



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**MODELO DE CLASIFICACIÓN PARA DETERMINAR LA SEVERIDAD DE FALLAS EN  
PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES EN HONDURAS**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**21811259 JUAN ALBERTO PÉREZ ORELLANA**

**41211113 LEOVARDO SABILLÓN RAMÍREZ**

**21711243 OTTO ARMANDO BOESCH RODRÍGUEZ**

**ASESOR: ING. LUZ MARINA FUNES MATUTE**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA**

**AGOSTO, 2021**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**UNITEC**

**PRESIDENTE EJECUTIVA:**

**ROSALPINA RODRÍGUEZ GUEVARA**

**RECTOR:**

**MARLON ANTONIO BREVE REYES**

**VICERRECTOR ACADÉMICO:**

**DESIRÉE TEJADA CALVO**

**SECRETARIO GENERAL:**

**ROGER MARTÍNEZ MIRANDA**

**VICEPRESIDENTA CAMPUS SAN PEDRO SULA:**

**CARLA MARÍA PANTOJA ORTEGA**

**JEFE ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL:**

**HÉCTOR WILFREDO PADILLA SIERRA**

**MODELO DE CLASIFICACIÓN PARA DETERMINAR LA SEVERIDAD DE FALLAS EN  
PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES EN HONDURAS**

**TRABAJO PRESENTADO EN  
CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS  
EXIGIDOS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
  
INGENIERO CIVIL**

**ASESOR METODOLÓGICO:**

**ING. MICHAEL JOB PINEDA**

**ASESOR TEMÁTICO:**

**ING. LUZ MARINA FUNES MATUTE**

**MIEMBROS DE LA TERNA:**

**ING. MARIO CÁRDENAS**

**ING. ÁNGEL FUNES**

**ING. ARNOLD JOVEL**

## **DERECHOS DE AUTOR**

© Copyright 2021

JUAN ALBERTO PÉREZ ORELLANA

LEOVARDO SABILLÓN RAMÍREZ

OTTO ARMANDO BOESCH RODRÍGUEZ

Todos los derechos son reservados.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado al Dios de arriba por guiarme hasta este momento brindándome toda la sabiduría para salir adelante en todos los retos que se me han presentado.

A mis padres, Felipa Orellana y Rigoberto Pérez que con apoyo incondicional a lo largo de mi vida y sus enseñanzas me han formado y hecho quien soy. A mis hermanos Roció Pérez y Daniel Pérez con quienes he pasado todo tipo de etapas creciendo y apoyándonos mutuamente para sacar siempre lo mejor de nosotros y enorgullecer a nuestros padres. A mis viejos y nuevos amigos con quienes he formado lazos fuertes y con quienes viví inolvidables momentos y que han pasado a ser parte de mi historia.

***Juan Pérez***

En primer lugar a Dios por permitirme culminar mi carrera como Ingeniero Civil porque me ha dado la fuerza, valentía y conocimientos. A toda mi familia que han sido de gran apoyo y nunca me han dejado solo en esta etapa de mi vida.

***Leovardo Sabillón***

Primeramente a Dios a quien doy la gloria y honra, a quien dedico todos mis triunfos, por haberme permitido llegar hasta este punto de la carrera. A mis padres Otto Boesch Molina y Sagrario Del Carmen Rodríguez Martínez, que han sido mi apoyo incondicional desde el inicio, a mi hermana Gabriela María Boesch, a Leyla Ríos quien ha sido una persona que me ha brindado de su apoyo y siempre me alentó a seguir adelante y nunca rendirme. A mi abuela Aida Molina que aunque no se encuentre físicamente conmigo está en mis pensamientos y corazón todos los días de mi vida.

A mis abuelos Manuel Rodríguez y Berta Martínez que siempre me han apoyado.

***Otto Boesch***

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad

Por ser nuestra segunda casa y abrirnos las puertas a expresar las ideas y sueños que tuvimos durante toda nuestra estancia en ella, por ayudarnos a crecer como futuros profesionales, brindándonos las herramientas necesarias y la mejor educación gracias a todos sus docentes.

A los Catedráticos

Aquellos que marcaron cada etapa del proceso universitario, brindándonos los conocimientos necesarios para lograr el éxito de todo el trabajo realizado en la carrera, a nuestra asesora temática Ing. Luz Funes que a pesar de habernos conocido durante el último trimestre y de forma virtual le tomamos mucho cariño y dándonos todo el apoyo durante el proyecto de graduación, a nuestro asesor Ing. Michael Pineda por su alta experiencia y ser parte de este arduo proceso, aportando sus conocimientos a nuestro trabajo, y así brindarnos las herramientas necesarias para culminar satisfactoriamente nuestro proyecto.



## **RESUMEN EJECUTIVO**

La presente tesis documenta el desarrollo del proyecto de graduación el cual tiene como propósito brindar una solución a los diferentes puntos de vista que se presentan constantemente al momento de realizar evaluaciones en los pavimentos en el país. Uno de los problemas que se dan es la diversidad de normativas y opiniones ejercidas en estos trabajos de reparación. Debido a la índole del proyecto se investigaron a través de entidades municipalidades y personas expertas relacionadas al rubro de reparación de pavimentos como normativas a nivel internacional y nacional, y así establecer un modelo para el análisis de la severidad de fallas en pavimentos rígidos y flexibles en Honduras; a través del manual SIECA y las normativas empleadas del PCI con la visión de su posterior aplicación a nivel nacional en todos los proyectos en la evaluación y mantenimiento de carreteras. La presente investigación corresponde a un enfoque cuantitativo, estudio no experimental, seguido por un diseño transversal, con un alcance descriptivo, mediante una metodología secuencial, empleando una muestra no probabilística en el cual se realizaron encuestas y entrevistas como técnica para la recopilación de información. El manual contará con unos esquemas de solución al deterioro, los materiales y equipo a utilizar de las principales fallas. El entregable fue elaborado mediante las normativas ASTM D6433, el manual de carreteras SIECA los cuales fueron seleccionados por medio del análisis de las encuestas realizadas, se concluyó que dichas metodologías son de mayor aplicabilidad para las características de los pavimentos en la región.

Palabras claves: Manual, Normativa, Falla, Severidad, Deterioro



## **ABSTRACT**

This thesis documents the development of the graduation project which aims to provide a solution to the different points of view that are constantly presented when evaluating pavements in the country. One of the problems that arise is the diversity of regulations and opinions exercised in these repair works. Due to the nature of the project, they were investigated through municipal entities and experts related to the area of pavement repair as regulations at the international and national level, and thus establish a model for the analysis of the severity of failures in rigid and flexible pavements in Honduras; through the SIECA manual and the regulations used by the PCI with the vision of their subsequent application at the national level in all projects in the evaluation and maintenance of roads. This research corresponds to a quantitative approach, a non-experimental study, followed by a cross-sectional design, with a descriptive scope, using a sequential methodology, using a non-probabilistic sample in which surveys and interviews were carried out as a technique for collecting information. The manual will have some diagrams of solution to deterioration, the materials and equipment to be used for the main failures. The deliverable was prepared through the ASTM D6433 regulations, the SIECA road manual, which were selected through the analysis of the surveys carried out, it was concluded that these methodologies are of greater applicability for the characteristics of the pavements in the region.

Keywords: Manual, Normative, Failure, Severity, Impairment.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>I. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>II. Planteamiento del Problema .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Precedentes del Problema .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1.1. Situación Económica .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1.2. Red Vial de Honduras.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.3. Presupuesto del Mantenimiento de Carreteras.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Definición del Problema.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1. Enunciado del Problema .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.2. Formulación del Problema .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Justificación.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. Preguntas de Investigación.....</b>	<b>7</b>
<b>2.5. Objetivos.....</b>	<b>8</b>
<b>2.5.1. Objetivo General.....</b>	<b>8</b>
<b>2.5.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>8</b>
<b>III. Marco Teórico .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1. Análisis de la Situación Actual.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1.1. Análisis del Macro-entorno .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1.1.1. Colombia .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1.1.2. Guatemala .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.1.3. Perú.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1.2. Análisis del Micro-Entorno .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1.3. Análisis Interno.....</b>	<b>23</b>

3.2.	<b>Teoría de Sustento</b> .....	25
3.2.1.	<b>PCI – Pavement Condition Index</b> .....	25
3.2.1.1.	<b>Procedimiento de Evaluación de la Condición del Pavimento</b> .....	26
3.2.1.2.	<b>Curvas para pavimento de asfaltó y de concreto hidráulico</b> .....	28
3.2.1.3.	<b>Mantenimiento en el proceso de deterioro por PCI</b> .....	28
3.2.1.4.	<b>Tipos de mantenimiento</b> .....	30
3.2.2.	<b>Manual de Representación Para Proyectos</b> .....	31
3.2.3.	<b>Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras</b> .....	33
3.3.	<b>Marco Conceptual</b> .....	34
3.4.	<b>Marco Legal</b> .....	38
IV.	<b>Metodología</b> .....	40
4.1.	<b>Enfoque</b> .....	40
4.2.	<b>Variables de Investigación</b> .....	41
4.2.1	<b>Diagrama de Variables de Operacionalización</b> .....	43
4.2.2	<b>Tabla de Operacionalización de variables</b> .....	44
4.3.	<b>Técnicas e Instrumentos aplicados</b> .....	46
4.3.1.	<b>Instrumentos</b> .....	46
4.3.2.	<b>Técnicas</b> .....	53
4.4.	<b>Población y Muestra</b> .....	55
4.4.1.	<b>Población</b> .....	55
4.4.2.	<b>Muestra</b> .....	55
4.4.3.	<b>Cálculo y Análisis de la Muestra</b> .....	56
4.5.	<b>Metodología de Estudio</b> .....	58

4.5.1. Tipo de Diseño .....	58
4.6. Cronograma de Actividades .....	59
V. Análisis y Resultados .....	62
5.1. Entrevista a Profesionales .....	62
5.1.1. Entrevista Realizada a Experto .....	62
5.2. Encuesta aplicada a Ingenieros Civiles.....	64
5.3. Rúbrica para el Manual .....	77
5.4. Propuesta de Manual.....	79
VI. Conclusiones.....	141
VII. Recomendaciones .....	143
VIII. Bibliografía .....	144
IX. Anexos.....	147

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1- Declaraciones de la Chico sobre INVEST-H.....	2
Ilustración 2- Longitud de carreteras en Honduras .....	3
Ilustración 3- Composición de carreteras según el material .....	4
Ilustración 4- Evolución del presupuesto de INSEP .....	5
Ilustración 5- Principales manuales de inspección de daños de pavimentos.....	11
Ilustración 6- Formato de Excel de fallas .....	13
Ilustración 7- Correlación del tipo de mantenimiento y rehabilitación con PCI.....	19
Ilustración 8- Manual de carreteras SOPTRAVI .....	20
Ilustración 9- Reparación de pavimento INVEST-H .....	22
Ilustración 10- Bacheo realizado en la ciudad de El Progreso.....	23
Ilustración 11- Reparación de tramo vial en San Pedro Sula .....	24
Ilustración 12- Índice de PCI.....	25
Ilustración 13- Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.....	26
Ilustración 14- Formato para las iteraciones del cálculo del CDV .....	28
Ilustración 15- Curva deterioro vs tiempo en pavimentos.....	29
Ilustración 16- Zonas de mantenimientos según valor PCI .....	30
Ilustración 17- Manual de representación para proyectos de graduación.....	33
Ilustración 18- Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras .....	34
Ilustración 19- Dimensiones de las variables de estudio.....	43
Ilustración 20- Paquete de Autodesk .....	46
Ilustración 21- AutoCAD.....	46
Ilustración 22- Civil 3D .....	47

Ilustración 23- Paquete de Microsoft Office.....	47
Ilustración 24- Aplicación de zoom meeting.....	48
Ilustración 25- Entrevista a Expertos en el área de reparación de pavimentos.....	54
Ilustración 26- Nivel de confiabilidad y factor K.....	56
Ilustración 27- Metodología de diseño .....	58
Ilustración 28- Cronograma de actividades parte 1 .....	60
Ilustración 29- Cronograma de actividades parte 2 .....	61
Ilustración 30- Entrevista aplicada a Ingeniero experto .....	63
Ilustración 31- Resultados pregunta 1 .....	64
Ilustración 32- Resultados pregunta 2.....	65
Ilustración 33- Resultados pregunta 3.....	66
Ilustración 34- Resultados pregunta 4.....	67
Ilustración 35- Resultados pregunta 5.....	68
Ilustración 36- Resultados pregunta 6.....	69
Ilustración 37- Resultados pregunta 7 .....	70
Ilustración 38- Resultados pregunta 8.....	70
Ilustración 39- Resultados pregunta 9.....	71
Ilustración 40- Resultados pregunta 11 .....	72
Ilustración 41- Resultados pregunta 12 .....	73
Ilustración 42- Resultados pregunta 13 .....	74
Ilustración 43- Resultados pregunta 14 .....	75
Ilustración 44- Resultados pregunta 15 .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Rangos de clasificación del PCI.....	16
Tabla 2- Calificación del pavimento mediante VIZIR.....	17
Tabla 3- Tabla de variables de operacionalización .....	41
Tabla 4- Tabla de operacionalización de variables .....	44
Tabla 5- Cálculo del tamaño de la muestra .....	57
Tabla 6- Profesionales Entrevistados.....	62
Tabla 7- Manuales y normas utilizadas .....	73

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1- Determinación de las unidades de muestreo para evaluación.....	26
Ecuación 2- Selección de las unidades de muestreo para inspección.....	27
Ecuación 3- Número máximo admisible de valores deducidos .....	27
Ecuación 4- Tamaño de la muestra no probabilística.....	56

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1- Curva para determinación de pavimento para la falla de exudación.....	147
Anexo 2- Curva para la falla desintegración de pavimento.....	147
Anexo 3- Curva para la falla de abultamiento y hundimiento.....	148
Anexo 4- Curva para falla de levantamiento de carpeta.....	148
Anexo 5- Curva para falla grieta de esquina .....	149
Anexo 6- Curva para falla de losa dividida.....	149
Anexo 7- Curva para falla de grieta de durabilidad.....	150
Anexo 8- Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica .....	150
Anexo 9- Formato de exploración para carreteras con superficie hidráulicas .....	151
Anexo 10- Resultados de encuesta google forms pregunta 1 .....	151
Anexo 11- Resultados de encuesta google forms pregunta 2.....	152
Anexo 12- Resultados de encuesta google forms pregunta 3.....	152
Anexo 13- Resultados de encuesta google forms pregunta 4.....	153
Anexo 14- Resultados de encuesta google forms pregunta 5.....	153
Anexo 15- Resultados de encuesta google forms pregunta 6.....	154
Anexo 16- Resultados de encuesta google forms pregunta 7.....	154
Anexo 17- Resultados de encuesta google forms pregunta 8.....	155
Anexo 18- Resultados de encuesta google forms pregunta 9.....	155
Anexo 19- Resultados de encuesta google forms pregunta 10.....	156
Anexo 20- Entrevista virtual a experto en el área.....	156



## I. INTRODUCCIÓN

Las vías tienen una función y es el facilitar el transporte de personas con total comodidad y seguridad. En la actualidad es importante ofrecer una Red Vial que satisfaga las necesidades del país.

El desarrollo de la red vial permite el crecimiento de la economía de los lugares adyacentes a la misma, por su parte la existencia de entes reguladores que abogue a la calidad de las obras con usos de normativas que hagan referencia a las características del país es de suma prioridad. Las carpetas de rodaduras son diseñadas para un tiempo de vida establecido siempre y cuando tenga su correcto mantenimiento y las consideraciones reales sean parecidas a las tomadas en cuenta al momento de diseñar. El no controlar dichos parámetros conlleva al deterioro exponencial del tramo vial.

