ciertos años, la estructura del pavimento está cada vez más deteriorados.

El daño a la estructura del pavimento es visible, ya que en la capa de rodadura se aprecias las distintas fallas.

Es imprescindible la destrucción del pavimento, es una etapa corta. La vía puede variar desde regular hasta pobre.

- **Etapa 4. Deterioro total:** Aquí se puede apreciar el desgaste completo del pavimento, puede durar muchos años. Los daños a los vehículos son inminentes ya sea por neumáticos, ejes, amortiguadores, etc., se puede decir que la transitabilidad se ve seriamente afectada.

La vía en este aspecto se vuelve intransitable para autos, aumentado considerablemente los costos de operación para los vehículos.

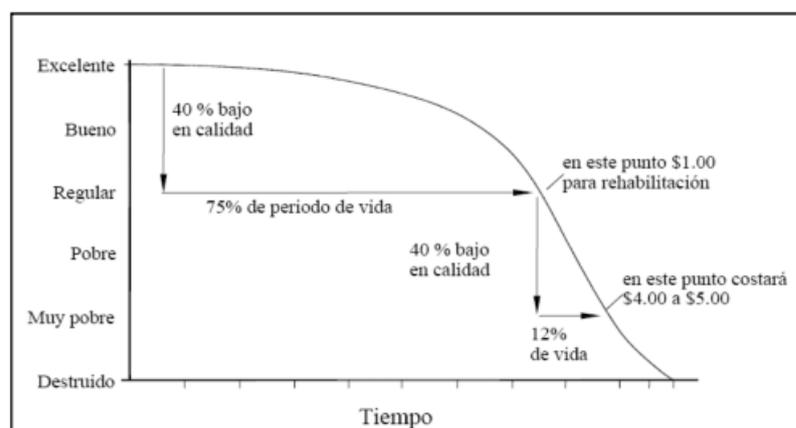


Figura 4. Ciclo de vida del pavimento (Gamboa, 2009).

### **2.2.5. Metodologías de diseño de pavimentos flexibles**

Las dimensiones de esta sección para pavimentos , los procedimientos se han generalizados de su uso actual en el país, los procedimientos son :

- Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993.
- Análisis de la Performance o Comportamiento del Pavimento durante el periodo de diseño.

Los diseños de los pavimentos típicamente son mayor influenciados por dos parámetros básicos:

- El peso de la carga del tráfico impuesta del pavimento.
- Las características de la subrasante sobre la que se asienta el pavimento (MTC, 2013).

#### **1. Metodología AASHTO 93**

Para pavimentos flexibles se utiliza la metodología AASHTO 93 para el diseño de su estructura, el número estructural (SN) se obtiene a partir de un modelo o ecuación este parámetro es indicativo del espesor total requerido del pavimento, para hallar el SN depende del tránsito como la confiabilidad, entre otros. Para hallar el valor del SN son utilizados normalmente en la confiabilidad y valores de parámetros como la serviciabilidad, desviación estándar, confiabilidad y tránsito. Esto es calculado en SN que es el valor de mucha importancia para determinar los espesores finales de la estructura del pavimento. (García, 2015).

#### **Periodo de diseño**

Existen diferentes tiempos de diseño para pavimentos flexibles, estos estarán en función al tránsito, se utilizará 10 años para caminos de bajo volumen, así como también para diseños de dos etapas, por otro lado, se utilizará un periodo de diseño de 20 años. El periodo de diseño de debe evaluar según las características del proyecto y lo requerido por los usuarios (entidad), todo esto debe ser evaluado por el ingeniero de diseño (García, 2015).

## Variables

En pavimentos flexibles la ecuación que se debe usar para el diseño de la estructura es la siguiente (García, 2015):

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

Donde:

- W18 (ESAL): Ejes equivalentes.
- ZR: Desviación estándar normal.
- So: Desviación estándar global.
- SN: Numero estructural.
- ΔPSI: Cambio en la servicialidad.
- MR: Modulo de resiliencia.

A partir de esta ecuación se desprenden las siguientes definiciones:

### a. Módulo de resiliencia (MR)

Es una medida de la rigidez del suelo de subrasante, el cual para su cálculo se empleará la ecuación, que correlaciona con el CBR, recomendada por el MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide):

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

### b. Confiabilidad (%R)

Según la metodología AASHTO 93 es necesario un parámetro como la confiabilidad (%R) que representa a una determinada estructura como se comporte, durante el periodo de diseño o vida útil, de acuerdo con lo conocido. La variabilidad de los factores que impactan sobre las diferentes capas del pavimento y su comportamiento, todo esto está en función a la probabilidad; sin embargo, se puede reducir la vida útil diseñada del pavimento, esto debido a factores externos como son los materiales de construcción, procesos constructivos, condiciones climáticas, crecimiento exponencial del tráfico pesado, etc. (García, 2015).

Teniendo en cuenta el comportamiento del tráfico sobre el pavimento es suficiente para considerar que sigue una ley u orden de distribución normal, previsto estos conceptos se puede determinar una cierta confiabilidad; por ejemplo, 90% o 95%, significa que su totalidad un 90% o 95% del tramo pavimentado, se encontrará con un índice de serviciabilidad normal o superior al previsto, mientras que el resto presentara una serviciabilidad inferior, es por ello que se dice que el modelo de comportamiento está centrado en los parámetros de serviciabilidad y no en los distintos tipos de falla como se suele decir. En pocas palabras, a mayor espesor de la estructura del pavimento se requerirá una mayor confiabilidad (García, 2015).

Se debe usar el coeficiente estadístico conocido como Desviación Normal Estándar ( $Z_r$ ), para la ecuación de diseño ya que la confiabilidad no es un parámetro de ingreso directo en la ecuación (García, 2015).

#### **c. Coeficiente estadístico de desviación estándar normal ( $Z_r$ )**

Los coeficientes estadísticos de Desviación estándar Normal ( $Z_r$ ) tiene valor de confiabilidad el conjunto como selección de datos en una distribución normal. . (García, 2015).

#### **d. Desviación estándar combinada ( $S_o$ )**

Es la estimación que se toma en cuenta en la variabilidad esperada de predicción del tránsito y otros factores que puedes repercutir en el comportamiento del pavimento, como ejemplo podemos observar una construcción, medio ambiente e incertidumbre del modelo.

La Guia de AASHTO indica que se puede adoptar para los pavimentos flexibles valores comprendidos entre 0.40 y 0.50, en el manual se adopta para los diseños el valor como recomendación. (García, 2015).

### **e. Índice de servicialidad presente (PSI)**

El PSI se puede definir como la comodidad o serviciabilidad de transitabilidad requerida por el usuario. Este parámetro presenta una variación desde 0 hasta 5. Un valor de 5 significa un mayor bienestar teórico (difícil de alcanzar) y por otro lado un valor de 0 refleja el peor. Si el PSI decrece quiere decir que la condición de la vía decrece (García, 2015).

### **f. Número estructural requerido**

Para obtener el número estructural es necesario que los datos obtenidos sean procesados en la aplicación del diseño según la metodología AASHTO 93, se debe hallar el espesor efectivo de cada una de las capas que conformaran el pavimento o estructura, al conjunto de esto se le llama espesor total del pavimento, o sea de la sub base, base y carpeta de rodadura, mediante el uso de los coeficientes estructurales (SN), aplicando la siguiente ecuación se obtiene los distintos números o coeficientes estructurales (García, 2015).

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

Donde:

- A1 Coeficiente estructural de la capa: superficial
- a2 Coeficiente estructural de la capa: base
- a3: Coeficiente estructural de la capa: subbase
- d1: Espesor (cm) de la capa: superficial
- d2: Espesor (cm) de la capa: base
- d3: Espesor (cm) de la capa: subbase
- m2 Coeficiente de drenaje para la capa de base
- m3: Coeficiente de drenaje para la capa de subbase.

## 2.2.6. Transitabilidad

Nivel de servicio de la infraestructura vial que está asegurada en un estado que permite el flujo vehicular durante un terminado periodo. (transporte, 2014)

### 1) Diseño Vial

Para la realización del diseño vial se tiene que definir las características humanas , características vehiculares , criterios de diseño , trazado horizontal, trazado vertical, secciones transversales ya que son elementos directamente proporcionados en la jerarquía y clase de vía que está en función de las necesidades de la población, el tráfico que pueda circular y la topografía del terreno.

#### - **Velocidad de diseño**

Es la velocidad máxima en la cual los vehículos pueden transitar por la vía sin restricción alguna como congestionamiento, cabe mencionar que las condiciones atmosféricas y geométricas deben ser favorables para una correcta circulación (Civil, s.f.).

#### - **Clasificación de red vial urbana**

De acuerdo al manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG 2001) y con aprobación del MTC clasifican la Red Vial Nacional con lo siguiente:

#### a) **Según su función, la Red Vial Nacional se clasifica en dos grandes Rubros:**

- Red Vial Primaria o Nacional tiene como conformidad las carreteras que vinculan las ciudades principales con fronteras y puertos.
- Red Vial Secundaria o Departamental que tiene como constitución la red vial limitadas a zonas principalmente

departamentos, división política de la nación o en zonas de influencia económica (Civil, s.f.).

**b) Sistema de Arterias Urbanas Principales**

Sistema en el cual se enfoca principalmente en áreas urbanas, corredores que tenga un mayor volumen vehicular, también para los vehículos de viajes urbanos que llevan una proporción alta como los que constituyen un porcentaje de la red vial total de la ciudad. (Civil, s.f.).

**c) Sistema de Arterias Urbanas Menores**

Es el sistema que se interconecta y complementa al sistema anterior que incluye a todas las arterias no clasificadas como principales, son aquella que ofrecen acceso y ofrece menos movilidad de tránsito que el sistema inmediato superior. Este sistema alimenta a rutas de autobuses locales que conecte comunidades pero que no se debería usar en vecindarios. (Civil, s.f.).

**d) Sistema de Colectores Urbanos**

Este sistema se enfoca en la circulación vehicular dentro de residenciales, áreas comerciales e industriales, es un sistema colecta tránsito de calles locales y los canaliza hacia el sistema de vialidades primarias (Civil, s.f.).

### **e) Sistema de Calles Locales**

Ese sistema permite acceso directo generado por viajes y conectando con los sistemas de vialidades superiores. Ofrecen un sistema de baja movilidad y por lo general no lleva rutas de automóviles (Civil, s.f.).

#### **- Capacidad vial**

Capacidad vial se denomina a la cantidad máxima de vehículos (peatones) que puedan pasar por un punto o sección de uniforme o carril calzada durante un tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial del tránsito y de los dispositivos de control (Cuevas, 2018).

#### **- Nivel de servicio**

Es la medida cualitativa que se encarga de explicar condiciones operativas en los concerniente a una corriente de tránsito y de los conductores, pasajeros o ambos. (Cuevas, 2018).

#### **- Infraestructura Vial**

La infraestructura vial es el medio a través del cual se le otorga conectividad terrestre al país para el transporte de personas y de carga, permitiendo realizar actividades productivas, de servicios, de distracción y turísticas, de esta forma, se dota de la accesibilidad e interconectividad terrestre necesarias para el sistema de centros poblados, zonas rurales y territorios en su conjunto e integridad, potenciando y planificando bajo un modelo de desarrollo territorial que se proyecte hacia el desarrollo sustentable y en armonía con el medioambiente” (Cuevas, 2018).

## 2) Tráfico vial

Dentro de este punto deberemos adquirir información del índice medio diario anual (IMDA) para cualquier vía la cual se esté estudiando y realizando, es conveniente para ello que los Términos de Referencia de cada estudio ya proporcionen la identificación de los tramos homogéneos (MTC, 2013).

### a) Factor carril y factor direccional

Estos factores se expresan como una relación, tenemos al factor direccional que corresponde al número de vehículos pesados que transitan en un sentido del tráfico, mayormente pertenece al 50% de la totalidad de tránsito que transita en ambos sentidos, en algunos casos puede haber un incremento en una dirección que, en otra, al final se definirá con el conteo de tráfico. Mientras que el factor carril corresponde al carril que absorbe el mayor número de EE, donde el tránsito por dirección mayormente se transita por ese carril.

Para el tráfico de diseño por carril se deberá tener en consideración ciertas características como con el número de direcciones o sentidos y la cantidad de carriles por calzada de la vía, siempre teniendo en cuenta el porcentaje o factor ponderado debidamente aplicado al IMD (MTC, 2013).

### b) Cálculo de tasas de crecimiento o proyección

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula de progresión geométrica por separado para el componente del tránsito de vehículos de pasajeros y para el componente del tránsito de vehículos de carga (MTC, 2013).

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

Dónde:

$T_n$  = Tránsito planificado al año "n" (veh/día).

$T_o$  = Tránsito actual (año base) (veh/día).

$n$  = Periodo de diseño en años.

$r$  = Tasa anual de crecimiento del tránsito.

Teniendo en cuenta la relación de crecimiento socio económico se define la tasa anual de crecimiento del tránsito. Mayormente se relaciona el porcentaje de crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con el porcentaje anual de crecimiento poblacional; y el porcentaje de crecimiento del tránsito de vehículos de carga con el porcentaje anual del crecimiento de la economía indicada como el Producto Bruto Interno (PBI). En su mayoría los porcentajes de crecimiento del tráfico varían entre 2% y 6%.

Estos porcentajes pueden incrementar o disminuir sustancialmente si hubiera proyectos de mejora específica, por desarrollarse con la convicción a breve plazo en la zona del camino. Se divide en dos componentes la proyección de la demanda. La primera proyección para vehículos de pasajeros que se incrementará aproximadamente al ritmo del porcentaje anual de crecimiento de la población y una segunda proyección de la demanda de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con el porcentaje de crecimiento de la economía. Estos índices de crecimiento deben corresponder a la región del proyecto, la cual cuenta con datos probabilísticos de las distintas tendencias (MTC, 2013).

### **c) Numero de ejes equivalentes**

Para realizar un buen diseño del pavimento flexible, es necesario que la demanda que pertenece al del tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que primariamente tiene mayor importancia. Los ejes equivalentes es la unidad de medida definida por la metodología AASHTO 93, estos ejes equivalentes medirán el efecto del tránsito, es la acumulación durante el periodo de diseño destinado para el análisis.

Los ejes equivalentes han sido definidos por la metodología AASHTO 93 como, el deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2tn de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg. Los Ejes Equivalentes (EE) son parámetros de equivalencia que simbolizan el factor destructivo de las diferentes cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre las diferentes capas del pavimento (MTC, 2013).

