



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
CIVIL**

**“Evaluación Estructural de los Pavimentos Flexibles en el Distrito de Puerto Eten –  
Chiclayo – Lambayeque - 2018”.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Br. Martinez Mori Jorge Samuel (ORCID: [0000-0002-8966-2507](https://orcid.org/0000-0002-8966-2507))

**ASESOR:**

Mg. Berru Camino José Miguel (ORCID: [0000-0001-8434-3219](https://orcid.org/0000-0001-8434-3219))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Infraestructura Vial

**CHICLAYO – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres, Marco y Mary por su apoyo incondicional, por sus consejos, sus valores y la motivación constante, y por ser ellos el motor que me impulsa a seguir superándome día a día, y a mi hermana Kathy por estar siempre conmigo en los momentos más difíciles y ser mi gran amiga, los amo.

**Martinez Mori Jorge Samuel**

## **Agradecimiento**

Agradezco a papa Dios por la vida, la salud y sus miles de bendiciones que me da, a mis padres Marco y Mary, por ser más que mis padres, mis amigos; a mi hermana Kathy por ser mi incondicional, a mi gran amigo que siempre estuvo presente Alfredo Delfín por darme siempre la mano con sus conocimientos en toda la etapa de mi carrera profesional, finalmente a mi amigo Ing. Iván Medrano por su apoyo incondicional brindado sus amplios conocimientos a mi persona durante la realización de la presente, que de una u otra forma colaboraron en la elaboración de esta tesis.

**Martinez Mori Jorge Samuel**

## **Acta de aprobación de tesis**

## Declaratoria de autenticidad

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **MARTÍNEZ MORI JORGE SAMUEL** estudiante de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL** de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 72315209, con el trabajo de investigación titulada,

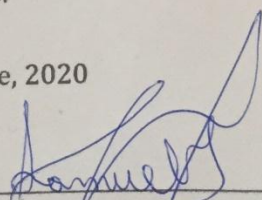
**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL DISTRITO DE PUERTO ETEN, CHICLAYO, LAMBAYEQUE”**

**Declaro bajo juramento que:**

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de oro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 30 de Noviembre, 2020



Jorge Samuel Martínez Mori  
DNI 72315209

## Índice

|  |             |
|--|-------------|
| <i>Dedicatoria</i> .....   | <i>ii</i>   |
| <i>Agradecimiento</i> .....  | <i>iii</i>  |
| <i>Acta de aprobación de tesis</i> .....   | <i>iv</i>   |
| <i>Declaratoria de autenticidad</i> .....  | <i>v</i>    |
| <i>Índice</i> .....  | <i>vi</i>   |
| <i>Índice de tablas</i> .....  | <i>vii</i>  |
| <i>Índice de figuras</i> .....   | <i>viii</i> |
| <i>RESUMEN</i> .....   | <i>ix</i>   |
| <i>ABSTRACT</i> .....  | <i>x</i>    |
| <i>I. INTRODUCCIÓN</i> .....   | <i>1</i>    |
| <i>II. MÉTODO</i> .....  | <i>27</i>   |
| <i>III. RESULTADOS</i> .....   | <i>31</i>   |
| <i>IV. DISCUSIÓN</i> .....   | <i>41</i>   |
| <i>V. CONCLUSIONES</i> .....   | <i>43</i>   |
| <i>VI. RECOMENDACIONES</i> .....   | <i>46</i>   |
| <i>REFERENCIAS</i> .....   | <i>47</i>   |
| <i>ANEXOS</i> .....  | <i>51</i>   |
| <i>Acta de aprobación de originalidad de tesis</i> .....                           | <i>78</i>   |
| <i>Reporte de Turnitin</i> .....   | <i>79</i>   |
| <i>Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV</i> ..... | <i>80</i>   |
| <i>Autorización de la versión final del trabajo de investigación</i> .....         | <i>81</i>   |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. <i>Tipos de Fallas Estructurales</i> .....                        | 19 |
| Tabla 2. <i>Tipos de Fallas Superficiales</i> .....                        | 20 |
| Tabla 3. <i>Variable independiente</i> .....                               | 31 |
| Tabla 4. <i>Variable independiente</i> .....                               | 32 |
| Tabla 5. <i>Ubicación de las Calicatas hechas en campo</i> .....           | 31 |
| Tabla 6. <i>Resultados de CBR</i> .....                                    | 32 |
| Tabla 7. <i>Resultados de contenido de asfalto</i> .....                   | 33 |
| Tabla 8. <i>Clasificación AASHTO</i> .....                                 | 33 |
| Tabla 9. <i>Resultados del contenido de humedad</i> .....                  | 35 |
| Tabla 10. <i>Análisis de los resultados del contenido de humedad</i> ..... | 37 |
| Tabla 11. <i>Resultados del límite líquido y plástico</i> .....            | 37 |
| Tabla 12. <i>Resultados de Sales Solubles</i> .....                        | 38 |
| Tabla 13. <i>Análisis de los resultados de Sales Solubles</i> .....        | 40 |
| Tabla 14. <i>Resultados del Proctor modificado</i> .....                   | 40 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| <i>Figura 1:</i> Clasificación de suelos metodología AASHTO.....                     | 8  |
| <i>Figura 2.</i> Clasificación de Suelos Metodología SUC S.....                      | 9  |
| <i>Figura 3.</i> Sección Típica de un Pavimento. (Montejo, 2006).....                | 11 |
| <i>Figura 4.</i> Estructura típica de un pavimento flexible en una carretera .....   | 11 |
| <i>Figura 5.</i> Esquema de la deflexión de un Pavimento Flexible.....               | 22 |
| <i>Figura 6.</i> Procedimiento para determinar espesor de un Pavimento Flexible..... | 16 |



## RESUMEN

El presente estudio **titulado “Evaluación Estructural de los Pavimentos Flexibles en el Distrito de Puerto Eten, Chiclayo, Lambayeque, 2018”**, tuvo como objetivo: Analizar estructuralmente la infraestructura vial de los pavimentos flexibles en el distrito de Puerto Eten; la metodología utilizada corresponde al tipo y diseño de infraestructura vial, pero para el abordaje metodológico es una investigación experimental ya que se han realizado ensayos en laboratorio consistentes en análisis granulométrico de suelos por tamizado finos, análisis granulométrico de suelos por tamizado granulares, contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, proctor modificado, contenido sales solubles totales, CBR y lavado asfáltico, cuyos resultados permitieron discernir con pleno conocimiento la necesidad e importancia de realizar evaluaciones estructurales de los pavimentos flexibles en el distrito de Puerto Eten, ya que se ha podido determinar la situación actual de los pavimentos flexibles en el distrito de Puerto Eten; asimismo se analizó las propiedades de las carpetas asfálticas existentes. Al haberse evaluado estructuralmente la infraestructura vial de los pavimentos flexibles mediante ensayos en laboratorio se pudo confirmar las condiciones inadecuadas en que se encuentra el pavimento.

**Palabras clave:** Evaluación estructural, pavimentos flexibles, ensayos laboratorio.

## **ABSTRACT**

The present study entitled "Structural Evaluation of Flexible Pavements in the District of Puerto Eten, Chiclayo, Lambayeque, 2018", aimed at structurally analyzing the road infrastructure of flexible pavements in the district of Puerto Eten; the methodology used corresponds to the type and design of quantitative and quasi-experimental research, but for the methodological approach it is an experimental investigation since laboratory tests have been carried out consisting of granulometric analysis of soil by fine sifting, granulometric analysis of soils by granular sieving , moisture content, liquid limit, plastic limit, modified proctor, content total solubles, CBR and asphalt washing, whose results allow to discern with full knowledge the need and importance of making structural evaluations of flexible pavements in the district of Puerto Eten, since it has allowed to define the current situation of the pavements in Puerto Eten; The properties of the existing asphalt binders were also analyzed. The road infrastructure of the flexible pavements was structurally evaluated through laboratory tests, which confirmed the inadequate conditions of the pavement.

**Keywords:** structural evaluation flexible pavements laboratory tests.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, alrededor del mundo, las carreteras que necesita cada país no son los mismos que fueron en otras épocas, cada país vive una realidad diferente y las carreteras e infraestructura vial no es ajena a esto, puesto que se debe ajustar a dicha realidad y necesidad. En México, la red vial nacional se empezó a formar a partir de los años 1920 y 1930, y esta red tuvo un crecimiento moderado hasta el año 1950 aproximadamente. Entre los años de 1950 y 1970 la red fue objeto de un importante desarrollo y a partir de 1980 esta red continuó creciendo significativamente, pero con un incremento menor probablemente.

Durante el periodo de 1990 y 1995 se tuvo lugar a la incorporación de una red de modernas autopistas con una longitud de 5000 km aproximadamente (Rico Rodríguez, y otros, 1998).

Las Naciones Unidas, mediante la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, nos dieron su posición acerca del mantenimiento y conservación de las redes viales. Se completamente conocido que, debido a una conservación inoportuna, las redes se encuentran en muy mal estado. En esta parte del mundo las redes tienen un estado de regular a deficiente, solo una pequeña proporción están en buen estado. En un camino donde se tiene un tránsito diario promedio de 800 vehículos, los costos de operación y mantenimiento constituyen aproximadamente el 86% del gasto total de la carretera. El 14% corresponde a la agencia vial, donde se paga el mantenimiento y la conservación del camino, así como también el costo de ejecución de obra (Naciones Unidas, 1994).

En Latinoamérica, el país que tiene mejor infraestructura vial es Chile, debido a que su red tiene 77.764 km que incluyen 2.387 km en autopistas, además de tener una buena gestión de conservación y mejoramiento (Fajardo, 2015).

Así mismo, el Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos (2016) indica que los pavimentos, ya sean flexibles o rígidos, no fallan o colapsan de manera repentina, sino que lo hacen de una manera gradual y progresiva. Esto se debe básicamente a las continuas solicitaciones de tránsito y clima, los cuales tienen una manifestación importante en la superficie del pavimento. Los principios modernos de mantenimiento y

reparación de pavimentos se basan en diferentes tecnologías o procedimientos para evaluar el estado del pavimento y, en última instancia, tienen como objetivo caracterizar el proceso de deterioro, planificar, diseñar y aplicar las medidas correctoras necesarias, y determinar el mecanismo o la razón de las mismas. Es difícil pensar en sugerir el método más adecuado.

A nivel nacional, las carreteras existentes se clasifican de acuerdo al Sistema Nacional de Carreteras. El SINAC indica mediante actualización de longitudes por superficie de rodadura con información proveniente de la actualización del clasificador de Rutas e Inventarios Viales, la situación de sus características básicas.

La Red Vial Nacional está organizada en 133 rutas con una longitud total de 26,859.4 km, además está conformada por 24,942.8 km de red vial existente y 1,916.6 km de red vial proyectada (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015).

La Red Vial Departamental está organizada en 393 rutas, tienen una longitud de 29,123.6 km y está conformada por la 24,977.4 km de red vial existente y 4,146.3 de red vial proyectada (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015).

La Red Vial Vecinal tiene 6,240 rutas con una longitud total de 97,903.9 km, está conformada por 95,822.7 de red vial existente y 2,081.2 km de red vial proyectada MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015).

En la ciudad de Chiclayo, se realizó una inversión superior a los 50 millones de soles para la construcción de la vía Canal Chiclayo, ruta departamental de alta transitabilidad para mejorar la calidad de vida de los habitantes de José Leonardo Ortiz. Se realizó un recorrido por la Av. Chiclayo y se pudo verificar el deterioro del pavimento rígido que afecta a la circulación de los vehículos (Barrios, 2019).

Lamentablemente, la infraestructura pública no se ha ajustado a la demanda urbana de la ciudad de Chiclayo, lo que hace deficiente la red vial provincial. La red vial provincial tiene 20 km de los cuales solo el 30% están asfaltados y el 70% están sin asfaltar y son los caminos que unen a los centros poblados, lo cual limita el desarrollo de estos centros poblados (Borja, 2011).

En varias avenidas de la ciudad de Chiclayo la acera se deteriora prematuramente. La degradación de estas vías urbanas se puede resumir en las irregularidades en los contornos verticales y horizontales de la acera, lo que suele ocurrir por el mecanismo de deformación en la mezcla asfáltica que constituye la superficie de la vía y las diversas capas del pavimento como la estructura de pavimento e incluso la sub-rasante (Pérez León, y otros, 2018).

A nivel internacional, según, Rodríguez (2014), con el fin de diseñar un sistema automatizado para el cálculo del índice de condición vial de caminos flexibles, se realizó un estudio en Maracaibo. La correlación se determina en los gráficos PCI, por lo que se puede determinar la ecuación de severidad de cada falla, el programa se ejecuta en la interfaz Visual Basic, y el índice de carreteras se puede analizar y calcular de acuerdo con la normativa vigente.

Timaná (2009) realizó una investigación, la cual tuvo como propósito principal evaluar la condición del pavimento flexible de la Avenida Caracas, se concluye que dicho pavimento está en estado regular teniendo un PCI ponderado de 49. Esta condición se debe gracias a las reparaciones realizadas un año antes, las cuales aminoraron la formación de fallas estructurales para el pavimento. Un gran porcentaje de estas fueron de clase funcional y no perturban al tránsito normal de los automóviles en la vía.

Rico Rodríguez y otros (1998) indicaron que, de acuerdo con la práctica habitual de México, se investigaron problemas generales con el rendimiento del pavimento flexible. Se ha determinado que, en términos de tráfico, meteorización e influencias del agua, los factores juegan un papel fundamental en las características de desempeño mecánico de los materiales del suelo utilizados dentro del rango general de comportamiento. Finalmente, se resumen y analizan críticamente algunas investigaciones sobre desempeño y diseño de pavimentos.

González Morgado (2018) realizó una investigación la cual tuvo como objetivo principal proponer un método de mantenimiento para pavimentos flexibles de caudal medio y bajo. Se estudiaron dos defectos específicos: baches y surcos, que serán modelados y estudiados en todas las posibles opciones de reparación. Combinando estas dos fallas, se determinaron

tres posibles soluciones: recortar todo el espesor, volver a pavimentar con concreto y reemplazar la capa de asfalto y la capa base granular. La conclusión a la que se llega es que los porcentajes de ahorro asociados a cada método para cada tipo de falla son los siguientes: Baches: Un ahorro del 40.15% en comparación con el repavimentado de la superficie de concreto. Rutting: ahorro del 87,17% en reformado de superficies de hormigón.

A nivel internacional, según, Cuba Álvarez (2017) realizó un estudio, cuyo propósito principal fue aplicar el método (PCI) a la evaluación de la superficie de una sección del pavimento flexible de la avenida República de Polonia para comprender la condición del pavimento flexible existente. Se ha determinado que no se ha evaluado el abordaje del 100%, por lo que mediante la aplicación del método PCI se determinan los parámetros de evaluación, se determinan los indicadores de condición y se establece el estado de la calzada. Finalmente, se puede evaluar la superficie de la calzada para obtener el estado de mantenimiento de la carretera principal en estudio. Cuando se usa el método del índice de condición del pavimento para evaluar la superficie de un pavimento flexible, en una determinada sección de la avenida Polonia, se sabe que el estado de protección de la parte 1 es "malo", el PCI es 26 y la Parte 2 significa "bueno" " por lo que presenta un apropiado estado reservado con un PCI de 61.

Medina Chamaya (2018) realizó un estudio para determinar en detalle los daños en la extensión de la carretera flexible entre Rejopampa y Chaupelanche en Chota, Cajamarca. Mediante la aplicación del método PCI y el método VIZIR en la evaluación superficial de pavimentos flexibles, se tomaron en consideración 49 unidades de muestreo y 51 unidades de muestreo respectivamente, la longitud del tramo estudiado es de 5073 km y el tramo de 6,60 m.

Mallma Jiménez (2019) realizó un estudio y el objetivo general era utilizar el método de índice de condición del pavimento en la avenida Mártires del Periodismo evaluando la capa de asfalto de pavimento flexible. En resumen, la capa de asfalto del pavimento flexible de esta avenida se encuentra en un estado de 53,10%, lo que lleva a la clasificación

de la normativa, por lo que se requiere una intervención inmediata, porque con el tiempo esta situación irá disminuyendo en detrimento.

A nivel local, según Solís Burga y otros (2019) realizaron esta investigación la cual tuvo como propósito principal valorar el pavimento flexible para comprender el estado de la avenida Chinchaysuyo por medio del PCI y hacer recomendaciones para su restauración. La respectiva población es un pavimento flexible de carreteras, y la muestra es el tramo comprendido entre la avenida Víctor Raúl Haya de la Torre y el kilómetro 1,5 de Miguel Grau. Se obtuvieron 83 unidades de muestra, de las cuales se consiguió un muy buen pavimento.

Rojas Carrasco (2019) realizó la investigación la cual tuvo como objetivo principal la evaluación comparativa para determinar qué tipo de pavimento (flexible, articulado o rígido) era el mejor para el asentamiento humano María Augusta Oliva en Pimentel, efectuando con uno de ellos considerando la normativa vigente; y teniendo como conclusión que el pavimento rígido es la sobresaliente opción para el área de estudio.

Carrera Huertas (2019) realizó una propuesta de rehabilitación mediante la valoración del pavimento flexible de la Av. Las Américas tramo Km 0+000 al Km 2+045 ubicada en el distrito de Chiclayo. Como resultados, con el método PCI, concluye que el pavimento de la Av. Las Américas tiene una condición de muy bueno, sin embargo, presenta tramos fallados en el Km 0+231 – 0+396 y Km 0+990 – 1+155 donde se planteó la rehabilitación. Con la evaluación de la estructura del pavimento constata que los espesores del pavimento existente no tienden a cumplir con los espesores requeridos mínimos, el suelo de la sub rasante es insuficiente y predomina el suelo arcilloso. La propuesta de diseño contempla un paquete estructural de sub rasante mejorada, capa anticontaminante, sub base y base granular y la carpeta asfáltica. El costo de la rehabilitación asciende a S/ 473,230.93 soles.