Con esta investigación se pretende dar solución al problema que más afecta en las carreteras del país, que es el deterioro de pavimento, puesto que al momento de su reparación no existe una metodología eficiente, por lo tanto la mayoría de las veces se hace de manera subjetiva sin un fundamento que verdaderamente sea el óptimo para la reparación de esta.

En base a lo anterior, la actual tesis presentará una propuesta la cual contendrá una metodología aplicable a las condiciones de la región hondureña para la clasificación de la severidad de las fallas más comunes en los pavimentos rígidos y flexibles, refiriéndose a manuales existentes que serán utilizado como puntos de partida para la adaptación a las características de Honduras.

Una vez determinado los parámetros del manual, se procederá a detallar la metodología técnica que se deberá emplear al momento de la reparación, estableciendo materiales y equipos con el que se podrá obtener un resultado eficiente.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente capítulo explica el contenido del documento y expone los precedentes que sustentan el trabajo de investigación, así mismo abarca la definición del problema, preguntas de investigación tomando en cuenta los factores necesarios para solventar la problemática presentada, la justificación del porqué de esta investigación y los objetivos generales y específicos por alcanzar del estudio.

### 2.1. PRECEDENTES DEL PROBLEMA

#### 2.1.1. SITUACIÓN ECONÓMICA

Actualmente INVEST-H no cuenta con presupuesto para el mantenimiento de carreteras según la Cámara Hondureña de la Construcción. (v. Ilustración 1)

### INVEST-H sin presupuesto para mantenimiento de carreteras, dice la CHICO

Por Redaccion Web - julio 24, 2020

553



**Ilustración 1- Declaraciones de la Chico sobre INVEST-H**

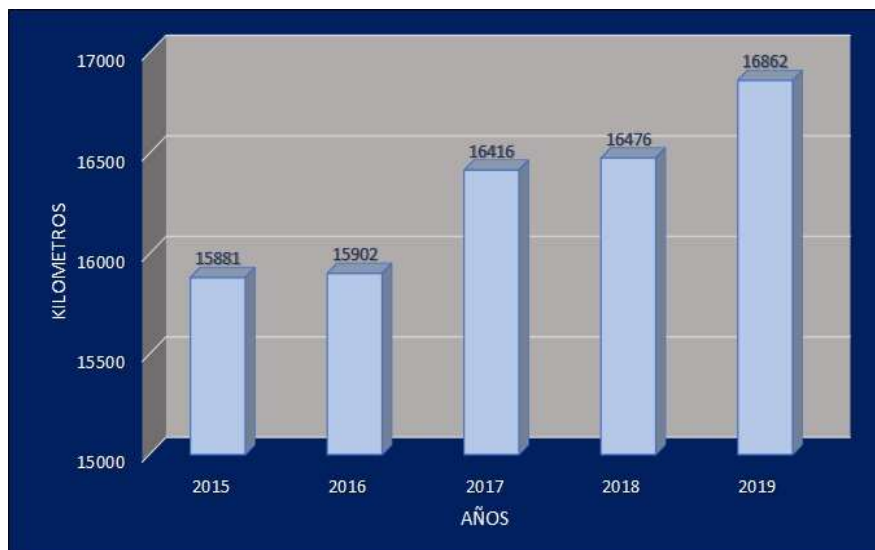
Fuente: (Tiempo Digital, 2020)

Como se mostró anteriormente en la Ilustración 1 según El Gerente de la Chico Silvio Larios, señalo que “Salud aún no entrega el monto que el sector de la construcción prestó para efectuar las compras de emergencia de equipo e insumos para atender la pandemia. Sin embargo, el acuerdo decía que Salud estaba comprometida a regresar ese dinero lo más pronto posible al sector de la construcción, por medio de Inversión Estratégica de Honduras (INVEST-H), para continuar con los proyectos de mantenimiento de carreteras”. (Tiempo Digital, 2020)

Por lo anteriormente dicho, el tema del mantenimiento vial se ve comprometido, ya que aproximadamente L 45, 000 millones están en situación de riesgo y el sector construcción desconoce cuándo regresarán los fondos.

### 2.1.2. RED VIAL DE HONDURAS

La composición de la Red vial de Honduras, según reporte del Instituto Nacional de Estadística (INE) hasta el año 2019, se tiene una cantidad de 16,862 km de carretera en el país, el cual está formada por la Red principal, Red Secundaria y Red Vecinal, compuesta con diferentes tipos de carpeta de rodadura tales como concreto asfáltico, hidráulico, doble tratamiento, material selecto y de tierra. (INE, 2019) (v. Ilustración 2)



**Ilustración 2- Longitud de carreteras en Honduras**

Fuente: (Secretaria de Infraestructuras y Servicios Públicos, 2019)

Como se observa en la Ilustración 2 la variación de kilómetros de carretera construidos presenta una diferencia porcentual año con año de la siguiente manera: del año 2015 al 2016 creció 0.1%, en el 2017 fue en un 3.2%, el 2018 aumenta en 0.4%, y el 2019 fue de 2.3%.

En el mismo informe se presenta que el total de kilómetros de las carreteras pavimentadas de Honduras es de 2,388.01 km, de los cuales el 84.6% que equivale a 2020.48 km corresponden a carpetas de concretos asfálticos y 15.4% que equivale a 357.53 km de concreto hidráulico. (INE, 2019)



**Ilustración 3- Composición de carreteras según el material**

Fuente: (Secretaría de Infraestructuras y Servicios Públicos, 2019)

En la Ilustración 3 se muestra una comparación entre la longitud de carreteras con pavimento de concreto asfáltico contra pavimento de concreto hidráulico.

### 2.1.3. PRESUPUESTO DEL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS

La Ilustración 4 muestra el presupuesto de La Secretaria de Infraestructura y Servicios Públicos (INSEP), para la construcción de nuevas carreteras, así como las limitaciones por la difícil situación financiera de Honduras, el gasto tiende a disminuir año tras año y en el reporte del 2015 el presupuesto fue inferior a la mitad de la cifra de 2011.

Unidad: Millones HNL

Año fiscal	División	Desarrollo	Mantenimiento	Total
2011	Presupuesto	2,158.39	1,196.61	3,355.00
	Gasto	2,983.39	1,195.69	4,179.08
2012	Presupuesto	2,074.51	1,201.89	3,276.40
	Gasto	2,399.87	961.63	3,361.50
2013	Presupuesto	2,040.43	684.42	2,724.85
	Gasto	3,133.74	680.67	3,814.41
2014	Presupuesto	4,296.77	641.34	4,938.11
	Gasto	3,140.91	634.41	3,775.12
2015	Presupuesto	1,284.06	539.20	1,823.26
	Gasto	2,174.84	537.31	2,712.15

#### **Ilustración 4- Evolución del presupuesto de INSEP**

Fuente: (Nippon Koei Lac, Inc, 2018)

Como se observó en la Ilustración 4, el contenido hace referencia a los presupuestos por INSEP durante cinco años, estos datos se presentan en Millones de lempiras.

El año 2017 La Secretaría de Infraestructura y Servicios Públicos (INSEP) sede sus derechos y obligaciones al ente Inversión Estratégica de Honduras (INVEST-H) concedente en todos los contratos de Alianza Público-Privada, en lo relacionado con infraestructura vial.

En enero del año 2018, el Estado de Honduras clausura el ente encargado del mantenimiento vial denominado Fondo Vial, bajo Decreto Ejecutivo No.PCM-086-2017.

En el mes de mayo del mismo año el ente existente denominado Inversión Estratégica de Honduras (INVEST-H) asume las operaciones manejadas por el fondo vial convirtiéndola en la única entidad del Estado de Honduras habilitada para la administración de la Red Vial del país y las Alianza Público-Privada bajo el Decreto Ejecutivo No.PCM-034-2018. (La Gaceta, 2018)

## **2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Una vez efectuada la idea de investigación, el siguiente paso en el proceso es la formulación del problema. Se procede en exponer todos los argumentos válidos para enunciar el problema y formular las preguntas de investigación pertinentes y adecuadas, donde se buscará darle una respuesta concreta y accesible.

### 2.2.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Honduras no cuenta con una normativa propia para clasificar la severidad de las fallas que se presentan en los pavimentos rígidos y flexibles, en cambio emplea metodologías que fueron diseñadas para otro país, lo cual podría generar interpretaciones no propias de la región.

### 2.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué modelo de evaluación deberá crearse con la intención de evaluar tipologías y severidad de fallas en pavimentos de concretos asfálticos e hidráulicos en Honduras que tome en cuenta las características del entorno y brindar así una solución en base a metodologías empleadas en la región?

## **2.3. JUSTIFICACIÓN**

Según datos de la Red Vial, las carreteras de Honduras tienen una extensión de 16,862 km de longitud que corresponden a la Red Vial Oficial, sin embargo el país cuenta con una infraestructura total de 25,000 km aproximadamente, este conjunto de carreteras se clasifica en Red vial primaria, Red vial Secundaria y Red vial vecinal. (Vial, 2021)

El Instituto Nacional de Estadísticas (INE) muestra que: solamente de los 16 mil km reportados solo el 23% mantiene una calzada pavimentada, ya sea de concreto asfáltico o concreto hidráulico,

el restante 77% este compuesto por carreteras que no mantienen pavimento, construidas con material selecto y de tierras. (INE, 2019)

Por lo anteriormente dicho, en Honduras, debido a la falta de recursos para inversión en carreteras y los altos costos de construcción de estas, es necesario pensar en el mejoramiento de los pavimentos existentes, por lo que resulta importante crear una cultura en cuanto al mantenimiento de la red vial para brindar un buen funcionamiento y comodidad a los usuarios, quienes son los beneficiarios de estos servicios.

Actualmente, el país no cuenta con un ente que les brinde mantenimiento y reparación adecuado a estas carreteras, por esta razón surge la necesidad de implementar y aplicar metodologías que evalúen el estado del pavimento para una solución correcta.

De no llevarse a cabo este proyecto se seguirán presentando desventajas en el sector de infraestructura en cuanto a la reparación y mantenimiento de la red vial.

La propuesta buscará proporcionar los conocimientos básicos y fundamentados para la inspección y reparación de un tramo vial, tomando como referencias manuales internacionales para mejorar su metodología y acoplarlo a las normas utilizadas en la región. Por lo tanto al contar con un manual que clasifique la severidad de una falla y le dé una solución eficaz es la mejor manera para poder resolver todos los problemas con los que cuenta los pavimentos en Honduras.

#### **2.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

- 1) ¿Qué características técnicas y del entorno influyen en la generación de fallas en los pavimentos rígidos y flexibles en Honduras?
- 2) ¿Con qué características deberán cumplir los métodos a incluir para la propuesta de clasificación?
- 3) ¿Qué propiedades de las fallas serán imprescindibles para su medición y posterior clasificación con la finalidad de brindar una solución según el nivel de severidad que se presente?

## **2.5. OBJETIVOS**

Los objetivos de investigación son todas aquellas actividades claves que logran responder o resolver el problema de investigación (Zita, 2020). Esta etapa consta del objetivo generales y los específicos que pretenden darle respuesta a las preguntas de investigación.

### **2.5.1. OBJETIVO GENERAL**

Establecer un modelo para el análisis de la severidad de fallas en pavimentos rígidos y flexibles en Honduras; a través del manual SIECA y las normativas empleadas del PCI con la visión de su posterior aplicación a nivel nacional en todos los proyectos en la evaluación y mantenimiento de carreteras.

### **2.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Identificar las características técnicas que influyen en la generación de fallas en los pavimentos rígidos y flexibles en Honduras.
- 2) Examinar los manuales que se utilizarán de referencia y adaptarlos a las necesidades presentes en el país.
- 3) Detallar la información que se debe recolectar para establecer un nivel de severidad de falla y brindar las directrices necesarias para su correcta reparación.



### **III. MARCO TEÓRICO**

El presente capítulo muestra las principales fuentes de información consultadas en torno a la investigación, aportes técnicos y datos estadísticos relevantes que sustenten las variables de investigación, esta etapa está compuesta de la situación actual que hace referencia al entorno internacional y nacional, las teorías que validan los argumentos de la investigación encontrados en el desarrollo del proyecto y de esta manera brindar una solución al problema planteado, el marco conceptual que es imprescindible para la investigación y el marco legal que se encarga de afirmar que todos los requerimientos del manual a realizar estén bajo las normativas.

#### **3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En el siguiente apartado se pretende presentar un análisis de nivel macro y micro de la situación actual del problema planteado conociendo un panorama general que beneficiará el proceso de la investigación, en el cual se mencionará información relevante de datos oficiales y estadísticos, de igual manera presentando un análisis interno.

##### **3.1.1. ANÁLISIS DEL MACRO-ENTORNO**

Se aborda el análisis de la situación internacional, estos incluyen datos importantes que sirven para poder entender de mejor manera la problemática actual, y poder concluir la meta que se tiene propuesta.

##### **3.1.1.1. Colombia**

“La infraestructura de Colombia se ha convertido en una limitación para alcanzar el crecimiento adecuado en las diversas actividades, Colombia posee una ubicación estratégica y es considerada la puerta de entrada de Sudamérica”. (Comex, 2021)

##### **a) Información General del Proyecto**

Sistema de Clasificación de Severidad de Daños en Pavimentos Flexibles para Determinar Posibles Intervenciones.

El proyecto está localizado en Envigado, Colombia el cual pretende proponer una metodología de evaluación y determinación de posibles intervenciones para el pavimento flexible de un segmento de vía, buscando dar prioridad siempre a conservar un buen estado del pavimento y disminuir costos de mantenimiento. Zair Alzate Zuluaga afirma que:

El mantenimiento y las tareas de reparación de los pavimentos no son una tarea fácil, ya que son muchos los factores que pueden intervenir en la aparición de estos daños, como la rigidización de la carpeta asfáltica, reflexión de grietas de las carpetas inferiores, riego de liga insuficiente, poco espesor de la capa de rodadura, falla de taludes, fallas en las obras de contención, problemas de drenaje, falta de curado de la mezcla en la vía, circulación de cargas más pesadas de las planificadas, entre otros. (Zuluaga, 2019, pág. 10)

Dicho lo anterior, para la reparación de una falla se deben tomar en cuenta muchos aspectos importantes al hacer una inspección visual en el campo de estudio, conocer la severidad de la falla para poder darle un tratamiento adecuado, que conlleva a conocer la dimensión, la profundidad, el área afectada de la falla, teniendo en cuenta que nivel de deterioro tiene el pavimento a tratar.

Zuluaga (2019) menciona que: "A partir de estas dificultades han nacido diferentes manuales tanto de inspección como de mantenimiento, dispositivos y metodologías para llevar a cabo con un mayor orden y eficiencia todas las actividades que contempla el mantenimiento de los pavimentos flexibles" (p.11).

Entre los manuales más usados en Colombia se encuentran el manual de inspección visual de pavimentos flexibles, manual para el mantenimiento de pavimentos flexibles y the distress identification manual de origen estadounidense.

Por lo tanto, todos estos manuales son aplicados a metodologías manuales que se usan como una herramienta práctica para ser empleada por ingenieros, con el fin de realizar un informe de los daños durante la inspección visual, que permita identificar el tipo, la magnitud y la severidad de los mismo, así como su localización y los sectores de vía más afectados. Posterior a la recopilación de toda la información se debe realizar un análisis y procesamiento de los datos, que permite observar los porcentajes de afectación por tipo de falla, la severidad y encontrar los

segmentos de vía que se encuentra más afectados. Para que, por último, a criterio de uno o varios ingenieros se determine cuáles son las intervenciones que requiere cada uno de los segmentos de vía.

b) Metodología aplicada

Las metodologías seleccionadas fueron la condición superficial del pavimento PCI y el índice de deterioro superficial VIZIR.

