



**UNIVERSIDAD PRIVADA TELESUP**  
**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL Y**  
**DESARROLLO INMOBILIARIO**

**TESIS**

**MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**APLICANDO ADITIVO AGGREBIND PARA ESTABILIZAR**  
**SUELOS EN LA CALLE LOS EUCALIPTOS, EN EL**  
**DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA-2018.**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**  
**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**  
**Bach. HUMPIRI VENTURA CARLOS ARON**

**LIMA – PERÚ**  
**2018**

**ASESOR DE TESIS**

---

**Mg. OVALLE PAULINO DENIS CHRISTIAN**

# **JURADO EXAMINADOR**

---

**Mg. EDMUNDO JOSE BARRANTES RIOS**

**Presidente**

---

**Mg. JUAN ANTENOR CACEDA CORILLOCLA**

**Secretario**

---

**Mg. EDWIN HUGO BENAVENTE ORELLANA**

**Vocal**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis la dedico a mi familia, en especial a mi padre Carlos Humpiri Quispe y mi madre Diosabel Ventura Ramírez, quienes siempre estuvieron apoyándome y enseñándome que a pesar de los obstáculos siempre se debe salir adelante, inculcándome valores tanto en lo personal y en el ámbito profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios por siempre estar presente y cuidarme de las cosas malas. Gracias a mis familiares por apoyarme en cada año de mi carrera universitaria y profesional.

## RESUMEN

El mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivos AGGREBIND para estabilizar suelo, mejora la resistencia y durabilidad, reduciendo costo y tiempo, así mismo poder dar una buena calidad de vida a los pobladores y no generar enfermedades respiratorias por el polvo generado por el tránsito de los vehículos y desgaste de neumáticos de los vehículos que por existencia de fallas del pavimento puedan generar accidentes en la calle los Eucaliptos.

El objetivo del presente trabajo de investigación el mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la calle los Eucaliptos, en el Distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

Para la presente investigación se ha utilizado el tipo de investigación aplicada, método de investigación cuantitativa, diseño de investigación experimental.

Como resultado se demostró que efectivamente el pavimento flexible si mejoró significativamente aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la calle los Eucaliptos, en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

**Palabras clave:** Pavimento flexible, aditivo AGGREBIND.

## **ABSTRACT**

The improvement of flexible pavement by applying AGGREBIND additives to stabilize soil, improves strength and durability, reducing cost and time, while also being able to give a good quality of life to the inhabitants and not generate respiratory diseases dust generated by the trafficability of vehicles and tyre wear of vehicles that due to the existence of pavement failures can generate accidents in the street the Eucalyptus.

The objective of this research work the improvement of flexible pavement by applying AGGREBIND additive to stabilize soils in the street the Eucalyptus, in the District of Chaclacayo – Lima-2018.

For this research has been used the type of application research, quantitative research method, experiment research design.

As a result, it was show that effectively flexible pavement if significantly improve by applying AGGREBIND additive to stabilize soils in the street the Eucalyptus, in the district of Chaclacayo-Lima-2018.

**Keywords:** Flexible pavement, AGGREBIND additive.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Asesor de tesis.....	II
Jurado examinador.....	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimientos.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
Índice de contenidos.....	VIII
Índice de tablas.....	X
Índice de figuras.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII
<b>I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>14</b>
1.1. Planteamiento de problema.....	14
1.2. Formulación del problema.....	15
1.2.1 Problema general.....	15
1.2.2. Problemas específicos.....	15
1.3. Justificación del estudio.....	16
1.4. Objetivos de la investigación.....	17
1.4.1 Objetivo general.....	17
1.4.2. Objetivos específicos.....	17
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	18
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	18
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	22
2.2. Bases teóricas de las variables.....	24
2.3. Definición de términos básicos.....	76
<b>III. MÉTODOS Y MATERIALES.....</b>	<b>78</b>
3.1. Hipótesis de la investigación.....	78
3.1.1. Hipótesis general.....	78

3.1.2.Hipótesis específicas .....	78
3.2. Variables de estudio .....	78
3.2.1. Definición conceptual.....	78
3.3. Tipo y nivel de la investigación .....	79
3.4. Diseño de la investigación .....	79
3.5. Población y muestra de estudio.....	79
3.5.1.Población .....	79
3.5.2.Muestra.....	80
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	80
3.6.1.Técnicas de recolección de datos.....	80
3.6.2.Instrumentos de recolección de datos .....	80
3.7. Métodos de análisis de datos .....	81
3.8. Aspectos éticos.....	81
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>82</b>
4.1. Resultados.....	82
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>102</b>
5.1. Análisis de discusión de resultados. ....	102
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>103</b>
6.1. Conclusiones. ....	103
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>104</b>
7.1. Recomendaciones.....	104
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS.....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>107</b>
ANEXO 1: Matriz de consistencia .....	108
ANEXO 2: Matriz de Operacionalización.....	109
ANEXO 3: Instrumentos .....	111
ANEXO 4: Validación de Instrumentos.....	113
ANEXO 5: Matriz de Datos.....	115
ANEXO 6: Autorización .....	116
ANEXO 7: Expediente Técnico.....	117

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Datos obtenidos de la recolección de información (Fuente estadista)</i> .....	83
<b>Tabla 2.</b> <i>Datos Obtenidos de la recolección de información (Fuente estadista)</i> .....	84
<b>Tabla 3.</b> <i>Datos obtenidos de la recolección de información (Fuente estadista)</i> .....	90
<b>Tabla 4.</b> <i>Datos Obtenidos de la recolección de información (Fuente estadista)</i> .....	91
<b>Tabla 5.</b> <i>Datos obtenidos de la recolección de información (Fuente estadista)</i> .....	98
<b>Tabla 6.</b> <i>Datos Obtenidos de la recolección de información (Fuente estadista)</i> .....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Capas de la estructura de un pavimento flexible.....	25
<b>Figura 2:</b> Tamices de malla Cuadrada.....	29
<b>Figura 3:</b> Detalles de la copa de Casagrande. ....	31
<b>Figura 4:</b> Muestras del suelo. ....	32
<b>Figura 5:</b> Percentiles para determinar el CBR de la subrasante. ....	34
<b>Figura 6:</b> Clasificación del suelo de acuerdo con el CBR.....	34
<b>Figura 7:</b> Periodos de diseños en función del tipo de carretera. ....	36
<b>Figura 8:</b> Clasificación del PCI.....	39
<b>Figura 9:</b> Longitudes de unidades de muestreo asfáltico. ....	40
<b>Figura 10:</b> Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica... 40	40
<b>Figura 11:</b> Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica... 42	42
<b>Figura 12:</b> Piel de cocodrilo nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta. ....	44
<b>Figura 13:</b> Exudación nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta. ....	45
<b>Figura 14:</b> Agrietamiento en bloque nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta. ....	46
<b>Figura 15:</b> Abultamiento y Hundimiento nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta. ....	47
<b>Figura 16:</b> Corrugación nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.....	48
<b>Figura 17:</b> Depresión nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.....	50
<b>Figura 18:</b> Grieta de borde nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta. ....	51
<b>Figura 19:</b> Grieta de reflexión de junta nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta. ....	52
<b>Figura 20:</b> Desnivel carril/Berma nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta. ....	53
<b>Figura 21:</b> Grietas longitudinales y transversales nivel de severidad: baja, media, alta. ....	55
<b>Figura 22:</b> Parcheo y acom. de servicios públicos nivel de severidad baja, media, alta. ....	56
<b>Figura 23:</b> Pulimento de agregados nivel de severidad no se define. ....	57
<b>Figura 24:</b> Cuadro de niveles de severidad para huecos. ....	58
<b>Figura 25:</b> Huecos nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta. ....	58
<b>Figura 26:</b> Cruce de vía férrea nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta. ....	59
<b>Figura 27:</b> Ahuellamiento nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta. ....	61
<b>Figura 28:</b> Desplazamientos nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.....	62
<b>Figura 29:</b> Grietas Parabólicas nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta. ....	63
<b>Figura 30:</b> Hinchamientos nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta. ....	64
<b>Figura 31:</b> Meteorización / desprendimiento de agregados de severidad baja, media, alta. 66	66

<b>Figura 32:</b> Manual informativo .....	67
<b>Figura 33:</b> Proceso para la identificación del tipo del suelo.....	71
<b>Figura 34:</b> Proceso de selección de Tipo de estabilización.....	72
<b>Figura 35:</b> Cajas para comparar los promedios de los CBR con y sin aditivo .....	84
<b>Figura 36:</b> Resultado de ensayo C.B.R. de estudio de suelo sin aditivo . .....	85
<b>Figura 37:</b> Resultado penetración C.B.R. de estudio de suelo sin aditivo. ....	86
<b>Figura 38:</b> Resultado de ensayo C.B.R. de estudio de suelo con aditivo AGGREBIND .....	87
<b>Figura 39:</b> Resultado de Penetración C.B.R. estudio de suelo con aditivo AGGREBIND....	88
<b>Figura 40:</b> Gráfico comparar los promedios de los presupuestos de obra con y sin aditivo	91
<b>Figura 41:</b> Resultado de presupuesto de obra sin aditivo (Fuente: Ingeniero Civil).....	92
<b>Figura 42:</b> Resultado de presupuesto de obra con aditivo AGGREBIND .....	93
<b>Figura 43:</b> Resultado, diferencia de presupuesto con aditivo AGGREBIND y sin aditivo ...	94
<b>Figura 44:</b> Cronograma de Obra sin aditivo, total de 120 días calendarios. ....	95
<b>Figura 45:</b> Cronograma de obra con aditivo AGGREBIND, total 90 días calendarios. ....	96
<b>Figura 46:</b> Gráfico de cajas para comparar los promedios del índice pavimento flexible. ...	99
<b>Figura 47:</b> Resultado de PCI .....	100
<b>Figura 48:</b> Resultado de PCI . .....	101

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto denominado: Mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la calle los Eucaliptos, en el Distrito de Chaclacayo-Lima-2018”, consta de capítulos que se detallan en forma organizada a continuación.

Capítulo I. “El Problema”, identifica el problema para resolver mediante un análisis previo, estableciendo en él una justificación y objetivos que llevaran a cabo la solución de una manera clara y concisa.

Capítulo II. “Marco Teórico”, consta de los fundamentos teóricos que serán base para comprender de manera adecuada y precisa del problema planteado, además será un apoyo científico que guiará durante el desarrollo del proyecto.

Capítulo III. “Metodología”, se indica las metodologías que se utilizaran especificando además las técnicas e instrumentos para recolectar y procesar la información, también describe el camino que deberá seguir para el desarrollo del proyecto.

Capítulo IV. “Resultados”, El mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018. Es una aplicación que mejora la resistencia del pavimento flexible, reduciendo costo, tiempo y mejora la calidad de vida de los pobladores, evitando desgaste de neumáticos y problemas de enfermedades respiratorias generados por el polvo que genera la transitabilidad de los vehículos.

Capítulo V. “Conclusiones y Recomendaciones”, se establecen las conclusiones donde llega el investigador de acuerdo a la solución planteada y desarrollada, también se definen las recomendaciones con respecto a la aplicación.

## **I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento de Problema**

En nuestro planeta los pavimentos flexibles son muy importantes para la población ya sea en la transitabilidad de los vehículos y en lo económico. Según afirma Céspedes, J. (2000) “El pavimento es el acabado de una calle, carretera y pista de aterrizaje, por lo tanto, realizada la explanación, no está aún terminada la vía y para que el tráfico pueda utilizarla es preciso construir el pavimento necesario y suficiente a fin de que los vehículos puedan circular en todo el tiempo, en condiciones de comodidad, economía y seguridad” En la actualidad varios campos que es para pavimentos sea flexibles y pavimentos rígidos. Según explica Montejó, A. (2002). “La tecnología de los pavimentos se ha desarrollado a tal grado de constituir un campo de nuevas especializaciones, por ello, y dado que en nuestro medio de información especializada en el campo de los pavimentos para carreteras se encuentra muy dispersa”.

En el Perú existen diferentes tipos de suelos en la costa, sierra y selva, que, en el proceso constructivo del pavimento flexible, se presentan problemas ya sea en la base granular y sub - base granular. Según manifiesta, Montejó, A. (2002). “Con frecuencia, el ingeniero debe enfrentarse con suelos que tiene que utilizar para una obra determinada y cuyas características le obligan a tomar alguna de las siguientes decisiones: Aceptar el material tal como se encuentra, pero teniendo en cuenta el diseño las restricción impuestas por su calidad, eliminar el material insatisfactorio o abstenerse de usarlo, sustituyéndolo por otro de características adecuadas, Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz cumplir en mejor forma los requisitos deseados o cuando menos que la calidad obtenida sea adecuada. La última posibilidad es la que da origen a la estabilización de suelos (...) Las propiedades de un suelo se pueden alterar por cualquiera de los siguientes procedimientos: estabilización por medios mecánicos de las compactación es el más conocido (...), Estabilidad por drenaje, Estabilidad por medios eléctricos, de los electroósmosis y la utilización de pilotes electro metálicos son probablemente lo mejor conocidos, estabilización por empleo del calor y

calcinación y estabilización por medios químicos, generalmente lograda por la adición de agentes estabilizantes específicos, como el cemento, la cal, el asfalto u otros ”, pág.(75-76)

El distrito de Chaclacayo cuenta con muchos problemas en el ámbito de tránsito vehicular, las calzadas y los suelos se encuentran en mal estado, la entidad que se encarga de ver y supervisar todo tipo de obras es la Municipalidad de Chaclacayo, en donde La Gerencia de Desarrollo Urbano y la Sub Gerencia de Inversión Pública, se encargan de las obras que se generen en el distrito así como la supervisión por parte de la entidad y la gestión para ingresar proyectos para la mejora de la población.

En la calle los Eucaliptos, el pavimento flexible y la base granular y sub - base granular se encuentran en mal estado y existen varios tipos de fallas superficiales del pavimento que impiden una buena calidad de tránsito vehicular donde generan desgaste de neumáticos de los vehículos y accidentes, que surgen a raíz de varios factores, sea por la transitabilidad de los vehículos, estudios deficientes de la infraestructura vial, deslizamiento de agua o por el pesar de los años.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál sería el mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivos AGGREBIND para estabilizar suelos, en la calle los Eucaliptos en el Distrito de Chaclacayo-Lima-2018?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Cuál sería la diferencia del presupuesto de obra aplicando aditivo AGGREBIND y sin aditivo, en el mejoramiento del pavimento flexible, en la calle los Eucaliptos en el Distrito de Chaclacayo-Lima-2018?

¿Cuál sería el índice de condición del pavimento flexible, en la calle los Eucaliptos en el Distrito de Chaclacayo-Lima-2018?

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

Este proyecto de investigación tiene por finalidad mejorar el pavimento flexible aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la calle los Eucaliptos, en el distrito de Chaclacayo. Así mismo con la aplicación del aditivo AGGREBIND permite estabilizar el suelo con material propio de la base granular existente en la vía, así optimizar mano de obra, costo y tiempo del proyecto a emplear así poder dar una calidad de vida a los pobladores y no generar enfermedades respiratorias por el polvo generado por los vehículos, desgaste de neumáticos de los vehículos y hasta pueden generar accidentes por la existencia de fallas del pavimento presentado en la zona.

#### **Justificación teórica.**

La investigación tiene por finalidad dar una buena calidad de vida a la población y una buena transitabilidad para los vehículos en el distrito de Chaclacayo donde se va a evaluar el estado actual de pavimento flexible e indicar sus tipos de fallas para luego mejorar a través de la utilización del aditivo AGGREBIND para estabilizar los suelos y tengan una mayor resistencia para soportar cargas de 40 toneladas aproximadamente y no generen ningún tipo de incomodidad a la población.

#### **Justificación práctica.**

La investigación se va a realizar porque el pavimento flexible, la base granular y la sub - base granular existentes se encuentra en mal estado, donde se va a mejorar aplicando el aditivo AGGREBIND para estabilizar los suelos y tener una mayor resistencia, durabilidad, reduce, costo y tiempo.

#### **Justificación tecnológica.**

Se aplicará aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos, el actual proyecto se está elaborando para responder a las necesidades que cuenta la población de dicha zona para la transitabilidad de los vehículos, aplicar el aditivo es un método

innovador y nuevo que va a generar la reducción de costo y tiempo, así mismo tendrá una mayor resistencia y durabilidad. Por ello, seremos capaces de llevar adelante y cumplir con los objetivos y metas previstas para mejorar el pavimento flexible.

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar cuál sería el mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivos AGGREBIND para estabilizar los suelos, en la calle los Eucaliptos en el Distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

Evaluar cuál sería la diferencia del presupuesto de obra aplicando aditivo AGGREBIND y sin aditivo, en el mejoramiento del pavimento flexible, en la calle los Eucaliptos en el Distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

Evaluar cuál sería el índice de condición del pavimento flexible, en la calle los Eucaliptos en el Distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

En la búsqueda que hemos realizado con la finalidad de obtener más información acerca del tema, se han encontrado los siguientes trabajos de los cuales ninguno se refiere a la presente investigación:

#### **2.1.1. Antecedentes Nacionales**

Se encontró el estudio realizado por Angulo, D. y Rojas, H. (2016) en su tesis llamada: "ENSAYO DE FIABILIDAD CON ADITIVO PROES PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN EL AA.HH. EL MILAGRO, 2016".

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; Los ensayos de fiabilidad con el aditivo PROES ayuda a la estabilización del suelo para una buena penetración en la carretera del AA. HH. El Milagro.

El método de la investigación es diseño pre - experimental, los pre - experimentos se llaman así porque su grado de control es mínimo.

Las conclusiones a las que arribó en su investigación son: El tipo de investigación que realizaron con el aditivo PROES en los ensayos de fiabilidad son factibles para estabilizar los suelos, según los resultados se puede realizar los trabajos en la zona y realizar las combinaciones de los agregados que tienen un gran volumen como A-3(0) en 85% y A-7-5(9) en 15% de un (23.6 a 83) % triplicando el CBR de natural a la aplicación del aditivo Proes que alcanzo un 352%.

Se encontró el estudio realizado por Robles, R. (2015) en su tesis llamada: "CÁLCULO DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) BARRANCO-SURCO-LIMA".

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; "Determinar

el Índice de Condición de Pavimento en la Av. Pedro Osma de la cuadra N°1 a la cuadra N°8 a partir de la determinación y evaluación de las patologías del pavimento basado en la Norma ASTM D6433-07”.

El método de la investigación que se aplicó a este proyecto de investigación es descriptivo y diseño no experimental.

Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: Como plantea el PCI es un método visual para ver el estado de los pavimentos sean flexibles o rígidos, este método es muy útil y fácil de aplicar donde detalla que realizó este método en la Av. Pedro de Osma en el distrito de Surco – Lima, donde el pavimento era mixto, donde se detalla que el pavimento está deteriorado, y algunas partes solo necesitan un mantenimiento ya que presentan un mínimo porcentaje de fallas estructurales. Y que debido al análisis visual que se aplica el PCI este no está preparado para medir una infraestructura vial ni ver la resistencia del pavimento.

Se encontró el estudio realizado por Palli, E. (2015) en su tesis llamada: “LA DEFORMACION PERMANENTE EN LAS MEZCLAS ASFALTICAS Y EL CONSECUENTE DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS EN EL PERU.

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; Determinar la influencia de la estabilización de suelos con cal en las propiedades mecánicas de los suelos plásticos y elaborar una guía básica para estabilización de suelos en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román.

El método de la investigación es de diseño experimental, así como también la metodología de desarrollo.

Las conclusiones a las que arribo en su investigación son: Que la estabilización de suelos con Cal mejora las propiedades del agregado de la cantera, al momento de mezclar el suelo con la cal producen floculación e intercambio iónico, en las cuales alúmina las propiedades del suelo y el agua e incrementa el

soporte CBR del suelo.

Se encontró el estudio realizado por León, K. (2016) en su tesis llamada: "FUNCIONALIDAD DEL ADITIVO SÓLIDO ROCATECH 70/30 COMO AGLOMERANTE PARA UNA BASE ESTABILIZADA CON LA TECNOLOGÍA PROES EN EL PROYECTO RED VIAL N°3-CUSCO.

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; Que se va a demostrar que la utilización del aditivo Rocatech 70/30 da la misma funcionalidad que el cemento portland para que una base estabilizada con la tecnología Proes cumple con el nivel estructural requerido.

El método de la investigación es Científico porque aportará como estrategia de investigación al ciclo completo de la investigación.

Las conclusiones a las que arribo en su investigación son: Que los suelos estabilizados con el aditivo Proes son muy útiles, otorgan cohesión al material y aumenta la resistencia tienen un comportamiento muy estable, flexible del suelo. Y el coeficiente que estabiliza la tecnología Proes, es de  $a^2 = 0.200$  para el espesor en pulgadas  $a^2 = 0.079$  en espesor en centímetros. Mediante la utilización del aditivo Rocatech 70/30 tiene un funcionamiento similar al cemento tipo I sirve como aglomerante para el aditivo Proes que eleva la capacidad de soporte que se llegó a aplicar mediante el CBR de 153.19% (Rocatech 70/30 – Proes con dosis de 55kg/m<sup>3</sup> – 0.28Lt/m<sup>3</sup>) de 18.00% (natural) en la cantera 85+500 y CBR de 170.49 % (Rocatech 70/30 – Proes con dosis de 55kg/m<sup>3</sup> – 0.28Lt/m<sup>3</sup>) de 18.29 % (natural) en la cantera 79+500. Y el módulo que es elástico de la base Proes es estable y duradero no contiene ninguna falla frágil. El espesor que se va a aplicar con el aditivo Proes para estabilizar el suelo es de 11 cm, en la cual se obtiene un número estructural de 0.87 y el uso del Rocatech 70/30 para la aplicación de la base estabilizada es económico que al uso del cemento.

Se encontró el estudio realizado por Velarde, A. (2015) en su tesis llamada: "APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA EN LA

## DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE SUELOS ARCILLOSOS ESTABILIZADOS CON CAL Y CEMENTO.

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; Determinar la máxima resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento aplicando la metodología de superficie de respuesta.

El método de la investigación que se aplicó a este proyecto de investigación es de diseño no experimental.

Las conclusiones a las que arribó en su investigación son: Que la metodología de implementación de superficie de respuesta en la estabilización de los suelos arcillosos con cal y cemento tiene una resistencia elevada, en donde el porcentaje de cal y cemento tuvo valor de resistencia de compresión simple en la cual el coeficiente de la determinación es factible en los lugares de Huaje y Salcedo.

Se encontró el estudio realizado por Palomino, K. (2016) en su tesis llamada: "CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CON LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZADOR MAXXSEAL 100".

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; Determinar la capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso con incorporación de 2%,4% y 6% del estabilizador Maxxseal 100.

El tipo de diseño de investigación es experimental.

Las conclusiones a las que arribó en su investigación son: Que la investigación realizada, se ha demostrado que la utilización de Maxxseal 100 en un suelo arcilloso, eleva la capacidad del soporte del terreno.

Así mismo el suelo donde se realizó el estudio el tipo de arcilla era baja a mediana de plasticidad que según AASHTO pertenece al grupo A-7-6 (5) de un suelo arcilloso. En donde la variación del índice de plasticidad fue bajando mediante la aplicación del estabilizador Maxxseal 100.

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

Se encontró el estudio realizado por Cedeño, J. (2014) en su tesis llamada: “PROPUESTA DE METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA A LOS DISEÑOS DE PAVIMENTOS SEGÚN AASHTO 93”.