Según las teorías relacionadas podemos describir:

Suelos: Propósito del presente estudio resulta preciso indicar que “en la mayoría de partes del mundo existen los suelos colapsarles y que causan grandes movimientos diferenciales en estructuras debido a los grandes asentamientos y deslizamientos, siendo esta la razón

por la que los ingenieros especializados en cimientos son capaces de diferenciar e identificar el tipo de suelos encontrados en el campo” (Condori, 2012). Al respecto, nos indican que “a través de la exploración e investigación del suelo resulta ser de gran importancia la identificación y características del suelo, así también idóneo diseño de los pavimentos. Si los datos recolectados y la muestra que es enviada al laboratorio no son idóneos, es evidente que el resultado de la prueba va a poder asegurar la confiabilidad de los valores a obtener. Hernández y Torres (2016).

Exploración de suelos y rocas: El sondear estos se debe efectuar la inspección del terreno y después un programa de exploración e investigación, se debe obtener modelo simbólico en número y la suma adecuada de suelo o de roca, la muestra depende de los ensayos que se van a cumplir y del equipo que se usara. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014)

Sub rasante: Se tendrá en cuenta el material idóneos para la capa de sub rasante con  $C B R \geq 6 \%$ . Si es menor se continua la consolidación de los suelos, de convenio a la naturaleza del suelo, como el equilibrio mecánico, el cambio del equilibrio químico del suelo, suelo de cimentación equilibrio con geosimetéticos, la altura de la rasante, cambiar la señal de la vía, por lo que se elige tecina idónea.

Ensayos a realizar a la sub rasante:

a) Análisis granulométrico por tamizado A S T M D-4 2 2

La dimensión de moléculas de suelo, por medio del tamizado. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010)

El distinto porcentaje de los suelos que pasan por los tamices hasta el 74 mm (N° 200), define el método. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014)

Por tamaño de partículas de suelo. Ver Anexo 4. Tabla 1. Clasificación de suelos.

b) La plasticidad - límites de Atterberg A S T M D-4318

Es la posición del equilibrio la cual figuran los suelos hasta cierto término de humedad sin separar.



El límite de Atterberg señala la sensibilidad del suelo en relación con el porcentaje de humedad, fijando el extremo a los estados de consistencia que son: El límite líquido, el límite plástico, según ensayo NTP CE 010) (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014)

El suelo se puede clasificar mediante el transcurso de humedad cual contiene dureza plástica. Ver Anexo 4. Tabla 2. Clasificación de suelos según índice de Plasticidad.

c) Contenido de Humedad: Es la carga de las partículas solidad que está representado por una proporción en una mezcla de suelo que contiene carga de agua.

Cálculos: mediante la fórmula siguiente:

$$w = \frac{MCWS - MCS}{MCS - MC} \times 100$$

ó

$$w = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno} \times 100}$$

Dónde:

- W = es el contenido de humedad (%)
- MCWS = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos
- MCS = es el peso del contenedor más el suelo secado al horno, en gramos
- MC = es el peso del contenedor, en gramos
- MW = es el peso del agua, en gramos
- MS = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

C) Ensayo CBR: Es la energía del pavimento que pertenece citado al 95 % de MDS y a una impregnación de 2.54mm. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

El importe CBR se obtiene considerando lo siguiente:

Con valor de 6 a más realizados en el tipo de característica homogénea de suelo, se determina el CBR de diseño de la sub rasante.

Con menos de 6 importes es de CBR en el tipo de pavimento de característica homogénea de suelo, se determina el CBR de planeamiento de la sub rasante con el siguiente criterio.

Si el valor es parecido o similar, se toma el valor promedio.

Si el valor no es parecido o similar, se toma el valor crítico.

Para más información, revisar Anexo 4. Tabla 3. Categorías de sub rasante.

C) Descripción del suelo: la clasificación será por métodos AASHTO y SUCS (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

| Signos convencionales para perfil de calicatas - Clasificación AASHTO |               |            |                   |
|---|---------------|------------|-------------------|
| Simbología  | Clasificación | Simbología | Clasificación     |
|   | A-1-a         |            | A-5               |
|   | A-1-b         |            | A-6               |
|   | A-3           |            | A-7-5             |
|   | A-2-4         |            | A-7-6             |
|   | A-2-5         |            | Materia Orgánica  |
|   | A-2-6         |            | Roca Sana         |
|   | A-2-7         |            | Roca Desintegrada |
|   | A-4           |            |                   |

Figura. 1: Clasificación de suelos metodología AASHTO

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – versión abril 2014

| Signos convencionales para perfil de calcatas - Clasificación SUC S |   |  |  |
|---|---|--|--|
|   | Grava bien graduada mezcla, grava con poco o nada de materia fina, variación en tamaños granulares  |  | Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo  |
|   | Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino  |  | Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa   |
|   | Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa   |  | Limo organico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad |
|   | Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino  |  | Limo organico de plasticidad baja o mediana, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra             |
|   | Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios |  | Limo organico y arcilla limosa organica, baja plasticidad  |
|   | Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias   |  | Limo inorganico, suelo fino gravoso o limoso, mica o micao o diatomitico, limo elastico                              |

|  |   |
|--|---|
|  | Arcilla inorganica de elevada plasticidad, arcilla gravosa        |
|  | Arcilla organicas de mediana o elevada plasticidad, limo organico |
|  | Turba, suelo considerablemente organico                           |

Figura 2. Clasificación de Suelos Metodología SUC S

Fuente: "Manual de Carreteras" Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – versión abril 2014.

C) Clasificación del suelo: Con el comportamiento del suelo, granulometría, plasticidad e registro de clase, se clasifican los pavimentos. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014). Ver Anexo 4. Tabla 4. Tipos de suelos AASHTO – SUCS.

Para una información completa revisar el Anexo 4. Tabla 5. Clasificación de los suelos en AASHTO M145 y ASTM D 3282, donde se clasifican los suelos en AASHTO M145 y/o ASTM D 3282.

Pavimento, según la NTE CE 010, pavimento está compuesto por capas en la cual la superficie es el terreno acondicionado para soportar durante el tiempo de diseño y en un nivel de serviciabilidad, el concepto incluye pistas, ciclo vías, veredas y pases peatonales (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010).

El pavimento tiene por finalidad permitir el tránsito de todo tipo de vehículo, ofreciendo comodidad y seguridad, por lo que debe proporcionar una superficie uniforme, con el color idóneo así se evita el reflejo y deslumbramiento, y la textura de acuerdo con la velocidad de circulación. Asimismo, las condiciones necesarias mínimas son el adecuado ancho de vía, la adherencia del pavimento y el vehículo, la correcta señalización, adecuado servicio de drenaje que debe ser resistente. (Montejo Fonseca, 2008).

Característica del pavimento: son las siguientes: debe resistir ante los agentes de intemperismo; debe resistir a la acción de las de tránsito; debe resistir a la aceleración del coche, debe ser resistente ante el desgaste, debe ser duradero, debe presentar una regularidad superficial.

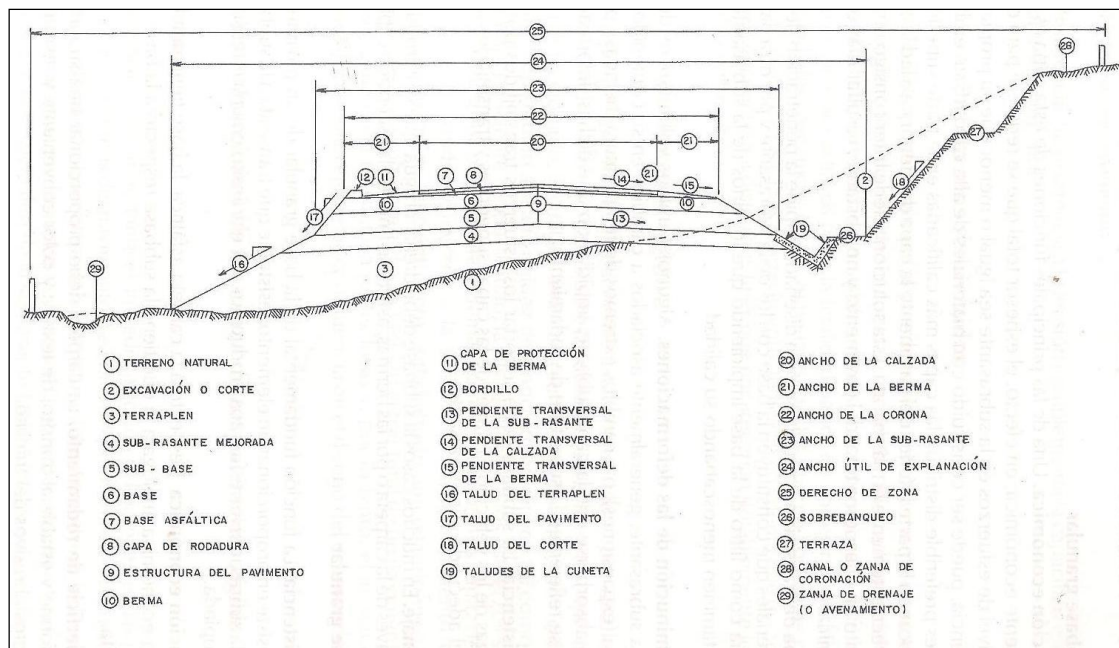


Figura 3. Sección Típica de un Pavimento

Fuente: Montejo 2006

Clasificación de los pavimentos: Se transmite la carga vehicular hacia la sub rasante, se clasifica en los pavimentos en flexibles, semirrígidos y rígidos.

Se clasifica según su material de construcción

Pavimento Flexible: Corresponde a un suelo asfáltico.

Pavimento Rígido: Es un suelo de concreto, con su diseño específico.

A) Pavimentos flexibles (Pavimentos asfálticos), esta especie es una carpeta bituminosa que protege a la base y la sub base, esto se aprecia en la siguiente figura:

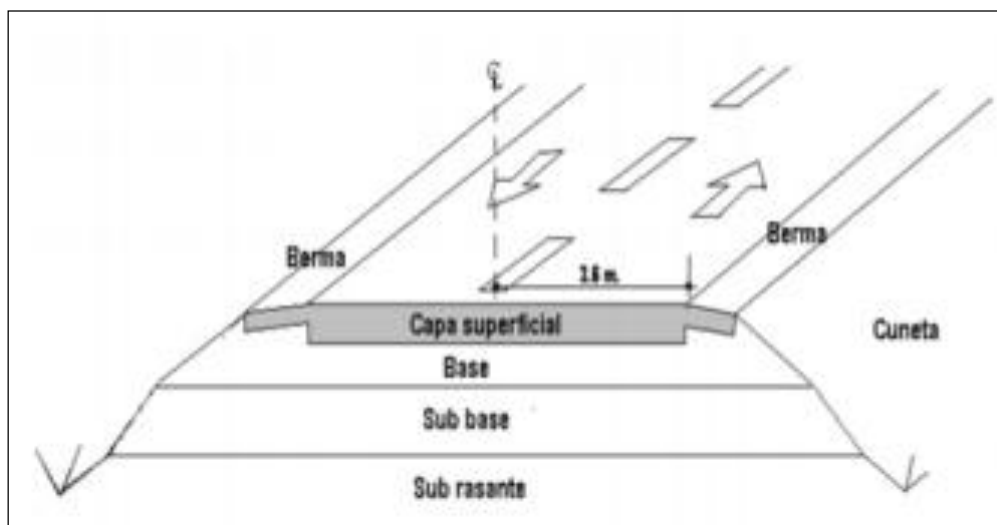


Figura 4. Estructura Típica de un Pavimento Flexible en una Carretera.

Fuente: Monsalve (2012). Diseño de pavimento flexible y rígido.

A) Pavimentos semi rígidos: Con respecto a los pavimentos semi rígidos, y en opinión de (Montejo Fonseca, 2008) este pavimento tiene igual sistema de un suelo flexible, una de las capas se halla en un estado artificial rígido con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos.

B) Pavimentos rígidos: está compuesto por una base de losa de concreto hidráulico, sobre la sub rasante a seleccionar, tiene por nombre sub-base. (Montejo Fonseca, 2008).

C) Capas del pavimento flexible: Los pavimentos como se describe con anterioridad, son flexibles y presentan las siguientes capas: carpeta asfáltica, base, sub base y sub rasante.

- Carpeta Asfáltica: Porción del paquete estructural que se encuentra en encima de la base, una superficie estable, con capacidades amplias de resistencia directa a cargas, fricción de llantas, esfuerzos de drenaje. El no ingreso de agua es la principal función de esta capa, evitando así el daño total de las capas subyacentes, ayudando así al resto de capas con la distribución de pesos.

Con contenido de material pétreo seleccionado y un aglomerante que es el asfalto. Es relevante saber el contenido del asfalto para así más adelante no generar problemas en el peso que llegará a resistir, como pérdidas de estabilidad e incluso hacer resbalosa la superficie. Esta capa es la más expuesta al intemperismo y a los efectos abrasivos de los vehículos, por lo que necesita de mantenimientos (AASHTO, 1993 “Guide for Design of Pavement Structures 1993”).

- Base: Tiene como función primordial soportar, distribuir y transmitir las cargas a la sub base, brindando un elemento de resistencia al tránsito.

Función drenante, elimina el agua que se filtra a través de la carpeta. Está formada por material granular, como piedra triturada y mezcla natural de agregado y suelo; pero también puede estar conformada con cemento portland, cal o materiales bituminosos, estas deben de resistir la carga de la estructura del pavimento (AASHTO, 1993 “Guide for Design of Pavement Structures”).

- Sub Base: Se ubica encima de la sub rasante, su función de la capa es soportar, transmitir y distribuir las cargas de la carpeta asfáltica, absorbe las deformaciones de la sub rasante como el de la humedad, su función entre la base y sub rasante es de filtro el cual impide su incrustación de materiales.

Controla la elevación capilar del agua generada por las bajas temperaturas así también el volumen y elasticidad del material de terreno, su espesor puede ser 12 o 15cm según el proyecto. (AASHTO, 1993 “Guide for Design of Pavement Structures”).

- Sub Rasante: Son terrenos naturales o estabilizados o por material de préstamo compactado al 95% de su máxima densidad, es aquella capa que soporta la estructura del pavimento conformado por corte o relleno. El espesor depende de la calidad de sub rasante,

cumpliendo con sus requisitos que son de estabilidad, incompresibilidad, resistencia a la expansión y contracción por efectos de la humedad. En un pavimento flexible el comportamiento estructural, las capas de mejor calidad se ubican próximo a la superficie, el cual la repartición de las cargas son de mayor a menor.

Cama de arena: cuyo espesor no debe superar los 40 mm ni ser inferior a los 25 mm, luego de compactar los adoquines de concreto. Para Montejo afirma que los factores para considerar el diseño del pavimento, ver Anexo 4. Tabla 6. Granulometría de la Cama de Arena (ASTM C33).

Tránsito: Es de total interés para el dimensionamiento del suelo de la carga más pesada por eje esperadas en el carril de diseño durante el periodo de diseño aceptado, asimismo, se debe tener en consideración las máximas presiones de contacto, en tramos especiales, la velocidad de tránsito del vehículo y la señalización del mismo entre otros., etc.

Liscano (1980) lo más interesante en el planeamiento de un camino es la fluidez vehicular, el número y la carga de los cigüeñales de estos factores son determinantes en el planeamiento de la armadura del suelo.

El Instituto Nacional de Vías ha designado la siguiente terminología para los automóviles que recorren en el pavimento. Los automóviles se clasifican en: A los vehículos livianos, B los buses y C los camiones. Ver Anexo 4. Tabla 7. Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico.

Métodos de diseño de pavimentos: De acuerdo al MTC las prácticas tomadas son: Método AASHTO guide for design of pavement structures 1993 y Análisis de la performance o comportamiento del pavimento durante el período de diseño.

La Metodología AASHTO 1993 de diseño: Emplea una ecuación a través de la cual se obtiene un parámetro que se denomina número estructural (SN), que es indispensable poder determinar el espesor de la capa que forman el pavimento, que debe ser construida sobre la subrasante para que soporte la carga vehicular con total serviciabilidad en el periodo establecido del proyecto (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014)

A) El periodo de diseño: Esta investigación de pavimentos flexives sera para un camino de menor volumen de transito por el lapso de 10 años y de 20 años en diseño en dos etapas de 10 años cada uno. En el diseño de pavimentos el ingeniero o puede señalar el periodo de diseño basandose en la condicion especifica del proyecto y por los solicitado por la entidad competente (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

B) Variable: La delineacion de la armadura de un pavimento flexible tiene la siguiente ecuacion: La formlula base para la estructua del pavimento flexibles es:

$$\begin{aligned} \log_{10}(W_{18}) = & Zr * So + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) \\ & - 0.20 \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 2.0} \right]}{1094} 2.32 * \log_{10}(MR) 8.07 \\ & 0.4 + (SN + 1)^{5.19} \end{aligned}$$

La presente ecuación desprednemos definicones tales como: Siendo. W18, el número sumado de cigueñales sencillos parecidos a 18000 IB (80 Kn) para el periodo de diseño, correspondiendo al número de veces que repite las E E de 8.2 t n, lo cual se define con base en la imaforcion del estudio de tránsito.

C) El módulo de resiliencia (MR): Este mide la rigidez del suelo de subrasante, calculo lo define mediante una prueba de resiliencia con los consejos del A A S H T O. Ver Anexo 4. Tabla 8. Módulo resiliente obtenido por correlacion con CBR.

D) La confiabilidad (%R): Se refiere al nivel de probabilidad para una determinada estructura del pavimento con un diseño para perdurar a traves de analisis. Esto tiene en consideración la variabilidad de los factores de trafico previsto asi como variacion del modelo de comportamiento AASHTO.

Se aplica conceptos estadisticos para lograr una confiabilidd determinada; 90 % o 95 % , hallaremos un indice de confiabilidad menor al participio de un 5% a 10% al ramal paviemntado. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

Según AASHTO, el proyecto por fases debemos considerar la confiabilidad de cada etapa, considerando la confiabilidad total que corresponde a todo el lapso de diseño que corresponde al valor indicado en la tabla previa, alto a la energia contraria de cifras de fases (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).