Zair Zuluaga se basó en manuales de referencia para la inspección de pavimentos. (v. Ilustración 5)

Manual	Registro de inspección	Muestras	Índices	Entidad que elaboró el manual
Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program (LTPP)	Formularios	No	No	US Department of transportation - Federal Highway Administration
Instructivo de inspección visual de caminos pavimentados	Formularios	Sí	No	Gobierno de Chile - Departamento de Gestión Vial
Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras	No	No	No	Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centro América - Secretaría de Integración Económica Centroamericana
Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria	Formularios	No	No	Ministerio de transporte Colombiano - Pontificia Universidad Javeriana
Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles	Formularios	No	No. Descripción del análisis de los datos	Ministerio de Transporte - Instituto Nacional de Vías - Universidad Nacional de Colombia
Pavement distress survey manual	No	No	No	Oregon Department of Transportation - US A
Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys	Formularios	No	PCI	American Society for Testing and Materials (ASTM)
SDDOT's enhanced pavement management system visual distress survey manual	Formularios digitales y en papel	Sí	Pavement deficient index	South Dakota Department of Transportation - US A

**Ilustración 5- Principales manuales de inspección de daños de pavimentos**

Fuente: (Zuluaga, 2019)

En la Ilustración 5 se muestran los manuales más importantes utilizados en Colombia para la inspección de pavimentos utilizados de referencia en esta investigación realizada por Zair Zuluaga.

c) Conclusiones más relevantes del proyecto

1) Entre una de las conclusiones más relevantes la metodología de evaluación de la condición superficial de pavimentos VIZIR, no tiene en cuenta todas las fallas superficiales al momento de evaluar el pavimento de una vía, por lo que su evaluación solo reflejara la condición de la superficie del pavimento con respecto a las fallas estructurales, por esto se decidió basar la metodología en la evaluación de pavimentos PCI, ya que la metodología propuesta en este trabajo evalúa todas las fallas superficiales de los pavimentos al igual que la PCI. (Zuluaga, 2019, pág. 84)

2) Luego de validar la metodología de intervención con los expertos se concluyó que la metodología era pertinente y un adecuado comienzo para implementar una herramienta de apoyo en la gestión de mantenimiento de pavimentos, aun así, los expertos recalcaron que la metodología presenta algunas falencias, como la no inclusión fallas y tratamientos en el sistema de drenaje de la vía, tampoco incluye daños o problemas en la estructura de la vía ni se tiene en cuenta análisis de TPD. (Zuluaga, 2019, pág. 84)

En la Ilustración 6 se muestra la propuesta del formato realizado en Excel de dicha investigación presenta la interfaz de la toma de datos al momento de realizar la inspección de pavimentos y conocer el rango de severidad de la falla y como se le dará una solución óptima a esta. (v. Ilustración 6).

The image shows a software window titled "Datos Nuevos" with a logo for "UNIVERSIDAD EIA" at the top. Below the logo, there are three input fields: "Falla", "Severidad", and "Cantidad total (m o m2)". At the bottom of the window, there are two buttons: "Agregar" and "Calcular y Salir".

**Ilustración 6- Formato de Excel de fallas**

Fuente: (Zuluaga, 2019)

Como se observa en la Ilustración 6 el formato utilizado muestra la recolección de datos de una manera simple donde se despliega la información que posee en su base de datos para poder interpretar la cantidad de área afectada con el fin de poder plantear la solución.

En conclusión de este proyecto Zuluaga, se basa en la metodología PCI para obtener el índice de condición de un tramo vial, para esto realizo un formato en Excel el cual despliega toda la información necesaria, a medida que se van introduciendo los datos como ser: el nombre de la falla, la cantidad de área afectada y así obtener la reparación correcta y realizar de manera técnica y normas autorizadas dentro del marco legal.

### 3.1.1.2. *Guatemala*

#### a) Información del Proyecto

Fallas en Pavimentos Flexibles: Causas, Efectos Y Soluciones

Este proyecto hace hincapié en cada una de las partes importantes para la reparación de pavimentos asfálticos, como conocimientos generales de las carreteras, análisis de fallas, el equipo necesario para estas reparaciones y la seguridad que conlleva a realizar un trabajo eficiente.

En la actualidad las calles y carreteras de Guatemala están conformadas en su mayoría con pavimentos asfálticos también llamados “flexibles”. Como todo, el pavimento también necesita de mantenimiento para su correcto funcionamiento. Existen dos tipos de mantenimiento: rutinario y periódico, a este texto le compete el mantenimiento periódico, que es el que se da cuando en el pavimento se presenta algún deterioro.

#### b) Estrategias de Solución

Gómez (2014) menciona que: “Hay muchos factores considerados en el proceso de seleccionar un tratamiento para un pavimento que presenta daños” (p. 69).

Por lo dicho anteriormente los factores que se toman en cuenta son la edad del pavimento, la condición en la que se encuentra el pavimento, y el volumen de tráfico.

Para evaluar la condición de un pavimento Gómez (2014) afirma que:

Se debe realizar un análisis del diseño original del pavimento, los espesores de las capas construidas, los resultados de los procesos y ensayos del control de calidad desarrollado durante la construcción, la planimetría, los niveles finales de pavimento y umbrales, finalmente los detalles de sistema pluvial. (p.70).

Según Gómez (2014), menciona que al momento de realizar la inspección visual de un pavimento y proceder a su reparación, existen una o más técnicas que resultan ser las más adecuadas para solucionar el problema, en términos de eficiencia y relación costo-beneficiario. (p. 73)

#### c) Seguridad Ocupacional en Rehabilitación de Carreteras

Gómez explica que “la gestión de seguridad comprende de funciones de planificación, identificación de áreas peligrosas, coordinación del personal y llevar control de actividades de seguridad”. (p. 123)

Todo lo mencionado anteriormente se hace con el fin de prevenir accidentes y padecimientos, la acción más importante en el tema de seguridad debe ser identificar y prevenir las condiciones que son peligrosas y pueden crear accidentes.

Según Gómez (2014) una efectiva gestión de seguridad persigue tres objetivos principales:

- Lograr un ambiente seguro.
- Hacer que el trabajo sea seguro.
- Hacer que los obreros tengan conciencia de la seguridad para consigo mismo y para los demás.

Juan Gómez concluyó su proyecto de investigación de la siguiente manera:

1) Las posibles causas que generan deterioros en el pavimento deben ser estudiadas, debido a que forman parte importante en la toma de decisiones para su reparación, porque si reparamos únicamente la carpeta de rodadura y nuestra falla proviene de capas inferiores es muy probable que esta vuelva a causar problemas en un futuro muy próximo.

2) Los métodos de corrección de fallas, conocidos actualmente, tales como crackfilling, cracksealing, microsurfacing, slurry seal, entre otros, pueden aplicarse a uno o varios tipos de falla. La diferencia en el método, de una falla a otra, es que unas fallas suelen ser superficiales y otras provienen de capas inferiores en forma de reflejo de esta por lo que necesitan reparaciones adicionales.

Las recomendaciones realizadas por Juan Gómez en su proyecto son:

1) El tramo de carretera a ser reparado debe inspeccionarse y definir cada tipo de falla presente. Se debe catalogar el tipo de falla y analizar la causa y origen de dicha falla. De esta manera se podrá seleccionar el método de reparación más adecuado para asegurar una reparación duradera.

2) Algo verdaderamente importante en las labores de mantenimiento, es dar una adecuada introducción del trabajo a los obreros, además de charlas sobre seguridad e higiene ocupacional. Tanto los operadores como los obreros, personal de señalización y el superintendente o encargado deben estar seguros del trabajo que realizan para una correcta ejecución sin riesgos.

Se concluye que, Gómez presentó una propuesta para el mantenimiento y reparación de fallas en pavimentos, y sobre todo la seguridad que debe tener el personal al momento de estar en el campo, anexo en su investigación planos para describir el proceso a realizar y la maquinaria a utilizar en cada tipo de falla y según la severidad que esta tiene.

### 3.1.1.3. Perú

Este proyecto de investigación fue desarrollado en Perú, en la ciudad de Puno 2019.

#### a) Información del proyecto

##### Evaluación Pavimentos Flexibles y Rígidos en Zonas de Riesgo

La presente investigación se realizó la evaluación de dos tipos de pavimentos, el cual consta de pavimento flexible y rígido, fundamentado de metodologías PCI y VIZIR, similar a lo que se va a realizar en esta tesis, Curo afirma que:

La metodología PCI constituye el modo más completo para la evaluación y clasificación objetiva de pavimentos rígidos y flexibles, el cual se desarrolla para obtener el índice de integridad del pavimento y la condición operacional de la superficie, que permita determinar las necesidades de mantenimiento y reparación en función a la condición real del pavimento". (Curo, 2019, pág. 30)

Para la metodología PCI se tiene un rango de clasificación él cual se presenta en una escala de 0-100, como se puede observar en la Tabla 1 a continuación.

**Tabla 1- Rangos de clasificación del PCI**

<b>Rango</b>	<b>Clasificación</b>
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-75	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado

Fuente: (Curo, 2019)

Como se observó en la Tabla 1 se obtienen los rangos del PCI y en base a esto se puede determinar la severidad de la falla.



Elvis Curo afirma que:

“La metodología VIZIR clasifica los deterioros en los pavimentos flexibles considerando tres factores: tipo, gravedad y extensión. Los deterioros se agrupan de acuerdo con los mecanismos que los originan. Como primer paso, se pueden clasificar de acuerdo con su causa primaria posible, sea ésta la acción del tránsito, acción climática, materiales o el proceso de construcción. El método VIZIR clasifica el deterioro del pavimento en dos grandes grupos:

Tipo A: Caracterizan una condición estructural del pavimento, se trata de degradaciones debida a insuficiencia en la capacidad estructural.

Tipo B: Son de carácter funcional, su reparación no está relacionada con la capacidad estructural del pavimento. (Curo, 2019, pág. 99).

A continuación en la Tabla 2 se presenta la calificación del estado de la superficie del pavimento según la metodología VIZIR, utilizada en esta investigación hecha por Elvis Curo.

**Tabla 2- Calificación del pavimento mediante VIZIR**

<b>Intervalos de IS</b>	<b>Estado de Superficie</b>
1-2	Bueno
3-4	Regular
5-6-7	Malo

Fuente: (Curo, 2019)

En la Tabla 2 se muestra la escala de severidad del pavimento mediante la metodología VIZIR, distinta a la escala del PCI que sus valores son de cero a diez, esta metodología es de uno a siete, dependiendo de los espesores y calidad del pavimento.

Elvis Curo explica que:

Valores de IS de 1-2: representan pavimentos con buen aspecto general.

Valores de IS de 3-4: representan pavimentos con fisuramiento de origen estructural y pocas o ninguna deformación, así como pavimentos sin fisuramientos, pero con deformación de alguna importancia.

Valores de IS del 5,6 y 7: son indicativos de pavimentos con abundantes fisuramientos y deformaciones de origen estructural, cuyo deficiente estado superficial requiere la ejecución de trabajos importantes de rehabilitación. (Curo, 2019, pág. 106)

Dicho lo anterior en esta tesis se pretende evaluar condiciones de pavimentos mediante las metodologías que son aplicadas internacionalmente y acoplarlas a los pavimentos en Honduras, ya que cada diseño de pavimento es diferente en cada país debido a los espesores utilizados en las carpetas de rodadura.

#### b) Problemática

La ciudad de Puno afronta también problemas en sus suelos causadas por el clima, las aguas pluviales, el tránsito excesivo y las bajas temperaturas. Por ende, es necesario conocer a mayor profundidad el estado de los pavimentos ya sean flexibles o rígidos. Entonces podemos afirmar que en las diferentes calles de la ciudad de Puno se pueden diferenciar diferentes fallas superficiales, las cuales requieren una evaluación de la vía para así poder establecer sistemas apropiados de rehabilitación y mantenimiento. Y así fomentar nuevos métodos para el tratamiento de dichas fallas y/o deterioros encontrados.

#### c) Evaluación del pavimento

La evaluación de un pavimento es muy importante ya que permite conocer el estado en el que se encuentra una estructura. Elvis Curo menciona que:

Es importante realizar una evaluación periódica en el pavimento, puesto que esta nos permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie; y poder así aplicar las medidas correctivas oportunas y que la vía cumpla con el nivel de servicio con el que fue diseñado. Esta medida nos permitirá organizar costos al lograr que la vía cumpla con toda la vida útil. (Curo, 2019, pág. 78)

Dicho lo anterior en la actualidad existen diversos métodos para la evaluación superficial de los pavimentos, estos métodos no requieren de equipos experimentados para su aplicación, se fundamenta en una inspección visual y otra evaluación detallada.

Según Curo, el mantenimiento vial se fundamenta en tres puntos, el primero donde se empiezan a realizar los trabajos de mantenimiento, el segundo el punto óptimo de rehabilitación y el punto de falla que están relacionado al índice de condición de pavimento. (Curo, 2019)

A continuación en la Ilustración 7 se presenta la correlación del tipo de mantenimiento y rehabilitación con el PCI, utilizado en la investigación de Elvis Curo.

TIPO DE MANTENIMIENTO	PCI	ESCALA
Rutinario (Mantenimiento menor)	85-100	EXCELENTE
	70-85	MUY BUENO
Rutinario (Mantenimiento menor)	55-70	BUENO
Periódico (Mantenimiento mayor efectivo)	40-55	REGULAR
Rehabilitación	25-40	MALO
Rehabilitación y Reconstrucción	10-25	MUY MALO
	00-10	FALLADO

### **Ilustración 7- Correlación del tipo de mantenimiento y rehabilitación con PCI**

Fuente: (Curo, 2019)

Como se mostró en la Ilustración 7 esta tabla hace referencia al tipo de mantenimiento que se propuso en la investigación de Perú, tomando en cuenta la escala con la que está basada la inspección visual de un pavimento para conocer los parámetros de su deterioro.

Elvis Curo, realizó las siguientes indicaciones de su proyecto:

- 1) Realizar el mantenimiento de las vías evaluadas utilizando propuestas planteadas en la brevedad posible debido al estado en que estas se encuentran.
- 2) Se recomienda realizar el mantenimiento vial de las calles de la ciudad de Puno, tomando en cuenta que las fallas que más influyen en el pavimento flexible son los huecos, la piel de cocodrilo y los parcheos; y las fallas que más influyen en el pavimento rígido son las losas divididas y las grietas lineales.

3) Se recomienda utilizar la metodología PCI para evaluación de pavimentos flexibles y rígidos en la ciudad de Puno, debido que actualmente para realizar el mantenimiento vial usualmente se recurre a una inspección visual simple y el criterio de la persona responsable.

Como conclusión del Proyecto, Elvis Curo realizó una inspección visual de pavimentos aplicando las metodologías PCI y VIZIR, obteniendo mejores resultados con la PCI ya que es más adecuada a los pavimentos que se encuentran en la ciudad de Puno, Perú; también realizó esquemas de reparación de estos pavimentos y tablas evaluativas de la severidad de cada falla.

### 3.1.2. ANÁLISIS DEL MICRO-ENTORNO

En Honduras no se cuenta con una normativa o manual que funcione como documento base para la clasificación de fallas, en el manual de SOPTRAVI tomo cuatro (v. Ilustración 8) se presentan una metodología que analiza para los pavimentos, el cual hace nombramiento de indicadores que son utilizados para conocer la calidad que posee al momento de estudio la carretera, tales como el IRI y el índice de servicio que presentan los tramos en análisis.

Se han llevado a cabo en el país trabajos que involucran diferentes metodologías aplicadas por cada una de las empresas encargadas de realizarlos, de igual manera trabajos universitarios orientados en evaluaciones de pavimentos en tramos altamente dañados o que representan alta problemática como se menciona a continuación.



**Ilustración 8- Manual de carreteras SOPTRAVI**

Fuente: (SOPTRAVI, 2021)

En la Ilustración 8 se muestra la portada del manual que por muchos años, fue de utilidad para dar mantenimiento a las carreteras.

