



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

“EVALUACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL  
METODO PAVER EN LA AVENIDA J. LEOPOLDO CARRERA  
CALVO DEL CANTON LA LIBERTAD”.

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Previo la obtención de título de:

**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

RODRIGUEZ GRANADO ALFREDO HERNAN

**TUTOR:**

ING. MORENO ALCIVAR LUCRECIA CRISTINA, Mg.

La Libertad, Ecuador

2019

**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

“EVALUACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL  
METODO PAVER EN LA AVENIDA J. LEOPOLDO CARRERA  
CALVO DEL CANTON LA LIBERTAD”.

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Previo la obtención de título de:

**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

**RODRIGUEZ GRANADO ALFREDO HERNAN**

**TUTORA:**

**ING. MORENO ALCIVAR LUCRECIA CRISTINA, Mg.**

La Libertad, Ecuador

2019

## CERTIFICACIÓN

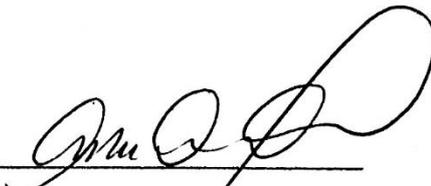
Certificamos que el trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por Alfredo Hernán Rodríguez Granado, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero Civil.

**TUTORA**

f.   
\_\_\_\_\_

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar. MSc.

**DIRECTORA DE LA CARRERA**

f.   
\_\_\_\_\_

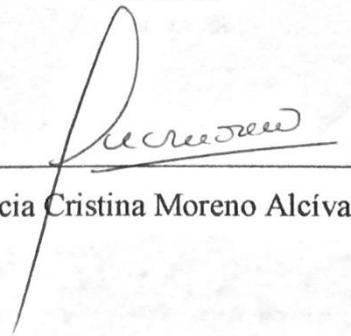
Arq. Gilda Graciela Rubira Gómez. MSc

La Libertad a los 13 días del mes de Agosto del año 2019

## APROBACIÓN DE LA TUTORA

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL MÉTODO PAVER EN LA AVENIDA J. LEOPOLDO CARRERA CALVO DEL CANTÓN LA LIBERTAD”, elaborado por el señor ALFREDO HERNAN RODRIGUEZ GRANADO, egresado de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

**TUTORA**

f. 

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar. MSc

La Libertad a los 13 días del mes de Agosto del año 2019

## **DECLARACION DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Alfredo Hernán Rodríguez Granado

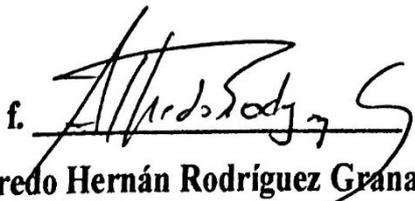
### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, “Evaluación De Pavimentos Flexibles Por El Método Paver En La Avenida Leopoldo Carrera Calvo Del Cantón La Libertad”, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**La Libertad, a los 13 días del mes de Agosto del año 2019**

**EL AUTOR**

f.   
**Alfredo Hernán Rodríguez Granado**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, Alfredo Hernán Rodríguez Granado.

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena, la respectiva publicación de nuestro trabajo de titulación, cuyo tema es “Evaluación De Pavimentos Flexibles Por El Método PAVER En La Avenida Leopoldo Carrera Calvo Del Cantón La Libertad”, cabe resaltar que el contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**La Libertad, a los 13 días del mes de Agosto del año 2019**

**EL AUTOR**

f.   
**Alfredo Hernán Rodríguez Granado**



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS



Oficio, UPSE LAB-032-2019

La Libertad, 13 de Agosto del 2019.

### CERTIFICADO ANTIPLAGIO

001-TUTO LCMA LUCRECIA MORENO ALCIVAR-2019

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado “Evaluación De Pavimentos Flexibles Por El Método Paver En La Avenida Leopoldo Carrera Calvo en el Cantón La Libertad”, elaborado por el estudiante Alfredo Hernán Rodríguez Granado con C.I. 0916984511, egresado de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de La Universidad Estatal Península De Santa Elena , previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con 1% de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe .

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,



Ing. Lucrecia Moreno Alcívar  
C.I. 0911164127  
DOCENTE TUTOR

## **CERTIFICADO DE REVISION DE LA REDACCION Y ORTOGRAFIA**

Yo, CARVAJAL TOURIZ JANETH MARLENE. Certifico que he revisado la redacción y ortografía de la Tesis de Grado:

**“EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL MÉTODO PAVER EN LA AVENIDA J LEOPOLDO CARRERA CALVO DEL CANTÓN LA LIBERTAD”**

Para el efecto he procedido a leer y analizar de manera profunda el estilo y la forma del contenido del texto:

- Se denota pulcritud en la escritura en todas partes.
- La acentuación es precisa.
- Se utilizan los signos de puntuación de manera acertada.
- En todos los ejes temáticos se evita los beneficios de dicción.
- Hay concreción y exactitud en las ideas.
- No incurre en errores en la utilización de las letras.
- La aplicación de la sinonimia es correcta.
- Se maneja con conocimiento y precisión morfosintaxis.
- El lenguaje es pedagógico, académico, sencillo y directo, por lo tanto de fácil comprensión.

Por lo expuesto y en uso de mis derechos como, **MAGISTER EN DISEÑO Y EVALUACION DE MODELOS EDUCATIVOS**, recomiendo la **validez ortográfica** de su tesis previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil.



CARVAJAL TOURIZ JANETH MARLENE  
C.C. 0910866326

**LICENCIADA EN EDUCACION PARVULARIA**  
REGISTRO SENESCYT: 1023-09-959896  
**MAGISTER EN DISEÑO Y EVALUACION DE MODELOS EDUCATIVOS**  
REGISTRO SENESCYT: 1050-13-86041182

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiarme en este trayecto de mi vida, por darme la posibilidad de ser mejor persona cada día, por darme la sabiduría necesaria para terminar mis estudios y así afrontar con ahínco mi vida profesional.

A mi esposa que me animó siempre a terminar mi carrera, sin ningún tipo de reproche ni de condicionamiento.

Agradezco a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, a la carrera de ingeniería Civil, en cuyas aulas adquirí conocimiento que de seguro me ayudaran a seguir creciendo no solo como profesional sino también como persona.

Con mucho respeto y admiración agradezco a la Ingeniera Lucrecia Moreno Alcívar, quien fue aquella tutora que me apoyó en la elaboración de este proyecto de investigación, aportando con su vasto conocimiento en la materia, y que me guió para que esto sea posible.

*Alfredo Hernán Rodríguez Granado*

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de tesis a mis padres, que me dieron la educación necesaria para llegar a este punto de mi vida, por estar pendientes de mí y porque se dé seguro que estarán muy felices por este logro.

A mi esposa, Diana Bravo, por animarme en los momentos más difíciles que tuve que pasar durante este tiempo de estudiante , por darme su mano amiga, por creer en mí, por ayudarme, por hacerse cargo de situaciones inesperadas y por darme la tranquilidad de saber que siempre contare con su apoyo.

A mis hijos, Rosmely , Santiago y el que viene en camino Lucas, que son mi inspiración, mi motivación para llegar a ser mejor cada día, que con su cariño me dieron ánimo y fortaleza para culminar mis estudios.

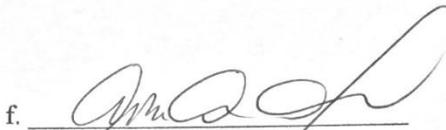
Y por último, pero no menos importante dedico este trabajo a todos y cada una de las personas, que aportaron con algo en mi formación universitaria, a todos ellos, muchas gracias.

*Alfredo Hernán Rodríguez Granado*

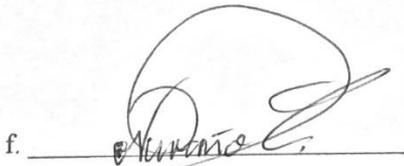
**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. 

Ing. Juan Garcés Vargas.  
DECANO DE LA FACULTAD

f. 

Arq. Gilda Rubira Gomez.  
DIRECTORA DE CARRERA

f. 

Ing. Gastón Proaño  
DOCENTE DEL ÁREA



Ab. Víctor Manuel Coronel Ortiz  
SECRETARIO GENERAL

# ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
<b>MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	1
1.1. Introducción. ....	1
1.2. Antecedentes. ....	3
1.3. Planteamiento del Problema.....	5
1.4. Objetivos del Proyecto .....	7
1.4.1. Objetivo general.....	7
1.4.2. Objetivos específicos. ....	7
1.5. Alcance.....	7
1.6. Justificación.....	8
<b>CAPITULO II</b> .....	9
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	9
2.1 Definición de pavimento. ....	9
2.2 Clasificación de pavimentos. ....	9
2.2.1. Pavimentos flexibles. ....	9
2.2.2 Pavimentos Rígidos.....	10
2.3. Estructura del pavimento.....	11
2.3.1. Subrasante. ....	12
2.3.2. Sub-base. ....	12
2.3.3. Base. ....	12
2.3.4. Capa de rodadura.....	13
2.4. Serviciabilidad de los pavimentos.....	13
2.5 Causas que generan el deterioro prematuro del asfalto.....	14
2.6. Clasificación de deterioros en pavimentos asfálticos.....	16
2.6.1. Agrietamiento.....	16

2.6.2. Deformaciones. ....	16
2.6.3. Desprendimientos.....	17
2.6.4. Afloramientos.....	17
2.6.5. Otros deterioros.....	17
2.7. Método PAVER. ....	18
2.8. Fallas en pavimento usadas en el método PAVER. ....	20
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>39</b>
<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>39</b>
3.1. Descripción del Método. ....	39
3.2. Consideraciones Generales. ....	39
3.3. Índice de Condición del Pavimento. ....	40
3.4. Procedimiento de evaluación de la condición de pavimento. ....	41
3.5. Materiales e instrumentos. ....	42
3.6. Determinación de la longitud de la muestra.....	42
3.7. Determinación del número de unidades de muestras a ser inspeccionadas. ...	43
3.8. Selección de muestras para inspección. ....	44
3.9. Selección de muestras adicionales. ....	45
3.10 Cálculo del PCI en las unidades de muestreo. ....	45
3.10.1. Cálculo de densidad. ....	45
3.10.2. Valor de deducción. ....	46
3.10.3. Valor de deducción corregido (VDC).....	47
3.11 Tránsito. ....	47
3.11.1. Volumen de Tránsito.....	48
3.11.2. Tránsito Promedio Diario (TPD). ....	49
3.11.3. Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS). ....	49
3.11.4. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).....	50
3.11.5. El factor de estacionamiento mensual (Fm).....	50

3.11.6. El factor de ajuste diario (Fd).....	51
<b>CAPITULO IV</b> .....	52
<b>ANALISIS DE RESULTADOS</b> .....	52
4.1 Evaluación preliminar. ....	52
4.2 Ubicación. ....	52
4.3 Clima. ....	53
4.4 Aplicación método PAVER. ....	53
4.5 Procedimiento. ....	54
4.5.1. Número total de unidades de muestra. ....	54
4.5.2. Número mínimo de muestras a evaluar.....	55
4.5.3. Intervalos de unidades de muestras que se va a inspeccionar.....	55
4.6. Resultados. ....	56
4.7 Volumen de Tránsito.....	68
4.7.1. Tránsito Promedio Diario (TPDS). ....	68
4.7.2. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).....	69
4.8 Resumen de Resultados.....	70
<b>CAPITULO V</b> .....	72
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	72
5.1 Conclusiones. ....	72
5.2 Recomendaciones.....	72
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	74
<b>ANEXOS</b> .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación general de los deterioros de pavimentos asfálticos .....	18
Tabla 2. Piel de Cocodrilo.....	20
Tabla 3. Exudación.....	21
Tabla 4. Grietas de contracción.....	22
Tabla 5. Elevaciones y/o Hundimientos.....	23
Tabla 6. Corrugaciones .....	24
Tabla 7. Depresiones.....	25
Tabla 8. Grietas de borde .....	26
Tabla 9. Grietas de Reflexión de Juntas de Losas de Concreto .....	27
Tabla 10. Desnivel Calzada-Hombrillo.....	28
Tabla 11. Grietas Longitudinales y Transversales .....	29
Tabla 12. Bacheo y zanjas reparadas .....	30
Tabla 13. Agregados pulidos.....	31
Tabla 14. Huecos.....	32
Tabla 15. Cruce de sumideros de Rejilla .....	33
Tabla 16. Ahuellamiento.....	34
Tabla 17. Deformaciones por Empuje. ....	35
Tabla 18. Grietas de Desplazamiento.....	36
Tabla 19. Hinchamientos.....	37
Tabla 20. Disgregación y Desintegración. ....	38
Tabla 21. Fallas usadas en método Paver.....	41
Tabla 22. Longitud de la unidad de muestra según el ancho de calzada .....	43
Tabla 23. Criterio alternativo para determinar el número de muestras a inspeccionar .....	43
Tabla 24. Factor de ajuste mensual en base al consumo de gasolina y diésel en la provincia de Santa Elena. ....	51
Tabla 25. Resultados conteo vehicular.....	68
Tabla 26. Resultados TPDS en ambos sentidos.....	68
Tabla 27. Determinación del factor de ajuste diario .....	69
Tabla 28. Espesores mínimos de carpeta asfáltica, de acuerdo al nivel del tránsito..	70
Tabla 29. Resumen Índice de Condición de Pavimento PCI para cada unidad de muestra.....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Pavimento flexible .....	10
<b>Figura 2.</b> Pavimento flexible .....	11
<b>Figura 3.</b> Escala de Calificación PCI.....	40
<b>Figura 4.</b> Intervalo para selección de unidades de muestras a evaluar .....	45
<b>Figura 5.</b> Valor de deducción (Piel de Cocodrilo).....	46
<b>Figura 6.</b> Grafico para hallar el valor de deducción corregido.....	47
<b>Figura 7.</b> Vía Leopoldo Carrera Calvo .....	53
<b>Figura 8.</b> Porcentajes de condición del pavimento .....	71

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Tablas para hallar el valor de deducción para cada tipo de daño y su nivel de severidad. ....	76
Anexo B. Unidades de muestras. ....	86
Anexo C. Estudio de Transito. ....	100
Anexo D. Fotografías. ....	101
Anexo E. Fallas en Pavimentos Flexibles. ....	103
Anexo F. Estabilidad Marshall. ....	109
Anexo G. ESAL`S. de diseño ....	113

## ABREVIATURAS

**ASTM** American Society for Testing Materials (Sociedad Americana para Ensayos de Materiales).

**MTOP** Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

**PCI** Pavement Condition Index (Índice de Condición del Pavimento).

**VD** Valor de Deducción.

**VDC** Valor de Deducción Corregida

**VDT** Valor de Deducción Total.

**SD** Desviación Standard

**TPDA** Tráfico Promedio Diario.

**TPDS** Tráfico Promedio Diario Semanal.

**TPD** Tráfico Promedio Diario.

**ESALS** Equivalen Single Axles Load (Número de Ejes Equivalentes).

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TEMA:** “EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL MÉTODO PAVER EN LA AVENIDA LEOPOLDO CARRERA CALVO DEL CANTÓN LA LIBERTAD”

**Autor:** Alfredo Hernán Rodríguez Granado.

**Tutor:** Ing. Lucrecia Moreno Alcívar. Mg.

**RESUMEN**

El presente trabajo tiene como propósito principal analizar y evaluar las fallas existentes en la capa de rodadura en la avenida Leopoldo Carrera Calvo que une el cantón Santa Elena con el cantón La Libertad en la provincia de Santa Elena. Para la evaluación de esta vía se usó el método Paver utilizando como complemento el Índice de condición del pavimento (PCI), norma ASTM 6433-03, que consiste en la identificación de las fallas de pavimento flexible, el nivel de severidad de cada una de ellas y su respectiva unidad de medida. Este estudio tiene también como finalidad de desarrollar mecanismos de evaluación de pavimentos flexibles, para que sean usados en calles de la provincia a fin de poder conocer con gran certeza el estado de las mismas, para que las entidades encargadas puedan darles un seguimiento o intervenirlas si fuera el caso.

Se busca también en este proyecto de investigación conocer las fallas de la calle en estudio, las causas que produjeron estas fallas, y saber de qué manera se puede proporcionar un mantenimiento oportuno, con la única convicción de que los usuarios de esta muy transitada vía, puedan recorrerla con la comodidad y seguridad que esto atañe.

Palabras claves: Pavimentos flexibles, Fallas estructurales, Capacidad de carreteras, Normas (Ingeniería), Asfalto, Evaluación, Método PAVER.

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TEMA:** “EVALUATION OF FLEXIBLE PAVEMENT BY THE METHOD  
“PAVER” ON LEOPOLDO CARRERA CALVO AVENUE IN LA LIBERTAD  
CITY”

**Author:** Alfredo Hernán Rodríguez Granado.

**Tutor:** Ing. Lucrecia Moreno Alcívar. Mg.

**SUMMARY**

This work has as its main purpose analyze and evaluate the existing failures in the tread on Leopoldo Carrera Calvo Avenue that join the Santa Elena city with Libertad city. For the evolution of this route, the payment method used as a complement the pavement (PCI) condition index standard ASTM 6433-03 that is the identification of flexible pavement failures, the level of severity of each of them and their respective unit of measure. This study also aims to develop flexible pavement evaluation mechanisms, so that they can be used in streets of the province in order to be able to know with great certainty the state of the same. This can permit entities in charge follow up or intervene if necessary.

It is also sought in this research project to know the failures of the street on study, the causes that produce these faults and to know how it can be provided with a timely maintenance with the only condition that users of this busy road can travel with comfort and security that this concern.

Keyword: Flexible Pavement, Structural Failure, Road capacity, Standards (Engineer), Asphalt, Evaluation, Paver Method.

# CAPÍTULO 1

## MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Introducción.

En las ciudades, el pavimento se constituye en el eje fundamental del progreso y por consiguiente influye directamente en la comodidad y satisfacción diaria de sus habitantes, permitiendo la vialidad en diversos vehículos, no obstante su estado influye de manera importante en el tránsito, por lo que un mínimo deterioro en su capa asfáltica puede alterar el orden y circulación vehicular normal de una avenida. Por consiguiente, es muy importante monitorear sistemáticamente a los pavimentos para poderlos evaluar anticipadamente para que al lograr identificar sus fallas, se realice oportunamente los trabajos de mantenimientos y evitar grandes reparaciones que ocasiona enormes gastos.

Básicamente las infraestructuras viales de los países están conformadas por pavimentos asfálticos, donde los gobiernos realizan inversiones importantes de sus presupuestos para su construcción y mantenimiento, sin embargo, este tipo de pavimentos llegan a deteriorarse con el tiempo, y si se hace una observación generalizada, es posible determinar que un alto índice de las vías de nuestra comunidad son de pavimento flexible.

Con este antecedente, se puede fijar un punto de análisis clave en cuanto a vialidad se trata, como es el cantón La Libertad debido su alto impacto comercial y vía directa de acceso al cantón Salinas siendo este uno de los principales balnearios del país, por lo que es necesario atender prioritariamente el estado de sus carreteras preservando su calidad vial, una tarea de alta responsabilidad para los ingenieros civiles involucrados en este tema, los cuales ejerciendo sus conocimientos, ética y experiencia deben aplicar métodos de prevención, construcción y cuantificación de deterioros superficiales de las vías.

Con el presente proyecto de investigación, se dará énfasis en esta problemática logrando identificar el estado deteriorado del pavimento que será estudiado, pretendiendo conseguir una proyección de reparación a futuro de este; considerando que existen una diversidad de métodos que permiten analizar lo antes mencionado, unos más precisos que otros, pero todos estos coinciden en que al obtener resultados actualizados se podrá hacer un análisis significativo para su futura reparación.

De manera concreta, mediante la ejecución de este estudio, se busca hacer una evaluación exhaustiva para conocer las condiciones de la avenida J. Leopoldo Carrera Calvo siendo considerada una vía muy importante ya que da servicio vehicular desde Salinas y Libertad a la Ruta Spondylus, hacia los balnearios del Norte y viceversa, vía que los conductores escogen para evitar cruzar la ciudad de Santa Elena y a su vez direcciona a la Terminal Terrestre Regional Sumpa, por lo que a diario es utilizada por una destacada mayoría de usuarios en sus vehículos, aumentando su flujo en feriados y las denominadas épocas de temporada alta.

Para el sistema de evaluación de la avenida J. Leopoldo Carrera Calvo se ha escogido el método PAVER que ha sido desarrollado por el Laboratorio de Investigación Ingenieril de Construcción del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU. (USACERL), para su uso militar y civil, que, alrededor de los años 80 hasta la actualidad ha obtenido muy buena aceptación por ser práctico y eficaz en los resultados pudiendo ser aplicable fácilmente durante el estudio de las vías, extendiéndose por las diferentes ciudades del mundo.

Con la utilización de este método se tratara de buscar las principales fallas que presenta la vía en estudio cuantificando así el daño en que se encuentra actualmente lo que nos permitirá tomar decisiones apropiadas para su reparación o restauración.

El método PAVER que es utilizado para determinar el estado de pavimentos, ya sean flexibles o rígidos, emplea el Índice de Condición de Pavimento (Pavement Condition Index – PCI) , siendo éste considerado como uno de los métodos normalizados más completos y aceptados por la comunidad científica – académica.

El método PAVER (muestreo de unidades, el cálculo del PCI, los criterios de inspección, etc.) trata de las fallas más relevantes que afectan a los pavimentos flexibles, y su apropiada aplicación, se considerará un número estadísticamente significativo para realizar y convalidar con cálculos manuales.

Por lo tanto, para dar inicio se procede a realizar un inventario exhaustivo y técnico mediante observación en la vía J. Leopoldo Carrera Calvo, en la cual se establece tipo, severidad, porcentaje de afectación de los principales deterioros, entre otros. Aplicando este método de cuantificación se podrá lograr los objetivos propuestos en nuestro estudio y a su vez proponer su aplicación a las principales calles y avenidas de la ciudad que se encuentren en las mismas condiciones, permitiendo hacer las correcciones futuras en cada falla que se logre identificar.

## **1.2. Antecedentes.**

A partir de la Segunda Guerra Mundial, el uso del transporte por carretera creció rápidamente y hoy en día es el medio de transporte más utilizado a nivel mundial. Su importancia es vital ya que es el medio por el cual se transportan tanto cargas comerciales necesarias para mantener la economía de las ciudades, así como, los pasajeros que utilizan el transporte diariamente para su diversas actividades sean estas públicas, privadas, comerciales o sociales.

Se considera que en América Latina el medio de transporte terrestre abarca el 80 % que comúnmente usa la población y un 60 % es utilizado como medio de tránsito de diversas cargas, y las obras viales se encuentran como prioridad por encima de ferrocarriles, aerolíneas y transporte marítimo.

La infraestructura vial en el mundo y particularmente en éste país constituye una prioridad para el desarrollo económico y social. Las vías de transporte terrestres interconectan los sectores de producción y consumo, a la vez que el estado en que se encuentran estas influye en un alto porcentaje en el nivel de costos de transportación, los cuales a su vez ejercen influencia sobre el comercio nacional e internacional de un país.

Por esta razón, un estudio adecuado antes de la construcción y un buen mantenimiento de las carreteras son temas que requieren de especial atención por parte de los Entes competentes para que cumplan el objetivo para las cuales fueron diseñadas y construidas. El buen manejo y administración oportuna de las vías proporcionarían al país un sistema vial adecuado de acuerdo a las exigencias de sus habitantes.

Hasta la presente se desconoce que los pavimentos de nuestra Provincia hayan sido evaluados alguna vez técnicamente con la metodología que se va a implementar en la calle que será estudiada en nuestra investigación, por lo que no se tiene una base de datos que sirva como guía para establecer semejanzas o diferencias o comparar con el estudio que se realizará, sin embargo si se han hecho estudios similares en el Ecuador y en países de Latinoamérica, y otros estudios de toma de decisiones para el tratamiento de pavimentos, algunos de éstos ligados a otros métodos de evaluación.

De acuerdo a los datos de INEC (2011) en la Provincia de Santa Elena contábamos con una población de aproximadamente 308.693 habitantes en comparación con el incremento nacional de población este fue superado en un 23.3 %, a esto se suma la población flotante que visita frecuentemente los cantones tanto en fines de semana como en épocas de feriado. Una proyección de la población para el año 2045 es de 449.631 habitantes.

Al revisar estos datos considerando que la mayoría de habitantes utiliza como medio de transporte el terrestre para su movilización sea colectiva o personal y teniendo en cuenta el incremento de población en época turística alta, las vías de nuestra provincia están expuestas frecuentemente a sobrecargas de peso vehiculares lo cual incrementa el deterioro del pavimento.

La avenida a estudiarse en el presente trabajo de tesis es una de las más congestionada durante las épocas de alta influencia turística debido a que sirve como interconexión entre Santa Elena – Libertad – Salinas, Libertad y la Ruta del Sol, siendo de preferencia a la hora de escoger por acortar tiempos de rodaje.

En la provincia de Santa Elena existen pocas evaluaciones de pavimento flexible por lo que se encuentra propenso al deterioro, considerando además que es muy deficiente el mantenimiento efectuado en las vías, esto significa que durante el período de vida de la estructura de pavimento, la misma iniciará un proceso de deterioro. La capa de rodadura que fue diseñada para un determinado periodo de tiempo, con el pasar de los años debido a diferentes factores entre las que se puede citar una deficiencia en la estructura del pavimento, compactación de la mezcla asfáltica, un inadecuado proceso de tendido entre otros, este periodo útil se puede acortar y las fallas serán relevantes ocasionando insatisfacción importante a los usuarios, además de aumentar los costos de mantenimiento y reparación de los vehículos tanto públicos como privados y que a su vez afecta al presupuesto de las entidades gubernamentales responsables.

En el deterioro del pavimento flexible, el tránsito representa la principal variable que conllevan a la extenuación de la estructura, siendo éste el motivo por el cual se inicia analizando los conceptos básicos relativos al estudio e interpretación de la información de tránsito; para luego presentar una descripción de las diferentes fallas que afectan al pavimento flexible, destacando el tipo, magnitud y severidad, obteniendo así uno de los indicadores para la evaluación de fallas presentes en el pavimento, como es el Índice de Condición del Pavimento (P.C.I.).

Se basará mediante un esquema investigativo y bajo las normas técnicas establecidas para el caso, la valoración funcional para determinar los daños de la vía objeto del estudio que permitirá establecer con los resultados la reparación de la capa de rodadura.

### **1.3. Planteamiento del Problema.**

El estado de una vía es de mucha importancia para determinar el progreso de una nación considerando su vinculación directa con el desarrollo social y económico, pues permite la interrelación entre centros poblados sean estas pequeñas o grandes ciudades, afectando positivamente o negativamente la economía de los mismos. En este orden de ideas, la estructura de pavimento como parte de la infraestructura vial

juega un papel preponderante, ya que su objetivo es ofrecer a los usuarios un rodaje cómodo, seguro y económico.