Así se tiene la relación siguiente:

$R$  etapa = Confiabilidad de cada etapa

$R$  total = Confiabilidad total para el periodo total de diseño

$N$  = número de etapas

Ver Anexo 4. Tabla 9. Valores recomendados de nivel de confiabilidad para dos etapas de diseño de 10 años cada una según rango de tráfico.

E) El coeficiente estadístico de desviación estándar normal ( $Z_r$ ): Representa la vigencia de la confiabilidad, para un conjunto de notas en una frecuente habitual. Ver Anexo 4. Tabla 10. Coeficiente estadística de la desviación estándar ( $Z_r$ ) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según el nivel de confiabilidad seleccionado y el rango de tráfico. Ver Anexo 4. Tabla 11. Coeficiente estadística de la desviación estándar ( $Z_r$ ) para dos etapas.

F) La desviación estándar combinado ( $S_o$ ): Beneficio que tiene en consideración la inestabilidad que se espera de la imagen de la circulación que afecta los estados de los pavimentos (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

G) Serviciabilidad inicial ( $P_i$ ): Calidad de la ruta que recién se ha edificación. En el Anexo 4. Tabla 12. Índice de serviciabilidad inicial ( $P_i$ ) se indica el índice del servicio inicial para el diferente tipo de circulación.

H) Serviciabilidad final o terminal ( $P_t$ ): Calidad de una ruta que necesita de algún tipo de reparación (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014). Ver Anexo 4. Tabla 13. Índice de serviciabilidad final ( $P_t$ ).

I) La variación de Serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ): Es el resultado diferente entre la Serviciabilidad inicial y final, para el incremento de un plano (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014). Ver Anexo 4. Tabla 14. Diferencia de serviciabilidad inicial ( $PSI$ ) según rango de tráfico.

J) Número estructural propuesto ( $SNR$ ): La información obtenida se aplica en el parámetro de planeamiento  $AASHTO$ , el cual se obtiene el número ordenado del grosor absoluto del pavimento a destinar, seguidamente se restaura al grosor práctico para cada capa que lo conformara (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

Se aplica la variable:

$$S N = a_1 \times B_1 + a_2 \times B_2 \times m_2 + a_3 \times B_3 \times m_3$$

Dónde:

$a_1 a_2 a_3$  = Coeficientes estructurales de las capas

$B_1 B_2 B_3$  = Espesores (en centímetros) de las capas

$m_2 m_3$  = Coeficiente de drenaje

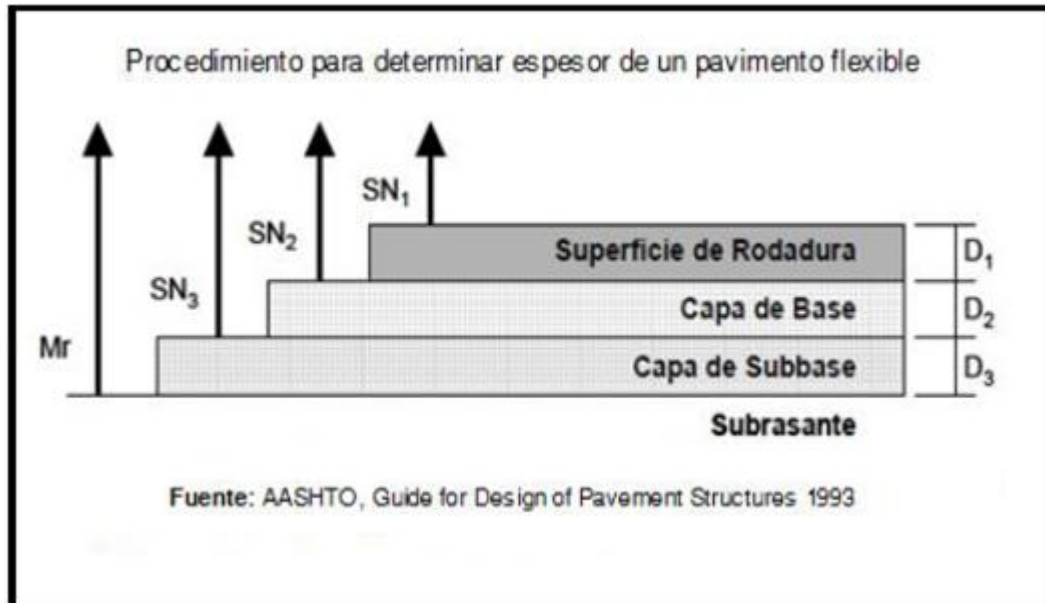


Figura 5. Procedimiento para determinar espesor de un Pavimento Flexible

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Ver Anexo 4. Tabla 15. Calidad de drenaje y Anexo 4. Tabla 16. Valores del coeficiente de drenaje ( $m$ ) para bases y sub bases granulares no tratadas en pavimentos flexibles.

Los valores de los coeficientes estructurales considerados son: La ecuación  $S N$  de A A S H T O, solicita el factor de avenamiento de las capas de porciones menudas de base y sub base.

Las variables de la valoración del factor de avenamiento son: La calidad del drenaje y Exposición a la saturación. Ver Anexo 4. Tabla 17. Coeficiente estructurales de las capas del pavimento  $a_i$ .

Análisis y Evaluación de Pavimentos: Son los siguientes:

A) Análisis estructural de pavimentos flexibles: Burmister ha desarrollado la teoría multicapa, basada en la teoría de Boussinesq, que da origen al resultado de cuestiones adaptados a pavimentos flexibles, cogiendo el requisito de manejar diversos ábacos y tablas, tanto para vías de dos o más capas del suelo, éste fórmula es la indicada para el estudio mecánico en pavimentos flexibles.

B) Evaluación Estructural de Pavimentos: El peritaje del pavimento tiene por objeto el estudio y la estimación del valor estructural remanente, y añadiendo debe equilibrar la aclaración para una exploración de la causa que origina la falla del pavimento a rehabilitar. (Corros 2009, pág. 60).

Lo que comprende la evaluación estructural son los trabajos siguientes:

- La evaluación superficial de la condición del pavimento.
- La evaluación del sistema de drenaje.
- La determinación de espesores y tipos de materiales constituyentes de la estructura de pavimento.
- Medición de deflexiones superficiales del pavimento.

Fallas estructurales: Las fallas de las estructuras derivan de dos principales causas:

Primera: Cuando la capacidad es excedida del valor que se señala la deformación recuperable por la elasticidad instantánea y retardada, se desarrolla una deformación permanente en cada una de las aplicaciones de carga, y su acumulación modificara la calzada en valores intolerables que afectaran la seguridad y velocidad de tránsito y provocaría el perdida de la estructura (Montejo Fonseca, 2008).

Segunda: Cuando la capacidad no es excedida pero la deformación recuperable es elevada, el material y especialmente las capas asfálticas sufren lo llamado fatiga se origina por el número de aplicación de carga pesada es elevado, lo que se traduce a la disminución de carácter mecánico. Por otro lado, la tracción horizontal hace que la capa asfáltica sufra fisuras. (Montejo Fonseca, 2008)

Deterioros y fallas en pavimento flexible: La causa del deterioro en el pavimento flexible son: el medio ambiente, métodos constructivos deficientes y repetición de cargas. En el

lugar donde se da un cambio de temperatura, se presenta grietas transversales y longitudinales, cuando la carpeta asfáltica es construida sobre una base de cemento Portland por lo general presentan grietas el cual da resultado la grieta de reflexión.

Clasificación de los deterioros o fallas. Se clasifican la siguiente categoría: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Deterioros fallas/estructurales: Su característica principal es el estado estructural de los pavimentos respecto a los distintos tipos de capas del pavimento y en algunos casos solo la parte superficial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Tabla 01. *Tipos de fallas estructurales*

| Fallas estructurales                    |  |   |  |  |
|---|--|---|--|--|
| Tipos                                   | Concepto   | Causas  | Niveles de gravedad  | Medidas correctivas  |
| Piel de cocodrilo                       | Conforma por polígonos irregulares. En su totalidad son graves, que se observan en la superficie.<br>El clima y el tránsito hacen que se pierda material, donde se mira las grietas abiertas. (Manual de conservación y Mantenimiento Vial 2014. Pág. 88). | La postración de la lámina asfáltica encadenada en perseverante repetición de gravas superior a la permisible.                                      | El principal criterio es el orden de magnitud de la malla.<br>Malla Grande - > 0.5m - Sin Material Suelto<br>Malla Mediana entre - 0.3 y 0.5m - Sin O Con Material Suelto.<br>Malla Pequeña - <0.3m - Sin O Con Material Suelto  | Ninguna medida.<br>La corrección por timbre o carpeta de firme con una combinación caliente.<br>El sello.<br>La rehabilitación total.                      |
| Fisuras longitudinales                  | Tiene un inicio discontinuo, crece rápido por el tráfico. (Manual de conservación y Mantenimiento Vial 2014. Pág. 89).   | Inicia en las capas asfálticas y se extiende a la superficie  | El criterio principal es el orden de magnitud de la malla.<br>En las fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho $\leq 1$ m m)<br>En las fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas (ancho $> 1$ m m y $\leq 3$ m m)<br>En las fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas (ancho $> 3$ m m). | Ninguna medida.<br>La restauración por carpeta de pavimento con una mezcla caliente.<br>La carpeta pavimentada.<br>La restauración o reconstrucción total. |
| Deformación por deficiencia estructural | Se caracteriza por defecto estructural, depresiones continuas o localizadas.<br>El ahuellamiento relacionado con el comportamiento inestable de la capa de rodadura.   | Las fallas 3a y 3b, son la rareza de la debilidad de las capas de pavimento y de la subrasante<br>Se originan por el exceso de carga a lo permitido | Profundidad sensible al usuario $< 2$ cm<br>Profundidad entre 2 cm y 4 cm<br>Profundidad $\geq 4$ cm   | Ninguna medida.<br>La reconstrucción por carpeta de asfalto con una mezcla caliente.<br>La carpeta asfáltica.<br>La restauración o reconstrucción total    |

Fuente: Elaboración Propia

El deterioro superficial se origina por una falta al momento de levantamiento, o por una falta en la clase del producto o por un requisito de un lugar peculiar que el tránsito modela. (Manual de conservación y Mantenimiento Vial 2014. Pág. 97).

Tabla 02. *Tipos de fallas superficiales*

| Fallas superficiales        |  |   |   |  |
|-----------------------------|--|---|---|--|
| Tipos                       | Concepto   | Causas  | Niveles de gravedad   | Medidas correctivas  |
| Peladura y desprendimientos | En esta clase de deterioro tenemos.<br><br>-División superficial de la carpeta asfáltica<br><br>-pérdida del ligante bituminoso.<br><br>-pérdida parcial o total de la capa de rodadura. | La falta de unión del pavimento<br>Asfalto endurecido, pierde liga.<br>Agregados sucios o muy humedecidos.<br>Desperfecto de construcción<br>Efecto de agentes agresivos (solventes, agua, etc.). | Puntual sin visión de la base granular (peladura superficial).<br>Continuo sin visión de la base granular o puntual con visión de la base granular.<br>Continuo con visión de la base granular.                         | Ninguna medida<br>Reparaciones con mezcla<br>La reparación superficial de la carpeta asfáltica, y con mezcla en caliente |
| Baches huecos               | Es el desgaste de la carpeta de asfalto, la cual se va agrandando por la falta de mantenimiento. (Manual de conservación y Mantenimiento Vial 2014. Pág. 99).                            | Las carencias de mantenimiento vial:<br>El desprendimiento.<br>La fisura de fatiga.   | Diámetro < 0.2 m<br>Diámetro entre 0.2 y 0.5 m<br>Diámetro > 0.5 m.   | Ninguna medida<br>Reparaciones por carpeta asfáltica con mezcla en caliente<br>Rehabilitación o reconstrucción           |
| Fisuras transversales       | Es una fractura del pavimento, transversal al eje de la vía.   | Pierde flexibilidad o envejece el asfalto.<br>El inicio de las juntas defectuosas.  | Finas (ancho $\leq 1$ m m).<br>Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho $> 1$ m m y $\leq 3$ m m).<br>Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho $> 3$ m m). | Ninguna medida<br>Las reparaciones con carpeta asfáltica y mezcla en caliente<br>Rehabilitación o reconstrucción.        |

Fuente:Elaboración Propia

Factores Externos que Afectan un Pavimento: Son los siguientes:

A) Clima: Dentro del vasto Perú, se encuentra la costa, sierra y selva, teniendo cada una un clima variado.

Costa: escasa en lluvias, excepto la lluvia tropical cuando se presenta el fenómeno del Niño.

Sierra: la temperatura mínima con lluvia moderada.

Selva: clima tropical con temperatura alta y fuertes lluvias.

La variable de humedad y temperatura pueden dañar la capa de suelo y la propiedad de la sub rasante, y afectando, su volumen de tolerar cargas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

B) Temperatura: En el territorio andino en especial en las partes altas, la temperatura del pavimento presenta una variación día a día con un rango aproximado a 40 ° C y fenómenos de heladas con una elevada radiación solar y vientos helados.

La carpeta asfáltica se ve afectada por la baja temperatura que influye en la presencia de grietas por fatiga la que se fortalece con el ahuellamiento. Asimismo, la temperatura alta tiene a influir en el ahuellamiento.

El pavimento rígido con cambios bruscos de temperatura puede ocasionar que se levante las esquinas lo que debilita y hasta puede llevar a su ruptura.

Las distintas temperaturas que existen conllevan a que se seleccione una aplicación de asfaltos de distinta perforación. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018). Ver Anexo 4. Tabla 18. Selección del tipo de cemento asfáltico. Los cambios de temperatura pueden ocasionar la modificación sustancial de elasticidad en las capas asfálticas, lo que origina en ellas la deformación y el agrietamiento que influyen en el nivel de servicio de la vía.

C) La precipitación de lluvias: En la demanda las capas granulares diseñadas y el de pavimentos tiene un alto grado de daño, por estar expuesta sobre la superficie del camino y su percolación hacia el interior del pavimento y en corrientes de aguas superficiales y subterráneas, llegando de esta manera a un nivel elevado de la capa freática bajo la plataforma del camino.

Materiales disponibles: Son determinantes para la selección de la estructura de un pavimento, con criterio técnico y económico, los agregados libres en canteras se tendrán en cuenta el volumen disponible, la explotación, la distancia y el costo total.

La deflexión como parámetro de evaluación estructural: Cuando los vehículos pasan sobre el pavimento hay una deformación elástica, según el estado de la carpeta asfáltica.

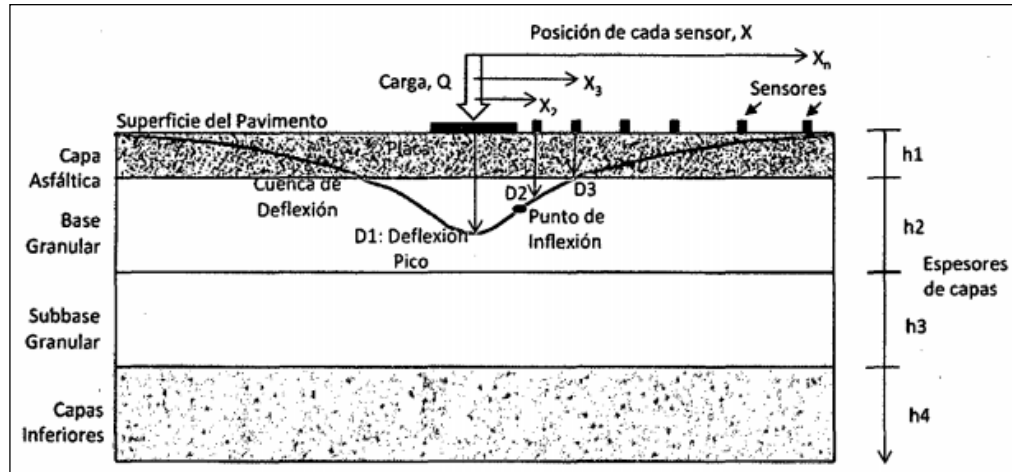


Figura. 6. Esquema de la Deflexión de un Pavimento Flexible

Fuente: Prueba de Deflexión por Impacto (Beltrán, 2012).

Ensayo de Laboratorio: En general, los ensayos se hacen para saber clasificación general de los suelos, supervisión de construcción y determinar la resistencia del suelo. Para los propósitos del presente estudio, los ensayos realizados fueron para la evaluación estructural de los pavimentos flexibles en el distrito de Puerto Eten, de la siguiente forma:

A) Análisis granulométrico de suelos por tamizado finos: Representa el reparto de dimensión de las moléculas de los suelos, por medio del tamizado siguiendo la especificación técnica (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010).

B) Análisis granulométrico de suelos por tamizado granulares: Según el RNE – Norma C E.010 Pavimentos Urbanos prevé: calcular la proporción que pasa, el retenido, con una cercanía de 0.1 % con base en la carga total del modelo inicial seco (Método de Ensayo N T P 3 3 9.128:1999).



C) Contenido de humedad: Según el RNE, en la NTP 339.127:1998, para establecer el porcentaje de humedad del suelo es manifestada la masa de terreno como proporción de la carga del agua, a la carga de partículas en estado sólido.

D) Límite líquido (N T P 339.129:1999): El comportamiento del suelo es como un material plástico, llegando al punto de evolucionar su pauta al de un fluido viscoso (Bowles, 1981).

E) Limite plástico (NTP 339.129:1999): Es el contenido de humedad del suelo al cual un cilindro se rompe, cuando se enrolla a un diámetro aproximado de tres milímetros (1/8 p 1 g), al rodarse con la palma de la mano sobre una superficie lisa (NTP 339.129:1999).

F) Proctor Modificado: En laboratorio usamos el ensayo de compactación, para decidir el vínculo entre el volumen de agua y peso unitario seco de los suelos compactados en un molde de 4 o 6 pul. de diámetro con un pisón de 10 l b cae una altura de 18 pul resultando una energía de compactación de 56 000 l b – pie /pie<sup>3</sup>

G) Contenido Sales Solubles de Totales: La cristalización como procedimiento analítico para poder definir el contenido de los cloruros y sulfatos, solubles en agua.