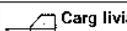
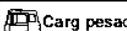
| Nomencl. O P T T | Designac. COVENIN 614 | TIPO DE VEHÍCULO  | EJES                     | % Carga Total / cada Eje |      |      | Carga Total Maxima |
|------------------|-----------------------|---|--------------------------|--------------------------|------|------|--------------------|
| Liviano          | Liviano               |  Vehículo de pasajeros               | Senc 2<br>Tot 2          |                          |      |      |                    |
| 2RD              | 2 Ejes                |  Autobús de 2 ejes                   | Senc 2<br>Tot 2          | 0,31                     | 0,69 |      | 19 Toneladas       |
| 2RD              | 2 Ejes                |  Carg liviana -Camión 350 o simil    | Senc 2<br>Tot 2          | 0,31                     | 0,69 |      | 19 Toneladas       |
| 2RD              | 2 Ejes                |  Carg pesad - Camión 750 o similar   | Senc 2<br>Tot 2          | 0,31                     | 0,69 |      | 19 Toneladas       |
| 0-3E             | 3 Ejes                |  Autobús de 3 ejes.                  | Senc 1<br>Tan 1<br>Tot 3 | 0,24                     | 0,38 | 0,38 | 26 Toneladas       |
| 0-3E             | 3 Ejes                |  Camión de 3 ejes.                 | Senc 1<br>Tan 1<br>Tot 3 | 0,24                     | 0,38 | 0,38 | 26 Toneladas       |
| 2-S1             | 2 S 1                 |  Camión 2 ejes - semiremolq 1      | Senc 3<br>Tot 3          | 0,11                     | 0,31 | 0,58 | 32 Ton             |
| 2-S2             | 2 S 2                 |  Camión 2 ejes - semiremolq 2 ejes | Senc 2<br>Tan 1<br>Tot 4 | 0,11                     | 0,31 | 0,58 | 39 Ton             |
| 2-S3             | 2 S 3                 |  Camión 2 ejes - semiremolq 3 ejes | Senc 2<br>Tri 1<br>Tot 5 | 0,12                     | 0,34 | 0,54 | 46 Ton             |
| 3-S1             | 3 S 1                 |  Camión 3 ejes - semiremolq 1 eje  | Senc 2<br>Tan 1<br>Tot 4 | 0,12                     | 0,17 | 0,54 | 39 Ton             |
| 3-S2             | 3 S 2                 |  Camión 3 ejes - semiremolq 2 ejes | Senc 1<br>Tan 2<br>Tot 5 | 0,12                     | 0,17 | 0,54 | 46 Ton             |
| 3-S3             | 3 S 3                 |  Camión 3 ejes - semiremolq 3 ejes | Senc 1<br>Tri 1<br>Tot 6 | 0,13                     | 0,18 | 0,51 | 48 Ton             |
| REMOLQ           | 2 R 2                 |  Camión 2 ejes - remolque 2 ejes   | Senc 4<br>Tot 4          | 0,12                     | 0,28 | 0,30 | 45 Ton             |
| REMOLQ           | 2 R 3                 |  Camión 2 ejes - remolque 3 ejes   | Senc 3<br>Tan 1<br>Tot 5 | 0,12                     | 0,28 | 0,38 | 48 Ton             |
| REMOLQ           | 3 R 2                 |  Camión 3 ejes - remolque 2 ejes   | Senc 3<br>Tan 1<br>Tot 5 | 0,10                     | 0,15 | 0,30 | 48 Ton             |
| REMOLQ           | 3 R 3                 |  Camión 3 ejes - remolque 3 ejes   | Senc 2<br>Tan 2<br>Tot 6 | 0,09                     | 0,15 | 0,38 | 48 Ton             |
| REMOLQ           | 3 R 4                 |  Camión 3 ejes - remolque 4 ejes   | Senc 1<br>Tan 3<br>Tot 7 | 0,10                     | 0,15 | 0,30 | 48 Ton             |

Figura 5. Configuración de ejes

Fuente: internet explore.

### **3) Diseño de señalización Vial**

#### **- Señalización horizontal**

Consiste en las marcas pintadas sobre la superficie del pavimento o con elementos que sobresalen muy pocos en los pavimentos. (Civil, s.f.)

#### **- Señalización Vertical**

Son aquellas que se colocan en los postes verticales sobre la superficie del pavimento en lugares adecuadamente ubicados. (Civil, s.f.)

#### **a. Marco conceptual**

##### **Tránsito vehicular**

Es la circulación de vehículos de un punto a otro por vías o caminos públicos (RNE, 2010).

##### **Confiabilidad**

Es la probabilidad de que una sección de pavimento diseñada usando dicho método se desempeñe satisfactoriamente bajo las condiciones del tránsito y del medio ambiente durante el periodo de diseño (AASHTO, 2001).

##### **Falla estructural**

Son aquellas que afectan directamente a la capa de rodadura y que disminuye el ciclo de vida del pavimento (Corredor, 2018).

##### **Estado del pavimento**

Retribución imparcial de propiedades a un defecto superficial del pavimento (Echevaguren, 2001).

##### **Falla funcional**

Deficiencias superficiales del pavimento a las que se asocian precisamente el índice de servicio, que afectan en mayor o menor grado la capacidad del camino en proporcionar al usuario un tránsito cómodo y seguro (Corredor, 2018).

### **Severidad**

Es la cantidad o porcentaje de deterioro que se tiene sobre la estructura del pavimento (Shanin, 2005).

### **Transitabilidad**

Nivel de servicio de la infraestructura vial que está asegurada en un estado que permite el flujo vehicular durante un terminado periodo (transporte, 2014).

### **Señalización horizontal**

Consiste en las marcas pintadas sobre la superficie del pavimento o con elementos que sobresalen muy pocos en los pavimentos (Civil, s.f.).

### **Señalización Vertical**

Son aquellas que se colocan en los postes verticales sobre la superficie del pavimento en lugares adecuadamente ubicados (Civil, s.f.).

#### **b. Variables e indicadores**

**Variable:** Diseño estructural de Pavimento Flexible.

**Subvariable:** Transitabilidad.

## Operacionalización de variables

Tabla 3 Operacionalización de variables.

| Variable  | Definición Conceptual  | Dimensiones                | Indicadores                      | Escala de medición      | Instrumentos                             |        |                    |
|---|--|----------------------------|----------------------------------|-------------------------|--|--------|--------------------|
| <b>Variable:</b><br>Diseño estructural de pavimento flexible. | Son diseños de estructuras que se realizan en varias capas (subbase, base y capa de rodadura), y se denomina pavimento flexible porque su estructura total se deflecta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él, y que está constituido por materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos | Análisis de tránsito       | Volumen                          | Intervalo (veh/hora)    | Protocolo de recolección de datos        |        |                    |
|   |  |                            | Peso                             | Intervalo(ton)          |  |        |                    |
|   |  | Estudio de suelos          | Granulometría                    | Intervalo (%)           | Ensayo de Laboratorio                    |        |                    |
|   |  |                            | Límites de consistencia          | Intervalo (%)           |  |        |                    |
|   |  |                            | Contenido de Humedad             | Intervalo (%)           |  |        |                    |
|   |  |                            | Densidad Máxima                  | Intervalo (und/cm3)     |  |        |                    |
|   |  | Resistencia del suelo      | CBR                              | Intervalo (%)           | Ensayo de Laboratorio                    |        |                    |
|   |  | Método de diseño AASHTO 93 | Pavimentos                       | Nominal                 | Normas                                   |        |                    |
|   |  |                            | Diseño                           | Intervalo (%)           |  |        |                    |
|   |  |                            | Suelo                            | Intervalo (%)           |  |        |                    |
| <b>Sub Variable:</b><br>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   | Diseño Vial                | Velocidad de diseño              | Intervalo (km/h)        | Tablas de Normas<br><br>AutoCAD Civil 3D |        |                    |
|   |  |                            | Clasificación de red vial urbana | Nominal                 |  |        |                    |
|   |  |                            | Capacidad vial                   | Intervalo (veh/h)       |  |        |                    |
|   |  |                            | Nivel de servicio                | Intervalo (%)           |  |        |                    |
|   |  |                            | Infraestructura Vial             | Intervalo (%)           |  |        |                    |
|   |  |                            | Diseño de señalización vial      | Señalización Horizontal |  | Unidad | Reglamentos Normas |
|   |  |                            |                                  | Señalización Vertical   |  | Unidad |                    |

## **4) METODOLOGÍA EMPLEADA**

### **a. Tipo y nivel de investigación**

#### **Tipo de estudio**

Según Hernández et al. (2014), los estudios cuantitativos representan un conjunto de procesos sistemáticos secuenciales y probatorios; cada etapa precede a la siguiente y no puede eludir pasos, el orden es riguroso y se mide las variables en un determinado contexto; asimismo, se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos y finalmente se extrae una serie de conclusiones.

En ese sentido, la presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, puesto que los resultados hallados se cuantificarán de forma numérica mediante tablas que serán de gran utilidad para la ejecución de la investigación, del mismo modo, estarán orientadas a comprobar el comportamiento de las variables de estudio.

#### **Nivel de investigación**

Según Hernández et al. (2014) los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refieren.

En ese sentido, la investigación fue descriptiva, ya que se centrará en recoger información necesaria acerca del diseño estructural del pavimento flexible en el tramo de estudio, para luego analizar la información y efectuar un diagnóstico sobre el objetivo de estudio y conocer la situación real del mismo.

### **b. Población y muestra de estudio**

#### **Población**

La población estuvo conformada por todas las vías pavimentadas ubicadas en el distrito de Jequetepeque.

## **Muestra**

La muestra estuvo conformada por toda la vía de pavimento flexible de la calle San Pedro del distrito de Jequetepeque.

### **c. Diseño de investigación**

Según Hernández et al. (2014) la investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables, es decir, la investigación no experimental o *expost-facto* es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones.

Dentro de ese contexto, el estudio corresponde a un diseño no experimental ya que las variables estudiadas no serán manipuladas por el investigador; y simplemente serán observadas tal y como se da en el contexto original, para luego ser analizadas.

Por otro lado, Hernández et al. (2014) indican que los análisis de corte transversal o transaccional recolectan la información una sola vez en un solo momento establecido. De modo que, la presente investigación será de corte transversal, ya que los datos serán recolectados en un solo momento, una sola vez y en un solo periodo de tiempo.

### **d. Técnicas e instrumentos de investigación**

En primer lugar, se realizó una observación mediante ficha de observación del lugar, en la cual se elaboró y recolectó los datos para poder determinar el estudio de tráfico, luego se realizó los estudios de mecánica de suelos y determinación de sus características con ensayos de laboratorio con fines de pavimentación.

Posteriormente se realizó el análisis de documentos recolectado en el cual se verificó mediante archivos (libros, páginas web entre otros), los parámetros de diseño para una correcta aplicación de la metodología AASHTO 93.

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

Se realizó un trabajo de campo que consiste recolectar datos de la zona como la topografía y estudio de Mecánica de Suelos; para el Estudio de tráfico vehicular, se realizó un conteo de vehículos según las categorías como lo indica en el Manual de Carreteras (Dispositivos del Control de Tránsito para Calles y Carreteras, 2006), lo cual fue procesado usando hojas de cálculos del MS Excel 2019 para realizar los respectivos ensayos y así poder obtener las características del suelo; del mismo modo, se hizo uso del manual AASHTO 93. Con la fórmula de diseño propuesta por AASHTO 93, se obtuvo el número estructural y en función del mismo se determinaron los diferentes espesores de capas que conformarán la estructura del Pavimento flexible.

Se hizo uso de los siguientes Softwares:

- AutoCAD 2018.
- Microsoft Excel 2016.
- AutoCAD Civil 3D 2018.
- PavimR.

## 5) PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### a. Análisis e interpretación de resultados

A continuación, se presentan los resultados adquiridos mediante la aplicación de los instrumentos propuestos en el proyecto de investigación.

#### 1. Estudio del levantamiento topográfico

El estudio de levantamiento fotográfico presenta los puntos topográficos del proyecto, que sirven para hacer nuestros respectivos planos en AutoCAD Civil 3D.

#### UBICACIÓN DEL PROYECTO



Figura 6. Mapa geográfico del Perú

Fuente: Google

Nuestro proyecto de investigación de Carretera de tercera clase se encuentra ubicado en:

**Departamento** : La Libertad.

**Provincia** : Pacasmayo.

**Distrito** : Jequetepeque.

**Localidades** : Calle San Pedro.

### **Ubicación de la calle San Pedro**

Tabla 4. Ubicación de la Calle San Pedro.

| <b>Coordenadas UTM WGS</b> | <b>Norte</b> | <b>Este</b> |
|----------------------------|--------------|-------------|
| <b>- 84</b>                | 9188414.22   | 658528.91   |

Fuente: Civil3D.

### **Coordenadas del tramo en estudio**

Tabla 5. Coordenadas de la calle San Pedro.

| <b>Coordenadas UTM</b> | <b>X</b>   | <b>Y</b>    | <b>Z</b> |
|------------------------|------------|-------------|----------|
| <b>Inicio</b>          | 658536.026 | 9188042.116 | 22.651   |
| <b>Final</b>           | 658573.273 | 9288862.523 | 20.000   |

Fuente: Civil3D.

#### **INSTRUMENTOS:**

01 wincha (5m).

01 estación total (leica).

02 prismas.

GPS (Garming).

Radio.

Cámara fotográfica.

## **2. Estudio de mecánica de suelos**

El presente estudio conlleva realizar las características físicas – mecánicas de los materiales de la subrasante, esta investigación se lleva a cabo mediante la ejecución de calicatas de una profundidad mínima de 1.50 metros.

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS**

**2.1. Análisis granulométrico**

Tabla 6. Calicatas realizadas.

| <b>Calicata</b> | <b>Profundidad (m)</b> | <b>Cota</b> | <b>Ubicación</b> |
|-----------------|------------------------|-------------|------------------|
| C-1             | 1.50                   | 100.00      | Calle San Pedro  |
| C-2             | 1.50                   | 100.00      | Calle San Pedro  |

Fuente: estudio de suelos

Tabla 7. Análisis de tamizado.

| <b>Peso Original (gr)</b>    |           | 200.00          |                 |                  |               |
|------------------------------|-----------|-----------------|-----------------|------------------|---------------|
| <b>Pérd. Por lavado (gr)</b> |           | 114.13          |                 |                  |               |
| <b>Peso Tamizado (gr)</b>    |           | 85.57           |                 |                  |               |
| <b>Abertura de Malla</b>     |           | <b>Peso</b>     | <b>%</b>        | <b>% Ret.</b>    | <b>% Pasa</b> |
| <b>Pulg/malla</b>            | <b>mm</b> | <b>Retenido</b> | <b>Retenido</b> | <b>Acumulado</b> |               |
| 2"                           | 50.800    |                 |                 |                  |               |
| 1 ½"                         | 38.100    |                 |                 |                  |               |
| 1"                           | 25.400    |                 |                 |                  |               |
| ¾"                           | 19.050    |                 |                 |                  |               |
| ½"                           | 12.700    |                 |                 |                  |               |
| 3/8"                         | 9.525     | 0.00            | 0.00%           | 0.00%            | 100.00%       |
| N 4                          | 4.750     | 0.35            | 0.18%           | 0.16%            | 99.83%        |
| N 8                          | 2.381     | 0.51            | 0.26%           | 0.43%            | 99.57%        |
| N10                          | 2.000     | 0.25            | 0.13%           | 0.56%            | 99.45%        |
| N 16                         | 1.191     | 1.93            | 0.97%           | 1.52%            | 98.48%        |
| N 30                         | 0.595     | 7.01            | 3.51%           | 5.03%            | 94.98%        |
| N 40                         | 0.420     | 6.03            | 3.02%           | 8.04%            | 91.96%        |
| N 50                         | 0.296     | 3.82            | 1.91%           | 9.95%            | 90.05%        |
| N 100                        | 0.149     | 39.51           | 19.76%          | 29.71%           | 70.30%        |
| N 200                        | 0.075     | 26.46           | 13.23%          | 42.94%           | 57.07%        |
| Plato                        |           | 114.13          | 57.07%          | 100.00%          | 0.00%         |
| Sumatoria                    |           | 200.00          | 100.00%         |                  |               |

Fuente: Estudio de suelos.