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; Elaborar una aplicación que permita un rápido diseño y análisis aproximado de una estructura de pavimento flexible tomando en consideración todas las variables y ecuaciones propuestas por metodología de diseño AASHTO 93.

El enfoque metodológico de la presente investigación es un enfoque cuantitativo y de tipo descriptivo.

Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: Se pudo ver que en las tablas la estructura del pavimento están sometidos a altas temperaturas en el país de Ecuador se sitúan en la costa, que no está comparado con la Sierra donde el pavimento tiene un comportamiento bueno ante la fatiga de la calzada debido a las bajas temperaturas en donde se debe tener en cuenta aumentar la rigidez de la calzada de no cumplir con la resistencia puede generar fatiga en la carpeta asfáltica. Asimismo tener la información disponible permite al que va a diseñar opciones al conocer el comportamiento de variables que se presentan en las distintas zonas del país. La Propuesta que está planteando resulta muy útil y acceder a resultados aproximados acerca del comportamiento de la estructura del pavimento flexible como en las cargas y efectos del medio ambiente.

Se encontró el estudio realizado por López, J. (2016) en su tesis llamada: “EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL, E INCIDENCIA EN EL DETERIORO TEMPRANO DE LA RED VIAL EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”.

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; Elaborar un modelo de diseño de pavimentos para mejorar su comportamiento estructura y evitar el deterioro temprano de la red vial en la provincia de Tungurahua

El enfoque metodológico de la presente investigación es cuantitativo / cualitativo.

Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: Que las infraestructuras existentes del pavimento que cuentan con Sub base granular, base granular y carpeta asfáltica se tienen que rehabilitar y reforzar su estructura así como los que cuentan con una capa de rocas y carpeta asfáltica existentes se tiene que demoler y construir nuevamente para no generar pérdidas económicas y las vías que se encuentran en terreno natural se tienen que realizar un diseño de vías para que se pueda ejecutar la construcción.

Se encontró el estudio realizado por Quiroz, W. (2017) en su tesis llamada: "COMPARACIÓN ENTRE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON EMULSIÓN ASFALTICA Y LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON ASFALTO Y DIESEL PARA DETERMINAR CUAL ESTABILIZACIÓN PROPORCIONA MAYOR DENSIDAD APARENTE Y RELACIÓN DE SOPORTE CBR".

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; Comparar la estabilización del esfuerzo del suelo con emulsión asfáltica, y la estabilización con asfalto y diésel para determinar que estabilización proporciona mayor densidad aparente y valor relativo de soporte CBR.

El enfoque metodológico y tipo de investigación es exploratorio, de nivel explicativo y de diseño experimental.

Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: Según la investigación planteada se determinó que para realizar una estabilización se tiene que verificar el tipo de suelo mediante el ensayo de granulometría y en donde se realizó dicho estudio y se obtuvo el tipo de Arena Limosa. Así mismo se concluyó que el suelo con asfalto y emulsión asfáltica en caliente, dió como densidad un valor de 2.484 gr/cm<sup>3</sup>, que según el CBR de la capacidad portante del suelo se determinó

que tienen el mismo resultado y no se puede diferenciar. En donde económicamente resulta más accesible la estabilización de suelo con emulsión asfáltica.

Se encontró el estudio realizado por Gavilanes, E. (2015) en su tesis llamada: “ESTABILIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE MEDIANTE CAL Y CEMENTO PARA UNA OBRA VIAL EN EL SECTOR DE SANTO PAMPA BARRIO COLINAS DEL SUR”.

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; Analizar y evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la modificación y estabilización de suelo en el sector de Santos Pamba en el barrio Colinas del Sur empleando adiciones de cal y cemento en diferentes porcentajes para determinar estabilización de plasticidad del material de sub - rasante en la vía.

El enfoque metodológico de la presente investigación experimental y documental.

Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: Según la investigación planteada se realizó estudio de suelos en la calle A del barrio colinas de sur en la ciudad de Quito, donde cuenta con una sub- rasante de tipo limo arenoso, con pómez y de color café claro, según la normal internacionales de estabilización se recomendó estabilizar con cemento, así mismo el índice de plasticidad del suelo estabilizado con cemento disminuye y mediante la relación del porcentaje que pasa por la malla N°200 a la malla N°40, no será mayor en 0.65. En la cual al realizar la operación se tiene como porcentaje que en la Malla N°40 es de 98% y en la malla N°200 es de 62%.

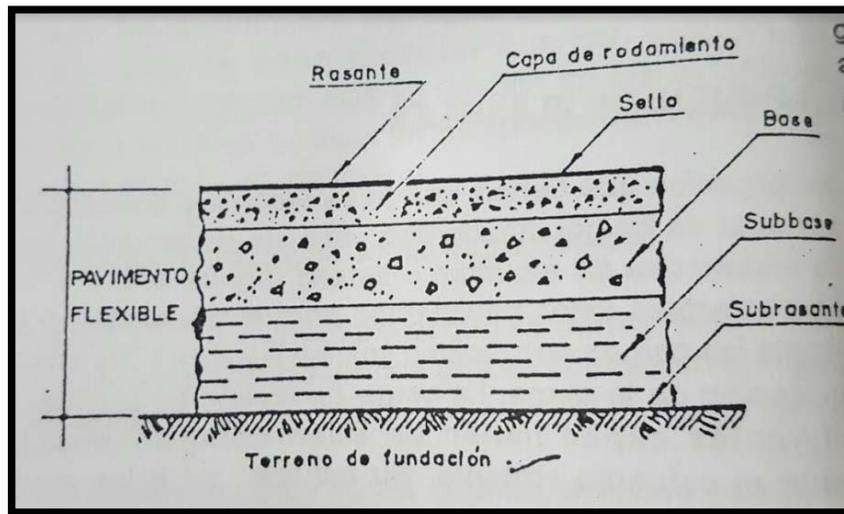
Por lo tanto, es recomendable y ventajoso para estabilizar dicho suelo ya que al momento de dimensionar la estructura se logra disminuir el espesor de la vía ya sea pavimento rígido o pavimento flexible y su capacidad de soporte y económicamente el costo será bajo en la construcción.

## **2.2. Bases teóricas de las variables**

### **2.2.1 Pavimento Flexible**

Según Rondón, H. y Reyes, F. (2015) “La estructura de pavimento del tipo flexible

pueden ser definidas como estructuras viales conformadas por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez, compuestas por materiales granulares no tratados o ligados (base, sub - base, afirmado y en algunos casos sub - rasantes mejorada o material de conformación), que a su vez se soportan sobre el terreno natural o sub - rasante. Los esfuerzos que generan las cargas vehiculares se disipan a través de cada una de las capas de la estructura de tal forma que, al llegar a la sub - rasante, la resistencia mecánica del suelo que la compone debe ser capaz de resistir dicho esfuerzo sin generar deformaciones que permitan el deterioro funcional o estructural de la vía.” Así mismo afirma Céspedes, J. (2000) “Los pavimentos flexibles, debido a la falta de cohesión de sus capas, son muy flexibles y se deforman con el peso de las cargas de los vehículos” (pág. 29).



*Figura 1 Capas de la estructura de un pavimento flexible*

*Fuente: Los pavimentos en las vías terrestres, Calles, Carreteras y Aeropuerto Céspedes, J. (2000).*

Según el autor indica que la infraestructura del pavimento flexible es una vía para el tránsito vehicular que cuenta con una capa asfáltica o capa de rodamiento, base granular, sub - base granular y sub - rasante, así mismo es donde hace función de la mecánica de suelo para soportar esas cargas que generan los vehículos y realizar un diseño con las dimensiones de sus capas para no generar algún daño en la estructura vial.

### **2.2.1.1 Capa de Rodamiento**

Según afirma Céspedes, J. (2000) “La que se coloca sobre la base y que está formada por una mezcla bituminosa. Su función es primordial es proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones del agua de lluvia que podría saturar parcial o totalmente las capas inferiores. Además, evita que se desgaste o se desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos. Así mismo, la capa de rodamiento contribuye, en cierto modo, a aumentar la capacidad soporte del pavimento especialmente si su espesor es apreciable (más de 3””. (pág. 39)

Según afirma el autor la capa de rodamiento es la parte superior de la base, es una mezcla bituminosa en donde es muy importante su funcionamiento ya que protege a las bases ante las lluvias que se generan, así evitar la pérdida de afirmado, también evita el desgaste de la base que genera la transitabilidad de los vehículos, así mismo se tiene que realizar un diseño de pavimento que su espesor aceptable es de 3”.

### **2.2.1.2 Base Granular**

Según Afirma Rondón, H. y Reyes, F. (2015) “La base granular es la capa de la estructura de pavimento que por lo general subyace a la carpeta asfáltica en un pavimento flexible, a la losa de concreto en uno de tipo rígido y a la capa estabilizada con cementante hidráulico en uno semirrígido. Esta capa está compuesta por materiales granulares no tratados colocados sobre la sub - base. En algunas ocasiones esta capa puede ser construida directamente sobre la sub - rasante cuando esta presenta buen comportamiento mecánico. La función principal de esta capa en pavimentos flexibles es transmitir las cargas impuestas por el tránsito con intensidades adecuadas a las capas subyacentes. Adicionalmente contribuye al drenaje y facilitar los procesos constructivos.” (Pág. 371)

Según afirma el autor la base granular es la capa estructural del pavimento flexible que va debajo de la carpeta asfáltica o capa de rodamiento en donde esta capa

está compuesta por agregados no tratados colocados en la parte superior de la sub - base. Así mismo también se puede construir dicha base sobre la sub - rasante si su comportamiento estructural es recomendable. En la cual está la base granular trasmite las cargas que generan los vehículos.

### **2.2.1.3 Sub Base Granular**

Según Manifiesta Rondón, H. y Reyes, F. (2015) “La sub - base granular es la capa de la estructura de pavimento que subyace a la base granular, compuesta por materiales granulares no tratados colocadas generalmente sobre la sub - rasante, la sub - rasante mejorada, el afirmado o el terraplén. Al igual que la capa de base, la sub - base presenta como función principal en pavimento flexibles, transmitir a la sub - rasante los esfuerzos que el transito impone en magnitudes moderadas y tolerables por esta. También contribuye al drenaje y facilita los procesos constructivos. En algunas ocasiones sirve para contrarrestar los cambios volumétricos producidos por sub - rasante de material expansivo”. (pág. 373)

Según Manifiesta el Autor referido la sub - base granular es una capa del pavimento que está en la parte superior de la sub - rasante, que está compuesta por agregados no tratados colocadas generalmente por la sub - rasante, esta capa es muy importante trasmite la sub - rasante los esfuerzos que los vehículos generan, así mismo en algunas ocasiones contrarrestar los cambios volumétricos.

### **2.2.1.4 Sub Rasante**

Según manifiesta Rondón, H. y Reyes, F. (2015) “Es la capa sobre la cual se soporta o cimenta la estructura del pavimento (terreno natural de cimentación o de explanación en una vía). Debe soportar en última instancia las cargas producidas por el tránsito, presentar un comportamiento adecuado ante la acción del medio ambiente y suministrar apoyo uniforme a la estructura del pavimento. De la calidad de esta capa depende, en gran parte, el espesor que tendrá un pavimento”.

Según manifiesta el autor referido la sub - rasante es la capa que soporta la infraestructura vial del pavimento, es la última capa del terreno natural que soporta

la carga que generan la transitabilidad de los vehículos, esta capa es muy importante ya que de esta depende el diseño del espesor del pavimento.

### **2.2.2 Estudio de Suelo**

Según afirma Montejo, A. (2002) “En la ingeniería de pavimentos se considera como roca a un agregado natural de granos minerales, unidos por grandes y permanentes fuerzas de cohesión. Por otra parte, se considera que suelo es un agregado natural de granos minerales, con o sin componentes orgánicos, que pueden separarse por medios mecánicos comunes, tales como la agitación en agua”. Así mismo manifiesta Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2015) “La exploración e investigación del suelo es muy importante tanto para la determinación de las características del suelo, como para el correcto diseño de la estructura del pavimento. Si la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de las pruebas aun con exigencias de precisión no tendrán mayor sentido para los fines propuestos”.

Según afirma el autor referido la ingeniería de pavimentos que los agregados de roca son minerales que están entrelazados por fuerzas de cohesión y los suelos son agregados naturales que cuentan con granos naturales, y que se puede separar por medios mecánicos. Así mismo manifiesta el manual, que la investigación del suelo es muy importante para el diseño de pavimento y ver sus características en donde se tiene que realizar muestras y enviar a un laboratorio, pero si estas muestras no están bien representadas los resultados no tendrían ningún sentido.

#### **2.2.2.1 Contenido de Humedad de un Suelo**

Según manifiesta Manual de Ensayo de Materiales, (2016) “La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. Este modo operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante de un horno controlado a  $110 \pm 5$  ° C\*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del

agua”.

Según manifiesta el manual el contenido de humedad del suelo es que se representa por un porcentaje ya que el peso del agua de la muestra del suelo natural se elimina mediante un horno que asciende a  $110 \pm 5^\circ\text{C}^*$ . Y la resta de peso natural de la muestra menos el peso seco que estaba en el horno sale como resultado el peso del agua.

### 2.2.2.2 Análisis Granulométrico

Según afirma Juárez, E. (2005) “Los límites de tamaño de las partículas que constituyen un suelo, ofrecen un criterio obvio para una clasificación descriptiva del mismo. Tal Criterio fue usado en Mecánica de Suelos desde un principio e incluso antes de la etapa moderna de esta ciencia. Originalmente, el suelo se dividía únicamente en tres o cuatro fracciones debido a lo engorroso de los procedimientos disponibles de separación de tamaños, posteriormente, con el advenimiento de la técnica del cribado, fue posible efectuar el trazo de curvas granulométricas, contando con agrupaciones de partículas del suelo en mayor número de tamaños diferentes”.

Según manifiesta Manual de Ensayo de Materiales, (2016) Este modo operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (Nº 200)”.

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Figura 2: Tamices de malla Cuadrada

Fuente: Manual de ensayo de materiales, (2016).

Según afirma el autor referido que los tamaños de las muestras realizadas del suelo tienen como criterio realizar una clasificación que se aplicó en la mecánica de suelos ya desde la su etapa moderna de la ciencia mencionada. Ya que antes solo se dividía de 2 a 4 fracciones porque el ensayo era tedioso para la clasificación de suelos, así mismo manifiesta el manual de ensayo de materiales que el método que se aplica describe el porcentaje de suelos que pasan por los tamices hasta llegar al tamiz N°200.

### **2.2.2.3 Ensayo de Límite de Plasticidad**

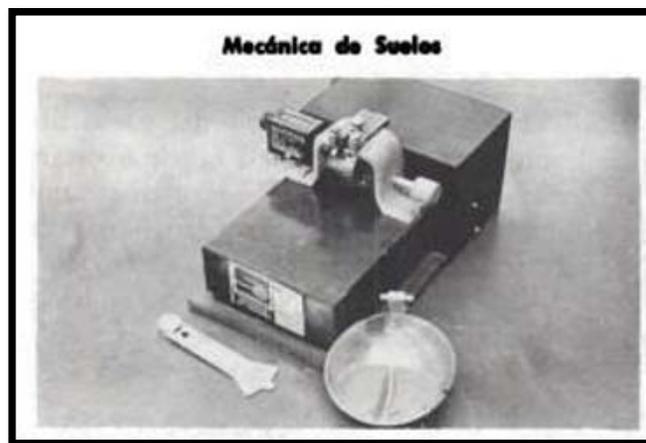
Según afirma Juárez, E. (2005) “Para medir la plasticidad de las arcillas se han desarrollado varios criterios, de los cuales uno solo, el debido a Atterberg se mencionará en lo que sigue. Atterberg hizo ver que, en primer lugar, la plasticidad no era una propiedad permanente de las arcillas, si no circunstancial y dependiente de su contenido de agua. Una arcilla muy seca puede tener la consistencia de un ladrillo, con plasticidad nula, u esa misma, con gran contenido de agua, puede presentar las propiedades de un lodo semilíquido o inclusive, las de una suspensión líquida. Entre ambos extremos, existe un intervalo del contenido de agua en que la arcilla se comporta plásticamente”. Según manifiesta Manual de Ensayo de Materiales, (2016) “Se denomina Limite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3.2 mm (1/8”) de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), Sin que dichas barritas se desmoronen (...) en la cual la porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa – filtros tarados, se continua el proceso hasta reunir unos 6 g. de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108”.

Según afirma el autor que para poder evaluar la plasticidad de las arcillas existen varios criterios en donde Atteberg afirma que la plasticidad no era una propiedad de la arcilla que es depende de su contenido de agua ya que una arcilla seca puede parecer a un ladrillo, Según manifiesta el manual de ensayo de materiales que el límite plástico es la humedad más baja en donde se forman barritas aproximadamente de 3.2 mm de diámetro, que se rueda con la palma de la

mano sin que dichas barras se rompan luego se envía al horno sobre unas láminas de vidrio para poder determinar la humedad.

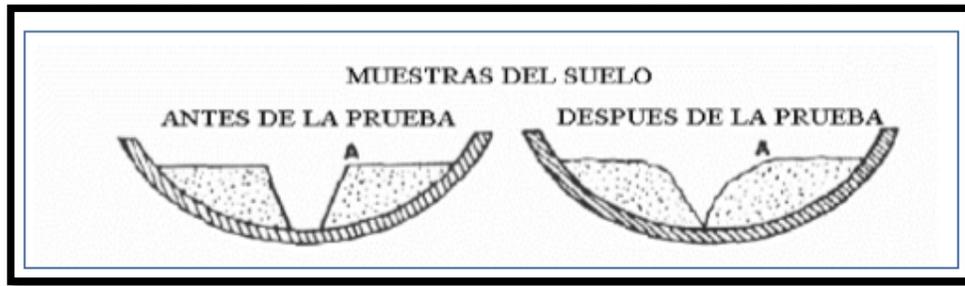
#### **2.2.2.4 Ensayo de Limite Líquido**

Según afirma Juárez, E. (2005) “Cuando la plasticidad se convirtió en una propiedad índice fundamental, a partir de la utilización de Terzaghi y Casagrande hicieron de ella, la determinación de los límites de plasticidad se transformó en prueba de rutina en todos los laboratorios; en este caso, los métodos de Atteberg se revelaron ambiguos, dando que la Influencia del operador es grande y que muchos detalles, al no estar especificados, quedaban a su elección. En vista de lo cual, Terzaghi sugirió a Casa grande la tarea de elaborar un método de prueba para la determinación del límite liquido estandarizado todas sus etapas, de modo que operadores diferentes en laboratorios distintos obtuvieron los mismos valores”. Así mismo manifiesta Manual de Ensayo de Materiales, (2016) “Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo”.



*Figura 3: Detalles de la copa de Casagrande.*

Fuente: Mecánica de suelos. (2005)



*Figura 4: Muestras del suelo.*

Fuente: Manual de ensayo de materiales, (2016).

Según afirma el autor que la plasticidad es muy importante desde la utilización de Terzaghi y Casa grande en donde el ensayo determinaba el límite de plasticidad en donde se convirtió en rutina de los laboratorios, en donde se recomendó la utilización de Casa grande ya que mediante la aplicación de varios métodos se obtenían los mismos resultados, así mismo manifiesta el manual el contenido de humedad se ve en porcentajes así sea en estados líquidos y plástico. En donde se utiliza la Casa grande y se separa en 2 partes en una distancia de 13mm y cuando la copa da 25 golpes a una altura de 1 cm cada dos caídas por segundo.

#### **2.2.2.5 Ensayo de Compactación**

Según Afirma Juárez, E. (2005) “La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtienen al sujetar el suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos. Por lo general, las técnicas de compactación se aplican a rellenos artificiales, tales como cortinas de presas de tierra, diques, terraplenes para caminos y ferrocarriles, bordos de defensa, muelles, pavimentos, etc. Algunas veces es bueno compactar el terreno natural, como en el caso de cimentaciones sobre arenas sueltas. Así mismo manifiesta Manual de Ensayo de Materiales, (2016) “Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada ( 2700 kn-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>) este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de

compactación) compactados en un molde de 101,6 mm ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una energía de compactación de ( 2700 kn-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

Según afirma el autor que la compactación es muy importante para ver el aumento de la resistencia y la disminución de la deformación que obtienen al compactar el suelo en donde aumento el peso específico seco, y disminuye los espacios vacíos, en las cuales se usan mayormente en obras viales, hidráulicas y terraplenes para caminos y ferrocarriles para ver el grado de compactación, así mismo el manual manifiesta que se puede establecer un método de ensayo que es el Proctor modificado que utilizan en el laboratorio una gran energía para alcanzar ( 2700 kn-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>) en donde se ve la compactación así determinar el contenido de agua y el peso unitario seco de las muestras del suelo en donde se rellena en un molde 5 capas y mediante un pitón o martillo se realiza 56 golpes produciendo una gran energía de compactación.

#### **2.2.2.6 CBR de suelos (Californian Bearing Ratio)**

Según manifiesta Manual de Ensayo de Materiales, (2016) “Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, sub - base y materia de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento”. Según Afirma Rondón, H. y Reyes, F. (2015) “Este ensayo debe realizarse sobre el suelo en estado saturado para simular su condición más crítica. Por este motivo los especímenes en el laboratorio se sumergen en agua durante cuatro días, con una carga aplicada sobre la superficie de dichos especímenes, la cual representa en teoría la masa de la estructura del pavimento que soporta la subrasante. El CBR mide de manera indirecta en el suelo una resistencia al corte (penetración) y/o una rigidez (esta última propiedad a través de la relación entre una carga y el desplazamiento). Para el diseño de pavimento, por unidad homogénea de suelo, se recomienda como mínimo la relación de cinco ensayos de CBR. La totalidad de los valores del CBR se ordenan de menor a mayor con el fin de determinar el porcentaje de valores

iguales o mayores de cada valor de CBR. Con estos datos se elabora un gráfico de porcentaje de valores iguales o mayores de cada valor de CBR vs. CBR. Con el gráfico se selecciona el valor del percentil de diseño de acuerdo con el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas que circulan en el carril y en el periodo de diseño (variable tránsito, N). Con base a este percentil se estima el CBR de diseño”. (Pág. 383).

CBR [%]	Clasificación general	Usos
0 – 3	Muy pobre	Subrasante
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante
7 – 20	Regular	Afirmados y subbase
20 – 50	Bueno	Subbase y base
> 50	Excelente	Base

Figura 5: Percentiles para determinar el CBR de la subrasante.

Fuente: Pavimentos, Materiales, Construcción y Diseño, (2015).

CBR [%]	Clasificación general	Usos
0 – 3	Muy pobre	Subrasante
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante
7 – 20	Regular	Afirmados y subbase
20 – 50	Bueno	Subbase y base
> 50	Excelente	Base

Figura 6: Clasificación del suelo de acuerdo con el CBR.

Fuente: Pavimentos, Materiales, Construcción y Diseño, (2015).

Según el manual manifiesta que el ensayo del CBR sirve para evaluar la resistencia y soporte de la base granular, sub base granular y sub rasante, para que se pueda hacer un buen diseño de pavimento flexible, según afirma el autor referido que dicho ensayo se debe realizar en un suelo saturado para que simulen el estado crítico, en donde las muestras se sumergen en un molde bajo agua

durante 4 días en donde se aplican una carga encima de las muestras, el CBR mide indirectamente la resistencia de corte en donde se recomienda que mínimo se tiene que realizar cinco pruebas de CBR para llegar a una conclusión y verificar el porcentaje iguales o mayores de cada valor. Que de acuerdo al percentil de diseño el número de ejes equivalentes es de 8.2 toneladas con base a ese percentil se realiza el diseño de pavimento flexible.