H) CBR: Es el valor que está citado al 95 % de la M D S y a una inserción de capacidad de 2.54 m m. Según el RNE – Norma C E.0 1 0 Pavimentos Urbanos (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010) el procedimiento de ensayo, es muy conocido, como California Bearing Ratio – CBR.

I) Lavado asfáltica: Es la extracción por centrifugado en la que una centrifuga elástica produce una fuerza centrífuga sostenida, es decir, por medio de rotación el árido se separa del asfalto quedando este afuera del centro de rotación. Este conocimiento nos permitirá conocer si la muestra asfáltica que se utiliza en condiciones de diseño. Sabemos que la mezcla asfáltica es la unión de áridos más bitumen, los áridos por una parte son materiales elastoplásticos mientras que el asfalto es un material visco-elástico.

Importancia de la conservación vial: Se consideró que la tarea primordial del estado es la construcción de nuevos caminos para lo cual se asignó la mayoría de recursos del presupuesto, y se dejó de lado la conservación de las vías que existían, al transcurrir del

tiempo, la sociedad ha tomado conciencia de lo importante que es el conservar una vía idónea (Menendez Acurio, 2013).

Rehabilitación de pavimento: En el Perú cuando se iniciaron las construcciones de las carreteras, se emplearon procedimientos rudimentarios, pero de acuerdo a la necesidad de esos años, transcurre los años y los procedimientos fueron evolucionando, existe un control de calidad en los materiales, lo que permite la construcción idónea a la época (Marchan Moreno, 2005).

El mantenimiento tradicional de pavimentos flexibles: El típico mantenimiento de la conservación de los pavimentos flexibles se da mediante bacheo, sellado de grietas, riesgo y re nivelación, que bien pueden utilizarse en forma solitaria o coordinada (Marchan Moreno, 2005).

- Relleno de grietas: Para la corrección de grietas los procedimientos son el relleno de grietas utilizando asfalto, mortero asfáltico o se puede tratar lo superficial hasta una nueva carpeta o sobre carpeta.

- Renivelación: Según la medida de distorsión se corrige utilizando el sistema de riego superficial o mezcla asfálticas.

- Bacheo: El tránsito origina la pérdida de asfalto, el cual se tiene que reponer, el bacheo pueden ser calaveras y baches mayor o menor a 15 cm, a lo largo del camino depende de estas se corrige usando mezcla asfáltica.

- Riego de sello: Es una liga que se rosea mediante un producto asfáltico, que es una capa de material pétreo. El riego de sello es una reconstrucción de superficie cuando excede de mil (1000) metros lineales continuos (Marchan Moreno, 2005).

Recomendaciones del Riego de sello:

Equilibrar una superficie de deterioro a una carpeta.

Evitar que el agua pase a la base porque la carpeta tiene muchas grietas.

Hacer anti-derrape a la superficie.

Cuando el asfalto está al aire libre, se tiene que reforzar.

Cuando hay desgaste se tiene que proteger la carpeta.

Construcción de una carpeta nueva o sobre una carpeta: Después de haber realizado el análisis de los factores dañados, se da por concluido que se tiene que realizar una rehabilitación, se requiere establecer las normas y especificaciones para su edificación y así lograr un buen comportamiento del pavimento.(Marchan, 2005. Pág. 127).

Sistema de carpeta asfáltica de mezcla en el lugar

Carpeta: Se colocará sobre una base construida e impregnada.

Subcarpeta: Se tiene que realizar todos los trabajos previos con anticipación.

A) Base Impregnada. Se realiza un riego de liga en la superficie.

B) Cuando esta viscoso el asfalto de riego, recién inicia el tendido de esta mezcla.

C) Posteriormente se procederá a su compactación. Utilizando un rodillo liso, el cual continua con un compactador neumático posteriormente se utilizará el rodillo liso para de borrar la huella que deje el compactador neumático.

Mezcla en Planta: Construcción de la carpeta o de la sobre carpeta

A) Base impregnada Se realiza un riego de liga en la superficie de la carpeta.

B) Transformación de mezcla asfáltica al lugar tendido previamente a la transformación, deberá efectuarse al mezclado de los materiales que conforman la carpeta de una planta estacionaria.

C) La mezcla asfáltica se vaciará dentro de la caja receptora de una máquina denominada espaciador, de propulsión propia con dispositivos para ajustar el espesor y el ancho de la mezcla tendida. Y tendrá una temperatura mínima (110°).

D) Seguido se deberá compactar por medio de un compactador liso; posteriormente, un compactador de neumáticos y, para terminar nuevamente el compactador liso.

**Se formuló el siguiente problema: ¿De qué manera la evaluación estructural, determinará el estado actual de la estructura de los pavimentos flexibles del distrito de Puerto Eten, Chiclayo, Lambayeque 2018?**

Justificación del Estudio.: Se justifica ya que se observa un incremento de pavimentos flexibles deteriorados en el distrito de Puerto Eten, que dificultan muchas veces el tráfico, favoreciendo a un deficiente ornato del distrito y por ende limita la calidad de vida que se merecen los pobladores, pues con el pasar del tiempo los pavimentos flexibles han ocupado importantes extensiones de espacio físico y en su evolución reflejan niveles de calidad de vida de la población, desarrollo socioeconómico de los pueblos y condiciones medioambientales.

La importancia radica en los resultados a través de la evaluación estructural permitirán verificar en qué situación se encuentran los pavimentos flexibles en el distrito de Puerto Eten.

Hipótesis: La evaluación estructural de los pavimentos flexibles determina condiciones inadecuadas de los mismos en el distrito de Puerto Eten.

Objetivos:

General: Analizar estructuralmente la infraestructura vial de los pavimentos flexibles en el distrito de Puerto Eten – Chiclayo - Lambayeque – 2018

Específicos:

- Definir la situación actual de los Pavimentos Flexibles en Puerto Eten.
- Analizar las propiedades de las Carpetas Asfálticas existentes.
- Evaluar estructuralmente la infraestructura vial de los pavimentos flexibles mediante ensayos en laboratorio: análisis granulométricos de suelos, contenido de humedad %, límite líquido y límite plástico, contenido de sales solubles en suelos, Proctor modificado, relación de soporte de California CBR.
- Contrastar los resultados de los ensayos de laboratorio de los materiales con las exigencias de la normatividad vigente.

## **II. MÉTODO**

De una manera práctica se pretende dar respuestas a las interrogantes de investigación, asimismo de cubrir los objetivos fijados por lo que realizará un plan y/o estrategia para obtener la información deseada, se plantea un diseño no experimental de tipo transeccional descriptivo ya que analizaremos la realidad y/o la situación de un pavimento existente describiendo la variable y estudiar estructuralmente la infraestructura vial de los pavimentos flexibles en el distrito de Puerto Eten.

Las variables son:

- Variable dependiente. - Estado actual estructural de los pavimentos flexibles en el distrito de Puerto Eten.

- Variable independiente. - Evaluación Estructural.

Operacionalización de Variables.

Tabla 03. Variable dependiente.

.

| Variable               | Definición conceptual  | Dimensiones            | Indicadores                         | Sub indicadores  | Técnicas de recolección de datos | Instrumentos de recolección de datos           | Métodos de análisis de datos | Escala de medición |
|------------------------|--|------------------------|-------------------------------------|--|----------------------------------|--|------------------------------|--------------------|
| Evaluación Estructural | La evaluación estructural es una calificación del pavimento el cual su deterioro ha reducido la resistencia de cargas, el cual tienen que ser rehabilitado para que vuelvan hacer accesibles. Nos señalan que la evaluación estructural es la realización de calicatas, toma de muestras y ensayos en laboratorio para comprobar el estado de la carpeta asfáltica, según el Reglamento Nacional de Edificaciones vía Norma Técnica Peruana CE 010 Pavimentos Urbanos. | Evaluación Situacional | Granulometría                       | Tamices de malla ASTM  | Ensayo de laboratorio            | - ASTM D-422 / MTC E 107                       | Procesamiento Estadístico    | Porcentajes        |
|                        |  |                        | Porcentajes de humedad              | Horno, balanza   |                                  | - N.T.P. 330. 127 .1998 ASTM D-2216            |                              |                    |
|                        |  |                        | Límites de Atterberg                | Copa Casagrande  |                                  | - N.T.P.399.131.1999 MTC E-110, MTC E-111      |                              |                    |
|                        |  |                        | Sales solubles                      | Agua destilada, tubos de ensayo, pipeta, botellas de vidrio. |                                  | - N.T.P. 339.152.2002                          |                              |                    |
|                        |  |                        | Proctor modificado                  | Molde, martillo, balanza, tamiz de 3/4"                      |                                  | - ASTM D-1557 / MTC E 115                      |                              |                    |
|                        |  |                        | Ensayo CBR                          | Molde, martillo, balanza, tamiz de 3/4", horno               |                                  | - N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883 / MTC 132. 2000 |                              |                    |
| Lavado asfáltico       | Tamices de malla ASTM, triclorotileno.   |                        | - Tabla 423-03 MAC-02 (MTC-EG-2013) |  |                                  |  |                              |                    |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 04. *Variable independiente.*

| Variable  | Definición conceptual   | Dimensiones             | Indicadores                           | Sub indicadores | Técnicas de recolección de datos | Instrumentos de recolección de datos                                       | Métodos de análisis de datos | Escala de medición |
|---|---|-------------------------|---------------------------------------|-----------------|----------------------------------|--|------------------------------|--------------------|
| Estado actual de los pavimentos estructurales de los pavimentos flexibles | Existen muchas opciones para conocer el estado actual de una infraestructura vial, Es complicado saber cuál es el mejor, sin embargo, se tiene que cumplir las perspectivas de la infraestructura vial. | Estructura de Pavimento | - Resultado de evaluación estructural | - Observación   | - Observación y análisis         | - Reglamento de Edificaciones<br>- Norma Técnica CE 010 Pavimentos Urbanos | Laboratorio                  | Porcentajes        |
|   |   |                         | -Factores externos                    |                 |                                  | - Manual MTC Sección Suelos y Pavimentos                                   |                              |                    |

Fuente: Elaboración propia

Población y Muestra: Para los propósitos de nuestro estudio se tiene en cuenta como población.

- Población (N): Los pavimentos flexibles del distrito de Puerto Eten.
- Muestra (n): La muestra se da por el estudio de las calles, haciendo realizado las 17 calicatas haciendo un total de 7,63 km (7630.97m).

Las técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad son:

A) Técnicas: Se empleará en la presente investigación son la recolección de datos

B) Instrumentos:

- Guía de observación: Guía de observación y ejecución de los ensayos en laboratorio para una evaluación visual de la infraestructura vial, del tramo a estudiar.
- Observación participante: Es el registro visual de lo que ocurre en una situación real, para ello el investigador contará con un cuaderno de campo.

C) Materiales:

- Cuaderno de campo
- Tomas de muestras graficas de las calicatas.
- Muestreo de base, sub base, sub rasante

D) Métodos de análisis de datos: El aliado para recolectar información en gran parte son los formatos que se utilizan en la universidad y los que precisa el RNE a través de la NT C E 010 pavimentos urbanos, en sus publicaciones más actualizadas. Los resultados se presentarán en cuadros y gráficos según la investigación.



### III. RESULTADOS.

Evaluación estructural del pavimento: Esto va a proporcionar el conocimiento específico del estado de los pavimentos, que permitirá efectuar la vigilancia del comportamiento a través del tiempo y así programar el mantenimiento de un modo efectivo y económico.

Ubicación de Calicatas hechas en campo

Tabla 5. *Ubicación de las Calicatas hechas en campo*

| Calicata | Calle/Avenida             | Metros (m) | kilometro (km) |
|----------|---------------------------|------------|----------------|
| C1       | Ca. Elías Aguirre         | 422,50     | 0+367,27       |
| C2       | Ca. Juan Fanning          | 220,00     | 0+172,50       |
| C3       | Ca. Simón Bolívar         | 656,80     | 0+133,42       |
| C4       | Ca. Simón Bolívar         | 656,80     | 0+439,34       |
| C5       | Av. San Martin            | 740,28     | 0+178,49       |
| C6       | Ca. Diego Ferre           | 483,00     | 0+173,08       |
| C7       | Av. San Martin            | 740,28     | 0+514,78       |
| C8       | Av. San Martin            | 740,28     | 0+687,87       |
| C9       | Ca. Mario Pasco           | 108,50     | 0+061,60       |
| C10      | Ca. Huascar               | 109,30     | 0+128,59       |
| C11      | Ca. Alfonso Ugarte        | 277,70     | 0+163,02       |
| C12      | Ca. Diego Ferre           | 483,00     | 0+370,97       |
| C13      | Ca. Junín                 | 275,35     | 0+169,09       |
| C14      | Ca. Diego Ferré           | 483,00     | 0+075,94       |
| C15      | Av. J. A. García Y García | 114,90     | 0+065,29       |
| C16      | Av. San Martin            | 740,28     | 0+387,29       |
| C17      | Av. Dos De Mayo           | 379,00     | 0+264,01       |

Fuente: Elaboración propia

Resultados de los ensayos en laboratorio: Se nombra los resultados obtenidos de la evaluación estructural.

Ensayos de laboratorio: Granulometría por tamizado, límites de atterberg, contenido de humedad, sales solubles en suelos, proctor modificado –C B R, lavado asfáltico, para las 17 calicatas realizadas.

Referencias: Método de ensayo de C B R (Relación de soporte de california) de suelos compactos en el laboratorio / diagrama de protector y C B R. N T P. 2399.145 / A S T M D-1883 / M T C E 132- 2000.

Lavado asfáltico tabla 423-03 MAC-02 (MTC-EG-2013).

Análisis granulométrico por tamizado norma A S T M D-4 2 2; M T C E 107-2 0 0 0.

Ensayo para determinar contenido de humedad de un suelo. N T P. 3 3 0. 1 2 7 .1998; ASTM D-2216.

Ensayo para determinar contenido limite líquido, plástico e índice de plasticidad. Norma N T P 3 9 9.1 3 1.1 9 9 9; M T C E 1 1 0-2 0 0 0 Y M T C E 1 1 1-2 0 0 0.

Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea. N TP 399.152.2002.

Método de ensayo de proctor modificado en el laboratorio. A S T M D – 1 5 5 7 / M T C E – 1 1 5.

Relación de soporte de California CBR: De acuerdo a la NTP 339.145:1999, los ensayos de laboratorio son los siguientes: máxima densidad seca.

Tabla 6. *Resultados de CBR*

| Calicatas | Estrato  | CBR al 100 % de la mds | CBR al 95 % de la mds |
|-----------|----------|------------------------|-----------------------|
| C 1       | Sub base | 21,89%                 | 7,80%                 |
| C 3       | Base     | 40,44%                 | 10,6%                 |
| C 10      | Sub base | 24.65%                 | 7.30%                 |

|      |      |        |        |
|------|------|--------|--------|
| C 11 | Base | 42.32% | 10.10% |
| C 14 | Base | 47.07% | 10.30% |

Fuente: Elaboración propia

El lavado Asfáltico: El ensayo tiene por objeto determinar el porcentaje de contenido de asfalto: En la muestra C4 el porcentaje fue de 4.60% de asfalto, la muestra C5 el porcentaje fue de 4.70% de asfalto y en la muestra C8 el porcentaje fue de 4.87%.

Tabla 7. *Resultados de contenido de asfalto*

| Calicatas | Contenido de Asfalto |
|-----------|----------------------|
| C4        | 4.60%                |
| C5        | 4.70%                |
| C8        | 4.87%                |

Fuente: Elaboración propia

El análisis granulométrico de suelos: De acuerdo a la N T P 3 3 9. 1 2 8: 1 9 9 9, y después de realizar el ensayo de laboratorio (ASTM D-422 / MTC E 107) de análisis de granulometría de la base de las 17 calicatas se obtuvo un suelo de A-2-6 (0) el mismo que se encontró el 94% de las 17 calicatas, en la sub base se ha encontrado la misma conformación que tenemos en la base, la clasificación AASHTO A – 2-6 (0), el cual se encontró un 94% de las 17 calicatas, y la sub rasante se ha encontrado la clasificación AASHTO A – 3 (0), el cual se encontró un 94% de las 17 calicatas.

Tabla 8. *Clasificación AASHTO*

| Calicatas | Estrato     | Clasificación AASHTO |
|-----------|-------------|----------------------|
| C1        | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |
| C2        | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |
| C3        | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |
| C4        | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |
| C5        | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |

| Calicatas | Estrato     | Clasificación AASHTO |
|-----------|-------------|----------------------|
| C6        | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-1-b (0)            |
| C7        | Base        | A-2-7 (1)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |
| C8        | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |
| C9        | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |
| C10       | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |
| C11       | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-1-b (0)            |
| C12       | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |
| C13       | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |
| C14       | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |
| C15       | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |
| C16       | Base        | A-2-6 (0)            |
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |
| C17       | Base        | A-2-6 (0)            |

| Calicatas | Estrato     | Clasificación AASHTO |
|-----------|-------------|----------------------|
|           | Sub base    | A-2-6 (0)            |
|           | Sub rasante | A-3 (0)              |

Fuente: Elaboración propia.