Tabla 8. Comparación de metodologías.

| SISTEMA       | CLASIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN  |
|---------------|---------------|--|
| <b>AASHTO</b> | A – 4         | Suelos limosos de arena, sedimentos y finos de baja compresión |
| <b>SUCS</b>   | CL            | Arcilla  |

Fuente: Propia.

## 2.2. Límites de consistencia

Tabla 9. Datos de límite de consistencia.

| ENSAYO                 |        | CALICATAS |        |
|------------------------|--------|-----------|--------|
|                        |        | C – 1     | C – 2  |
| Límite de consistencia | L.L. % | 25.08%    | 23.23% |
|                        | L.P. % | 15.27%    | 13.58% |
|                        | L.C. % | 13.11%    | 11.74% |
|                        | I.P. % | 9.81%     | 9.65%  |

Fuente: Estudio de suelos.

## 2.3. Contenido de humedad

Tabla 10. Contenido de humedad de calicatas.

| ENSAYO               |   | CALICATAS |       |
|----------------------|---|-----------|-------|
|                      |   | C – 1     | C – 2 |
| Contenido de Humedad | % | 12.60     | 10.23 |

Fuente: Estudio de suelos.

## 2.4. Ensayos especiales

Tabla 11. Ensayo de CBR de la calicata.

| Punto | Progresiva | Profundidad (m) | CBR (%) |
|-------|------------|-----------------|---------|
| C – 1 | Km (0+500) | 1.50            | 9.00%   |

Fuente: Estudio de suelos.

### Categorías de la subrasante

Tabla 12. Categoría de subrasante.

| Categorías de subrasante  | CBR                      |
|---------------------------|--------------------------|
| S0: Subrasante Inadecuada | CBR < 3%                 |
| S1: Subrasante Pobre      | De CBR ≥ 3% a CBR < 6%   |
| S2: Subrasante Regular    | De CBR ≥ 6% a CBR < 10%  |
| S3: Subrasante Buena      | De CBR ≥ 10% a CBR < 20% |
| S4: Subrasante Muy Buena  | De CBR ≥ 20% a CBR < 30% |
| S5: Subrasante Excelente  | CBR ≥ 30%                |

Fuente: (MTC, 2013) (pag.40, cuadro 4.10)

El diseño que se realizará para el pavimento flexible será con un CBR de 9.00% y se clasifica en categoría de subrasante Regular, eso quiere decir que no necesita mejorar el terreno.

### 3. Estudio de tráfico vehicular

#### 3.1. Índice Medio Diario Semanal

El IMDS, se recopiló durante 7 días, se puede apreciar la cantidad de vehículos por tipo durante los días de la semana.

Tabla 13. conteo vehicular semanal.

| Vehículos             | D          | L          | M          | M          | J          | V          | S          | Total       |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| Autos                 | 425        | 307        | 329        | 342        | 355        | 350        | 406        | <b>2514</b> |
| Camión (2 ejes)       | 6          | 14         | 9          | 14         | 9          | 10         | 8          | <b>70</b>   |
| Camión (3E ejes)      | 2          | 5          | 5          | 7          | 4          | 5          | 5          | <b>33</b>   |
| Camión (4 ejes)       | 0          | 2          | 4          | 3          | 4          | 4          | 5          | <b>22</b>   |
| Semi Trayler (4 ejes) | 0          | 3          | 3          | 3          | 3          | 3          | 2          | <b>17</b>   |
| Semi Trayler (5 ejes) | 0          | 2          | 1          | 2          | 2          | 1          | 2          | <b>10</b>   |
| Semi Trayler (6 ejes) | 0          | 1          | 2          | 2          | 1          | 2          | 2          | <b>10</b>   |
| <b>Total/día</b>      | <b>433</b> | <b>334</b> | <b>353</b> | <b>373</b> | <b>378</b> | <b>375</b> | <b>430</b> | <b>382</b>  |

Fuente: Elaboración Propia.

Se obtuvo un I.M.D.S. de **382** vehículos.

#### 3.2. Índice Medio Diario Anual

Para calcular el Índice Medio Diario Anual (I.M.D.A.) se toma en cuenta el I.M.D.S. (Índice Medio Diario Semanal) y del Factor de Corrección Estacional (FC).

$I.M.D.A. = FC \times I.M.D.S.$

Tránsito Liviano FC: 1.0118

Tránsito Pesado FC: 1.0055

Tabla 14. masa vehicular anual.

| Tipo de Vehículo      | I.M.D.S.   | F.C.   | I.M.D.A.   |
|-----------------------|------------|--------|------------|
| Autos                 | 359        | 1.0118 | 363        |
| Camión (2 ejes)       | 10         | 1.0055 | 10         |
| Camión (3 ejes)       | 5          | 1.0055 | 5          |
| Camión (4 ejes)       | 3          | 1.0055 | 3          |
| Semi Trayler (4 ejes) | 3          | 1.0055 | 3          |
| Semi Trayler (5 ejes) | 1          | 1.0055 | 1          |
| Semi Trayler (6 ejes) | 1          | 1.0055 | 1          |
| <b>TOTAL</b>          | <b>382</b> |        | <b>386</b> |

Fuente: Hoja de cálculos.

Se obtuvo un I.M.D.A. de **386** vehículos.

### 3.3. Factor camión o Factor vehículo pesado (Fvpi)

Tabla 15. factor camión.

| Tipo de Vehículos     | Peso (ton.) | Factor (E.E.) | Factor Camión |
|-----------------------|-------------|---------------|---------------|
| Autos                 | -           | -             | -             |
| Camión (2 ejes)       | 7           | 1.2654        | 3.4772        |
|                       | 10          | 2.2118        |               |
| Camión (3 ejes)       | 7           | 1.2654        | 2.3205        |
|                       | 15          | 1.0552        |               |
| Camión (4 ejes)       | 7           | 1.2654        | 2.5260        |
|                       | 16          | 1.2606        |               |
| Semi Trayler (4 ejes) | 15          | 1.0552        | 2.3157        |
|                       | 16          | 1.2606        |               |
| Semi Trayler (5 ejes) | 10          | 2.2118        | 3.2695        |
|                       | 21          | 1.0577        |               |
| Semi Trayler (6 ejes) | 7           | 1.2654        | 3.7584        |
|                       | 16          | 1.2606        |               |
|                       | 23          | 1.2324        |               |

Fuente: Hoja de cálculos.

### 3.4. Número de ejes equivalentes

Se calculó en base al IMDA y multiplicado por el factor Neumático, Factor direccional, Factor carril y el factor de vehículo pesado, obtenidas del Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

$$EE_{día-carril} = IMD_{pi} \times FD \times Fc \times Fv_{pi} \times F_{pi}$$

Tabla 16. Factor de distribución direccional y de carril.

| Número de calzadas   | Número de sentido | Número de carriles por sentido | Factor Direccional (Fd) | Factor carril (Fc) | Factor ponderado Fd x Fc para carril de diseño |
|--|-------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|--|
| 1 calzada<br>(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 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: Hoja de cálculos.

Tabla 17. Numero de ejes equivalentes.

| Tipo de Vehículos           | I.M.D.A. | Fd.  | Fc.  | Fvpi.  | Fpi  | E.E.    |
|-----------------------------|----------|------|------|--------|------|---------|
| Autos, camionetas, ómnibus. | 363      | 1.00 | 0.80 | 0.00   | 1.00 | 0.00    |
| Camión (2 ejes)             | 10       | 1.00 | 0.80 | 3.4772 | 1.00 | 27.8176 |
| Camión (3 ejes)             | 5        | 1.00 | 0.80 | 2.3205 | 1.00 | 9.2820  |
| Camión (4 ejes)             | 3        | 1.00 | 0.80 | 2.5260 | 1.00 | 6.624   |
| Semi Trayler (4 ejes)       | 3        | 1.00 | 0.80 | 2.3157 | 1.00 | 5.5577  |
| Semi Trayler (5 ejes)       | 1        | 1.00 | 0.80 | 3.2695 | 1.00 | 2.6156  |
| Semi Trayler (6 ejes)       | 1        | 1.00 | 0.80 | 3.7584 | 1.00 | 1.8321  |
| TOTAL                       |          |      |      |        |      | 53.1674 |

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.5. Factor de crecimiento acumulado

Para el cálculo de factor de crecimiento acumulado, se ha tomado como punto de partida una tasa anual de crecimiento del 5%, y un periodo de diseño de 20 años.

Según el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Realizando una simple evaluación por tasa anual y periodo de diseño se obtiene un factor de crecimiento acumulado de: **33.06**

### 3.6. ESAL de diseño

Con los datos anteriores se calculó el número de repeticiones de ejes equivalentes.

**EE veh/año:** Ejes equivalentes por tipo de vehículo al año.

**Fca:** Factor de crecimiento acumulado.

**365:** Número de días del año.

Tabla 18. ESAL de diseño.

| Tipo de vehículo   | EE (día/carril) | Días del año | Fca   | Nrep de EE 8.2tn  |
|--------------------|-----------------|--------------|-------|-------------------|
| Autos y camionetas | -               | -            | -     | -                 |
| Camión (2E)        | 27.8176         | 365          | 33.06 | 335672.197        |
| Camión (3E)        | 9.2820          | 365          | 33.06 | 112004.966        |
| Camión (4E)        | 6.0624          | 365          | 33.06 | 73154.3746        |
| Semi Traylor (4E)  | 5.5577          | 365          | 33.06 | 67064.2101        |
| Semi Traylor (5E)  | 2.6156          | 365          | 33.06 | 31562.1836        |
| Semi Traylor (6E)  | 1.8321          | 365          | 33.06 | 22107.7675        |
| <b>TOTAL</b>       |                 |              |       | <b>641565.699</b> |

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4. Estudio de transitabilidad

##### 4.1. Diseño vial

##### 4.1.1. Velocidad de diseño

De acuerdo al manual de carreteras Diseño Geométrico (DG 2018) su clasificación por demanda sería una Carretera de tercera clase ya que el IMDA de la Calle San Pedro sería 386 por lo que se recomienda unas calzadas de 2 carriles con 3.00 m de ancho como mínimo. Por lo consiguiente:

Tabla 19. Clasificación de carretera por demanda y orografía.

| Clasificación              | Orografía   | Velocidad de diseño de un tramo Homogéneo (km/h) |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|----------------------------|-------------|--|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
|                            |             | 30   | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 |
| autopista de primera clase | Plano       |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Ondulado    |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Accidentado |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Escarpado   |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| autopista de segunda clase | Plano       |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Ondulado    |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Accidentado |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Escarpado   |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| Carretera de primera clase | Plano       |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Ondulado    |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Accidentado |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Escarpado   |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| Carretera de segunda clase | Plano       |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Ondulado    |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Accidentado |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Escarpado   |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
| Carretera de tercera clase | Plano       |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Ondulado    |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Accidentado |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|                            | Escarpado   |  |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |

Fuente: (Manual de Diseño Geometrico, 2018).

De acuerdo a la orografía que presenta y por ser una carretera de tercera clase su velocidad de diseño vendría a ser **40 km/h.**

#### 4.1.2. Clasificación de red vial urbano

- a) Según su función es una red vial secundaria o red vial departamental, ya que intercepta una carretera principal y el ingreso a una zona urbana y agrícola.
- b) Según la demanda y condiciones orográficas es un sistema de arterias urbanas menores, debido a que, en su totalidad, el tránsito por esta vía sirve más como ruta de autobuses, viajantes y transporte de mercancía, pero con menos movilidad de tránsito que un sistema urbano principal.

#### 4.1.3 nivel de servicio

La clasificación para la calle San Pedro sería un **nivel de servicio C**, debido a que disminuye la libertad de maniobrar el vehículo por la presencia de otros vehículos en circulación,

presencia de peatones y reductores de velocidad lo que conlleva a reducir la velocidad y generar congestión vehicular.

## **4.2. Diseño de señalización vial**

### **4.2.1. Señalización Horizontal**

Dentro de la Calle San Pedro se implementará distintas señalizaciones horizontales las cuales ayudaran a tener un flujo vehicular más ordenado y seguro, de los cuales son:

- Líneas centrales de color blanco que ayudara a la separación de carril en un mismo sentido.
- Líneas de separación de rampas de entrada o de salida.
- Líneas de borde de pavimento.
- Flechas que indicaran el sentido de circulación.
- Demarcaciones de paso peatonal tipo cebra.

### **4.2.2. Señalización Vertical**

Dentro de la Calle San Pedro se implementará distintas señalizaciones verticales las cuales ayudaran a tener un flujo vehicular más ordenado y seguro, de los cuales son:

- Señales reguladoras como: Pare(R-1), Siga de frente(R-3), No estacionarse (SR-16), entre otros.
- Señales preventivas como: Semáforos (SP-23), peatones en la vía (SP-46), Resalto (SP-25), entre otros.

## 5. Diseño de pavimento flexible con el método ASSHTO 93

### 5.1. Periodo de diseño

$$N = 20 \text{ años}$$

### 5.2. Variable de diseño

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_8) - 8.07$$

Para adquirir la ecuación básica para el diseño de la estructura del pavimento flexible, se revisó el ESAL y el CBR.

W18, es Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el periodo de diseño, corresponde al Número de Repeticiones de EE de 8.2t; el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico.

Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 Tn. (EAL)

$$W_{18} = 641565.699$$

De acuerdo al Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos el tipo de tráfico pesado es de **Tp3**.

### Módulo de Resiliencia (MR)

$$M_r(\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0,64}$$

### Sub rasante

En el análisis de cálculo del Módulo de Resiliencia se consideró el CBR con un porcentaje de 9.00% en la Sub rasante.

Tabla 20. Módulo resiliente en correlación al CBR.

| CBR% | Módulo resiliente subrasante (MR) (PSI) | Módulo resiliente subrasante (MR) (MPA) |
|------|---|---|
| 6    | 8,043.00                                | 55.45                                   |
| 7    | 8,887.00                                | 61.20                                   |
| 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                                   |

Fuente: (MTC, 2013)( Pág. 153, cuadro 12.5).

De acuerdo al Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos el CBR % es de: **10,426.00**

## Confiabilidad (%R)

Para el método AASHTO se acopla el criterio de la confiabilidad (%R) que viene a ser la probabilidad de soporte de una estructura durante su periodo de diseño, de acuerdo con lo previsto.