### **2.2.3 Estudio de Tráfico**

Según afirma Menéndez, J. (2012) “El tráfico es uno de los factores más relevantes en el diseño del pavimento. Su correcta determinación depende de muchos factores que pueden conducir a una estimación inadecuada del mismo. Los métodos actuales se basan en transformar los diferentes tipos de vehículos en un eje estándar equivalente, para posteriormente calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo de diseño del pavimento (ESAL). Esta forma de cálculo conlleva a una serie de errores en la estimación del daño, en especial cuando se trata de ejes simples y ejes no convencionales. Sin embargo, el método de diseño de NCHRP considera el tráfico a través del espectro de cargas por cada tipo de vehículo, es decir, toma en cuenta el hecho de que cada tipo de vehículo tiene un rango de cargas en los diferentes ejes que dependen de la configuración del mismo, la cantidad de carga que trasladan y las condiciones del vehículo. De esta forma los cálculos ya no son efectuados bajo el concepto de ESAL sino directamente con la distribución de cargas por tipo de vehículo”. (Pág. 163). Así mismo manifiesta Rondón, H. y Reyes, F. (2015) “Esta variable es difícil de establecer y caracterizar ya que los vehículos que circulan por una vía presentan diferentes magnitudes, configuraciones de ejes, presiones de inflado, velocidad de circulación y número de llantas. Por lo general que circulan en el carril y el periodo de diseño (N)”.

Según afirma el autor que el tráfico es muy importante para poder diseñar el pavimento ya que depende de muchos factores, últimamente se basan en conteo vehicular en un eje estándar así poder hacer el diseño del pavimento flexible pero el método que realizan genera errores, sobre todo en ejes equivalentes simples, en la cual el método de diseño de NCHRP considera que el tráfico se debe realizar

por cada vehículo, en donde cada uno tiene una carga y ejes diferentes así como el número de llantas que circulan por la vía para realizar un diseño correcto del pavimento.

### 2.2.3.1 Periodo de Diseño

Según afirma Menéndez, J. (2012) “Este aspecto es de suma importancia para la determinación de la factibilidad económica de la solución que se plantee, en ninguno de los casos podrá ser menor que el periodo de vida útil de la estructura planteada que por lo general es de 10 a 20 años en los pavimentos flexibles y de 20 a 30 años en los pavimentos rígidos. En este punto es importante tomar en cuenta las restricciones legales para el análisis de factibilidad de proyectos con fondos públicos a pesar de que estos procedimientos se orientan a periodos de corto plazo que no permiten soluciones adecuada en especial en proyectos de tráfico medio”.

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30-50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20-50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15-25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10-20 años
Afirmadas o lastradas	5-10 años

Figura 7: Periodos de diseños en función del tipo de carretera.

Fuente: Ingeniería de Pavimentos, Materiales, Diseño y Conservación, (2012).

Según afirma el autor que es muy importante el periodo de diseño sobre todo para la economía ya que se proyecta la vida útil de la infraestructura vial, así como en los pavimentos flexibles varía de 10 a 20 años y en pavimento rígidos de 20 a 30 años, así mismo se estima el diseño de la vía y se realiza un análisis del proyecto, si sería factible o no ya que se generan procedimientos de corto plazo y no cuentan con una solución adecuada.

### **2.2.3.2 Índice Medio Diario Anual (IMDA)**

Según afirma Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, (2018) “Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica. Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimientos. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte de la carretera. La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del periodo de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual. Estos volúmenes pueden ser obtenidos en forma manual o con sistemas tecnológicos. La IMDA (Intensidad media diaria anual), también conocida por su sigla en inglés AADT (Average Annual Daily Traffic), se utiliza fundamentalmente para el planeamiento: Proyección de vías, programas de acondicionamiento de pavimento, determinación de tendencias en el uso de las vías, determinación de características geométricas de carácter general, proyectos de señalización e iluminación, estudios medio ambientales, estudios de impacto acústico, entre otros” (pág. 92).

Según manifiesta el manual de Diseño Geométrico 2018 que el Índice Medio diario anual (IMDA) realiza el volumen diario según la sección de la vía determinada, en donde brindan información al proyectista de las características para el diseño de la vía, para que se pueda realizar algún mejoramiento, el índice de los valores es vehículo/día es muy importante para evaluar y medir el tránsito vehicular de la vía, en donde el diseño de la vía se mide mediante el volumen del tránsito calculando el número de cada vehículo y asciende a una tasa de crecimiento al año, estos datos pueden ser obtenidos en forma de conteo vehicular manual o sistemas modernos como tecnológicos. Concluyendo la IMDA es muy

importante para el diseño de la vía, sea señalización e iluminación, estudios ambientales, etc.

### **2.2.3.3 Tráfico de Diseño**

Según manifiesta Menéndez, J. (2012) “La forma más común de la carga equivalente utilizada en el diseño de pavimento es el equivalente de carga por eje único del 18 kips (80kn), abreviado como ESAL. Fue presentado en el conocido AASHO Road Test en donde los factores de equivalencia para convertir un pase de cualquier eje de carga dada a los pasos equivalentes a un 18. kip (80kn) carga por eje único se determinaron a partir de datos de carreteras de la prueba. Los factores de equivalencia conocida como el factor de ESAL, se derivan en base al daño de los efectos relativos de varias cargas por eje, con los daños causados por el estándar de 18 – kip (80Kn) solo eje tomado como unidad. Para diseñar un pavimento de carreteras, es necesario predecir el número de repeticiones de cada grupo de ejes de carga durante el periodo de diseño. La información del tráfico inicial puede ser obtenida sobre mediciones de campo, estaciones de conteo, peajes o vías que tienen características de tráfico similares a aquellas del proyecto en cuestión. El tráfico diario inicial es de 2 direcciones sobre todos los carriles de tráfico y debe ser multiplicado por factores direccionales y de distribución de carril para obtener el tráfico inicial en el carril de diseño. El tráfico a ser usado en el diseño es el tráfico promedio durante el periodo de diseño, de manera que el tráfico tenga que ser multiplicado por un factor de crecimiento, Siendo N, el numero para un grupo de carga”. (pág. 174)

Según manifiesta el autor que el equivalente más usado en el diseño del pavimento es la carga por eje único de 80 kn. Ya que fue publicado en el AASHOP ROAD EST, en donde se ve el daño que causan las cargas en el eje al aplicar los 80kn. Tomando solo un eje como unidad. Así mismo para diseñar una vía es muy importante ver el índice de repeticiones de ejes de carga durante se está realizando el diseño, la información para el realizar el diseño es mediante un conteo vehicular, mediciones de campo, peajes o vías. En donde se tiene que realizar una formula teniendo los datos para el diseño de tráfico de manera que se tiene que multiplicar por un factor de crecimiento, en donde N, el número total de repeticiones de dicha

carga debe ser usado para un grupo de carga.

#### 2.2.4 PCI

Según afirma Rondón, H. y Reyes, F. (2015) “El índice de condición del pavimento, PCI, fue publicado por el cuerpo de Ingenieros de la Armada de Estados Unidos en 1978. Este índice es fácil de emplear y no requiere de equipos sofisticados o especiales para ejecutar las evaluaciones viales. El procedimiento es enteramente visual, ofrece buena repetitividad y confiabilidad estadística de los resultados y suministra información confiable sobre las fallas que presenta el pavimento, su severidad y el área afectada al igual que el MDR, el PCI tipifica el estado del pavimento con base en una escala que varía desde 0 (muy mal estado) hasta 100 (perfecto estado)”.

Rango de PCI	Calificación	Intervención
85-100	Excelente	Mantenimiento
70-85	Muy bueno	Mantenimiento
55-70	Bueno	Rehabilitación
40-55	Regular	Rehabilitación
25-40	Malo	Rehabilitación
10-25	Muy malo	Reconstrucción
0-10	Fallado	Reconstrucción

Figura 8: Clasificación del PCI.

Fuente: Pavimentos, Materiales, Construcción y Diseño, (2015).

Según afirma el autor referido que el Índice de condición del pavimento (PCI), fue realizado por ingenieros especializados en la armada de Estados Unidos, en donde este método es fácil de aplicar así poder evaluar el estado actual de la vía, el procedimiento de la evaluación será visual, donde se identifica los tipos de fallas del pavimento y el área afectada mediante unas fichas y se su escala de evaluación es de 0 a 100.

##### 2.2.4.1 Unidades de Muestreo

Según manifiesta Vásquez, L. (2002) “Se divide la vía en secciones o “Unidades de

muestreo” cuyas dimensiones varían de acuerdo con los topos de vía y de capa de rodadura:

a. Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menos que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 230.0 + 93.0 m<sup>2</sup>. En el Cuadro 2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Figura 9: Longitudes de unidades de muestreo asfáltico.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura”. (pág. 3)

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO					
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.					
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO			
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m <sup>2</sup> )			
INSPECCIONADA POR		FECHA			
No.	Daño	No.	Daño		
1	Piel de cocodrilo.	11	Parqueo.		
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.		
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.		
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.		
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.		
6	Depresión.	16	Desplazamiento.		
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)		
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.		
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.		
10	Grietas long y transversal.				
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)

Figura 10: Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.

Fuente: Manual Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según manifiesta el autor que una vía se divide en unidades de muestreo pueden variar en el tipo de falla de la calzada y los tipos de vía. En donde las carreteras asfálticas tienen una medida aproximada para realizar las muestras por longitudes, y dependiendo el ancho de la vía que se va a evaluar en la cual se recomienda realizar los formatos que se puede apreciar en la Figura 10. Donde describe el tipo de falla, daño, severidad y ubicaciones de las fallas.

#### **2.2.4.2 Cálculo del PCI de las unidades de muestreo.**

Según manifiesta Vásquez, L. (2002) “Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada año de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

Calculo para carreteras con capa de rodadura asfáltica:

Etapa 1. Cálculo de los valores Deducidos:

- a) Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna total del formato PCI – 01. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
- b) Divida la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el Área total de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la Densidad del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.
- c) Determine el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor deducido del daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el Tipo de pavimento inspeccionado,

Etapa 2. Cálculo de Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

- a) Si a ninguno o tan solo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV.
- b) Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
- c) Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la ecuación 3:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) \text{ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.}$$

Donde:

$m_i$ : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo  $i$ .

$HDV_i$ : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo  $i$ .

Figura 11: Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

d) El número de valores individuales deducidos se reduce a  $m$ , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que  $m$  se utilizan todos los que se tengan.

Etapas 3. Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- a) Determine el número de valores deducidos,  $q$ , mayores que 2.0.
- b) Determine el "Valor deducido Total" sumando TODOS los valores deducidos individuales.
- c) Determine el CDV con  $q$  y el "Valor deducido Total" en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
- d) Reduzca a 2.0 el menor de los "Valores deducidos" individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que  $q$  sea igual a 1.
- e) El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Etapas 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3". (pág. 6-7)

Según manifiesta el autor para el verificar la información de los tipos de falla se tiene que calcular el PCI, en donde puede ser manualmente o en computadora en donde se tiene que ver los valores deducidos de cada tipo de falla que se encuentra en la vía y la cantidad. En donde se llega en varias etapas como el cálculo de los valores deducidos, el cálculo de número máximo admisible de valores deducidos, el cálculo del "Máximo valor deducido corregido" y el cálculo del PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV que se obtienen en el cálculo del Máximo Valor deducido Corregido (CDV).

### **2.2.4.3 Tipos de fallas o daños en vías con Superficie de concreto Asfáltico.**

#### **2.2.4.3.1 Piel de Cocodrilo**

Según afirma Vásquez, L. (2002) “Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (O base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas longitudinales paralelas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60m. La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento. Niveles de severidad:

L (Low: Bajo): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.

M (Medium: Medio): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

H (High: Alto): Red o Patrón de Grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.

Unidad de medida:

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada”. (pág. 10)

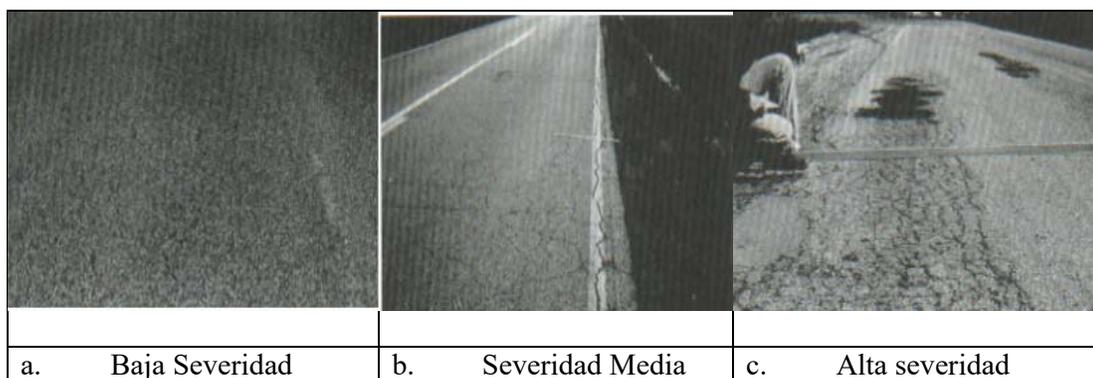


Figura 12: Piel de cocodrilo nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según afirma el autor la piel de cocodrilo son grietas generadas por la falla de fatiga en la capa asfáltica y también por la carga generada por los vehículos, en donde el agrietamiento se genera en la base granular donde el esfuerzo y la deformación son grandes bajo la carga de un vehículo, en la cual se generan polígonos que se asemejan la piel de cocodrilo Así mismo la piel de cocodrilo es un daño que se generan mediante niveles de severidad. Ya sea (L) es bajo, (M) Medio y (H) es alto, en donde la unidad de medida es por metros cuadrados del área dañada.

#### 2.2.4.3.2 Exudación.

Según manifiesta Vásquez, L. (2002) “La exudación es una película de material Bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Niveles de severidad:

L: La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.

M: La Exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual es asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.

H: La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.

Unidad de medida:

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada.”. (pág. 12)

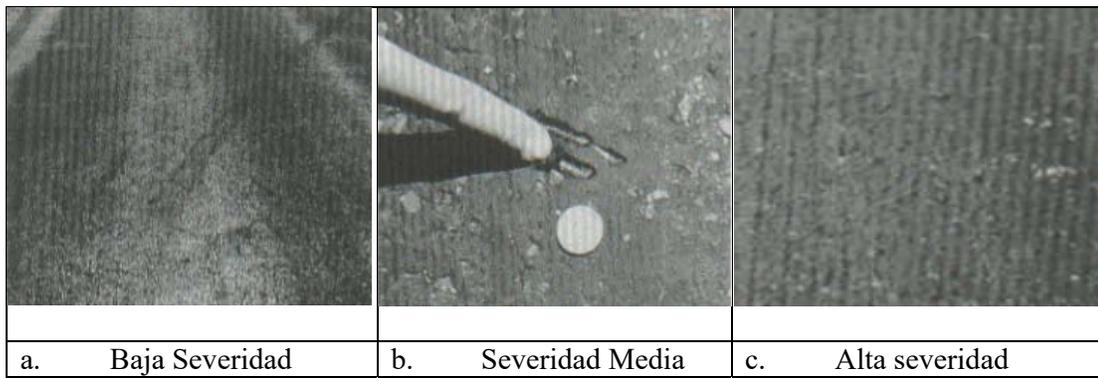


Figura 13: Exudación nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según manifiesta el autor la exudación es el material bituminoso de la carpeta asfáltica en donde se forma de una capa brillante, cristalina y reflectora, que se pegan a las llantas de los vehículos. Esto ocurre por adicionar demasiado asfalto a la mezcla o en la adición de algún sellante asfáltico, es por ello cuando la carpeta asfáltica tiene vacíos al generar la mezcla en lugares de mayor temperatura ambiental es donde se esparce en la carpeta asfáltica. Así mismo indican los niveles de severidad que son (L) Leves, (M) Medio y (H) alto, la unidad de medida de este tipo de falla del pavimento flexible es por metros cuadros.

### 2.2.4.3.3 Agrietamiento en Bloque

Según afirma Vásquez, L. (2002) “Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques

pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.30 m a 0.30 m x 0.30m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (Lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformaciones unitarias). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Los niveles de severidad:

L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.

M: Bloques definidos por grietas de severidad media.

H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

Unidad de medida:

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada". (pág. 14).

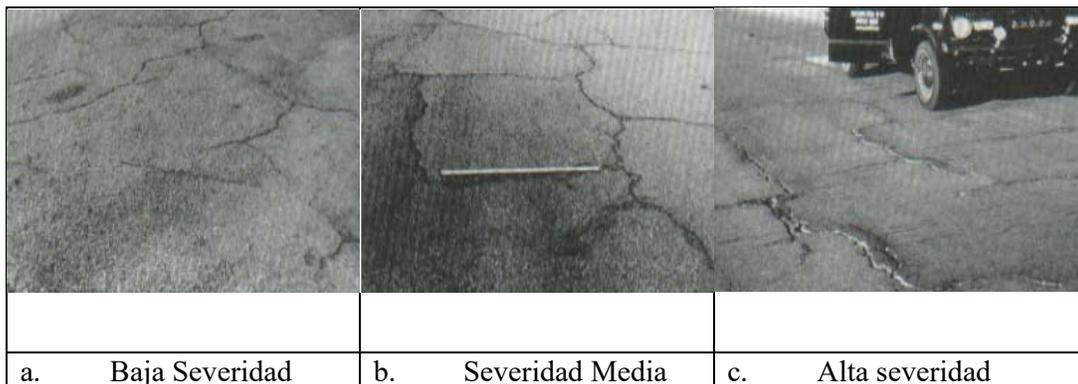


Figura 14: Agrietamiento en bloque nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según afirma el autor que las grietas en bloque de la calzada se dividen en pedazos rectangulares, tienen una variación de 0.30 m x 0.30m. En donde este tipo de falla no se debe a la carga de los vehículos, si no al endurecimiento del asfalto aplicado en dichas zonas, así mismo esto ocurre en un tramo grande del pavimento flexible, pero a veces aparece en lugares que no hay transitabilidad vehicular. En la cual estos tipos de fallas tienen niveles de severidad que son (L) leves, (M) medio

y (H) es alto, la unidad de medida es por metros cuadrados.

#### 2.2.4.3.4 Abultamientos y Hundimientos

Según afirma Vásquez, L. (2002) “Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones”. Niveles de severidad:

L: Los abultamientos o hundimientos origina una calidad de transito de baja severidad.

M: Los abultamientos o hundimientos origina una calidad de transito de severidad media.

H: Los abultamientos o hundimientos origina una calidad de transito de severidad alta.

Unidad de medida:

Se mide en pies lineales (o metros lineales)”. (pág. 16)

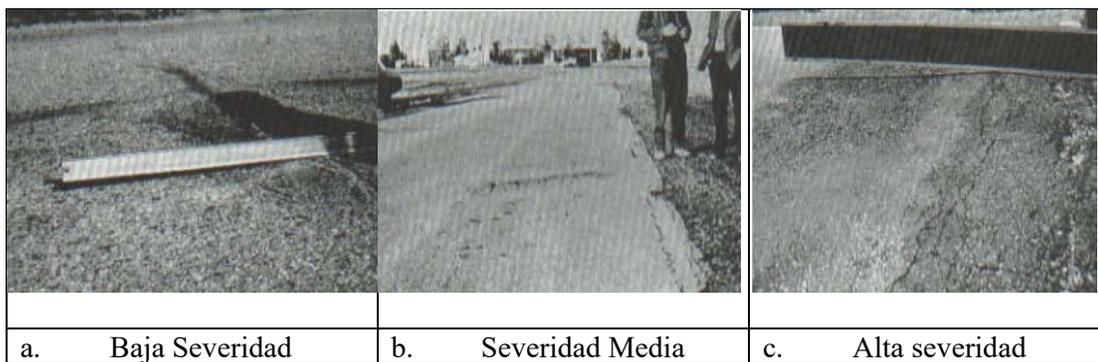


Figura 15: Abultamiento y Hundimiento nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según el autor afirma que los abultamientos son fallas que se desplazan hacia arriba que se ubican en la carpeta asfáltica o capa de rodadura, esto se genera mediante pavimentos inestables en donde suceden por varios factores como una expansión por congelación, elevación del material emitidas por las cargas del tránsito, el hundimientos son fallas que van hacia debajo que se ubican en la carpeta asfáltica y son áreas de gran magnitud, En la cual sus niveles de severidad son (L) leve, (M) medio y (H) alto, su unidad de medida es en metros lineales.

#### 2.2.4.3.5 Corrugaciones

Según afirma Vásquez, L. (2002) “La corrugación (también llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa el daño se denomina corrugación. Niveles de severidad:

L: Corrugaciones producen una calidad de transito de baja severidad.

M: Corrugaciones producen una calidad de transito de mediana severidad.

H: Corrugaciones producen una calidad de transito de alta severidad.

Unidad de medida:

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada”. (pág. 18)

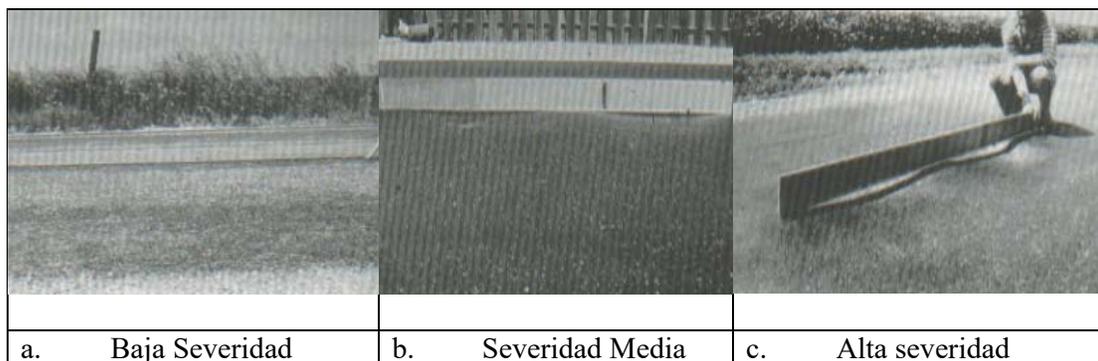


Figura 16: Corrugación nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según afirma el autor la corrugación son depresiones que ocurren de manera regular, la causa que se genera es por la transitabilidad de los vehículos cuando una carpeta asfáltica o base granular está en mal estado. En la cual cuenta con niveles de severidad que es (L) leve, (M) medio y (H) alto, la unidad de medida es por metros cuadrados del área que está dañada.

#### **2.2.4.3.6 Depresión**

Según manifiesta Vásquez, L. (2002) “Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves solo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros”.

En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta.

Original alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o estas llenas de agua pueden causar hidropelano. Niveles de severidad, Máxima profundidad de la depresión:

L: 13.0 a 25.0mm.

M: 25.0 a 51.0mm.

H: Mas de 51.0mm.