El contenido de humedad %: De acuerdo a la N T P 339.127:1998, se ha logrado determinar que la cantidad de humedad del suelo de las 17 calicatas es:

Tabla 9. *Resultados del contenido de humedad.*

| Calicatas | Estrato     | Contenido de Humedad (%) |
|-----------|-------------|--------------------------|
| C1        | Base        | 11,16                    |
|           | Sub base    | 9,57                     |
|           | Sub rasante | 5,55                     |
| C2        | Base        | 7,52                     |
|           | Sub base    | 6,87                     |
|           | Sub rasante | 5,32                     |
| C3        | Base        | 12,62                    |
|           | Sub base    | 16,21                    |
|           | Sub rasante | 5,03                     |
| C4        | Base        | 6,60                     |
|           | Sub base    | 5,74                     |
|           | Sub rasante | 4,75                     |
| C5        | Base        | 18,67                    |
|           | Sub base    | 14,05                    |
|           | Sub rasante | 4,16                     |
| C6        | Base        | 7,56                     |
|           | Sub base    | 6,72                     |
|           | Sub rasante | 3,79                     |
| C7        | Base        | 6,33                     |
|           | Sub base    | 7,81                     |
|           | Sub rasante | 5,46                     |
| C8        | Base        | 3,20                     |
|           | Sub base    | 3,01                     |
|           | Sub rasante | 6,13                     |
| C9        | Base        | 3,72                     |
|           | Sub base    | 12,69                    |

| Calicatas | Estrato     | Contenido de Humedad (%) |
|-----------|-------------|--------------------------|
|           | Sub rasante | 5,70                     |
| C10       | Base        | 4,20                     |
|           | Sub base    | 9,63                     |
|           | Sub rasante | 3,92                     |
| C11       | Base        | 16,73                    |
|           | Sub base    | 8,33                     |
|           | Sub rasante | 23,84                    |
| C12       | Base        | 5,95                     |
|           | Sub base    | 12,03                    |
|           | Sub rasante | 3,82                     |
| C13       | Base        | 4,49                     |
|           | Sub base    | 5,16                     |
|           | Sub rasante | 6,00                     |
| C14       | Base        | 5,95                     |
|           | Sub base    | 14,12                    |
|           | Sub rasante | 6,27                     |
| C15       | Base        | 8,17                     |
|           | Sub base    | 9,05                     |
|           | Sub rasante | 5,97                     |
| C16       | Base        | 8,71                     |
|           | Sub base    | 15,24                    |
|           | Sub rasante | 6,81                     |
| C17       | Base        | 9,36                     |
|           | Sub base    | 13,72                    |
|           | Sub rasante | 5,22                     |

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo en la base el menor porcentaje 3.20 % y el mayor porcentaje 18,67 % de contenido de humedad, en la sub base el menor porcentaje 3.01% y el mayor porcentaje 16,21 % de contenido de humedad, en la sub rasante el menor porcentaje 3.79 % y el mayor porcentaje 23.84 % y en la sub rasante el menor porcentaje 3.79 % y el mayor porcentaje 23.84 % de contenido de humedad.

Tabla 10. *Análisis de los resultados del contenido de humedad*

| Calicata | Estrato     | Menor<br>Porcentaje % | Mayor<br>Porcentaje % |
|----------|-------------|-----------------------|-----------------------|
| C8       | Base        | 3.20%                 |                       |
| C5       |             |                       | 18.67%                |
| C8       | Sub Base    | 3.01%                 |                       |
| C3       |             |                       | 16.21%                |
| C6       | Sub Rasante | 3.79%                 |                       |
| C11      |             |                       | 23.84%                |

Fuente: Elaboración propia

El límite líquido y plástico: De acuerdo a la N T P 339.129:1999, los resultados del ensayo de laboratorio son:

Tabla 11. *Resultados del límite líquido y plástico*

| Calicatas | Estrato  | LL %  | LP %  | IP %  |
|-----------|----------|-------|-------|-------|
| C1        | Base     | 23,69 | 0,00  | 23,69 |
|           | Sub base | 20,82 | 0,00  | 20,82 |
| C2        | Base     | 23,58 | 0,00  | 23,58 |
|           | Sub base | 22,88 | 0,00  | 22,88 |
| C3        | Base     | 38,15 | 11,98 | 26,17 |
|           | Sub base | 38,29 | 0,00  | 38,29 |
| C4        | Base     | 23,35 | 0,00  | 23,35 |
|           | Sub base | 23,25 | 0,00  | 23,25 |
| C5        | Base     | 30,60 | 0,00  | 30,60 |
|           | Sub base | 29,71 | 0,00  | 29,71 |
| C6        | Base     | 22,06 | 0,00  | 22,06 |
|           | Sub base | 29,19 | 0,00  | 29,19 |
| C7        | Base     | 62,46 | 0,00  | 62,46 |
|           | Sub base | 32,96 | 0,00  | 32,96 |
| C8        | Base     | 25,53 | 0,00  | 25,53 |
|           | Sub base | 16,57 | 0,00  | 16,57 |
| C9        | Base     | 13,84 | 0,00  | 13,84 |
|           | Sub base | 13,32 | 0,00  | 13,32 |

|     |          |       |      |       |
|-----|----------|-------|------|-------|
| C10 | Base     | 30,60 | 0,00 | 30,60 |
|     | Sub base | 23,89 | 0,00 | 23,89 |
| C11 | Base     | 26,96 | 0,00 | 26,96 |
|     | Sub base | 23,42 | 0,00 | 23,42 |
| C12 | Base     | 34,29 | 0,00 | 34,29 |
|     | Sub base | 32,75 | 0,00 | 32,75 |
| C13 | Base     | 29,50 | 0,00 | 29,50 |
|     | Sub base | 30,79 | 0,00 | 30,79 |
| C14 | Base     | 27,53 | 0,00 | 27,53 |
|     | Sub base | 38,66 | 0,00 | 38,66 |
| C15 | Base     | 21,28 | 0,00 | 21,28 |
|     | Sub base | 39,40 | 0,00 | 39,40 |
| C16 | Base     | 30,83 | 0,00 | 30,83 |
|     | Sub base | 31,39 | 0,00 | 31,39 |
| C17 | Base     | 29,21 | 0,00 | 29,21 |
|     | Sub base | 24,09 | 0,00 | 24,09 |

Fuente: Elaboración propia

El Limite Liquido en la sub base granular el mayor resultado obtenido fue en la C14 teniendo el 38.66 %, en el índice de plasticidad el mayor resultado obtenido en la sub base granular fue en la calicata C5 teniendo el 39.40%, con respecto a la base granular el índice de plasticidad el mayor resultado obtenido fue en la calicata C 7 teniendo resultado de 62.46%.

El contenido sales solubles en suelos: Según la N T P 339.152, se logró determinar el contenido de sales solubles en el suelo, siendo los constituyentes de sales solubles.

Tabla 12. *Resultados de Sales Solubles*

| Calicatas | Estrato  | Sales solubles |
|-----------|----------|----------------|
| C1        | Base     | 3,18           |
|           | Sub base | 1,98           |
| C2        | Base     | 1,19           |
|           | Sub base | 1,95           |
| C3        | Base     | 1,15           |



| Calicatas | Estrato     | Sales solubles |
|-----------|-------------|----------------|
|           | Sub base    | 1,32           |
| C4        | Base        | 0,89           |
|           | Sub base    | 0,77           |
| C5        | Base        | 1,48           |
|           | Sub base    | 1,74           |
| C6        | Base        | 2,44           |
|           | Sub base    | 1,62           |
|           | Sub rasante | 1,06           |
| C7        | Base        | 2,17           |
|           | Sub base    | 1,30           |
|           | Sub rasante | 0,81           |
| C8        | Base        | 1,80           |
|           | Sub base    | 1,73           |
| C9        | Base        | 1,48           |
|           | Sub base    | 0,17           |
| C10       | Base        | 2,90           |
|           | Sub base    | 1,62           |
| C11       | Base        | 0,51           |
|           | Sub base    | 0,57           |
|           | Sub rasante | 1,12           |
| C12       | Base        | 0,59           |
|           | Sub base    | 0,43           |
| C13       | Base        | 0,61           |
|           | Sub base    | 0,19           |
| C14       | Base        | 0,72           |
|           | Sub base    | 0,55           |
| C15       | Base        | 2,44           |
|           | Sub base    | 1,92           |
| C16       | Base        | 2,27           |
|           | Sub base    | 0,83           |
| C17       | Base        | 0,58           |
|           | Sub base    | 0,44           |

Fuente: Elaboración propio.

Se obtuvo en la base el menor porcentaje 0.51 % y el mayor porcentaje 3.18 % de contenido sales solubles en suelos, en la sub base el menor porcentaje 0.17 % y el mayor porcentaje 1.98 % de contenido sales solubles en suelos y en la sub rasante el menor porcentaje 0.81 % y el mayor porcentaje 2.44 % de contenido sales solubles en suelos.

Tabla 13. *Análisis de los resultados de Sales Solubles*

| Calicata | Estrato     | Menor<br>Porcentaje % | Mayor<br>Porcentaje % |
|----------|-------------|-----------------------|-----------------------|
| C11      | Base        | 0.51%                 |                       |
| C1       |             |                       | 3,18%                 |
| C9       | Sub base    | 0,17%                 |                       |
| C1       |             |                       | 1,98%                 |
| C7       | Sub rasante | 0.81%                 |                       |
| C15      |             |                       | 2.44%                 |

Fuente: Elaboración propia

El Proctor Modificado.

De acuerdo al A S T M, el ensayo de laboratorio arrojó los siguientes resultados.

Tabla 14. *Resultados del Proctor modificado*

Fuente:

| Calicatas | Máxima densidad seca | Óptimo contenido de humedad |
|-----------|----------------------|-----------------------------|
| C 1       | 2.09                 | 10.50                       |
| C3        | 2.12                 | 10.37                       |
| C10       | 2.02                 | 11.50                       |
| C11       | 2.10                 | 9.80                        |
| C14       | 2.14                 | 9.00                        |

Elaboración propia

#### **IV. DISCUSIÓN**

Según el objetivo principal, analizar estructuralmente la infraestructura vial de los pavimentos flexibles del distrito de Puerto Eten, en la provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque, se determinó que en la relación de soporte de californiana C B R al 100 % de la máxima densidad seca la calicata que tiene mayor porcentaje fue la C14 la cual está ubicada en la calle Diego Ferré en el Km 0+370.97, alcanza esa resistencia en el estrato de la base, mientras que en la calicata C1 alcanza el 21.89% ubicada en la calle Elías Aguirre en el Km 0+367.27, de la misma forma alcanza una resistencia en el estrato sub base.

En cuanto al CBR al 95 % de la máxima densidad seca el máximo valor lo obtiene la calicata C3 el cual se encuentra ubicado en la calle Simón Bolívar en el Km 0+133.42 con un valor de 10.60%, por otro lado, el menor valor se obtiene en la calicata C10 la cual está ubicada en la calle Huáscar en el Km 0+128.59 y alcanza un valor de 7.30%.

En cuanto al primer objetivo específico, definir la situación actual de los pavimentos en Puerto Eten, podemos apreciar que las calles que están en mejor estado son: Diego Ferre, Simón Bolívar, Huáscar.

Con respecto al segundo objetivo específico analizar las propiedades de las carpetas asfálticas existentes, podemos ver que el ensayo de lavado asfáltico nos proporciona el resultado que en la muestra de la calicata C4 el porcentaje es de 4.60% de asfalto, la muestra C5 el porcentaje fue de 4.70% y en la muestra C8 el porcentaje fue el 4.87%.

Para el tercer objetivo específico, evaluar estructuralmente la infraestructura vial de los pavimentos flexibles mediante ensayos de laboratorio, se puede decir que los ensayos realizados son los siguientes: análisis granulométricos de suelos, contenido de humedad, límite líquido y límite plástico, contenido de sales solubles en suelos, proctor modificado, relación de soporte de californiana CBR y por último lavado asfáltico.

Por último, el cuarto objetivo específico, consiste en contrastar los resultados de los ensayos de laboratorio de los materiales con las exigencias de las normas vigentes, el

cual hacemos fe a las normas ASTM, AASHTO, MTC, reglamento de edificaciones  
NORMA CE. 010 pavimentos Urbanos.

## **V. CONCLUSIONES.**

Culminando la presente investigación, se llegó a la conclusión que; teniendo en cuenta el cumplimiento de los objetivos por los cuales se culmina la presente tesis.

El objetivo general consistió en analizar estructuralmente la infraestructura vial de los pavimentos flexibles en el distrito de Puerto Eten, para cuya consecución se trazó la ejecución de ensayos de laboratorio que permitieron efectuar una evaluación estructural de los pavimentos flexibles de forma real y con total veracidad, con respeto irrestricto al RNE, respecto a la NT CE.010 pavimentos urbanos, cuyos resultados fueron los siguientes:

El primer objetivo específico es la situación actual de los pavimentos flexibles en Puerto Eten según el RNE NORMA CE.010 pavimentos urbanos NTP 339.145:1999 la sub base granular tabla 5 (pág.17) el requerimiento para el CBR es el 30-40% como mínimo, el cual el resultado obtenido fue de 22%, y en la base granular vías locales y colectoras (pág.18) el requerimiento para el CBR 80% como mínimo, el resultado obtenido fue 47%, se llega a la conclusión que no se cumple con el requerimiento según el RNE NORMA C E:0 1 0 pavimentos urbanos, la cual intuye en la deformación de la estructura del pavimento el cual no puede cumplir con sus especificaciones técnicas dados por la norma de pavimentos urbanos.

En cuanto al segundo objetivo específico es el análisis de la carpeta asfáltica existente según los ensayos del lavado asfáltico y obteniendo los resultados de 4.6% 4.7% 4.87% de asfalto; se llega a la conclusión que se encuentra la carpeta asfáltica deteriorada, en la cual el porcentaje de asfalto es muy bajo, teniendo en cuenta que el diseño tiene un tiempo de antigüedad y de transitabilidad de 10 años a 15 años aproximadamente.

Con respecto al tercer objetivo es evaluación estructural de la infraestructura vial del pavimento flexible mediante ensayos en el laboratorio según:

El análisis granulométrico de suelos: Contrastando según A S T M D - 422 / M T C E 107, la base cumple para el fin determinado de acuerdo a la clasificación que se

encuentra en los ensayos siendo AASHTO A-2-6(0), la misma conformación tenemos en la sub base clasificación AASHTO A-2-6(0).

El contenido de humedad %: Conforme a la N T P la N T P 3 3 9.1 2 7, se ha logrado determinar que los contenidos de humedad del suelo de las 17 calicatas más elevado de los demás, el estrato de la base de calicata C5 es de 18.67%, en cuanto a la sub base de la calicata C3 es de 16.21% y por último la sub rasante de la calicata C11 es de 23.84%.

El límite líquido y limite plástico: Conforme a la N T P la N T P 3 3 9.1 2 9:1 9 9 9, el limite liquido en la sub base granular el mayor resultado obtenido fue en la C14 teniendo el 38.66% contrastando con el RNE NORMA C E:0 1 0 pavimentos urbanos NTP 339.129:1999 la tabla 5 requiere el 25% como máximo, el mayor resultado obtenido en el índice de plasticidad en la sub base granular fue en la calicata C5 teniendo el 39.40% contrastando según el RNE la NORMA C E:0 1 0 pavimentos urbanos N T P 339.129:1999 la tabla 5 requiere el 6% como máximo, con respecto a la base granular el índice de plasticidad el mayor resultado obtenido fue en la calicata C7 teniendo resultado de 62.46% contrastando según el RNE la NORMA CE:010 pavimentos urbanos NTP 339.129:1999 la tabla 9 requiere el 4% como máximo, se llega a la conclusión que no cumple con el requerimiento según el RNE la NORMA C E:0 1 0 pavimentos urbanos.

Contenido sales solubles en suelos: La contrastación de sales solubles la NTP: 339.152:002, RNE la NORMA C E:0 1 0 pavimentos urbanos N T P 339.152 la sub-base granular tabla 5 el requerimiento para sales solubles totales es el 1% como máximo, el cual el resultado obtenido fue de 1.98%, y en la base granular tabla 8 el requerimiento para sales solubles totales es el 0.5% como máximo, el resultado obtenido fue 2.24%, se llega a la conclusión que no cumple con el requerimiento RNE la NORMA C E:0 1 0 pavimentos urbanos.

Proctor Modificado: De acuerdo ASTM D-1557 el resultado según los ensayos de laboratorio la máxima densidad seca la mayor fue en la calicata C14 de 2.14 gr/cm<sup>3</sup> y la

menor fue en la calicata C10 de 2.02 gr/cm<sup>3</sup> en cuanto al óptimo contenido de humedad el mayor fue en la calicata C10 de 11.50% y el menor fue en la calicata C14 de 9.00%.

Al contrastar los resultados obtenidos se puede observar que los rangos estipulados por el RNE NORMA C E:0 1 0 pavimentos urbanos N T P 339.145:1999 son insuficientes según la tabla 5 para la sub base granular el CBR mínimo de % para pavimentos flexibles es el 40%, según los resultados de laboratorio la calicata C1 su CBR es 21.89% y la calicata C10 su CBR es 24.65%, y con respecto a la base granular el RNE la NORMA C E:0 1 0 pavimentos urbanos. NTP 339.145:1999 son insuficientes según la tabla 7 el CBR mínimo de % para vías locales y colectoras es de 80% teniendo el resultado insuficiente, los resultados de laboratorio la calicata C3 su CBR es 40.44%, calicata C11 su CBR 42.32% y la calicata C14 su CBR es 47.07%.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda: Encontrado el resultado del CBR nos indica valores por debajo de lo normado habiendo encontrado al 47% la base, para superar esto se recomienda mejorar la compactación de la base y sub base.

En los puntos más desfavorables que hemos encontrado por las fallas de pavimento se tendrá que hacer un corte a la base y sub base y que este valor del CBR cumpla con lo mínimo establecido, dándole mantenimiento al pavimento existente.

Conociendo el resultado del lavado asfáltico que está por debajo del estándar se recomienda hacer un mantenimiento el cual consiste en el recapeo para los pavimentos evaluados, para la elaboración de una nueva carpeta asfáltica se analice la granulometría del material para que la mezcla asfáltica cumpla las especificaciones técnicas y pueda rendir el tiempo de durabilidad de un pavimento urbano.

La recomendación para evitar las sales solubles es utilizar cal para estabilizar el suelo para evitar problemas a futuro.

Se recomienda que el distrito de Puerto Eten realice trabajos de recapeo con el objetivo de mejorar la transitabilidad.