Durante el estudio en la avenida J. Leopoldo Carrera Calvo podemos darnos cuenta que el pavimento flexible presenta un considerable índice de fallas que podrían causar accidentes y congestionar la vía ya que es muy transitada sobre todo en feriados por la gran cantidad de afluencia turística que se dirige a los principales balnearios de la Provincia de Santa Elena.

Es importante recalcar que en la provincia de Santa Elena, una problemática muy frecuente es que al reconstruir o intentar dar manteamientos rápidos, pero no técnicos ni eficaces sobre todo en vías secundarias y terciarias se utilizan materiales de mala calidad y en las principales se ve con frecuencia los bacheos y fresados como formas rápidas de reparación. Siguiendo esta forma inadecuada de solución se verá el deterioro progresivo de las vías en muy corto plazo y no un mejoramiento que cumpla con los estándares de calidad y las normativas del MTOP, no pudiendo lograr una reparación definitiva de las fallas siendo testigo casi todos los años sobre todo en épocas invernales de que se repiten los daños de las vías en los mismos sitios que aparentemente fueron reparados.

Por tal razón, en vista de que la vía a estudiar interconecta dos cantones de esta Provincia se determina la importancia de este estudio ya que con los resultados del mismo se podría implementar las correcciones necesarias en el pavimento donde se encuentren las fallas para que los usuarios puedan mantener una circulación cómoda y sobre todo segura.

Actualmente no existe una adecuada evaluación de las condiciones de la vía a estudiarse ni tampoco cuenta con un plan de mantenimiento el cuál permita tomar decisiones oportunas en relación a la conservación en condiciones aceptables de la vía, es por ello que no se pueden determinar los trabajos de mantenimiento y programación de actividades en función del índice de condición del pavimento en el área a ser evaluada, y por tratarse de una ciudad en donde su principal actividad económica es el turismo, es fundamental contar con vías de acceso en excelente estado.

El principio básico de la evaluación y mantenimiento vial busca la adecuada implementación de procesos y actividades que permiten lograr obtener vías óptimas para la circulación vehicular permitiendo de esta forma mejorar el desempeño de todas las actividades económicas y sociales dentro de una comunidad.

Los costos de mantenimiento y el índice de accidentes se incrementarán al no realizarse un estudio para la conservación eficiente de la capa de rodadura. Los resultados del presente estudio permitirán a los departamentos competentes encargados tener datos detallados y una evaluación precisa para tomar las medidas pertinentes en cada caso.

#### **1.4. Objetivos del Proyecto**

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

- Evaluar la condición existente en el pavimento asfáltico de la Avenida Leopoldo Carrera Calvo, aplicando el método PAVER, para determinar el deterioro en el estado actual de la vía.

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

- Aplicar del Método PAVER, para generar una base de datos necesaria, para conocer las condiciones existentes en la vía de pavimento flexible de la avenida J. Leopoldo Carrera Calvo.
- Definir el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de la vía, mediante cálculos de la densidad de cada falla existente, para determinar el grado de deterioro de la vía.
- Determinar el tráfico promedio diario anual, (TPDA), realizando el conteo de vehículos, para verificar el volumen de tránsito presente en la vía.

#### **1.5. Alcance.**

Este tema de investigación evalúa visualmente las fallas superficiales de los pavimentos flexibles mediante el método del Índice de Condiciones de Pavimento

(PCI) para la avenida J. Leopoldo Carrera Calvo, y conocer la afectación de la vía la clase de daño el nivel de severidad y la densidad o extensión del mismo así se puede clasificar la condición del pavimento, el cual permitirá la toma de oportunas decisiones en su rehabilitación y mantenimiento de esta importante avenida.

Se realizará una minuciosa inspección de la avenida con ayuda de la ingeniera tutor, y siguiendo los parámetros contemplados en la norma ASTM D-6433-03 referente a la obtención del Pavement Condition Index (PCI).

### **1.6. Justificación.**

Los pavimentos cuando son construidos y diseñados se espera que su vida útil sea lo suficientemente duradera sin embargo en una gran proporción y por faltas de estudios técnicos adecuados el pavimento comienza a deteriorarse, cambiando su estado óptimo progresivamente hasta llegar a deplorables condiciones.

BARIANI, GORETTI, PEREIRA y BARBOSA (2006) concluyeron que para emitir cualquier alternativa de restauración o mantenimiento se debe realizar un diagnóstico general de los defectos del pavimento para establecer la mejor solución. Recomiendan una visita al sitio para observar los problemas en la superficie.

Al detectar este problema en la carpeta asfáltica de la avenida J. Leopoldo Carrera Calvo, es importante dar a conocer los resultados del estudio para que los encargados de la intervención y rehabilitación de vías como es el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, los departamentos de Tránsito y Seguridad Vial junto con el de Obras Públicas puedan tomar las correcciones necesarias y de esta forma lograr una conformidad máxima en los usuarios que transitan día a día por el sector.

Según la base de datos que se logrará con el estudio, que es significativa y que permitirá dimensionar la condición de la vía, se evidenciará las falencias que se encuentren; y si se da un manejo responsable con la base de los datos obtenidos, resultado de la evaluación de las condiciones en las que se encuentran los pavimentos, permitirá establecer las condiciones del pavimento y proponer una solución viable.

# CAPITULO II

## MARCO TEÓRICO

### **2.1 Definición de pavimento.**

Se conoce como pavimento al conjunto de varias capas de material seleccionado que se coloca sobre en el terreno acondicionado que reciben de forma directa las cargas del tránsito (Giordani & Leone, 2009).

Se debe considerar que el pavimento debe tener la capacidad de ser resistente frente a todas las condiciones y cambios climáticos en sus diferentes etapas y que está diseñado principalmente para brindar una superficie adecuada para el rodamiento del tránsito en cualquier circunstancia.

### **2.2 Clasificación de pavimentos.**

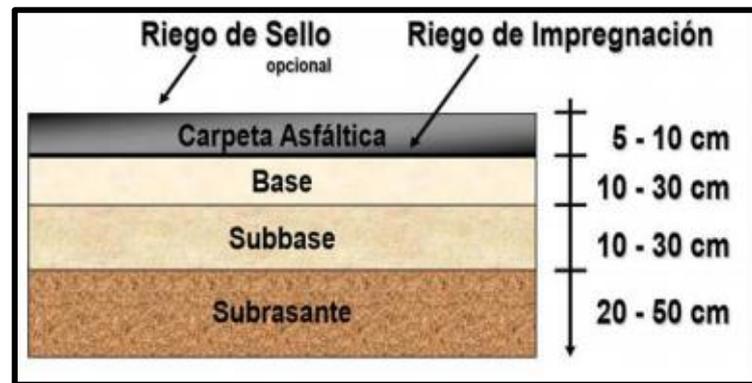
El pavimento se divide en pavimentos rígidos y flexibles y la diferencia que existe entre los pavimentos rígidos y flexibles, es en cómo están conformados cada uno y la distribución de carga que soportan.

#### **2.2.1. Pavimentos flexibles.**

Como en su nombre mismo este tipo de pavimento va a tener una base semirrígida o flexible, sobre la cuál va a estar una capa base y sub-base; que por lo general está constituida por una mezcla de material granular y betún formando una mezcla bituminosa (Roble, 2015; Morales & Chavez, 2009).

Es la estructura generalmente integrada por la sub-base, base y carpeta de rodadura, construyéndose sobre una terracería debidamente compactada, para poder soportar cargas de transito de acuerdo al diseño, impidiendo la acumulación o penetración de humedad, disponiendo de una superficie tersa, resistente al deslizamiento, y con un mantenimiento preventivo adecuado, al deterioro en general.

En la figura 1 se muestra el corte transversal de la estructura de un pavimento flexible, se puede claramente identificar las capas de base, sub-base que descansan sobre el suelo compactado denominado subrasante (Giordani & Leone, 2009; Romero, 2008).



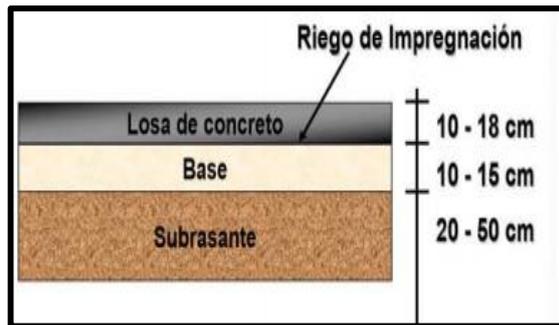
**Figura 1.** Pavimento flexible  
**Fuente:** (Giordani & Leone, 2009)

El tiempo de duración los pavimentos flexibles oscila entre 10 y 15 años, aunque constantemente necesita mantenimiento, siendo ésta la principal desventaja (Romero, 2008). Ya que comúnmente los gobiernos seccionales destinan muy poco presupuesto para el mantenimiento de las vías, cuando estas ya se encuentran deterioradas siendo muy evidente el daño de las mismas y es cuando se considera la reparación generando gastos altos ya que para este entonces los daños no son solo superficiales si no estructurales.

Cabe mencionar que este tipo de pavimento en algunas ocasiones es sometido a varios ensayos con condiciones más rígidas impuestas por el clima y tráfico.

### **2.2.2 Pavimentos Rígidos.**

Este tipo de pavimentos se caracteriza por tener un alto grado de elasticidad (Giordani & Leone, 2009), se encuentra conformada por una capa de cemento portland, apoyada en una capa base, que puede estar compuesta por grava, el tamaño de la capa se entra entre los 10 a 18 cm (Clavijo, 2017). La resistencia estructural va a depender de la losa de concreto, que en algunas ocasiones puede presentar un armado de acero (Zevallos Gamarra, 2018).



**Figura 2.** Pavimento flexible  
**Fuente:** (Giordani & Leone, 2009)

El tiempo de vida de este tipo de pavimentos varía entre 20 y 40 años aproximadamente, la ventaja de este tipo es que no necesita realizar tanto mantenimiento; sin embargo el costo inicial para el armado de la losa hormigonada es bastante elevada en relación al pavimento flexible (Calero & Guaman Padilla, 2012; Giordani & Leone, 2009).

En el Ecuador se cuenta con este tipo de pavimentos, recalcando que su tiempo de vida es mucho más largo que el de los pavimentos flexibles siendo menos propenso a daños de corto plazo; además poseen como características ser impermeables haciendo mucho más simple el proceso de drenaje, a pesar de ser casi tres veces más alto el presupuesto inicial que se usara al considerar las construcciones de las vías con este tipo de pavimento, el costo a largo tiempo será mucho más beneficioso y generará un ahorro debido a la durabilidad de éste, los mantenimientos y reparaciones a corto plazo son muy mínimos, se considera además que con este tipo de pavimentos se disminuyen los riesgos de deslizamientos de los vehículos evitando accidentes de tránsito con secuelas importantes, esto se da ya que no es frecuente que el pavimento rígido presente ahuellamientos por cargas reincidentes de vehículos pesados generando globalmente más conformidad a los usuarios que las transitan.

### **2.3. Estructura del pavimento.**

Esta consta de cuatro capas que van ordenadas de acuerdo al nivel de carga que van a ser sometidos; donde las capas de mayor resistencia van a estar arriba. En la actualidad el espesor que se recomienda es de 12 cm en la capa base, mientras que el espesor mínimo para la sub-base debe ser de 10 cm (Clavijo, 2017).

### **2.3.1. Subrasante.**

Frecuentemente esta capa corresponde al terreno natural sobre la cual se asienta la estructura del pavimento, pero no es considerada como parte de la estructura en sí; esta debe cumplir ciertas características para que los materiales que se asienten sobre ella puedan ser distribuidos de forma uniforme; por lo que la resistencia de esta capa es determinante a la hora de seleccionar el espesor total de las capas subsiguientes.

Las peculiaridades con las que debe desempeñar son: expansión máxima del 5%,  $f$  máximo de 3", grado de compactación mínimo del 95%; espesor mínimo de 30cm para caminos de bajo tránsito y de 50cm en caminos con un TPDA > de 2000 vehículos (Giordani & Leone, 2009; Clavijo, 2017)

### **2.3.2. Sub-base.**

Es la capa intermedia que se encuentra entre la base y subrasante, donde el material que se emplea debe ser de mayor calidad para minorar el espesor y proteger la base, evitando que el material de la capa subrasante puede ingresar a la capa base y produzca desniveles al variar las condiciones de humedad en la capa (Morales C. , 2008). En gran medida controla o elimina en lo posible cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la subrasante, además, controlar la ascensión capilar del agua provenientes de las capas freáticas cercanas protegiendo así al pavimento contra los hinchamientos que se producen en épocas de helada. Este hinchamiento es causado por el congelamiento del agua capilar, fenómeno que se observa especialmente en los suelos limosos donde la ascensión capilar del agua es considerable.

### **2.3.3. Base.**

Se encuentra bajo la superficie de rodamiento y sobre la sub-base, los materiales con los que se edifica deben ser de mejor calidad en relación a los de la sub-base, ya que después de la capa superficial que es la capa de rodadura esta es la que

recibe la carga del tráfico, y si los materiales no son de la calidad adecuada generara desgaste del pavimento mucho antes del tiempo para el que fue construida.

Su función principal es mantener la resistencia estructural para soportar las presiones transmitidas por los vehículos (Romero, 2008). Se construye con materiales granulares procesados en planta con estándares de calidad que garantice que el agua que logra infiltrar a través de la capa de rodamiento llegue a la sub-base (Morales & Chavez, 2009).

#### **2.3.4. Capa de rodadura.**

Es la capa externa la cual está en contacto con las cargas del tráfico, está compuesta por material pétreo al que se le añade producto asfáltico que sirve como aglutinante, (Morales C. , 2008).

Su función principal es servir de protección al resto de las capas protegiéndolas de filtraciones de aguas, además ayuda en el soporte del pavimento teniendo en cuenta que para que cumpla esta función su espesor debe ser calculado y diseñado para que así de esta forma pueda evitar que las capas inferiores estén expuestas y se genere la desintegración de éstas.

#### **2.4. Serviciabilidad de los pavimentos.**

Se trata de la opinión y satisfacción que tienen los usuarios sobre el pavimento que utilizan diariamente. Esto se lo puede medir de acuerdo al estado de fallas sobre la capa superficial pero esta percepción no sería la definición perfecta del deterioro o no del pavimento. Se tiene la norma AASHO que lo califica en una escala del “cero” al “cinco” siendo este último una calificación perfecta de pavimento y el primero cuando este pavimento se encuentra deteriorado.

En orden decreciente con una valoración de 5.0 a 4.0 y una calificación de muy buena nos da que solo los pavimentos que están recién construidos o en funcionamiento en el estado más óptimo serán encasillados dentro de esta puntuación.

Con una calificación de buena y un valor de 4.0 – 3.0 están aquellos pavimentos con casi ningún deterioro o con alguno muy superficial de fácil corrección, aquí se podríamos tomar de ejemplo dentro de los pavimentos flexibles aquellos que empiezan a mostrar ahuellamientos y dentro de los pavimentos rígidos aquellos que muestran fisuras casi imperceptibles a la hora del rodaje convencional de vehículos.

Siguiendo con la clasificación según los describe AASHTO se tiene los regulares con un puntaje de 3.0 -2.0 en los cuales la capacidad de rodaje a altas velocidades se ve afectada, se dan en pavimentos flexibles donde ya se aprecian ahuellamientos parches y agrietamientos y en los pavimentos rígidos podemos tomar como ejemplos las fallas de las juntas y los agrietamientos. Dentro de este grupo y al afectar negativamente la calidad y seguridad del rodaje se deben ya buscar soluciones rápidas y oportunas por el ente competente.

Luego se tiene la calificación mala que va con un valor de 2.0-1.0 afectando notablemente la velocidad de los vehículos que transitan en estas vías aquí vamos a encontrar dentro de los pavimentos flexibles extensos baches y grietas en más del 50 % de la superficie y dentro de los rígidos parches, agrietamientos, bombeos, desconche de las juntas, en este puntaje se podría decir que la afectación del rodaje es sumamente importante incluyendo un alto grado de inseguridad al transitar estas vías ocasionando una alta tasa de accidentes.

Por último se tiene la calificación muy mala que va desde 1.0 -0.0, aquí vamos a encontrar una vía en más de un 75 % afectada con baches extensos y profundas grietas , donde solo se podrá transitar a velocidades muy reducidas.

## **2.5 Causas que generan el deterioro prematuro del asfalto.**

Las causas que ocasionan el deterioro del pavimento o asfalto antes del tiempo previsto para el cual fue construido que con el pasar del tiempo y el uso dado por el rodaje continuo sobre este, generan que su vida útil y eficiente disminuya hasta lograr deteriorarse ocasionando malestar, inseguridad e incomodidad a los usuarios que transitan diariamente sobre éste.

- Ineficiente mantenimiento del asfalto.

Esta es una problemática de la mayoría de los países sub desarrollados donde sus presupuestos tienen alcances para obras de construcción y no de mantenimiento, creando una problemática a largo plazo y de difícil solución ya que a pesar de las reconstrucciones que pueden darse por lo general estas son solo momentáneas y no definitivas.

- Aumento del tránsito por encima del que fue considerado antes de su construcción.

La falta de estudios técnicos apropiados antes del inicio de las construcciones de las vías y la ausencia de la perspectiva y proyecciones a largo plazo generaran que la carga del tránsito aumente con el pasar de los años ocasionando el daño prematuro de las diversas capas de la estructura de pavimento y que las fallas en el capa de rodadura, vayan progresando y que finalmente esto dé como resultado que la vía no cumpla con su tiempo de vida útil.

- Baja calidad de los materiales que fueron utilizados durante la construcción para abaratar costos.

En muchas ocasiones no se colocan durante las construcciones de las carreteras los materiales adecuados con fines de ahorro, o por falta o ausencia de una buena fiscalización que haga cumplir a cabalidad los proyectos como son ofertados al inicio, y que pueda verificar en cantidad y calidad los materiales que se usaran.

- Cambios climáticos extremos.

Se está expuesto en los últimos años a cambios climáticos extremos para los cuales no estamos preparados, esto ocasionaría el calentamiento de la capa asfáltica o en su lado opuesto humedad excesiva, debido a las lluvias extraordinarias que muchas veces son imprevista, ambos modificadores indirectos influyen de manera negativa a la vida útil para la que fueron creados los pavimentos.

- Insuficiente sistema de recolección de las aguas lluvias.

Esto se debe a la ausencia de un sistema de drenaje adecuado o que este se encuentre deteriorado, pudiendo ser otra causante una pendiente de bombeo mal calculado en las capa de la estructura del pavimento.

- Inadecuado diseño de la estructura del pavimento a construirse.

Bajo este contexto se describe a la falta de estudios planificados por personal técnicamente capacitado bajo conceptos modernos unidos a la tecnología actual, donde se pueda diseñar los pavimentos pensando en el futuro útil de los mismos.

## **2.6. Clasificación de deterioros en pavimentos asfálticos.**

### **2.6.1. Agrietamiento.**

Fracturamiento que se extiende a través de la superficie del pavimento paralelamente al eje de la calzada. Pueden localizarse en las huellas de canalización del tránsito, próximos a los bordes en el eje o en correspondencia con los anchos de distribución de las mezclas asfálticas; con frecuencia su ubicación es indicativa de la causa o mecanismo más probable que la original, y por ende debe ser tomada en cuenta durante la evaluación. En sus instancias iniciales suele presentarse como una fisura simple, pero a medida que avanza el deterioro del pavimento, desarrolla ramificaciones laterales y fisura paralelas, aspecto al que suele referirse como “multiplicidad, y se producen por la fatiga de la mezcla asfáltica sometida a repeticiones de carga, y ocurren en las huellas de canalización del tránsito

### **2.6.2. Deformaciones.**

Es un daño que se caracteriza por el apareamiento de ondas en el área del pavimento. Esto puede darse por varias causas entre ellas se encuentra el exceso de humedad en la capa subrasante, lo que provocaría la pérdida de estabilidad del

pavimento. La deformación transversal se da por las fisuras que surgen por fallas en la unión; esto se ocasiona por lo general al estar presente aceite, polvo o agua.

Las repeticiones de las cargas conducen a una acumulación de las deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento o su fundación. Cuando el radio de influencia de la zona ahuellada es pequeño, las deformaciones ocurren en las capas superiores y suelen ser acompañadas de un deslizamiento y levantamiento lateral de la superficie del pavimento; cuando el radio de influencia es amplio, las deformaciones ocurren en las capas inferiores o en la fundación.

### **2.6.3. Desprendimientos.**

Es la desintegración de la capa superficial del asfalto ocasionada por una pérdida sucesiva, de ésta forma quedarán expuestos tanto a las modificaciones climáticas que se dan en las determinadas etapas del año como al tránsito. Esta falla se ocasiona por la separación del pavimento de la berma al haber inestabilidad en los taludes provocando como consecuencia la filtración del agua hacia la estructura interior provocando su avería.

### **2.6.4. Afloramientos.**

Se ocasiona principalmente por la existencia de grietas a través de las cuales filtra agua hacia la capa base, en ocasiones se acompaña de materiales finos que al acumularse ocasionan la existencia de esta falla.

### **2.6.5. Otros deterioros.**

Ocurre el desplazamiento de la berma y el desgaste provocando el daño del pavimento por influencia del clima o por carga de tránsito no diseñada.

En la tabla que se muestra a continuación (Tabla 1) se observa el resumen de la clasificación general de deterioros de pavimentos flexibles y las causas que lo producen.

Tabla 1  
*Clasificación general de los deterioros de pavimentos asfálticos*

Clase	Tipo de deterioro	Causado por el tráfico	Causado por los materiales o por el clima
Agrietamientos	Piel de cocodrilo	X	
	Agrietamiento en bloque		X
	Agrietamiento de borde		X
	Agrietamiento longitudinal		X
Deformaciones	Agrietamiento transversal		X
	Ahuellamiento	X	
	Elevaciones Hundimientos		X
	Depresiones		X
	Desplazamiento de borde		X
Desprendimientos	Deterioro de parches	X	
	Expansiones		X
	Separación entre calzada y berma		X
	Pulimiento de agregados	X	
	Ojos de pescado	X	
	Descascaramiento		X
	Perdida de película de ligante		X
Perdida de agregado		X	
Afloramientos	Exudación		X
	Afloramiento de agua		X
	Afloramiento de finos		X
Otros deterioros	Desintegración de los bordes del pavimento	X	
	Escalonamiento entre calzada y berma		X
	Erosión de las bermas		X

Fuente: Instituto Nacional de Vías. Guías metodológicas para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras de Bogotá, 2002

## 2.7. Método PAVER.

El Laboratorio de Investigación Ingenieril de Construcción del Cuerpo de Ingenieros de la Fuerza Armada de los E.E.UU. (USACERL), ha desarrollado un sistema de evaluación y administración de pavimento llamado PAVER para uso militar

y civil. Para la calificación funcional, el sistema PAVER utiliza el Índice de Condición del Pavimento (Pavement Condition Index= PCI) desarrollado por el USACERL.

El PCI es un objetivo, un método de graduación repetible para identificar la condición presente del pavimento, además provee una medida consistente de la condición funcional-operacional del pavimento graduándole de “cero” a “cien”. Este índice está en función de la densidad de la falla en el área estudiada y del valor de deducción del pavimento por efectos de cada tipo de falla y de cada nivel de severidad.

El concepto básico del sistema PAVER se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Para una vía conocida se identifican las unidades de muestras que serán objeto de un inventario de fallas por muestreo.
2. Cada tipo de pavimento tiene un número definido de fallas posibles.
3. Para cada falla encontrada se define:
  - El tipo de falla (señalando el número de cada falla)
  - La severidad de la falla (Bajo, mediano y alto)
  - La cantidad de la falla (medida o contada).

Se define el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de acuerdo a:

$$PCI=100 - CDV$$

Siendo CDV el valor de deducción corregida, el cual se obtiene para cada clase de pavimento de acuerdo al tipo, intensidad y densidad de sus fallas.

Por medio de un muestreo estadístico de las secciones del pavimento que forman las unidades de muestra de la vía, los conceptos de los pasos anteriores, se establece el valor de PCI para cada una de las unidades de muestra.

Entonces mencionado esto se puede decir que un pavimento nuevo tiene un Índice de Condición de Pavimento cercano a “cien”, mientras que uno malo o muy deteriorado puede tener un PCI de “veinte” o “treinta” para abajo.

## 2.8. Fallas en pavimento usadas en el método PAVER.

A continuación se explican 19 de las fallas más comunes que afectan a los pavimentos flexibles, y que están también consideradas dentro del método PAVER:

Tabla 2.

*Piel de Cocodrilo*

---

### Falla #1 : Piel de Cocodrilo

---

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de las capas asfálticas a causa de la acción repetida de tránsito. Se inicia en la parte inferior de dichas capas donde los esfuerzos de tensión y deformaciones alcanzan su mayor magnitud.

Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero.

<b>Severidad</b>	<b>Bajo (B):</b> Finas capilares o longitudinales que no se encuentran interconectadas. <b>Medio (M):</b> Cuando se inicia la interconexión entre las grietas. <b>Alto (A):</b> Las piezas están definidos y descascarados.
<b>Medición</b>	Se mide en $m^2$ del área afectada si dos o tres niveles de severidad coexisten si se pueden diferenciar deben registrarse.
<b>Opciones de reparación</b>	<b>B:</b> sello superficial. <b>M:</b> parcheo parcial o en toda la profundidad. <b>A:</b> parcheo parcial o reconstrucción.

**Imagen referencial**



---

Fuente: Ingeniería de Pavimentos, Alfonso Montejo Fonseca

Tabla 3  
Exudación

---

**Falla #2: Mancha en pavimentos (Exudación )**

---

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante y reflectiva que usualmente llega a ser pegajosa.

Puede ser causada por: exceso contenido de asfalto en la mezcla, la aplicación excesiva de betún, o un bajo contenido de vacíos.

Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales, emerge y se expande en la superficie el pavimento.

<b>Severidad</b>	<b>Bajo (B):</b> La mancha es ligera, el asfalto no se pega a los zapatos ni a los neumáticos.
	<b>Medio (M):</b> El asfalto se pega a los neumáticos o zapatos solo en determinado tiempo del año.
	<b>Alto (A):</b> La mancha es extensa y se pega a los neumáticos y zapatos durante varias semanas en el año.
<b>Medición</b>	Se mide en $m^2$ , cuando se contabiliza la mancha no se debe contabilizar el pulimento de los agregados.
<b>Opciones de reparación</b>	<b>B:</b> No se hace nada.
	<b>M:</b> Se aplica arena, agregados y compactación.
	<b>A:</b> Se aplica arena, agregados y compactación (precalentado de ser necesario).