Tabla 21. Confiabilidad.

| Tipo de caminos                     | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados |           | Nivel de confiabilidad (R) |
|-------------------------------------|---------|------------------------------|-----------|----------------------------|
| Caminos de bajo volumen de tránsito | Tp0     | 100,001                      | 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%                        |
| Resto de caminos                    | Tp5     | 1,000,001                    | 1,500,000 | 85%                        |
|                                     | Tp6     | 1,500,001                    | 3,000,000 | 85%                        |
|                                     | Tp7     | 3,000,001                    | 5,000,000 | 85%                        |
|                                     | Tp8     | 5,000,001                    | 7,500,000 | 90%                        |

Fuente: (MTC, 2013) (Pág.154, cuadro 12.6).

De acuerdo al Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, se obtiene una confiabilidad del: **80%**

### Desviación estándar Normal (Zr)

El coeficiente estadístico de Zr. representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.

Tabla 22. Coeficiente estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr).

| Tipo de caminos                     | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados |           | Desviación estándar 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 | -.0842                          |
| 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                          |

Fuente: (MTC, 2013) (Pág.156, cuadro 12.8).

De acuerdo al Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, se obtiene una Desviación estándar Normal de: **-0.842**

### Desviación Estándar Combinado (So).

Es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada del pronóstico del tránsito y de los otros factores que perjudica el comportamiento del pavimento; como, por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo. La Guía AASHTO sugiere acoger para los pavimentos flexibles, valores de So comprendidos entre 0.40 y 0.50, para la actual investigación se adoptó para los diseños recomendados el valor de: **0.45**

### Índice de serviciabilidad Presente (PSI)

Es el confort de circulación brindada al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía disminuye por deterioro, el PSI también disminuye.

Tabla 23. Índice de serviciabilidad (PSI).

| Tipo de caminos                     | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados |            | Índice de Serviciabilidad inicial (Pi) |
|-------------------------------------|---------|------------------------------|------------|--|
| Caminos de bajo volumen de tránsito | Tp0     | 100,001                      | 150,000    | 3.80                                   |
|                                     | Tp1     | 150,001                      | 300,000    | 3.80                                   |
|                                     | Tp2     | 300,001                      | 500,000    | 3.80                                   |
|                                     | Tp3     | 500,001                      | 750,000    | 3.80                                   |
|                                     | Tp4     | 750,001                      | 1,000,000  | 3.80                                   |
| Resto de caminos                    | Tp5     | 1,000,001                    | 1,500,000  | 4.00                                   |
|                                     | Tp6     | 1,500,001                    | 3,000,000  | 4.00                                   |
|                                     | Tp7     | 3,000,001                    | 5,000,000  | 4.00                                   |
|                                     | Tp8     | 5,000,001                    | 7,500,000  | 4.00                                   |
|                                     | Tp9     | 7,500,001                    | 10,000,000 | 4.00                                   |
|                                     | Tp10    | 10,000,001                   | 12,500,000 | 4.00                                   |
|                                     | Tp11    | 12,500,001                   | 15,000,000 | 4.00                                   |
|                                     | Tp12    | 15,000,001                   | 20,000,000 | 4.20                                   |

Fuente: (MTC, 2013)(Pág. 265, cuadro 14.4).

– **Índice de serviciabilidad Inicial (Pi)**

De acuerdo al Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, se obtiene un Índice de Serviciabilidad Inicial de: **3.80**.

– **Índice de serviciabilidad Final (Pt)**

De acuerdo al Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, se obtiene un Índice de Serviciabilidad Final de: **2.00**

– **Variación de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI)**

De acuerdo al Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, se obtiene una variación de serviciabilidad de: **1.80**

### 5.3. Cálculo de Número Estructural Requerido (SNR)

#### 1. Número estructural de la Sub base granular (SN3)

Datos.

Tabla 24. Numero estructural requerido (SN3).

|                 |            |
|-----------------|------------|
| <b>W18</b>      | 641565.699 |
| <b>CBR (%)</b>  | 9,00%      |
| <b>MR (psi)</b> | 10426.0    |
| <b>R (%)</b>    | 80%        |
| <b>Zr</b>       | -0.842     |
| <b>So</b>       | 0.45       |
| <b>ΔPSI</b>     | 1.80       |

Fuente: Cálculos de Excel.

#### Cálculo del número estructural de la sub base granular (SN3)

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_8) - 8.07$$

Reemplazando los valores, se obtiene un SN requerido de: **2.6236**

### **Cálculo del número estructural de la base granular (SN2)**

Tabla 25. Número estructural requerido (SN2).

|                 |            |
|-----------------|------------|
| <b>W18</b>      | 641565.699 |
| <b>CBR (%)</b>  | 9,00%      |
| <b>Mr (psi)</b> | 16300.0    |
| <b>R (%)</b>    | 80%        |
| <b>Zr</b>       | -0.842     |
| <b>So</b>       | 0.45       |
| <b>ΔPSI</b>     | 1.80       |

Fuente: Cálculos de Excel.

Número estructural de la Sub base (SN2) = **2.2119**

### **Cálculo del número estructural de la carpeta asfáltica (SN1)**

Tabla 26. Número estructural requerido (SN1)

|                |            |
|----------------|------------|
| <b>W18</b>     | 641565.699 |
| <b>CBR (%)</b> | 9,00%      |
| <b>Mr(psi)</b> | 28700.0    |
| <b>R (%)</b>   | 80%        |
| <b>Zr</b>      | -0.842     |
| <b>So</b>      | 0.45       |
| <b>ΔPSI</b>    | 1.80       |

Fuente: Cálculos de Excel.

Número estructural de la base (SN1) = **1.7714**

## Coeficientes estructurales de las capas del pavimento

Para la capa de concreto asfáltico (a1), la base granular (a2) y la subbase (a3), se tomó en cuenta lo estipulado en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, de donde se obtuvo:

Concreto asfáltico:  $a1 = 0.170/\text{cm}$ .

Base Granular:  $a2 = 0.054/\text{cm}$ .

Subbase Granular:  $a3 = 0.047/\text{cm}$ .

### 5.4. Coeficiente de drenaje

Según lo establecido en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, se evaluó como “muy pobre” la capacidad de drenaje, y en base a eso se clasificó el coeficiente de drenaje de 0.95 – 0.75, promediando estos datos se tomó el valor de 0.80; de donde se tiene que  $m2=m3=0.80$ .

Tabla 27. Coeficiente de drenaje para Base y Sub-Base.

| Calidad de drenaje | P = % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercano a la saturación |             |             |               |
|--------------------|---|-------------|-------------|---------------|
|                    | Menos que 1%  | 1% - 5%     | 5% - 25%    | Mayor que 25% |
| Excelente          | 1.40 – 1.35   | 1.35 – 1.30 | 1.30 – 1.20 | 1.20          |
| Bueno              | 1.35 – 1.25   | 1.25 – 1.15 | 1.15 – 1.00 | 1.00          |
| Regular            | 1.25 – 1.15   | 1.15 – 1.05 | 1.00 – 0.80 | 0.80          |
| Pobre              | 1.15 – 1.05   | 1.05 – 0.80 | 0.80 – 0.60 | 0.60          |
| Muy Pobre          | 1.05 – 0.95   | 0.95 – 0.75 | 0.75 – 0.40 | 0.40          |

Fuente: (MTC, 2013)(Pág.163, cuadro 12.15).

## 5.5. Cálculo de los espesores del pavimento

### Espesor de la carpeta asfáltica

$$D1 = \frac{SN1}{a1}$$

$$D1 = \frac{1.7714}{0.170}$$

$$D1 = 10.42 \text{ cm}$$

En el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, en la página 187 dentro del catálogo de estructuras de pavimento flexible con carpeta asfáltica en caliente para un periodo de diseño de 20 años, el valor recomendado de espesor mínimo para la capa superficial es de 7cm (2.75”).

$$D1^* = 10.42 \text{ cm}$$

$$SN1^* = a1 \times D1^*$$

$$SN1^* = 1.771$$

### Espesor de la base granular

$$D2 = \frac{SN2 - SN1}{a2 \times m2}$$

$$D2 = \frac{2.2119 - 1.19}{0.054 \times 0.80}$$

$$D2 = 23.65 \text{ cm}$$

En el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, en la página 187 dentro del catálogo de estructuras de pavimento flexible con carpeta asfáltica en caliente para un periodo de diseño de 20 años, el valor recomendado de espesor mínimo para la base granular es de 20cm (7.87”).

$$D2^* = 23.65 \text{ cm}$$

$$SN2^* = a2 \times D2^* \times m2$$

$$SN2^* = 1.02$$

### **Espesor de la subbase granular**

$$D3 = \frac{SN3 - (SN*2 + SN*1)}{a3 \times m3}$$

$$D3 = \frac{2.6236 - (0.864 + 1.190)}{0.047 \times 0.80}$$

$$D3 = 15.15\text{cm}$$

En el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, el valor recomendado de espesor mínimo para la base granular es de 16cm (6,30”).

$$D3^* = 15.15 \text{ cm}$$

$$SN3^* = 2.6236$$

### **5.6. Espesores finales**

Tabla 28. Espesores finales para el pavimento flexible.

|                          |                |
|--------------------------|----------------|
| <b>Carpeta asfáltica</b> | 4" = 10.42cm   |
| <b>Base granular</b>     | 9.3" = 23.65cm |
| <b>Subbase granular</b>  | 6" = 15.15cm   |

Fuente: Cálculos de Excel.

### **5.7. Diseño propuesto**

Carpeta asfáltica = 10.42cm = 4 pulg.

Base (Afirmado) = 23.65cm = 9.3 pulg.

Subbase (2" a 6") = 15.15cm = 6 pulg.

## 6) DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En relación al objetivo general, establecer las características del Diseño estructural de Pavimento Flexible aplicando la Metodología AASHTO 93 y la transitabilidad de la calle San Pedro, en el distrito de Jequetepeque, provincia de Pacasmayo – La Libertad, se encontraron como resultados que el material para ser usado como relleno compactado es malo, el valor de ESAL (diseño): 641565.699 la densidad seca máxima es 1.76 g/cm<sup>3</sup>, el contenido de Humedad óptimo es de 15,85% y el CBR es de 9,0%; los parámetros más importantes que se consideran en la metodología AASHTO 93 son: la Confiabilidad, la desviación estándar normal, la desviación estándar total, el módulo resiliente de diseño, la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final, el valor de CBR y el número de ejes estándar; afirmándose que la metodología más adecuada para el diseño de pavimentos flexibles es la metodología AASHTO 93. Asimismo, el clima promedio considerado fue de 20 grados centígrados.

Dentro de ese contexto, Cedeño (2014) en su investigación indica que para reducir el tiempo de los análisis y diseño de una estructura de pavimento flexible, se deben emplear indicadores y procesos matemático mediante ecuaciones definidas por la metodología AASHTO 93, donde se establece la clasificación de daños ocasionados por la variación de temperaturas, ya que en el lugar de realización de su investigación que pertenece a la zona costera se llega a temperaturas de 15°, sin embargo, en épocas de bajas temperaturas se debe considerar el incremento de rigidez del material asfáltico que, en caso no presente capacidad resistente puede decaer con más rapidez que un material asfáltico de mayor flexibilidad; por otra parte, en la amazonia se consideran temperaturas límites que se ubican entre la sierra y costa, donde la temperatura es favorable en una época del año.

Por su parte, la investigación de Escobar y Huincho (2017) donde establecieron que el diagnóstico de la vida útil del pavimento flexible para la proyección y riesgo de deteriorarse de forma prematura, está relacionada de manera directa con el Índice Medio Diario IMD de tránsito

de vehículos, afectando al diseño en el análisis de coeficientes y datos de diseño de la carpeta asfáltica por ello, la necesidad AASTHO 93.

En relación al estudio de mecánica de suelos se tomaron las muestras de dos calicatas denominadas C-1 y C-2 con una profundidad de 1.50m y cota 100.00; realizándose primeramente un análisis granulométrico con un peso de 200.00kg de donde se obtuvo una clasificación A-4 según el sistema AASHTO (suelos limosos de arena, sedimentos y finos de baja compresión) y una denominación CL según el sistema SUCS (Arcilla), posteriormente se realizó el ensayo de Límite de Consistencia, obteniendo un valor de Limite Líquido de 25,08% para C-1 y 23,23% para C-2; un valor de Limite Plástico de 15,27% para C-1 y 13,58% para C-2; un valor de Límite de Contracción de 13,11% para C-1 y 11,74% para C-2; y un valor de Índice de plasticidad de 9,81% para C-1 y 9,65% para C-2. Del mismo modo, se hizo el análisis del contenido de Humedad Natural, obteniéndose un valor de 12,60% para C-1 y 10,23% para C-2. Finalmente, se realizó el ensayo para determinar el CBR (Razón Soporte de California) obteniéndose un valor de 9,00%.

Estos resultados se contrastan con la investigación de Escobar y Huincho (2017) quienes encontraron valores de Límite Plástico de 30,76%, Límite Líquido de 31,96% y un Índice de Plasticidad de 1,20%, con una Humedad Natural de 18,23% y un CBR de 16,11%; observándose que el CBR no influye en la carpeta asfáltica más que en la Subbase y por tanto, decimos que a mayor CBR disminuye el espesor de Subbase y a menor CBR se tendrá que incrementar la Subbase. Del mismo modo se contrasta con la investigación de Chávez (2018) quien en su investigación encontró un CBR de diseño para la subrasante de 28,0%; resaltando la importancia que todos los rellenos de material inadecuado existentes en las zonas cercanas a su ámbito de estudio deben ser sustituidos por material competente y características de CBR min > 28% para una de las vías y CBR min > 30% para la otra vía, destacando que la compactación de dicho material debe ser ejecutada por el 95% de densidad seca máxima obtenida en el ensayo Proctor.

En relación al estudio de tráfico de la calle San Pedro, se recopiló la cantidad de vehículos por tipo obteniéndose un I.M.D.S. total de 382 veh/día, y un I.M.D.A. de 386 veh/año; del mismo modo, se hallaron los números de ejes equivalentes por tipo de vehículo, para posteriormente tomar una tasa anual de crecimiento del 5% y un periodo de diseño de 20 años estableciéndose un factor de crecimiento acumulado de 33,06. Finalmente se realizó el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL) obteniéndose un valor de 641565.699.

Estos resultados son similares a lo obtenido por Escobar y Huincho (2017) quienes en su investigación encontraron un I.M.D. de 467 veh/día lo que influye directamente ya que el diseño de la vía estudiada tenía años atrás un I.M.D. de 275 veh/día por ello en relación al diseño es necesario tomar coeficientes y valores de la carpeta asfáltica, y los estudios específicos para el Manual de Carreteras de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos como también usar de manera correcta la metodología AASTHO 93. Del mismo modo, obtuvo un ESAL de 2289418 de ejes equivalentes con lo que afirma que a mayor ESAL aumenta la carpeta asfáltica requerida y a menor ESAL disminuye la capa asfáltica, con lo que se logra que la estructura trabaje en óptimas condiciones.