Unidad de medida:

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada”. (pág. 20)

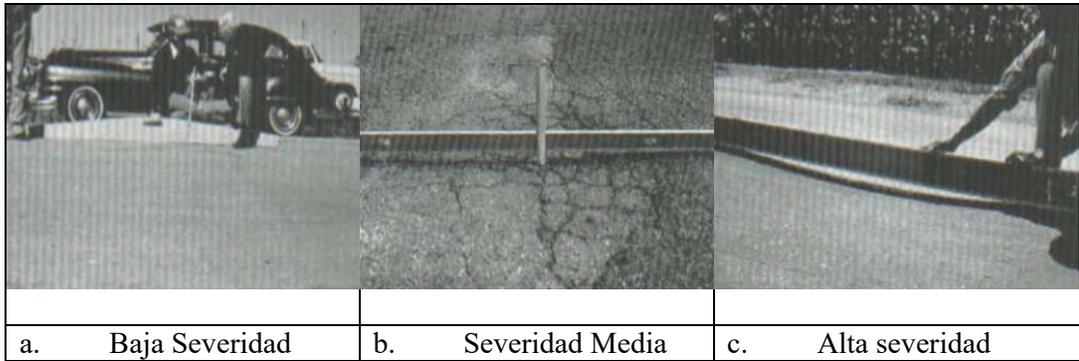


Figura 17: Depresión nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según manifiesta el autor la depresión es el tipo de falla que se ubica en la encima de la carpeta asfáltica, se puede apreciar a simple vista cuando ocurren lluvias se forman como baños de pájaros en el pavimento. Esto es a causa de una mala compactación de la sub - rasante, así mismo estos cuentan con niveles de severidad que son (L) leve, (M) medio y (H) alto, la unidad de medida de este tipo de falla es por metros cuadrados.

#### 2.2.4.3.7 Grieta de Borde

Según afirma Vásquez, L. (2002) “Las grietas de borde son paralelas y generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse). Niveles de severidad:

L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

Unidad de medida:

Se mide en pies lineales (o metros lineales)”. (pág. 22)

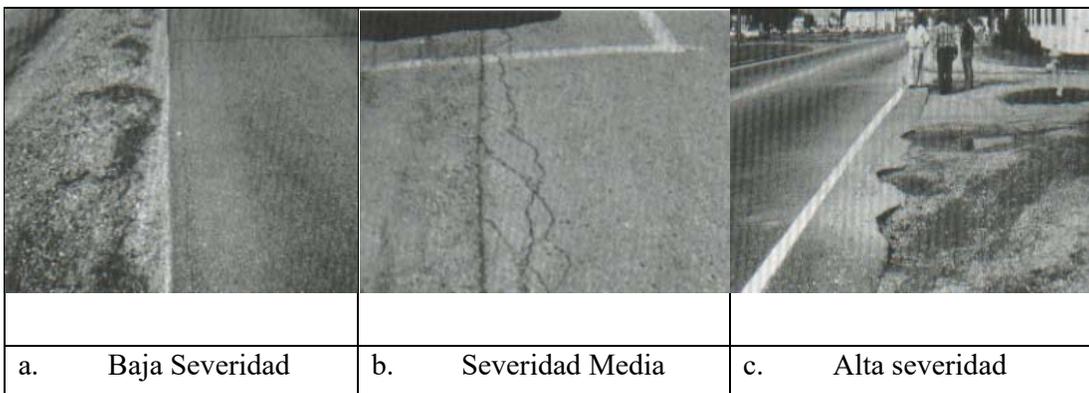


Figura 18: Grieta de borde nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según afirma el autor que la Grieta de borde se origina entre una distancia de 0.30 y 0.60 al borde del pavimento flexible, esto puede ocurrir por las cargas del tránsito vehicular o también por los cambios climáticos o debilitamiento de la base o sub rasante del borde del pavimento, en la cual cuentan con niveles de severidad que se miden (L) leve, (M) medio y (H) alto, la unidad de medida de la grieta de borde se mide en metros lineales.

#### 2.2.4.3.8 Grieta de Reflexión de junta

Según afirma Vásquez, L. (2002) "Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Portland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (Por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Portland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Niveles de severidad:

L: Existe de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0mm.
2. Grieta rellena de cualquier ancho (Con condición satisfactoria del material llenante).

M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0mm y 76.0mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.
3. Grieta sin relleno de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.

H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de medida o alta severidad.
2. Grietas sin relleno de más de 76.0mm.
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (La grieta esta verazmente fracturada).

Unidad de medida:

La grieta de reflexión de junta se mide en pies lineales (o metros lineales)". (pág. 24)

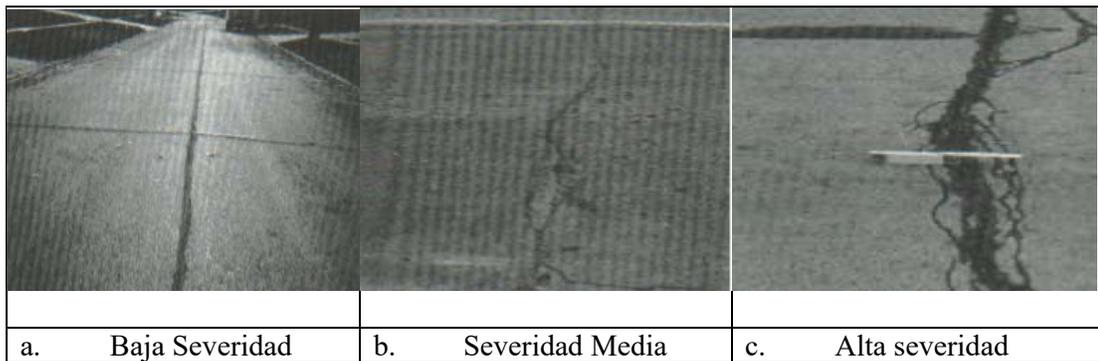


Figura 19: Grieta de reflexión de junta nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según el afirma el autor la grieta de reflexión de junta se genera en la parte superior de la carpeta asfáltica que está construido sobre una capa de concreto, la causa de este tipo de fallas es por el movimiento de la capa del concreto con

cemento Portland, este tipo de falla no tiene nada que ver por la carga de tránsito vehicular, pero si puede causar la rotura de la carpeta asfáltica que está cerca de la grieta. Estas cuentan con un nivel de severidad, (L) leve, (M) medio y (H) alto, en donde la grieta de reflexión se junta se mide por metros lineales.

**2.2.4.3.9 Desnivel Carril/ Berma**

Según manifiesta Vásquez, L. (2002) “El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobre carpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma. Los niveles de severidad:

L: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma esta entre 25.0 y 51.0mm.

M: La diferencia esta entre 51.0 mm y 102mm.

H: La diferencia en elevación es mayor que 102.00mm.

Unidad de medida:

Se mide en pies lineales (o metros lineales)”. (pág. 26)

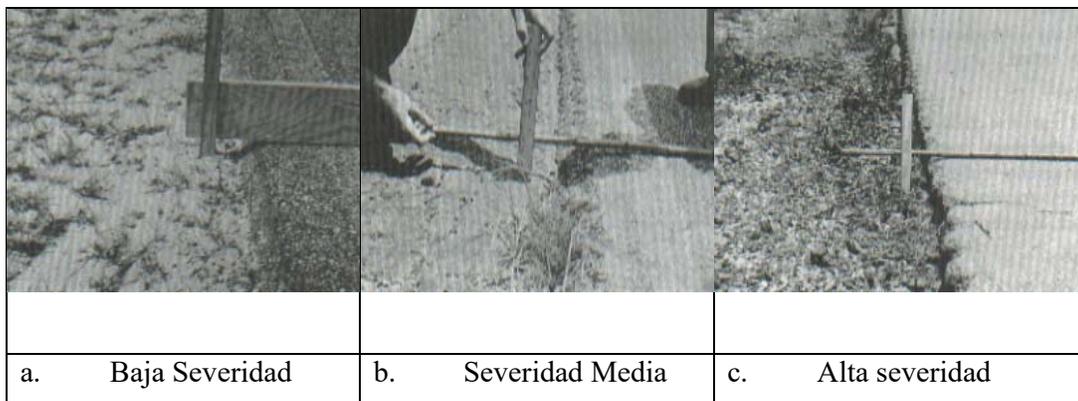


Figura 20: Desnivel carril/Berma nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según manifiesta el autor el desnivel de carril y berma es la diferentes de la calzada con la berma, esto es causado por la implementación de sobre capas de la carpeta asfáltica sin medir la berma. En la cual contienen niveles de severidad que son (L) leve, (M) medio y (H) alto, en donde la unidad de medida es por metros lineales.

#### **2.2.4.3.10 Grietas Longitudinales y Transversales**

Según manifiesta Vásquez, L. (2002) “Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causados por:

1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.
3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Portland, pero no las juntas de pavimento de concreto.

Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente este tipo de grietas no está asociado con carga. Niveles de severidad:

L: Existe una de las siguientes condiciones:

- a. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0mm.
- b. Grieta rellena de cualquier ancho (Con condición satisfactoria del material llenante).

M: Existe una de las siguientes condiciones:

- a. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0mm. y 76.0mm.
- b. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas.
- c. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

- a. Cualquier grieta rellano, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de

severidad media o alta.

- b. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.
- c. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

Unidad de medida:

Las grietas longitudinales y transversales se mide en pies lineales (o metros lineales)". (pág. 28)

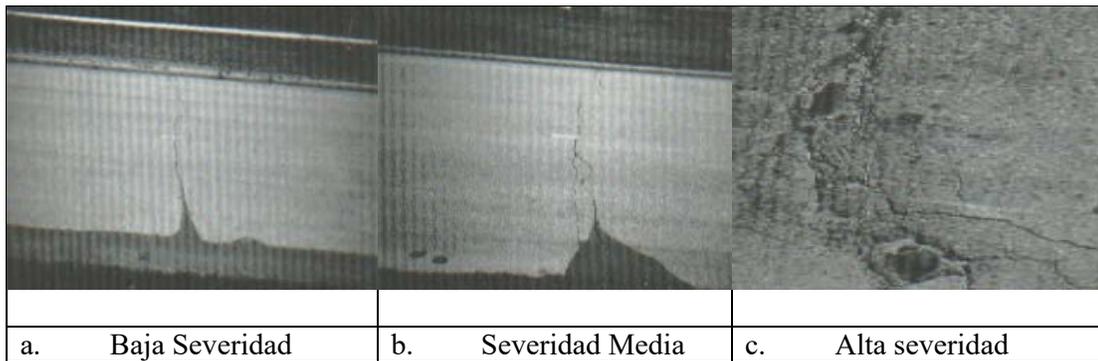


Figura 21: Las grietas longitudinales y transversales nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según manifiesta el autor que las grietas longitudinales y transversales son generadas la junta de un carril del pavimento flexible que está en mal estado, también puede ser debido a bajas temperaturas o el endurecimiento del asfalto ya que varía la temperatura del lugar, estos tipos de fallas no está relacionado con la carga vehicular. También cuentan con niveles de severidad que son (L) leve, (M) medio y (H) alto, la unidad de medida es por metros lineales.

#### 2.2.4.3.11 Parcheo y acometidas de Servicios Públicos.

Según afirma Vásquez, L. (2002) "Un Parche es un área de pavimento la cual ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un Parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (Usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Niveles de severidad:

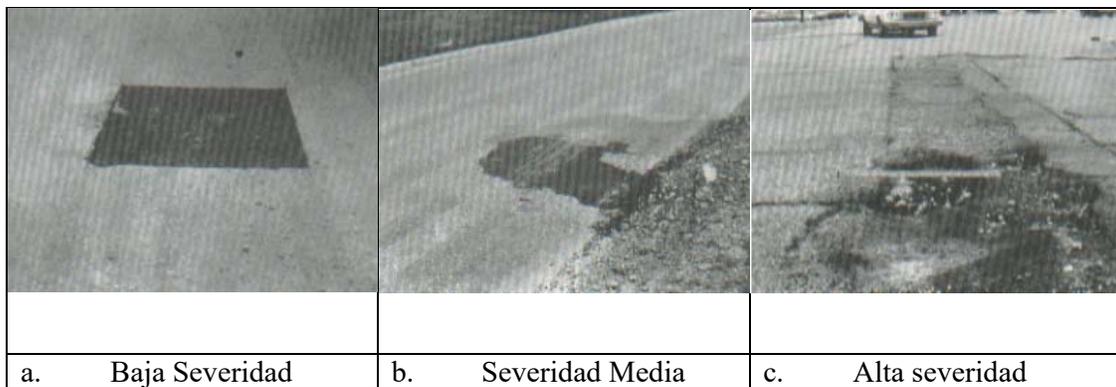
L: El parche está en buena condición y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.

M: El parche esta moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califican como severidad media.

H: El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

Unidad de medida:

Los parches se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada".  
(pág. 30)



*Figura 22: Parcheo y acometidas de servicios públicos nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.*

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según afirma el autor que el parcheo y acometidas de servicios se generan cuando hay un área de la carpeta asfáltica que es reemplazada por un nuevo material para reparar el pavimento flexible, el parche se considera como un tipo de falla que no es muy importante al comportamiento de la misma. En donde cuenta con niveles de seguridad que son (L) leve, (M) medio y (H) alto, la unidad de medida es por metros cuadrados.

#### **2.2.4.3.12 Pulimento de agregados.**

Según afirma Vásquez, L. (2002) “Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la Porción de agregado que esta sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El Pulimento de agregados debe contarse cuando un exámen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa. Niveles de severidad:

No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

Unidad de medida

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada.



*Figura 23: Pulimento de agregados nivel de severidad no se define.*

*Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).*

Según afirma el autor el pulimento de agregados se genera por transitabilidad de los vehículos, cuando el agregado de la carpeta asfáltica tiene contacto con las llantas de los vehículos que transitan por el lugar, así mismo el tipo de la falla del pavimento flexible indica que mediante un ensayo para verificar la

resistencia del deslizamiento es bajo. En la cual el nivel de severidad no se define, la unidad de medida es por metros cuadrados.

**2.2.4.3.13 Huecos.**

Según manifiesta Vásquez, L. (2002) “Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general representan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Niveles de severidad:

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menos de 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos.

Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

Figura 24: Cuadro de niveles de severidad para huecos.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Unidad de medida

Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta”. (pág. 33)

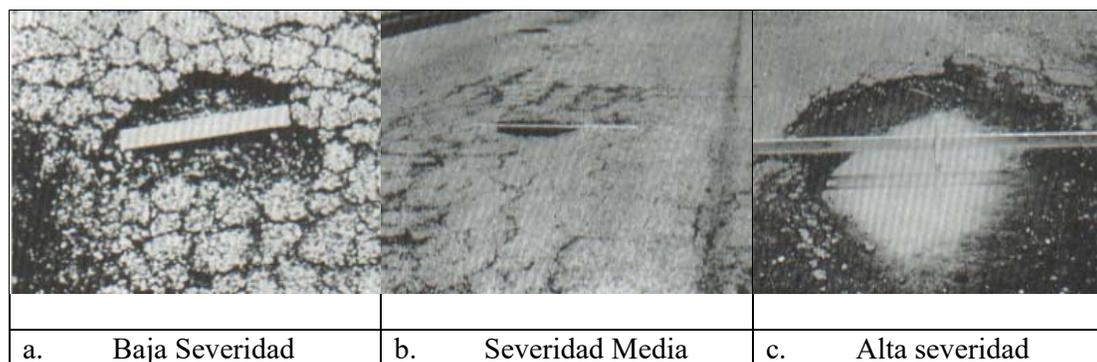


Figura 25: Huecos nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según manifiesta el autor los huecos son fallas que se generan en la carpeta asfáltica, que son diámetros menores aproximados a 0.90m y con una forma de tazón, así mismo este tipo de falla se acelera mediante la acumulación de agua, eso debido a que la carpeta asfáltica es pobre y las bases granulares o sub - rasante no están bien compactadas o porque anteriormente existía la falla de piel de cocodrilo. En la cual los niveles de severidad se miden con estos índices de (L) leve, (M) medio y (H) alto, la unidad de medida es contando todos los niveles de severidad.

#### 2.2.4.3.14 Cruce de vía férrea.

Según manifiesta Vásquez, L. (2002) “Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles. Niveles de severidad: L: El cruce de vía férrea produce calidad de transito de baja severidad.

M: El cruce de vía férrea produce calidad de transito de severidad media.

H: El cruce de vía férrea produce calidad de transito de severidad alta.

Unidad de medida:

Los parches se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) del área afectada”.  
(pág. 30)

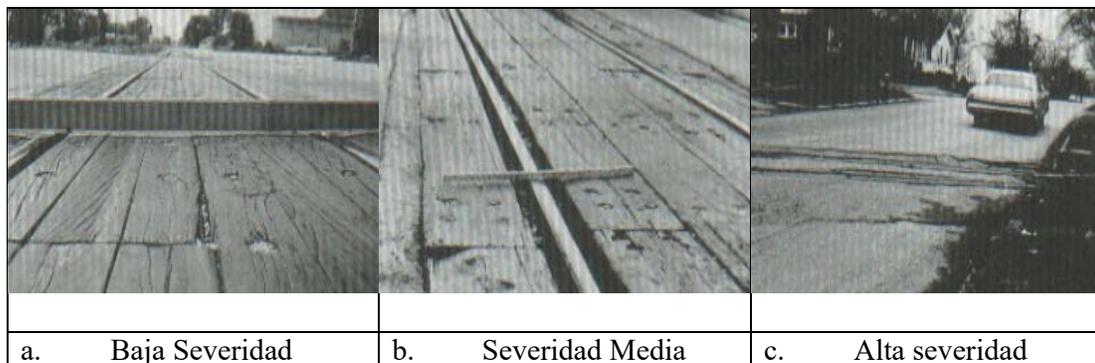


Figura 26: Cruce de vía férrea nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según manifiesta el autor sobre el cruce de la vía férrea que las fallas que se generan son depresiones o abultamientos alrededor de las rieles. En la cual cuentan con niveles de severidad que son (L) leve, (M) medio y (H) alto, en donde la unidad de medida es por metros cuadrados en el área que está dañada.

#### **2.2.4.3.15 Ahuellamiento.**

Según afirma Vásquez, L. (2002) “El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, este solo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua.

El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la sub - rasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento. Niveles de severidad y profundidad media del ahuellamiento:

L: 6.0 a 13.0mm.

M: > 13.0 mm a 25.0mm.

H: > 25.0mm.

Unidad de medida:

El ahuellamiento se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada y su severidad esa definida por la profundidad media de la huella”. (pág. 37)

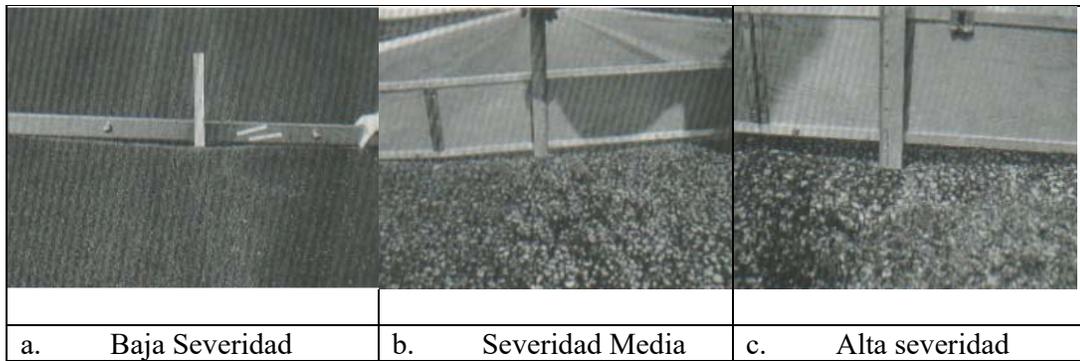


Figura 27: Ahuellamiento nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según afirma el autor el ahuellamiento se genera en la carpeta asfáltica causadas por las huellas de las llantas de los vehículos, en donde se puede generar un levantamiento del pavimento flexible en los lados del ahuellamiento, solo se puede apreciar cuando se generan lluvias y estas llevan las huellas de los vehículos, esto es causado por la carga del tránsito vehicular que puede afectar a la estructura del pavimento flexible.

#### 2.2.4.3.16 Desplazamiento.

Según afirma Vásquez, L. (2002) “El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño solo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables. Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland. Niveles de severidad:

L: El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.

M: El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

H: El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

Unidad de medida:

El desplazamiento se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada y su severidad esa definida por la profundidad media de la huella". (pág. 39)

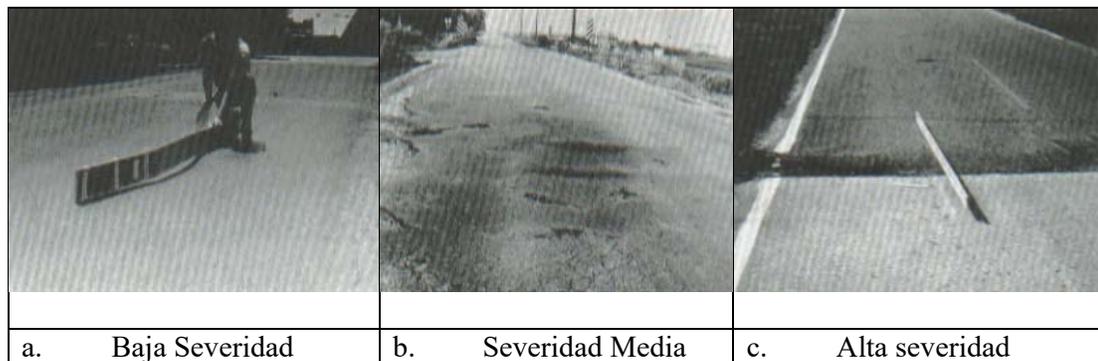


Figura 28: Desplazamientos nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según afirma el desplazamiento se generan por las cargas del tránsito vehicular, en donde el tránsito genera un empuje al pavimento flexible y donde produce una onda y daña la calzada, también se ve en los pavimentos mixtos que la carpeta asfáltica esta sobre el pavimento rígido, en la cual cuentan con niveles de severidad que son (L) leve, (M) medio y (H) alto, la unidad de medida de este tipo de falla es por metros cuadrados.

#### 2.2.4.3.17 Grietas Parabólicas.

Según manifiesta Vásquez, L. (2002) "Las grietas parabólicas por deslizamientos son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada. Nivel de severidad:

L: Ancho promedio de la grieta menos que 10.00mm.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

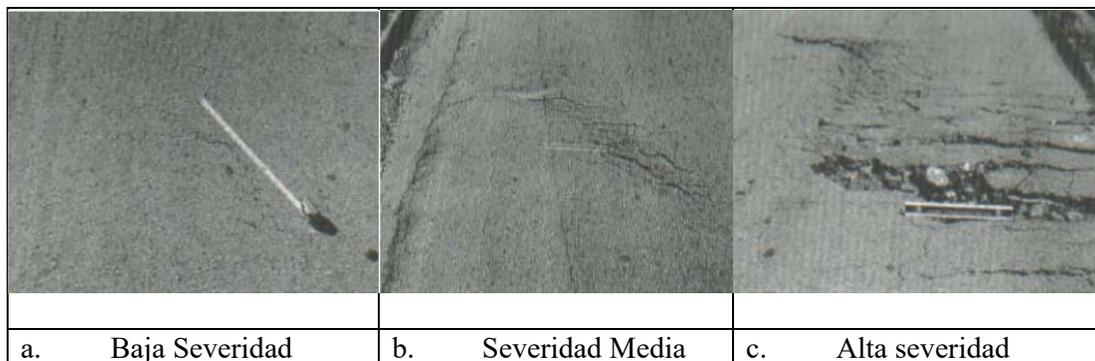
1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0mm.
2. El área alrededor de la grieta esta fracturada en pequeños pedazos ajustados.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta mayor 38.0mm.
2. El área alrededor de la grieta esta fracturada en pedazos fácilmente removibles.