**Imagen referencial**



Tabla 4  
*Grietas de contracción*

---

**Falla #3 Grietas de contracción (Bloque)**

---

La superficie del asfalto es dividida en bloques de forma más o menos rectangular. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.30 m a 3.0 m x 3.0 m. Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que este aparece en áreas sometidas a carga, mientras que los bloques aparecen usualmente en áreas no cargadas. Sin embargo, se pueden encontrar fisuras en bloque que han evolucionado en piel de cocodrilo debido al tránsito.

<b>Severidad</b>	<p><b>Bajo (B):</b> Existen una de las siguientes condiciones: Grietas sin relleno con un ancho menor de 10.0 mm. Grietas de cualquier ancho.</p> <p><b>Medio (M):</b> Existe una de las siguientes condiciones: Grietas sin relleno de ancho 10.0 mm y 76.0 mm, grietas sin relleno de cualquier ancho rodeadas de grietas pequeñas o grietas rellenas de cualquier ancho rodeada de grietas pequeñas.</p> <p><b>Alto (A):</b> Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas adyacentes. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.</p>
<b>Medición</b>	Se mide en $m^2$ el área afectada.
<b>Opciones de reparación</b>	<p><b>B:</b> Sellado de grietas con ancho mayor de 3.0 mm.</p> <p><b>M y A:</b> Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.</p>

**Imagen referencial**

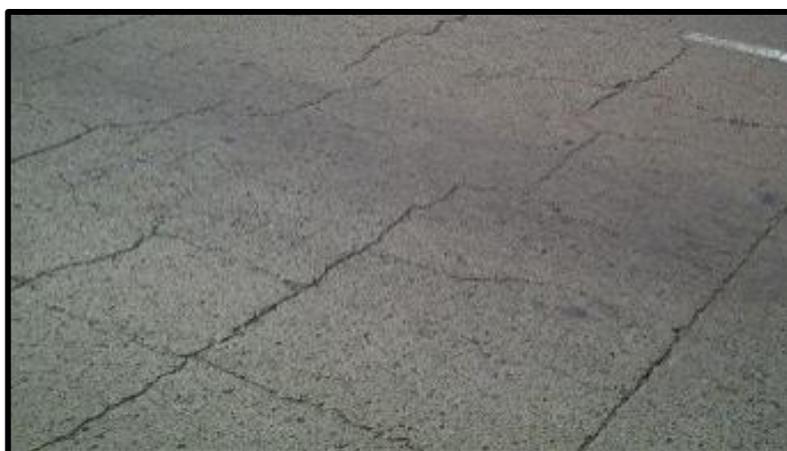


Tabla 5  
*Elevaciones y/o Hundimientos*

**Falla #4 Elevaciones y/o Hundimientos**

Los abultamientos son desplazamientos pequeños, localizados hacia arriba, en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos en que estos últimos son causados por inestabilidad del pavimento.

Los abultamientos pueden ser causados por factores tales como: el levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento tipo Portland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico; expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo); Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito.

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo -pequeños y abruptos de la superficie del pavimento.

**Severidad**  
**Bajo (B):** No tiene mayor incidencia en la calidad del rodaje  
**Medio (M):** Produce un efecto medio en la calidad del rodaje  
**Alto (A):** Produce un efecto negativo muy marcado en la calidad del rodaje.

**Medición**  
 Se mide en *ml* Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta. Esta también se registra.

**Opciones de reparación**  
**B:** No se hace nada.  
**M:** Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.  
**A:** Reciclado. Parcheo profundo o parcial, sobrecarpeta.

**Imagen referencial**



**Falla # 5 : Corrugaciones**

---

La corrugación (también llamada “sartenejas”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito.

Este tipo de falla, generalmente es causada por la acción del tráfico combinada con una base inestable.

**Bajo (B):** No tiene una consecuencia importante en la calidad del rodaje.

**Severidad Medio (M):** Produce un efecto medio en la calidad del rodaje.

**Alto (A):** Produce un efecto negativo muy marcado en la calidad del rodaje.

**Medición** Se mide en  $m^2$  de área afectada.

**Opciones de reparación** **B:** No se hace nada.  
**M:** Reconstrucción.  
**A:** Reconstrucción.

**Imagen referencial**



Tabla 7.  
*Depresiones*

---

### Falla # 6 : Depresiones

---

Las depresiones son áreas de superficie del pavimento localizadas con niveles de elevación ligeramente menores a aquellos que se encuentran alrededor del pavimento. Muchas veces, estas leves depresiones no son visibles sino después de la caída de la lluvia, cuando el agua empozada forma un área de “baño de pájaros”; en superficies de pavimentos secos, las depresiones pueden ser distinguidas buscando las manchas causadas por el agua empozada. Se forman por asentamiento de la subrasante o por una construcción inadecuada. Cuando son profundas o están llenas de agua pueden ocasionar hidroplaneo.

**Severidad**

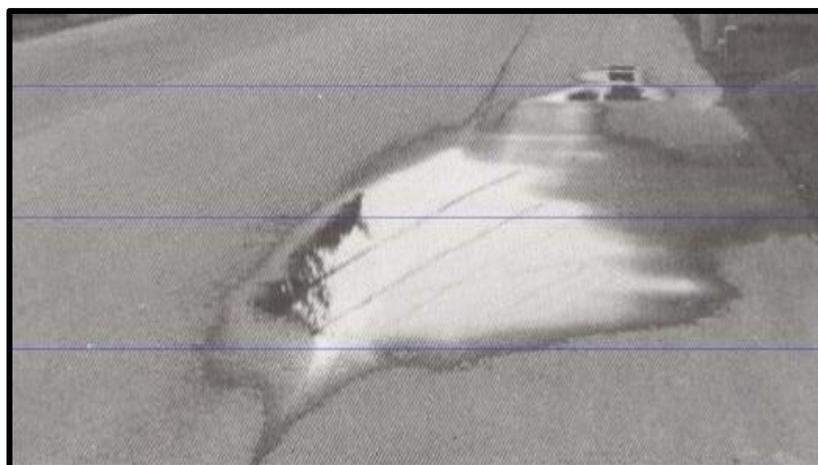
**Bajo (B):** Máxima profundidad de la depresión : 13.0 a 25.0 mm..  
**Medio (M):** Máxima profundidad de la depresión: 25.0 a 51 mm.  
**Alto (A):** Profundidad de la depresión: Más de 51 mm.

**Medición** Se mide en  $m^2$  de área afectada.

**Opciones de reparación**

**B:** No se hace nada.  
**M:** Parcheo superficial, parcial o profundo.  
**A:** Parcheo superficial, parcial o profundo.

**Imagen referencial**



---

Fuente: Diseño de Pavimentos, Maylin Corros.

Tabla 8.  
*Grietas de borde*

---

**Falla #7 Grietas de borde**

---

Son grietas con tendencia longitudinal a semicircular ubicadas cerca del borde de la calzada, se presentan generalmente por la ausencia de berma o por la diferencia de nivel de la berma y la calzada, por mal diseño de la vía, falta de confinamiento lateral y ausencia de cunetas. Generalmente se ubican dentro de una franja paralela al borde, con ancho hasta 0,60 m<sup>2</sup>.

El área entre la fisura y el borde del pavimento es clasificada como área de desprendimiento si esta se encuentra agrietada (a veces al punto en que los fragmentos son removidos). El deterioro de la falla de borde se acelera por el efecto de las cargas de tránsito. En algunos casos se puede llegar a producir pérdida del material por disgregación.

<b>Severidad</b>	<b>Bajo (B):</b> Grietas de baja severidad sin disgregación.
	<b>Medio (M):</b> Grietas de media severidad con algo de disgregación y rotura de los bordes.
	<b>Alto (A):</b> Considerable rotura de borde y disgregación en las grietas.
<b>Medición</b>	Se mide en <i>ml</i> . Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta. Esta también se registra.
<b>Opciones de reparación</b>	<b>B:</b> No se hace nada.
	<b>M:</b> Sellado de grietas. Parcheo parcial o profundo.
	<b>A:</b> Parcheo, parcial o profundo.

**Imagen referencial**



Tabla 9  
*Grietas de Reflexión de Juntas de Losas de Concreto*

---

**Falla # 8 : Grietas de Reflexión de Juntas de Losas de Concreto**

---

Daño ocurrido solamente en pavimentos asfálticos construidos sobre una losa de concreto de cemento tipo Portland. Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento tipo Portland, inducido por temperatura o humedad. Éste daño no está relacionado con las cargas, sin embargo las cargas de tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta.

<b>Severidad</b>	<p><b>Bajo (B):</b> Grieta sin relleno con ancho menor de 10.0 mm. Grieta rellena de cualquier ancho.</p> <p><b>Medio (M):</b> Grieta sin relleno de ancho 10.0 mm y 76.0 mm. Grieta sin relleno con un ancho hasta 76.0 mm, rodeada de grietas adyacentes, Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de grietas adyacentes pequeñas.</p> <p><b>Alto (A):</b> Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas adyacentes pequeñas. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho. Grieta de cualquier ancho severamente fracturada.</p>
<b>Medición</b>	Se mide en <b>ml</b> : La longitud y el nivel de severidad deben registrarse por separado.
<b>Opciones de reparación</b>	<p><b>B:</b> Sellado para anchos superiores a 3.0 mm.</p> <p><b>M:</b> Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.</p> <p><b>A:</b> Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.</p>

**Imagen referencial**



Tabla 10.  
*Desnivel Calzada-Hombrillo*

---

**Falla # 9 :Desnivel Calzada -Hombrillo**

---

El desnivel Calzada – Hombrillo es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y el hombrillo. Este daño se debe que se debe a la erosión o asentamiento del hombrillo o a la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin elevar el nivel del hombrillo.

**Severidad**

**Bajo (B):** La diferencia entre el borde y el hombrillo esta entre 25.0 y 51.0 mm.  
**Medio (M):** La diferencia entre el borde y el hombrillo esta entre 51.0 mm y 102.0 mm.  
**Alto (A):** La diferencia entre el borde y el hombrillo es mayor de 10.2.0 mm.

**Medición** Se mide en *ml*

**Opciones de reparación**

**B:** Relleno del hombrillo para ajustar al nivel del canal.  
**M:** Relleno del hombrillo para ajustar al nivel del canal.  
**A:** Relleno del hombrillo para ajustar al nivel del canal.

**Imagen referencial**



Tabla 11.

*Grietas Longitudinales y Transversales*

**Falla # 10 : Grietas Longitudinales y Transversales**

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento y pueden ser causadas por :  
Junta de carril pobremente construida, por contracción de la superficie de concreto asfaltico debido a bajas temperaturas o al envejecimiento del asfalto o por grieta de reflexión, causada por el agrietamiento bajo la capa base.

Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos rectos al eje del mismo.

**Bajo (B):** Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, grieta rellena de cualquier ancho.

**Severidad**

**Medio (M):** Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm, grieta sin relleno hasta 76.0 mm rodeada de grietas adyacentes. Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de grietas adyacentes.

**Alto (A):** Cualquier grieta rellena o no rodeada de grietas adyacentes. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm .Grieta rellena de cualquier ancho severamente fracturada.

**Medición**

Se mide en **ml** : la longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación.

**Opciones de reparación**

**B:** No se hace nada.

**M:** Sellado de grietas.

**A:** Sellado de grietas. Parcheo parcial.

**Imagen referencial**



Tabla 12  
*Bacheo y zanjas reparadas*

---

**Falla # 11 : Bacheo y Zanjas Reparadas**

---

Un bache es un área del pavimento que ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche es considerado un defecto no importa que tan bien se comporte (un área parchada o área adyacente generalmente no se comporta tan bien como lo hace una sección original de pavimento). Por lo general, alguna rugosidad está asociada con esta falla.

<b>Severidad</b>	<b>Bajo (B):</b> El bache está en buena condición y es satisfactorio. <b>Medio (M):</b> El bache esta moderadamente deteriorado o el efecto sobre la calidad del tránsito es de media severidad. <b>Alto (A):</b> El bache está muy deteriorado requiere pronta sustitución.
<b>Medición</b>	Se mide en <b>m<sup>2</sup></b> de área afectada. Cuando un solo bache tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de formas separadas.
<b>Opciones de reparación</b>	<b>B:</b> No se hace nada. <b>M:</b> No se hace nada. Sustitución del bache. <b>A:</b> Sustitución del bache.

**Imagen referencial**



Tabla 13  
*Agregados pulidos.*

---

**Falla # 12 : : Agregados Pulidos**

---

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.

Se registra cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.

**Severidad** No se define ningún nivel de severidad ,sin embargo, cuando el grado de pulimento es significativo debe ser contabilizado como defecto

**Medición** Se mide en  $m^2$  de área afectada.

**Opciones de reparación** Tratamiento superficial. Sobre-carpeta.  
Fresado y sobrecarpeta.

**Imagen referencial**



---

Fuente: Diseño de Pavimentos, Maylin Corros.

Tabla 14  
Huecos

**Falla # 13 : Huecos**

Los huecos son pequeñas depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior.

El crecimiento de baches se acelera por la acumulación de agua lluvia dentro del mismo y estos se producen cuando los vehículos arrancan pequeños pedazos de la superficie del pavimento.

Con frecuencia los huecos son daños asociados a la estructura y no deben confundirse con desprendimiento.

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm se describen a continuación :

Severidad	Profundidad máxima del hueco	Diámetro Medio (mm)		
		102.3 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
	12.7 a 25.4 mm	B	B	M
	>25.4 a 50.8 mm	B	M	A
	>50.8 mm	M	M	A

**Medición** Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta y registrándolos separadamente.

**Opciones de reparación**  
**B:** No se hace nada.  
**M:** Bacheo parcial o profundo.  
**A:** Bacheo Profundo.

**Imagen referencial**



Tabla 15  
*Cruce de sumideros de Rejilla*

---

**Falla # 14 :Cruce de Sumideros de Rejilla**

---

Los defectos asociados al cruce de sumideros de rejilla son depresiones o abultamientos en el plano de contacto entre el pavimento de la calzada y el sumidero, que afectan la calidad de rodaje.

**Severidad**

**Bajo (B):** No tiene una consecuencia importante en la calidad del rodaje.  
**Medio (M):** Produce un efecto medio en la calidad del rodaje.  
**Alto (A):** Produce un efecto negativo en la calidad del rodaje.

**Medición**

Se mide en  $m^2$  de área afectada. Si el acceso no afecta el tránsito entonces no debe registrarse.

**Opciones de reparación**

**B:** No se hace nada.  
**M:** Bacheo superficial o parcial del cruce. Nivelación total del pavimento.  
**A:** Bacheo superficial o parcial del cruce. Nivelación total del pavimento.

**Imagen referencial**



Tabla 16  
*Ahuellamiento.*

---

**Falla # 15 : Ahuellamientos**

---

Es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de la llanta de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes de la zona deprimida y de figuración. Un Ahuellamiento significativo puede llevar a la falla estructural del pavimento y posibilitar el hidropilado por almacenamiento de agua.

El Ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento, usualmente producida por el movimiento lateral de los materiales debido a la carga de tránsito.

<b>Severidad</b>	Depende de la profundidad promedio del ahuellamiento. <b>Bajo (B):</b> 6.0 a 13.0 mm. <b>Medio (M):</b> 13.0 mm hasta 25.0 mm. <b>Alto (A):</b> mayor de 25.0 mm.
<b>Medición</b>	Se mide en $m^2$ de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella.
<b>Opciones de reparación</b>	<b>B:</b> No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta <b>M:</b> Bacheo superficial o parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta <b>A:</b> Bacheo superficial o parcial del cruce. Fresado y sobrecarpeta

**Imagen referencial**



Tabla 17  
*Deformaciones por Empuje.*

---

**Falla # 16 Deformaciones por Empuje**

---

El desplazamiento es un corrimiento 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 sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables.

	<b>Bajo (B):</b> No tienen una consecuencia importante en la calidad de rodaje.
<b>Severidad</b>	<b>Medio (M):</b> Producen un efecto medio en la calidad de rodaje. <b>Alto (A):</b> Producen un efecto negativo muy marcado en la calidad de rodaje.
<b>Medición</b>	Se mide en $m^2$ de área afectada. Las deformaciones que ocurren en baches se consideran para el inventario de daños como baches.
<b>Opciones de reparación</b>	<b>B:</b> No se hace nada. Fresado. <b>M:</b> Fresado. Parcheo parcial o profundo. <b>A:</b> Fresado. Parcheo parcial o profundo.

**Imagen referencial**



---

Fuente: Diseño de Pavimentos, Maylin Corros.

Tabla 18  
*Grietas de Desplazamiento*

---

**Falla # 17 : Grietas de Desplazamiento (parabólicas)**

---

Las grietas parabólicas por deslizamiento son grietas en forma de media luna creciente, con sus puntas hacia el sentido del tránsito. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento de baja resistencia, o de un riego de adherencia excesivo, y en algunas oportunidades pobre.

Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.

<b>Severidad</b>	<p><b>Bajo (B):</b> Ancho promedio de la grieta menor de 10.0 mm.</p> <p><b>Medio (M):</b> Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm.</p> <p>El área alrededor de la grieta esta fracturada en pequeños pedazos ajustados.</p> <p><b>Alto (A):</b> Existe una de las siguientes condiciones. Ancho promedio de la grieta es mayor de 38.0 mm. El área alrededor de la grieta esta fracturada en pedazos fácilmente removibles.</p>
<b>Medición</b>	<p>Se mide en <math>m^2</math> de área afectada, y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.</p>
<b>Opciones de reparación</b>	<p><b>B:</b> No se hace nada. Parcheo parcial.</p> <p><b>M:</b> Bacheo parcial (localizado).</p> <p><b>A:</b> Bacheo parcial (localizado).</p>

**Imagen referencial**

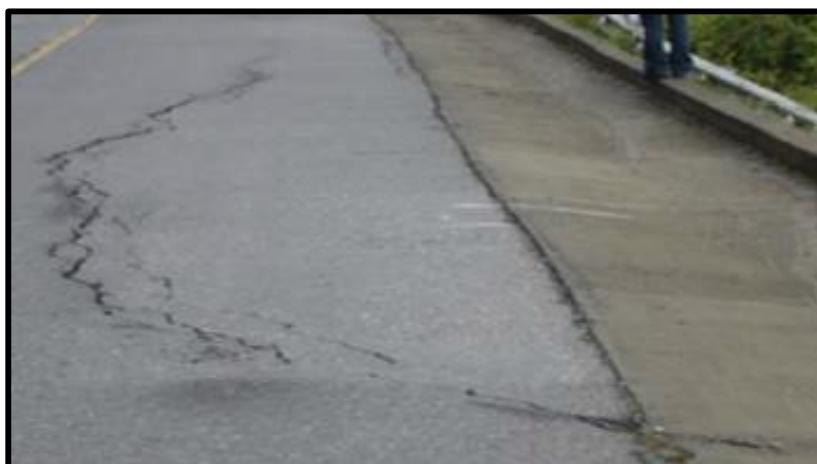


Tabla 19  
*Hinchamientos.*

---

**Falla # 18: Hinchamientos**

---

El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento con una onda larga y gradual de longitud mayor de 3,0 m.

Este daño puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por suelos potencialmente expansivos.

**Bajo (B):** El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.

**Severidad Medio (M):** El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

**Alto (A):** El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

**Medición** Se mide en  $m^2$  de área afectada

**Opciones de reparación** **B:** No se hace nada. Parcheo parcial.  
**M:** No se hace nada. Reconstrucción.  
**A:** Reconstrucción.

**Imagen referencial**



---

Fuente: Diseño de Pavimentos, Maylin Corros

Tabla 20  
*Disgregación y Desintegración.*

---

**Falla # 19: Disgregación y Desintegración ( Desprendimiento)**

---

La disgregación y desintegración son el desgaste de la superficie del pavimento debido a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable o que la mezcla es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas.

**Bajo (B):** Han comenzado a perderse los agregados o ligante.

**Medio (M):** Se han perdido los agregados o el ligante, la textura es rugosa y ahuecada.

**Severidad**

**Alto (A):** Se han perdido considerablemente los agregados o el ligante, la textura superficial es muy rugosa y ahuecada con áreas cuyo diámetro son menores de 10 mm y profundidades menores de 13 mm.

**Medición** Se mide en  $m^2$  de área afectada

**Opciones de reparación** **B:** No se hace nada. Tratamiento superficial.  
**M:** Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.  
**A:** Tratamiento superficial. Reciclaje. Reconstrucción.

**Imagen referencial**



## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1. Descripción del Método.**

Este método fue desarrollado en sus inicios por el cuerpo de especialistas en ingeniería del ejército de los EE.UU aproximadamente en los años 80 siendo utilizada desde ahí a nivel militar y civil debido a los resultados eficaces y aplicables que se obtuvieron, desde su inicio y a través de los años se fue extendiendo y siendo usado en la mayoría de los países por su alto grado de aceptabilidad eficacia y confiabilidad (Yahve Santillan & Cayambe Manya, 2015, pág. 37).

Este sistema será utilizado y aplicado en una red vial de pavimentos flexibles donde se identificarán tramos en los cuales se realizará la clasificación de las fallas que se encontraron durante la inspección en la vía de estudio, detallándolos en un formulario diseñado para este propósito donde queda plasmado y clasificado por el tipo de falla, la severidad de ésta y la magnitud.

La evaluación visual en que se basa este método consiste en la localización muestreo e identificación de los tramos con fallas de la carretera que es estudiada, se va a localizar mediante secciones que para este estudio llamaremos unidades de muestra, los tipos de fallas que existan y su grado de severidad para así de esta manera definir el PCI (Índice de Condición del Pavimento) en cada tramo para luego presentar los resultados obtenidos.

#### **3.2. Consideraciones Generales.**

Se debe identificar durante el estudio que se está realizando qué uso se le da a la vía, sea éste para tránsito normal de vehículos o para parqueadero, luego se debe seccionar la misma, se debe tener en cuenta la forma del pavimento, el tráfico que circula en la misma y el estado en que se encuentra sea esté en condiciones operacionales optimas o deteriorada.

Se procederá en lo posterior a marcar la capa superficial del pavimento con pintura en el borde de la vía para que el personal que realice el estudio pueda identificarlo.

Se debe subdividir cada tramo del pavimento en secciones (unidades de muestra) iguales, considerando la conformación estructural del mismo, sin embargo, este dato no siempre es posible debido a la falta de información y al trámite burocrático en las administraciones estatales que no facilitan la obtención de estos datos por lo que durante la inspección general se debe observar parcheos y datos de construcción inicial que puedan ser de ayuda en el estudio del pavimento.

Otra característica que merece consideración al momento del estudio es el tráfico el cual debe ser igual en todas las secciones que se toma para el estudio, el tiempo de construcción que tenga la vía es importante ya que lo ideal es que todos los tramos hayan sido construidos en el mismo tiempo si no fuera de esta forma habrá que dividirlo en una sección separada, además, los drenajes deberán tener las mismas propiedades en toda la extensión de la vía que se usara para el estudio.

### 3.3. Índice de Condición del Pavimento.

El índice de Condición del Pavimento (PCI) es la calificación numérica que se le dará al pavimento basándose en el deterioro que se pueda observar durante el estudio y en la capacidad operacional del mismo.

Rango PCI %	Color	Estado
0-10	Grigio	Falla
11-25	Naranja	Muy Malo
26-40	Rojo	Malo
41-55	Rosa	Regular
56-70	Amarillo	Bueno
71-85	Verde claro	Muy Bueno
86-100	Verde oscuro	Excelente

Figura 3. Escala de Calificación PCI

Fuente: ASTM 6433-03

El PCI califica al pavimento evaluándolo con “cero” a los pavimentos deteriorados y con “cien” a los que conservan intacta su estructura. En la figura 3 se observa la calificación del PCI de conformidad con la norma ASTM-D 6433-03.

### 3.4. Procedimiento de evaluación de la condición de pavimento.

El procedimiento para la evaluación de la condición de pavimento de la carretera Leopoldo Carrera Calvo la vamos a dividir en dos etapas: en la primera se procederá a identificar el tipo de falla, la severidad y la magnitud o extensión de las mismas y la segunda fase será el cálculo del PCI.

Las fallas tanto estructurales como funcionales que considera este método se enuncian a continuación, tabla 21, con su respectivo número de falla, el nombre de la misma y finalmente la extensión de la falla determinada por la unidad de medida que corresponda a cada deterioro.

Tabla 21  
*Fallas usadas en método Paver*

	<b>NOMBRE DE LA FALLA</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>
1	Grieta piel de cocodrilo	$m^2$
2	Exudación de asfalto	$m^2$
3	Grietas de contracción	$m^2$
4	Elevaciones-hundimiento	$m^2$
5	Corrugaciones	$m^2$
6	Depresiones	$m^2$
7	Grietas de borde	$m^2$
8	Grietas de reflexión de juntas	$m^2$
9	Desnivel calzada-hombrillo	$m^2$
10	Grietas longitudinales y transversales	ml
11	Bacheo y zanjas reparadas	$m^2$
12	Agregados pulidos	$m^2$
13	Huecos	N°
14	Cruce de sumideros de alcantarilla	$m^2$

15	Ahuellamiento	$m^2$
16	Deformación por empuje	$m^2$
17	Grietas deslizamiento	$m^2$
18	Hinchamiento	$m^2$
19	Disgregación y desintegración	$m^2$

**Fuente:** Manual de evaluación de pavimentos Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de tecnología de la construcción. ELABORADO por Ing. Maylin Corros B. Ing. Ernesto Urbáez P. e Ing. Gustavo Corredor Mayo 2009.M.

La severidad de la falla se clasificara como baja, media o alta, dependiendo el grado de afectación en la que se encuentra el pavimento estudiado, identificando la calidad, satisfacción y seguridad que tiene el usuario al transitar por la carretera recorriendo está en un auto tamaño promedio y a la velocidad permitida por la ley.

### 3.5. Materiales e instrumentos.

Los materiales e instrumentos que se usarán para determinar las fallas que se encontraran en el estudio de la vía se detallan a continuación:

- Cámara Fotográfica.
- Formato impreso para recopilar información de fallas existentes.
- Cinta métrica de 50 m.
- Flexómetro de 7 m.
- Regla metálica de 3 m de longitud.
- Equipo de protección para el personal que hará la inspección (chaleco reflectivo, casco, conos).
- Pintura de color blanco.
- Brocha de 1 pulgada.

### 3.6. Determinación de la longitud de la muestra.

Luego de determinar la longitud total de la vía se encuentra la longitud de cada unidad de muestra, que va a depender del ancho de calzada de la vía tal como lo muestra la tabla 22.