En el año 2013 en un proyecto de investigación realizado por estudiantes de la facultad de Ingeniería de UNITEC desarrollaron un estudio cuya temática era "Diagnóstico de fallas en la estructura vial para bulevares y tramos del Anillo Periférico de Tegucigalpa y Comayagüela" el cual fue realizado en el tramo de ida desde la colonia 21 de octubre hasta el desvío hacia el aeropuerto Toncontin. La carretera estaba constituida por una carpeta de rodadura de concreto asfáltico y es un tramo de alta velocidad. El desarrollo consistió en identificación, reconocimiento y toma de decisión del estado que presentaba la calzada.

La empresa Geotecnia y Pavimentos S.A. es una de las empresas referentes del país la ha empleado metodología de clasificación del estado de daño de pavimentos en los trabajos que están bajo su supervisión.

En unos de los trabajos llevados a cabo por la empresa ASP Consultores consistió en evaluaciones estructurales de tramos de carretera como lo fue el tramo Carrizal-Catacamas y Juticalpa-Catacamas, donde se implementaron estudios para determinar la capacidad del tramo con instrumentos como la Viga Benkelman. Este trabajo realizado es una muestra de los estudios que han sido aplicados en las Red Vial Nacional donde se han empleado una metodología no muy conocida en el país la cual es posible por la capacidad que la empresa.

Dentro de las entidades gubernamentales no se cuenta con el alto desarrollo de equipos en comparación con empresas privadas, en cambio se están desarrollando programas de bacheos que si bien es cierto no solventan en su totalidad la problemática de las fallas en pavimentos son medidas que se pueden desarrollar con facilidad en diferentes puntos del país. Tal es el caso del actual Programa de Bacheos y Sellos.

En febrero 2021 la Invest-H tras un proceso de licitación realizado comenzó el Programa de Bacheos y Sellos en alrededor 1,539.36 kilómetros de carreteras en 14 departamentos del país.

El Programa comprende obras de bacheo y sellos en 790.97 kilómetros que corresponden a 47 tramos carreteros de 14 departamentos del país en los que se realizarán trabajos de revestimiento con emulsión asfálticas y agregado fino que impermeabiliza la superficie asfáltica existente y llena

los vacíos y grietas, mejorando las condiciones de la carretera para seguridad de los usuarios. (Invest-H, 2021)

Invest-H menciona que: Adicionalmente, se realizará el bacheo de 748.39 kilómetros que corresponden a 36 tramos de las carreteras CA-4 en la zona occidente; la CA-10 entre Ocatepeque y Agua Caliente; la CA-13 en Atlántida y Colón; la CA-7 en el departamento de La Paz; la CA-6 en El Paraíso; y, otros importantes tramos en la zona sur del país. (Invest-H, 2021)

Como se muestra a continuación en Francisco Morazán, previo al inicio de las actividades de bacheo las empresas supervisoras realizan levantamiento de inventario de los daños y baches. (v. Ilustración 9)



**Ilustración 9- Reparación de pavimento INVEST-H**

Fuente: (INVEST-H, 2021)

Como se puede apreciar en la Ilustración 9 es una muestra del procedimiento que se deben realizar al momento del levantamiento de datos en cada falla presente del tramo.

### 3.1.3. ANÁLISIS INTERNO

Con el paso de las tormentas Eta e Iota del año pasado 2020 la red vial hondureña quedó afectada en gran medida ante la gran cantidad de agua aportada por estos fenómenos naturales, sumándole la pandemia de COVID-19 que apareció el mismo año y que aún se sigue tratando con la misma, el Gobierno de la República ha destinado y reorganizado los fondos estatales para resolver la problemática. Es por esto que las Municipalidades han creado y llevado a cabo planes de mantenimiento de carreteras acelerados para solventar la problemática ante la constante proclamación de la ciudadanía exigiendo un buen estado de las vías por donde transitan.

Tal es el caso que se desarrolla en la Ciudad de El Progreso, Yoro como se muestra a continuación la ejecución de trabajos de bacheos llevados a cabo por la Municipalidad. (v. Ilustración 10)



**Ilustración 10- Bacheo realizado en la ciudad de El Progreso**

Fuente: (INVEST-H, 2021)

En la Ilustración 10 se muestran los preparativos necesarios para llevar a cabo las actividades correspondientes a las fallas presentes en el Bulevar Elena Kuhlman.

Estos trabajos son realizados y coordinados por el Departamento de Mantenimiento de Vías, de la Gerencia de Infraestructura con el fin de ser un alivio y agilizar el tránsito por estas zonas y que según declaración del Ingeniero Carlos Alvarado: "estos trabajos no son llevados a cabo de la

mejor manera en cambio vienen a ser un preámbulo ante una verdadera intervención que se llevara a cabo en próximos trabajos a el tramo”

De la misma manera estos trabajos están siendo realizados por la Municipalidad de San Pedro Sula en el año 2021. Siendo los lugares con mayor frecuencia de intervenciones de este tipo el Segundo Anillo de circunvalación y colonias aledañas a la misma debido al alto flujo de vehículos que transita en la zona. (v. Ilustración 11)



**Ilustración 11- Reparación de tramo vial en San Pedro Sula**

Fuente: (INVEST-H, 2021)

Como se observa en la Ilustración 11 los trabajos de bacheo realizado por la municipalidad son ejecutados de manera poco convencional, debido a que no se cuenta con la respectiva calidad de material.



## 3.2. TEORÍA DE SUSTENTO

### 3.2.1. PCI – PAVEMENT CONDITION INDEX

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado.

En la Ilustración 12 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

<b>Rango</b>	<b>Clasificación</b>
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

**Ilustración 12- Índice de PCI**

Fuente: (Varela, 2002)

Estos valores representados en la Ilustración 12 son la base para determinar el estado que presenta un tramo carretero.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura como se muestra a continuación en la

**LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS**

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

**Ilustración 13- Longitudes de unidades de muestreo asfálticas**

Fuente: (Varela, 2002)

En base a lo mostrado en la Ilustración 13 es como se conoce la longitud que debe ser estudiada para que los resultados obtenidos sean confiables según la muestra representativa.

*3.2.1.1. Procedimiento de Evaluación de la Condición del Pavimento*

En la “Evaluación De Una Red” vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%

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

**Ecuación 1- Determinación de las unidades de muestreo para evaluación**

Fuente: (Varela, 2002)

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

he: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)

$\sigma$ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

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

### **Ecuación 2- Selección de las unidades de muestreo para inspección**

Fuente: (Varela, 2002)

Donde: N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$$

### **Ecuación 3- Número máximo admisible de valores deducidos**

Fuente: (Varela, 2002)

Donde:

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

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

En la Ilustración 14 se presenta un formato para el desarrollo del proceso iterativo de obtención del Máximo Valor Deducido Corregido, CDV.

No.	Valores Deducidos									Total	q	CDV
1												
2												
3												
4												

**Ilustración 14- Formato para las iteraciones del cálculo del CDV**

Fuente: (Varela, 2002)

Como se observa en la Ilustración 14 este es el formato utilizado en la normativa del PCI para realizar las iteraciones del CDV, que son previamente tomadas en campo.

### 3.2.1.2. *Curvas para pavimento de asfalto y de concreto hidráulico*

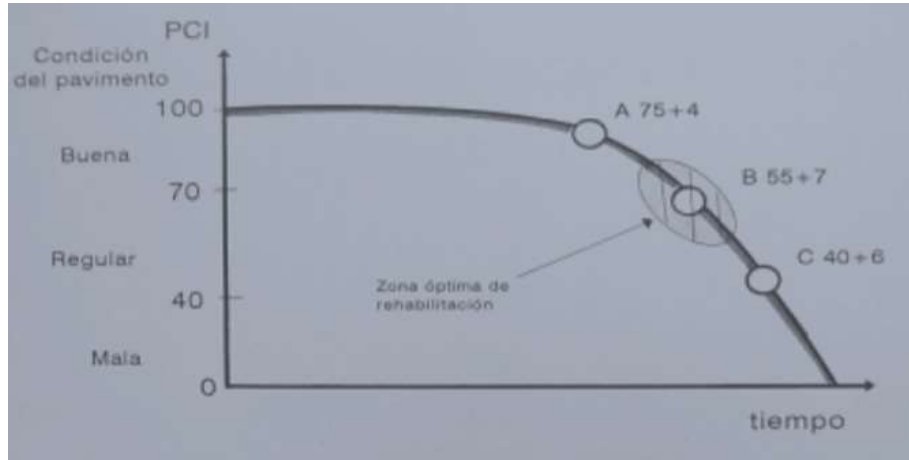
Una vez recopilada la información se procede a determinar por cada falla los valores deducidos, los individuales, los valores deducidos corregidos, el número de valor deducido que son mayores a 2, y con el valor deducido total y el máximo CDV se obtiene el Índice de Condición del tramo a estudiar, como muestra de los gráficos que son empleados para la determinación del valor deducido de cada una de las fallas se recomienda ver los anexos (v. Anexo 1 - Anexo 7).

### 3.2.1.3. *Mantenimiento en el proceso de deterioro por PCI*

Los pavimentos forman parte de la infraestructura vial, debido a su importancia funcional, deberían ofrecer un transporte cómodo, seguro y económico a los usuarios que transitan por ellos; Sin embargo, este tipo de estructuras son planteadas desde su concepción para tener un periodo de vida finito, es decir que durante este periodo de vida se iniciará un proceso de deterioro gradual que terminará con la manifestación de un conjunto de fallas en el pavimento, este tipo de comportamiento afectará la calidad del rodaje, incrementará los costos a los usuarios y los costos de mantenimiento a las entidades responsables.

Según Jugo (2005) "Los pavimentos son probablemente la única estructura de ingeniería que se diseña para que falle dentro de un periodo específico de tiempo" (p. 2). Es por ello, la necesidad de realizar trabajos de mantenimiento y rehabilitación desde la primera etapa del pavimento y tratar de reducir el impacto que generan los mecanismos de deterioro.

A continuación se muestra una gráfica el cual muestra la curva de deterioro vs tiempo en pavimentos mediante en base al método PCI realizada por el Ingeniero Augusto Jugo. (v. Ilustración 15)



**Ilustración 15- Curva deterioro vs tiempo en pavimentos**

Fuente: (Jugo, 2005)

En la Ilustración 15 las ordenadas que presenta la curva de deterioro se identifican como valores de la condición del pavimento, establecido en función a los valores cuantitativos y cualitativos que define el método PCI; Adicionalmente, se distinguen tres puntos importantes dentro de la curva que explica Jugo (2005):

Punto A: El pavimento comienza a mostrar síntomas menores de deterioro que requieren el inicio de labores de mantenimiento rutinario menor (sellado de grietas, reparación de huecos y bacheo menor). Las acciones menores correctivas son importantes para controlar el deterioro. Punto B: La rata de deterioro comienza a crecer rápidamente, puede requerirse algún tipo de acción mayor. Este punto está dentro de la zona denominada "óptima de rehabilitación", en la que inversiones relativamente pequeñas producen grandes beneficios. La estructura del pavimento y su calidad de rodaje no se han deteriorado severamente, el pavimento aún conserva buena parte de su resistencia original, y una adecuada acción de rehabilitación mejorará considerablemente su condición y estructura.

Punto C: La condición del pavimento ha caído en un estado crítico, tanto desde el punto de vista funcional como estructural. En este punto, normalmente, se requieren costosos trabajos de mantenimiento mayor, rehabilitación o reconstrucción. (Jugo, 2005, pág. 3)

#### 3.2.1.4. Tipos de mantenimiento

Los trabajos de mantenimiento se pueden agrupar en dos categorías según el objetivo que buscan; Por un lado se define el mantenimiento preventivo que incluye a todas las actividades que buscan proteger al pavimento y con ello reducir la progresiva degradación de las fallas; Por otro lado se define al mantenimiento correctivo que se refiere a las actividades para corregir las fallas específicas o áreas con fallas existentes en el pavimento. Jugo (2005) afirma que:

Los trabajos de mantenimientos son del tipo menor y mayor, la diferencia entre ellos es debido al alcance que tengan; Además, ambos tipos de mantenimiento pueden sub dividirse en las dos categorías definidas como preventivas y correctivas; El mantenimiento menor incluye trabajos que se aplican en áreas específicas del pavimento para reparar fallas localizadas, con ello, se consigue mejorar la condición operacional del pavimento y controlar el progresivo deterioro; El mantenimiento del tipo mayor considera actividades que se aplican a toda el área de un tramo, pudiendo tener que realizarse trabajos del tipo menor previamente. (Jugo, 2005, pág. 10)

A continuación se muestra una correlación de los tipos de mantenimientos en función al valor cuantitativo y cualitativo que establece el método PCI. (v. Ilustración 16)

ZONA DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN	PCI	ESCALA
Menor	100	Excelente
	85	Plus bueno
Menor (rutinario) Mayor (efectivo)	70	Buena
	55	Regular
Mayor (correctivo)	40	Pobre
Mayor (correctivo) Reconstrucción	25	Plus pobre
	10	Mala

**Ilustración 16- Zonas de mantenimientos según valor PCI**

Fuente: (Jugo, 2005)

Como se observa en la Ilustración 16 para establecer la diferencia entre los tipos de mantenimiento, Jugo (2005) indica: "Con la finalidad de hacer una diferenciación entre acciones de mantenimiento menor y mayor se definen como acciones de mantenimiento menor aquellas que se aplican en áreas inferiores a 300 m<sup>2</sup>" (p.17)

Se establecen como actividades de mantenimiento menor a los siguientes trabajos:

- Sellado de grietas
- Sellado Superficial
- Bacheo Superficial
- Bacheo Profundo

Se establecen como actividades de mantenimiento mayor a los siguientes trabajos:

- Tratamientos superficiales
- Capas asfálticas
- Remoción por fresado
- Reciclado

### 3.2.2. MANUAL DE REPRESENTACIÓN PARA PROYECTOS

Este manual fue realizado en la ciudad de San Pedro Sula, Honduras

#### a) Información general del Proyecto

A. Nataren, R. Barahona y R. Chávez afirman que:

La carrera de Ingeniería Civil de la "Universidad Tecnológica Centroamericana" (UNITEC) actualmente no cuenta con un formato de representación estandarizado para la entrega de planos técnicos en proyectos, por lo que requiere un manual que contenga lineamientos y pautas para la realización de planos que puedan ser utilizados por alumnos durante el proceso académico y proyecto de graduación y por los catedráticos de manera integral en sus clases. (Nataren, Barahona, & Chávez, 2020, pág. 2)

La carrera de Ingeniería civil carece de una guía que fortalezca los conceptos de representación y entrega de los planos técnicos como: planos topográficos, hidrosanitarios, alcantarillado pluvial, relleno sanitario, línea de distribución y conducción de aguas, vías de comunicación, estructurales

y detalles técnicos generales por cada área, por consiguiente las autoridades de la carrera de Ingeniería Civil UNITEC determinaron que se requiere elaborar los primeros documentos que logren reunir la información pertinente y así, satisfacer la demanda de los estudiantes de tener una pauta para poder entregar planos técnicos de calidad en las ramas correspondientes a la carrera.

#### b) Metodología

La investigación presente se define con un enfoque mixto ya que la propuesta planteada debe seguir lineamientos de investigación cualitativa que aborda el tema de forma amplia, recopilando información de experiencias y criterios en un transcurso de tiempo y así mismo seguir una estructura de investigación la cual se aborda de forma cuantitativa donde se involucran casos investigados para generar resultados en el estudio realizado.

A. Nataren, R. Barahona & R. Chávez concluyen que:

Actualmente la ciudad de San Pedro Sula no cuenta con un manual o una entidad que regule o muestre los criterios o lineamientos a seguir para la presentación de planos técnicos, sin embargo, el manual del SANAA (obras tipo) y el tomo siete del manual Soptravi poseen ejemplos imprescindibles para la realización de planos técnicos en las áreas de trabajo.