## REFERENCIAS

- AASHTO . 1993.** *Design of Pavement Structures*. Washington : American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993.
- Barrios, Luis. 2019.** Vía Canal Chiclayo de S/58 mllns. agoniza y sin responsables. *La República*. 29 de 05 de 2019, págs. 1,2.
- Borja, Manuel. 2011.** Problemas y carencias de la ciudad: Chiclayo una mirada a su infraestructura. *Blog Chiclayo al Día*. 2011, pág. 2.
- Carrera Huertas, Bryan Samir y Dávila Monteza, Lizbeth Isamar. 2019.** *Evaluación del pavimento flexible para la rehabilitación de la avenida Las Américas tramo km 0+000 al km 2+45 ubicada en el distrito de Chiclayo - Lambayeque*. Chiclayo : Universidad San Martin, 2019.
- Condori, B. 2012.** *Investigación del conglomerado especial en la ciudad de Tacna*. Lima : Universidad Nacional de Ingeniería , 2012.
- Cuba Alvarez, Williams Iván. 2017.** *Evaluación Superficial del Pavimento Flexible Aplicando el Método del PCI en un tramo de la Av. República de Polonia – Distrito de San Juan de Lurigancho*. Lima : Universidad César Vallejo, 2017.
- Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. 2016.** *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación* . Santo Domingo : Dirección General de Reglamentos y Sistemas, 2016.
- Fajardo, Luis. 2015.** Los países con las mejores y las peores carreteras en A. Latina. *BBC*. 2015.
- Gonzáles Morgado, Daniel Eduardo. 2018.** *Metodologías de Reparación para Pavimentos Flexibles de Mediano y Bajo Tránsito*. Santiago de Chile : Universidad Andres Bello, 2018.
- Hernandez Salazar, Gino Stalin y Torres Sono, Juan Carlos Gregorio. 2016.** *Evaluación Estructural y Propuesta de Rehabilitación de la Infraestructura Vial de la Av. Fitzcarrald, Tramo carretera Pomalca - Av. Víctor Raúl Haya de la Torre*. Chiclayo : Universidad Señor de Sipán, 2016.

- Mallma Jimenez, José Luis. 2019.** *Evaluación de la Carpeta Asfáltica del Pavimento Flexible Aplicando el Método Índice de Condición del Pavimento.* Lima : Universidad Peruana los Andes, 2019.
- Marchan Moreno, Rufino Mario. 2005.** *Métodos de Rehabilitación en Pavimentos.* México D.F. : Instituto Politécnico Nacional, 2005.
- Medina Chamaya, Robert Alexander. 2018.** *Evaluación del pavimento flexible por el método Pci y Vizir, tramo Rejopampa – Chaupelanche, distrito de Chota, Cajamarca-2018.* Cajamarca : Universidad César Vallejo, 2018.
- Menendez Acurio, José Rafael. 2013.** *Ingeniería de Pavimentos.* Lima : Instituto de la Construcción y Gerencia, 2013.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2014.** *Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos.* Lima : Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2018.** *Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial.* Lima : Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018.
- . **2015.** *Resumen Ejecutivo Inventario Básico Red Vial .* Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015.
- Montejo Fonseca, Alfonso. 2008.** *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras.* Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2008.
- Naciones Unidas. 1994.** *Caminos: Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales.* Santiago de Chile : Alguero Ilustraciones, 1994. pág. 21.
- Pérez León, José Feler y Ramirez Leyva, Jhonel Kenedy. 2018.** *Evaluación y Determinación de las Patologías del Pavimento Asfáltico en la Av. Los Tréboles - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Departamento Lambayeque.* Chiclayo : Universidad Señor de Sipán, 2018.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. 2010.** *Norma CE.010: Pavimentos Urbanos.* Lima : Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010.
- Reyes Liscano, F. 1980.** *Diseño de Pavimentos.* Bogotá : Instituto de Vias Colombia: Universidad de Colombia, 1980.

**Rico Rodríguez, Alfonso, Téllez Gutierrez, Rodolfo y Garnica Anguas, Paul. 1998.** *Pavimentos Flexibles. Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias.* . México D.F. : Secretaría de Comunicaciones y Transporte - Instituto Mexicano del Transporte, 1998.

**Rodriguez, C. 2014.** *Diseño de un sistema automatizado para el cálculo del índice de condición del pavimento (P.C.I) en pavimento flexible.* Maracaibo : Universidad Rafael Urdaneá, 2014.

**Rojas Carrasco, Smith Staleem. 2019.** *Análisis comparativo técnico, económico para determinar propuesta de pavimentación: flexible, articulado y rígido del asentamiento humano María Augusta Oliva Pimentel.* Chiclayo : Universidad César Vallejo, 2019.

**Solis Burga, Karin Estefany y Vallejos Montenegro, Julio Herminio. 2019.** *Estudio y Evaluación del Pavimento Flexible Ubicado en la Av. Chinchaysuyo del Tramo del Paseo Yortuque Empleando el Método PCI Y Propuesta de Rehabilitación del Pavimento Flexible.* Chiclayo : Universidad Señor de Sipán, 2019.

**Timaná, R. 2009.** *Evaluación del Pavimento Flexible de la Av. Caracas.* Bogotá : s.n., 2009.

## **LINKOGRAFIA**

<http://www.e-torredebabel.com/Economia/diccionario-economia/vias-comunicacion-V-E.htm>

<http://alquilerop.wordpress.com/2010/09/09/la-inversion-en-conservacion-de-carreteras-ha-aumentado-un-125-en-los-ultimos-seis-anos/>

<http://www.terra.com.ec/noticias/noticias/act2344348/brasil-precisa-inversiones-para-mantenimiento-carreteras.html>

<http://ipe.org.pe/wp-content/uploads/2010/10/ipe-lecciones-del-mantenimiento-de-carreteras-en-el-peru-1992-2007.pdf>

<http://trid.trb.org/view.aspx?id=948146>

[http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/title/propuesta-modelo-gestion-calidad-mantenimiento-vias/id/41423816.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/propuesta-modelo-gestion-calidad-mantenimiento-vias/id/41423816.html)

<http://dgcc.sct.gob.mx/index.php?id=571>

<http://www.mopt.go.cr/planificacion/Seminario%20HDM/Experiencia-sist-gest.asp>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento>

<http://www.canalconstruccion.com/pavimentos-flexibles.html>

## ANEXOS

### Anexo N° 01: Calicatas hechas en la Ciudad de Puerto Eten



Calicata 2 - Ca. Juan Fanning.



Calicata 3 - Simón Bolívar.





Calicata 5 - Av. San Martin.



Calicata 7 - Av. San Martin.



Calicata8 - Av. San Martin.

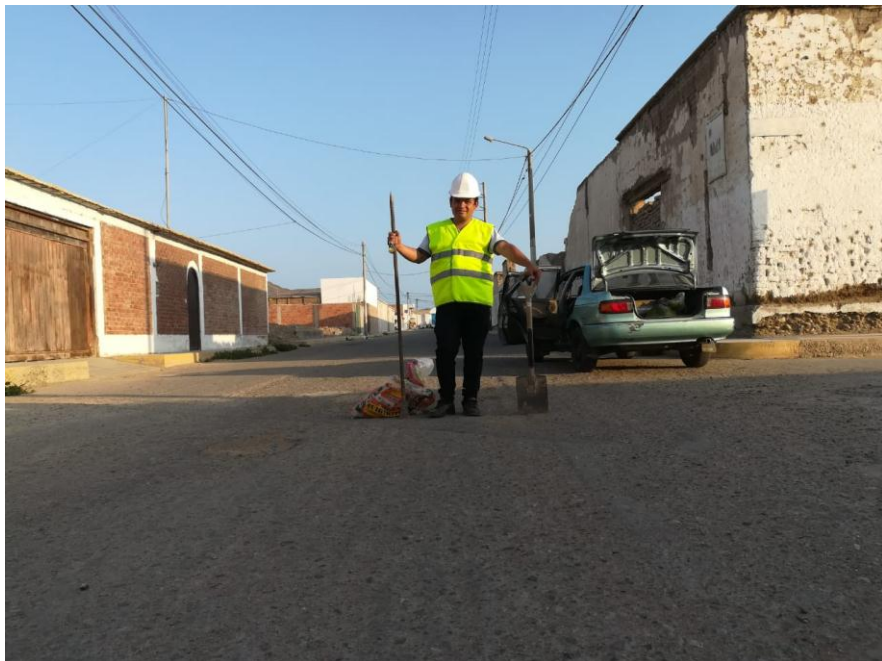


Calicata 9 - Ca. Mario Pasco.





Calicata 13 - Ca. Junín.



Calicata 7 – Av. San Martín.



Anexo N° 02: Ensayos En Laboratorio



Granulometría de los agregados.



Lavado asfáltico.



Peso de las muestras después de sacar del horno.



Peso de las muestras para meterlo al horno.





Medición de las calles de Puerto Eten



Medición de la calle Elías Aguirre.

Anexo n° 03: fallas del pavimento encontradas en las calles evaluadas de Puerto Eten.



Calle Juan Faning.



Calle Alfonso Ugarte.





Avenida San Martín.

Anexo N° 04: Tablas

Anexo 4. Tabla 1. Clasificación de suelos.

| Tipo de Material | Tamaño de las partículas        |
|------------------|---------------------------------|
| Grava            | 75 mm - 4.75 mm                 |
| Arena            | Arena Gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm |
|                  | Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm |
|                  | Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm |
| Material Fino    | Limo 0.075 mm - 0.005 mm        |
|                  | Arcilla Menor a 0.005 mm        |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – versión abril 2014

Anexo 4. Tabla 2. Clasificación de suelos según índice de Plasticidad.

| Índice de Plasticidad | Plasticidad      | Características                    |                   |
|-----------------------|------------------|------------------------------------|-------------------|
| IP > 20               | Alta             | Suelos muy Arcillosos              |                   |
| IP ≤ 20               | IP > 7           | Media                              | Suelos Arcillosos |
| IP < 7                | Baja             | Suelos poco arcillosos plasticidad |                   |
| IP = 0                | No Plástico (NP) | Suelos exentos de arcilla          |                   |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – versión abril 2014

Anexo 4. Tabla 3. Categorías de sub rasante

| Categorías de sub rasante    | CBR                      |
|------------------------------|--------------------------|
| S0: Sub rasante inadecuada   | CBR < 3%                 |
| S1: Sub rasante insuficiente | De CBR ≥ 3% a CBR < 6%   |
| S2: Sub rasante regular      | De CBR ≥ 6% a CBR < 10%  |
| S3: Sub rasante buena        | De CBR ≥ 10% a CBR < 20% |
| S4: Sub rasante muy buena    | De CBR ≥ 20% a CBR < 30% |
| S5: Sub rasante excelente    | CBR ≥ 30%                |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – versión abril 2014

Anexo 4. Tabla 4. Tipos de suelos AASHTO – SUCS

| Clasificación de suelos AASHTO M-145 | Clasificación de suelos SUCS ASTM – D -2487 |
|--------------------------------------|---|
| A-1-a                                | GW,GP,GM,SW,SP,SM                           |
| A-1-b                                | GM,GP,SM,SP                                 |
| A-2                                  | GM,GC,SM,SC                                 |
| A-3                                  | SP  |
| A-4                                  | CL,ML                                       |
| A-5                                  | ML,MH,CH                                    |
| A-6                                  | CL,CH                                       |
| A-7                                  | OH,MH,CH                                    |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – versión abril 2014.

Anexo 4. Tabla 5. Clasificación de los suelos en AASHTO M145 y ASTM D 3282

| Clasificación general   | Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075mm (N° 200) |        |                          |                                    |        |            |         | Suelos finos mas de 35% pasa por el tamiz de 0.075mm (N° 200) |        |         |                   |             |             |
|---|---|--------|--------------------------|------------------------------------|--------|------------|---------|---|--------|---------|-------------------|-------------|-------------|
| Clasificación de grupo  | A-1   |        | A-3                      | A-2                                |        |            |         | A-4   | A-5    | A-6     | A-7               |             |             |
|   | A-1-a   | A-1-b  |                          | A-2-4                              | A-2-5  | A-2-6      | A-2-7   |   |        |         | A-7-5             | A-7-6       |             |
| Análisis granulométrico<br>% que pasa por el<br>tamiz de:<br>2mm (N° 10)<br>0.425mm (N° 40)<br>F= 0.075mm (N° 200)                | máx. 50<br>máx. 30<br>máx. 15                                       |        | máx.5<br>0<br>max.2<br>5 | min.51<br>max.1<br>0               | max.35 | max.35     | max.35  | max.35  | min.36 | min.36  | min.36            | min.36      | min.36      |
| Caracterización de la<br>fracción que pasa el<br>0.425 (N° 40)<br>Caracterización de<br>la fracción que pasa<br>del tamiz (N° 40) |   |        |                          |                                    |        |            |         |   |        |         |                   |             |             |
| LL= limite liquido  |   |        |                          | máx.40                             | min.41 | máx.<br>40 | min.41  | máx.40  | min.41 | máx.40  | min.41            | min.41      | min.41      |
| IP= índice de plasticidad   | máx. 6  | máx. 6 | NP                       | máx.10                             | máx.10 | min.<br>11 | min. 11 | máx.10  | máx.10 | min. 11 | min. 11<br>(a)    | min. 11 (b) | min. 11 (b) |
| Tipo de material  | Piedras, gravas y<br>arenas   |        | Arenas<br>finas          | Gravas y arenas limosas arcillosas |        |            |         | Suelos limosos  |        |         | Suelos arcillosos |             |             |
| Estimación general del<br>suelo como sub<br>rasante   | Excelente a bueno   |        |                          |                                    |        |            |         | Regular a Insuficiente  |        |         |                   |             |             |



Anexo 4. Tabla 6. Granulometría de la Cama de Arena (ASTM C33)

| Malla         | % Pasa   |
|---------------|----------|
| 9,5mm (3/8")  | 100      |
| 4,75mm (N°4)  | 95 - 100 |
| 2,36mm (N°8)  | 85 - 100 |
| 1,18mm (N°16) | 50 - 85  |
| 600um (N°30)  | 25 - 60  |
| 300um (N°50)  | 10 - 30  |
| 150um (N°100) | 02 -10   |
| 75um (N° 200) | 00 - 01  |

Fuente: RNE. CE.010. Pavimentos Urbanos 2010

Anexo 4. Tabla 7. Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico.

| Tipo de caminos                     | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados |            | Nivel de confiabilidad ( R) |
|-------------------------------------|---------|------------------------------|------------|-----------------------------|
| Caminos de bajo volumen de tránsito | Tp0     | 75,000                       | 150,000    | 65%                         |
|                                     | Tp1     | 150,001                      | 300,000    | 70%                         |
|                                     | Tp2     | 300,001                      | 500,000    | 75%                         |
|                                     | Tp3     | 500,001                      | 750,000    | 80%                         |
|                                     | Tp4     | 750,001                      | 1,000,000  | 80%                         |
|                                     | Tp5     | 1,000,001                    | 1,500,000  | 85%                         |
| Resto de caminos                    | Tp6     | 1,500,001                    | 3,000,000  | 85%                         |
|                                     | Tp7     | 3,000,001                    | 5,000,000  | 85%                         |
|                                     | Tp8     | 5,000,001                    | 7,500,000  | 90%                         |
|                                     | Tp9     | 7,500,001                    | 10,000,000 | 90%                         |
|                                     | Tp10    | 10,000,001                   | 12,500,000 | 90%                         |
|                                     | Tp11    | 12,500,001                   | 15,000,000 | 90%                         |
|                                     | Tp12    | 15,000,001                   | 20,000,000 | 95%                         |
|                                     | Tp13    | 20,000,001                   | 25,000,000 | 95%                         |
|                                     | Tp14    | 25,000,001                   | 30,000,000 | 95%                         |
|                                     | Tp15    | > 30'000,000                 |            | 95%                         |

Fuente: "Manual de Carreteras" Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – versión Abril 2014

Anexo 4. Tabla 8. Módulo resiliente obtenido por correlacion con CBR.

| CBR%<br>sub<br>rasante | Módulo Resiliente sub rasante ( $M_R$ )<br>(PSI) | Módulo resiliente sub rasante<br>( $M_R$ ) ( $M_{PA}$ ) |
|------------------------|--|---|
| 6                      | 8,043.00   | 55.45   |
| 7                      | 8,877.00   | 61.20   |
| 8                      | 9,669.00   | 66.67   |
| 9                      | 10,246.00  | 71.88   |
| 10                     | 11,153.00  | 76.90   |
| 11                     | 11,854.00  | 81.73   |
| 12                     | 12,533.00  | 86.41   |
| 13                     | 13,192.00  | 90.96   |
| 14                     | 13,833.00  | 95.38   |
| 15                     | 14,457.00  | 99.68   |
| 16                     | 15,067.00  | 103.88  |
| 17                     | 15,663.00  | 107.99  |
| 18                     | 16,247.00  | 112.02  |
| 19                     | 16,819.00  | 115.96  |
| 20                     | 17,380.00  | 119.83  |
| 21                     | 17,931.00  | 123.63  |
| 22                     | 18,473.00  | 127.37  |
| 23                     | 19,006.00  | 131.04  |
| 24                     | 19,531.00  | 134.66  |
| 25                     | 20,048.00  | 138.23  |
| 26                     | 20,558.00  | 141.74  |
| 27                     | 2,060.00   | 145.20  |
| 28                     | 21,556.00  | 148.62  |
| 29                     | 22,046.00  | 152.00  |
| 30                     | 22,529.00  | 155.33  |

Anexo 4. Tabla 9. Valores recomendados de nivel de confiabilidad para dos etapas de diseño de 10 años cada una según rango de tráfico.