Tabla 22

*Longitud de la unidad de muestra según el ancho de calzada*

<b>Ancho de calzada</b>	<b>Longitud de la muestra</b>
3.40	50.00
5.00	46.00
5.50	41.80
6.00	38.30
6.50	35.40
7.30	31.50

Fuente: ASTM 6433-03

### 3.7. Determinación del número de unidades de muestras a ser inspeccionadas.

Para determinar el PCI se puede considerar evaluar toda una red vial, sin embargo esto generalmente no se da, debido a los gastos económicos y al factor tiempo que esto conlleva.

Para analizar la vía de éste estudio se debe considerar el número mínimo de unidades de muestra a estudiarse dentro de un tramo determinado y así obtener un 95% de confianza del PCI.

La norma ASTM 6433-03 indica que para determinar el número de unidades de muestras a ser inspeccionadas se lo puede hacer usando la tabla 23 o usando la ecuación 3.1.

Tabla 23

*Criterio alternativo para determinar el número de muestras a inspeccionar*

<b>Dadas</b>	<b>Inspeccionar</b>
1 a 5 unidades de muestra	1 unidad de muestra
6 a 10 unidades de muestra	2 unidades de muestra
11 a 15 unidades de muestra	3 unidades de muestra
16 a 40 unidades de muestra	4 unidades de muestra
Más de 40 unidades de muestra	10 %

Fuente: ASTM 6433-03

Para este estudio se usa la ecuación 3.1 ya que considera más unidades de muestras a evaluar y por ende el resultado último será más fidedigno.

$$n = \frac{N \times (SD)^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + (SD)^2} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

$n$  = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

$N$  = Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

$e$  = Error admisible en el estimativo del PCI de la sección ( $e = \pm 5\%$ ).

$SD$  = Desviación estándar del PCI entre las unidades.

### 3.8. Selección de muestras para inspección.

Una vez determinado el número de muestras a evaluarse se procede a calcular el intervalo entre una unidad de muestra y otra, ayudándonos con un muestreo aleatorio sistemático. Se debe escoger la primera unidad de muestra al azar y las siguientes unidades de muestras espaciadas por igual intervalo en toda la vía estudiada y esto se determina con la ecuación 3.2:

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Ec 3.2}$$

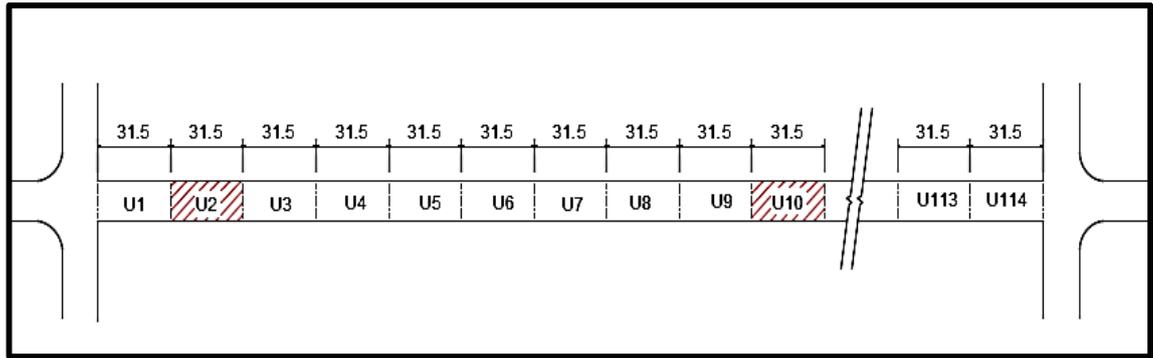
Donde:

$i$  = Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior.

$N$  = Número total de unidades de muestreo disponible.

$n$  = Número mínimo de unidades para evaluar.

El inicio al azar es seleccionado entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo  $i$ . Por ejemplo, si  $i = 8$ , la unidad de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 8 y las siguientes unidades de muestras se reconocen como “s”, “s + i”, “s + 2 i”, etc. Si la unidad seleccionada es 2, y el intervalo de muestreo es 8, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 10, 18, 26, 34, etc. (Zeballos Gamarra, 2017). En la figura 4 se da un ejemplo en el cual se indica el intervalo entre unidad de muestra y unidad de muestra con un intervalo de 8 unidades de muestra.



**Figura 4.** Intervalo para selección de unidades de muestras a evaluar.  
**Fuente:** Alfredo Rodríguez Granada.

### 3.9. Selección de muestras adicionales.

Una de las desventajas en este método que ocurre con frecuencia es no lograr identificar en un primer momento las muestras que se encuentran muy deterioradas o aquellas que se encuentran en excelente estado. El sistema Paver considera las muestras adicionales que son aquellas que no son consideradas dentro de la selección inicial y la influencia de estas en el resultado de PCI serán menores a las que se toman durante el muestreo.

### 3.10 Cálculo del PCI en las unidades de muestreo.

Una vez seleccionadas las muestras a evaluar se procederá a identificar el tipo de fallas, su severidad y su correspondiente medida que puede ser en metros cuadrados lineales o contabilizarlos de forma numérica, que se lo realiza basándonos en la siguiente hoja de registro.

#### 3.10.1. Cálculo de densidad.

Para calcular la densidad de fallas existentes en el presente estudio se lo realizará dependiendo la unidad de medida dividida para el área de la unidad de muestra y este resultado se lo expresa como porcentaje. Cuando la medida de la falla sea en  $m^2$  se calcula como se muestra en la ecuación 3.3:

$$Densidad = \frac{Area\ de\ la\ falla\ (m^2)}{Area\ de\ la\ muestra\ (m^2)} \times 100 \quad Ec. 3.3$$

Cuando la medida de la falla sea en ml como por ejm: fisuramiento, desnivel, carril se mide de la siguiente forma:

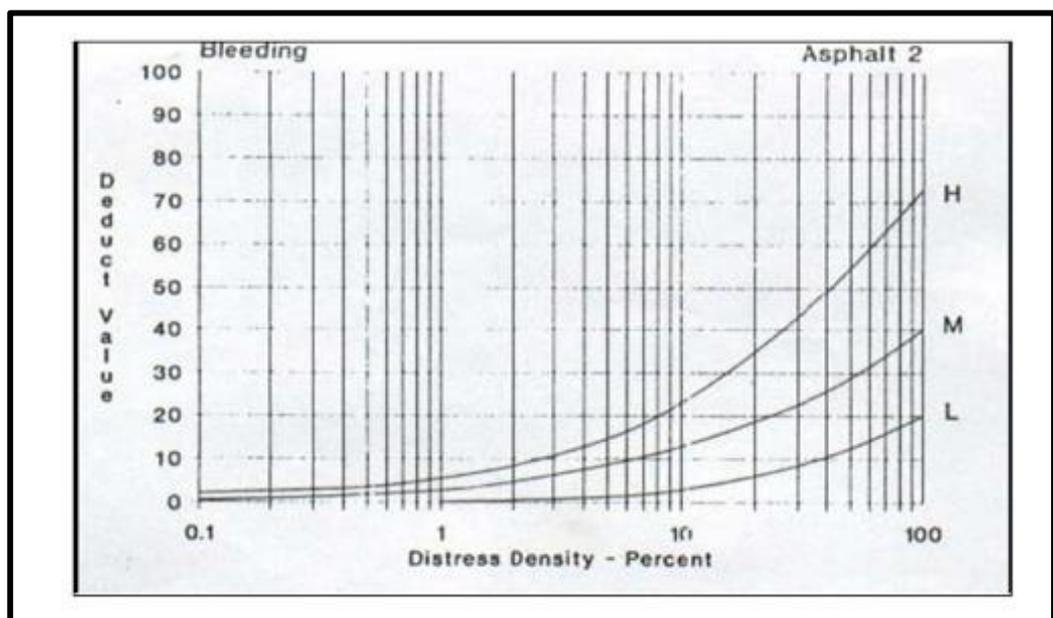
$$Densidad = \frac{Longitud\ de\ la\ falla\ (m)}{Area\ de\ la\ muestra\ (m^2)} \times 100 \quad \text{Ec. 3.4}$$

Cuando la medida de la falla sea la unidad (números) como por ejm: baches se lo hace siguiendo la siguiente ecuación:

$$Densidad = \frac{Numero\ (N)}{Area\ de\ la\ muestra\ (m^2)} \times 100 \quad \text{Ec. 3.5}$$

### 3.10.2. Valor de deducción.

El valor de deducción se lo determina con las curvas para cada tipo de daño y su nivel de severidad como se observa en a figura 5, es decir se ingresa al gráfico correspondiente al tipo de falla con la densidad existente en esa unidad de muestra y se intersecta con la curva de nivel de severidad (alto, medio o bajo), para luego intersectar con el valor de deducción correspondiente para esa falla con ese nivel de severidad.



**Figura 5.** Valor de deducción (Piel de Cocodrilo)  
**Fuente:** Manual de Evaluación de Pavimentos Asfáltico.

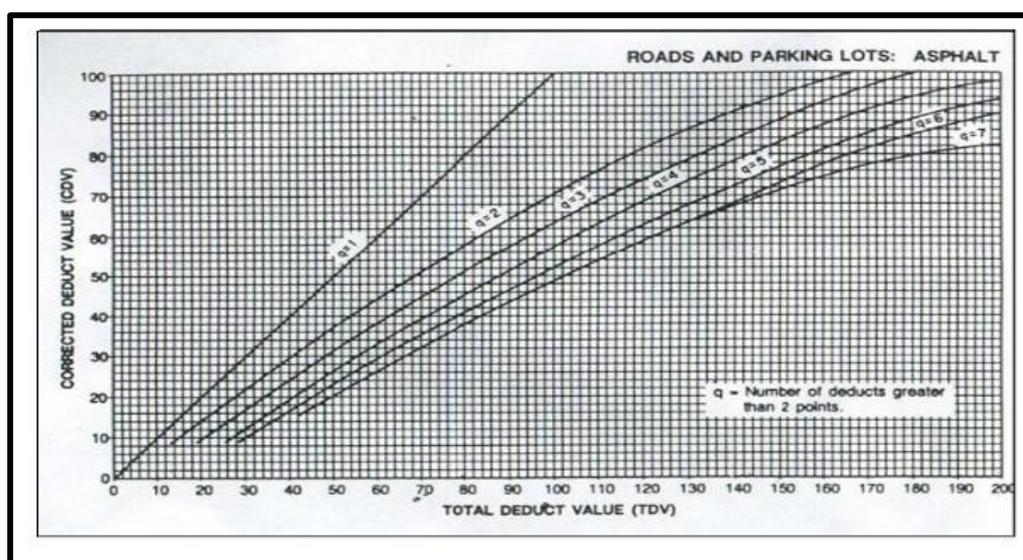
### 3.10.3. Valor de deducción corregido (VDC)

Encontrado o calculado el VDT (valor de deducción total, es la suma de todos los valores de deducción), a continuación se identifica el valor de q (que son todos aquellos valores de deducción mayores que 2), Con el gráfico VDC (valor de deducción corregida), se coloca el valor de VDT e intersecando con la curva de q correspondiente se obtiene el VDC, con la figura 6: (GUAMAN & CALERO, 2015)

Finalmente el cálculo del PCI se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$PCI = 100 - VDC \quad \text{Ec. 3.6}$$

Con el valor del PCI calculado se procede a calificar la condición del pavimento con la ayuda de la figura 6.



**Figura 6.** Grafico para hallar el valor de deducción corregido.  
**Fuente:** Manual de Evaluación de Pavimentos Asfáltico.

### 3.11 Tránsito.

Cuando se va a diseñar una carretera es muy importante hacer un estudio real de los vehículos y de los usuarios que harán uso de la misma en sus labores cotidianas, solo con estos datos se podrá realizar el enfoque estructural de la construcción de la

vía. Se debe incluir en el estudio previo el número total de vehículos tanto en horas y días durante el año siendo estos vehículos identificados en sus respectivos tipos y pesos solo así se realiza el diseño adecuado para el beneficio de la comunidad.

Es muy importante adicionar al estudio el tipo de suelo y en dependencia de este resultado se procederá a planificar el tipo de estructura adecuada a ser construida evitando así fallas comunes y cotidianas que se observan en este país, como el de construir una carretera sin estudios técnicos adecuados con el propósito de abaratar costos y que ésta cumpla un periodo útil menor para el cual fue diseñada, logrando así pérdidas de recursos al estado.

### **3.11.1. Volumen de Tránsito.**

Es el cálculo de la cantidad numérica de vehículos que pasan en un periodo determinado de tiempo y que son contabilizados con un propósito.

El estudio se lo debería realizar con contadores automáticos, los cuales permiten conocer el volumen total del tráfico. Este tipo de aparatos, realizan el conteo de vehículos sin ocupar personal en forma permanente. Está provisto de un tubo de caucho cerrado en un extremo por una membrana. Ese tubo se coloca transversalmente en la calzada de la vía y al paso de cada eje de un vehículo sobre el tubo se producen dos impulsos de aire sobre la membrana, que establece un contacto eléctrico con un dispositivo que va sumando el número de impulsos recibidos. La desventaja principal de los contadores automáticos es que no permiten clasificar los vehículos por categorías (livianos, autobuses y pesados), sin embargo se tiene como desventaja que no precisa el tipo de vehículo si no solamente la cantidad, lo cual es muy importante al momento de realizar el estudio para el planteamiento y la construcción de la vía.

La otra forma de determinar la cuantía vehicular es mediante los contadores manuales que se realizan en forma personal y mediante contadores humanos, el sitio o estación de la encuesta debe seleccionarse en puntos tales que faciliten la actividad y que permitan sustancialmente el registro que serán los medios usados en nuestro estudio.

Estos conteos o censos son indispensables, por cuanto permiten identificar la composición del tráfico en las categorías principales, estableciendo además sus porcentajes; también permiten identificar el movimiento del tráfico en intersecciones, giros y desviaciones del tráfico. Finalmente son insustituibles porque permiten conocer el volumen de tráfico, descompuesto al detalle por tipos de vehículos, por marcas, según la finalidad en el proyecto de transporte que se considera.

El volumen del tránsito a calcular varía en días ordinarios, fines de semana, feriados, hora pico, días de descanso entre otros parámetros que incrementarán o reducirán el volumen diario de tránsito, lo ideal sería contar con un estudio largo y en diferentes periodos de tiempos para recopilar la información más cercana a la realidad y así el estudio sea de lo más preciso posible.

### **3.11.2. Tránsito Promedio Diario (TPD).**

Es el cálculo numérico total de vehículos que circulan por un punto de referencia determinado en la vía en un tiempo determinado, este tiempo debe ser calculado basado en días completos es decir 24 horas y 365 días del año de esta forma lo clasificaremos como :

Tránsito promedio diario semanas (TPDS).

Tránsito promedio diario mensual (TPDM).

Tránsito promedio diario anual (TPDA).

### **3.11.3. Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS).**

Es el número total de vehículos que circulan por un punto de referencia determinado en la vía durante una semana. Se lo calculará con la ecuación 3.7:

$$T. D. P. S. = \frac{5}{7} * \Sigma \frac{D_n}{m} + \frac{2}{7} * \Sigma \frac{D_c}{m} \quad \text{Ec. 3.7}$$

Donde:

Dn: Días Normales (Lunes a Viernes).

De: Días Feriados (sábados y domingos).

m: número de días en los que se realizó el conteo.

T.P.D.S.: Tránsito promedio diario semanal.

#### **3.11.4. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).**

A través de los años y con la experiencia recabada en estos, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador ha realizado estudios considerando el significativo aumento de transporte donde en los resultados se afirma que en los últimos 16 años la tasa automovilística del Ecuador ha crecido en un 6 % anual y muchas vías sobrepasan los 80000 vehículos diarios basado en esto y con el fin de garantizar la seguridad vial se ha planteado dentro de las normas NEVI una nueva orientación donde las carreteras nos sean construidas solo para abastecer la necesidad del tiempo actual si no con una visión futura que garantice el máximo confort seguridad y eficiencia a todos los usuarios de la misma en su promedio útil de vida.

Para el cálculo del TPDA se utiliza factores de variación basándonos en la siguiente formula:

$$TPDA_a = TPDS_{VEH.LIV.}(Fm_{VEH.LIV.})x(Fd) + TPDS_{VEH.B-P}(Fm_{VEH.B-P})x(Fd) \quad Ec. 3.8$$

Donde:

Fm: Factor de Estacionamiento mensual.

Fd: Factor de ajuste diario.

TPDS: Tránsito promedio diario semanal.

#### **3.11.5. El factor de estacionamiento mensual (Fm).**

El factor de estacionamiento mensual es calculado en base a la información de consumo de gasolina y diésel durante cada mes, tanto para motos y vehículos livianos así como también un factor de ajuste mensual para buses y pesados, y en dependencia de la provincia donde se realiza el estudio tal como son representados en la tabla 24

Tabla 24

*Factor de ajuste mensual en base al consumo de gasolina y diésel en la provincia de Santa Elena.*

Mes	Fm para motos y livianos	Fm para buses y pesados
Enero	1,02622	1,0464
Febrero	0,96127	1,0288
Marzo	0,82676	0,9906
Abril	1,01689	1,0964
Mayo	1,03732	1,0500
Junio	1,06429	1,0223
Julio	1,04422	1,0207
Agosto	0,93577	0,9080
Septiembre	1,07779	1,0144
octubre	1,09676	1,0047
Noviembre	1,00867	0,9834
Diciembre	0,96958	0,8807

**Nota.** Vehículos pesados de dos o más ejes. **Fuente:** Dirección de estudio del MTOP 2018

### 3.11.6. El factor de ajuste diario (Fd)

El factor de ajuste diario se determina en base al promedio de la semana, es decir, es el resultado de dividir el Transito promedio diario semanal (TPDS) sobre el tránsito diario durante 24 horas (TD), como lo muestra la ecuación 3.9:

$$fd = TPDS/TD \quad \text{Ec. 3.9}$$

- TPDS: Tránsito promedio diario semanal.
- TD: Tránsito diario durante las 24 horas.

Luego de haber obtenido los valores de TPDS para vehículos livianos y pesados y los factores de ajuste diario y mensual se procede a calcular el TPDA actual con la ecuación 3.8.

## CAPITULO IV

### ANALISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 Evaluación preliminar.

A continuación se da a conocer los resultados de la investigación que se realizó a través de la aplicación del método PAVER el cual fue escogido para desarrollar el presente trabajo investigativo la misma que se llevó a cabo en la Avenida J. Leopoldo Carrera Calvo, Provincia de Santa Elena, vía que unen al cantón Santa Elena con el cantón La Libertad.

#### 4.2 Ubicación.

Este método se lo aplicó en una muy importante arteria de nuestra provincia de Santa Elena como lo es la Avenida J. Leopoldo Carrera Calvo la cual une dos importantes cantones del perfil costanero del Ecuador como lo son: Santa Elena y La Libertad por el sector de Ballenita.

Esta avenida tiene un ancho de 7.30 metros de dos carriles con un ancho de 3.65 metros cada uno y con una longitud de 3600 metros medidos desde el semáforo en el sector de Ballenita hasta los semáforos de la refinería La Libertad o la Avenida Eleodoro Solórzano. No existen aceras ni bordillos en ninguna parte tramo de su longitud, posee huecos de alcantarilla sin tapas, existen también rompe velocidades, dos puentes atravesados por un río que en la actualidad no tiene afluencia, ni tampoco presenta señalización adecuada ni oportuna como medio de seguridad para los conductores que por aquí transitan. El trazado de esta vía se encuentra referenciado en la figura 7:

Las calle de nuestro estudio posee una coordenada inicial de 9756208N; 513963E y una coordenada final de 9753876N; 511325E.



**Figura 7.** Vía Leopoldo Carrera Calvo  
**Fuente:** Google Earth 2019.

### **4.3 Clima.**

En este estudio al encontrarse en la zona costera se va a poder encontrar temperaturas que fluctúan entre 16.6 °C como mínimo y 31.3 °C como máximo. La velocidad del viento está en el rango 5.3 a 8.8 Kilómetros por hora.

Esto es importante debido al impacto directo que tiene el clima sobre el pavimento que vamos a estudiar ya que el exceso de lluvias influirá en la estructura del pavimento lo que ocasiona cambios estructurales en la misma. Así mismo en los pavimentos flexibles como el del presente estudio serán muy susceptibles a las temperaturas altas ocasionando modificaciones en la elasticidad de la misma lo que ocasionaría la presencia de las fallas.

### **4.4 Aplicación método PAVER.**

El método PAVER se basa en la determinación del Índice de Condición de Pavimento (PCI) y para lo cual se debe considerarlos siguientes aspectos:

1. Se debe inspeccionar correctamente que las secciones a evaluar sean homogéneas, tanto en su serviciabilidad como su en su funcionalidad, en

otras palabras determinar si son vías por donde transitan vehículos o son usadas para otro fin como por ejemplo parqueaderos teniendo en cuenta el tráfico, la historia y el deterioro a la que está sometida.

2. Determinar con suficiente conocimiento de causa y criterio las unidades de muestra de una manera tal que el inspector pueda encontrar sin ningún percance el área de la sección la unidad de muestra que corresponda y el tipo de falla que corresponda, ya sea para el seguimiento o para estudiarla en la posterior reparación.
3. Aplicando los parámetros antes definidos de la norma ASTM 6433-03 donde nos indican que se debe dividir las unidades de muestras para pavimento flexibles en un rango de  $230 \pm 90 \text{ m}^2$ .

En el caso de la Avenida Leopoldo Calvo que es la de este estudio se encuentra construida por pavimento flexible en su totalidad y se han obtenido los parámetros antes mencionados.

#### **4.5 Procedimiento.**

##### **4.5.1. Número total de unidades de muestra.**

Los siguientes cálculos son aplicados a este estudio:

Longitud de la vía = 3.6 Km.

Ancho de la vía = 7.3 m.

Longitud de la unidad de muestra = 31.5 m.

Conociendo que el ancho de la vía es 7.3 metros se considera una longitud de cada unidad de muestra de 31.5 metros según la tabla 23, y se procede a calcular con la ecuación siguiente el número total de las unidades de muestras.

$$N = \frac{\text{Longitud de la via}}{\text{Longitud de la muestra}}$$

$$N = \frac{3600 \text{ m}}{31.5 \text{ m}}$$

$$N = 114.29$$

$$N = 114 \text{ unidades de muestras}$$

Se delimito las unidades de muestra, cada unidad de muestra tiene una longitud de 31.5 m, la cual se marcó a un costado de la vía con pintura de color blanca y colocándole la unidad de muestra correspondiente, esto es, de U1 (Unidad de muestra uno) hasta U114 (Unidad de muestra 114), que fue lo que se determinó en el cálculo de las unidades de muestras que posee esta vía que fueron 114 unidades de muestras.

#### 4.5.2. Número mínimo de muestras a evaluar.

Para determinar el número mínimo de muestras a evaluar se lo realiza utilizando la ecuación 3.1, lo cual da como resultado 14 unidades de muestras a evaluar como mínimo.

$$n = \frac{N x (SD)^2}{\frac{e^2}{4} x (N - 1) + (SD)^2}$$

$$n = \frac{114 x (10)^2}{\frac{5^2}{4} x (114 - 1) + (10)^2}$$

$$n = 14,13$$

$$n = 14 \text{ unidades de muestras a evaluar.}$$

#### 4.5.3. Intervalos de unidades de muestras que se va a inspeccionar.

Se determina el intervalo entre unidades de muestra para tener muestras aleatorias y así otorgar resultados reales. Para hallar este intervalo se aplica la ecuación 3.2.

$$i = \frac{N}{n}$$

$$i = \frac{114}{14.13}$$

$$i = 8,06$$

**$i$  = intervalos de 8 unidades de muestra para cada inspeccion.**

El intervalo entre cada unidad de muestra para este estudio dio como resultado, que cada 8 unidades de muestras se va a evaluar una, esto significa que si se escoge la unidad de muestra dos (U2) para evaluar, la próxima muestra a evaluar será la unidad de muestra 10 (U10), y las siguientes serán U18, U26, U34, U42, U50, U58, U66, U74, U82, U90, U98 y U106.

Luego se recoge información fotográfica de la avenida a estudiar, realizando una inspección visual y descriptiva del tipo de falla, nivel de severidad y sus respectivas unidades que la norma menciona, como son área, por la cantidad (numero), metros lineales o metros cuadrados, dependiendo de la falla que se esté analizando.

Se efectuó el levantamiento de datos de fallas que existen en la actualidad en la avenida Leopoldo Calvo como punto inicial en la abscisa 0+00 ubicada en el semáforo (Intersección Avenida Cuarta Ballenita) y con un punto final en la abscisa 3+600 en el semáforo (Intersección Av. Eleodoro Solórzano en La Libertad).

#### **4.6. Resultados.**

- **Unidad de muestra 2. (U2).**

La unidad de muestra denominada para este estudio U2 (Unidad de muestra) perteneciente a la Avenida Leopoldo Carrera Calvo tiene un área de 229.95 m<sup>2</sup> empieza en la abscisa 0+031,5 y termina en la abscisa 0+063.

Las fallas encontradas en esta unidad con bajo nivel de severidad fue la piel de cocodrilo, y con mediano nivel de severidad fue la de bacheo y zanjas reparadas, la de mayor nivel de severidad fue piel de cocodrilo.

La falla, al ser estructural, que más influye en el deterioro del pavimento flexible es la piel de cocodrilo, con una extensión de 9.74 m<sup>2</sup> y con el nivel de severidad medio en esta muestra. Seguida esta la los bacheos y zanjas reparadas con una extensión de 4 m<sup>2</sup> siendo la que menos afectación ocasiona al pavimento al ser un defecto de construcción y no una falla como tal.

Se determinó cuatro valores deducidos que son: 11, 37, 44, 11. Se debe tomar en cuenta que para encontrar el valor de deducción corregido solo se considera los valores deducidos mayores que 2. Con la suma de los valores deducidos (103) se encuentra el valor de deducción corregido que para este caso fue 60.

Para determinar el índice de pavimento de 100 se le resta el valor de deducción, el cual da como resultado 40, que de acuerdo a la norma ASTM 6433-03 determina que el pavimento en esta unidad de muestra evaluada es mala (Anexo B1).

- **Unidad de muestra 10. (U10).**

La unidad de muestra denominada para este estudio U10 perteneciente a la Avenida Leopoldo Carrera Calvo tiene un área de 229.95 m<sup>2</sup> que va desde la abscisa 0+315 hasta la abscisa 0+346,5.

En esta unidad de muestra no se encontró ninguna falla con bajo nivel de severidad, con mediano nivel de severidad se encontró la piel de cocodrilo, bacheos y zanjas reparadas, cruces de sumideros de rejilla y alto nivel de severidad la piel de cocodrilo.

La falla, al ser estructural, que más influye en el deterioro del pavimento flexible es la piel de cocodrilo de mediano nivel de severidad, además de ser la de mayor extensión en esta muestra con un área de 20.99 m<sup>2</sup>.