Unidad de medida:

EL área asociada con una grieta parabólica se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada y se califica según el nivel de severidad más alto".  
(pág. 41)



*Figura 29: Grietas Parabólicas nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.*

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según manifiesta el autor las grietas parabólicas son generadas por el tránsito vehicular que cada vez que frenan o hacen un giro las llantas generan un deslizamiento o deformación en la carpeta asfáltica, este tipo de falla del pavimento flexible se genera por un mal diseño o por algún ligante pobre entre la capa de rodadura y la base granular, Cuneta con niveles de severidad que se miden con (L) leve, (M) medio y (H) alto, la unidad de medida de este tipo de falla es por metros cuadrados.

### 2.2.4.3.18 Hinchamiento.

Según afirma Vásquez, L. (2002) “El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0m. El hinchamiento puede ser acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos. Nivel de severidad:

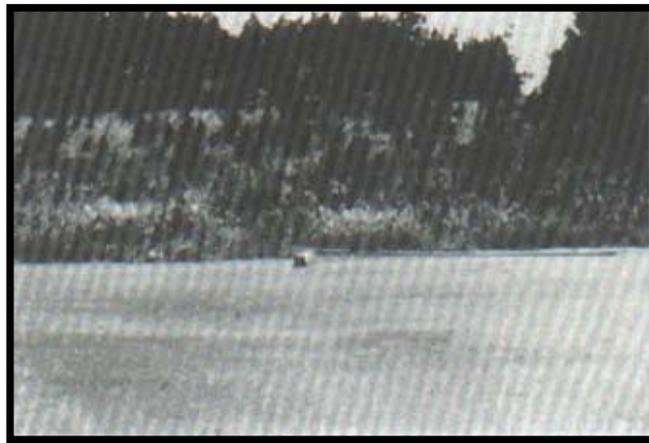
L: El Hinchamiento causa calidad de transito de baja severidad. El hinchamiento se baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.

M: El hinchamiento causa calidad de transito de severidad media.

H: El hinchamiento causa calidad de transito de alta severidad.

Unidad de medida:

El hinchamiento se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados)”. (pág. 43)



*Figura 30: Hinchamientos nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.*

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según afirma el autor el hinchamiento se genera en la carpeta asfáltica en donde se puede apreciar agrietamientos superficiales, la causa de este tipo de falla es por el congelamiento en la sub - rasante o suelos expansivos. En la cual cuenta con niveles de severidad que son (L) leve, (M) medio y (H) alto, la unidad de medida

del tipo de falla es por metros cuadrados.

#### **2.2.4.3.19 Meteorización / Desprendimiento de agregados.**

Según afirma Vásquez, L. (2002) “La meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas d agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento. Niveles de severidad:

L: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.

M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.

H: Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.

Unidad de medida:

La meteorización y el desprendimiento se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados)”. (pág. 43)

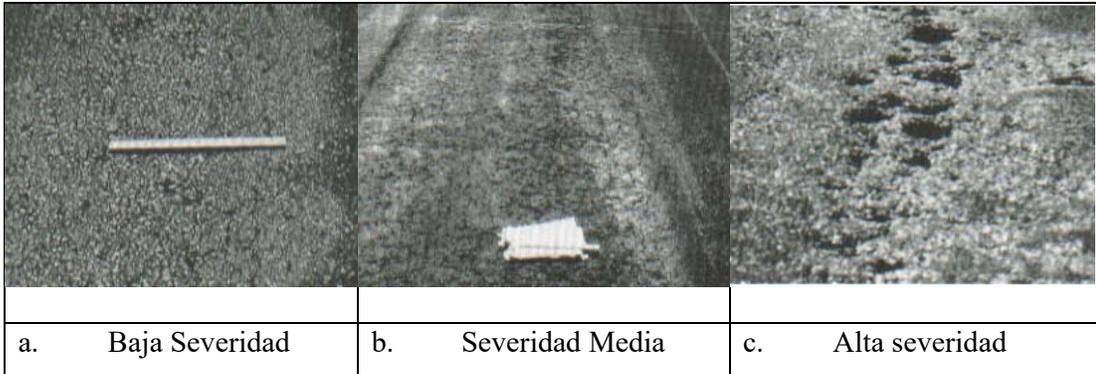


Figura 31: Meteorización / desprendimiento de agregados nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según afirma el autor que la meteorización o desprendimiento de agregados se generan por la transitabilidad de los vehículos, este tipo de falla se debe también a que el ligante asfáltico se ha endurecido o la mezcla de los agregados es de mala calidad o por algún derrame de aceites que se generen como desprendimiento. Los niveles de severidad se miden en (L) leve, (M) medio y (H) alto, la unidad de medida de este tipo de falla es por metros cuadrados.

### 2.2.5 Aditivo AGGREBIND

Como indica AgeEcovias Perú SAC, (2017) “Que AggreBind es un estabilizador de suelos, y por su composición química, es un polímero de cadenas cruzadas de estireno acrílico, no es corrosivo, no es volátil, interactúa positivamente con cualquier material de construcción y mejora considerablemente la capacidad de carga y compactación de cualquier suelo in - situ”. Según la NORMA TECNICA MTC E 1109, (2004) plantea: “Los estabilizadores químicos pueden tener afectos sobre una o varias de las propiedades de desempeño del suelo de acuerdo al tipo específico y condiciones de aplicación del estabilizador químico, así como del tipo de suelo tratado”.

Como indica la empresa que distribuye el producto el AGGREBIND es un aditivo químico que estabiliza suelos, en donde es un polímero estireno acrílico, no cuenta con corrosión y se puede combinar con cualquier agregado que se utiliza en

construcción y el soporte de carga es mayor, según plantea la norma que el estabilizador químico tiene una mayor influencia en el desempeño de los suelos, dependiendo el tipo y la aplicación para estabilizar el suelo.

### 2.2.5.1 Manual informativo

Como afirma la NORMA TECNICA MTC E 1109, (2004) “Todo producto que se vaya a utilizar como estabilizador químico debe ir acompañado de un Manual informativo, en que se haga especial referencia a los potenciales riesgos para la salud de las personas y el medio ambiente”.

TEMA	CONTENIDO
1. Nombre del Producto	<b>AggreBind</b>
2. Nombre del Fabricante	<b>AggreBind Inc.</b>
3. Descripción del Producto	Dispersión acuosa de polímero acrílico de estireno reticulado con rastreadores.
4. Composición Química Genérica	Solución de Amonio <0.2% EINECS: 215-647-6 CAS: 1336-21-6 [C] R34; [N] R50 Glicoldietileno éter monoetilico 6.0-8.0% CAS: 111-90-0 [Xi] R36
5. Condiciones de Manipulación	de Requerimientos de manejo: Asegurarse de que exista suficiente ventilación. Empaque adecuado: Acero inoxidable, Metal cubierto, Polietileno.
6. Condiciones de Transporte	No está clasificado como producto de transporte peligroso.
7. Condiciones de Almacenamiento	de Condiciones de almacenamiento: Almacenar en lugar fresco y con suficiente ventilación, prevenir congelación. Mantener contenedores cerrados.
8. Condiciones y Forma de Utilización (Proporciones, mezcla, tiempo de curado, etc.	EL suelo a estabilizar debe de tener un 35% de finos que pasen por un tamiz #200 y un índice de plasticidad menor a 15, ya sea en su estado original o con enmiendas. Se aplican 4 litros de AggreBind, mezclados con agua según lo requerido para el contenido óptimo de humedad, por metro cúbico de suelo a estabilizar, no menos de 4 partes agua y una AggreBind. Se utilizan 0.25 litros de AggreBind por metro cuadrado de suelo, diluido en agua, 3 partes agua y una AggreBind. El suelo tratado debe estar seco al tacto y por lo menos con dos horas de curación.

Figura 32: Manual informativo

Fuente: AgeEcovias Perú SAC, (2017).

Como afirma la norma referida que cualquier producto químico que se va usar para estabilizar suelos tiene que tener algún manual informativo donde detalle los temas y contenidos según los potenciales riesgos para la salud de las personas y para el medio ambiente. Así mismo en la figura N°32 detalla el nombre del producto, nombre de fabricante, descripción del producto, composición química, condiciones de uso o manipulaciones, condiciones de transporte, condiciones de almacenamiento, condiciones y forma de utilización (Proporciones, mezcla, tiempo de curado).

#### **2.2.5.2 Propiedades de desempeño.**

Como afirma la NORMA TECNICA MTC E 1109, (2004) “En relación a las condiciones específicas de cada proyecto, se asume que la estabilización química de suelos puede cumplir funciones diferentes si se aplica sobre la carpeta de rodado, la capa intermedia (base o sub - base) o la sub - rasante. Las propiedades de desempeño se evalúan en forma relativa, comparando resultados de ensayos practicados, en terreno o en el laboratorio, sobre el suelo en su estado natural y después de tratado con el estabilizador químico”.

Según afirma la norma sobre las propiedades de desempeño que hay condiciones que se especifican en diferentes proyectos, así mismo la estabilización química para los suelos tiene un buen comportamiento si se usa en la capa asfáltica o en la base granular o la sub base granular como también en la sub rasante ya que le da un buen soporte de carga, en la cual según el comportamiento del estabilizador químico se tiene que realizar una comparación con una muestra de suelo natural y el otro aplicando el aditivo estabilizador.

Según Rondón, H. y Reyes, F. (2015) afirma “Esta capa impide la penetración directa del agua a las capas subyacentes, restringiendo la pérdida de resistencia al corte que pueden experimentar las capas granulares de base y sub - base, así como la sub - rasante cuando se incrementa el grado de saturación de los materiales que la conforman”.

Según afirma el autor que la impermeabilidad es una capa donde no absorbe el agua directamente, así mismo evita la pérdida de agregados y resistencia de la base granular y sub - base granular, igualmente en la sub - rasante.

#### **2.2.5.3.1 Permeabilidad de suelos granulares**

Según Manual de Ensayo de Materiales, (2016). Manifiesta “Ensayo que se lleva a cabo para determinar la permeabilidad de los suelos granulares mediante una carga constante y establece un valor representativo de su coeficiente de permeabilidad. El procedimiento está destinado a establecer valores representativos del coeficiente de permeabilidad de suelos granulares presentes en depósitos naturales o colocados en terraplenes, o cuando se empleen como bases bajo pavimentos. Para limitar las influencias de consolidación durante el ensayo, este procedimiento está limitado a suelos granulares alterados que no contengan más de 10% de partículas que pasen tamiz de 75um (Nº200)”. (pág. 949).

Según el manual manifiesta que es muy importante realizar ensayos para determinar la permeabilidad de suelos granulares, en donde en la elaboración del ensayo se establecen valores representativos de algunos coeficientes de permeabilidad para ser colocados en bases del pavimento, en la cual se ve la influencia de consolidación y limitar los agregados que no contengan más de 10% de partículas que pasen en la malla Nº200.

#### **2.2.5.4 Estabilización de suelos.**

Según Manual de Carreteras: "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", (2015) afirma: “La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de sub - rasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización de suelos cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio, cuando se estabiliza una sub - base granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como sub - base o base granular tratada”. Según manifiesta Menéndez, J. (2012) “La necesidad de incrementar la resistencia, durabilidad o mejorar la trabajabilidad

de suelos de fundación y componentes estructurales del pavimento más allá de sus condiciones naturales es un reto permanente en la ingeniería vial para optimizar el uso de los materiales”.

Según afirma el manual la estabilización de suelos es la mejora de propiedades así como la elaboración y aplicación de productos químicos, sintéticos o naturales, así mismo la estabilización de suelos se realizan en zonas donde la sub rasante no tiene las propiedades adecuadas para soportar una carga de tránsito vehicular, en la cual llamamos como suelos tratados a las sub base granular o base granular aplicadas por la estabilización química para obtener una mejor calidad y buen desempeño de las mismas.

#### **2.2.5.4.1 Criterios Geotécnicos para establecer la estabilización de suelos.**

Según Manual de Carreteras: "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", (2015) Manifiesta “Se consideran como materiales aptos para las capas de la sub - rasante suelos con CBR > 6%. En caso de ser menor (Subrasante pobre o sub rasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia en un estudio especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo, donde el Ingeniero Responsable analizara diversas alternativas de estabilizaciones o de solución como: Estabilización mecánica, reemplazo de suelo de cimentación, estabilización con productos o aditivos que mejoran las propiedades del suelo, estabilización con geo sintéticos (geo textiles, geo mallas u otros), Terraplenes, Capas de arena, elevar la rasante o cambiar el trazo vial si las alternativas analizadas.

Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas.

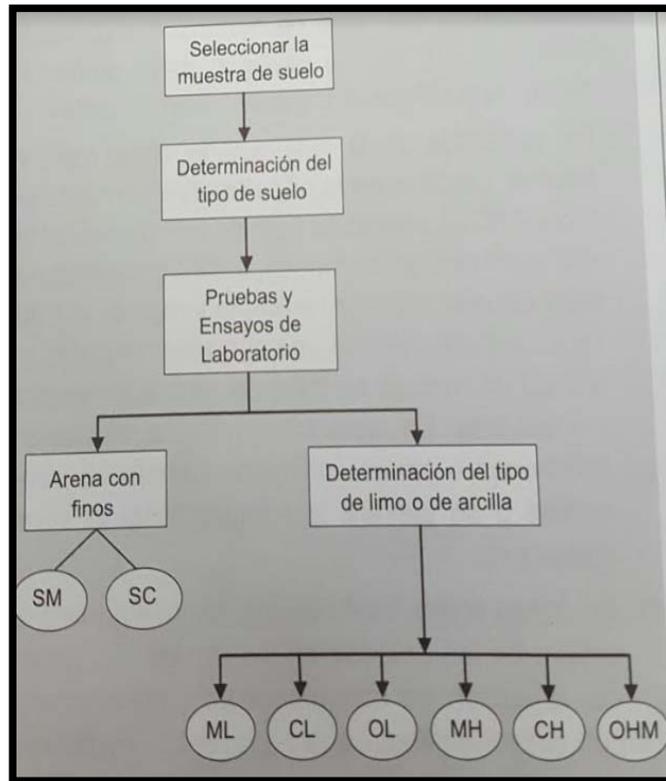


Figura 33: Proceso para la identificación del tipo del suelo

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos (2015).  
 Los factores que se considerarán al seleccionar el método más conveniente de estabilización son:

- a) Tipo de suelo a estabilizar.
- b) Uso propuesto del suelo estabilizado.
- c) Tipo de aditivo estabilizador de suelos.
- d) Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará.
- e) Disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador.
- f) Disponibilidad del equipo adecuado.
- g) Costos Comparativos.

El siguiente diagrama sintetiza un procedimiento para determinar el método apropiado de estabilización". (pág. 73-74).

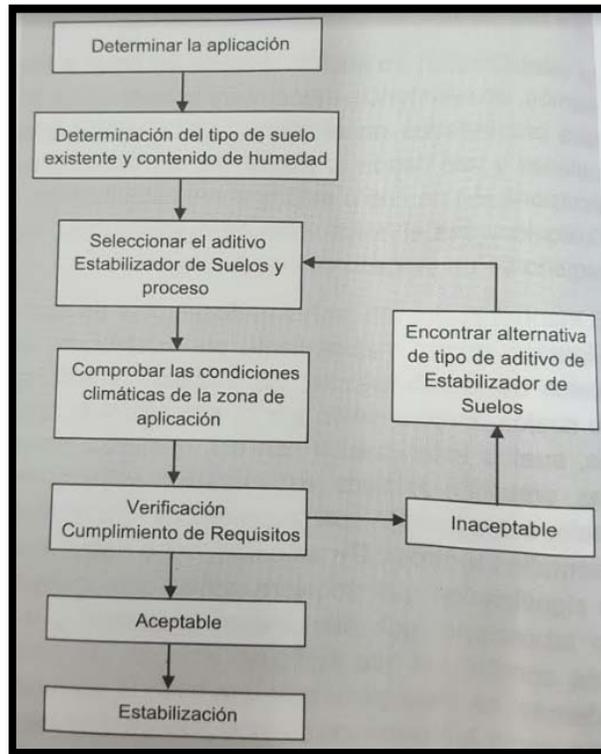


Figura 34: Proceso de selección de Tipo de estabilización.

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos (2015).

Según el manual manifiesta que para establecer la estabilización de suelos se debe considerar que la sub rasante tiene que tener un CBR > 6%, y si en algún caso la sub rasante es pobre, se tendrían que realizar un estudio para la estabilización o alguna mejora donde el encargado o ingeniero que esté a cargo debe analizar y plantear alguna solución, ya que existen muchas maneras de estabilizar un suelo en donde se menciona que se podría aplicar aditivos para mejorar las propiedades del suelo. Así mismo para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario tomar una muestra y realizar ensayos para verificar que tipo de suelo son, donde podemos apreciar en la Figura 33. En la cual existen factores para ver qué tipo de estabilizador de suelo es recomendable, en donde detallaba que se tiene que ver el tipo de suelo a estabilizar, uso propuesto del suelo que se va estabilizar, tipo de aditivo, la experiencia y disponibilidad del aditivo y la final los costos para poder comparar. En donde podemos apreciar un diagrama en la figura 34.

#### **2.2.5.4.2 Estabilización mecánica de suelos.**

Según Manual de Carreteras: "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", (2015) Manifiesta: "Con la estabilización Mecánica de suelos se presenta mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo. Como herramienta para lograr este tipo de estabilización se utiliza la compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo".

Según el manual manifiesta que para la estabilización de suelo se tiene que aplicar la mecánica de suelos sin cambiar la estructura del pavimento planteada, así mismo para poder lograr ese tipo de estabilización influye bastante la compactación en donde reduce el volumen de vacíos en los suelos.

#### **2.2.5.4.3 Estabilización por sustitución de los suelos.**

Según Manual de Carreteras: "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", (2015) afirma: "Cuando se prevea la construcción de la sub - rasante mejorada solamente con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que este deba ser excavado previamente y reemplazado por material de adición. En el primer caso, el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad especificada para cuerpos de terraplén, en una profundidad de quince centímetros (15cm). Una vez que se considere que el suelo de soporte esté debidamente preparado, autoriza la colocación de los materiales, en espesores que garanticen la obtención del nivel de sub - rasante y densidad exigidos, empleando el equipo de compactación adecuado. Dichos materiales se humedecen o airearan, según sea necesario para alcanzar la humedad más apropiada de compactación procediéndose luego a su densificación". (pág. 77)

Según el manual afirma que cuando una sub - rasante es tratada solamente con algún material adicionado, puede que la capa se construya en el suelo natural o mediante una excavación aproximadamente de 15 cm. Así mismo cuando ya se tenga visto que este nivelado el suelo y tenga buen soporte se implementa el afirmado según el espesor que se indique luego humedecer el material para que el

suelo tenga una humedad y compactación apropiada.

#### 2.2.5.5 CBR de suelos (Californian Bearing Ratio) con aditivo.

Según manifiesta Manual de Ensayo de Materiales, (2016) “Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y materia de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento”. Según Afirma Rondón, H. y Reyes, F. (2015) “Este ensayo debe realizarse sobre el suelo en estado saturado para simular su condición más crítica. Por este motivo los especímenes en el laboratorio se sumergen en agua durante cuatro días, con una carga aplicada sobre la superficie de dichos especímenes, la cual representa en teoría la masa de la estructura del pavimento que soporta la subrasante.

El CBR mide de manera indirecta en el suelo una resistencia al corte (penetración) y/o una rigidez (esta última propiedad a través de la relación entre una carga y el desplazamiento). Para el diseño de pavimento, por unidad homogénea de suelo, se recomienda como mínimo la relación de cinco ensayos de CBR.

La totalidad de los valores del CBR se ordenan de menor a mayor con el fin de determinar el porcentaje de valores iguales o mayores de cada valor de CBR. Con estos datos se elabora un gráfico de porcentaje de valores iguales o mayores de cada valor de CBR vc. CBR.

Con el grafico se selecciona el valor del percentil de diseño de acuerdo con el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas que circulan en el carril y en el periodo de diseño (variable tránsito, N). Con base a este percentil se estima el CBR de diseño”. (Pág. 383). Según NORMA TECNICA MTC E 1109, (2004) manifiesta “La efectividad de un estabilizador químico, se determina mediante ensayos realizados sobre probetas estabilizadas químicamente y sobre probetas no tratadas químicamente. Si los resultados obtenidos sobre las primeras mejoran una propiedad de desempeño de las segundas, entonces se dice que el estabilizador es efectivo”.

Según manifiesta el manual el método de CBR es muy importante porque sirve para verificar la resistencia de la sub rasante, sub base granular y base granular de un pavimento flexible así como en el diseño de la misma, según afirma el autor referido el ensayo del CBR tiene que aplicarse en un lugar saturado para que aparentar que su condición es muy crítica, en la cual estas muestras se sumergen en agua durante 4 días y se le aplica una carga encima de las muestras, el CBR, determina la resistencia al corte y su rigidez según la carga y desplazamiento, para un buen diseño de pavimento flexible en donde es recomendable realizar varios tipos de muestra para poder llegar a un porcentaje de valores, y definir mediante el valor del percentil para el diseño según el eje equivalente que es aproximadamente de 8.2 toneladas y un periodo de diseño.

Según la norma afirma que se puede realizar la efectividad de un estabilizador químico, para poder mejorar las propiedades del suelo y tenga un buen soporte de carga se tienen que realizar ensayos de CBR, mediante unas probetas se aplica el estabilizador químico y en la otra se toma la muestra del terreno natural así poder realizar un comparativo y ver si el estabilizador químico es efectivo para el soporte de carga.

### **2.3. Definición de términos básicos**

1) Pavimento Flexible: “La estructura de pavimento del tipo flexible pueden ser definidas como estructuras viales conformadas por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez, compuestas por materiales granulares no tratados o ligados (base, sub - base, afirmado y en algunos casos sub - rasante mejorada o material de conformación”. Rondón Quintana & Reyes Lizcano, (2015).

2) Capa de rodamiento: “La que se coloca sobre la base y que está formada por una mezcla bituminosa. Su función es primordial es proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones del agua de lluvia que podría saturar parcial o totalmente las capas inferiores”. Rondón Quintana & Reyes Lizcano, (2015).

3) Base granular: “La base granular es la capa de la estructura de pavimento que por lo general subyace a la carpeta asfáltica en un pavimento flexible, a la losa de concreto en uno de tipo rígido y a la capa estabilizada con cementante hidráulico en uno semirrígido”. Rondón Quintana & Reyes Lizcano, (2015).

4) Sub base granular: “La sub - base granular es la capa de la estructura de pavimento que subyace a la base granular, compuesta por materiales granulares no tratados colocadas generalmente sobre la sub - rasante, la sub - rasante mejorada, el afirmado o el terraplén”. Rondón Quintana & Reyes Lizcano, (2015).

5) Suelos estabilizados: “Son suelos pobres o inadecuados de baja estabilidad a los cuales es necesario adicionales un estabilizador como cal, cemento o un aditivo químico o iónico”. Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, (2015).

6) Granulometría: “El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño”. Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, (2015).

7) La plasticidad: “Es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto, la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos”. Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, (2015).

- 8) Límite Líquido (LL): “Cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse”. Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, (2015)
- 9) Límite Plástico (LP): “Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe” Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, (2015).
- 10) PCI: Índice de Condición del pavimento. Rondón Quintana & Reyes Lizcano, (2015).
- 11) IMDA: “Índice Medio Diario Anual”. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, (2018)

## III. MÉTODOS Y MATERIALES

### 3.1. Hipótesis de la investigación

#### 3.1.1. Hipótesis general

Análisis del mejoramiento del pavimento flexible si mejoró aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos a la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

#### 3.1.2. Hipótesis específicas

**H1.** Evaluación la diferencia del presupuesto de obra aplicando aditivo AGGREBIND y sin aditivo, favorece en el mejoramiento del pavimento flexible en la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

**H2.** Evaluación del índice de condición del pavimento flexible favorece a la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

### 3.2. Variables de estudio

#### 3.2.1. Definición conceptual

**Variable dependiente:**

**PAVIMENTO FLEXIBLE.** Rondón, H. y Reyes, F. (2015) “La estructura de pavimento del tipo flexible pueden ser definidas como estructuras viales conformadas por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez, compuestas por materiales granulares no tratados o ligados (base, sub base, afirmado y en algunos casos sub rasantes mejorada o material de conformación), que a su vez se soportan sobre el terreno natural o sub rasante”.