| Tipo de caminos                     | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados |            | Nivel de confiabilidad ( R ) |               |                 |
|-------------------------------------|---------|------------------------------|------------|------------------------------|---------------|-----------------|
|                                     |         |                              |            | 1era Etapa (1)               | 2da Etapa (2) | Total (1) x (2) |
| Caminos de bajo volumen de tránsito | Tp0     | 75,000                       | 150,000    | 81%                          | 81%           | 65%             |
|                                     | Tp1     | 150,001                      | 300,000    | 81%                          | 84%           | 70%             |
|                                     | Tp2     | 300,001                      | 500,000    | 87%                          | 87%           | 75%             |
|                                     | Tp3     | 500,001                      | 750,000    | 89%                          | 89%           | 80%             |
|                                     | Tp4     | 750,001                      | 1,000,000  | 89%                          | 89%           | 80%             |
|                                     | Tp5     | 1,000,001                    | 1,500,000  | 92%                          | 92%           | 85%             |
|                                     | Tp6     | 1,500,001                    | 3,000,000  | 92%                          | 92%           | 85%             |
|                                     | Tp7     | 3,000,001                    | 5,000,000  | 92%                          | 92%           | 85%             |
| Resto de caminos                    | Tp8     | 5,000,001                    | 7,500,000  | 95%                          | 95%           | 90%             |
|                                     | Tp9     | 7,500,001                    | 10,000,000 | 95%                          | 95%           | 90%             |
|                                     | Tp10    | 10,000,001                   | 12,500,000 | 95%                          | 95%           | 90%             |
|                                     | Tp11    | 12,500,001                   | 15,000,000 | 95%                          | 95%           | 90%             |
|                                     | Tp12    | 15,000,001                   | 20,000,000 | 97%                          | 97%           | 95%             |
|                                     | Tp13    | 20,000,001                   | 25,000,000 | 97%                          | 97%           | 95%             |
|                                     | Tp14    | 25,000,001                   | 30,000,000 | 97%                          | 97%           | 95%             |
|                                     | Tp15    | > 30'000,000                 |            | 97%                          | 97%           | 95%             |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – versión Abril 2014

Anexo 4. Tabla 10. Coeficiente estadística de la desviación estándar (Zr) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según el nivel de confiabilidad Seleccionado y el rango de tráfico.

| Tipo de caminos                     | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados |            | Desviación estándar normal (Zr) |
|-------------------------------------|---------|------------------------------|------------|---------------------------------|
| Caminos de bajo volumen de tránsito | Tp0     | 75,000                       | 150,000    | -0.878                          |
|                                     | Tp1     | 150,001                      | 300,000    | -0.994                          |
|                                     | Tp2     | 300,001                      | 500,000    | -1.126                          |
|                                     | Tp3     | 500,001                      | 750,000    | -1.227                          |
|                                     | Tp4     | 750,001                      | 1,000,000  | -1.227                          |
|                                     | Tp5     | 1,000,001                    | 1,500,000  | -1.405                          |
|                                     | Tp6     | 1,500,001                    | 3,000,000  | -1.405                          |
|                                     | Tp7     | 3,000,001                    | 5,000,000  | -1.405                          |
| Resto de caminos                    | Tp8     | 5,000,001                    | 7,500,000  | -1.645                          |
|                                     | Tp9     | 7,500,001                    | 10,000,000 | -1.645                          |
|                                     | Tp10    | 10,000,001                   | 12,500,000 | -1.645                          |
|                                     | Tp11    | 12,500,001                   | 15,000,000 | -1.645                          |
|                                     | Tp12    | 15,000,001                   | 20,000,000 | -1.881                          |

| Tipo de caminos | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados |            | Desviación estándar normal (Zr) |
|-----------------|---------|------------------------------|------------|---------------------------------|
|                 | Tp13    | 20,000,001                   | 25,000,000 | -1.881                          |
|                 | Tp14    | 25,000,001                   | 30,000,000 | -1.881                          |
|                 | Tp15    | > 30'000,000                 |            | -1.881                          |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – versión Abril 2014

Anexo 4. Tabla 11. Coeficiente estadística de la desviación estándar (Zr) para dos etapas.

| Tipo de caminos                     | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados |            | Desviación estándar normal (Zr) |
|-------------------------------------|---------|------------------------------|------------|---------------------------------|
|                                     | Tp0     | 75,000                       | 150,000    | -0.385                          |
| Caminos de bajo volumen de tránsito | 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  | -0.842                          |
|                                     | 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                          |
| Resto de caminos                    | Tp9     | 7,500,001                    | 10,000,000 | -1.282                          |
|                                     | Tp10    | 10,000,001                   | 12,500,000 | -1.282                          |
|                                     | Tp11    | 12,500,001                   | 15,000,000 | -1.282                          |
|                                     | Tp12    | 15,000,001                   | 20,000,000 | -1.645                          |
|                                     | Tp13    | 20,000,001                   | 25,000,000 | -1.645                          |
|                                     | Tp14    | 25,000,001                   | 30,000,000 | -1.645                          |
|                                     | Tp15    | > 30'000,000                 |            | -1.645                          |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – versión Abril 2014.

Anexo 4. Tabla 12. Índice de serviciabilidad inicial (Pi)

| Tipo de caminos                     | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados |            | Índice de serviciabilidad inicial (Pi) |
|-------------------------------------|---------|------------------------------|------------|--|
| Caminos de bajo volumen de tránsito | 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                                   |
|                                     | 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                                   |
| Resto de caminos                    | 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                                   |
|                                     | Tp13    | 20,000,001                   | 25,000,000 | 4.20                                   |
|                                     | Tp14    | 25,000,001                   | 30,000,000 | 4.20                                   |
|                                     | Tp15    | > 30'000,000                 |            | 4.20                                   |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – versión Abril 2014.

Anexo 4. Tabla 13. Índice de serviciabilidad final (Pt)

| Tipo de caminos                     | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados |            | Índice de serviciabilidad inicial (Pi) |
|-------------------------------------|---------|------------------------------|------------|--|
| Caminos de bajo volumen de tránsito | Tp1     | 150,001                      | 300,000    | 2.00                                   |
|                                     | Tp2     | 300,001                      | 500,000    | 2.00                                   |
|                                     | Tp3     | 500,001                      | 750,000    | 2.00                                   |
|                                     | Tp4     | 750,001                      | 1,000,000  | 2.00                                   |
|                                     | Tp5     | 1,000,001                    | 1,500,000  | 2.50                                   |
|                                     | Tp6     | 1,500,001                    | 3,000,000  | 2.50                                   |
|                                     | Tp7     | 3,000,001                    | 5,000,000  | 2.50                                   |
|                                     | Tp8     | 5,000,001                    | 7,500,000  | 2.50                                   |
| Resto de caminos                    | Tp9     | 7,500,001                    | 10,000,000 | 2.50                                   |
|                                     | Tp10    | 10,000,001                   | 12,500,000 | 2.50                                   |
|                                     | Tp11    | 12,500,001                   | 15,000,000 | 2.50                                   |
|                                     | Tp12    | 15,000,001                   | 20,000,000 | 3.00                                   |

| Tipo de caminos | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados |            | Índice de serviciabilidad inicial ( Pi) |
|-----------------|---------|------------------------------|------------|---|
|                 | Tp13    | 20,000,001                   | 25,000,000 | 3.00                                    |
|                 | Tp14    | 25,000,001                   | 30,000,000 | 3.00                                    |
|                 | Tp15    | > 30'000,000                 |            | 3.00                                    |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – versión Abril 2014.

Anexo 4. Tabla 14. Diferencia de serviciabilidad inicial (PSI) según rango de tráfico.

| Tipo de caminos                     | Tráfico | Ejes equivalentes acumulados |            | índice de serviciabilidad inicial ( Pi) |
|-------------------------------------|---------|------------------------------|------------|---|
| Caminos de bajo volumen de tránsito | Tp1     | 150,001                      | 300,000    | 1.80                                    |
|                                     | Tp2     | 300,001                      | 500,000    | 1.80                                    |
|                                     | Tp3     | 500,001                      | 750,000    | 1.80                                    |
|                                     | Tp4     | 750,001                      | 1,000,000  | 1.80                                    |
|                                     | Tp5     | 1,000,001                    | 1,500,000  | 1.50                                    |
|                                     | Tp6     | 1,500,001                    | 3,000,000  | 1.50                                    |
|                                     | Tp7     | 3,000,001                    | 5,000,000  | 1.50                                    |
|                                     | Tp8     | 5,000,001                    | 7,500,000  | 1.50                                    |
| Resto de caminos                    | Tp9     | 7,500,001                    | 10,000,000 | 1.50                                    |
|                                     | Tp10    | 10,000,001                   | 12,500,000 | 1.50                                    |
|                                     | Tp11    | 12,500,001                   | 15,000,000 | 1.50                                    |
|                                     | Tp12    | 15,000,001                   | 20,000,000 | 1.20                                    |
|                                     | Tp13    | 20,000,001                   | 25,000,000 | 1.20                                    |
|                                     | Tp14    | 25,000,001                   | 30,000,000 | 1.20                                    |
|                                     | Tp15    | > 30'000,000                 |            | 1.20                                    |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – versión Abril 2014.

Anexo 4. Tabla 15. Calidad de drenaje.

| Calidad de drenaje | Tiempo que tarda el agua en ser evacuada |
|--------------------|--|
| Excelente          | 2 horas                                  |
| Bueno              | 1 día                                    |
| Mediano            | 1 semana                                 |
| Malo               | 1 mes                                    |
| Muy malo           | El agua no evacua                        |

Fuente: “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – Versión Abril 2014.

Anexo 4. Tabla 16. Valores del coeficiente de drenaje (m) (m) para bases y sub bases granulares no tratadas en pavimentos flexibles.

| calidad del drenaje | P=% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercano a la saturación |             |             |               |
|---------------------|---|-------------|-------------|---------------|
|                     | Menor 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; "Manual de Carreteras" Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – Versión Abril 2014.

Anexo 4. Tabla 17. Coeficiente estructurales de las capas del pavimento  $a_i$

| Componente del pavimento   | Coeficiente | Valor coeficiente estructural $a_i$ (cm) | Observación  |
|--|-------------|--|--|
| <b>CAPA SUPERFICIAL</b>  |             |  |  |
| Carpeta asfáltica en caliente, modulo 2,965 MPa (430,000 PSI) A 20°C (68° F) | $a_1$       | 0.170/cm                                 | Capa superficial recomendada para todos los tipos de tráfico   |
| Carpeta asfáltica en frio, mezcla asfáltica con emulsión.                    | $a_1$       | 0.125/cm                                 | Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 1'000,000$ EE  |
| Micropavimento 25 mm   | $a_1$       | 0.130/cm                                 | Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 1'000,000$ EE  |
| Tratamiento superficial bicapa   | $a_1$       | (*)                                      | Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 500,000$ EE<br>No aplica en tramos con pendientes mayores a 8% y en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contra curvas y en tramos que obliguen al frenado de vehículos. |
| Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm                                     | $a_1$       | (*)                                      | Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 500,000$ EE<br>No aplica en tramos con pendientes mayor a 8% y en tramos que obliguen  |

| Componente del pavimento   | Coefficiente | Valor coeficiente estructural $a_i$ (cm) | Observación  |
|--|--------------|--|--|
|  |              |  | al frenado de vehículos                                    |
| (*) no se considera por no tener aporte estructural  |              |  |  |
| <b>BASE</b>  |              |  |  |
| Base granular CBR 80% compactada al 100% de la MDS   | $a_2$        | 0.052/cm                                 | Capa de base recomendada para tráfico $\leq 10'000,000$ EE |
| Base granular CBR 100% compactada al 100% de la MDS  | $a_2$        | 0.054/cm                                 | Capa de base recomendada para tráfico $> 10'000,000$ EE    |
| Base granular tratada con asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)                             | $a_2$        | 0.115/cm                                 | Capa de base recomendada para todos los tipos de tráfico   |
| Base granular tratada con cemento ( resistencia a la compresión 7 días= 35kg/cm <sup>2</sup> ) | $a_2$        | 0.070/cm                                 | Capa de base recomendada para todos los tipos de tráfico   |
| Base granular tratada con cemento ( resistencia a la compresión)                               | $a_2$        | 0.080/cm                                 | Capa de base recomendada para todos los tipos de tráfico   |

Fuente: "Manual de Carreteras" Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014-MTC/14 – versión Abril 2014.

#### Anexo 4. Tabla 18. Selección del tipo de cemento asfáltico.

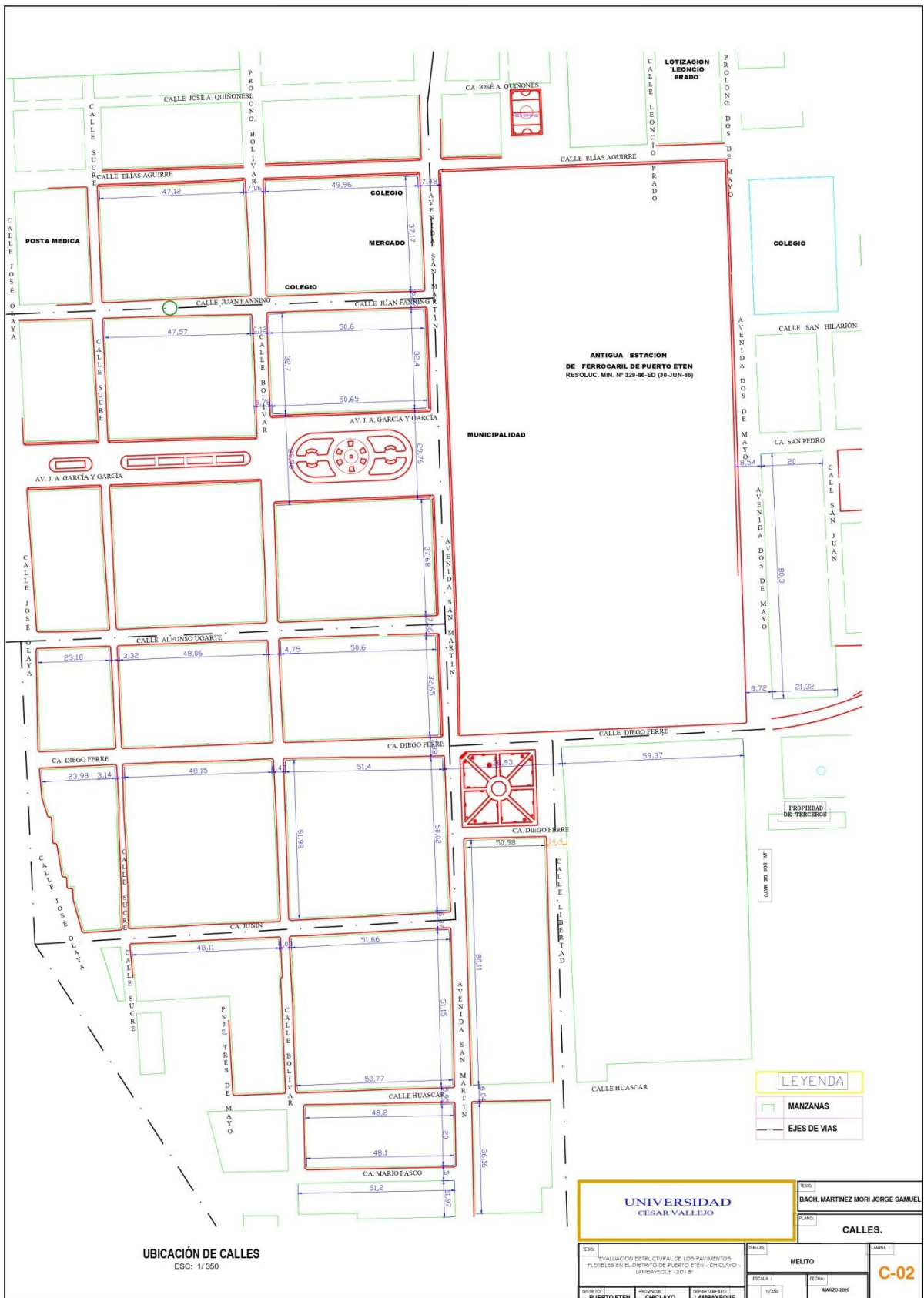
| Temperatura Media Anual |              |             |                    |
|-------------------------|--------------|-------------|--------------------|
| 24°C o mas              | 24° C- 15° C | 15° C- 5° C | Menos de 5° C      |
| 40 – 50 o'              |              | 85 - 100    | Asfalto Modificado |
| 60 – 70 0'              | 60 – 70      | 120 – 150   |                    |
| Modificado              | (*)          | (*)         |                    |

Nota:(\*) Tomar en cuenta lo establecido en Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas para Construcción Vigente.

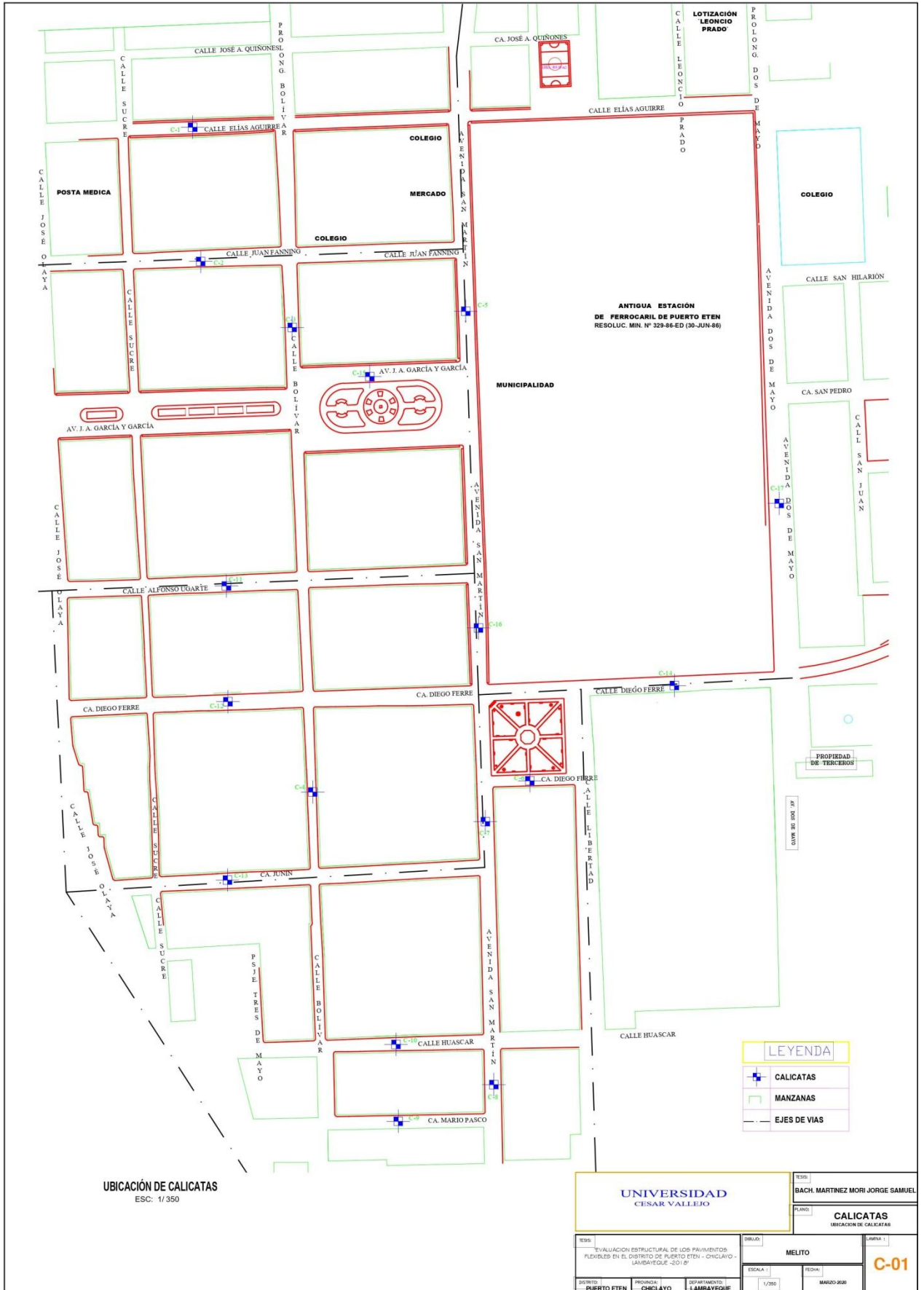
Fuente: "Manual de Carreteras": Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos.