Los bacheos y zanjas reparadas se encuentran en una extensión de 17.42 m<sup>2</sup> siendo menos influyente por ser de tipo funcional. Seguidas de cruces de sumideros de rejilla con una extensión de 1.33 m<sup>2</sup>.

Se hallaron los siguientes valores deducidos que son 45, 22, 28, 0.9: se debe tomar en cuenta que para determinar el valor de deducción corregido solo se considera los valores deducidos mayores que 2. Con la suma de los valores deducidos (95.9) se encuentra el valor de valor de deducción corregido que para este caso fue 63.

Para hallar el índice de pavimento de 100 se le resta el valor de deducción corregido, el cual da como resultado 37, que de acuerdo a la norma ASTM 6433-03 determina que el pavimento en esta unidad de muestra es malo. (Anexo B2).

- **Unidad de muestra 18. (U18).**

La unidad de muestra denominada para este estudio U18 perteneciente a la Avenida Leopoldo Carrera Calvo tiene un área de 229.95 m<sup>2</sup>.

Las fallas encontradas en esta unidad con bajo nivel de severidad fue la piel de cocodrilo, se registraron fallas mayormente de mediana severidad las cuales fueron piel de cocodrilo, grietas de contracción y bacheo.

La falla, al ser estructural, que más influye en el deterioro del pavimento flexible es la piel de cocodrilo, y aun cuando no es la falla predominante, ni la de más alta severidad en esta área es la más importante ya que puede dañar el paquete estructural de esta muestra, aun cuando es de mediana severidad, esto prevé de que puede seguir progresando hasta convertirse en una de alta severidad.

Otra de las fallas presentes en esta muestra es la que se denomina bacheo y zanjas reparadas con un área de 20.34 m<sup>2</sup> y de severidad media, es la de mayor extensión en esta unidad de muestra, sin embargo, se la considera como un daño funcional y no estructural. Las fallas que menos afectan el pavimento es la grieta de contracción, debido a que la medida es muy poca por ese motivo el valor de deducción es 0. Se encontró seis valores deducidos que son : 18, 36, 0, 12, 29 y 18, se debe tomar en

cuenta que para determinar el valor de deducción corregido solo se considera los valores deducidos mayores que 2. Con la suma de los valores deducidos (113) se encuentra el valor de valor de deducción corregido que para este caso fue 60.

Para determinar el índice de pavimento de 100 se le resta el valor de deducción, el cual da como resultado 40, que de acuerdo a la norma ASTM-D 6433-03 determina que el pavimento en esta unidad de muestra es regular. (Anexo B3).

- **Unidad de muestra 26. (U26).**

La unidad de muestra denominada para este estudio U26 perteneciente a la Avenida Leopoldo Carrera Calvo tiene un área de 229.95 m<sup>2</sup> empieza en la abscisa 0+819 y termina en la abscisa 0+850,5.

Las fallas encontradas en esta unidad con bajo nivel de severidad fueron las grietas longitudinales y transversales, huecos, las que tienen mediano nivel de severidad son piel de cocodrilo, desnivel calzada y hombrillo, bacheos y zanjas reparadas y grietas de deslizamiento, y las de que se encuentran con un nivel de severidad alto son la piel de cocodrilo.

La falla, al ser estructural, que más influye en el deterioro del pavimento flexible es la piel de cocodrilo, con una extensión de 1.36 m<sup>2</sup> y un nivel de severidad alto, la de mayor extensión fue la de bacheos y zanjas reparadas con 61.2 m<sup>2</sup>.

Se hallaron cuatro valores deducidos que son: 15, 24, 5, 0.2, 45, 18 y 0.4 se debe tomar en cuenta que para determinar el valor de deducción corregido solo se considera los valores deducidos mayores que 2. Con la suma de los valores deducidos (107.6) se encuentra el valor de valor de deducción corregido que para este caso fue 56.

Para determinar el Índice de Condición del Pavimento, de 100 se le resta el valor de deducción, el cual da como resultado 44, que de acuerdo a la norma ASTM-D 6433-03 determina que el pavimento en esta unidad de muestra al tener una calificación de 44 lo ubica en un estado regular. (Anexo B4).

- **Unidad de muestra 34. (U34).**

La unidad de muestra denominada para este estudio U34 perteneciente a la Avenida Leopoldo Carrera Calvo tiene un área de 229.95 m<sup>2</sup> con una abscisa inicial de 1+071 y una abscisa final de 1+102,5.

Las fallas encontradas en esta unidad con bajo nivel de severidad fue la piel de cocodrilo, grietas longitudinales y transversales y agregados pulidos; con mediana severidad se encontró la piel de cocodrilo, grietas de borde, grietas longitudinales y transversales, bacheo y zanjas reparadas, y con alto nivel de severidad piel de cocodrilo.

La fallas, al ser de tipo estructural que más influye en el deterioro del pavimento flexible es la piel de cocodrilo, siendo además la de mediano nivel de severidad en esta muestra con una extensión de 7.34 m<sup>2</sup> se encontró también las grietas de borde con una severidad media y una extensión de 4 ml y los agregados pulidos con una extensión de 0.24 m<sup>2</sup>, estos tres tipos de fallas son estructurales siendo la más influyente la piel de cocodrilo. Las fallas que menos afectan el pavimento y que tienen el mayor índice de extensión son los bacheos y zanjas reparadas con 32 m<sup>2</sup>.

Se hallaron los siguientes valores deducidos 10, 34, 17, 7, 0.1, 0.4, 56 y 0 se debe tomar en cuenta que para determinar el valor de deducción corregido se considera los valores deducidos mayores que 2. Con la suma de los valores deducidos (124.5) se encuentra el valor de valor de deducción corregido que para este caso fue 65.

Para hallar el índice de pavimento de 100 se le resta el valor de deducción corregido, el cual da como resultado 35, que de acuerdo a la norma ASTM 6433-03 determina que el pavimento en esta unidad de muestra es malo. (Anexo B5).

- **Unidad de muestra 42. (U42).**

La unidad de muestra denominada para este estudio U42 tiene un área de 229.95 m<sup>2</sup> con una abscisa inicial de 1+323 y una abscisa final de 1+354,5.

Las fallas encontradas en esta unidad con bajo nivel de severidad fueron las grietas longitudinales y transversales y los huecos, las que tienen una severidad media fueron la piel de cocodrilo y los bacheos y zanjas reparadas y con una severidad alta fueron la piel de cocodrilo y los bacheos y zanjas reparadas.

La falla, al ser estructural, que más influye en el deterioro del pavimento flexible es la piel de cocodrilo, con una severidad mediana con 10.12 m<sup>2</sup> de área.

Otra de las fallas presentes en esta muestra es la que se denomina bacheo y zanjas reparadas con un área de 13.2 m<sup>2</sup> y de severidad alta, es la de mayor extensión esta unidad de muestra, sin embargo se la considera como un daño funcional.

Se hallaron los siguientes valores deducidos 38, 22, 0, 1, 26, 39 y 17, se debe tomar en cuenta que para determinar el valor de deducción corregido solo se considera los valores deducidos mayores que 2. Con la suma de los valores deducidos (142.1) se encuentra el valor de valor de deducción corregido que para este caso fue 72.

Para hallar el índice de condición de pavimento, de 100 se le resta el valor de deducción corregido, el cual da como resultado 28, que de acuerdo a la norma a la norma ASTM 6433-03, determina que el pavimento en esta unidad de muestra es malo. (Anexo B6).

- **Unidad de muestra 50. (U50).**

La unidad de muestra denominada para este estudio U50 perteneciente a la Avenida Leopoldo Carrera Calvo tiene un área de 229.95 m<sup>2</sup> con una abscisa inicial de 1+575 y una final de 1+606,5.

Las fallas encontradas en esta unidad con bajo nivel de severidad fueron las grietas longitudinales y transversales, piel de cocodrilo, agregados pulidos y desnivel calzada- hombrillo, las que tienen una severidad media fueron la piel de cocodrilo y los baches y zanjas reparadas y con una severidad alta no fue ninguna identificada durante el estudio.

Las fallas, al ser de tipo estructural, que más influyen en el deterioro del pavimento flexible es la piel de cocodrilo, con una severidad media 11 m<sup>2</sup> seguida de los agregados pulidos con una severidad baja y 7.54 m<sup>2</sup>.

Otra de las fallas presentes en esta muestra es la que se denomina bacheo y zanjas reparadas con un área de 25.3 m<sup>2</sup> es la de mayor extensión esta unidad de muestra, sin embargo se la considera como un daño funcional y no estructural.

Se hallaron los siguientes valores deducidos 15, 36, 15, 7, 40 y 5. Con la suma de los valores deducidos (118) se encuentra el valor de valor de deducción corregido que para este caso fue 58.

Para determinar el índice de condición de pavimento, de 100 se le resta el valor de deducción corregido, el cual da como resultado 42, que de acuerdo a la norma a la norma ASTM 6433-03 determina que el pavimento en esta unidad de muestra es regular. (Anexo B7).

- **Unidad de muestra 58. (U58).**

La unidad de muestra 58 denominada para este estudio U58 perteneciente a la Avenida Leopoldo Carrera Calvo tiene un área de 229.95 m<sup>2</sup> con una abscisa inicial de 1+827 y una final de 1+858,5.

Las fallas encontradas en esta unidad con un nivel de severidad baja no se encontró ninguna que reúna estas características, sin embargo, con un nivel de severidad media se encontró a la piel de cocodrilo y al desnivel calzada- hombrillo y se debe mencionar también que tampoco se encontró un tipo de falla con alto nivel de severidad.

La falla que más perjudica al pavimento por ser de tipo estructural y que va a influir en el pavimento será la piel de cocodrilo con severidad media y con 7.7 m<sup>2</sup> de área medida de esta falla. Afecta al pavimento porque está directamente relacionada con las cargas repetitivas de tránsito.

La falla que lleva por nombre desnivel calzada – hombrillo por ser funcional y no estructural no tendrá influencia significativa en el pavimento teniendo igualmente una severidad media y una extensión mayor de 63 ml.

Se hallaron los siguientes valores deducidos 32, 16. Con la suma de los valores deducidos (48) se encuentra el valor de valor de deducción corregido que para este caso fue 35.

Para determinar el índice de condición de pavimento, de 100 se le resta el valor de deducción corregido, el cual da como resultado 65, que de acuerdo a la norma a la norma ASTM 6433-03 determina que el pavimento en esta unidad de muestra es buena. (Anexo B8).

- **Unidad de muestra 66. (U66).**

La unidad de muestra denominada para este estudio U66 perteneciente a la Avenida Leopoldo Carrera Calvo tiene un área de 229.95 m<sup>2</sup> con una abscisa inicial de 2+079 y una abscisa final de 2+110,5.

Las fallas encontradas en esta unidad con bajo nivel de severidad fue la piel de cocodrilo, grietas longitudinales y transversales, agregados pulidos, exudación, grietas de borde con mediana severidad encontramos piel de cocodrilo, grietas de borde, desnivel calzado- hombrillo y bacheos y zonas reparadas y con alto nivel de severidad no se encontró ninguna en esta muestra de estudio.

La fallas, al ser de tipo estructural que más influye en el deterioro del pavimento flexible es la piel de cocodrilo, con un severidad media y una extensión de 10.2 m<sup>2</sup> tenemos también las grietas de borde con una severidad media y una extensión de 3.2 ml y los agregados pulidos con una extensión de 3.6 m<sup>2</sup> y una severidad baja se considera a la piel de cocodrilo la mayor influyente con una severidad media.

Las fallas que menos afectan el pavimento y que tienen el mayor índice de extensión es la desnivel calzada hombrillo con una 56.5 m<sup>2</sup> y de mediana severidad.

Se hallaron los siguientes valores deducidos 4, 36, 2, 2, 6, 15, 1, 8 y 0, se debe tomar en cuenta que para determinar el valor de deducción corregido solo se considera los valores deducidos mayores que 2. Con la suma de los valores deducidos (74) se encuentra el valor de valor de deducción corregido que para este caso fue 42.

Para determinar el índice de condición de pavimento, de 100 se le resta el valor de deducción corregido, el cual da como resultado 58, el pavimento en esta unidad de muestra es bueno. (Anexo B9).

- **Unidad de muestra 74. (U74).**

La unidad de muestra denominada para este estudio U74 perteneciente a la Avenida Leopoldo Carrera Calvo tiene un área de 229.95 m<sup>2</sup> con una abscisa inicial de 2+331y una abscisa final de 2+362,5.

Las fallas encontradas en esta unidad con bajo nivel de severidad fue la exudación, grietas de borde, grietas longitudinales y transversales con mediana severidad se encontró la piel de cocodrilo, grietas de contracción, desnivel calzado-hombriillo y con alto nivel de severidad piel de cocodrilo.

La fallas, al ser de tipo estructural que más influye en el deterioro del pavimento flexible es la piel de cocodrilo, con una severidad media y una extensión de 10.64 m<sup>2</sup> la menos influyente y con mayor extensión fue desnivel calzado y hombrillo con mediano nivel de severidad con una extensión de 63 ml.

Se hallaron los siguientes valores deducidos 37, 38, 0, 1, 17 y 1, se debe tomar en cuenta que para determinar el valor de deducción corregido solo se considera los valores deducidos mayores que 2. Con la suma de los valores deducidos (94) se encuentra el valor de valor de deducción corregido que para este caso fue 60.

Para determinar el índice de condición de pavimento, de 100 se le resta el valor de deducción corregido, el cual da como resultado 40, que de acuerdo a la norma ASTM 6433-03 determina que el pavimento en esta muestra es malo. (Anexo B10).

- **Unidad de muestra 82. (U82)**

La unidad de muestra denominada para este estudio U82 perteneciente a la Avenida Leopoldo Carrera Calvo tiene un área de 229.95 m<sup>2</sup> con una abscisa inicial de 2+079 y una abscisa final de 2+614,5.

Las fallas encontradas en esta unidad con bajo nivel de severidad fue la piel de cocodrilo, exudación, grietas de reflexión de juntas, bacheos y zonas reparada. Con mediana severidad encontramos piel de cocodrilo y desnivel calzado- hombrillo y con alto nivel de severidad no se encontró ninguna en esta muestra de estudio.

La fallas, al ser de tipo estructural con más extensión en esta falla fue las grietas de borde con 2.5 ml y con bajo nivel de severidad, la más extensa y menos influyente por ser de tipo funcional es el desnivel calzado y hombrillo con 63 ml de extensión y nivel medio de severidad.

Se hallaron los siguientes valores deducidos 6, 12, 1, 2, 15 y 2, se debe tomar en cuenta que para determinar el valor de deducción corregido solo se considera los valores deducidos mayores que 2.

Con la suma de los valores deducidos (38) se encuentra el valor de valor de deducción corregido que para este caso fue 23.

Para determinar el índice de condición de pavimento, de 100 se le resta el valor de deducción corregido, el cual da como resultado 77, que de acuerdo a la norma ASTM 6433-03 determina que el pavimento en esta unidad de muestra es muy bueno. (Anexo B11).

- **Unidad de muestra 90. (U90)**

La unidad de muestra denominada para este estudio U90 perteneciente a la Avenida Leopoldo Carrera Calvo tiene un área de 229.95 m<sup>2</sup> con una abscisa inicial de 2+941 y una abscisa final de 2+972,5.

Las fallas encontradas en esta unidad con bajo nivel de severidad fue la piel de cocodrilo, grietas de borde y agregados pulidos con mediana severidad se encontró la piel de cocodrilo, desnivel calzado- hombrillo, grietas longitudinales y transversales y agregados pulidos con alto nivel de severidad no se encontró ninguna en esta muestra de estudio.

La fallas de tipo estructural con mayor extensión son los agregados pulidos con 5.5 m<sup>2</sup> y nivel medio de severidad, seguida por la piel de cocodrilo con 2.66 m<sup>2</sup> y nivel medio de severidad.

Las fallas que menos afectan el pavimento y que tienen la mayor extensión es la desnivel calzada hombrillo con una 12 ml y de mediana severidad. Se hallaron los siguientes valores deducidos 5, 21, 0, 5, 5, 0 y 0 se debe tomar en cuenta que para determinar el valor de deducción corregido solo se considera los valores deducidos mayores que 2.

Con la suma de los valores deducidos (36) se encuentra el valor de valor de deducción corregido que para este caso fue 16.

Para determinar el índice de condición de pavimento, de 100 se le resta el valor de deducción corregido, el cual da como resultado 84, que de acuerdo a la norma ASTM 6433-03 determina que el pavimento en esta unidad de muestra es muy bueno. (Anexo B12).

- **Unidad de muestra 98. (U98)**

La unidad de muestra denominada para este estudio U98 perteneciente a la Avenida Leopoldo Carrera Calvo tiene un área de 229.95 m<sup>2</sup> con una abscisa inicial de 3+087 y una abscisa final de 3+118,5.

Las fallas encontradas en esta unidad con bajo nivel de severidad fue la exudación, grietas de borde y grietas longitudinales y transversales con mediana severidad se encontró la piel de cocodrilo, desnivel calzado- hombrillo, grietas

longitudinales y transversales y agregados pulidos con alto nivel de severidad piel de cocodrilo y grietas de borde.

Las fallas de tipo estructural con mayor extensión son las grietas de borde con 16 ml y nivel alto de severidad. Las fallas que menos afectan el pavimento y que tienen una mayor extensión es la desnivel calzada hombrillo con una 31.5 ml y de mediana severidad.

Se hallaron los siguientes valores deducidos 13, 22, 0, 5, 18, 25, 1, 7 y 0 se debe tomar en cuenta que para determinar el valor de deducción corregido solo se considera los valores deducidos mayores que 2. Con la suma de los valores deducidos (91) se encuentra el valor de valor de deducción corregido que para este caso fue 44.

Para determinar el índice de condición de pavimento, de 100 se le resta el valor de deducción corregido, el cual se obtiene como resultado 56, que de acuerdo a la norma ASTM 6433-03 determina que el pavimento en esta unidad de muestra es buena. (Anexo B13).

- **Unidad de muestra 106. (U106).**

La unidad de muestra denominada para este estudio U106 perteneciente a la Avenida Leopoldo Carrera Calvo tiene un área de 229.95 m<sup>2</sup> con una abscisa inicial de 3+339 y una abscisa final de 3+370,5.

Las fallas encontradas en esta unidad con bajo nivel de severidad fueron la exudación, bacheos y zanjas reparadas y agregados pulidos con mediana severidad piel de cocodrilo, grietas de borde y bacheos y zanjas reparadas con alto nivel de severidad piel de cocodrilo y grietas longitudinales y transversales y bacheos y zanjas reparadas.

La fallas de tipo estructural, de mayor influencia sobre el pavimento es la piel de cocodrilo con 3.42 m<sup>2</sup> y las fallas que menos afectan el pavimento y que tienen el mayor de extensión es la exudación con 15.75 m<sup>2</sup> con una baja severidad.

Se determinó los siguientes valores deducidos 1, 35, 1, 5, 10, 7, 9, 20 y 0 se debe tomar en cuenta que para determinar el valor de deducción corregido solo se considera los valores deducidos mayores que 2. Con la suma de los valores deducidos, valor de deducción total, (98) se encuentra el valor de valor de deducción corregido que para este caso fue 48.

Para esta unida de muestra, con un valor de 52, el PCI lo califica como una unidad de muestra regular (Anexo B14).

#### 4.7 Volumen de Tránsito.

Por ser más eficiente la forma manual de contar los vehículos se optó por esta metodología, se lo hizo durante una semana completa que corresponde desde el 15 de Julio hasta el 21 de julio del 2019, y los resultados se detallan en la tabla 25.

Tabla 25  
*Resultados conteo vehicular*

<b>TIPO DE VEHICULO</b>	<b>LU</b>	<b>MA</b>	<b>MI</b>	<b>JU</b>	<b>VI</b>	<b>SA</b>	<b>DO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>%</b>
<b>Livianos</b>	10493	10381	10840	9303	9485	11191	10995	72688	85
<b>Buses</b>	1338	1191	1149	1141	1083	1137	1038	8077	10
<b>Camiones</b>	681	668	714	643	657	511	521	4395	5
<b>TOTAL</b>	12512	12240	12703	11087	11225	12839	12554	85160	100

Fuente: Alfredo Rodríguez Granado

##### 4.7.1. Tránsito Promedio Diario (TPDS).

Los resultados del cálculo del T.P.D.S. se los obtiene con la ecuación 3.7 y los resultados se muestran en la tabla 26.

Tabla 26  
*Resultados TPDS en ambos sentidos*

<b>TIPO DE VEHICULOS</b>	<b>Conteo Diario durante 24H</b>							<b>T.P.D.S</b>
	<b>Lun</b>	<b>Mar</b>	<b>Mie</b>	<b>Jue</b>	<b>Vie</b>	<b>Sab</b>	<b>Dom</b>	
<b>Vehículos Livianos</b>	10493	10381	10840	9303	9485	11191	10995	<b>10384</b>
<b>Buses y Vehículos pesados</b>	2019	1859	1863	1784	1740	1648	1559	<b>1782</b>
<b>TOTAL</b>								<b>12166</b>

Fuente: Alfredo Rodríguez Granado

#### 4.7.2. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

Para determinar el TPDA, se usa la ecuación 3.8 previamente habiendo obtenido los valores de fm para vehículos liviano y para vehículos pesados (Tabla 24 ) y también hallando fd para así con estos valores conocer cuál es el TPDA actual en la vía de estudio (Tabla 27).

Tabla 27  
*Determinación del factor de ajuste diario*

Días de la semana	TD	TD//TPDS	Factor Diario=1/(TD/TPDS)
Lunes	12512	1,03	0,97
Martes	12240	1,01	0,99
Miércoles	12703	1,04	0,96
Jueves	11087	0,91	1,10
Viernes	11225	0,92	1,08
Sábado	12839	1,06	0,95
Domingo	12554	1,03	0,97
<b>TOTAL</b>	<b>85160</b>		<b>1,00</b>

Fuente: Alfredo Rodríguez Granado

El factor diario da como resultado 1 ya que durante el conteo manual que se realizó no hubo el ningún tipo de interrupciones. Con estos datos ya se puede calcular el valor de TPDA actual con la ecuación 3.8.

$$TPDA_a = (10384 \times 1.04422 \times 1) + (1782 \times 1.0207 \times 1)$$

Lo que da como resultado de TPDA actual un valor de 12661.8 vehículos por día en ambos sentidos.

Se calculó también el ESAL`S de carril de diseño actual (Anexo D) que dio como resultado 641.479 y según la tabla 28 se debió haber construido la capa de rodadura de mínimo 7.5 centímetros y no de 5 centímetros como se la encontró al momento de hacer la extracción de núcleo.

Tabla 28

*Espesores mínimos de carpeta asfáltica, de acuerdo al nivel del tránsito.*

<b>NIVEL DE TRANSITO EN EJES EQUIVALENTES</b>	<b>ESPESOR MINIMO DE LA CARPETA ASFALTICA EN CM</b>
10000	5
100000	5
1000000	7,5
10000000	10
MAYOR DE 10000000	13

**Fuente:** Pavimentos Flexibles, problemática, metodologías de diseño y tendencias.

Cabe recalcar que se insistió en, mediante oficio, al Ministerio de Transportes y Obras Públicas para que faciliten datos de construcción de la vía, espesores de las capas de estructura del pavimento que se usó en esa vía en particular y algún tipo de estudio de tráfico que se realizó en la vía antes de su construcción, lo cual no se dio, sin embargo se realizó extracción de núcleos de asfalto para determinar, el espesor de la capa de rodadura, la gravedad Bulk y estabilidad Marshall ASTM D-1559 (Anexo C2).

#### **4.8 Resumen de Resultados.**

Con los datos obtenidos en campo se realizó el cálculo del PCI de acuerdo a los parámetros establecidos en el la norma ASTM D 6433-03 en donde se realizó el calculó en porcentaje de las densidades de falla de cada tramo, posterior a esto se muestra ábacos en donde se calcula el valor deducido (VD) de cada tipo de daño de acuerdo a la severidad que posee para de esta manera obtener el valor deducido total (VDT) así como el valor deducido corregido (VDC) y siguiendo los pasos establecidos en el manual poder calcular el PCI de la vía. A continuación se muestra el cuadro de resumen del PCI de la vía.

Podemos observar que se ha obtenido un valor de PCI Total de “cincuenta” que la norma ASTMD 6433-03 lo califica como un pavimento regular como lo podemos observar en la tabla 29, y en la figura 8 se muestra en porcentaje la condición del pavimento existentes en la evaluación de la vía.

Tabla 29

Resumen Índice de Condición de Pavimento PCI para cada unidad de muestra.

<b>METODO PAVER-PCI NORMA ASTM 6433-03</b>				
<b>UNIDAD DE MUESTRA</b>	<b>ABSCISA</b>		<b>CALIFICACION</b>	<b>CONDICION DEL PAVIMENTO</b>
	<b>INICIAL</b>	<b>FINAL</b>		
U2	0+031,5	0+063	40	MALO
U10	0+315	0+346,5	37	MALO
U18	0+567	0+598,5	40	MALO
U26	0+819	0+850,5	44	REGULAR
U34	1+071	1+102,5	35	MALO
U42	1+323	1+345,5	28	MALO
U50	1+575	1+606,5	42	REGULAR
U58	1+827	1+858,5	65	BUENO
U66	2+079	2+110,5	58	BUENO
U74	2+331	2+362,5	40	MALO
U82	2+583	2+614,5	77	MUY BUENO
U90	2+941	2+972,5	84	MUY BUENO
U98	3+087	3+118,5	56	BUENO
U106	3+339	3+370,5	52	REGULAR
<b>PCI TOTAL</b>			<b>50</b>	<b>REGULAR</b>

Fuente: Alfredo Rodríguez Granado

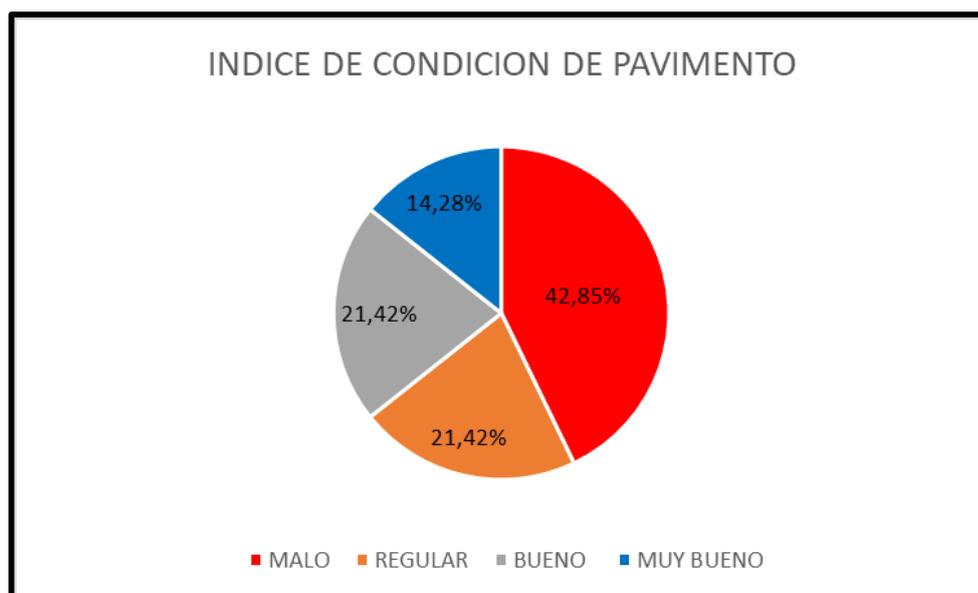


Figura 8. Porcentajes de condición del pavimento

Fuente: Alfredo Rodríguez Granado

# CAPITULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones.

Se concluye que con la aplicación del método PAVER, se pudo clasificar el estado en el que se encuentran los pavimentos flexibles, así como también el tipo de fallas que presentan, pudiendo expandir este estudio a otras vías de similares características en la provincia de Santa Elena.