A continuación se observa la caratula del manual creada por los alumnos egresados de la carrera Ingeniería Civil de Unitec. (v. Ilustración 17)





### **Ilustración 17- Manual de representación para proyectos de graduación**

Fuente: (Nataren, Barahona, & Chávez, 2020)

En la Ilustración 17 el manual de representación fue creado con el fin de solucionar problemas que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil tenían al momento de la creación de planos.

#### **3.2.3. MANUAL CENTROAMERICANO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS**

En el año 2000, luego que Centroamérica avanzará en el proceso de asimilar los daños ocasionados por la tormenta tropical Mitch del año 1998 y se diera cuenta que los desastres naturales no diferencian las fronteras políticas, los países de la región acordaron que, para hacer frente a estas amenazas, debían tomar acciones y adoptar normas técnicas aplicables a las carreteras, con el propósito de reducir la vulnerabilidad de sus redes viales. Por lo tanto, la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) comenzó a trabajar en la elaboración de una serie de documentos técnicos, cuyo objetivo era armonizar las normativas existentes en la región, relacionadas con temas viales. Este esfuerzo dio como resultado la publicación, entre otros, del Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras.

Este manual SIECA es tomado por las recomendaciones y consideraciones que se mencionan en todo el compendio de fallas que fueron detalladas en el manual. Fungirá como una base de datos donde se podrá extraer referencias y comparaciones con respecto a las soluciones que este propone junto a las que son aplicadas por los ingenieros de caminos en Honduras.

A continuación se muestra el Manual Centroamericano de Mantenimiento de carreteras (v. Ilustración 18)



### **Ilustración 18- Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras**

Fuente: (CEPREDENAC, 2010)

Como se observa en la Ilustración 18 el objetivo principal del manual SIECA es mejorar la situación de transitabilidad y reducir la vulnerabilidad del transporte terrestre en la región comprendida por Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá contempla la actualización del presente manual, a través de la formación de grupos técnicos conformados por representantes de los Ministerios de Transporte y de las instancias de protección civil, estas normas del manual se han aplicados en carreteras del país, pero si no se siguen los lineamientos de mantenimiento, la vida del pavimento no beneficiara la durabilidad de estas.

### **3.3. MARCO CONCEPTUAL**

A continuación, se presenta un listado de terminologías, con su respectivo significado las cuales serán utilizadas a lo largo de la investigación, así lograr entender de mejor manera el concepto de cada una de estas.

## 1. Carretera

“Camino público, ancho y espacioso, pavimentado y dispuesto para el tránsito de vehículos”

(Real Academia Española, 2020, pág. 1)

## 2. Pavimento

“capa dura, lisa y resistente de asfalto u otro material que cubre el suelo” (Real Academia Española, 2020, pág. 1)

## 3. Carril

“Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito” (Carreteras de Honduras, 2019, pág. 1)

## 4. Pavimento rígido

“Está compuesto de losas de concreto hidráulico, su construcción inicial es costosa en relación con el pavimento flexible. No exige mayor mantenimiento, el cual se realiza generalmente en las juntas de las losas. Estas son cortes longitudinales y transversales cuya función es provocar fisuras por contracción del concreto” (Minerales, 2016, pág. 3)

## 5. Pavimento Flexible

“Está compuesto por una capa o carpeta asfáltica es decir el pavimento flexible utiliza una mezcla de agregado grueso o fino (piedra machacada, grava y arena) con material bituminoso obtenido del asfalto o petróleo, y de los productos de la hulla. Esta mezcla es compacta, pero lo bastante plástica para absorber grandes golpes y soportar un elevado volumen de tránsito pesado” (VISE, 2016, pág. 1)

## 6. Capa de rodadura

“Es la capa superior del pavimento, la conforman mezclas bituminosas. Aguanta de forma directa al tráfico. Requiere de ciertas cualidades para su máxima funcionalidad tales como: Regularidad superficial lo que implica inexistencia de desnivelaciones u ondulaciones longitudinales y transversales. Textura superficial que permite garantizar la resistencia al deslizamiento.

Impermeabilidad, necesaria para evitar la entrada del agua a las capas inferiores y daños significativos" (Minerales, 2016, pág. 1)

#### 7. Deflexión

"Deformación que sufre un elemento por el efecto de las flexiones internas" (Gómez, 2014, pág. 15)

#### 8. Adherencia

"Capacidad para que se produzca una unión" (Real Academia Española, 2020, pág. 1)

#### 9. Manual

"Libro en que se compendia lo más sustancial de una materia" (Real Academia Española, 2020, pág. 1)

#### 10. Normativa

"Conjunto de normas aplicables a una determinada materia o actividad" (Real Academia Española, 2020, pág. 1)

#### 11. Reconstrucción

"Renovación completa de la estructura del camino, se requiere efectuar previamente la demolición parcial o completa de la estructura existente. Las causas determinantes probables son una deficiente construcción o la ausencia de mantenimiento adecuado" (Allen&Hamilton, 1999, pág. 14)

#### 12. Rehabilitación

"Consiste en la reparación selectiva y de refuerzo estructural, previa demolición parcial de la estructura existente." (Allen&Hamilton, 1999, pág. 14)

### 13. Asfalto

“Sustancia de color negro que procede de la destilación del petróleo crudo, se encuentra en grandes depósitos naturales, como el lago Asphaltites o el mar Muerto, y se utiliza para pavimentar carreteras y como revestimiento impermeable de muros y techos” (Real Academia Española, 2020, pág. 1)

### 14. Concreto

“El concreto es una mezcla de materiales como la arena, grava y gravilla (también llamados agregados), y cemento, que sirve como aglutinante” (Budenheim, 2021, pág. 2)

### 15. Grietas

“Se denomina grieta a la rotura que alcanza todo el espesor del elemento constructivo, dejándole con fallas para su posible función estructural. (Construmática, 2021, pág. 1)

### 16. Daños

“Desperfectos ocurridos en la superficie de una carretera debido a efectos de clima y tránsito” (CEPREDENAC, 2010, pág. 31)

### 17. Bache

“Hoyo o desnivel en el pavimento de las calles” (Farlex, Inc, 2021, pág. 1)

### 18. Exudación

“La exudación es un deterioro en la superficie de una mezcla asfáltica colocada como capa de raso, donde se nota un alisamiento producto del ascenso de asfalto de la mezcla, combinado con finos del agregado que la compone” (UCR, 2016, pág. 1)

### 19. Nivel de Servicio

“Son las características iniciales físicas y de calidad, que debe presentar una carretera para dar al usuario, un servicio expedito y seguro. Mediante contratos por Niveles de Servicio el contratante establece la calidad que debe presentar la carretera y la exigencia al contratista de conservar este nivel de servicio durante el período contractual” (CEPREDENAC, 2010, pág. 33)

## 20. Planos

“Representación esquemática, en dos dimensiones y a determinada escala, de un terreno, una población, una máquina, una construcción” (Real Academia Española, 2020, pág. 1)

## 21. Obras

“Es el trabajo que debe ejecutarse de acuerdo con las especificaciones y demás documentos que forman parte del contrato, para llevar a cabo un programa de mantenimiento rutinario y periódico”. (CEPREDENAC, 2010, pág. 33)

## 22. Equipo

“Todas las herramientas, maquinarias y equipo, junto con los abastecimientos necesarios para la conservación vial”. (CEPREDENAC, 2010, pág. 31)

## 23. PCI

“Es un índice que varía desde cero para un pavimento fallado o un mal estado, hasta 100 para un pavimento en perfecto estado.” (Varela, 2002, pág. 2)

## 24. Carpeta asfáltica

“Es la capa que se coloca en la parte superior del paquete estructural, sobre la base y es la que proporciona la superficie de rodamiento a la vía.” (Zevallos, 2018, pág. 23)

### **3.4. MARCO LEGAL**

Según las últimas regulaciones del Estado de Honduras, entorno a la Institución encargada de velar por la administración de las carreteras del País se han creado y modificado los tales entes, dejando en su última designación por parte del Congreso Nacional a INVEST-H como encargado inmediato de estas labores bajo el marco legal PCM-034-2018 publicado en el diario oficial La Gaceta, cuyos artículos más relevantes se exponen a continuación:

#### Artículo 1:

Asignar a Inversión Estratégica de Honduras (INVEST-H), también Cuenta del Desafío del Milenio (MCA-Honduras), el mantenimiento y la conservación del patrimonio vial constituido por la red oficial de carreteras de la Republica de Honduras, a fin de que se brinde el mantenimiento periódico y rutinario que corresponda, en base a la priorización que se establezca previamente en atención a la necesidad real de la red, planes de inversión y el presupuesto anual asignado.

Con los artículos antes mencionados la INVEST-H toma la total responsabilidad de gestionar proyectos de construcción, mantenimiento y promover nuevas tecnologías para la conservación de las carreteras. Por eso el manual propuesto brindará una guía para la correcta evaluación de las fallas que se presentan en los pavimentos rígidos y flexibles ahorrando tiempos de mantenimiento en tramos extensos lo cual es de beneficio para la población en general.

## **IV.METODOLOGÍA**

La metodología de la Investigación se estudia la problemática a partir del planteamiento del problema, servirá como instrumento para la recopilación de información para la elaboración del Manual de Inspección y Reparación de Pavimentos en Honduras, así mismo especificando el procedimiento y técnicas para el tratamiento de variables.

### **4.1. ENFOQUE**

La presente investigación emplea un método cuantitativo fundamentado en la metodología de Sampieri.

Según la metodología de Investigación, "un enfoque cuantitativo Utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población." (Sampier, 2014, pág. 4)

Para el enfoque cuantitativo se aplican encuestas y entrevista a expertos en el área de reparación e inspección de pavimentos, ya que se intentan recopilar y registrar datos en información relacionada sobre las diversas variables de interés para el desarrollo de la investigación, así mismo extraer los aspectos más relevantes para la creación de un Manual de Inspección y Reparación de Pavimentos.



## 4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

En la Tabla 3 se muestran las variables de operacionalización de la investigación, el cual incluyen el problema planteado en el proyecto, objetivos generales y específicos, las preguntas de investigación y finalmente sus variables dependientes e independientes.

**Tabla 3- Tabla de variables de operacionalización**

<b>Título: Modelo de Clasificación para Determinar la Severidad de Fallas en Pavimentos Rígidos y Flexibles en Honduras</b>					
<b>Problema</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Preguntas de Investigación</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Variables Independientes</b>	<b>Variables Dependientes</b>
¿Qué modelo de evaluación deberá crearse con la intención de evaluar tipologías y severidad de fallas en pavimentos de concretos asfálticos e hidráulicos en Honduras que tome en cuenta las características del entorno y brindar así una solución en base a metodologías empleadas en la región?	Establecer un modelo para el análisis de la severidad de fallas en pavimentos rígidos y flexibles en Honduras; a través del manual SIECA y las normativas empleadas del PCI con la visión de su posterior aplicación a nivel nacional en todos los proyectos en la evaluación y mantenimiento de carreteras.	1) ¿Qué características técnicas y del entorno influyen en la generación de fallas en los pavimentos rígidos y flexibles en Honduras?	1) Identificar las características técnicas que influyen en la generación de fallas en los pavimentos rígidos y flexibles en Honduras.	Factores que generan la falla	Modelo de Clasificación para Determinar la Severidad de Fallas en Pavimentos Rígidos y Flexibles en Honduras

Continuación Tabla 3...

<p>2) ¿Con qué características deberán cumplir los métodos a incluir para la propuesta de clasificación?</p>	<p>2) Examinar los manuales que se utilizaran de referencia y adaptarlo a las necesidades presentes en el país.</p>	<p>Análisis de Manuales y Normativas</p>
<p>3) ¿Qué propiedades de las fallas serán imprescindibles para su medición, posterior clasificación con la finalidad de brindar una solución según el nivel de severidad que se presente?</p>	<p>3) Detallar la información que se debe recolectar para establecer un nivel de severidad de falla y brindar las directrices necesarias para su correcta reparación.</p>	<p>Clasificación y Soluciones</p>

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

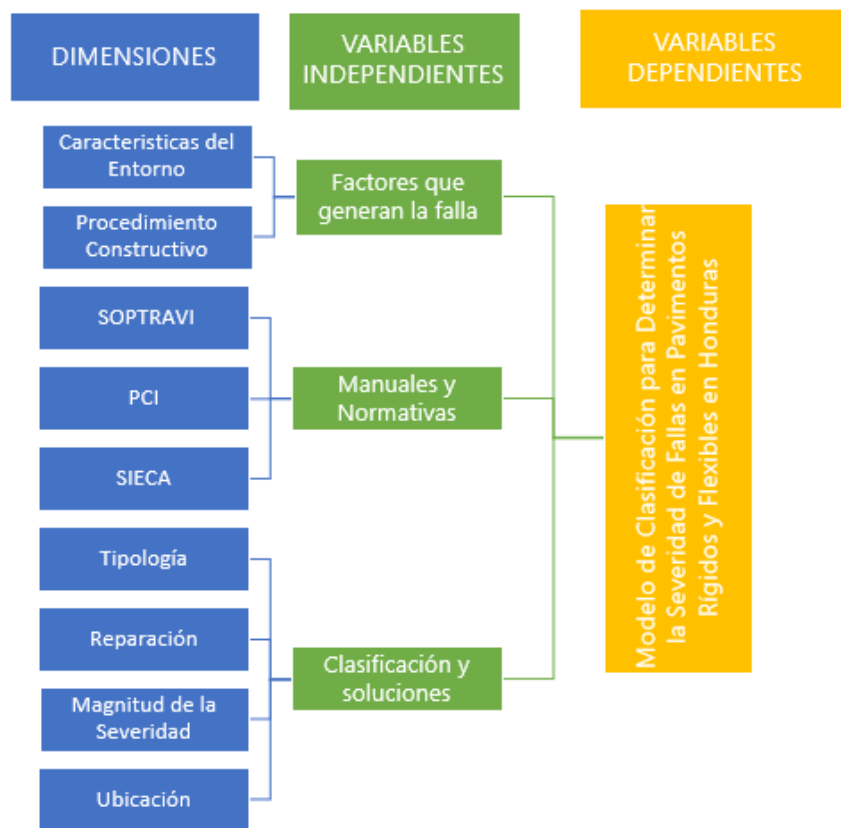
Como se observó en la Tabla 3 el contenido corresponde a identificar las variables dependientes e independientes, los aspectos son aplicados para la creación del manual de inspección y reparación de pavimentos de Honduras

#### 4.2.1 DIAGRAMA DE VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

En el siguiente paso de la investigación hace referencia a la definición conceptual y operacional de las variables seleccionadas anteriormente.

La operacionalización de las variables Según Cea D'Ancona "Es el que habitualmente se emplea para denotar los estadios implicados en el proceso de asignación de mediciones a conceptos." (p. 123)

En la Ilustración 19 se representa la relación existente entre la variable dependiente y las variables independientes:



**Ilustración 19- Dimensiones de las variables de estudio**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

#### 4.2.2 TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 4- Tabla de operacionalización de variables**

Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Ítems
	Conceptual	Operacional			
Factores que generan la falla	Las condiciones que se presentan en un pavimento, cuando este pierde las características de servicio para las que fue diseñado.	Se debe especificar la influencia que tiene una de las fallas previo a su inspección	Características del entorno	Transito	¿Qué influencia tiene el tipo de tráfico en la falla?
				Clima	¿De qué manera los factores climáticos incrementan la aparición de fallas?
			Procedimiento Constructivo	Materiales	¿Qué materiales son óptimos para la reparación de un pavimento?
				Equipo	¿Qué equipo es el adecuado para la reparación de un pavimento?

Continuación Tabla 4...