**Variable independiente:**

**Aditivo AGGREBIND\_**Según AgeEcovías Perú SAC, (2017) “Que AggreBind es un estabilizador de suelos, y por su composición química, es un polímero de cadenas cruzadas de estireno acrílico, no es corrosivo, no es volátil, interactúa positivamente con cualquier material de construcción y mejora considerablemente la capacidad

de carga y compactación de cualquier suelo in - situ”.

### **3.3. Tipo y nivel de la investigación**

La presente investigación tiene por objetivo Mejorar el Pavimento Flexible aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018 y así mismo analizar la causa y el efecto de dicha relación es por eso que se está utilizando el tipo de investigación aplicada y método de investigación Cuantitativo. Según afirma Borja Suárez, (2012) “El tipo de investigación aplicada busca conocer actuar, construir y modificar una realidad problemática. Está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal”. Así mismo “El método de investigación Cuantitativo por lo común en los estudios cuantitativos se establece una o varias hipótesis (suposiciones acerca de la realidad), se diseña un plan para someterlas a prueba, se miden los conceptos incluidos en la hipótesis (variables) y se transforman las mediciones en valores numéricos para analizarse posteriormente con técnicas estadísticas y extender los resultados a un universo más amplio o para consolidar las creencias de una teoría”. Según el autor mencionado la investigación es de tipo aplicada y el método de investigación es cuantitativa.

### **3.4. Diseño de la investigación**

Según manifiesta Borja Suárez, (2012) “El diseño de la investigación experimental es aquella investigación en que la hipótesis se verifica mediante la manipulación “deliberada” por parte del investigador de las variables. Esta investigación determinara la relación causa – efecto de un fenómeno físico o social”. Según el autor mencionado el diseño de investigación es experimental porque relaciona causa y efecto.

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

#### **3.5.1. Población**

Según afirma Borja Suárez, (2012) “Desde un punto de vista estadístico, se denomina población o Universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio”.

Así mismo la población considerada es de 1.32 km. de la calle Los Eucaliptos, en el distrito de Chaclacayo – Lima.

### **3.5.2. Muestra**

Según Borja Suárez, (2012) “Para una investigación cuantitativa, la muestra de estudio es un sub - grupo representativo de la población, sobre la cual se habrán de recolectar datos. EL investigador se deberá interesar que los resultados encontrados en la muestra logren generalizarse o extrapolarse a la población o Universo. La muestra debe ser estadísticamente representativa”.

Según el autor mencionado, la muestra de estudio que se obtuvo es de 1.32 km de la calle los Eucaliptos, en el distrito de Chaclacayo – Lima.

## **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.6.1. Técnicas de recolección de datos**

Según Borja Suárez, (2012) “En este Ítem se deben describir las técnicas que se utilizaran para recopilar toda la información de campo, se deben presentar todos los formatos utilizados en esta tarea; para el caso de proyectos de ingeniería se deben presentar los formatos utilizados, por ejemplo, para realizar un levantamiento topográfico, formatos para hacer los estudios de suelo, estudios de tráfico, formatos para realizar los ensayos.”

En esta investigación la técnica que se utilizo fue la encuesta, método de investigación que permite requerir datos a un grupo de personas que están involucradas con el tema de estudio y que nos permitirán acceder a la información desde la fuente primaria y directa.

### **3.6.2. Instrumentos de recolección de datos**

Para la presente investigación se utilizará el instrumento de ficha de observación, según Borja Suárez, (2012) “Para los proyectos de investigación en ingeniería, todos los datos observados se deben plasmar en formatos adecuados

en recolección de información; por ejemplo: Formatos para el estudio de tráfico, estudio de suelos, levantamientos topográficos, diseño de mezclas, etc”. Para este caso se utilizará sobre El mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivos AGGREBIND para estabilizar suelos con el objetivo de obtener el análisis, la evaluación y la información correspondiente para aplicar en los resultados.

### **3.7. Métodos de análisis de datos**

Para el proceso de las fichas de observación sobre el mejoramiento del pavimento Flexible aplicando aditivos AGGREBBIND para estabilizar suelos, los cuales se realizaron de acuerdo a la muestra, los resultados fueron tabulados en el programa Microsoft Office Excel 2013, donde ha sido procesado toda la información.

### **3.8. Aspectos éticos**

Como profesional, al elaborar esta investigación de mejoramiento, desarrollo y estabilidad, se espera una buena calidad de vida para la población y una buena transitabilidad de los vehículos de la zona, así mismo cabe resaltar que se cumplió las normas de ética para el fortalecimiento y organización profesionales de la carrera de Ingeniería Civil.

## **IV.RESULTADOS**

### **4.1. Resultados**

#### **4.1.1 Prueba de hipótesis:**

##### **4.1.1.1 Hipótesis general:**

**Ho:** El pavimento flexible no mejoró significativamente aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

**Ha:** El pavimento flexible si mejoró significativamente aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

#### **Planteamiento de Hipótesis para la comparación de la media:**

**Ho** :  $u_0 = u_1$

**Ha** :  $u_0 \neq u_1$

#### **Donde:**

$u_0$  : Promedio del CBR del pavimento sin aplicar aditivo AGGREBIND

$u_1$  : Promedio del CBR del pavimento con aplicar aditivo AGGREBIND

#### **Estadístico de Contraste:**

Para la contrastación de hipótesis se aplicará el estadístico t de student; para comparar los promedios del CBR del pavimento con y sin aplicar aditivo AGGREBIND; para ello se utilizará el software estadístico SPSS versión 23.

#### **Nivel de confiabilidad:**

El nivel de confiabilidad es de 95%

Nivel de sigma = 0.05

**Cálculos:**

**Tabla 1.** Datos obtenidos de la recolección de información (Fuente estadista)

<b>Prueba de muestras independientes</b>									
	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	5,186	,052	2,88	8	,021	54,60	18,96	10,88	98,31
CB R No se han asumido varianzas iguales			2,88	5,01	,034	54,60	18,9679	5,90	103,29

Fuente. Propia

**Interpretación:**

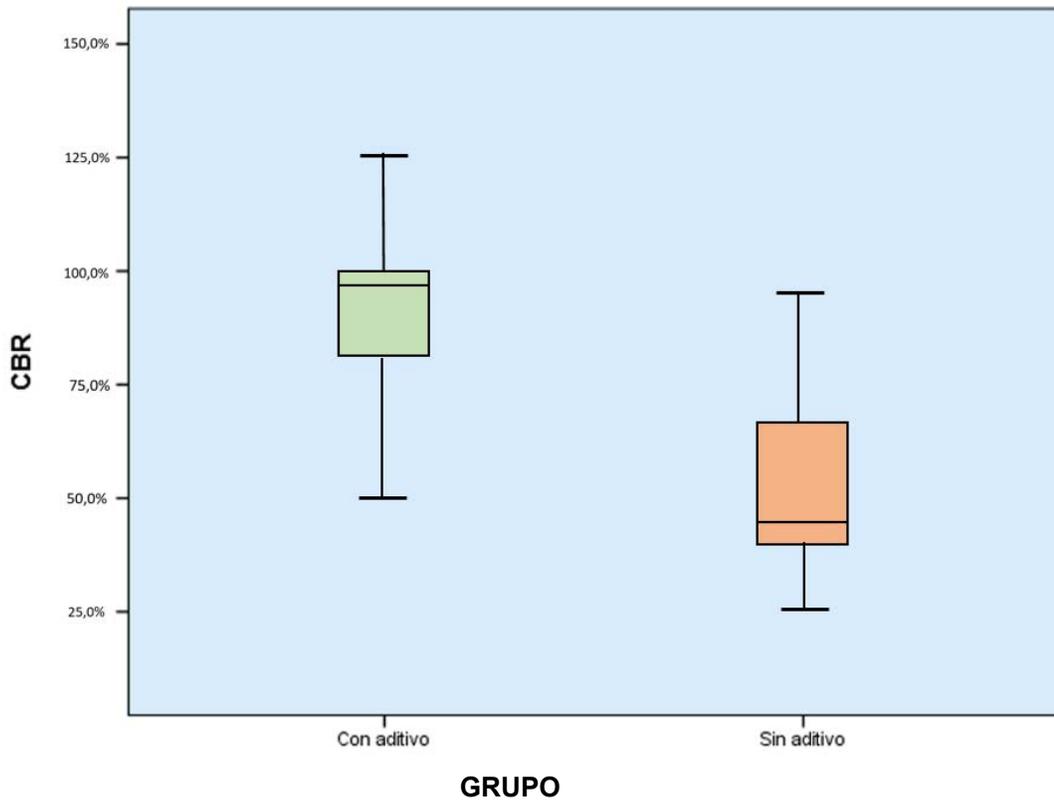
En la tabla anterior se tiene que el valor de sigma es igual a 0.006 y es menor de 0.05, entonces acepto la hipótesis alterna y rechazo la hipótesis nula; demostrando que efectivamente el pavimento flexible si mejoro significativamente aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

**Cálculos:**

**Tabla 2.** Datos Obtenidos de la recolección de información (Fuente estadista)

<b>Estadísticos de grupo</b>					
	Grupo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
CBR	Con aditivo	5	98,4000	39,89737	17,84265
	Sin aditivo	5	43,2000	14,31782	6,40312

**Fuente. Propia**



*Figura 35. Cajas para comparar los promedios de los CBR con y sin aditivo (Fuente Estadista)*



**ENSAYO DE C.B.R.**

(NORMA MTC E - 132)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA :	MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO AGGREGAND PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA CALLE LOS EUCALIPTOS, EN EL DISTRITO DE CHACLACAYO -LIMA-2018	JEFE DE LAB. :	Ing. GQH
SOLICITANTE :	BACH. HUMPIRI VENTURA, CARLOS ARON	TECNICO :	CAHV.
MATERIAL :	SUB BASE GRANULAR SIN ADITIVO	FECHA :	11-ago-18
PROGRESIVA :	CA. LOS EUCALIPTOS		

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA :	Certifica :
MUESTRA :	Lado :
PROP. (m) :	Observaciones :

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1		2		3	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra						
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11408		11117		10857	
Peso de molde (gr)	6614		6556		6596	
Peso del suelo húmedo (gr)	4794		4561		4261	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2132		2132		2087	
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.249		2.139		2.042	
Humedad (%)	8.11		8.14		8.16	
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.080		1.978		1.888	
Tarro N°	8		5		27	
Tarro + Suelo húmedo (gr)	249.00		276.90		256.90	
Tarro + Suelo seco (gr)	236.20		262.20		242.90	
Peso del Agua (gr)	12.80		14.70		14.00	
Peso del tarro (gr)	78.30		81.50		71.40	
Peso del suelo seco (gr)	157.90		180.70		171.50	
Humedad (%)	8.11		8.14		8.16	
Promedio de Humedad (%)	8.11		8.14		8.16	

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/08/2018	11:00 A.M	24									
13/08/2018	11:00 A.M	48									
14/08/2018	11:00 A.M	72									

**SIN EXPANSION**

**PENETRACION**

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.025		67	336			54	276			34	185		
0.050		98	477			76	377			44	231		
0.075		123	591			98	477			75	372		
0.100	70.31	184	869	45.0	64.5	120	577	29.9	43.2	98	477	24.7	34.2
0.150		231	1084			179	846			123	591		
0.200	105	298	1389			231	1084			165	783		
0.250		324	1508			298	1389			198	933		
0.300													
0.350													

**Gladys Quispe Humpiri**  
**INGENIERO GEOLOGO**  
 Reg CIP 115896

Figura 36. Resultado de ensayo C.B.R. de estudio de suelo sin aditivo .  
(Fuente: Ingeniero Geólogo)

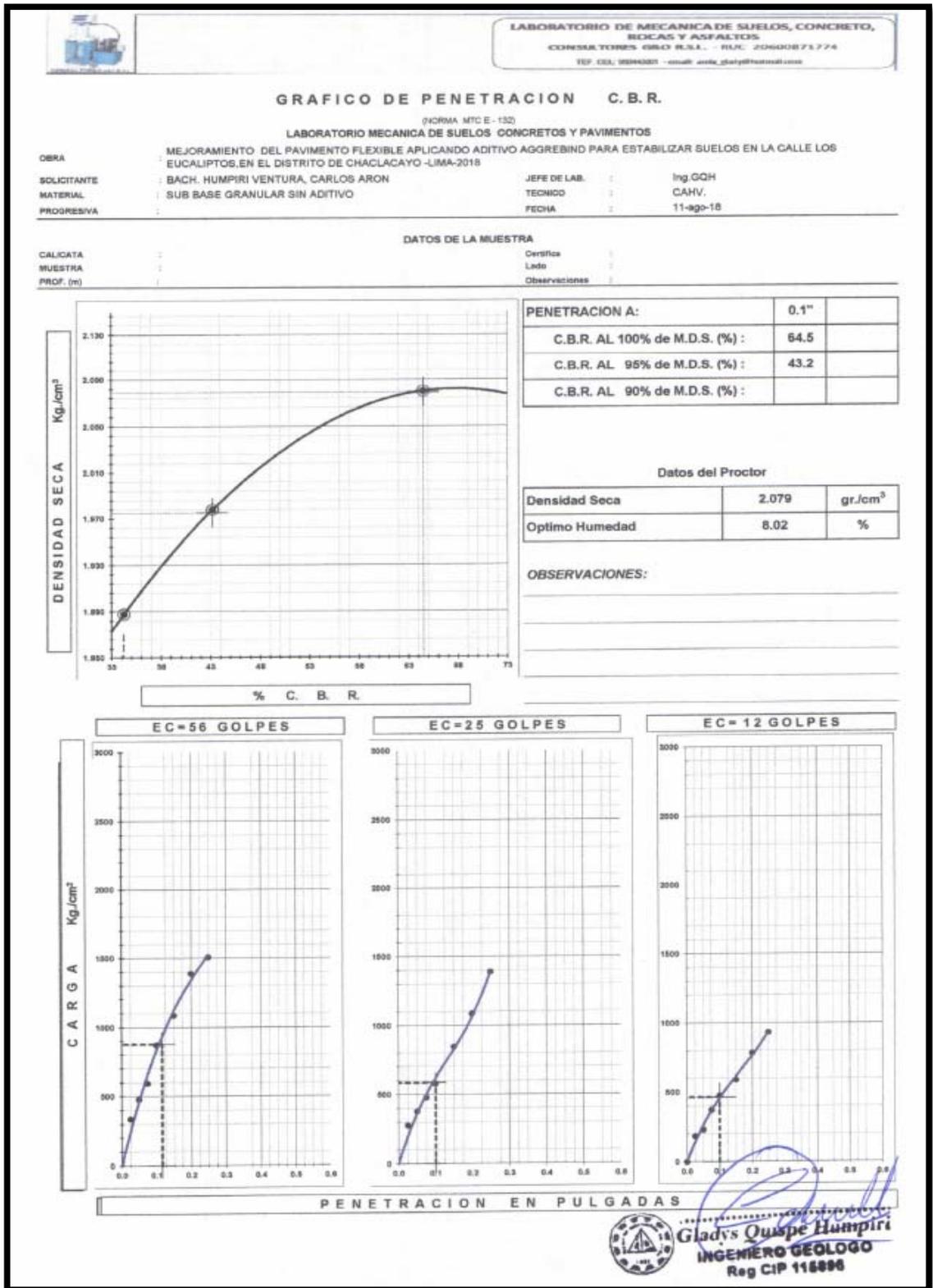


Figura 37. Resultado penetración C.B.R. de estudio de suelo sin aditivo.  
(Fuente: Ingeniero Geólogo)



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO,  
 ESCOBA Y ASFALTOS  
 CONSULTORES S.A.S. - RUC: 20500671774  
 TEL: 0051 985 655 881 - correo: unico\_guaya@hotmail.com

**ENSAYO DE C.B.R.**

(NORMA MTC E - 132)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO AGGREBIND PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA CALLE LOS EUCALIPTOS, EN EL DISTRITO DE CHACLACAYO -LIMA-2018  
 SOLICITANTE : BACH. HUMPIRI VENTURA, CARLOS ARON JEFE DE LAB. : Ing GQH  
 MATERIAL : BASE GRANULAR CON ADITIVO TECNICO : CAHV  
 PROGRESIVA : 01+322 FECHA : 08-dic-17

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : CALICATA - 01 Certifica :  
 MUESTRA : M- 1 Lado :  
 PROF. (m) : 1322.00 Observaciones :

Molde N°	1	2	3
N° Capa	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11562	11292	11087
Peso de molde (gr)	8814	8556	8596
Peso del suelo húmedo (gr)	4966	4738	4491
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2132	2132	2087
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.330	2.221	2.152
Humedad (%)	7.65	7.69	7.99
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.164	2.062	1.993
Tarro N°	5	36	41
Tarro + Suelo húmedo (gr)	132.80	127.65	138.65
Tarro + Suelo seco (gr)	126.44	121.26	131.45
Peso del Agua (gr)	6.36	6.39	7.20
Peso del tarro (gr)	43.26	38.20	41.37
Peso del suelo seco (gr)	83.18	83.06	90.08
Humedad (%)	7.65	7.69	7.99
Promedio de Humedad (%)	7.65	7.69	7.99

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
09/12/2017	11:00 A.M	24									
10/12/2017	11:00 A.M	48									
11/12/2017	11:00 A.M	72									

**SIN EXPANSION**

**PENETRACION**

PENETRACION (mm)	CARGA STAND. (kg/cm <sup>2</sup> )	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.026		109	827			87	427			54	276		
0.050		176	833			123	501			107	518		
0.075		231	1084			197	928			154	732		
0.100	70.31	285	1330	68.6	98.4	243	1138	58.9	85.6	205	965	49.9	71.0
0.150		356	1654			289	1348			254	1188		
0.200	106	421	1950			354	1644			299	1394		
0.250		467	2160			389	1804			321	1494		
0.300													
0.350													

**Gladys Quispe Humpiri**  
 INGENIERO GEOLOGO  
 Reg CIP 115896

Figura 38. Resultado de ensayo C.B.R. de estudio de suelo con aditivo AGGREBIND (Fuente: Ingeniero Geólogo)



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ROCAS Y ASFALTOS  
 CONSULTORES G&O R.S.L. - RUC: 20600871774  
 TEL: 011 82483801 - email: g\_o@humberto.com

**GRAFICO DE PENETRACION C.B.R.**

(NORMA MTC E-132)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

OBRA : MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO AGGREBIND PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA CALLE LOS EUCALIPTOS EN EL DISTRITO DE CHACLACAYO -LIMA-2018

SOLICITANTE : BACH. HUMPIRI VENTURA, CARLOS ARON

JEFE DE LAB. : Ing. OQH

MATERIAL : BASE GRANULAR CON ADITIVO

TECNICO : CAHV

PROGRESIVA : 1322

FECHA : 08-dic-17

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALCATA : CALCATA - 01

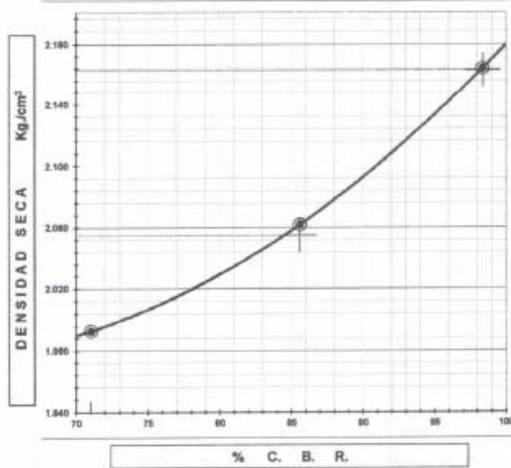
Certifica :

MUESTRA : M- 1

Leído :

PROF. (m) : 1322.00

Observaciones :

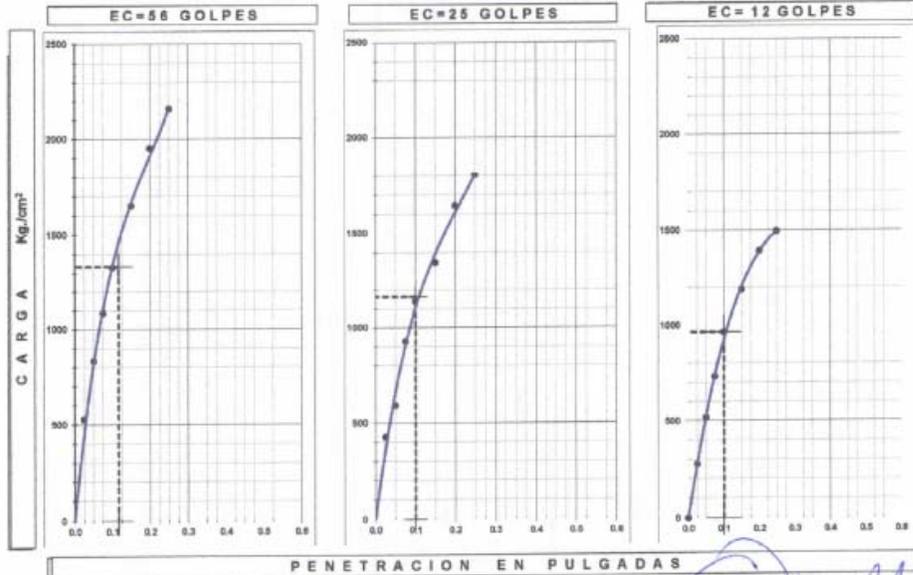


PENETRACION A:	0.1"
C.B.R. AL 100% de M.D.S. (%):	98.4
C.B.R. AL 98% de M.D.S. (%):	85.6
C.B.R. AL 90% de M.D.S. (%):	

**Datos del Proctor**

Densidad Seca	2.163	gr./cm³
Optimo Humedad	7.70	%

**OBSERVACIONES:**



*Gladys Quispe Humpiri*  
**Gladys Quispe Humpiri**  
 INGENIERO GEOLOGO  
 Reg CIP 118896

Figura 39. Resultado de Penetración C.B.R. de estudio de suelo con aditivo AGGREBIND (Fuente: Ingeniero Geólogo)

### **Hipótesis Específicas1:**

**Ho:** Evaluación la diferencia del presupuesto de obra aplicando aditivo AGGREBIND y sin aditivo, no favorece en el mejoramiento del pavimento flexible en la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

**Ha:** Evaluación la diferencia del presupuesto de obra aplicando aditivo AGGREBIND y sin aditivo, si favorece en el mejoramiento del pavimento flexible en la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

### **Planteamiento de Hipótesis para la comparación de la media:**

**Ho** :  $u_0 = u_1$

**Ha** :  $u_0 \neq u_1$

### **Donde:**

$u_0$  : Presupuesto de obra sin aplicar aditivo AGGREBIND

$u_1$  : Presupuesto de obra con aplicar aditivo AGGREBIND

### **Estadístico de Contraste:**

Para la contratación de hipótesis se aplicará el estadístico t de student; para comparar los promedios del presupuesto de obra con y sin aplicar aditivo AGGREBIND; para ello se utilizará el software estadístico SPSS versión 23.