Aplicando el método PAVER se determinó, que las fallas con mayor nivel de severidad que se presentan en el pavimento flexible en la avenida Leopoldo Carrera Calvo son: piel de cocodrilo, bacheos y zanjas reparadas, grietas de borde, grietas de deslizamiento, desnivel calzada-hombrillo y grietas longitudinales y transversales.

Se determinó que la Av. Leopoldo Carrera Calvo, tiene un Índice de Condición de Pavimento (PCI), de 50 para lo cual la norma ASTM 6433-03 lo califica como “Regular”.

Se determinó que la vía que se estudió en este proyecto de tesis no fue diseñada para el tráfico actual, ni para el tipo de vehículos que circulan para esta vía, se llega a esta conclusión porque existe un alto porcentaje de fallas observadas en las unidades de muestra inspeccionadas que se producen por cargas repetitivas de tránsito y también se concluye esto porque el espesor de la capa de rodadura encontrado (5cm), es inferior al recomendado (7.5 cm).Tabla 28.

### 5.2 Recomendaciones.

Las entidades encargadas de que la vía cumpla su función y conociendo la condición actual de pavimento podrán hacer un programa de mantenimiento y/o rehabilitación de la vía a fin de que pueda cumplir su vida útil.

Se recomienda tener en cuenta este estudio para que se de monitoreo periódico de la condición de la vía y el avance de su deterioro en lapsos de tiempo no muy largos, seis o doce meses.

Para realizar un mantenimiento adecuado o rehabilitación de una vía, se debe precisar qué tipo de falla existen para así de esta manera conocer oportunamente las causas que la produjeron y poder actuar puntualmente en esa falla.

Se debe considerar al momento de hacer la inspección en la vía, tener las protecciones adecuadas para la seguridad del personal que realice la inspección, ya que se tornó bastante peligroso por lo angosto de la vía, ya que posee un solo carril de ida y un carril de vuelta.

Las entidades públicas, deberían dar apertura a información requerida para la realización de proyectos de investigación, ya que esto se hace con el fin de aportar un granito de arena a que la provincia avance y no para ningún otro fin.

## BIBLIOGRAFÍA

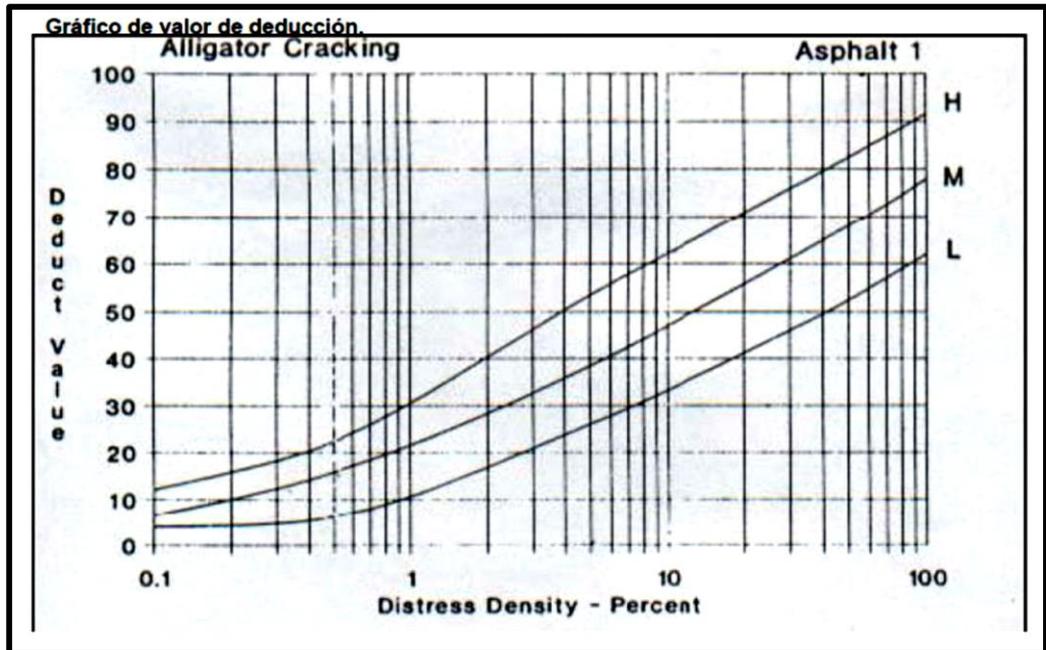
- Calero, O., & Guaman Padilla, M. (2012). *ESTUDIO DE LAS CAUSAS DEL DETERIORO PREMATURO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO DE LA AVENIDA CANÓNIGO RAMOS DESDE LA AVENIDA 11 DE NOVIEMBRE A LA AVENIDA MONSEÑOR LEONIDAS PROAÑO- BY PAS*. Riobamba : Universidad Nacional de Chomborazo.
- Clavijo, H. (7 de 4 de 2017). Pavimentos. *Pavimentos* .
- Corros, M., Urbaez, E., & Corredor, G. (2009). *Manual de Evaluación de Pavimentos*.
- Giordani, C., & Leone, D. (2009). *Pavimentos* . Departamento de Ingeniería Civil.
- GUAMAN, M. P., & CALERO, O. M. (2015). “*ESTUDIO DE LAS CAUSAS DEL DETERIORO PREMATURO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO DE LA AVENIDA CANÓNIGO RAMOS DESDE LA AVENIDA 11 DE NOVIEMBRE A LA AVENIDA MONSEÑOR LEONIDAS PROAÑO- BY PAS.*”(TESIS DE PREGRADO). RIOBAMBA.
- Miranda, R. (2010). *DETERIOROS EN PAVIMENTOS RIGIDOS Y FLEXIBLES*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Morales, C. (2008). *Generalidades sobre Pavimntos*.
- Morales, J., & Chavez, O. (2009). *Generalidades sobre Pavimentos* . Managua, Nicaragua : Tecnología de construcción .
- MTC. (2009). *ESTUDIO DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE*. . Lima .
- Nauñay, W. (2011). *Modelo de Evaluación y Mantenimiento para la Rehabilitación de la Capa de Rodadura de la Vía Pelileo - Baños*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Peñaloza, S. (2017). *SISTEMA DE GESTIÓN SOSTENIBLE DE PAVIMENTOS APLICADO A LAS VÍAS Y PARQUEADEROS DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA*. Universidad de Cuenca.
- Perez, M., Bauer, P., Lescano, G., & P., V. (2015). *CAUSAS DEL DETERIORO PREMATURO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN DE LA CIUDAD DE BAHÍA BLANCA Y RUTAS DE*. Buenos Aires: Centro de Geología Aplicada, Agua y Medio Ambiente.

- Roble, R. (2015). *CÁLCULO DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) BARRANCO - SURCO – LIMA*. Lima: Universidad Ricardo Palma .
- Romero, I. (2008). EL PAVIMENTO MUSIVO COMO ELEMENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DELESPACIO DOMÉSTICO. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Ciencias Sociales y Humanidades*, 29.
- Ruiz, C. (2011). *ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE PRODUCEN EL DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS*. Sangolqui: Escuela Politécnica del Ejercito .
- Vázquez, L. (2002). “Pavement Condition Index, para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. En L. Vázquez, *Pavement Condition Index* (pág. 90).
- Vazquez, L. R. (2002). *PAVEMENT CONDITION iNDEX (PCI)*. Ingepav.
- Vivanco, R. (2017). *PATOLOGÍAS DEL HORMIGÓN ASFÁLTICO DE LA AVENIDA VELA INTERSECCIÓN AVENIDA BOLÍVAR HASTA LA AVENIDA ARÍZAGA EN LA CIUDAD DE MACHALA*. Machala: Universidad Tècnica de Machala .
- Yahve Santillan, J., & Cayambe Manya, P. (2015). RIOBAMBA.
- Zeballos Gamarra, R. (2017). *Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca*. BARRANCA.
- Zevallos Gamarra, R. (2018). *Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca* . Perú: Universidad César Vallejo .

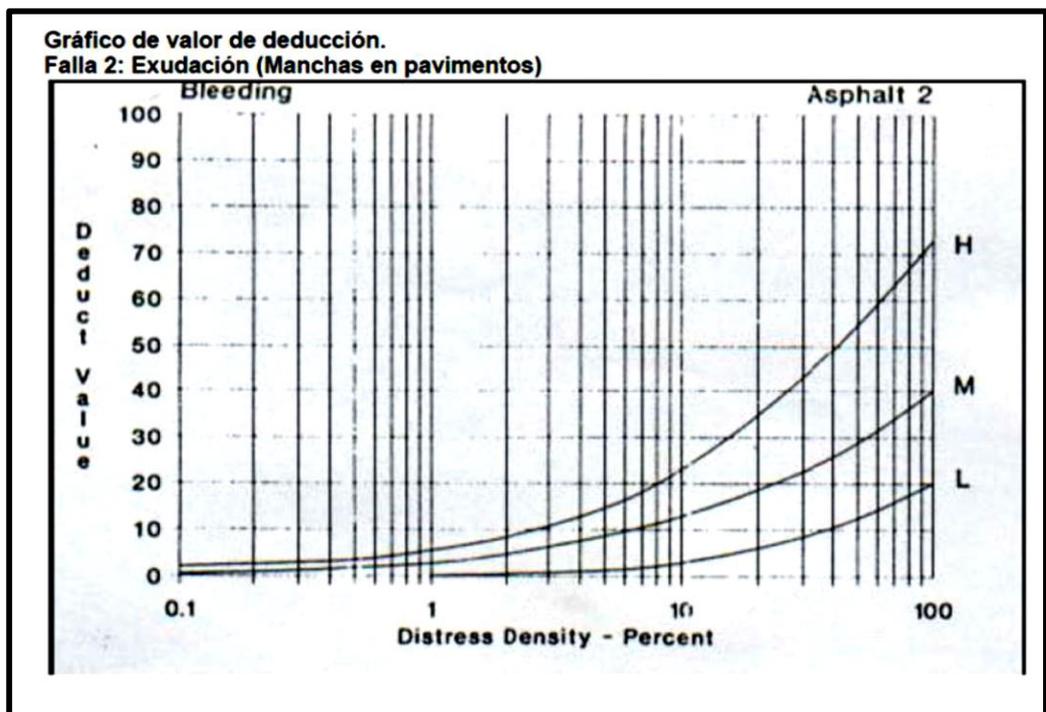
## ANEXOS

Anexo A. Tablas para hallar el valor de deducción para cada tipo de daño y su nivel de severidad.

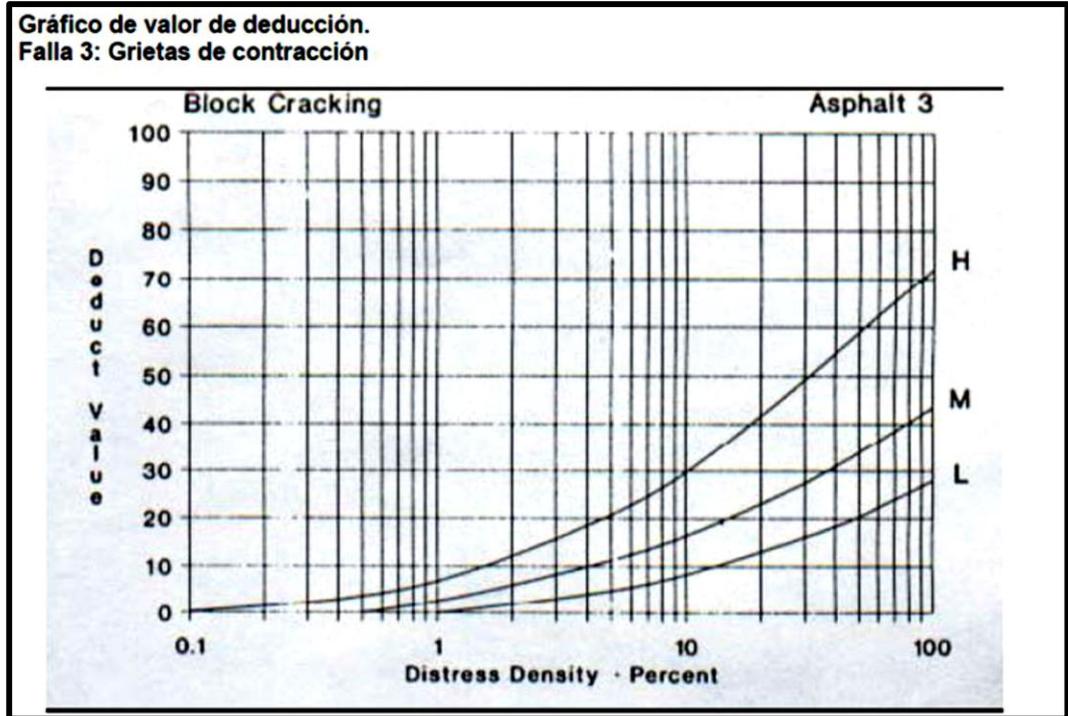
Falla 1 Piel de cocodrilo



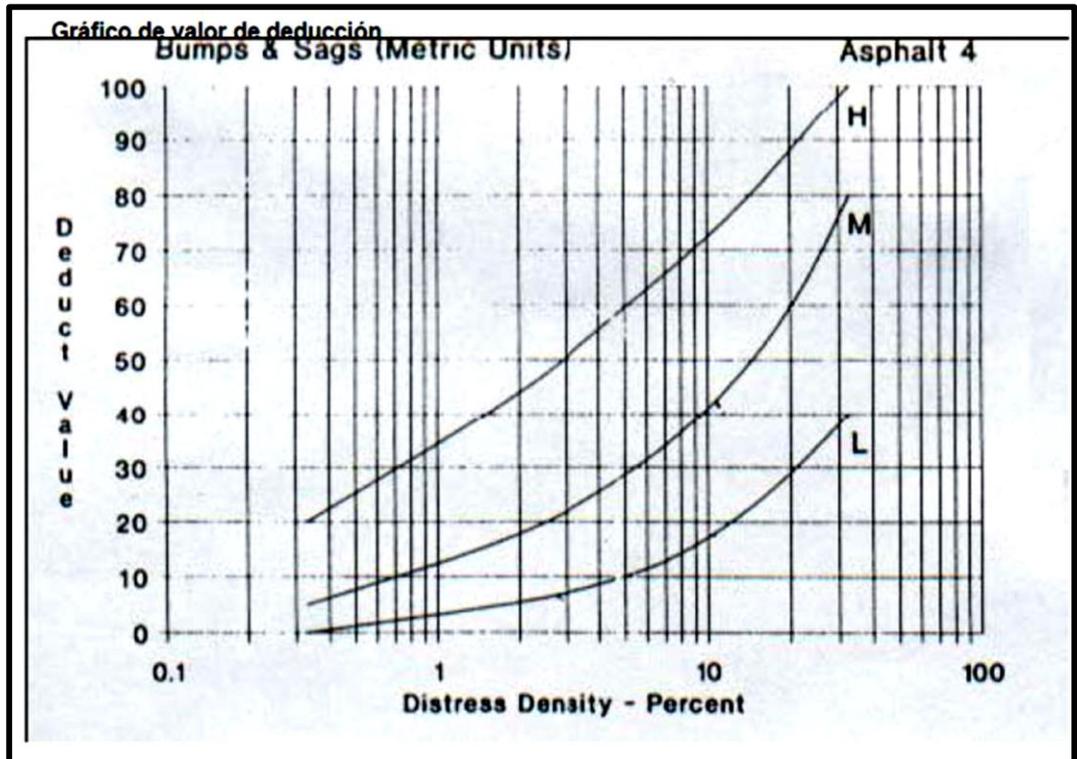
Falla 2 Exudación



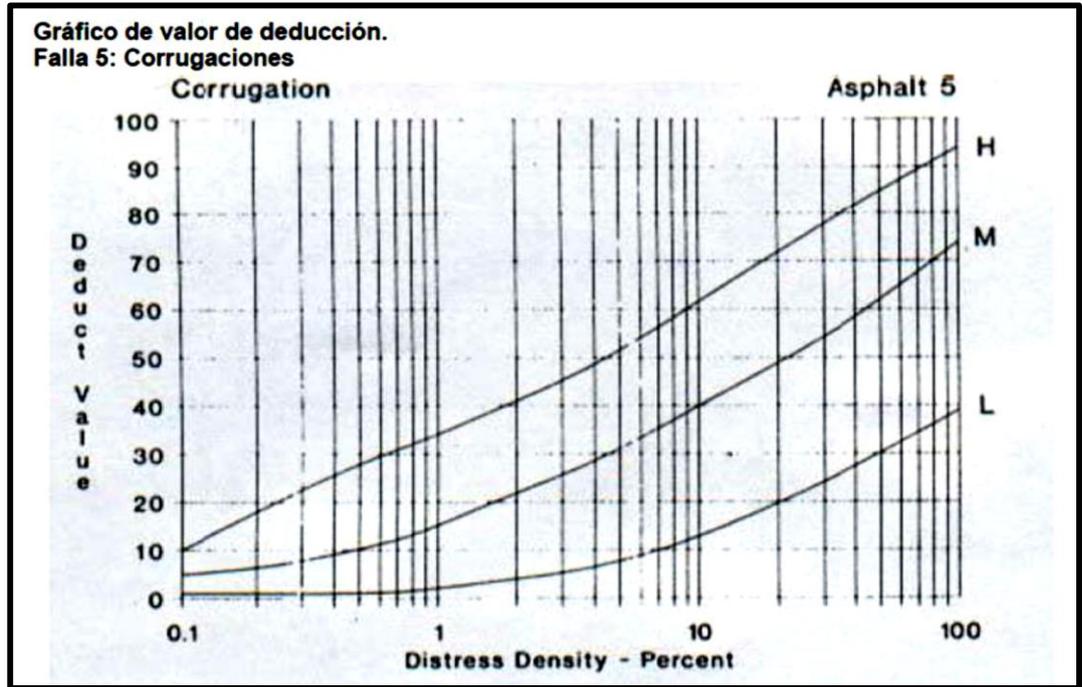
Falla 3 Grietas de Bloque o Contracción.



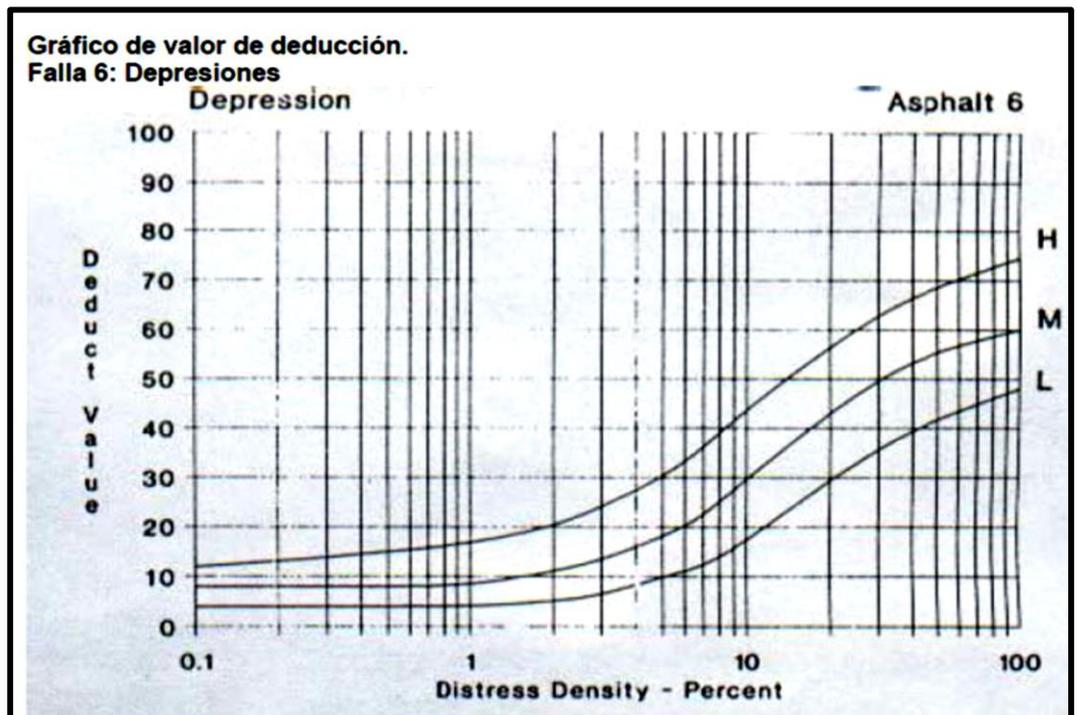
Falla 4 Elevaciones / Hundimiento.



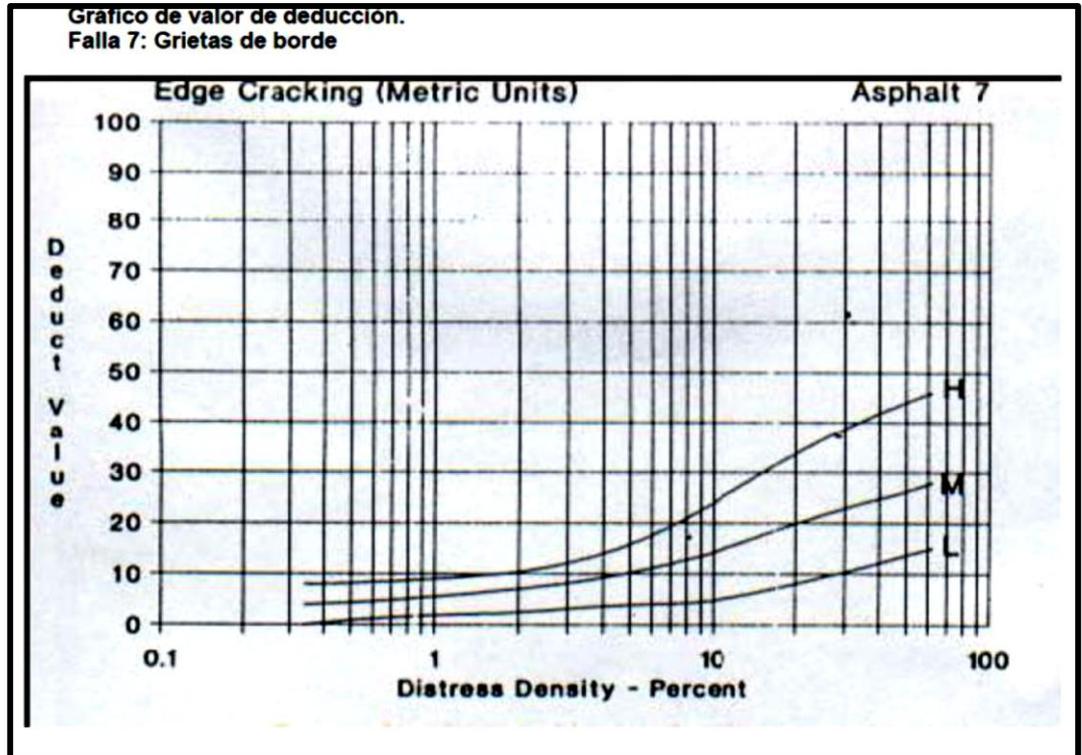
Falla 5 Corrugaciones.