			Diseño	¿Cuál es el diseño óptimo para un pavimento?	
Manuales y normativas	Se denomina manual a toda guía de instrucciones que sirve para el uso de un dispositivo.	Se deben definir los tipos de normativas vigentes nacional e internacionalmente para después definir cuál será la apropiada en el país.	SOPTRAVI PCI SIECA	Artículos Publicaciones	¿Qué parámetros deberá cumplir la propuesta en base a las normativas y manuales?
Clasificación y Soluciones	Clasificar es distribuir por clases, ordenar y coordinar es introducir el orden donde falta	Para poder obtener un trabajo eficiente, con la finalidad de identificar el grado de severidad y resolverla de una manera optima	Tipología	Tipo de falla	¿Cuáles son los tipos de fallas más comunes?
			Magnitud	Área	¿Qué importancia representa la magnitud del área afectada?
			Ubicación	Posición de la falla	¿Qué influencia tiene la posición de la falla en un pavimento?
			Reparación	Directrices	¿Cuáles son los pasos por seguir para la reparación de la falla?

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

### 4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Según la metodología de la investigación, (Sampier, 2014) define un instrumento de medición como: "Recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente." (p.199).

Las técnicas e Instrumentos son fundamental para el desarrollo de la investigación sobre Metodologías para la Severidad de Fallas en Pavimentos Rígidos y Flexibles.

#### 4.3.1. INSTRUMENTOS

Para el avance de los proyectos es imprescindible utilizar el paquete de Autodesk que contiene

1) Paquete de Autodesk

softwares muy importantes como: Auto Cad, Civil 3D, Revit, entre otros.



**Ilustración 20- Paquete de Autodesk**

Fuente: (Autodesk, 2020)

- Auto Cad 2020: Es un software utilizado para la creación de modelos 2D Y 3D, este programa es utilizado para el diseño de planos, resaltando su calidad de línea, grosores.



**Ilustración 21- AutoCAD**

Fuente: (Autodesk, 2020)

- Civil 3D: Es un software dirigido al diseño y generación de documentación para una gran variedad de proyectos de ingeniería civil que soporta los flujos de trabajo BIM (Building Information Modeling): carreteras y vías de alta capacidad (autovías/autopistas) con todo tipo de complejidad, ferrocarriles, aeropuertos, etc. (Imasgal, 2020)



**Ilustración 22- Civil 3D**

Fuente: (Imasgal, 2020)

## 2) Paquete de Microsoft Office

Microsoft office es una herramienta que permite desarrollar trabajos de manera textual con Microsoft Word, desarrollo de cálculos con la plataforma Excel, presentaciones con Power Point y administrando actividades con el programa Microsoft Project.



**Ilustración 23- Paquete de Microsoft Office**

Fuente: (Microsoft Office, 2020)

- Microsoft Word: Es un programa el cual permite la creación de archivos de manera textual, permitiendo el uso de ilustraciones, ecuaciones, tablas y gráficos de la información a presentar.
- Microsoft Power Point: Es un programa mediante el cual se generan presentaciones con textos por medio de diapositivas.
- Microsoft Excel: Es una hoja de cálculo que permite el desarrollo y compresión de datos.
- Microsoft Project: Es un programa utilizado con el fin de administrar proyectos de forma cronológica.

### 3) Zoom meeting

A través de este programa se pudo tener reuniones con nuestro asesor temático para aclarar dudas en cuanto a la investigación. Este programa "permite interactuar virtualmente con sus compañeros de trabajo cuando las reuniones en persona no son posibles" (Pocket-lint, 2020)



**Ilustración 24- Aplicación de zoom meeting**

Fuente: (Zoom, 2020)

### 4) Cuestionarios

Es un instrumento de medición utilizado para la recolección de datos, este constara de un conjunto de preguntas abiertas y cerradas para poder obtener información de primera mano por parte de la población y de esta manera obtener información por parte del usuario.

A continuación se muestra el cuestionario aplicado a los ingenieros encuestados.



## Encuesta

¿Ha participado en algún momento en un levantamiento de fallas en pavimentos?

Si

¿Qué fallas ha encontrado en pavimentos rígidos?

Juntas

Grietas longitudinales

Grietas transversales

Fisuras

Descascaramiento

Perdida de material superficial

Levantamiento de losas

Alabeos

Otros:

¿Qué fallas ha encontrado en pavimentos flexibles?

Piel de Cocodrilo

Falla en Bloques

Grietas longitudinales

Grietas transversales

Otros:

¿Como le parece que es mejor clasificar los niveles de severidad?

Porcentaje

Cantidad absoluta

Otros:

De los levantamientos que ha hecho, ¿Cuáles son los factores de fallas más comunes?

Superficiales

Fallas por mal diseño

Fallas por mal construcción

Fallas por Materiales:

Otros:

¿En qué medida considera que el proceso constructivo influye en la aparición de fallas?

1 mínima

2 bajo

3 medio

4 alto

5 total Importancia

¿En su opinión qué tipo de prácticas influyen más en aparición de fallas?

¿En qué medida considera que el diseño influye en la aparición de fallas?

1 mínima

2 bajo

3 medio

4 alto

5 total Importancia

¿Considera que un correcto estudio de suelos puede reducir la aparición de fallas?

Si

No

¿Qué influencia tiene el tráfico no incluido en el diseño en las fallas?

¿Al momento de la inspección visual lo ha hecho con referencia a normas o manuales?

SI

¿Qué norma o manual empleo?

¿Qué origen tiene la Normativa?

¿Cuándo fue la última vez que realizo un análisis de clasificación de fallas?

Menos de 1 año

1 a 2 años

2 a 5 años

5 a 10 años

Mayor a 10 años

¿Qué consecuencias cree que tiene la mala interpretación de severidad de fallas en pavimentos?

¿Cree que el mantenimiento actual en las carreteras del país se hace de manera correcta?

1 en lo absoluto

2 bajo

3 mínimo

4 medio

5 totalmente

¿Estaría usted interesado en la propuesta de un manual de inspección de fallas en pavimentos rígidos y flexibles en Honduras?

¿Dado que en Honduras no existen documentos base y nos vemos obligados a utilizar normativas extranjeras que criterios o características considera que deben cumplir estas para que sean utilizadas?

¿Qué factores del entorno consideran que son necesarios conocer previo a concluir un nivel de severidad en una falla de pavimentos flexible o rígido?

¿Qué elementos considera debería incluirse en el manual de clasificación de fallas en pavimentos rígidos y flexibles para que usted lo empleara?

NO

¿Cuándo fue la última vez que realizo un análisis de clasificación de fallas?

¿En qué metodología se basó su proceso de inspección?

¿Cuándo analiza la severidad en fallas de concreto rígido y flexible en su proyecto lo hace:

Identifica la falla, pero no su severidad

Identifica la falla empíricamente

Identifica la falla y especifica su severidad mediante una metodología ¿Cuál?

Analiza el tramo como de manera general

Otros

¿Estaría usted interesado en la propuesta de un manual de inspección de fallas y su severidad para pavimentos rígidos y flexibles en Honduras?

No

¿Como le parece que es mejor clasificar los niveles de severidad?

Porcentaje

Cantidad absoluta

¿Qué criterios hace que una reparación se considere urgente?

Tráfico vehicular

Importancia o severidad de la falla

Reclamo Popular

¿Estaría usted interesado en la propuesta de un manual de inspección de fallas para Honduras?

¿Qué elementos debería incluirse en el manual a presentar?

¿Conoce de proyectos o colegas que han realizado este tipo de trabajos?

#### 4.3.2. TÉCNICAS

##### Encuestas

Para la aplicación de la encuesta, se tomará una muestra piloto para poder verificar la confiabilidad de estas, luego una vez obtenido este paso, se hará el despliegue de encuestas estas a Ingenieros Civiles de manera virtual.

##### Observaciones

Se tiene como propósito explorar el entorno donde se desarrolla el proyecto, para ellos se hace uso referencia de manuales presentados en años anteriores.

##### Entrevistas

Conversación con una o más personas y cuestionarlas de manera adecuada para poder tener información relevante, de manera directa y de fuentes fidedignas.

A continuación se muestra el formato de las preguntas realizadas al momento de entablar una conversación con los Ingenieros Expertos en el Área que laboran en Municipalidades o en Empresas privadas. (v. Ilustración 25).

Entrevista a experto en el área	
Entidad:	
Entrevistado:	
Departamento:	
¿La municipalidad en los trabajos de rehabilitación evalúa las fallas de los pavimentos ?	
¿La municipalidad emplea normativas o manuales al momento de las evaluaciones?	
¿Como desarrollan los trabajos de rehabilitación?	
¿Cual es el proceso de rehabilitación ejecutado comunmente?	
¿Que factores influyen en la toma de decisión de la reparación de la falla?	
¿El procedimiento llevado a cabo varia según el tipo de carpeta de rodadura?	

**Ilustración 25- Entrevista a Expertos en el área de reparación de pavimentos**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

En la Ilustración 25 se observa las entrevistas realizadas a los ingenieros expertos en el área de reparación e inspección de pavimentos que ayudo a la recopilación de datos para la creación del manual propuesto.

#### Análisis Documental

Se refiere al análisis de datos obtenidos para elaborar propuestas, sobre referentes internacionales y nacionales.

### **4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### 4.4.1. POBLACIÓN

Se refiere al universo, conjunto o totalidad de elementos sobre los que se investiga o hacen estudios. (Vita, 2021)

Debido a que no se cuenta con una base de datos de Ingenieros relacionados al rubro de la reparación de las carreteras y con la disponibilidad de conocer las empresas de manera objetiva relacionadas a este campo. Por lo que se tomó la decisión de emplear el método no probabilístico para el desarrollo de la investigación.

#### 4.4.2. MUESTRA

(Sampier, 2014) menciona que muestra "Es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población". (p. 173). Se requiere delimitar la población para generar resultados con menor margen de error y de esta manera establecer parámetros para datos específicos.

El muestreo no probabilístico explica que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador". (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014, p.176)

#### 4.4.3. CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LA MUESTRA

Para el cálculo de la muestra se determinó realizarla a Ingenieros Civiles expertos en el área de reparación e inspección de pavimentos. Para determinar el tamaño de la muestra a evaluar se determina la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2 pq}{E^2}$$

#### **Ecuación 4- Tamaño de la muestra no probabilística**

Fuente: Universidad Politécnica de Barcelona "Enfoques no probabilísticos" (2014).

Donde se define:

n= Tamaño de la muestra

z= Valor critico correspondiente al nivel de confianza (90%)

<b>Nivel de Confiability (%)</b>	<b>K</b>
89.6	1.5
90.0	1.64
95.0	1.96
96.0	2.0
98.1	2.5

#### **Ilustración 26- Nivel de confiabilidad y factor K**

Fuente: Universidad Politécnica de Barcelona (2014).

p=Probabilidad a favor (0.5)

q= Probabilidad en contra (0.5)

E= Error tolerable (10% - 0.10)



$$n = \frac{z^2 pq}{E^2} = \frac{(1.65)^2 (0.5)(0.5)}{0.1^2}$$

*n = 69 Ingenieros a Encuestar*

De las definiciones antes mencionadas procedemos a determinar los valores a emplear para cada variable de la ecuación como se muestra a continuación en la Tabla 5 que se muestra a continuación:

**Tabla 5- Cálculo del tamaño de la muestra**

<b>Variab</b> les	<b>Valor</b>
<b>Nivel de confianza (z)</b>	1.65
<b>Probabilidad a favor (p)</b>	0.5
<b>Probabilidad en contra (q)</b>	0.5
<b>Error tolerable (E)</b>	0.1
<b>Tamaño de la muestra (n)</b>	<b>69</b>

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

El valor mínimo de muestra del proyecto de investigación en curso como se muestra en la Tabla 5 dadas las condiciones que se cuentan actualmente y que nuestra muestra está orientada exclusivamente a ingenieros o personas naturales expertas en el área de carreteras en el país es un valor el cual se buscara obtener el mayor número de muestreo posible con la finalidad de contar con resultados verídicos y de buen enfoque.

## 4.5. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La metodología de estudio que se plantea es de enfoque cuantitativo que plantea el estudio de datos numéricos, recolección de datos y estadísticas.

### 4.5.1. TIPO DE DISEÑO

(Sampier, 2014) menciona que la Metodología de la Investigación el termino diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema.

En la investigación se ha empleado un enfoque cuantitativo, el cual nos permite manejar datos que se pueden ser medidos numéricamente. A continuación en la se muestra un diagrama resumiendo el tipo de diseño utilizado en el proyecto. (v. Ilustración 27)

Enfoque	• Cuantitativo
Tipo de Estudio	• No Experimental
Tipo de Diseño	• Transversal
Alcance	• Descriptivo
Método	• Exploracion Secuencial
Tipo de Muestra	• No Probabilístico
Técnicas	• Entrevistas y Encuestas

**Ilustración 27- Metodología de diseño**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

Como se observa en la Ilustración 27 el tipo de estudio es no experimental puesto que no se pretende probar una hipótesis, el tipo de diseño es transversal ya que recolectan datos y es realizada en un periodo de tiempo relativamente corto, en un tiempo único. El alcance de la investigación es descriptivo ya que según Sampieri "se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis" (2014, p.92).

El método es exploratorio secuencial ya que según Sampieri (2014) "El diseño implica una fase inicial de recolección y análisis de datos cualitativos seguida de otra donde se recaban y analizan datos cuantitativos." (p. 552)

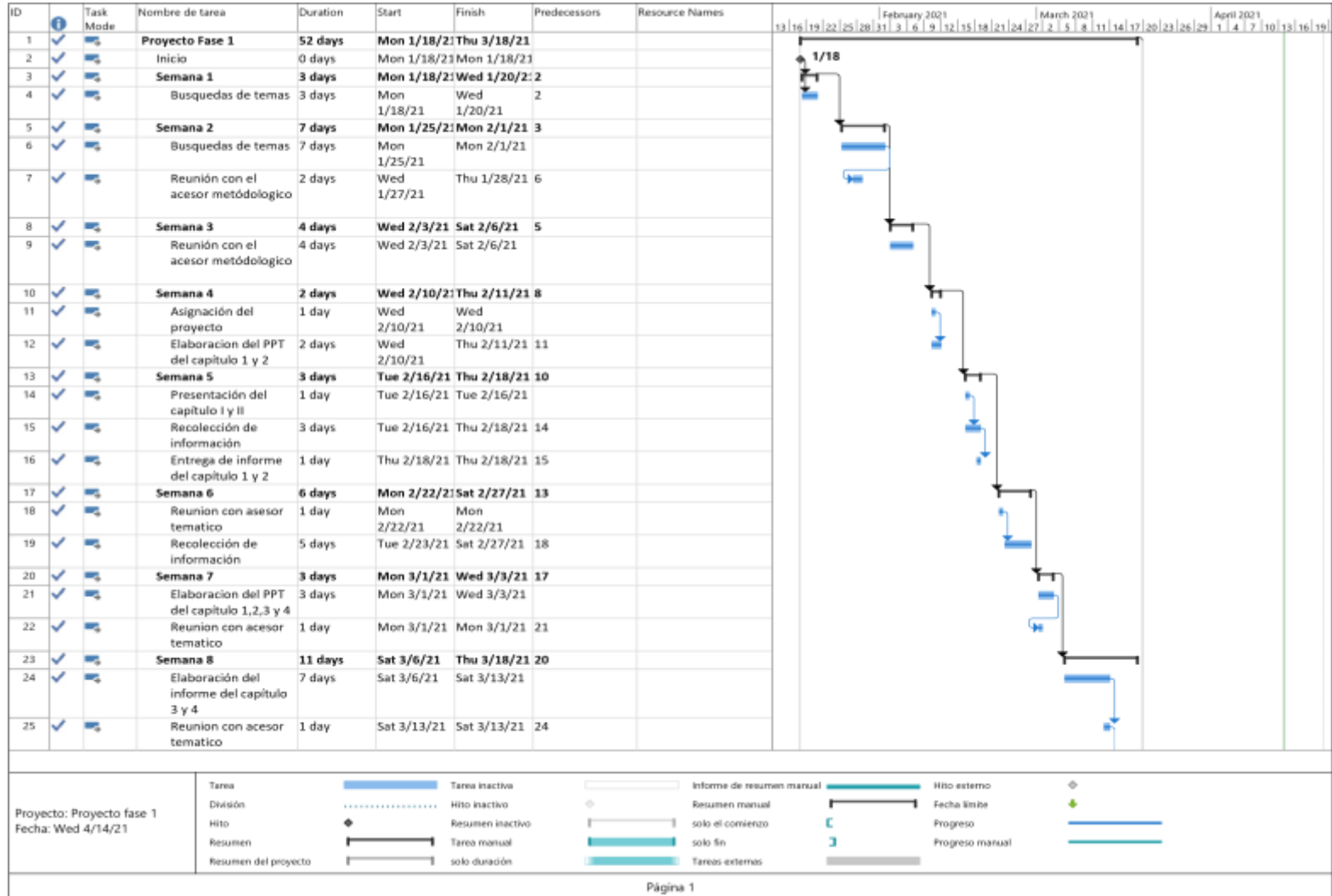
El tipo de muestra es no probabilístico ya que no se tiene conocimiento preciso del grupo perteneciente a nuestra muestra. Las técnicas por emplear son las entrevistas y las encuestas con el fin de recopilar información de expertos en el área a tratar.