En relación a las variables de diseño aplicando la metodología AASHTO 93, se tomó un periodo de diseño de 20 años, un valor de 641565.699 de número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 Tn, un Módulo de Resiliencia de 10,426.00, una confiabilidad del 80%, una desviación estándar de -0.842; una desviación estándar combinado de 0.45; un Índice de Serviciabilidad Inicial de 3.80; y un Índice de serviciabilidad Final de 2.00; se obtuvo con SN requerido de 2.6236; para posteriormente definir los coeficientes estructurales, para las tres capas; para el concreto asfáltico:  $a_1 = 0.170/\text{cm}$ ; para la base Granular:  $a_2 = 0.054/\text{cm}$  y para la subbase Granular:  $a_3 = 0.047/\text{cm}$ ; y finalmente obteniéndose un coeficiente de drenaje de 0.80.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Escobar y Huincho (2017) quienes encontraron un valor de Módulo de Resilencia para para carpeta asfáltica de 430000, para la base 30000, y para la subbase de 17000; en relación a los coeficientes estructurales, se obtuvo un (a1) de 0.425, (a2) de 0.138 y (a3) de 0.121; asimismo, en relación al coeficiente de drenaje obtuvo un valor de 1.2, definiendo un SN1 de 2.917, SN2 de 3.664, y un SN3 de 4.652. Del mismo modo, se asemeja a la investigación de Chávez (2018) quien encontró valores de coeficientes estructurales para (a1) de 0.44; (a2) de 0.14, y (a3) 0.13; con un coeficiente de drenaje de 1, definiendo un SN1 de 2.27, SN2 de 1.10, y SN3 de 1.02.

En relación al espesor del pavimento flexible siguiendo la metodología AASHTO 93 se obtuvo para la carpeta asfáltica un espesor  $D_1= 10.42\text{cm}$ , para la base granular un espesor  $D_2= 23.65\text{cm}$ , y para la subbase granular  $D_3= 15.15\text{cm}$ , lo que equivale a 4 pulg, 9.3 pulg y 6 pulg respectivamente. Estos resultados son similares a los obtenidos por Chávez (2018) quien en su investigación define los espesores de las 3 capas con los siguientes valores:  $D_1= 12.5\text{cm}$ ,  $D_2= 20\text{cm}$  y  $D_3= 20\text{cm}$ . Asimismo, Escobar y Huincho (2017) en su investigación definen los siguientes espesores: para la carpeta asfáltica 17.5cm, para la base 11.5cm, y para la subbase 17cm.

## CONCLUSIONES

- En base al análisis de levantamiento topográfico, se estableció que el área del terreno presenta características accidentadas siendo de tipo 3, donde se evidencia pendientes de longitud que se ubican entre el 3% al 6%.
- En base a los análisis básicos, con el estudio de Mecánicas de suelo, se identificaron que la composición del suelo según el Sistema AASHTO son suelos limosos de arena, sedimentos y finos de baja compresión, y según el sistema SUCS son arcillas y estableciendo un CBR (Californian Bearing Ratio) de 9,00%.
- En el estudio de tráfico para la investigación “Diseño estructural del pavimento flexible de acuerdo a la metodología AASHTO 93 y la transitabilidad de la calle San Pedro, en el Distrito de Jequetepeque, Pacasmayo, La Libertad”, donde se encontró un IMD semanal de 382 veh./día, asimismo, se realizó el cálculo repetitivo de ejes que presentan equivalencia por día (Nrep EE 8.2 tn) encontrándose un valor de 641565.699.
- Respecto al análisis de espesores del pavimento flexible respecto a la calle San Pedro del Distrito de Jequetepeque, se desarrolló bajo el Método AASHTO – 93 y se estableció las siguientes capas: Carpeta asfáltica = 10.42cm = 4 pulg; Base (Afirmado) = 23.65 cm = 9.3 pulg y sub-base (2” a 6”) = 15.15 cm = 6 pulg.
- Las variables utilizadas en el diseño aplicando la metodología AASHTO 93, se tomó un periodo de diseño de 20 años, un valor de 641565.699 de número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 Tn, un Módulo de Resiliencia de 10,426.00, una confiabilidad del 80%, una desviación estándar de -0.842; una desviación estándar combinado de 0.45; un Índice de Serviciabilidad Inicial de 3.80; y un Índice de serviciabilidad Final de 2.00; se obtuvo con SN requerido de 2.6236; para posteriormente definir los coeficientes estructurales, para las tres capas; para el concreto asfáltico:  $a_1 = 0.170/\text{cm}$ ; para la base Granular:  $a_2 =$

0.054/cm y para la subbase Granular:  $a_3 = 0.047/\text{cm}$ ; y finalmente obteniéndose un coeficiente de drenaje de 0.80.

- El pavimento flexible se obtuvo como carpeta asfáltica un espesor  $D_1 = 10.42 \text{ cm}$

## RECOMENDACIONES

- En base al levantamiento topográfico y el estudio de mercados se recomienda a las autoridades locales del Distrito de Jequetepeque, efectuar los procesos administrativos para que se integre el proyecto en el área de formulación, con el fin de que se realice la ejecución del proyecto, ya que es de gran relevancia para el crecimiento del Distrito.
- Se recomienda contar con el mantenimiento de la vía para no interrumpir el tránsito.
- En base a la investigación del tráfico, se recomienda contar de un eficiente conteo vehicular, ya que es de gran importancia para el diseño y cada espesor de la capa de pavimento.
- Respecto a los análisis de los espesores y aplicando las variables utilizadas en la metodología AASHTO 93 se puede efectuar los cálculos y evaluar de forma cautelosa la información, ya que puede modificar los resultados definitivos de cada ensayo y no asemejarse a la realidad, de manera que el propósito es comprobar la información como mínimo 2 veces.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (2001). *Recommended Practice for Geosynthetic*. Washington D.C.
- Becerra, M. (2012). *Temas de Pavimentos de Concreto*. Lima: Flujo Libre.
- Cedeño, J. (2014). *Propuesta de Metodología complementaria a los Diseños de Pavimentos según AASHTO 93*. Ecuador: Universidad Católica. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3131/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-100.pdf>
- Chavez, R. (2018). *Diseño del Pavimento Flexible para la Av. Morales Duárez, de la vía expresa línea amarilla en la ciudad de Lima*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal. Obtenido de <file:///C:/Users/HP%20ENVY/Downloads/CHAVEZ%20OBREGON%20ROCIO%20SUSANA.pdf>
- Civil, I. (s.f.). *Velocidad del proyecto*. Obtenido de <https://www.cuevadelcivil.com/2011/05/velocidad-de-proyecto.html>
- Corredor, G. (2018). Evaluación de Pavimentos. *Ministerio de transportes*. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/fallas-en-pavimentos1.pdf>
- Cuevas, B. Z. (2018). *“Análisis de la Capacidad y Niveles de Servicio de las vías de ingreso a la ciudad de Cajamarca pertenecientes a la Red Vial Nacional”*. Cajamarca : Tesis para título .
- Echevaguren, T. (2001). *Metodología de Inspección visual para sistema de gestión de Pavimentos Urbanos SIGMAP*. Concepción, Chile.
- Escobar, L., & Huincho, J. (2017). *Diseño de Pavimento Flexible, bajo influencia de parámetros de Diseño debido al deterioro del Pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica - 2017*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <file:///C:/Users/HP%20ENVY/Downloads/TP%20-%20UNH%20CIVIL.%200085.pdf>
- Fontalba, E. (2015). *Diseño de un pavimento alternativo para la avenida circunvalación sector guacamayo 1ª etapa*. Chile: Universidad Austral de Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/bmfci678d/doc/bmfci678d.pdf>
- Gamboa, K. (2009). *Calculo de índice de condición aplicado en el pavimento flexible en la Av. Las Palmeras de Piura*. Piura.
- García, A. (2015). *Diseño de Pavimento asfáltico por el método AASHTO 93 empleando el software DISAASHTO 93*. Bogotá, Colombia. Obtenido de [https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7544/GARCIA\\_MORALES\\_ANDRÉS\\_RICARDO\\_2015.pdf?sequence=1#:~:text=La%20metodolog%C3%ADa%20AASHTO%2093%20para,asf%C3%A1ltica%2C%20la%20capa%20de%20base](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7544/GARCIA_MORALES_ANDRÉS_RICARDO_2015.pdf?sequence=1#:~:text=La%20metodolog%C3%ADa%20AASHTO%2093%20para,asf%C3%A1ltica%2C%20la%20capa%20de%20base)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Interamericana Editores.
- Humpiri, K. (2015). *Análisis superficial de Pavimentos Flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno*. Juliaca: Universidad Andina. Obtenido de <http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/426/P31-003.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- INEI. (2017). Censos Nacionales 2017. *INEI*. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf)
- Manual de Diseño Geometrico. (2018). *Manual de Diseño Geometrico*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Montealegre, W., & Betancourt, C. (2019). *Diseño de un pavimento flexible por el método AASHTO utilizando como capa de rodadura un asfalto natural y chequearlo por el método racional*. Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia. Obtenido de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/13528/1/2019\\_%20Dise%C3%B1o\\_Pavimento\\_%20Racional.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/13528/1/2019_%20Dise%C3%B1o_Pavimento_%20Racional.pdf)
- MTC. (2013). *Manuela de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- RNE. (2010). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima.
- Shanin, M. (2005). *Pavement management for Airports Roads and Parking Lost*. U.S.A.
- transporte, M. d. (2014). *transparencia.mtc.gob.pe*. Obtenido de *Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y*. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/manuales](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales)

# ANEXOS

**Diseño de Pavimento Flexible**  
Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final

PSI Inicial: 3.80

PSI Final: 2

Confiabledad [Zr] y Desviación Estandar [So]

Zr: -0.842

So: 0.45

Seleccionar dato que tiene

Espesor D  Eje W 18

W 18: 641565.699

Módulo de Reacción de la Subrasante

K: 10426.0 pci

Resultado

D: 2.62357 plg

pci = Libras /pulgadas<sup>3</sup> [lb/plg<sup>3</sup>]  
psi = Libras /pulgadas<sup>2</sup> [lb/plg<sup>2</sup>]  
plg = Pulgadas

Calcular Insertar Limpiar

Figura 7. valor SN utilizando el programa pavimR, cuyo valor para la sub-base es 2.62 plg.

Fuente: Programa PavimR

**Diseño de Pavimento Flexible**  
Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final

PSI Inicial: 3.80

PSI Final: 2

Confiabledad [Zr] y Desviación Estandar [So]

Zr: -0.842

So: 0.45

Seleccionar dato que tiene

Espesor D  Eje W 18

W 18: 641565.699

Módulo de Reacción de la Subrasante

K: 16300.0 pci

Resultado

D: 2.21188 plg

pci = Libras /pulgadas<sup>3</sup> [lb/plg<sup>3</sup>]  
psi = Libras /pulgadas<sup>2</sup> [lb/plg<sup>2</sup>]  
plg = Pulgadas

Calcular Insertar Limpiar

Figura 8. valor SN utilizando el programa pavimR, cuyo valor para la base es 2.21 plg.

Fuente: Programa PavimR

**Diseño de Pavimento Flexible**  
Ecuación AASHTO 93

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Serviciabilidad Inicial y Final</b></p> <p>PSI Inicial: <input type="text" value="3.80"/></p> <p>PSI Final: <input type="text" value="2"/></p>                            | <p><b>Confiabilidad [Zr] y Desviación Estándar [So]</b></p> <p>Zr: <input type="text" value="-0.842"/> <span style="float: right;">+</span></p> <p>So: <input type="text" value="0.45"/></p> |
| <p><b>Seleccionar dato que tiene</b></p> <p><input type="radio"/> Espesor D    <input checked="" type="radio"/> Eje W18</p> <p>W18: <input type="text" value="641565.699"/></p> | <p><b>Módulo de Reacción de la Subrasante</b></p> <p>K: <input type="text" value="28700.0"/> pci</p>   |
| <p><b>Resultado</b></p> <p>D: <span style="border: 2px solid red; padding: 2px;">1.77138</span> plg</p>   |  |

pci = Libras /pulgadas<sup>3</sup> [lb/plg<sup>3</sup>]  
 psi = Libras /pulgadas<sup>2</sup> [lb/plg<sup>2</sup>]  
 plg = Pulgadas

Calcular    Insertar    Limpiar

Figura 9. valor SN utilizando el programa pavimR, cuyo valor para la capa asfáltica es 1.77 plg.

Fuente: Programa PavimR

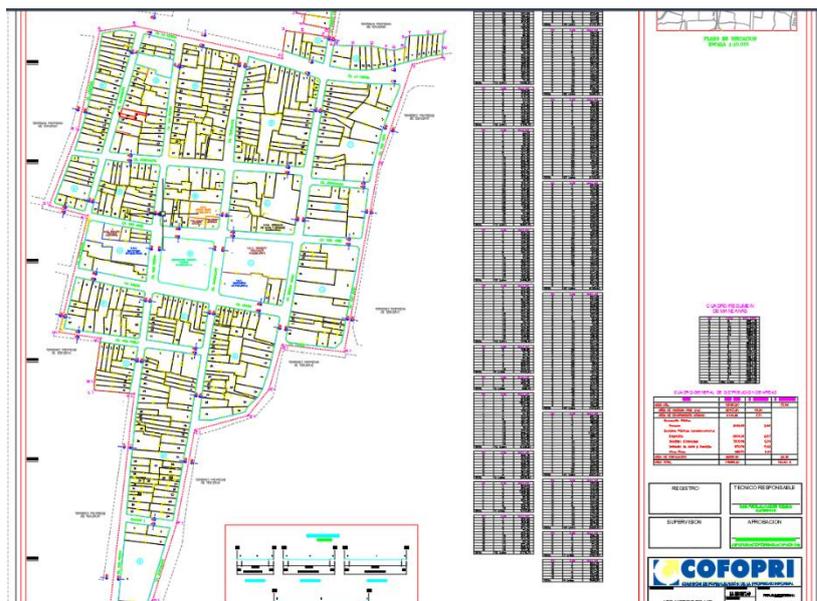
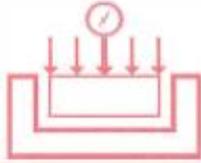


Imagen 10. Plano de catastro del distrito de Jequetepeque.

Fuente: Municipalidad provincial de Pacasmayo.



# **ESTUDIO DE SUELO**



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

## INFORME TÉCNICO

### ESTUDIO DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACION

TESIS:

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO  
FLEXIBLE SEGÚN LA METODOLOGÍA AASHTO  
93 Y LA TRANSITABILIDAD DE LA CALLE SAN  
PEDRO, EN EL DISTRITO DE JEQUETEPEQUE,  
PACASMAYO, LA LIBERTAD**

SOLICITANTES:

**BR. Castro Salazar, Marialuisa  
BR. Medrano Alfaro, Anthony Albert**

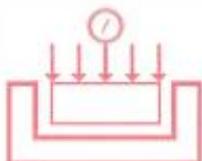
UBICACIÓN:

LUGAR : Calle San Pedro  
DISTRITO : Jequetepeque  
PROVINCIA : PACASMAYO  
DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

**NOVIEMBRE del 2020**

HUERTAS INGENIEROS S.A.