**Nivel de confiabilidad:**

El nivel de confiabilidad es de 95%

Nivel de sigma = 0.05

**Cálculos:**

**Tabla 3.** Datos obtenidos de la recolección de información (Fuente estadista)

		Prueba de muestras independientes								
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas			Prueba T para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior Superior		
Presupuesto de obra	Se han asumido varianzas iguales	17,053	,003	60437 498,319	8	,000	96699 9,974	,016	96699 9,937	96700 0,011
	No se han asumido varianzas iguales			60437 498,319	4,000	,000	96699 9,974	,016	96699 9,930	96700 0,018

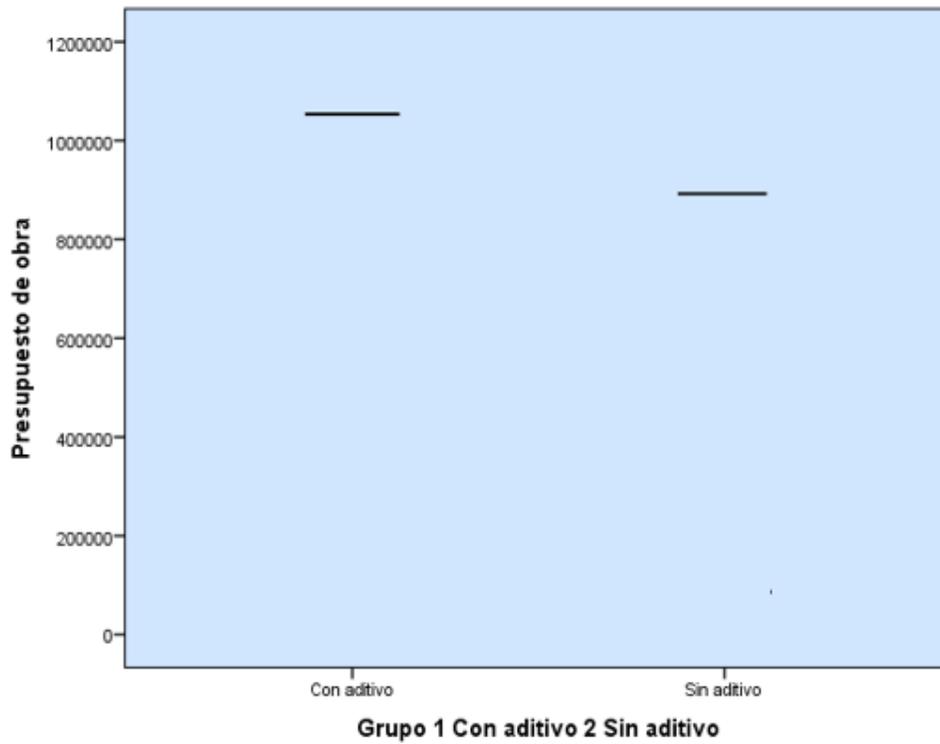
**Interpretación:**

En la tabla anterior se tiene que el valor de sigma es igual a 0.000 y es menor de 0.05, entonces acepto la hipótesis alterna y rechazo la hipótesis nula; demostrando que si existe diferencia del presupuesto de obra aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

**Cálculos:**

**Tabla 4.** Datos Obtenidos de la recolección de información (Fuente estadista)

Estadísticos de grupo				Desviación	Error típ. de
	Grupo 1	Con aditivo 2 Sin aditivo	N	Media	típ. de la media
Presupuesto de obra	Con aditivo		5	1,053,309,72	,036
	Sin aditivo		5	867,309,75	,000



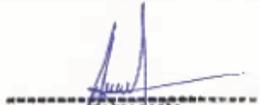
*Figura 40.* Gráfico de cajas para comparar los promedios de los presupuestos de obra con y sin aditivo

PROYECTO:	"MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO AGGREGADO PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA CALLE LOS EUCALIPTOS, DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA-2018"				
UBICACIÓN:	CALLE LOS EUCALIPTOS				
ITEM	Descripción	Und	Metrado	Precio Unitario	Parcial S/
<b>01.</b>	<b>OBRA PRELIMINAR</b>				<b>708,773.92</b>
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				20,701.84
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA	und	1.00	1,327.23	1,327.23
01.01.02	ALMACEN, OFICINA Y CASETA DE GUARDIANIA	glb	1.00	2,250.00	2,250.00
01.01.03	MOVILIZACION DE MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS P/OBRAS	glb	1.00	2,000.00	2,000.00
01.01.04	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y DESVIACIONES	glb	1.00	1,952.20	1,952.20
01.01.05	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	7,006.60	1.88	13,172.41
	CALLE LOS EUCALIPTOS		7,006.60		
1.02	MOVIMIENTO DE TIERRA				223,858.79
01.02.01	DEMOLICION DE CARPETA ASFALTICA DETERIORADA	m2	6610.00	8.14	53805.40
	CALLE LOS EUCALIPTOS		6610.00		
01.02.02	EXCAVACION HASTA SUBRASANTE MATERIAL SUELTO C/CARGADOR FRONTAL	m3	2,452.31	8.36	20,501.31
01.02.03	CONFORMACION Y COMPACTACION SUBRASANTE C/MOTONIV. 125 HP	m2	6,610.00	3.25	21,482.50
01.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=5km	m3	5,544.14	23.10	128,069.58
<b>2</b>	<b>PAVIMENTACION</b>				<b>392,105.20</b>
2.01	SUB BASE GRANULAR E=0.15M C/EQUIPO	m2	6,610.00	8.18	54,069.80
2.02	BASE GRANULAR E=0.20 m C/EQUIPO	m2	6,610.00	17.37	114,815.70
2.03	IMPRIMACION ASFALTICA (DOSIFICACION 0.30GL-TANQUE 1800 GL)	m2	6,610.00	4.64	30,670.40
2.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2"	m2	6,610.00	29.13	192,549.30
2.05	SARDINELES DE CONCRETO				39,221.56
02.05.01	SARDINELES SUMERGIDOS DE CONCRETO DE F'c=175 KG/CM2 CON CEMENTO TIPO I (0.15X0.30M) INC. ENCOFRADO Y ADITIVO	m3	118.98	323.84	38,530.48
02.05.02	JUNTA DE DILATACION ASFALTICA	m	99.15	6.97	691.08
2.06	SEÑALIZACION				32,886.54
02.06.01	PINTURA EN SARDINELES E=0.15M	m	2,644.00	10.43	27,576.92
02.06.02	PINTURA LINEAL DISCONTINUA E=0.10M	m	330.50	10.43	3,447.12
02.06.03	PINTADO DE CRUCEROS PEATONALES	m2	149.00	12.50	1,862.50
<b>3</b>	<b>OBRAS VARIAS</b>				<b>5,815.48</b>
3.01	LIMPIEZA GENERAL DE OBRA	m2	7,006.60	0.83	5,815.48
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>714,589.40</b>
	GASTOS GENERALES (10%)	10.00%			71,458.94
	UTILIDAD (10%)	10.00%			71,458.94
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>857,507.28</b>
	IMPUESTO (IGV)	18.00%			154,351.31
	<b>SUB TOTAL 2</b>				<b>1,011,858.59</b>
	SUPERVISION				41,446.19
	<b>TOTAL</b>				<b>1,053,304.77</b>

  
 IRVIN MAX  
 ROSALES VALVERDE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 227146

Figura 41. Resultado de presupuesto de obra sin aditivo  
(Fuente: Ingeniero Civil)

PROYECTO: *MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO AGGREBIND PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA CALLE LOS EUCALIPTOS, DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA-2018*					
UBICACIÓN: CALLE LOS EUCALIPTOS		ADITIVO	AGGREBIND		
	Descripción	Und	Metrado	Precio Unitario	Parcial S/
ITEM					
01.	OBRA PRELIMINAR				588,413.12
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				20,701.84
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA 3.60mx2.40m	und	1.00	1,327.23	1,327.23
01.01.02	ALMACEN, OFICINA Y CASETA DE GUARDIANIA	glb	1.00	2,250.00	2,250.00
01.01.03	MOVILIZACION DE MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS P/OBRAS	glb	1.00	2,000.00	2,000.00
01.01.04	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y DESVIACIONES	glb	1.00	1,952.20	1,952.20
01.01.05	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	7,006.60	1.88	13,172.41
1.02	MOVIMIENTO DE TIERRA				266,568.01
01.02.01	DEMOLUCION DE CARPETA ASFALTICA DETERIORADA	m2	6610.00	8.14	53805.40
01.02.02	EXCAVACION HASTA BASE GRANULAR EXISTENTE e=0.15 m C/CARGADOR FRONTAL	m3	1,050.99	8.36	8,786.28
01.02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE BASE GRANULAR EXISTENTE e=0.15m C/MOTONIV. 125 HP/ CON ADITIVO AGGREBIND Y EQUIPOS	m2	6,610.00	25.95	171,529.50
01.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=5km	m3	1,404.63	23.10	32,446.84
2	PAVIMENTACION				223,219.70
2.01	IMPRIMACION ASFALTICA (DOSIFICACION 0.30GL-TANQUE 1800 GL)	m2	6,610.00	4.64	30,670.40
2.01	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2"	m2	6,610.00	29.13	192,549.30
2.03	SARDINELES DE CONCRETO				39,221.56
02.03.01	SARDINELES SUMERGIDOS DE CONCRETO DE FC=175 KG/CM2 CON CEMENTO TIPO I, (0.15X0.30M) INC. ENCOFRADO Y ADITIVO	m3	118.98	323.84	38,530.48
02.03.02	JUNTA DE DILATACION ASFALTICA	m	99.15	6.97	691.08
2.04	SEÑALIZACION				32,886.54
02.04.01	PINTURA EN SARDINELES E=0.15M	m	2,644.00	10.43	27,576.92
02.04.02	PINTURA LINEAL DISCONTINUA E=0.10M	m	330.50	10.43	3,447.12
02.04.03	PINTADO DE CRUCEROS PEATONALES	m2	149.00	12.50	1,862.50
3	OBRAS VARIAS				5,815.48
3.01	LIMPIEZA GENERAL DE OBRA	m2	7,006.60	0.83	5,815.48
	COSTO DIRECTO				588,413.12
	GASTOS GENERALES (10%)	10.00%			58,841.31
	UTILIDAD (10%)	10.00%			58,841.31
	SUB TOTAL				706,095.74
	IMPUESTO (IGV)	18.00%			127,097.23
	SUB TOTAL 2				833,192.98
	SUPERVISION				34,127.96
	TOTAL				867,320.94



**IRVIN MAX  
ROSALES VALVERDE  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 227146**

Figura 42. Resultado de presupuesto de obra con aditivo AGGREBIND  
(Fuente: Ingeniero Civil)

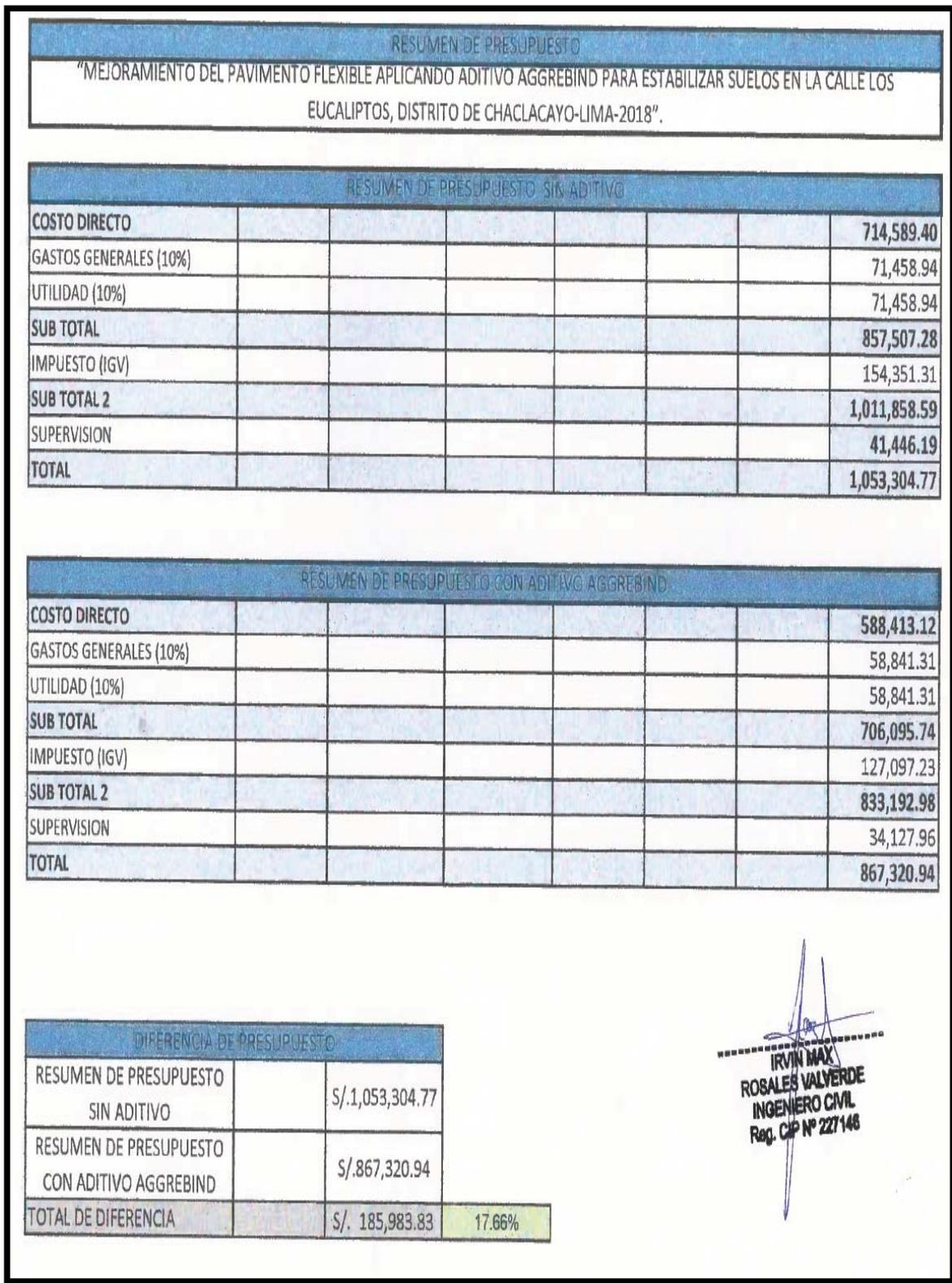


Figura 43. Resultado, diferencia de presupuesto con aditivo AGGREGBIND y sin aditivo (Fuente: Ingeniero Civil)

CRONOGRAMA EJECUCION DE OBRA																		
*CREACION DE RELLENO CON RECICLAJE Y PRODUCCION DE ABONO ORGANICO DEL DISTRITO DE SAN LORENZO DE QUINTI - PROVINCIA DE HUARACHIRI - DEPARTAMENTO DE LIMA*																		
Item	Descripción	120 DIAS	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15	SEM 16
01	OBRA PRELIMINAR																	
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES																	
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA	7 DIAS																
01.01.02	ALMACEN, OFICINA Y CASETA DE GUARDIANIA	120 DIAS																
01.01.03	MOVILIZACION DE MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS P/OBRAS	14 DIAS																
01.01.04	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y DESVIACIONES	113 DIAS																
01.01.05	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	60 DIAS																
1.02	MOVIMIENTO DE TIERRA																	
01.02.01	DEMOLICION DE CARPETA ASFALTICA DETERIORADA	49 DIAS																
01.02.02	EXCAVACION HASTA SUBRASANTE MATERIAL SUELTO C/CARGADOR FRONTAL	49 DIAS																
01.02.03	CONFORMACION Y COMPACTACION SUBRASANTE C/MOTONIV. 125 HP	42 DIAS																
01.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=5km	63 DIAS																
2	PAVIMENTACION																	
2.01	SUB BASE GRANULAR E=0.15M C/EQUIPO	21 DIAS																
2.02	BASE GRANULAR E=0.20 m C/EQUIPO	21 DIAS																
2.03	IMPRIMACION ASFALTICA (DOSIFICACION 0.30GL-TANQUE 1800 GL)	2 DIAS																
2.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2"	2 DIAS																
2.05	SARDINELES DE CONCRETO																	
02.05.01	SARDINELES SUMERGIDOS DE CONCRETO DE FC=175 KG/CM2 CON CEMENTO TIPO I, (0.15X0.30M) INC. ENCOFRADO Y ADITIVO	14 DIAS																
02.05.02	JUNTA DE DILATACION ASFALTICA	7 DIAS																
2.06	SEÑALIZACION																	
02.06.01	PINTURA EN SARDINELES E=0.15M	2 DIAS																
02.06.02	PINTURA LINEAL DISCONTINUA E=0.10M	2 DIAS																
02.06.03	PINTADO DE CRUCEROS PEATONALES	1 DIA																
3	OBRAS VARIAS																	
3.01	LIMPIEZA GENERAL DE OBRA	7 DIAS																

  
 IRVIN MAX  
 ROSALES VALVERDE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 227146

Figura 44. Cronograma de Obra sin aditivo, total de 120 días calendarios. (Fuente: Ingeniero Civil)

CRONOGRAMA EJECUCION DE OBRA CON ADITIVO														
"CREACION DE RELLENO CON RECICLAJE Y PRODUCCION DE ABONO ORGANICO DEL DISTRITO DE SAN LORENZO DE QUINTI - PROVINCIA DE HUAROCHERU - DEPARTAMENTO DE LDIA"														
Dias	Descripcion	90 DIAS	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12
01	OBRA PRELIMINAR													
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES													
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA 3.60mx2.40m	7 DIAS												
01.01.02	ALMACEN, OFICINA Y CASETA DE GUARDIANA	90 DIAS												
01.01.03	MOVILIZACION DE MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS P/OBRAS	14 DIAS												
01.01.04	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y DESVIACIONES	83 DIAS												
01.01.05	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	60 DIAS												
1.02	MOVIMIENTO DE TIERRA													
01.02.01	DEMOLICION DE CARPETA ASFALTICA DETERIORADA	49 DIAS												
01.02.02	EXCAVACION HASTA BASE GRANULAR EXISTENTE e= 0.15 m C/CARGADOR FRONTAL	49 DIAS												
01.02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE BASE GRANULAR EXISTENTE e=0.15m C/MOTONIV. 125 HP/ CON ADITIVO AGGREBIND Y EQUIPOS	42 DIAS												
01.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=5km	63 DIAS												
2	PAVIMENTACION													
2.01	IMPRIMACION ASFALTICA (DOSIFICACION 0.30GL-TANQUE 1800 GL)	2 DIAS												
2.02	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2"	2 DIAS												
2.03	SARDINELES DE CONCRETO													
02.03.01	SARDINELES SUMERGIDOS DE CONCRETO DE F'C=175 KG/CM2 CON CEMENTO TIPO I, (0.15X0.30M) INC. ENCOFRADO Y ADITIVO	14 DIAS												
02.03.02	JUNTA DE DILATACION ASFALTICA	7 DIAS												
2.04	SEÑALIZACION													
02.04.01	PINTURA EN SARDINELES E=0.15M	2 DIAS												
02.04.02	PINTURA LINEAL DISCONTINUA E=0.10M	2 DIAS												
02.04.03	PINTADO DE CRUCEROS PEATONALES	1 DIA												
3	OBRAS VARIAS													
3.01	LIMPIEZA GENERAL DE OBRA	7 DIAS												

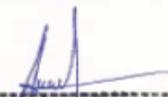
  
 IRVIN MAX  
 ROSALES VALVERDE  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP Nº 227146

Figura 45. Cronograma de obra con aditivo AGGREBIND, total 90 días calendarios. (Fuente: Ingeniero Civil)

## Hipótesis Específicas 2:

**Ho:** Evaluación del índice de condición del pavimento flexible no favorece a la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

**Ha:** Evaluación del índice de condición del pavimento flexible si favorece a la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

### Planteamiento de Hipótesis para la comparación de la media:

**Ho** :  $u_0 = u_1$

**Ha** :  $u_0 \neq u_1$

### Donde:

$u_0$  : Índice de condición del pavimento flexible

$u_1$  : Índice de condición del pavimento flexible

### Estadístico de Contraste:

Para la contratación de hipótesis se aplicará el estadístico t de student; para comparar los Índice de condición del pavimento flexible con y sin aplicar aditivo AGGREBIND; para ello se utilizará el software estadístico SPSS versión 23.

### Nivel de confiabilidad:

El nivel de confiabilidad es de 95%

Nivel de sigma = 0.05

### Cálculos:

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior Superior		
Índice de condición del pavimento flexible	Se han asumido varianzas iguales	4,235	,074	107,778	8	,000	52,800	,490	51,670	53,930
	No se han asumido varianzas iguales			107,778	5,538	,000	52,800	,490	51,577	54,023

**Tabla 5.** Datos obtenidos de la recolección de información (Fuente estadista)

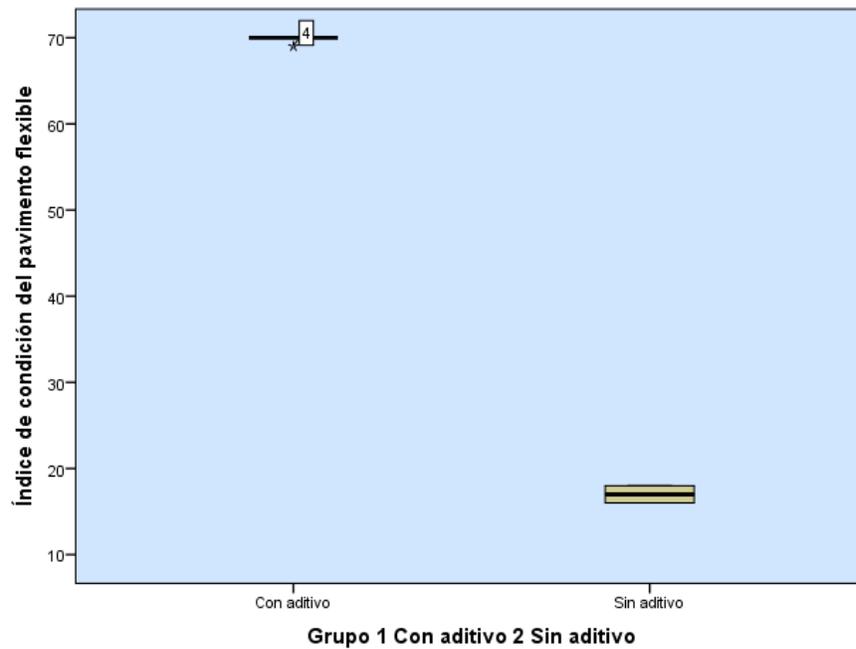
### Interpretación:

En la tabla anterior se tiene que el valor de sigma es igual a 0.000 y es menor de 0.05, entonces acepto la hipótesis alterna y rechazo la hipótesis nula; demostrando que la evaluación del índice de condición del pavimento flexible si favorece a la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.

**Cálculos:**

Estadísticos de grupo						
	Grupo 1 Con aditivo	2 Sin aditivo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Índice de condición del pavimento flexible	Rango		5	70,00	,447	,200
	Rango		5	16,00	1,000	,447

**Tabla 6.** Datos Obtenidos de la recolección de información (Fuente estadista)



*Figura 46.* Gráfico de cajas para comparar los promedios del índice de condición del pavimento flexible. (Fuente Estadista).



Figura 47. Resultado de PCI (Fuente: Ingeniero Civil).