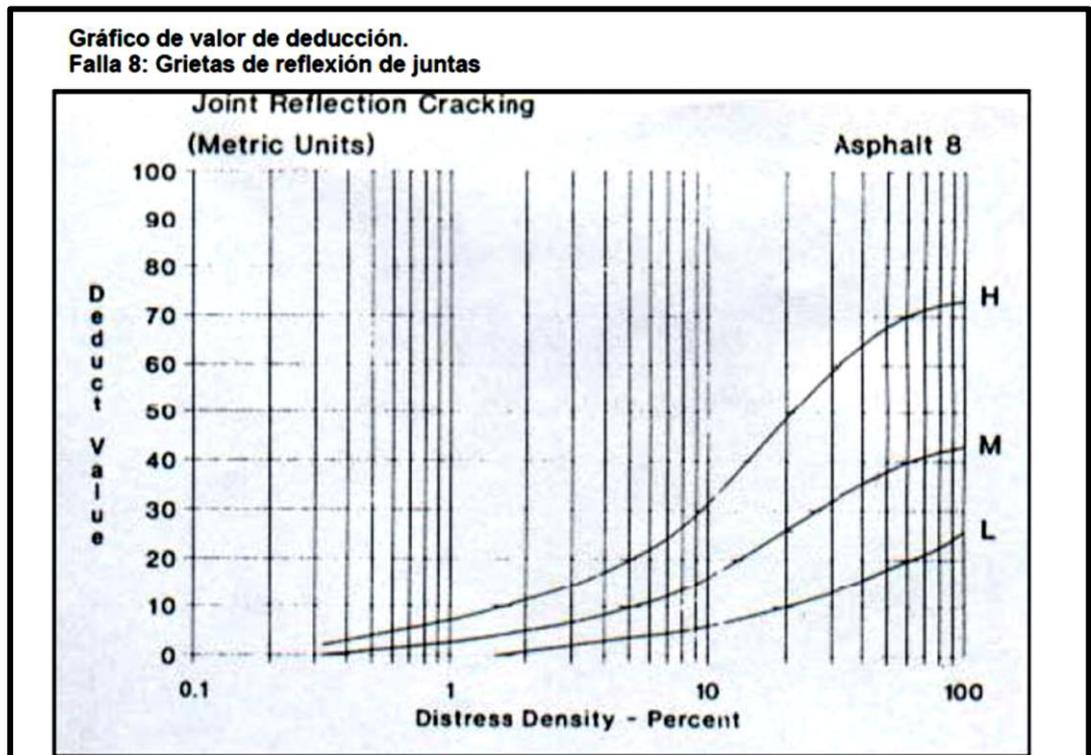
Falla 6 Depresiones



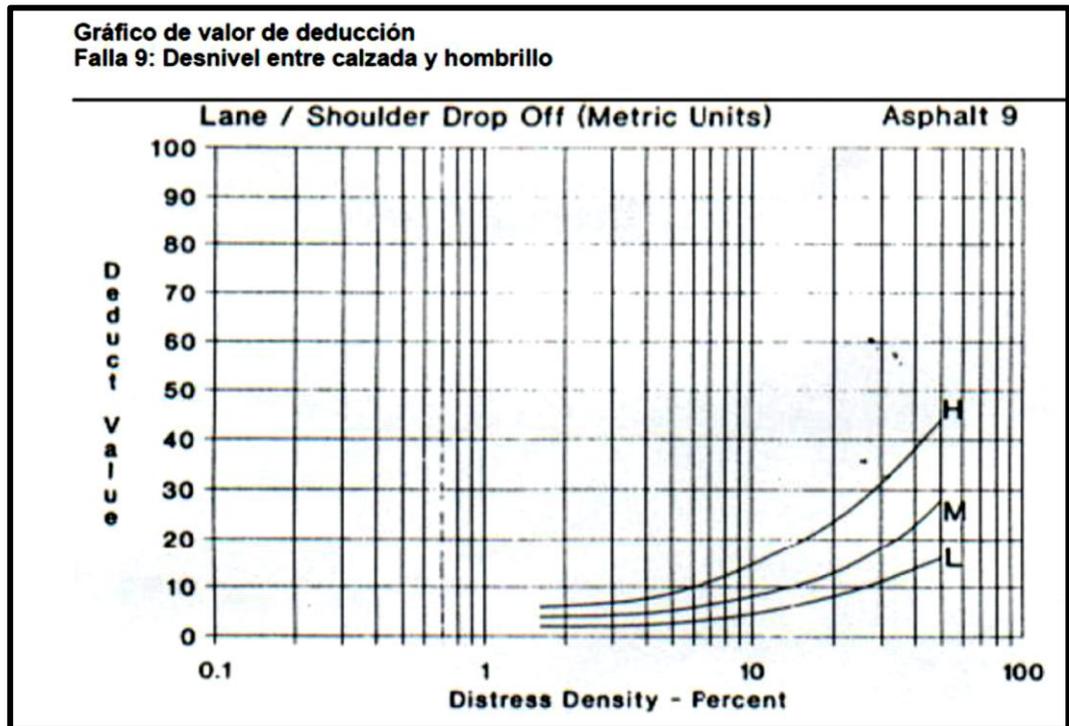
Falla 7 Grietas de Borde.



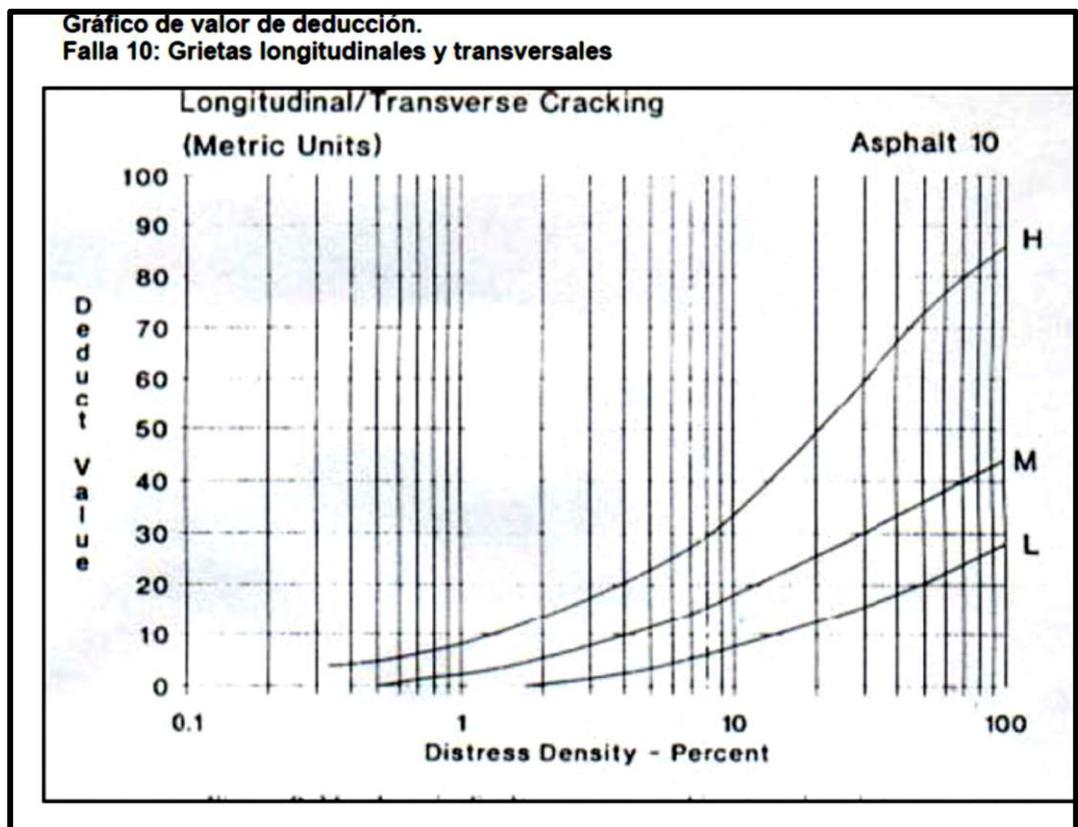
Falla Grietas de Reflexión de juntas.



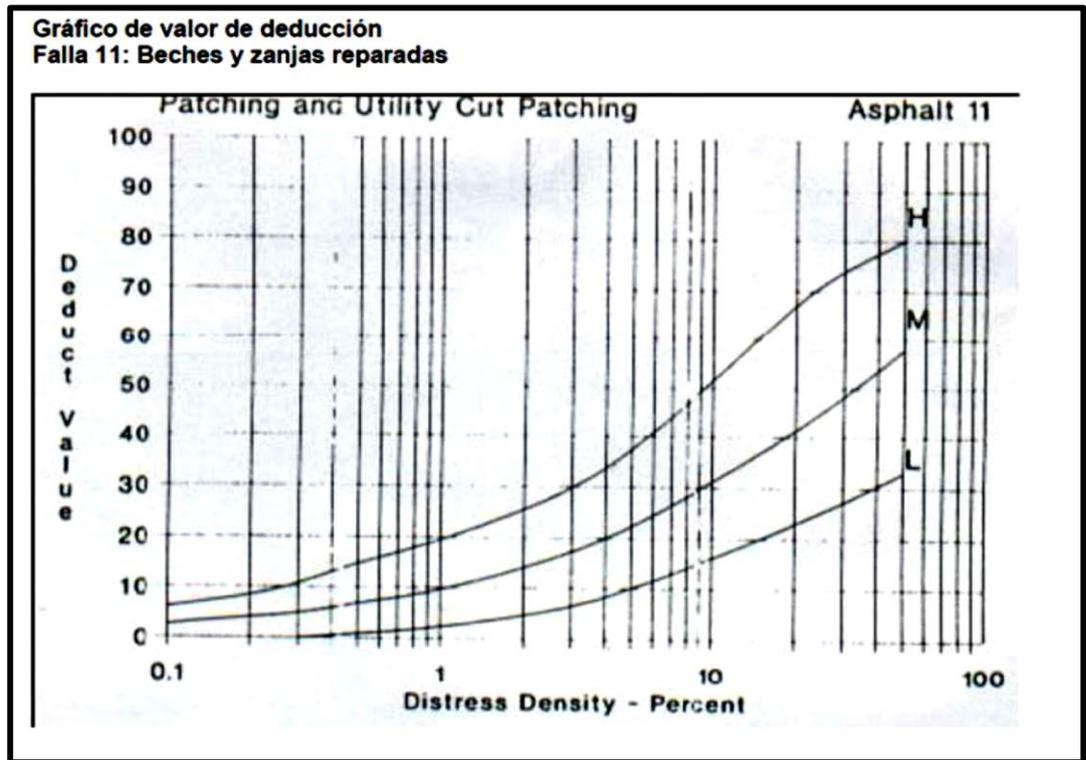
Falla 9 Desnivel calzada- hombrillo.



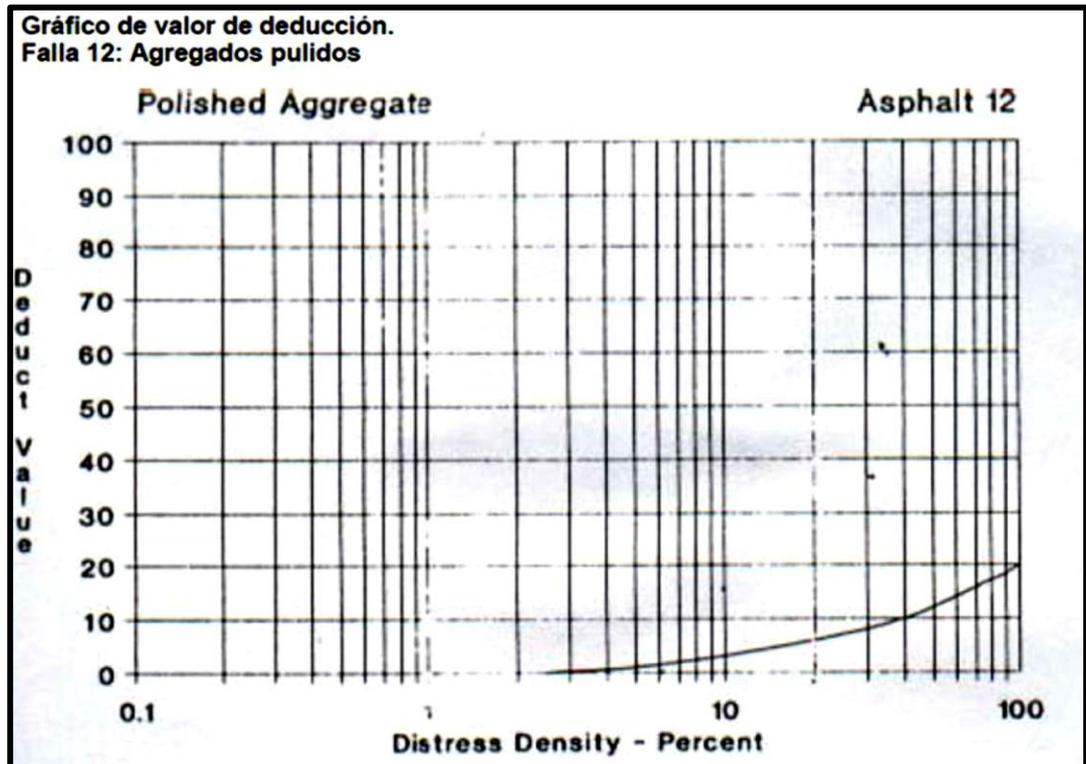
Falla 10 Grietas Longitudinales y transversales.



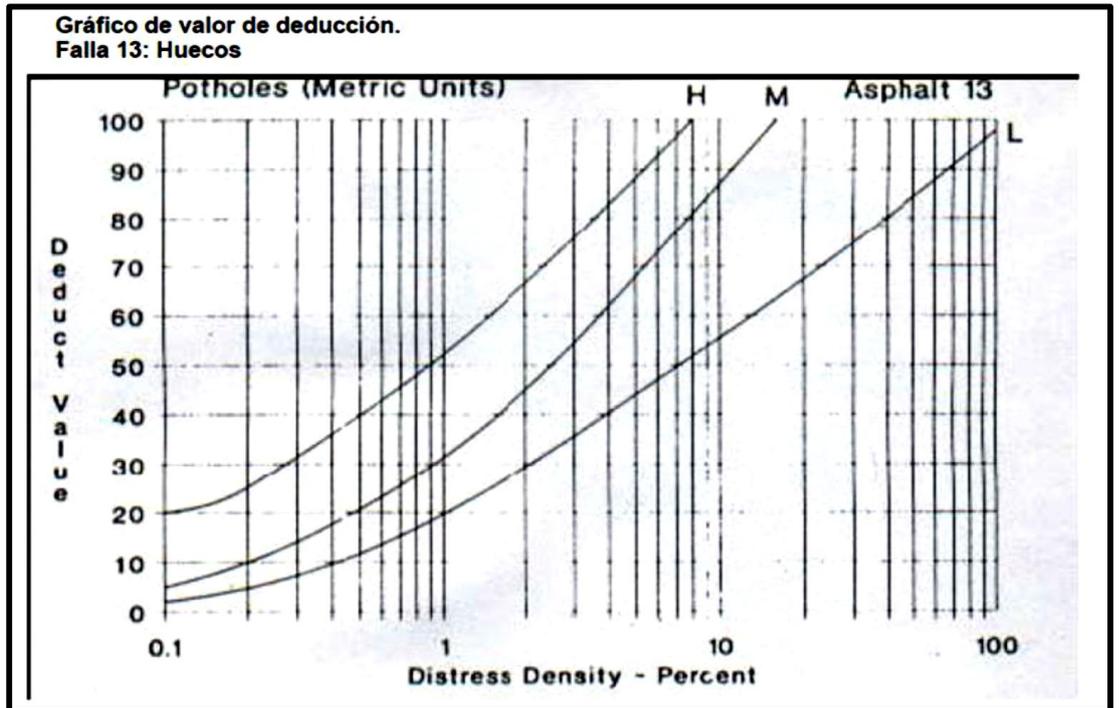
Falla 11 Bacheo y zanjas reparadas.



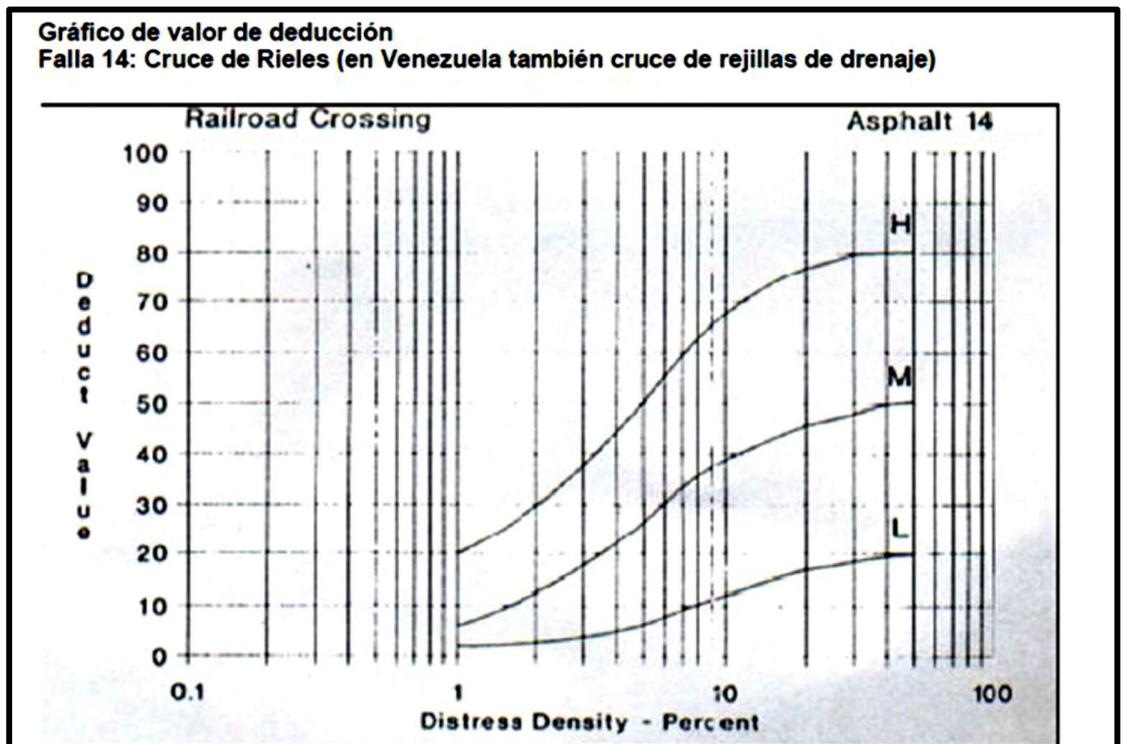
Falla 12 Agregados Pulidos.



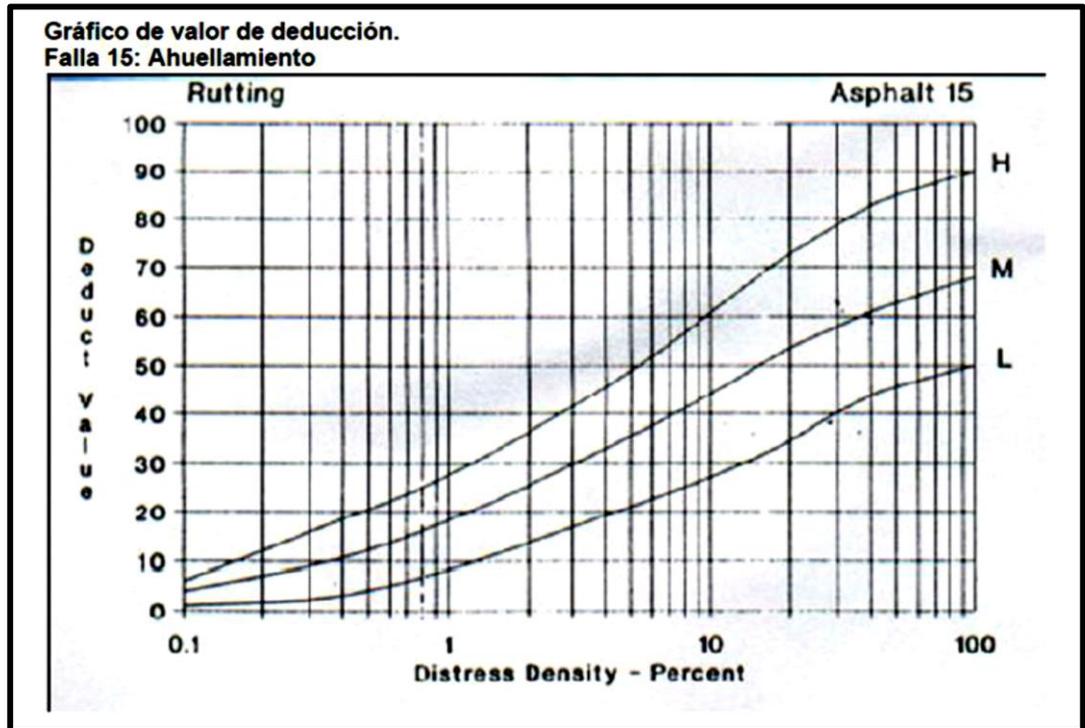
Falla 13 Huecos.



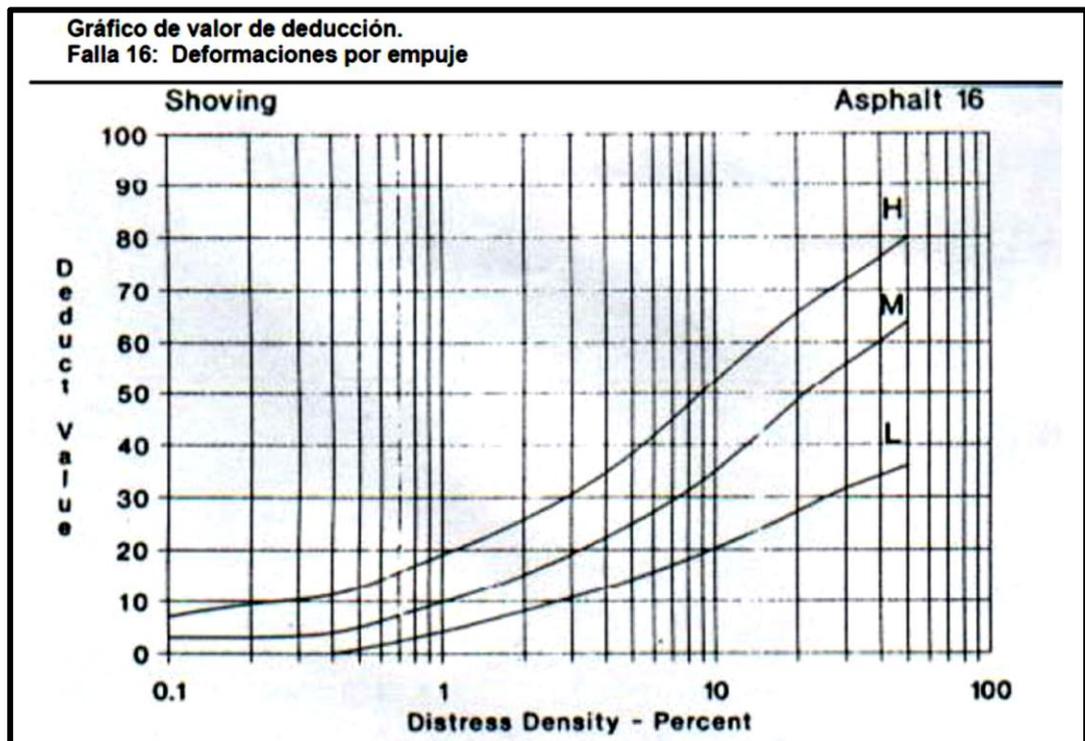
Falla 14 Cruce de sumideros de alcantarilla.



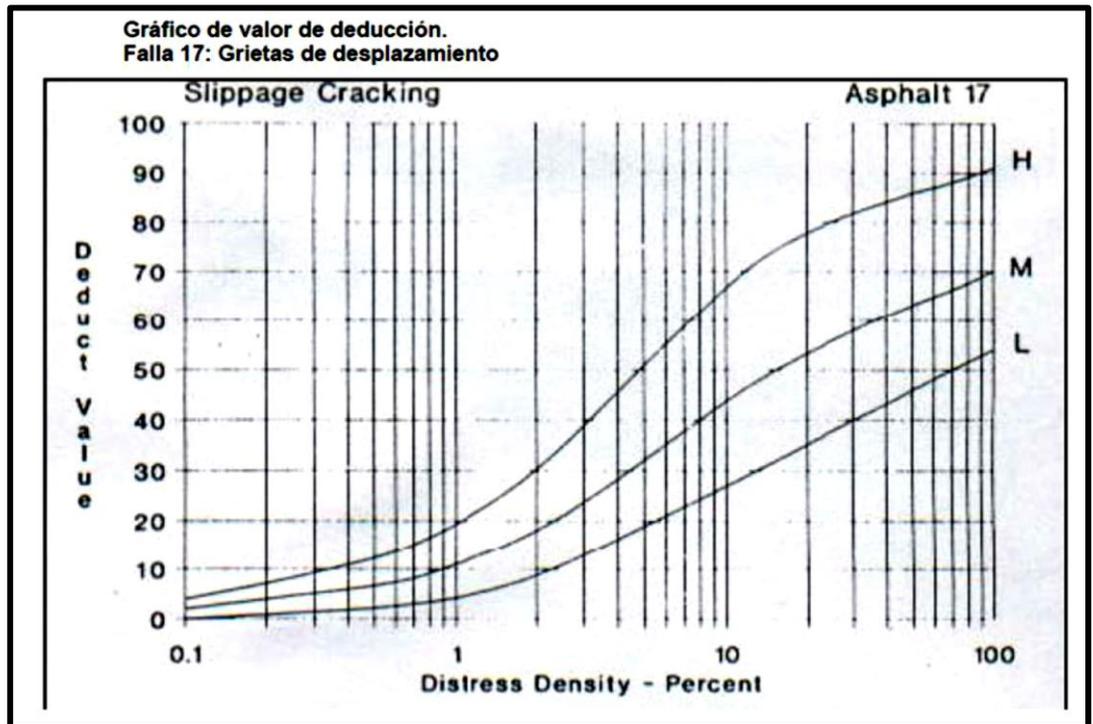
Falla 15 Ahuellamiento.



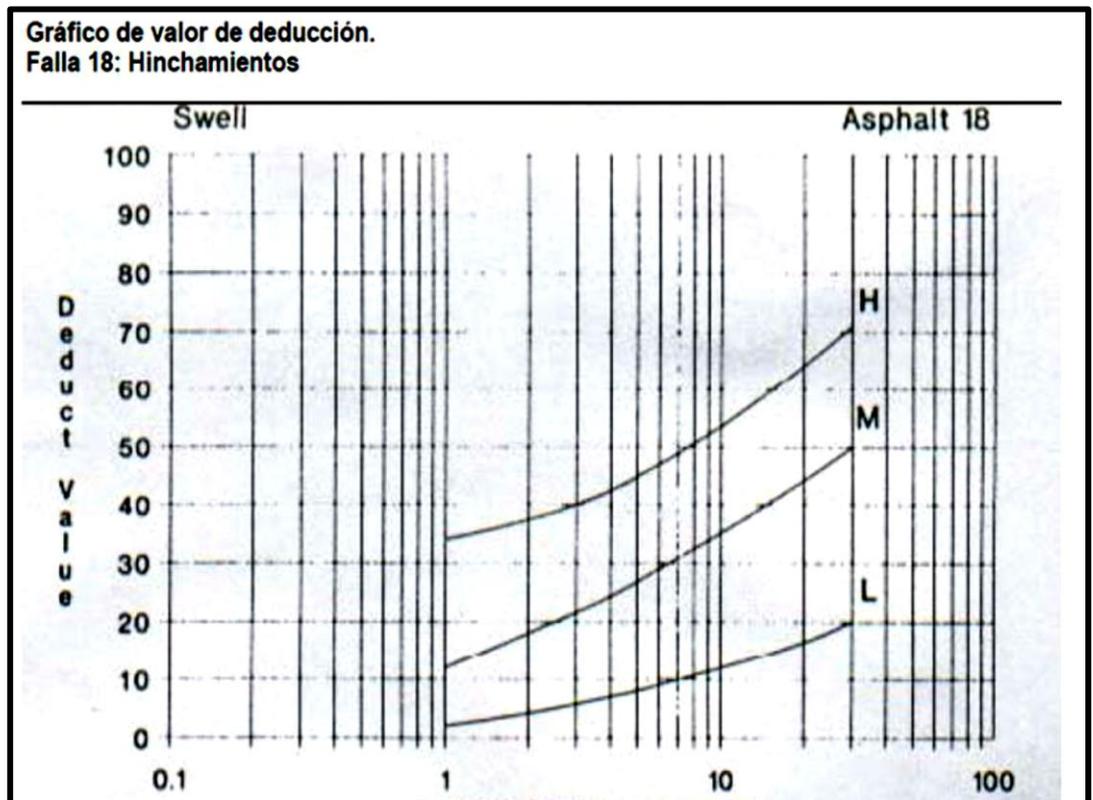
Falla 16 Deformación por empuje.