#### **4.6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

En las siguientes ilustraciones se presentan la cronología de trabajo realizado durante el periodo que comprendió el proyecto. (v. Ilustración 28 e Ilustración 29).

Las actividades realizadas en la semana uno correspondió a la búsqueda de la temática del proyecto en cual se propusieron diversos campos de investigación resultando la más conveniente el título de este proyecto, esta búsqueda se prolongó hasta mediados de la semana tres.

Una vez asignado el tema en la misma semana se procedió a la búsqueda del ingeniero asesor con el cual se tuvo la primera reunión en dicha semana. Continuamos el calendario realizando búsqueda de información y redactándola para completar los capítulos del uno al cuatro teniendo reuniones parciales con el asesor temático y metodológico con los cuales se charlaba y dejaban puntos pactados para trabajarlos y así mejorar la investigación. En semana seis procedió a el capítulo de resultados dentro del cual se realizaron encuestas preliminares con los contactos que fueron proporcionados por ingenieros allegados y como resultado de las mismas encuestas se tuvo la oportunidad de expandir más este tipo de muestra con el efecto bola de nieve prolongado así la ejecución de este apartado hasta en semana diez. En semana 11 se comenzó la elaboración del manual realizando investigaciones y realizando decisiones respecto a el contenido del entregable el cual fue fundamentado de los resultados obtenidos de las encuestas, se realizaron los capítulos del uno al tres por lo que el manual se culminó a mediados de semana 12, prosiguiendo al envío de la tesis y el entregable preliminar del manual primero al ingeniero temático seguido del ingeniero metodológico.



**Ilustración 28- Cronograma de actividades parte 1**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)



## V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se describen los resultados obtenidos según las técnicas de recopilación utilizadas para enriquecer la base de datos del proyecto.

### 5.1. ENTREVISTA A PROFESIONALES

Uno de los principales requisitos para llevar a cabo las entrevistas es que los profesionales elegidos cuenten con una amplia experiencia en el rubro de la construcción, orientados a la inspección de pavimentos, los expertos seleccionados se encuentran en la Tabla 6.

**Tabla 6- Profesionales Entrevistados**

<b>Experto</b>	<b>Trabajo</b>	<b>Área de Experiencia</b>
Ing. Allan Molina	Ingeniero Civil con maestría en el área de pavimentos, reparación y docente de la universidad UNAH.	Inspección de pavimentos reparación de pavimentos
Ing. Roberto Brito	Ingeniero Civil con maestría en aplicaciones del cemento y del hormigón en el diseño de infraestructuras varias.	Especialista en pavimento, control de calidad en concreto hidráulico y suelos.

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

Como se observó en la Tabla 6, con la entrevista realizada a los expertos en la inspección de pavimentos se logra obtener información en base a su experiencia en la reparación de estos.

#### 5.1.1. ENTREVISTA REALIZADA A EXPERTO

A continuación se muestra la entrevista realizada a un Ingeniero experto en el área de reparación y mantenimiento de carretera (v. Ilustración 30).

Entrevista a experto en el área	
Entidad:	Municipalidad de Puerto Cortes
Entrevistado:	Ing. José Luis Espinoza
Departamento:	Infraestructura
¿La municipalidad en los trabajos de rehabilitación evalúa las fallas de los pavimentos ?	El departamento encargado de llevar a cabo estos trabajos como tal, no clasifica la severidad de cada falla presente en el tramo por cuestiones de presupuesto del ente. Por lo que los trabajos deben ser realizados con el menor costo sin dejar la mano la calidad del trabajo a realizar.
¿La municipalidad emplea normativas o manuales al momento de las evaluaciones?	El departamento se basa en el manual de la SIECA y el manual de SOPTRAVI para la toma de decision del procedimiento de reparacion de las fallas, los cuales son empleados como documentos que fundamentan el proceso de reparacion.
¿Como desarrollan los trabajos de rehabilitación?	Los trabajos son desarrollados por Ingenieros asignados por la Municipalidad, como actividades preliminares realizan evaluaciones visuales de campo en donde se inspeccionan las fallas.
¿Cual es el proceso de rehabilitación ejecutado comunmente?	Una vez determinada el tipo de falla, realizan un corte en el área afectada con el fin de extraer el material dañado e inspeccionar el suelo debajo de la carpeta de rodadura. Se analiza la capacidad del suelo y si en caso este presenta daño se procede a la sanación de la capacidad del suelo hasta alcanzar un resultado aceptable, procedente a este proceso con las direcctrices de reparación basadas en los manuales empleados por la municipalidad (v. pregunta 2) se continua con su rehabilitación.
¿Que factores influyen en la toma de decisión de la reparación de la falla?	El suelo es uno de los factores de mayor influencia en las reparación desarrollados por la Municipalidad, esto se debe a que el municipio por su cercania a el mar presenta condiciones que no son muy comunes en las consideraciones que generalmente se desean en los pavimentos. Otro factor es el tráfico en las cercanias de la falla, esto orientado mayormente en las consideraciones preventivas que se deben tomar para la reparación ya que si es necesario el cierra de calles se debe de realizar un plan para desviar el tráfico que comunmente circula por dicha zona.
¿El procedimiento llevado a cabo varia según el tipo de carpeta de rodadura?	El procedimiento a seguir es igual tanto para pavimentos de concreto rígido y asfáltico, lo unico que varia son los materiales y equipos empleados para la reparación.

### Ilustración 30- Entrevista aplicada a Ingeniero experto

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

Como se observa en la Ilustración 30 la entrevista realizada se pudo recopilar datos de suma importancia para la creación del manual, como ser los principales factores que afectan en la reparación de una falla que uno de los más influyentes son el suelo.

## 5.2. ENCUESTA APLICADA A INGENIEROS CIVILES

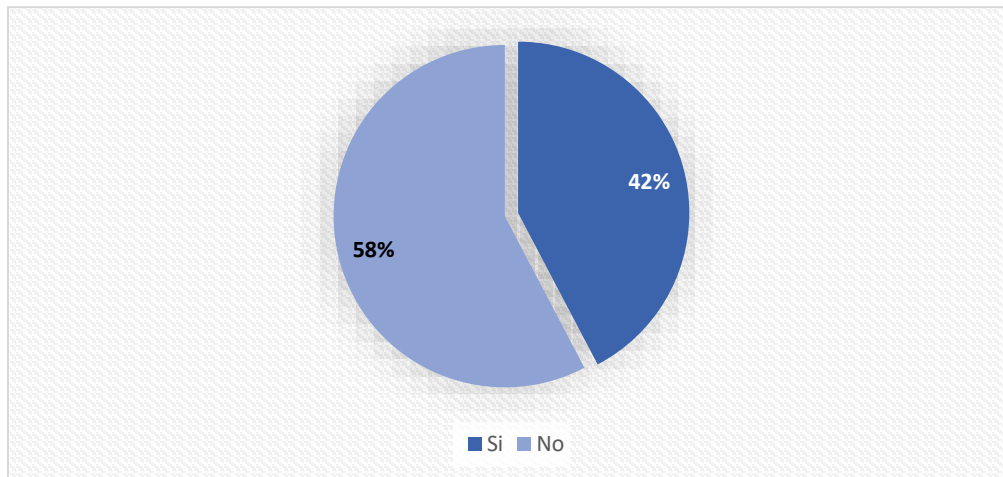
Se aplico la encuesta a un total de 29 Ingenieros Civiles, se buscó recopilar información de expertos en el área de reparación e inspección de pavimentos.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en la encuesta, así mismo se presentan las gráficas que permiten determinar las tendencias de los ingenieros encuestados.

### Resultados pregunta 1

La primera pregunta fue la siguiente: "¿Ha participado en alguna inspección de pavimento?".

Esta pregunta se realizó con el fin de obtener resultados únicamente de ingenieros que hayan realizado una reparación o inspección de pavimentos tanto en rígidos como flexibles (v. Ilustración 31)



**Ilustración 31- Resultados pregunta 1**

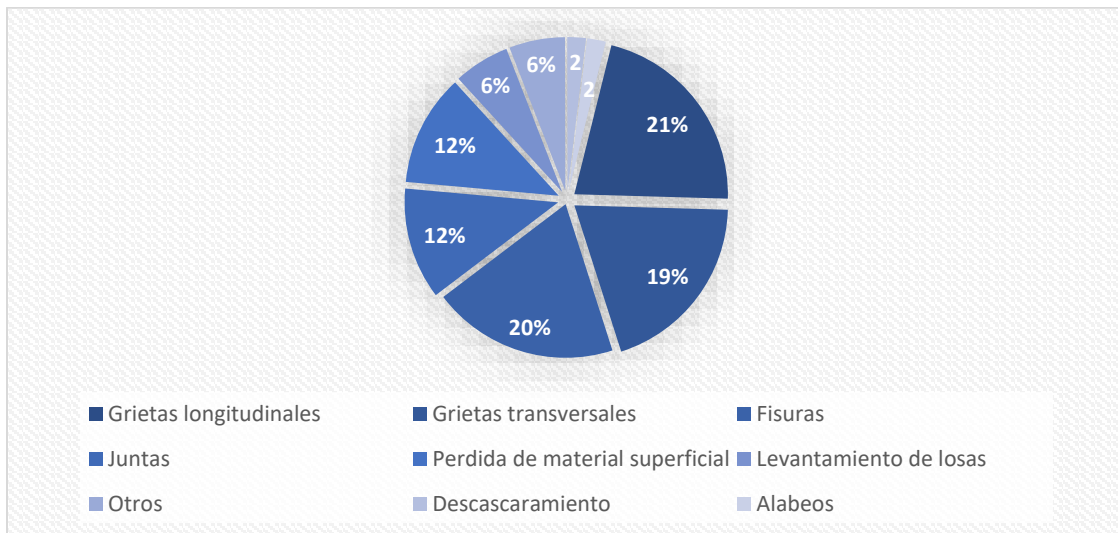
Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)



El resultado de la primera pregunta declara que el 42% de ingenieros civiles encuestados si han realizado una inspección de pavimentos, y el 58% aun no realiza ninguna inspección, sin embargo de la muestra que respondió negativamente se extrajo información acerca de contactos que fueron referentes en la evaluación de pavimentos.

### Resultados pregunta 2

Luego de conocer los ingenieros expertos en el área, la segunda pregunta se planteó de la siguiente forma: “¿Qué fallas más comunes ha encontrado en pavimentos rígidos?”. Esta pregunta se realizó con el motivo de conocer las fallas que más se presentan en este tipo de pavimento (v. Ilustración 32)



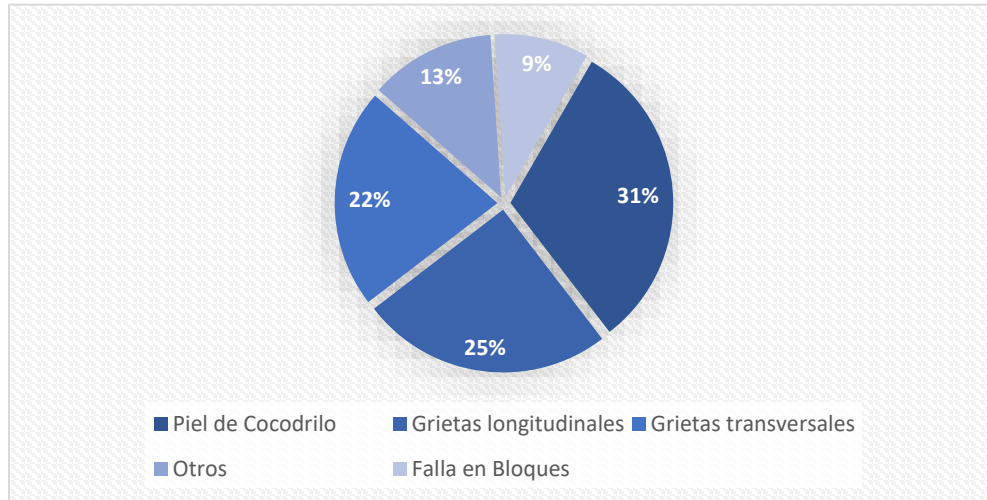
**Ilustración 32- Resultados pregunta 2**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

Con los resultados de la segunda pregunta, nos percatamos que de las seis fallas con mayor recurrencia a seleccionar en la encuesta son grietas longitudinales con 21%, grietas transversales con 19% seguido de fisuras con 20%, juntas con un 12%, perdida de material con un 12%.

### Resultados pregunta 3

Al completar la segunda pregunta se logra determinar las fallas en pavimentos rígidos, con la misma intención de conocer las fallas en los pavimentos flexibles la tercera pregunta fue la siguiente: "¿Qué fallas ha encontrado en pavimentos flexibles?" (v. Ilustración 33)



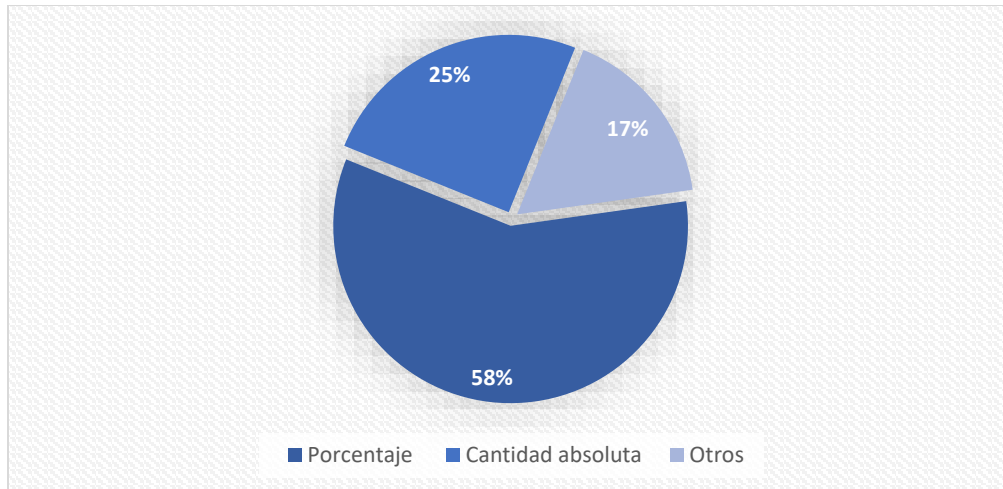
**Ilustración 33- Resultados pregunta 3**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

La tercera pregunta hace seguimiento a las fallas más comunes en pavimentos flexibles, en la cual, obtenemos como resultado que el 31% selecciono piel de cocodrilo, seguidamente con un 25% grietas longitudinales, con un 22% grietas transversales, fallas en bloque con un 9% y dentro del apartado de otros se enunciaron fallas como desprendimiento de agregados, ahuellamientos y fisuras.