Anexo N° 05: Planos de Calles.

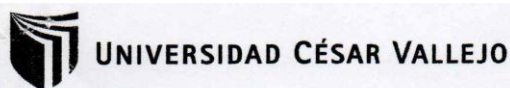


Anexo N° 06: Planos de Calitas



UBICACIÓN DE CALICATAS  
ESC: 1/350

|   |                       |  |
|---|-----------------------|--|
| <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>  |                       | TÍTULO<br>BACH. MARTINEZ MORI JORGE SAMUEL   |
|   |                       | PLANO<br>CALICATAS<br>UBICACION DE CALICATAS |
| TÍTULO<br>EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL DISTRITO DE PUERTO ETEN - CHICLAYO - LAMBAYEQUE - 2018 | DISEÑO<br>MELITO      | LÁMINA<br>C-01                               |
| DISTRITO<br>PUERTO ETEN   | PROVINCIA<br>CHICLAYO | DEPARTAMENTO<br>LAMBAYEQUE                   |
| ESCALA<br>1/350   | FECHA<br>MARZO 2020   |  |



Chiclayo, 11 de Junio 2018

OFICIO N°0229-DEIC-DA/UCV-CH

Señor(a):

Miguel Ramírez Caldas

Jefe de Subgerencia de desarrollo Urbano Rural del Distrito de Puerto Eten

Municipalidad Distrital de Puerto Eten.



ASUNTO: PERMISO PARA DESARROLLO DE TESIS.

Presente.-

De mi especial consideración:

Es grato expresarle mis saludos a nombre de la Universidad Cesar Vallejo Filial Chiclayo y desearte todo tipo de éxitos en su gestión al frente de su representada.

Así mismo la Escuela Profesional de Ingeniería Civil ha previsto en su plan de estudio el curso de Desarrollo de Investigación, el mismo que contribuirá a la culminación de la carrera Profesional; es por esta razón, nuestro interés de solicitarle el permiso y el apoyo necesario para que los señores **MARTINEZ MORI JORGE SAMUEL** identificado con DNI N° 72315209, con código Universitario 1000228332, estudiante del X Ciclo de esta Escuela Profesional puedan desarrollar el Proyecto de Tesis denominado "EVALUACION ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL DISTRITO DE PUERTO ETEN – CHICLAYO – LAMABYEQUE 2018, durante el periodo de tiempo correspondiente.

Seguros de contar con su apoyo, agradezco anticipadamente la atención al presente.

Atentamente,



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO SAC.  
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz  
SECRETARÍA ACADÉMICA - FACULTAD DE INGENIERÍA

CAMPUS CHICLAYO  
Carretera Pimentel Km. 3.5  
Tel.:(074) 481 616 Anx.: 6514

fb/ucv.peru  
@UCV\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



 **MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PUERTO ETEN**  
R.U.C. 20191574665

AÑO DEL DIALOGO Y LA RECONCILIACION NACIONAL

CHICLAYO, 15 DE JUNIO DEL 2018

SEÑORA:  
Mgtr. VICTORIA DE LOS ANGELES AGUSTIN DIAZ  
COORDINADORA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – FILIAL CHICLAYO

**ASUNTO: ACEPTACION DE DESARROLLO DE TESIS.**  
REF: Carta N°0229-DEIC-DA/UCV-CH de fecha 13 de Junio del 2018

De mi Especial Consideración:

La saludo cordialmente a nombre de Sub Gerencia de Desarrollo Urbano Rural de la Municipalidad Distrital de Puerto Eten, al mismo tiempo hacer de conocimiento que el estudiante **MARTINEZ MORI JORGE SAMUEL**, con Código Universitario N° 1000228332, DNI 72315209 de la carrera de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, a la que usted muy dignamente dirige, **HA SIDO ACEPTADO PARA REALIZAR SU DESARROLLO DE TESIS denominado: EVALUACION ESTRUCTURAL DE LOS PAVIEMNTOS FLEXIBLES EL EL DISTRITO DE PUERTO ETEN – CHICLAYO – LAMABYEQUE 2018.**

  
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PUERTO ETEN  
Arq. Miguel R. Ramirez Cepeda  
EFE DE DEPARTAMENTO DDU





Anexo N° 09: Análisis Granulométrico Mezcla Asfáltica – Muestra C4



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

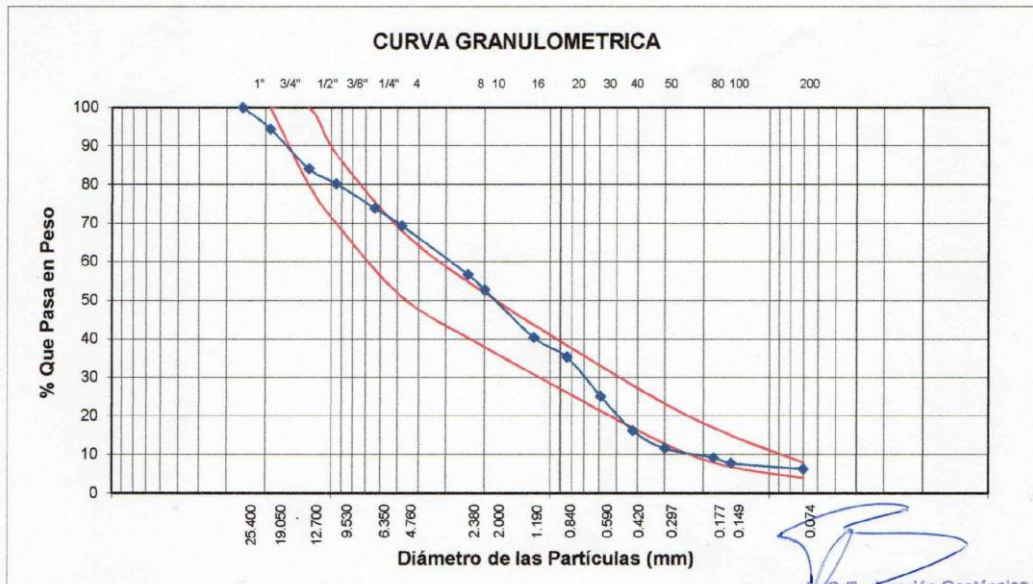
- Mecanica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Roturas de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEZCLA ASFALTICA**

**SOLICITANTE** : SAMUEL MARTINEZ  
**OBRA** : EVALUACION ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL DISTRITO DE PUERTO ETEN  
**UBICACIÓN** : CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
**NORMATIVA** : TABLA 423-03 MAC-02 (MTC-EG-2013)  
**FECHA** : JULIO - 2018  
**MUESTRA** : C-4

| Tamices ASTM |       | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Que Pasa | Especificaciones | TAMAÑO MAXIMO : 1"   |
|--------------|-------|---------------|--------------------|------------|------------------|--|
| Pulg.        | mm.   |               |                    |            |                  | DESCRIPCION DE LA MUESTRA  |
| 1"           | 25.40 |               |                    |            |                  | PESO A. LAVADO : 1017.00 gr<br>PESO D. LAVADO : 970.20 gr<br>C.A. : 4.60 % |
| 3/4"         | 19.05 | 54.00         |                    | 94.43      | 100              |  |
| 1/2"         | 12.70 | 100.20        | 10.33              | 84.11      | 80 - 100         |  |
| 3/8"         | 9.53  | 38.00         | 3.92               | 80.19      | 70 - 88          |  |
| 1/4"         | 6.35  | 62.00         | 6.39               | 73.80      |                  |  |
| N° 04        | 4.76  | 44.00         | 4.54               | 69.26      | 51 - 68          | OBSERVACIONES  |
| N° 08        | 2.38  | 122.00        | 12.57              | 56.69      |                  |  |
| N° 10        | 2.00  | 38.00         | 3.92               | 52.77      | 38 - 52          |  |
| N° 16        | 1.19  | 120.00        | 12.37              | 40.40      |                  |  |
| N° 20        | 0.84  | 98.00         | 5.15               | 35.25      |                  |  |
| N° 30        | 0.59  | 99.00         | 10.20              | 25.05      |                  |  |
| N° 40        | 0.42  | 85.00         | 8.76               | 16.29      | 17 - 28          |  |
| N° 50        | 0.30  | 45.00         | 4.64               | 11.65      |                  |  |
| N° 80        | 0.18  | 23.00         | 2.37               | 9.28       | 8 - 17           |  |
| N° 100       | 0.15  | 14.00         | 1.44               | 7.84       |                  |  |
| N° 200       | 0.07  | 15.00         | 1.55               | 6.29       | 4 - 8            |  |
| < N° 200     |       | 13.00         | 1.34               | 4.95       |                  |  |
| Peso D. L.   |       | 970.20        |                    |            |                  |  |



A&C EXPLORACION GEOTECNIA S.R.L.  
 Miguel A. Arrunátegui Chuman  
 LABORATORISTA

A&C Exploración Geotécnica S.R.L.  
 Cristian Miguel Arrunátegui Brown  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.A.P. 1733-2018

Anexo N° 10: Análisis Granulométrico Mezcla Asfáltica – Muestra C5



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

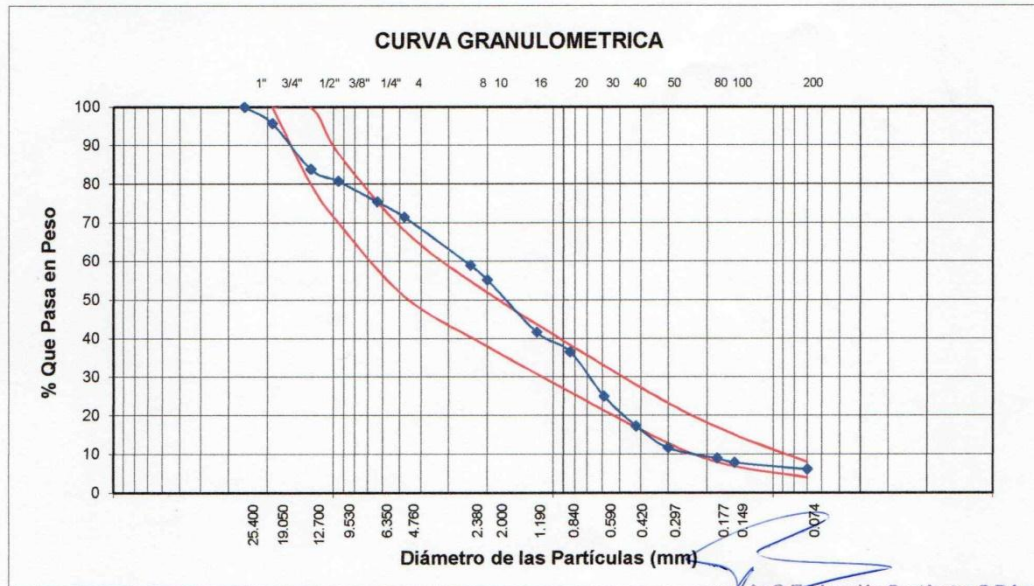
- Mecanica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Roturas de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio - Canteras    - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEZCLA ASFALTICA**

**SOLICITANTE** : SAMUEL MARTINEZ  
**OBRA** : EVALUACION ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL DISTRITO DE PUERTO ETEN  
**UBICACIÓN** : CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
**NORMATIVA** : TABLA 423-03 MAC-02 (MTC-EG-2013)  
**FECHA** : JULIO - 2018  
**MUESTRA** : C-5

| Tamices ASTM |       | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Que Pasa | Especificaciones | TAMAÑO MAXIMO :           |
|--------------|-------|---------------|--------------------|------------|------------------|---------------------------|
| Pulg.        | mm.   |               |                    |            |                  | 1"                        |
| 1"           | 25.40 |               |                    |            |                  | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
| 3/4"         | 19.05 | 41.00         |                    | 95.70      | 100              |                           |
| 1/2"         | 12.70 | 113.00        | 11.86              | 83.84      | 80 - 100         |                           |
| 3/8"         | 9.53  | 30.00         | 3.15               | 80.69      | 70 - 88          |                           |
| 1/4"         | 6.35  | 51.00         | 5.35               | 75.34      |                  |                           |
| N° 04        | 4.76  | 38.00         | 3.99               | 71.35      | 51 - 68          | OBSERVACIONES             |
| N° 08        | 2.38  | 119.00        | 12.49              | 58.87      |                  |                           |
| N° 10        | 2.00  | 35.00         | 3.67               | 55.19      | 38 - 52          |                           |
| N° 16        | 1.19  | 129.00        | 13.54              | 41.66      |                  |                           |
| N° 20        | 0.84  | 93.00         | 5.15               | 36.51      |                  |                           |
| N° 30        | 0.59  | 110.00        | 11.54              | 24.97      |                  |                           |
| N° 40        | 0.42  | 73.00         | 7.66               | 17.31      | 17 - 28          |                           |
| N° 50        | 0.30  | 54.00         | 5.67               | 11.64      |                  |                           |
| N° 80        | 0.18  | 26.00         | 2.73               | 8.91       | 8 - 17           |                           |
| N° 100       | 0.15  | 10.00         | 1.05               | 7.86       |                  |                           |
| N° 200       | 0.07  | 17.00         | 1.78               | 6.08       | 4 - 8            |                           |
| < N° 200     |       | 14.00         | 1.47               | 4.61       |                  |                           |
| Peso D. L.   |       | 953.00        |                    |            |                  |                           |



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.**  
*Miguel A. Arrunategui Chuman*  
**LABORATORISTA**

*Miguel A. Arrunategui Brown*  
**INGENIERO A&C - 132- 2018**  
 Reg. CIP. N° 174530



Anexo N° 11: Análisis Granulométrico Mezcla Asfáltica – Muestra C8



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecanica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Roturas de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503  
 ayceploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.ayceploraciongeotecnicasrl.com

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEZCLA ASFALTICA**

**SOLICITANTE** : SAMUEL MARTINEZ  
**OBRA** : EVALUACION ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES EN EL DISTRITO DE PUERTO ETEN  
**UBICACIÓN** : CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
**NORMATIVA** : TABLA 423-03 MAC-02 (MTC-EG-2013)  
**FECHA** : JULIO - 2018  
**MUESTRA** : C-8

| Tamices ASTM |       | Peso Retenido | % Retenido Parcial | % Que Pasa | Especificaciones | TAMAÑO MAXIMO : 1"  |
|--------------|-------|---------------|--------------------|------------|------------------|---|
| Pulg.        | mm.   |               |                    |            |                  |   |
| 1"           | 25.40 |               |                    |            |                  | <b>DESCRIPCION DE LA MUESTRA</b><br>PESO A. LAVADO : 1092.00 gr<br>PESO D. LAVADO : 1038.80 gr<br>C.A. : 4.87 % |
| 3/4"         | 19.05 | 60.00         |                    | 94.22      | 100              |   |
| 1/2"         | 12.70 | 99.30         | 9.56               | 84.67      | 80 - 100         |   |
| 3/8"         | 9.53  | 41.20         | 3.97               | 80.70      | 70 - 88          |   |
| 1/4"         | 6.35  | 65.00         | 6.26               | 74.44      |                  |   |
| N° 04        | 4.76  | 44.70         | 4.30               | 70.14      | 51 - 68          | <b>OBSERVACIONES</b>  |
| N° 08        | 2.38  | 131.00        | 12.61              | 57.53      |                  |   |
| N° 10        | 2.00  | 42.00         | 4.04               | 53.48      | 38 - 52          |   |
| N° 16        | 1.19  | 132.00        | 12.71              | 40.78      |                  |   |
| N° 20        | 0.84  | 97.00         | 5.15               | 35.63      |                  |   |
| N° 30        | 0.59  | 102.40        | 9.86               | 25.77      |                  |   |
| N° 40        | 0.42  | 95.00         | 9.15               | 16.63      | 17 - 28          |   |
| N° 50        | 0.30  | 65.00         | 6.26               | 10.37      |                  |   |
| N° 80        | 0.18  | 22.00         | 2.12               | 8.25       | 8 - 17           |   |
| N° 100       | 0.15  | 13.20         | 1.27               | 6.98       |                  |   |
| N° 200       | 0.07  | 14.30         | 1.38               | 5.60       | 4 - 8            |   |
| < N° 200     |       | 14.70         | 1.42               | 4.19       |                  |   |
| Peso D. L.   |       | 1038.80       |                    |            |                  |   |