Ing. José Antonio Huertas Naranjo  
CIP 148106



## INFORME DE MECANICA DE SUELOS

### 1.0 GENERALIDADES:

#### 1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del presente Informe Técnico, es realizar un Estudio de Suelos con fines de pavimentación para la tesis denominada: **DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGUN LA METODOLOGIA AASHTO 93 Y LA TRANSITABILIDAD DE LA CALLE SAN PEDRO, EN EL DISTRITO DE JEQUETEPEQUE, PACASMAYO, LA LIBERTAD.**

El proceso seguido para los fines propuestos, fue el siguiente:

- Inspección y evaluación visual del área de estudio.
- Exploraciones de campo.
- Ensayos de laboratorio.
- Determinación de la resistencia de los suelos (Ensayo de CBR).
- Determinación de espesores del pavimento a proyectar.
- Conclusiones y recomendaciones.

#### 1.2 NORMATIVIDAD:

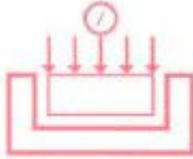
Los trabajos de investigación se han realizado según Norma Peruana CE-10 del RNE, la cual se basa en la aplicación de la Mecánica de Suelos que indica ensayos fundamentales y necesarios para predecir el comportamiento de un suelo bajo la acción de sistemas de carga.

#### 1.3 UBICACIÓN Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio está ubicada en la Avenida San Pedro desde la entrada del Balneario Boca del Rio hasta la Calle La Serna , distrito de Jequetepeque

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Antonio Huertas Martel  
CIP. 148106



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

provincia de Pacasmayo, región de La Libertad. Se proyecta pavimentar algunas zonas señaladas en el proyecto general, para lo cual realizaron los trabajos correspondientes.

Se realizaron ensayos estándar de laboratorio y de campo con fines de identificación y clasificación, así como ensayos de resistencia (C.B.R.), comprobando in situ que en el terreno donde se construirá esta pavimentación, existe un material de relleno inorgánico de color beige oscuro en un espesor promedio de 0.30 m. Se encontró diversos materiales, los cuales serán señalados más adelante, pero para el cálculo de los espesores del pavimento se tomó el más desfavorable, el cual lo constituye una arcilla ligeramente plástica (A-4(4), de acuerdo al o al AASHTO) que se encuentra en estado semi denso, de partículas de forma alargadas.

## 2.0 INVESTIGACIONES DE CAMPO

### **2.1 CALICATAS REALIZADAS:**

Se realizaron 02 sondajes de exploración subterránea, distribuidos en el terreno de acuerdo al proyecto. Las cotas del terreno están referenciadas a cotas relativas que coinciden con el nivel de vereda (ver plano de ubicación de calicatas).

| CALICATA | PROFUNDIDAD (m) | COTA   | UBICACIÓN     |
|----------|-----------------|--------|---------------|
| C-1      | 1.50            | 100.00 | Av. San Pedro |
| C-2      | 1.50            | 100.00 | Av. San Pedro |

### **2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO:**

Se realizaron los siguientes ensayos de Laboratorio

|  |             |
|--|-------------|
| Contenido de Humedad   | NTP 339.127 |
| Análisis Granulométrico  | NTP 339.128 |
| Clasificación Unificada de Suelos (ASTHO)                        | NTP 339.134 |
| Descripción Visual-Manual  | NTP 339.150 |
| Contenido de Sales Solubles Totales en Suelos y Agua Subterránea | NTP 339.152 |
| Proctor Modificado   | ASTM D-1557 |
| CBR  | MTC 132     |

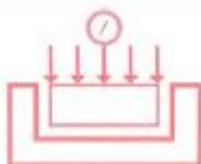
## 3.0 PERFILES ESTRATIGRAFICOS

### **3.1 RESUMEN DE ESTRATOS:**

Sobre la base de los registros de calicatas, ensayos de laboratorio e información recopilada, se han elaborado los perfiles estratigráficos:

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Antonio Huertas Martell  
C/R 148106



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

| MUESTRA | AASHTO  | Prof. (m)   | Cont. De Humedad (%) | Porcentaje en Muestra de: |           |           | Límites de Consistencia |        |        |
|---------|---------|-------------|----------------------|---------------------------|-----------|-----------|-------------------------|--------|--------|
|         |         |             |                      | Grava (%)                 | Arena (%) | Finos (%) | LL (%)                  | LP (%) | IP (%) |
| C-1,M-1 | A-4 (4) | 0.70 - 1.50 | 12.60                | 0.18%                     | 42.76%    | 57.07%    | 25.08%                  | 15.27% | 9.81%  |
| C-2,M-1 | A-4 (4) | 0.60 - 1.50 | 10.23                | 0.12%                     | 42.54%    | 57.35%    | 23.23%                  | 13.58% | 9.65%  |

Cuadro resumen de los estratos encontrados con sus principales propiedades

### 3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO:

Se realizaron los siguientes ensayos de Laboratorio

|  |             |
|--|-------------|
| Contenido de Humedad   | NTP 339.127 |
| Análisis Granulométrico  | NTP 339.128 |
| Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)                         | NTP 339.134 |
| Descripción Visual-Manual  | NTP 339.150 |
| Contenido de Sales Solubles Totales en Suelos y Agua Subterránea | NTP 339.152 |
| Proctor Modificado   | ASTM D1557  |
| Prueba de CBR  | MTC 132     |

### 3.3 JUSTIFICACION DE LA CANTIDAD DE EXPLORACIONES:

De acuerdo a la Tabla N° 2 de la norma C-10 del RNE, y debido al tipo de vía se realizó:

TABLA 2

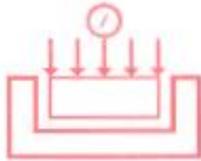
| TIPO DE VÍA | NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN | ÁREA (m <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------------------------|------------------------|
| Expresas    | 1 cada                            | 2000                   |
| Ateriales   | 1 cada                            | 2400                   |
| Coleccibras | 1 cada                            | 3000                   |
| Locales     | 1 cada                            | 3600                   |

Debido al tipo de vía, se realizaron 02 puntos de investigaciones.

### 3.4 NIVEL FREATICO:

A la profundidad de estudio de -1.50 metros del nivel del terreno natural NO se encontró el nivel de aguas freáticas.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
  
 Ing. José Antonio Huertas Martel  
 CIP: 146106



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

## 5.0 CALCULO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO:

Con los valores de Diseño obtenidos, C.B.R. igual a 9%, un EAL de 342246 y clima de 20 grados centígrados en promedio, se obtiene el siguiente diseño para una pavimentación tipo flexible exige que tenga los siguientes espesores:

### PAVIMENTO FLEXIBLE (AASTHO 93)

|                          |   |              |
|--------------------------|---|--------------|
| CAPA NIVELANTE           | : | 5 cm         |
| BASE GRANULAR (Afirmado) | : | 20 cm        |
| OVER (2'' - 6'' )        | : | 30 cm        |
| <b>Total</b>             | : | <b>55 cm</b> |

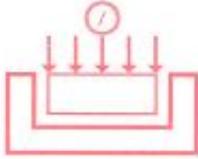
El valor señalado para el espesor total del pavimento, se deberá considerar desde el nivel del terreno natural, esto es desde el material identificado como Arcilla Ligeramente Plástica.

### ESPECIFICACIONES TECNICAS:

El material de **BASE** (estructura de todo pavimento), deberá cumplir con las siguientes características:

| Malla              | Graduación, pasando (%) |         |         |          |
|--------------------|-------------------------|---------|---------|----------|
|                    | (A)                     | (B)     | (C)     | (D)      |
| (2'')              | 100                     | 100     | -       | -        |
| (1'')              | -                       | 75 - 95 | 100     | 100      |
| (3/8'')            | 30 - 65                 | 40 - 75 | 50 - 85 | 60 - 100 |
| (N° 4)             | 25 - 55                 | 30 - 60 | 35 - 65 | 50 - 85  |
| (N° 10)            | 14 - 40                 | 20 - 45 | 25 - 50 | 40 - 70  |
| (N° 40)            | 8 - 20                  | 15 - 30 | 15 - 30 | 25 - 45  |
| (N° 200)           | 2 - 8                   | 5 - 15  | 5 - 15  | 8 - 15   |
| Límite Líquido (%) | 25                      |         | Máximo  |          |

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. José Antonio Huertas Martel  
 CIP. 148106



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

|                           |    |        |
|---------------------------|----|--------|
| Índice de Plasticidad (%) | 6  | Máximo |
| Desgaste de Abrasión (%)  | 50 | Máximo |

La base se compactará a humedad óptima hasta alcanzar una densidad seca de campo de por lo menos el 100 por ciento de la máxima densidad seca "Proctor Modificado" de Laboratorio.

## 6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

### 6.1 CONCLUSIONES:

El terreno estudiado arroja los siguientes valores para ser considerados en los planos de proyecto:

Suelos de Apoyo: **A-4 (4) (Arcilla Ligeramente Plástica).**

Desarrollo: **A partir de -0.70 m desde el nivel de terreno natural (NTN).**

Posición de la napa freática: **No se encontró a la profundidad de estudio.**

Material para ser usado como relleno compactado: **Malo.**

EAL (diseño): **3.42 E+05**

Densidad Seca Máxima: **1.76 g/cm<sup>3</sup>**

Óptimo Contenido de Humedad: **15.85 %**

CBR: **9%**

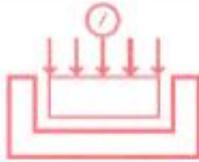
#### **Espesores del Pavimento Flexible:**

|                          |   |              |
|--------------------------|---|--------------|
| CAPA NIVELANTE           | : | 5 cm         |
| BASE GRANULAR (Afirmado) | : | 20 cm        |
| OVER (2'' - 6'' )        | : | 30 cm        |
| <b>Total</b>             | : | <b>55 cm</b> |

### 6.2 RECOMENDACIONES:

- Las canteras de extracción de materiales que se utilizarán en este proyecto deberán satisfacer en su totalidad (previo ensayo de laboratorio), los requerimientos indicados en los diferentes cuadros que se anexan en el presente informe, los mismos que serán verificados antes de la colocación en las diferentes partidas de este proyecto.

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
  
ING. José Antonio Huertas Narteil  
CTP 148106



## REGISTRO DE SONDAJES (NTP 339.150)

TESIS: DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGUN LA METODOLOGIA AASHTO 93 Y LA TRANSITABILIDAD DE LA CALLE SAN PEDRO, DISTRITO DE JEQUETEPEQUE, PACASMAYO, LA LIBERTAD

SOLICITANTES: BR. MARIALUISA CASTRO SALAZAR Y BR. ANTHONY MEDRANO ALFARO.

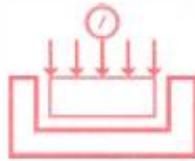
UBICACIÓN: JEQUETEPEQUE - PACASMAYO - LA LIBERTAD .

FECHA: TRUJILLO, 16 DE NOVIEMBRE DE 2020

| Esc.  | Prof.(m) | Esp.(mts) | Descripción Visual del Suelo  | SUCS | Simbolo | Observaciones |
|---|----------|-----------|---|------|---------|---------------|
| <b>CALICATA C-1 (100) AVENIDA SAN PEDRO</b> |          |           |   |      |         |               |
| 1   | -0.70    | 0.70      | MATERIAL DE RELLENO ORGANICO  | (OL) |         |               |
| 2   | -1.50    | 0.80      | ARCILLA LIGERAMENTE PLASTICA COLOR BEIGE OSCURO, PARCIALMENTE HUMEDA. ESTRUCTURA COHESIVA, CONSIST. BLANDA, RETRAE AL SECADO. | (CL) |         |               |
| 3   |          |           | <br>NAF = NO SE ENCONTRO A LA PROFUNDIDAD ESTUDIADA   |      |         |               |
| 4   |          |           |   |      |         |               |
| 5   |          |           |   |      |         |               |
| 6   |          |           |   |      |         |               |
| 7   |          |           |   |      |         |               |
| 8   |          |           |   |      |         |               |

Ing. José Antonio Huertas Martel  
 CIP. 148106





# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGUN LA METODOLOGIA AASHTO 93 Y LA TRANSITABILIDAD DE LA CALLE SAN PEDRO, DISTRITO DE JEQUETEPEQUE, PACASMAYO, LA LIBERTAD SOLICITANTES: BR. MARIALUISA CASTRO SALAZAR Y BR. MEDRANO ALFARO  
UBICACIÓN: JEQUETEPEQUE - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
FECHA: TRUJILLO, 16 DE NOVIEMBRE DEL 2020  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

CANTERA: MATERIAL IN SITU  
CLASE DE SUELO: ARCILLA LIGERAMENTE PLÁSTICA (CL)

Prof (m) : 0.70 - 1.50

Sondaje: C-1  
Muestra: M-1

## LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

### LIMITE LIQUIDO

| ENSAYO N°           | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|
| Tara + suelo húmedo | 53.89  | 55.65  | 66.47  | 89.26  |
| Tara + suelo seco   | 45.98  | 48.09  | 60.13  | 59.52  |
| Agua                | 7.71   | 7.56   | 6.34   | 9.74   |
| Peso de la tara     | 20.20  | 20.65  | 34.55  | 18.60  |
| Peso del suelo seco | 25.78  | 27.44  | 25.58  | 40.92  |
| % humedad           | 29.89% | 27.55% | 24.78% | 23.80% |
| No. golpes          | 7      | 13     | 27     | 35     |
| LIMITE LIQUIDO      | 25.08% |        |        |        |

### LIMITE PLÁSTICO

| ENSAYO N°           | 1      | 2      |
|---------------------|--------|--------|
| Tara + suelo húmedo | 24.05  | 36.08  |
| Tara + suelo seco   | 24.17  | 37.58  |
| Agua                | 0.48   | 0.50   |
| Peso de la tara     | 21.04  | 34.29  |
| Peso del suelo seco | 3.13   | 3.29   |
| % humedad           | 15.34% | 15.20% |
| LIMITE PLÁSTICO     | 15.27% |        |

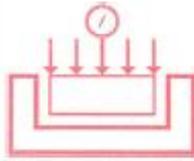
HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Antonio Huertas Martel  
CIP: 148106

### RESULTADOS:

|                        |        |
|------------------------|--------|
| Límite Líquido:        | 25.08% |
| Límite Plástico:       | 15.27% |
| Límite de Contracción: | 13.11% |
| Índice de Plasticidad: | 9.81%  |





## REGISTRO DE SONDAJES (NTP 339.150)

TESIS: DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGUN LA METODOLOGIA AASHTO 93 Y LA TRANSITABILIDAD DE LA CALLE SAN PEDRO, DISTRITO DE JEQUETEPEQUE, PACASMAYO, LA LIBERTAD