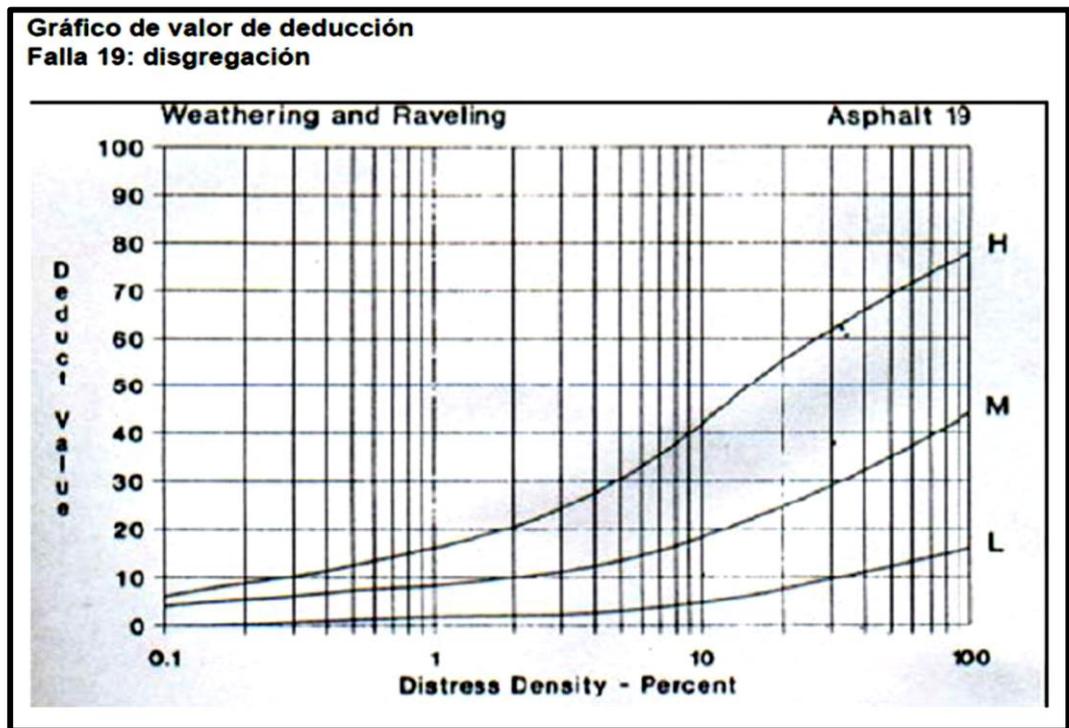
Falla 17 Grietas de desplazamiento.



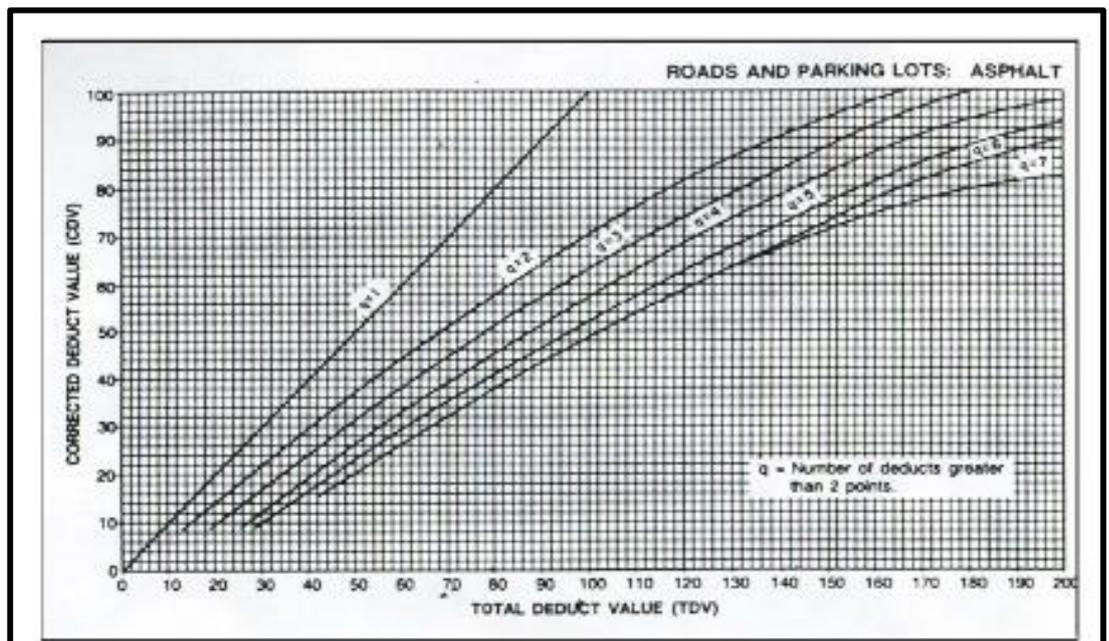
Falla 18 Hinchamiento.



Falla 19 Disgregación.



Anexo A.2 Valor de deducción corregida.



Anexo B. Unidades de muestras.

Anexo B.1 Unidad de muestra 2 (U2).

		<b>UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA CIVIL</b>											
<b>INSPECCION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, IDENTIFICACION DEL TIPO DE FALLA, SEVERIDAD Y MAGNITUD</b> <b>METODO PAVER - PCI (Norma ASTM D 6433-03)</b>													
<b>TESIS : EVALUACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL METODO PAVER EN LA AVENIDA LEOPOLDO CARRERA CALVO</b>													
Via:	Leopoldo Carrera Calvo												
Fecha:	02 de Julio del 2019	Unidad :	U2										
Realizado por:	Alfredo Rodriguez	Abscisa inicial:	0+031,5										
Area de la muestra:	229,95	Abscisa final:	0+063										
TIPOS DE FALLA													
I Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	XI Bacheo y zanjas reparadas	m <sup>2</sup>										
II Exudacion	m <sup>2</sup>	XII Agregados pulidos	m <sup>2</sup>										
III Grietas de contraccion	m <sup>2</sup>	XIII Huecos	N										
IV Elevaciones-Hundimientos	m	XIV Cruce de sumideros de rejilla	m <sup>2</sup>										
V Corrugaciones	m <sup>2</sup>	XV Ahuellamientos	m <sup>2</sup>										
VI Depresiones	m <sup>2</sup>	XVI Deformacion por empuje	m <sup>2</sup>										
VII Grietas de Borde	ml	XVII Grietas de deslizamiento	m <sup>2</sup>										
VIII Grietas de reflexion de juntas	ml	XVIII Hinchamiento	m <sup>2</sup>										
IX Desnivel calzada-hombriilo	ml	XIX Disgregacion y Desintegracion	m <sup>2</sup>										
X Grietas longitudinales y transversales	ml												
IDENTIFICACION Y EVALUACION DE FALLAS EXISTENTES													
I		XI											
MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD
1,92	B	0,48	M										
0,24	B	3,52	M										
0,2	B												
0,5	M												
4,2	M												
0,24	M												
4,8	M												
5,32	A												
0,72	A												
<b>TOTAL</b>	<b>2,36</b>	<b>B</b>											
	<b>9,74</b>	<b>M</b>	<b>4</b>	<b>M</b>									
	<b>6,04</b>	<b>A</b>											
CALCULO DEL PCI													
TIPO DE FALLA	DENSIDAD <small>Area de la falla (m<sup>2</sup>) Area de la muestra (m<sup>2</sup>) x 100</small>		SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION ( ANEXO A1 )									
I	1,03		B	11									
I	4,24		M	37									
I	2,63		A	44									
XI	1,74		M	11									
∑ VALOR DE DEDUCCION TOTAL (VDT)=				103									
VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)= (ANEXO A2)				60									
<b>PCI=100-VDC</b> <b>PCI = 40</b> <b>CONDICION DEL PAVIMENTO = MALA</b>													

Anexo B.2 Unidad de muestra 10 (U10).

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA CIVIL</b>												
<b>INSPECCION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, IDENTIFICACION DEL TIPO DE FALLA, SEVERIDAD Y MAGNITUD</b> <b>METODO PAVER - PCI (Norma ASTM D 6433-03)</b>													
<b>TESIS : EVALUACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL METODO PAVER EN LA AVENIDA LEOPOLDO CARRERA CALVO</b>													
Vía:	Leopoldo Carrera Calvo												
Fecha:	02 de Julio del 2019	Unidad :	U10										
Realizado por:	Alfredo Rodriguez	Abscisa inicial:	0+315										
Area de la muestra:	229,95	Abscisa final:	0+346,5										
<b>TIPOS DE FALLA</b>													
I Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	XI Bacheo y zanjas reparadas	m <sup>2</sup>										
II Exudacion	m <sup>2</sup>	XII Agregados pulidos	m <sup>2</sup>										
III Grietas de contraccion	m <sup>2</sup>	XIII Huecos	N										
IV Elevaciones-Hundimientos	m	XIV Cruce de sumideros de rejilla	m <sup>2</sup>										
V Corrugaciones	m <sup>2</sup>	XV Ahuellamientos	m <sup>2</sup>										
VI Depresiones	m <sup>2</sup>	XVI Deformacion por empuje	m <sup>2</sup>										
VII Grietas de Borde	ml	XVII Grietas de deslizamiento	m <sup>2</sup>										
VIII Grietas de reflexion de juntas	ml	XVIII Hinchamiento	m <sup>2</sup>										
IX Desnivel calzada-hombrillo	ml	XIX Disgregacion y Desintegracion	m <sup>2</sup>										
X Grietas longitudinales y transversales	ml												
<b>IDENTIFICACION Y EVALUACION DE FALLAS EXISTENTES</b>													
I		XI		XIV									
MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD
5,48	M	1,2	M	1,33	M								
0,08	M	11,31	M										
3,28	M	0,12	M										
0,48	M	2	M										
0,44	M	2	M										
5,12	M	0,55	M										
6,11	M	0,24	M										
0,12	A												
<b>TOTAL</b>													
	20,99	M	17,42	M	1,33	M							
	0,12	A											
<b>CALCULO DEL PCI</b>													
TIPO DE FALLA	DENSIDAD $\frac{\text{Area de la falla (m}^2\text{)}}{\text{Area de la muestra (m}^2\text{)}} \times 100$		SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION ( ANEXO A1 )	<b>PCI=100-VDC</b>  <b>PCI = 37</b>  <b>CONDICION DEL PAVIMENTO = MALA</b>								
I	9,13		M	45									
I	0,05		A	22									
XI	7,58		M	28									
XVI	0,58		M	0,9									
<b>∑ VALOR DE DEDUCCION TOTAL (VDT)=</b>				95,9									
<b>VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)= (ANEXO A2)</b>				63									





Anexo B.5. Unidad de muestra 34 (U34).

		<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA CIVIL</b>											
INSPECCION DE PAVIMENTO FLEXIBLE, IDENTIFICACION DEL TIPO DE FALLA, SEVERIDAD Y MAGNITUD METODO PAVER - PCI (Norma ASTM D 6433-03)													
TESIS : EVALUACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL METODO PAVER EN LA AVENIDA LEOPOLDO CARRERA CALVO													
Via:	Leopoldo Carrera Calvo												
Fecha:	03 de Julio del 2019						Unidad :	U34					
Realizado por:	Alfredo Rodriguez						Abscisa inicial:	1+071					
Area de la muestra:	229,95						Abscisa final:	1+102,5					
TIPOS DE FALLA													
I Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>					XI Bacheo y zanjas reparadas	m <sup>2</sup>						
II Exudacion	m <sup>2</sup>					XII Agregados pulidos	m <sup>2</sup>						
III Grietas de contraccion	m <sup>2</sup>					XIII Huecos	N						
IV Elevaciones-Hundimientos	m					XIV Cruce de sumideros de rejilla	m <sup>2</sup>						
V Corrugaciones	m <sup>2</sup>					XV Ahuellamientos	m <sup>2</sup>						
VI Depresiones	m <sup>2</sup>					XVI Deformacion por empuje	m <sup>2</sup>						
VII Grietas de Borde	ml					XVII Grietas de deslizamiento	m <sup>2</sup>						
VIII Grietas de reflexion de juntas	ml					XVIII Hinchamiento	m <sup>2</sup>						
IX Desnivel calzada-hombriilo	ml					XIX Disgregacion y Desintegracion	m <sup>2</sup>						
X Grietas longitudinales y transversales	ml												
IDENTIFICACION Y EVALUACION DE FALLAS EXISTENTES													
I		VII		X		XI		XII					
MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD	MEDIDA	SEVERIDAD
0,72	B	4	B	2,2	B	27,64	M	0,24	B				
0,32	B			1,2	M	3,1	M						
0,12	B			1,2	M	1,28	M						
0,96	B												
0,62	M												
4,5	M												
0,96	M												
1,26	M												
0,48	A												
<b>TOTAL</b>	<b>2,12</b>	<b>B</b>	<b>4</b>	<b>B</b>	<b>2,2</b>	<b>B</b>	<b>32</b>	<b>M</b>	<b>0,24</b>	<b>B</b>			
	<b>7,34</b>	<b>M</b>			<b>2,4</b>	<b>M</b>							
	<b>0,48</b>	<b>A</b>											
CALCULO DEL PCI													
TIPO DE FALLA	DENSIDAD <small><math>\frac{\text{Area de la falla (m}^2\text{)}}{\text{Area de la muestra (m}^2\text{)}} \times 100</math></small>			SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION ( ANEXO A1 )		PCI=100-VDC  PCI = 35  CONDICION DEL PAVIMENTO = MALO						
I	0,92			B	10								
I	3,19			M	34								
I	0,21			A	17								
VII	1,74			M	7								
X	0,96			B	0,1								
X	1,04			M	0,4								
XI	13,92			M	56								
XII	0,10			B	0								
<b>∑ VALOR DE DEDUCCION TOTAL (VDT)=</b>					<b>124,5</b>								
<b>VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)= (ANEXO A2)</b>					<b>65</b>								



















Anexo C. Estudio de Transito.

Anexo C.1 Conteo de vehículos.



Anexo D. Fotografías.

Anexo D.1. Extracción de núcleos de carpeta asfáltica.



Anexo D.2. Ensayos de laboratorio



Anexo E. Fallas en Pavimentos Flexibles.

Anexo E.1. Piel de Cocodrilo.



Anexo E.2. Bacheo y zanjas reparadas.



Anexo E.3. Desnivel calzada-hombrillo.



Anexo E.4.Huecos.



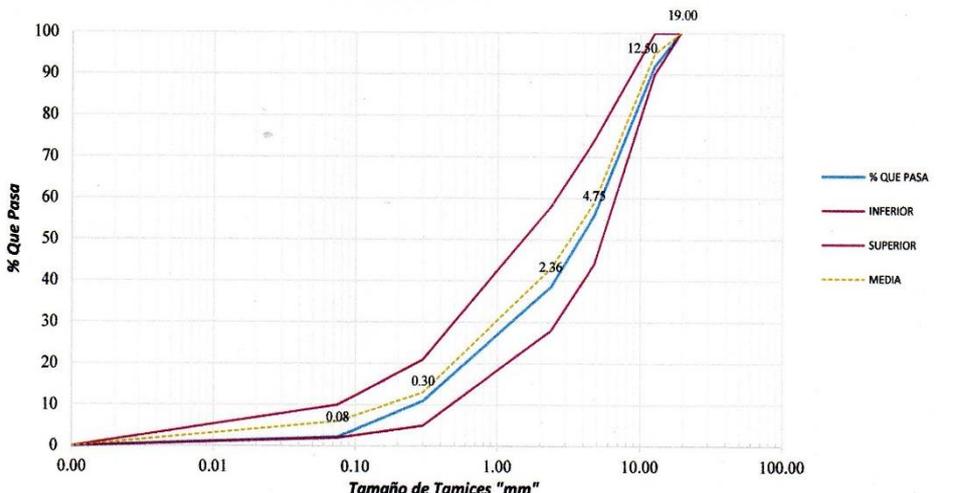
Anexo E.5.Grietas Longitudinales y Transversales.



Anexo E.6.Grietas de Bloque.



Anexo F. Estabilidad Marshall.

	<b>INFORME DE RESULTADOS: ENSAYOS EN MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE</b>						
	TESIS:	EVALUACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL METODO PAVER EN LA AVENIDA LEOPOLDO CARRERA CALVO DEL CANTON LA LIBERTAD					
ING-LAB200-FT06-01							
INFORME #: <b>IM- 009</b>		FECHA DE ENSAYO:					
IDENTIFICACION DE MUESTRA: <b>ABSC 1+000</b>		FECHA RECEPCION DE MUESTRA: <b>17 DE JULIO 2019</b>					
<b>EXTRACCION DE ASFALTO: PORCENTAJE DE ASFALTO NORMA ASTM D-2172</b>		<b>GRAVEDAD ESPECIFICA MAXIMA TEORICA RICE NORMA ASTM D-2041 / AASHTO T-209</b>					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA	941.1	PESO MUESTRA	1210				
PESO PAPEL FILTRO ANTES DEL ENSAYO	15.77	PESO MATRAZ	7363				
PESO PAPEL FILTRO DESPUES DEL ENSAYO	16.78	P. MAT. + MUESTRA	8068				
PESO FINAL DE LA MUESTRA	883.7 gr	<b>2.40 g/cm3.</b>					
PESO DE MUESTRA RETENIDA EN PAPEL FILTRO	1.01						
PORCENTAJE DE ASFALTO EN LA MUESTRA	5.99%						
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS PROVENIENTE DE EXTRACCION NORMA AASHTO T-30</b> <span style="float: right;">IAG-009</span>							
TAMANO NOMINAL MAXIMO DEL AGREGADO <span style="float: right;">12.50 mm    1/2"</span>							
TAMICES		PESO PARCIAL "gr"	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACION MTOP - ASTM D-3515		
"in"	"mm"				LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INFERIOR	CUMPLIMIENTO
3/4"	19.00	0	0.00	100.00	100		✓
1/2"	12.50	70.8	8.00	92.00	90	100	✓
Nº 4	4.75	319.6	36.12	55.87	44	74	✓
Nº 8	2.36	153.1	17.31	38.57	28	58	✓
Nº 50	0.30	244.1	27.59	10.98	5	21	✓
Nº 200	0.08	77.1	8.71	2.26	2	10	✓
Fondo	0.00	20.01	2.26	0.00	0	0	✓
<b>TOTAL</b>		<b>884.71 gr</b>					
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA DE EXTRACCIÓN</b>							
							
LABORATORISTA	ELABORADO	VERIFICADO	SELLO				
			Documento válido con firma y sello				



**INFORME DE RESULTADOS: ENSAYOS EN MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE**

**TESIS:** EVALUACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL METODO PAVER EN LA AVENIDA LEOPOLDO CARRERA CALVO DEL CANTON LA LIBERTAD

INFORME #: IM- 009

FECHA DE ENSAYO:

IDENTIFICACION DE MUESTRA: ABSC 1+000

FECHA RECEPCION DE MUESTRA: 17 DE JULIO 2019

**METODO MARSHALL - NORMA ASTM D 1559**

Fecha	Nº Briqueta	% Asfalto Utilizado (P <sub>a</sub> )	Altura cm	Volumen cm <sup>3</sup>	ANALISIS VOLUMETRICO				IM- 009	ESTABILIDAD			FLUJO IM-009	
					Peso de Briqueta		Gravedad Especifica del % Volumen			Corrección por Volumen Briqueta	Estabilidad Ensayo Kg	Estabilidad Correjada Kg		Estabilidad Correjada Lb
		Alre gr	SSS gr	Agua gr	Bulk (G <sub>mb</sub> ) g/cm <sup>3</sup>	Maxima Teorica RICE (G <sub>mm</sub> ) gr/cm <sup>3</sup>	Aire (Va)	Flujo 0,01"						
	1		8.80	481.10	1091.9	1104.8	623.7	2.270		891.7	1.14	1016.54	2241.08	14
<b>Promedio</b>		<b>5.99%</b>	<b>8.80</b>	<b>481.10</b>	<b>1091.9</b>	<b>1104.8</b>	<b>623.7</b>	<b>2.270</b>	<b>2.40</b>	<b>5.28</b>				

<b>MODULO DE RIGIDEZ</b>	<b>IM-009</b>
<b>RIGIDEZ MARSHALL (kg/cm)</b>	<b>2858.66 Kg/cm</b>

<b>LABORATORISTA</b>	<b>ELABORADO</b>	<b>VERIFICADO</b>	<b>SELLO</b>
			Documento válido con firma y sello

Dirección: Los Caracoles manz. 1B solar 7  
 ingeotop@hotmail.es  
 Cel.: 042953750  
 www.ingeotop.net



**INFORME DE RESULTADOS: ENSAYOS EN MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE**

**TESIS:**

EVALUACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL METODO PAVER EN LA AVENIDA LEOPOLDO CARRERA CALVO DEL CANTON LA LIBERTAD

INFORME #: IM- 009

IDENTIFICACION DE MUESTRA: ABSC 2-1000

FECHA DE ENSAYO:

17 DE JULIO 2019

FECHA RECEPCION DE MUESTRA:

**METODO MARSHALL - NORMA ASTM D 1559**

Fecha	Nº Briqueta	% Asfalto Utilizado (P <sub>b</sub> )	Altura cm	Volumen cm <sup>3</sup>	ANALISIS VOLUMETRICO				ESTABILIDAD			FLUJO IM-009		
					Aire gr	SSS gr	Agua gr	Bulk (G <sub>mb</sub> ) g/cm <sup>3</sup>	Gravedad Especifica de Maxima Teorica RICE (G <sub>mm</sub> ) g/cm <sup>3</sup>	Aire (Va) (Va)	Estabilidad Ensayo Kg		Corrección por Volumen Briqueta	Estabilidad Corregida Kg
	1		7.77	413.20	941.1	950.7	537.5	2.278		1276.3	1.47	1876.16	4136.23	13
<b>Promedio</b>		<b>5.99%</b>	<b>7.77</b>	<b>413.20</b>	<b>941.1</b>	<b>950.7</b>	<b>537.5</b>	<b>2.278</b>	<b>2.40</b>	<b>4.94</b>			<b>4136.23</b>	<b>13</b>

<b>MODULO DE RIGIDEZ</b>	
RIGIDEZ MARSHALL (kg/cm)	5681.89 Kg/cm

LABORATORISTA	ELABORADO	VERIFICADO	SELO
			Documento válido con firma y sello

Dirección: Los Caracoles manz. 1B solar 7  
 ingeotop@hotmail.es  
 Cel.: 042953750  
 www.ingeotop.net



Ing. Carlos Torres - Representante legal - INGEOTOP S.A.  
 Calle 14 de Julio - Edificio "El Sol" - Apartado 10000  
 Bogotá - Colombia - Teléfono: (57) 310 4500000

**INFORME DE RESULTADOS: ENSAYOS EN MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE**

**TESIS:** EVALUACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL METODO PAVER EN LA AVENIDA LEOPOLDO CARRERA CALVO DEL CANTON LA LIBERTAD

INFORME #: IM- 009

IDENTIFICACION DE MUESTRA : ABS3 3+000

FECHA DE ENSAYO:

17 DE JULIO 2019

FECHA RECEPCION DE MUESTRA:

**METODO MARSHALL - NORMA ASTM D 1559**

Fecha	Nº Briqueta	% Asfalto Utilizado (P <sub>b</sub> )	Altura cm	ANALISIS VOLUMETRICOPeso de Briqueta				IM- 009			FLUJO IM-009				
				Volumen cm <sup>3</sup>	Aire gr	SSS gr	Agua gr	Bulk (G <sub>mb</sub> ) g/cm <sup>3</sup>	Gravedad Especifica de Maxima Teorica RICE (G <sub>mm</sub> ) gr/cm <sup>3</sup>	Aire (Va)		Estabilidad Ensayo Kg	Corrección por Volumen Briqueta	Estabilidad Corregida Kg	Estabilidad Corregida Lb
	1		9.19	553.00	1262.7	1278.2	725.2	2.283	2.283	4.70	1170.1	0.89	1041.39	2295.87	14
<b>Promedio</b>		<b>5.99%</b>	<b>9.19</b>	<b>553.00</b>	<b>1262.7</b>	<b>1278.2</b>	<b>725.2</b>	<b>2.283</b>	<b>2.40</b>	<b>4.70</b>				<b>2295.87</b>	<b>14</b>

<b>MODULO DE RIGIDEZ</b>	<b>IM-009</b>
<b>RIGIDEZ MARSHALL (Kg/cm)</b>	<b>2928.54 Kg/cm</b>

<b>LABORATORISTA</b>	<b>ELABORADO</b>	<b>VERIFICADO</b>	<b>SELLO</b>
			Documento válido con firma y sello

Dirección: Los Caracoles manz. 1B solar 7 - Cel.: 042953750  
 ingeotop@hotmail.es www.ingeotop.net

Anexo G. ESAL`S. de diseño

Peso Ejes		Número de Ejes	Factores de Crecimiento	Tráfico de Diseño	Factor Equivalente de Carga o Factor Camión (FECC)	Nº. de ESAL's de Diseño
Ton	Kips					
1,00	2,2	12.816,37	1,02	4.765.150	0,0002	1.053,95
1,20	2,6	482,41	1,01	178.045	0,0005	81,66
1,70	3,7		1,01		0,0018	
2,00	4,4					
2,50	5,5	482,41	1,01	178.045	0,0086	1.538,28
3,00	6,6	13.298,79	1,01	4.908.221	0,0179	87.933,38
3,50	7,7		1,01		0,0332	
4,00	8,8		1,01		0,0566	
4,50	9,9					
4,60	10,1	617,21	1,01	227.516	0,0990	22.531,34
4,80	10,6	0,09				
5,00	11,0		1,01		0,1382	
5,50	12,1		1,01		0,2024	
6,50	14,3	617,12	1,01	227.483	0,3948	89.814,65
7,00	15,4	482,50	1,01	178.078	0,5311	94.568,56
8,50	18,7	617,12	1,01	227.483	1,1546	262.645,19
10,00	22,0		1,01		2,2118	
11,00	24,3		1,01		3,2383	
12,00	26,5	617,12	1,01	227.483	4,5864	1.043.322,87
<b>Ejes Tandem</b>						
4,80	10,6	0,09	1,01	33	0,0105	0,34
5,20	11,5	0,09	1,01	33	0,0144	0,47
6,20	13,7					
20,00	44,1	0,18	1,01	65	3,1605	205,67
<b>Ejes Tridem</b>						
6,20	13,7					
24,00	52,9					
<b>Total</b>		<b>30.031,50</b>			<b>ESAL's diseño</b>	<b>1.603.696</b>
<b>F.C = 0,80</b>						
				<b>ESAL's EN CARRIL DE DISEÑO =</b>		<b>641.479</b>
						<b>6,41E+05</b>