Figura 48. Resultado de PCI (Fuente: Ingeniero Civil).

## **V. DISCUSIÓN**

### **5.1. Análisis de discusión de resultados.**

El resultado de la investigación, MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO AGGREBIND PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA CALLE LOS EUCALIPTOS, EN EL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA-2018. Se llegó a lograr que aplicando el aditivo AGGREBIND, mejora la resistencia y durabilidad del pavimento flexible. Según los resultados de los estudios de suelo, del C.B.R. con aditivo al 100% de M.D.S. (%) de 0.1" la resistencia es de 98.4, a diferencia del C.B.R. sin aditivo es de 43.2.

El resultado de la investigación, DIFERENCIA DEL PRESUPUESTO DE OBRA APLICANDO ADITIVO AGGREBIND Y SIN ADITIVO, EN EL MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, EN LA CALLES LOS EUCALIPTOS EN EL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA-2018". Se llegó a lograr de que existe una gran diferencia en el presupuesto con aditivo AGGREBIND costo total de la obra es de S/ 867,320.94 (Ochocientos sesenta y siete mil trescientos veinte con 94/00 Soles) y sin aditivo el costo total de la obra es de S S/ 1,053,304.77 (Un millón cincuenta y tres mil trescientos cuatro con 77/00 Soles). Teniendo como resultado que la diferencia de los dos presupuestos de obra es de 17.66%, reduciendo totalmente el costo y tiempo de la obra.

El resultado de la investigación, CUÁL SERÍA EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CALLE LOS EUCALIPTOS, EN EL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA-2018. Se logró evaluar el pavimento flexible calculando el índice de condición del pavimento (PCI), se elaboró dos fichas cada 661 ml, analizando los tipos de fallas del pavimento, en donde se llegó a calcular que el primer tramo el PCI es de 16.00 y verificando la (Figura 8: Clasificación del PCI). La condición del pavimento es muy mala, en el segundo tramo el PCI es de 10.00 y verificando la (Figura 8: Clasificación del PCI). La condición del pavimento es muy mala.

## **VI.CONCLUSIONES**

### **6.1. Conclusiones.**

La aplicación del aditivo AGGREBIND para estabilizar suelo, mejora la resistencia y durabilidad del pavimento flexible. Según los resultados de los estudios de suelo, del C.B.R. con aditivo al 100% de M.D.S. (%) de 0.1" la resistencia es de 98.4.

El presupuesto total de la obra aplicando aditivo AGGREBIND, es de S/ 867,320.94 (Ochocientos sesenta y siete mil trescientos veinte con 94/00 Soles). Y sin aditivo el costo total de la obra es de S/ 1,053,304.77 (Un millón cincuenta y tres mil trescientos cuatro con 77/00 Soles). Teniendo como resultado que la diferencia de los dos presupuestos de obra es de 17.66%, reduciendo totalmente el costo y tiempo de la obra. Total, de la diferencia es de S/ 185,983.83 (Ciento ochenta y cinco mil novecientos ochenta y tres con 83/00 Soles).

Se logró evaluar el pavimento flexible calculando el índice de condición del pavimento (PCI), elaborando dos fichas cada 661ml, analizando los tipos de fallas del pavimento en la calle los Eucaliptos, en donde se llegó a calcular que el primer tramo el PCI es de 16.00 y verificando la (Figura 8: Clasificación del PCI). La condición del pavimento es muy mala, en el segundo tramo el PCI es de 10.00 y verificando la (Figura 8: Clasificación del PCI). La condición del pavimento es muy mala.

Se realizó estudio de suelos indicando que la superficie de la rodadura de 2" de espesor y la base granular es de 15 cm de espesor (C.B.R > 30, compactada al 100% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado). Capacidad de soporte de la infraestructura vial 40 Ton/m<sup>3</sup>.

## **VII. RECOMENDACIONES**

### **7.1. Recomendaciones**

Se deberá aplicar el aditivo AGGREBIND, adecuadamente con las medidas de seguridad correspondiente y almacenar en un lugar seguro.

Utilizar equipos de seguridad en el trabajo (EPP), para medida de protección del personal ante cualquier incidente o accidente durante la ejecución del proyecto.

Verificar la adecuada preparación del afirmado granular existente con el aditivo AGGREBIND, para llegar a la resistencia que se requiere para soportar 40 ton/m<sup>3</sup> y espesor de 15 cm.

Realizar ensayos de cono de arena in situ, para hallar la densidad natural del terreno y verificar los resultados obtenidos en la compactación de suelos.

.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AgeEcovias Peru SAC. (2017). Productos AGGREBIND Inc. Perú.
- Angulo Roldan, D., & Rojas Escajadillo, H. F. (2016). ENSAYO DE FIABILIDAD CON ADITIVO PROES PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN EL AA.HH. EL MILAGRO,2016. IQUITOS, PERU.
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología para la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo, Perú.
- Cedeño Cevallos, J. A. (2014). PROPUESTA DE METODOLOGIA COMPLEMENTARIA A LOS DISEÑOS DE PAVIMENTOS SEGUN AASHTO 93. GUAYAQUIL, ECUADOR.
- Cespedes Abanto, J. (2000). *Los Pavimentos en las Vías Terrestres*. Cajamarca, peru.
- Gavilanes Bayas, E. G. (2015). ESTABILIZACION Y MEJORAMIENTO DE SUB-RASANTE MEDIANTE CAL Y CEMENTO PARA UNA OBRA VIAL EN EL SECTOR DE SANTO PAMPA BARRIO COLINAS DEL SUR. QUITO, ECUADOR.
- Juárez Badillo, E. (2005). *Mecánica de Suelos*. México: Limusa.
- Leon Fierro, K. J. (2016). FUNCIONALIDAD DEL ADITIVO SOLIDO ROCATECH 70/30 COMO AGLOMERANTE PARA UNA BASE ESTABILIZADA CON LA TECNOLOGIA PROES EN EL PROYECTO RED VIAL N° 3-CUSCO. CUZCO, PERU.
- Lopez Valencia, J. S. (2016). EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL E INCIDENCIA EN EL DETERIORO TEMPRANO DE LA RED VIAL EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA. AMBATO, ECUADOR.
- Manual de Carreteras: Diseño Geométrico . (2018). Perú.
- Manual de Carreteras:"Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos". (2015). *R.D. N° 10-2014-MTC/14*. Perú: Macro EIRL.
- Manual de Ensayo de Materiales. (2016). Perú.
- Menéndez Acurio, J. R. (2012). *Ingeniería de Pavimentos materiales, diseño y Conservación*. Lima, Lima, Perú: ICG.

- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Bogota, Colombia: Agora Editores.
- NORMA TECNICA MTC E 1109. (2004). ESTABILIZADORES QUIMICOS. *DIRECCION GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES*. Perú.
- Palli Apaza, E. E. (2015). GUIA BASICA PARA ESTABILIZAR DE SUELOS CON CAL EN CAMINOS DE BAJA INTENSIDAD VEHICULAR EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN. PUNO, PERÚ.
- Palomino Terán, K. E. (2016). CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CON LA INCORPORACION DEL ESTABILIZADOR MAXXSEA 100. CAJAMARCA, CAJAMARCA, PERÚ.
- Quiroz Vargas, W. F. (2017). COMPARACION ENTRE LA ESTABILIZACION DE SUELOS CON EMULSION ASFALTICA Y LA ESTABILIZACION DE SUELOS CON ASFALTO Y DIESEL PARA DETERMINAR CUAL ESTABILIZACION PROPORCIONA MAYOR DENSIDAD APARENTE Y RELACION DE SOPORTE CBR. AMBATO, ECUADOR.
- radice, v. y. (2015). Mezclas Asfalcticas Sostenibles en las rutas de Lima. *Viabilidad y transporte latinoamericano*.
- Robles Bustios, R. (2015). CALCULO DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) BARRANCO-SURCO-LIMA. LIMA, LIMA, PERU.
- Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2015). *PAVIMENTOS: MATERIALES, CONSTRUCCION Y DISEÑO*. Bogotá, Colombia: MACRO.
- Vásquez Varela, L. R. (2002). Manual: Pavement Condition Index (PCI). Manizales, Colombia.
- Velarde del Castillo, A. D. (2015). APLICACION DE LA METODOLOGIA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA EN LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE SUELOS ARCILLOSOS ESTABILIZADOS CON CAL Y CEMENTO. PUNO, PUNO, PERÚ.

## **ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de consistencia

Anexo 2: Matriz de Operacionalización

Anexo 3: Instrumentos

Anexo 4: Validación de Instrumentos

Anexo 5: Matriz de Datos

Anexo 6: Autorización

Anexo 7: Expediente Técnico

**ANEXO 01  
MATRIZ DE CONSISTENCIA – PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

"Mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la calle los Eucaliptos, en el Distrito de Chaclacayo-Lima-2018"

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS PRINCIPAL	VARIABLES	DISEÑO METODOLOGICO
¿Cuál sería el mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la calle los Eucaliptos en el Distrito de Chaclacayo-Lima-2018?	Analizar cuál sería el mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la calle los Eucaliptos en el Distrito de Chaclacayo-Lima-2018	Análisis del mejoramiento del pavimento flexible si mejoró aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos a la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Pavimento Flexible: Rondón Quintana &amp; Reyes Lizcano, (2015) "Las estructuras de pavimento del tipo flexible pueden ser definidas como estructuras viales conformadas por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez, compuestas por materiales granulares no tratados o ligados (base, sub base, afirmado y en algunos casos sub rasantes mejorada o material de conformación), que a su vez se soportan sobre el terreno natural o sub rasante".</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>Aplicativa Según Borja Suárez, (2012) afirma "Busca conocer actuar, construir y modificar una realidad problemática. Esta mas interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal.</p> <p><b>Método de investigación:</b></p> <p>Cuantitativo Según Borja Suárez, (2012) manifiesta "Por lo comun en los estudios cuantitativos se establece una o varias hipótesis (suposiciones acerca de la realidad), se diseña un plan para someterlas a prueba, se miden los conceptos incluidos en la hipótesis (variables) y se transforman las mediciones en valores numericos para analizarse posteriormente con tecnicas estadísticas y extender los resultados a un universo mas amplio o para consolidar las creencias de una teoria".</p> <p><b>Diseño de la Investigación:</b> experimental</p> <p><b>Tal como lo afirma Borja Suárez, (2012)</b> "Es aquella investigación en que la hipótesis se verifica mediante la manipulación "deliberada" por parte del investigador de las variables. Esta investigación determinara la relación causa – efecto de un fenómeno físico o social.</p> <p><b>Area de estudio:</b> Calle los Eucaliptos.</p> <p><b>Población y muestra</b> Según Borja Suárez, (2012) "Para una investigación cuantitativa, la muestra de estudio es un sub grupo representativo de la poblacion, sobre la cual se habran de recolectar datos. EL investigador se debera interesar que los resultados encontrados en la muestra logren generalizarse o extrapolarse a la poblacion o Universo. La muestra debe ser estadísticamente representativa".</p> <p><b>Instrumentos:</b> Ficha de Observación Para la presente investigación se utilizará el instrumento de ficha de observación y según Borja Suárez, (2012) "Para los proyectos de investigación en ingeniería, todos los datos observados se deben plasmar en formatos adecuados en recolección de información; por ejemplo: Formatos para el estudio de tráfico, estudio de suelos, levantamientos topográficos, diseño de mezclas, etc". Para este caso se utilizará sobre El mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivos AGGREBIND para estabilizar suelos con el objetivo de obtener el análisis, la evaluación y la información correspondiente para aplicar en los resultados.</p> <p><b>Valoración estadística</b> Paquete estadístico Microsoft Excel que sirve para procesar los datos recolectados y crear archivos electrónicos.</p>
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Aditivo AGGREBIND: Según AgeEcovias Perú SAC, (2017) "Que AggreBind es un estabilizador de suelos, y por su composición química, es un polímero de cadenas cruzadas de estireno acrílico, no es corrosivo, no es volátil, interactúa positivamente con cualquier material de construcción y mejora considerablemente la capacidad de carga y compactación de cualquier suelo in-situ"</p>	
¿Cuál sería la diferencia del presupuesto de obra aplicando aditivo AGGREBIND y sin aditivo, en el mejoramiento del pavimento flexible, en la calle los Eucaliptos en el Distrito de Chaclacayo-Lima-2018?	Evaluar cuál sería la diferencia del presupuesto de obra aplicando aditivo AGGREBIND y sin aditivo en el mejoramiento del pavimento flexible en la calle los Eucaliptos en el Distrito de Chaclacayo-Lima-2018	Evaluación la diferencia del presupuesto de obra aplicando aditivo AGGREBIND y sin aditivo, favorece en el mejoramiento del pavimento flexible en la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.		
¿Cuál sería el índice de condición del pavimento flexible, en las calles los Eucaliptos en el Distrito de Chaclacayo-Lima- 2018?	Evaluar cuál sería el índice de condición del pavimento flexible, en las calles los Eucaliptos en el Distrito de Chaclacayo-Lima-2018.	Evaluación del índice de condición del pavimento flexible favorece a la calle los Eucaliptos en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018.		

**ANEXO N°02**  
**Tabla de Operacionalización de Variables**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM	ESCALA	
Pavimento Flexible	Estudio de Suelos	Contenido de Humedad	$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$ $W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$	ORDINAL	
		Análisis Granulométrico	$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$	ORDINAL	
		Limite Liquido	$\text{Limite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$	ORDINAL	
		Limite Plástico	$LL = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0,121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n$	ORDINAL	
		Compactación	$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$	ORDINAL	
		CBR	$\% \text{ Expansión} = \frac{L2 - L1}{127} \times 100$ $\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$	ORDINAL	
	Estudio de Trafico	Periodo de Diseño	05-50 AÑOS		ORDINAL
		IMDA	IMDA= IMDSXfc		ORDINAL
		Trafico de Diseño	$ESAL = (\sum_{i=1}^m p_i F_i)(ADT)_0 (T)(A)(G)(D)(L)(365)(Y)$		ORDINAL
	PCI	Unidades de Muestreo	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$ Ecuación 1.		ORDINAL

		Tipos de Fallas	Bajo (L) - Medio (M) - Alto (H)			ORDINAL
		Calculo de PCI	$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$			ORDINAL
Aditivo AGGREBIND	Estabilidad de suelos	Espesor	10 CM – 30 CM			ORDINAL
		Compactación	$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$			ORDINAL
		Densidad	$\rho_m = M_3 / V$ $\rho_d = M_4 / V$			ORDINAL
	Impermeabilidad	Volumen del suelo	$k = \frac{Q \times L}{A \times t \times h}$			ORDINAL
		Vacío de Suelos Saturados				ORDINAL
	Capacidad de Soporte (CBR) con aditivo	Humedad de Compactación	$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$			ORDINAL
		Expansión	$\% \text{ Expansión} = \frac{L2 - L1}{127} \times 100$			ORDINAL
		Valor de la relación de Soporte	Penetración		Presión	
	Mm	Pulgadas	MN/m <sup>2</sup>	Kgf/ cm <sup>2</sup>	Lb/plg <sup>2</sup>	
	2.54	0.1	6.90	70.31	1.000	
	5.08	0.2	10.35	105.46	1.500	

**Nota:** Las DIMENSIONES e INDICADORES, solo si proceden, en dependencia de la naturaleza de la investigación y de las variables.

**ANEXO N° 03**

<b>MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE OBTENCIÓN DE DATOS</b>							
<b>Título de la investigación:</b> "Mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la Calle los Eucaliptos, en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018"							
<b>Apellidos y nombres del investigador:</b> Humpiri Ventura, Carlos Aron							
<b>Apellidos y nombres del experto:</b>							
ASPECTO POR EVALUAR						OPINIÓN DEL EXPERTO	
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM /PREGUNTA	ESCALA	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERACIONES / SUGERENCIAS
Pavimento Flexible	Estudio de Suelos	Contenido de Humedad	$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$ $W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$	ORDINAL			
		Análisis Granulométrico	$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$	ORDINAL			
		Limite Liquido	$\text{Limite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$	ORDINAL			
		Limite Plástico	$LL = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0,121} \quad \circ \quad LL = kW^n$	ORDINAL			
		Compactación	$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$	ORDINAL			
	CBR	$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$	$\% \text{ Expansión} = \frac{L2 - L1}{127} \times 100$	ORDINAL			
	Estudio de Trafico	Periodo de Diseño		05-50 AÑOS	ORDINAL		
IMDA			IMDA= IMDSXfc	ORDINAL			

		Trafico de Diseño	$ESAL = (\sum_{i=1}^m p_i F_i)(ADT)_0 (T)(A)(G)(D)(L)(365)(Y)$			ORDINAL			
	PCI	Unidades de Muestreo	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$ Ecuación 1.			ORDINAL			
		Tipos de Fallas	Bajo (L) - Medio (M) - Alto (H)			ORDINAL			
		Calculo de PCI	$PCI_S = \frac{[(N-A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$			ORDINAL			
Aditivo AGGREBIND	Estabilidad de suelos	Espesor	10 CM – 30 CM			ORDINAL			
		Compactación	$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$			ORDINAL			
		Densidad	$\rho_m = M_3 / V$ $\rho_d = M_4 / V$			ORDINAL			
	Impermeabilidad	Volumen del suelo	$k = \frac{Q \times L}{A \times t \times h}$			ORDINAL			
		Vacio de Suelos Saturados				ORDINAL			
	Capacidad de Soporte (CBR) con aditivo	Humedad de Compactación	$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} \times 100$			ORDINAL			
		Expansión	$\% \text{ Expansión} = \frac{L2-L1}{127} \times 100$			ORDINAL			
		Valor de la relación de Soporte	Penetración		Presión			ORDINAL	
		Mm	Pulgadas	MN/m <sup>2</sup>	Kgf/ cm <sup>2</sup>	Lb/plg <sup>2</sup>			
	2.54	0.1	6.90	70.31	1.000				
	5.08	0.2	10.35	105.46	1.500				
Firma del experto		Fecha / / _							

**ANEXO N°04  
VALIDACION DEL INSTRUMENTO**

Observaciones (precisar si hay suficiencia): No existe

Opinión de aplicabilidad: Aplicable  Aplicable después de corregir  No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg:

Espinoza Poves Danny Josué

DNI : 40392390

Especialidad del validador : ingeniero civil

...18...de...del 2018.

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

DANNY JOSUE  
ESPINOZA POVES  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 85152

Firma del Validador

Observaciones (precisar si hay suficiencia): NO EXISTE

Opinión de aplicabilidad: Si cumple  No Cumple

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg:

CHANG HEREDIA MIGUEL ANDEL

DNI: 18166174

Especialidad del validador: Ing Civil

15 de NOV del 2018

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

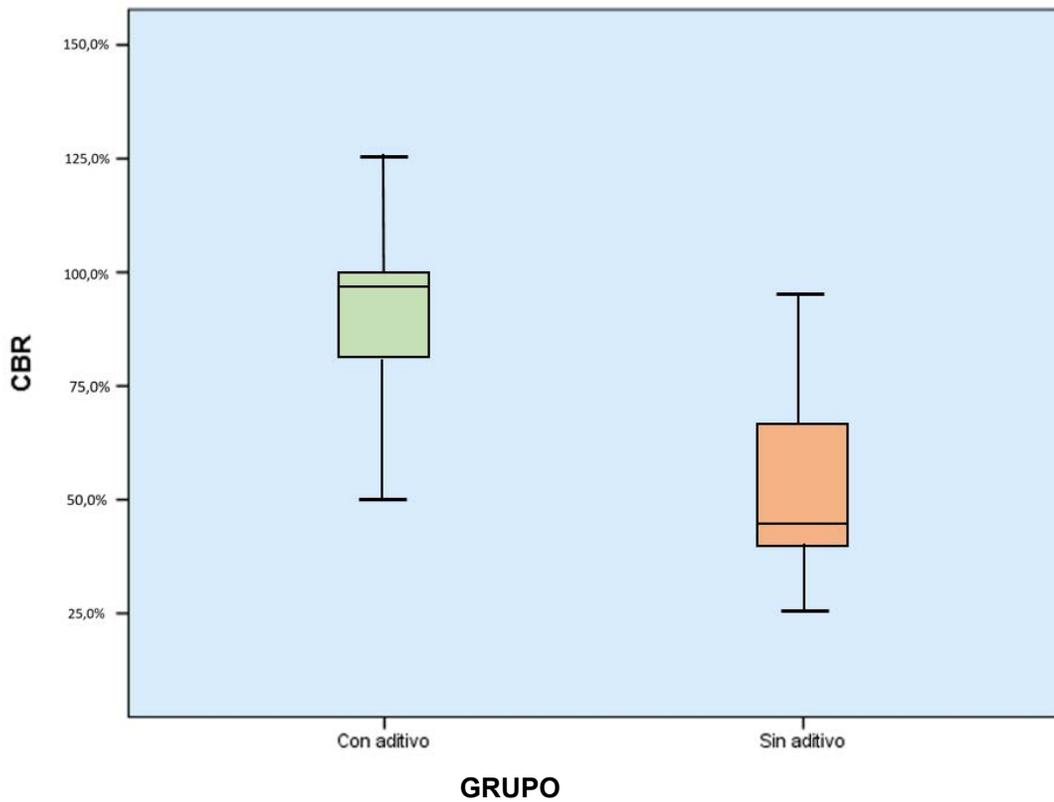
  
MIGUEL CHANG HEREDIA  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 38837  
Firma del Validador

**ANEXO N°05  
MATRIZ DE DATOS**

**Cálculos:**

<b>Estadísticos de grupo</b>					
	Grupo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
CBR	Con aditivo	5	98,4000	39,89737	17,84265
	Sin aditivo	5	43,2000	14,31782	6,40312

**Tabla N° 02** Datos obtenidos de la recolección de información (Fuente Estadista)



**Cajas para comparar los promedios de los CBR con y sin aditivo (Fuente Estadista)**

## ANEXO N°06 AUTORIZACION



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

Chacacayo, 15 de Noviembre de 2018.

**Señores:**  
Universidad Privada Telesup

**Presente.-**

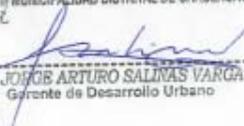
**Atención:** Dr. Anaximandro Perales Sánchez  
Vice Rector Académico

Visto el expediente presentado, en el área de la Gerencia de Desarrollo Urbano, en la municipalidad Distrital de Chacacayo.

Que, de nuestra mayor consideración la Gerencia de Desarrollo Urbano, indica: **QUE, SE DA CONSENTIMIENTO PARA REALIZAR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**, solicitado por el Sr. Carlos Aron Humpiri Ventura, identificado con DNI N° 48300787, Bachiller de la carrera de Ingeniería Civil de la **UNIVERSIDAD PRIVADA TELESUP**, cuyo título del trabajo de investigación es: "Mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo AGGREBIND para estabilizar suelos en la calle los Eucaliptos, en el Distrito de Chacacayo-Lima-2018."

Sin otro particular.

Atentamente,

  
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHACLACAYO  
Dr. JORGE ARTURO SALINAS VARGAS  
Gerente de Desarrollo Urbano

Av. Nicolás Ayllón 856 - Carretera Central Km. 24  
Central telefónica: 497-1033

**ANEXO N° 07  
EXPEDIENTE TÉCNICO**

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

# EXPEDIENTE TÉCNICO

✱ "MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO AGGREBIND PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA CALLE LOS EUCALIPTOS, EN EL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA-2018".

UBICACIÓN :



DEPARTAMENTO : LIMA  
PROVINCIA : LIMA  
DISTRITO : CHACLACAYO  
LUGAR : EUCALIPTOS

**DICIEMBRE 2018**