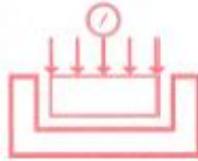
SOLICITANTES: BR. MARIALUISA CASTRO SALAZAR Y BR. MEDRANO ALFARO

UBICACIÓN: JEQUETEPEQUE - PACASMAYO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, 16 DE NOVIEMBRE DEL 2020

| Esc.  | Prof.(m) | Esp.(mts) | Descripción Visual del Suelo   | SUCS | Símbolo | Observaciones |
|---|----------|-----------|--|------|---------|---------------|
| <b>CALICATA C-2 (100) AVENIDA SAN PEDRO</b> |          |           |  |      |         |               |
| 1   | -0.60    | 0.60      | MATERIAL DE RELLENO ORGANICO   | (OL) |         |               |
| 2   | -1.60    | 1.00      | ARCILLA LIGERAMENTE PLASTICA COLOR BEIGE OSCURO, PARCIALMENTE HILMADA, ESTRUCTURA COHESIVA, CONSIST. BLANDA, RETRAE AL SECADO. | (CL) |         |               |
| 3   |          |           |  |      |         |               |
| 4   |          |           |  |      |         |               |
| 5   |          |           |  |      |         |               |
| 6   |          |           |  |      |         |               |
| 7   |          |           |  |      |         |               |
| 8   |          |           | NAF = NO SE ENCONTRO A LA PROFUNDIDAD ESTUDIADA  |      |         |               |

José Antonio Huertas Marín  
 CIP. 248314



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

TESIS: DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGUN LA METODOLOGIA AASHTO 93 Y LA TRANSITABILIDAD DE LA CALLE SAN PEDRO, DISTRITO DE JEQUETEPEQUE, PACASMAYO, LA LIBERTAD SOLICITANTES: BR. MARGALUISA CASTRO SALAZAR Y BR. ANTHONY MEDRANO ALFARO

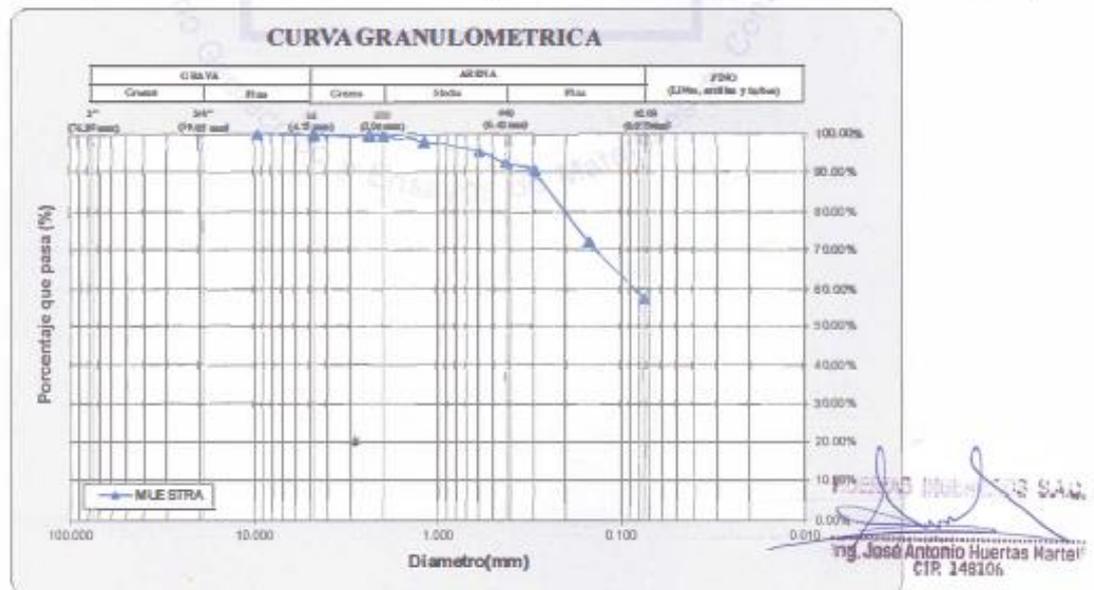
UBICACIÓN: JEQUETEPEQUE - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
FECHA: TRUJILLO, 16 DE NOVIEMBRE DEL 2020

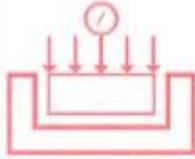
Prof(m) : 0.60 - 1.50

|                 |                              |          |     |
|-----------------|------------------------------|----------|-----|
| CANTERA:        | MATERIAL IN SITU             | Sondaje: | C-2 |
| CLASE DE SUELO: | ARCILLA LIGERAMENTE PLASTICA | Muestra: | M-1 |

## PRUEBA GRANULOMETRICA (NTP 339.128)

| Peso Original (gr)    |        | 200.00        |            |                 |         | Especificaciones         |                 | OBSERVACIONES:   |
|-----------------------|--------|---------------|------------|-----------------|---------|--------------------------|-----------------|--|
| Pérd. por lavado (gr) |        | 114.69        |            |                 |         | Límites                  |                 |  |
| Peso Tamizado (gr)    |        | 85.31         |            |                 |         | Superior                 | Inferior        |  |
| ABERT. MALLA          |        | Peso Retenido | % Retenido | % Ret Acumulado | % Pasa  | % Pasa Superior          | % Pasa Inferior | <b>T. Maximo Nominal:</b> No 4<br><b>Límites de Consistencia:</b><br>Límite Líquido: 23.23%<br>Límite Plástico: 13.58%<br>Límite de Contracción: 11.74%<br>Índice de Plasticidad: 9.65%<br><br><b>Porcentaje en muestra:</b><br>% Grava (3" a #4): 0.12%<br>% Arena (#4 a #200): 42.54%<br>% Finos (Menor a #200): 57.35%<br><br><b>Características Granulométricas:</b><br>D <sub>60</sub> (mm): -<br>D <sub>50</sub> (mm): -<br>D <sub>30</sub> (mm): -<br>D <sub>10</sub> (mm): -<br>C <sub>u</sub> : -<br>C <sub>c</sub> : -<br><b>Clasificación:</b><br>SUCS: CL<br>AASHTO: A-4 [ 4 ] |
| Pulg/malla            | mm     |               |            |                 |         |                          |                 |  |
| 2"                    | 50.800 |               |            |                 |         |                          |                 |  |
| 1 1/2"                | 38.100 |               |            |                 |         |                          |                 |  |
| 1"                    | 25.400 |               |            |                 |         |                          |                 |  |
| 3/4"                  | 19.050 |               |            |                 |         |                          |                 |  |
| 1/2"                  | 12.700 |               |            |                 |         |                          |                 |  |
| 3/8"                  | 9.525  | 0.00          | 0.00%      | 0.00%           | 100.00% |                          |                 |  |
| No 4                  | 4.750  | 0.23          | 0.12%      | 0.12%           | 99.89%  |                          |                 |  |
| No 8                  | 2.381  | 0.48          | 0.24%      | 0.36%           | 99.65%  |                          |                 |  |
| No 10                 | 2.000  | 0.15          | 0.09%      | 0.43%           | 99.57%  |                          |                 |  |
| No 16                 | 1.191  | 2.52          | 1.26%      | 1.69%           | 98.31%  |                          |                 |  |
| No 30                 | 0.595  | 5.40          | 2.70%      | 4.39%           | 95.61%  |                          |                 |  |
| No 40                 | 0.420  | 5.98          | 2.99%      | 7.38%           | 92.62%  |                          |                 |  |
| No 50                 | 0.296  | 4.88          | 2.44%      | 9.82%           | 90.18%  |                          |                 |  |
| No 100                | 0.149  | 35.99         | 18.00%     | 27.82%          | 72.19%  |                          |                 |  |
| No 200                | 0.075  | 29.88         | 14.84%     | 42.66%          | 57.35%  |                          |                 |  |
| Plato                 |        | 114.69        | 57.35%     | 100.00%         | 0.00%   | Contenido de humedad (%) |                 |  |
| Sumatoria             |        | 200.00        | 100.00%    |                 |         | 10.23                    |                 |  |





# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

OBRA: DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGUN LA METODOLOGIA AASHTO 93 Y LA TRANSITABILIDAD DE LA CALLE SAN PEDRO, EN EL DISTRITO DE JEQUETEPEQUE, PACASMAYO, LA LIBERTAD SOLICITANTES: BR. MARIALUISA CASTRO SALAZAR Y BR. ANTHONY MEDRANO ALFARO

UBICACIÓN: JEQUETEPEQUE - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
FECHA: TRUJILLO, 16 DE NOVIEMBRE DEL 2020

DESCRIPCION DE LA MUESTRA:

CANTERA: MATERIAL IN SITU

CLASE DE SUELO: ARCILLA LIGERAMENTE PLASTICA (CL)

Prof(m) : 0.60 - 1.50

Sondaje: C-2

Muestra: M-1

## LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

### LIMITE LIQUIDO

| ENSAYO N°           | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|
| Tara + suelo húmedo | 57.93  | 54.47  | 55.94  | 48.26  |
| Tara + suelo seco   | 49.89  | 47.74  | 49.25  | 42.88  |
| Agua                | 8.08   | 6.73   | 6.69   | 5.38   |
| Peso de la tara     | 20.20  | 21.40  | 20.30  | 18.60  |
| Peso del suelo seco | 29.69  | 26.34  | 28.95  | 24.28  |
| % humedad           | 27.25% | 25.55% | 23.11% | 22.17% |
| No. golpes          | 7      | 12     | 26     | 35     |
| LIMITE LIQUIDO      | 23.23% |        |        |        |

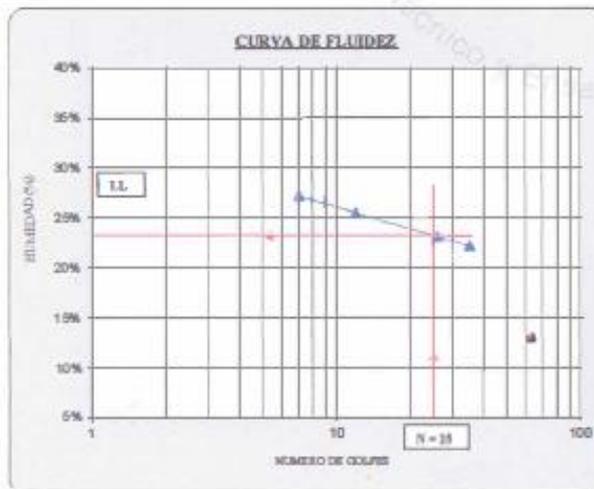
### LIMITE PLASTICO

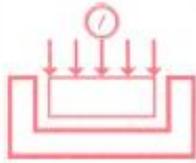
| ENSAYO N°           | 1      | 2      |  |  |
|---------------------|--------|--------|--|--|
| Tara + suelo húmedo | 25.68  | 20.53  |  |  |
| Tara + suelo seco   | 25.30  | 20.14  |  |  |
| Agua                | 0.38   | 0.39   |  |  |
| Peso de la tara     | 22.48  | 17.29  |  |  |
| Peso del suelo seco | 2.82   | 2.85   |  |  |
| % humedad           | 13.48% | 13.68% |  |  |
| LIMITE PLASTICO     | 13.58% |        |  |  |

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José Antonio Huertas Martell  
CIP 148106

### RESULTADOS:

|                        |        |
|------------------------|--------|
| Límite Líquido:        | 23.23% |
| Líquido Plástico:      | 13.58% |
| Límite de Contracción: | 11.74% |
| Índice de Plasticidad: | 9.65%  |





# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO D-1557 TIPO A

TESIS: DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGUN LA METODOLOGIA AASHTO 93 Y LA TRANSITABILIDAD DE LA CALLE SAN PEDRO, EN EL DISTRITO DE JEQUETEPEQUE, PACASMAYO, LA LIBERTAD

SOLICITANTES: BR. MARIALUISA CASTRO SALAZAR Y BR. ANTHONY MEDRANO ALFARO

UBICACIÓN: JEQUETEPEQUE - PACASMAYO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, 16 DE NOVIEMBRE DEL 2020

CANTERA: MATERIAL SUB RASANTE (ARCILLA LIGERAMENTE PLASTICA)

GOLPES/CAPA: 5 / 25

DIMENSIONES MOLDE (Molde N° 01):

Diametro: 10.20 cm

Altura: 11.70 cm

Volumen: 956.04 cm<sup>3</sup>

DSM(g/cc): 1.76

OCH (%): 15.85

### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

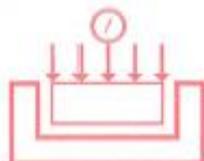
| MUESTRA No                    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tara No                       | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
| Peso Tara + Suelo Húmedo (gr) | 62.69 | 62.97 | 63.36 | 64.12 | 63.36 |
| Peso Tara + Suelo Seco (gr)   | 58.96 | 58.29 | 57.47 | 57.19 | 55.86 |
| Peso del Agua (gr)            | 3.73  | 4.68  | 5.89  | 6.93  | 7.50  |
| Peso tara (gr)                | 19.51 | 19.72 | 20.30 | 20.38 | 21.40 |
| Peso Suelo Seco (gr)          | 39.45 | 38.57 | 37.17 | 36.81 | 34.46 |
| Contenido de humedad (%)      | 9.46  | 12.13 | 15.85 | 18.83 | 21.76 |

### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

| MUESTRA No                            | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Peso Molde+Peso Suelo Húmedo (gr)     | 3850   | 3960   | 4100   | 4040   | 3958   |
| Peso Molde (g)                        | 2150   | 2150   | 2150   | 2150   | 2150   |
| Peso Suelo Húmedo (gr)                | 1700   | 1810   | 1950   | 1890   | 1808   |
| Volumen Suelo Húmedo (gr)             | 956.04 | 956.04 | 956.04 | 956.04 | 956.04 |
| Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.78   | 1.89   | 2.04   | 1.98   | 1.89   |
| Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )   | 1.62   | 1.69   | 1.76   | 1.66   | 1.55   |



  
 Ing. José Antonio Huertas Martel  
 CIP. 14616



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

## RAZON SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

TESIS: DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGUN LA METODOLOGIA AASHTO 93 Y LA TRANSITABILIDAD DE LA CALLE SAN PEDRO, EN EL DISTRITO DE JEQUETEPEQUE, PACASMAYO, LA LIBERTAD

SOLICITANTES: BR. MARIALUISA CASTRO SALAZAR Y BR. ANTHONY MEDRANO ALPARO

UBICACIÓN: JEQUETEPEQUE - PACASMAYO - LA LIBERTAD

FECHA: TRUJILLO, 16 DE NOVIEMBRE DEL 2020

MODELO: LEXUS

Nº SERIE: SK 244267

CANTERA: MATERIAL SUB RASANTE (ARCILLA LIGERAMENTE PLASTICA)

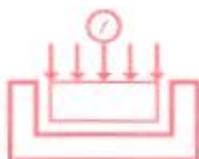
| METODO DE COMPACTACION                   | MOLDES           |                  |                  |                  |                  |                  |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|  | 1                |                  | 2                |                  | 3                |                  |
| Molde N°                                 | 5                |                  | 5                |                  | 5                |                  |
| Número de Capas                          | 56               |                  | 25               |                  | 12               |                  |
| Número de golpes por capas               | 4530             |                  | 4530             |                  | 4530             |                  |
| Sobrecarga (gr)                          | 4530             |                  | 4530             |                  | 4530             |                  |
| Condiciones de la Muestra                | Antes de Empapar | Desp. de Empapar | Antes de Empapar | Desp. de Empapar | Antes de Empapar | Desp. de Empapar |
| Muestra húmeda + Molde (gr.)             | 9350.00          | 9695.00          | 9150.00          | 9685.00          | 8600.00          | 9555.00          |
| Peso del Molde (gr.)                     | 4895.00          | 4895.00          | 4945.00          | 4945.00          | 4880.00          | 4880.00          |
| Peso de la Muestra húmeda (gr.)          | 4455.00          | 4800.00          | 4205.00          | 4740.00          | 3720.00          | 4675.00          |
| Volumen de la Muestra (cm <sup>3</sup> ) | 2141.21          | 2141.21          | 2085.23          | 2085.23          | 2085.23          | 2085.23          |
| Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )    | 2.08             | 2.24             | 2.02             | 2.27             | 1.78             | 2.24             |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>              |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| Tara N°                                  | 4                | 4                | 5                | 5                | 6                | 6                |
| Muestra húmeda + Tara (gr.)              | 56.40            | 59.50            | 68.25            | 61.20            | 58.30            | 61.47            |
| Muestra seca + Tara (gr.)                | 52.00            | 49.00            | 62.00            | 50.00            | 53.00            | 50.00            |
| Peso del Agua (gr.)                      | 4.40             | 10.50            | 6.25             | 11.20            | 5.30             | 11.47            |
| Peso de la Tara (gr.)                    | 21.40            | 22.48            | 20.38            | 21.40            | 17.29            | 20.38            |
| Muestra Seca (gr.)                       | 30.60            | 26.52            | 41.62            | 28.60            | 35.71            | 29.62            |
| Contenido de humedad (%)                 | 14.38%           | 39.59%           | 15.02%           | 39.16%           | 14.84%           | 38.72%           |
| DENSIDAD SECA (gr./cm <sup>3</sup> )     | 1.82             |                  | 1.75             |                  | 1.55             |                  |

### DATOS DE EXPANSION

| Molde N°        |         |                | 1            |              | 2            |              | 3            |              |
|-----------------|---------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Sobrecarga (gr) |         |                | 4530         |              | 4530         |              | 4530         |              |
| Fecha           | Hora    | Tiempo (horas) | Lectura dial | Hincham. mm. | Lectura dial | Hincham. mm. | Lectura dial | Hincham. mm. |
| 12-nov          | 7:30 PM | 0              | 0.00         | 0.0000       | 0.00         | 0.0000       | 0.00         | 0.0000       |
| 13-nov          | 7:30 PM | 24             | 2.00         | 0.0508       | 3.00         | 0.0762       | 4.00         | 0.1016       |
| 14-nov          | 7:30 PM | 48             | 6.00         | 0.4508       | 7.00         | 0.4762       | 8.00         | 0.5016       |
| 15-nov          | 7:30 PM | 72             | 10.00        | 0.8508       | 11.00        | 0.8762       | 12.00        | 0.9016       |

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Ing. José Antonio Huertas Martel  
C.P. 148106



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

## ENSAYO CARGA - PENETRACION

| Penetr. Deform. Rd | Penetr. pulg. (pulg) | Molde N° 01     |         |           | Molde N° 02     |        |           | Molde N° 03     |        |           |
|--------------------|----------------------|-----------------|---------|-----------|-----------------|--------|-----------|-----------------|--------|-----------|
|                    |                      | Ensayo de Carga |         |           | Ensayo de Carga |        |           | Ensayo de Carga |        |           |
|                    |                      | kg              | lbs.    | lbs/pulg2 | kg              | lbs.   | lbs/pulg2 | kg              | lbs.   | lbs/pulg2 |
| 0                  | 0.00                 | 0.00            | 0.00    | 0.00      | 0.00            | 0.00   | 0.00      | 0.00            | 0.00   | 0.00      |
| 20                 | 0.02                 | 30.00           | 66.14   | 21.05     | 10.00           | 22.05  | 7.02      | 5.00            | 11.02  | 3.51      |
| 40                 | 0.04                 | 70.00           | 154.32  | 49.12     | 50.00           | 110.23 | 35.09     | 35.00           | 77.16  | 24.56     |
| 60                 | 0.06                 | 100.00          | 220.46  | 70.18     | 70.00           | 154.32 | 49.12     | 50.00           | 110.23 | 35.09     |
| 80                 | 0.08                 | 150.00          | 330.69  | 105.26    | 100.00          | 220.46 | 70.18     | 75.00           | 165.35 | 52.63     |
| 100                | 0.10                 | 200.00          | 440.92  | 140.35    | 150.00          | 330.69 | 105.26    | 100.00          | 220.46 | 70.18     |
| 120                | 0.12                 | 250.00          | 551.16  | 175.44    | 200.00          | 440.92 | 140.35    | 120.00          | 264.55 | 84.21     |
| 160                | 0.16                 | 300.00          | 661.39  | 210.53    | 230.00          | 507.06 | 161.40    | 180.00          | 396.83 | 126.32    |
| 200                | 0.20                 | 350.00          | 771.62  | 245.61    | 250.00          | 551.16 | 175.44    | 200.00          | 440.92 | 140.35    |
| 240                | 0.24                 | 400.00          | 881.85  | 280.70    | 280.00          | 617.29 | 196.49    | 220.00          | 485.02 | 154.39    |
| 300                | 0.30                 | 450.00          | 992.08  | 315.79    | 320.00          | 705.48 | 224.56    | 260.00          | 573.20 | 182.46    |
| 360                | 0.36                 | 480.00          | 1014.13 | 322.81    | 330.00          | 727.53 | 231.58    | 265.00          | 584.22 | 185.96    |
| 400                | 0.40                 | 480.00          | 1058.22 | 336.84    | 350.00          | 771.62 | 245.61    | 270.00          | 595.25 | 189.47    |
| 500                | 0.50                 | 485.00          | 1069.24 | 340.35    | 356.00          | 784.85 | 249.82    | 280.00          | 617.29 | 196.49    |

$$\text{CBR (0.1") } = \frac{140.35 \times 100}{1000} = 14.04\%$$

$$\text{CBR (0.2") } = \frac{245.61 \times 100}{1500} = 16.37\%$$

$$\text{CBR (0.1") } = \frac{105.26 \times 100}{1000} = 10.53\%$$

$$\text{CBR (0.2") } = \frac{175.44 \times 100}{1500} = 11.70\%$$

$$\text{CBR (0.1") } = \frac{70.18 \times 100}{1000} = 7.02\%$$

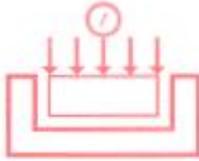
$$\text{CBR (0.2") } = \frac{140.35 \times 100}{1500} = 9.36\%$$



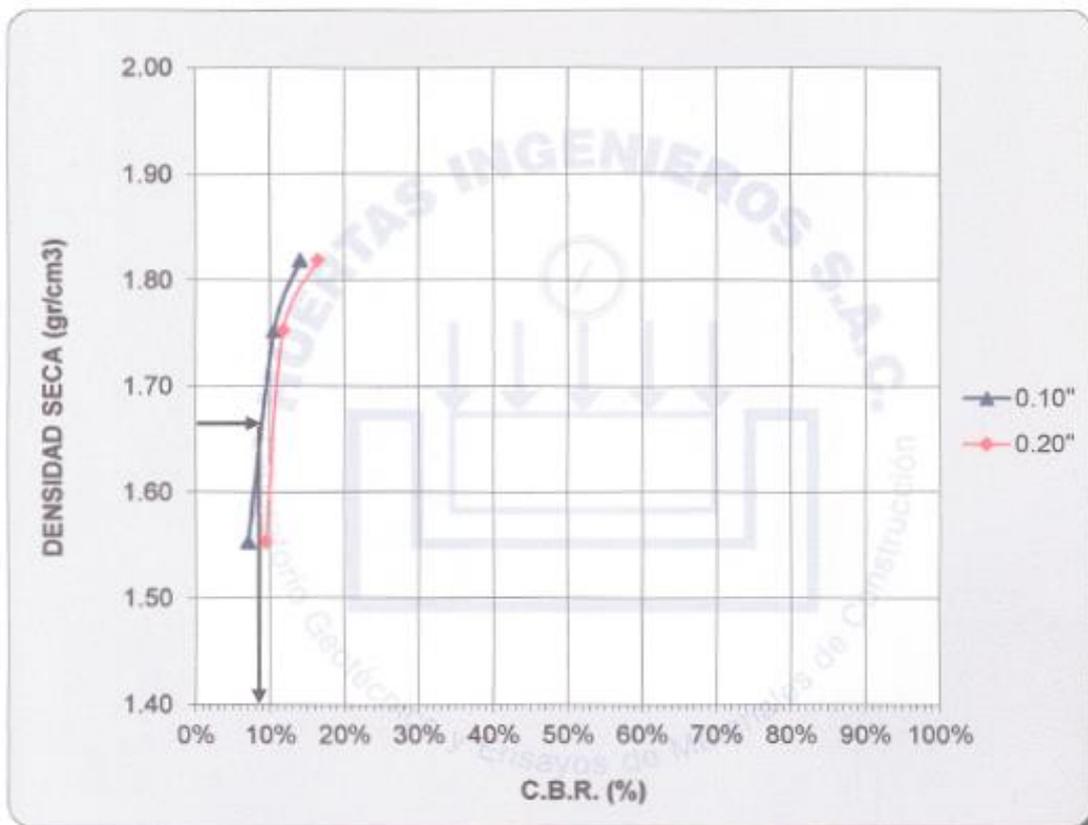
Correccion de cero (pulg):  
 56 golpes: 0  
 25 golpes: 0  
 12 golpes: 0

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. José Antonio Huertas Martínez  
 CIP 148106

| GOLPES     | 56     | 25     | 12    |
|------------|--------|--------|-------|
| C.B.R. 0.1 | 14.04% | 10.53% | 7.02% |
| 0.2        | 16.37% | 11.70% | 9.36% |



## CURVA DENSIDAD SECA - CBR



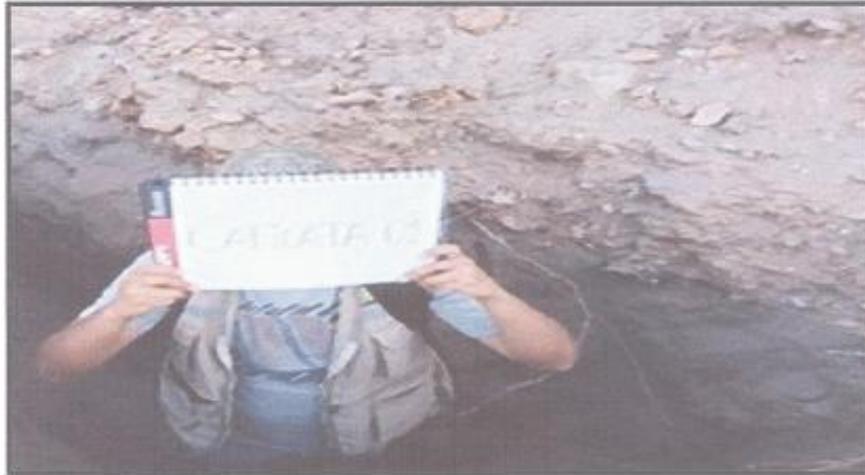
**VALORES PROCTOR MODIFICADO:**

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm<sup>3</sup>): 1.76  
 HUMEDAD OPTIMA (%): 15.85

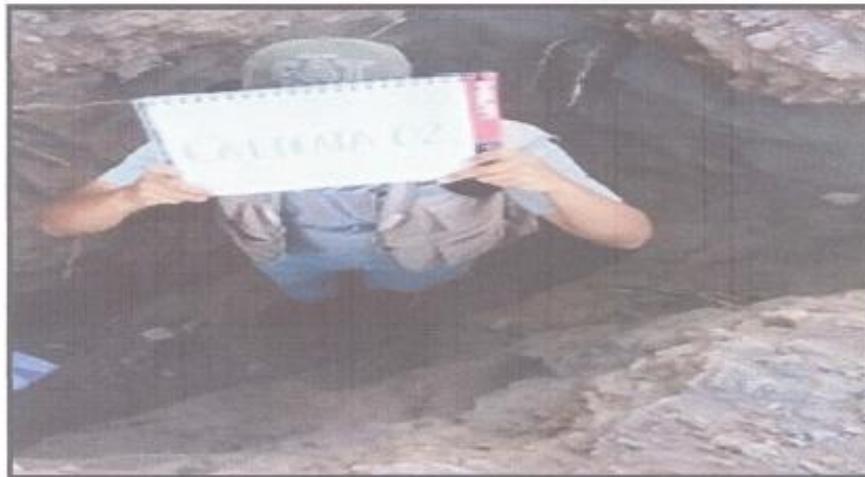
95 % DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm<sup>3</sup>): 1.67  
 C.B.R. (%): 9.00

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. José Antonio Huertas Martel  
 CIP. 148105

**PANEL FOTOGRAFICO**



CALICATAS DE EXPLORACION SUBTERRANEAS REALIZADAS EN EL TERRENO UBICADO EN - JEQUETEPEQUE - PACASMAYO  
- LA LIBERTAD, DONDE SE PROYECTA LA TESIS DE NOMINADA: DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGUN  
LA METODOLOGIA AASHTO 93 Y LA TRANSITABILIDAD DE LA CALLE SAN PEDRO, EN EL DISTRITO DE JEQUETEPEQUE,  
PACASMAYO, LA LIBERTAD



HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José Antonio Huertas Marín  
CIP: 146306

# **PANEL FOTOGRAFICO**



Imagen 1. Se puede apreciar los trabajos que se realizaban en la calle San Pedro en el año 2019

Fuente: Propia.



Imagen 2. Imagen de la calle San Pedro (progresiva 0+620).

Fuente: Propia.



Imagen 3. Levantamiento topográfico de la calle San Pedro en la progresiva 0+140.

Fuente: Propia.



Imagen 4. Vista panorámica de la calle San Pedro progresiva 0+800.

Fuente: Propia.



Imagen 5. Desintegración por baches progresiva 0+220.

Fuente: Propia.



Imagen 6. fisuras de borde progresiva 0+240.

Fuente: Propia.



imagen 7. Fisura piel de cocodrilo progresiva 0+200.

Fuente: Propia.



imagen 7. Se puede apreciar el conteo vehicular que se realizó el día 26/11/2020 en la Calle San Pedro.

Fuente: Propia.



imagen 8. Conteo vehicular que se realizó el día 28/11/2020 en la Calle San Pedro.

Fuente: Propia.



Imagen 9. Visita a campo en la Calle San Pedro.

Fuente Propia.