### Resultados pregunta 4

Al determinar las fallas más comunes en los pavimentos rígidos y flexibles se prosiguió a presentar la siguiente pregunta: "¿Como le parece que es mejor clasificar los niveles de severidad?" (v. Ilustración 34)



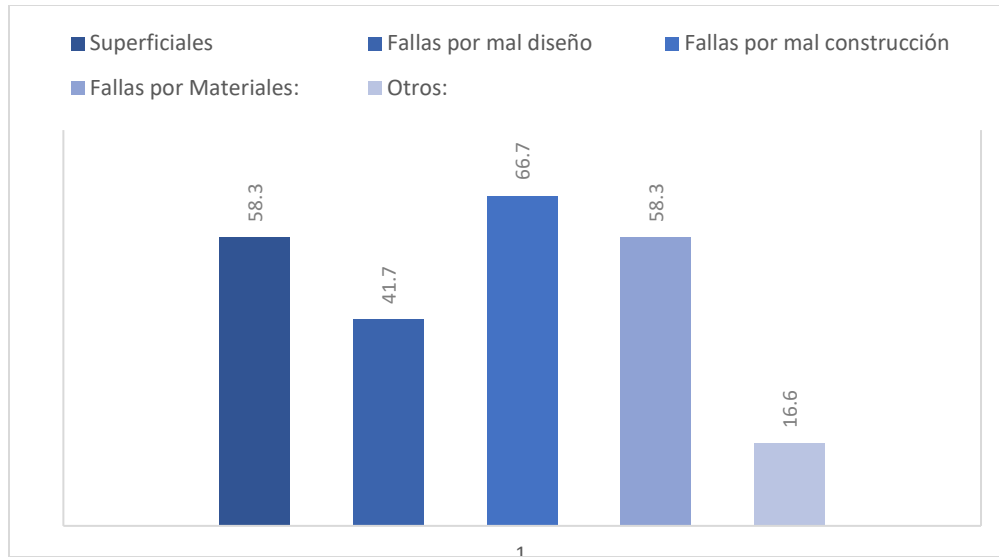
**Ilustración 34- Resultados pregunta 4**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

Con el resultado de esta pregunta se pudo identificar que la opción con más puntuación es la opción de porcentaje para clasificar los niveles de severidad con un 58%, con un 25% la opción de cantidad absoluta, en vista de la tendencia presentada muestra que una gran parte piensa que es conveniente mostrar la severidad de una carretera de manera porcentual.

#### Resultados pregunta 5

Luego de conocer la manera correcta para clasificar los niveles de severidad según los ingenieros, es imprescindible conocer los factores por el cual se da una falla, mediante la siguiente pregunta: "De los levantamientos que ha hecho, ¿Cuáles son los factores de fallas más comunes?" (v. Ilustración 35)



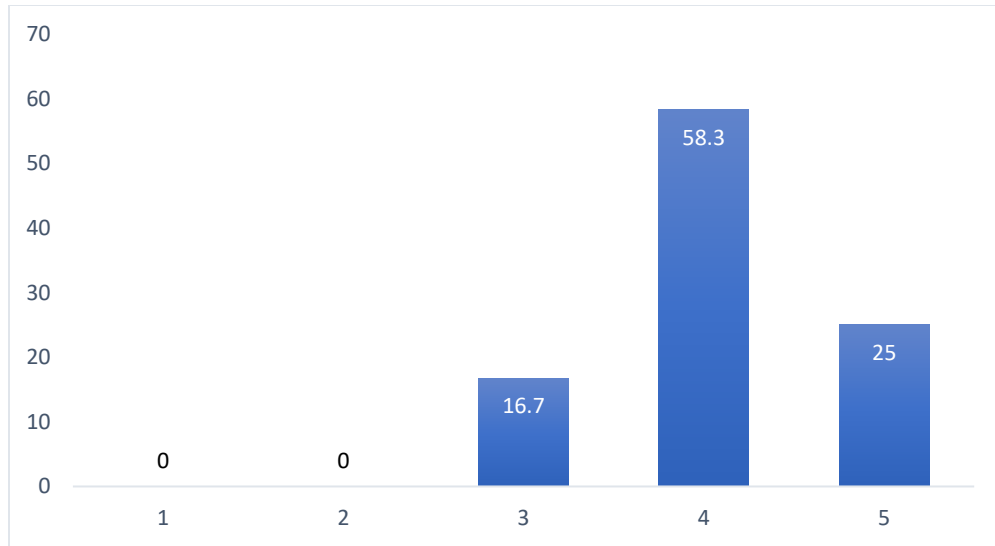
**Ilustración 35- Resultados pregunta 5**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

La encuesta arrojó los resultados mostrados en el gráfico, el cual con el puntaje más alto se encuentra la falla por mal construcción con un 66.7% de estos, seguidos por los materiales con un 58.3%. Por lo que nos brinda una idea que estas fallas se originan en el proceso de construcción de una carretera, por diferentes motivos como la falta de supervisión en campo y la capacidad de la mano de obra involucrada en estas labores.

#### Resultados pregunta 6

La sexta pregunta se planteó de la siguiente forma: "¿En qué medida considera que el proceso constructivo influye en la aparición de fallas?" (v. Ilustración 36)



**Ilustración 36- Resultados pregunta 6**

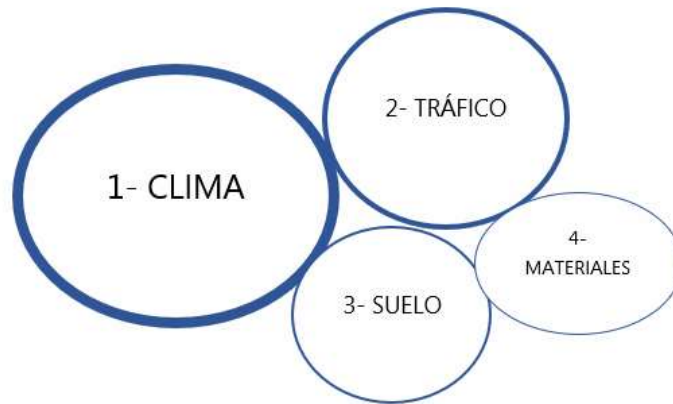
Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

De la pregunta número seis los ingenieros dentro de la escala que fue brindada para la selección el 58% considera el proceso constructivo como un factor determinante para las apariciones de fallas, lo cual se suma a la lista de factores que serán analizados más a fondo para mostrar las consideraciones a realizar en el proceso de construcción.

#### Resultados pregunta 7

Luego de conocer las deficiencias del proceso constructivo en la aparición de fallas, se realizó la siguiente pregunta de manera abierta con el fin de conocer las deficiencias que se encuentran en la aparición de fallas: "¿En su opinión qué tipo de prácticas influyen más en aparición de fallas?" (v. Ilustración 37)

Se identificó que los ingenieros en su mayoría coinciden con su respuesta, por lo cual, se resumirá el contenido de estas y son las siguientes:



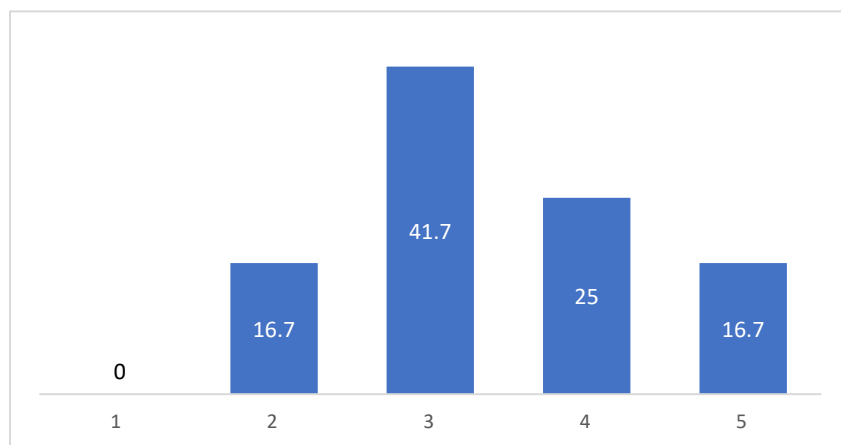
**Ilustración 37- Resultados pregunta 7**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

Según los ingenieros, estos son los aspectos que más influyen en la aparición de fallas, es por ello que para la creación del manual se fundamentó en estos factores para poder obtener resultados confiables al momento de la reparación.

#### Resultados pregunta 8

Se realizó una pregunta que ayudaría a saber si los ingenieros consideran que el diseño afecta en el deterioro de pavimentos, la cual se planteó de la siguiente forma: "¿En qué medida considera que el diseño influye en la aparición de fallas?" (v. Ilustración 38)



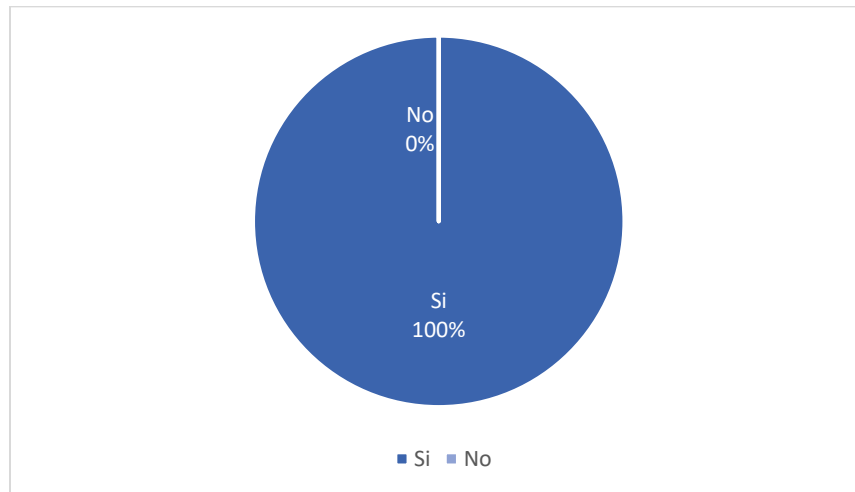
**Ilustración 38- Resultados pregunta 8**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

De la pregunta número ocho, las respuestas brindadas por parte de los ingenieros el 50% considera que no repercute en gran medida, pero tiene cierta influencia en el deterioro de los pavimentos, por lo que se descarta que sea un factor que afecte totalmente.

#### Resultados pregunta 9

La novena pregunta se planteó de la siguiente manera: "¿Considera que un correcto estudio de suelo puede reducir la aparición de fallas?" (v. Ilustración 39)



**Ilustración 39- Resultados pregunta 9**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

Como se observa el resultado de la pregunta nueve, se obtiene un porcentaje total de 100%, tomando en cuenta que se requiere de un buen estudio de suelo para el buen funcionamiento del pavimento, y así obtener mínimas posibilidades de deterioro en este, este es un factor que se considera importante por lo cual es tomado en cuenta para el manual a realizar.

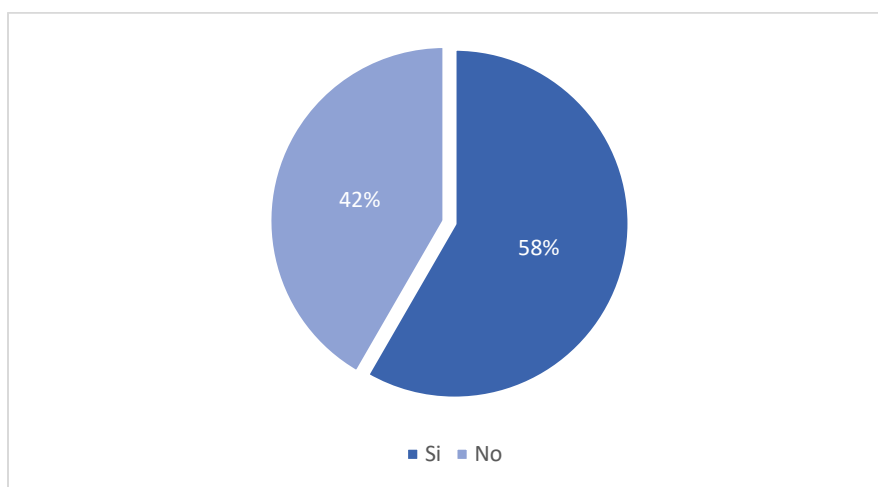
### Resultados pregunta 10

Luego de conocer si un buen estudio de suelo afecta en la construcción de pavimentos, se quiere conocer si el tráfico afecta en estos pavimentos y se realizó la pregunta de la siguiente manera: "¿Qué influencia tiene el tráfico no incluido en el diseño en las fallas?"

El 40% de la muestra considera que el tráfico no incluido si repercute en la aparición de fallas, el restante de los encuestados opinó que la influencia varía según la ubicación y de que tan acertados fueron los valores tomados para el diseño del tramo.

### Resultados pregunta 11

La onceava pregunta se planteó de la siguiente forma: "¿Al momento de la inspección visual lo ha hecho con referencia a normas o manuales?" Si su respuesta es "SI" indique las normas o manuales que ha empleado, y cuál es el origen de este, esta pregunta se realizó con el fin de poder conocer los manuales o normas más utilizadas en esta área de inspección de pavimentos y así poder obtener los más relevantes para la creación de este para la región hondureña. (v. Ilustración 40)



**Ilustración 40- Resultados pregunta 11**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)



Como resultados se obtiene que el 73% de los ingenieros se basa en manuales y normas, y el 27% realiza las reparaciones o inspecciones visuales en base a su experiencia y criterio propio, a continuación se muestra en la Tabla 7 los manuales y normas de más relevancia que fueron puestas por los expertos en el área.

**Tabla 7- Manuales y normas utilizadas**

<b>Manuales y Normas</b>
SIECA (Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras)
SOPTRAVI (Secretaria de Obras Públicas, Transporte y Vivienda, Honduras)
MAV (Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica)
ASTM D6433

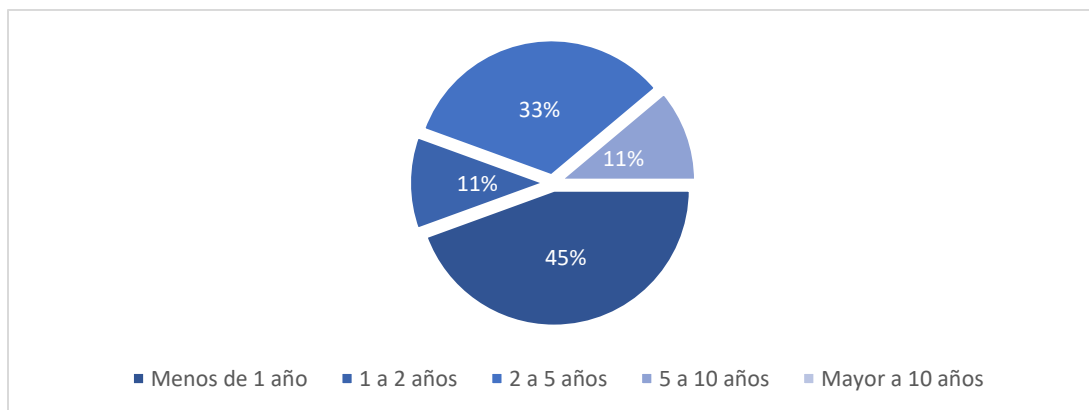
Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

Como se observa en la Tabla 7 estos son los manuales más utilizados por los expertos, para lo cual se tomará de referencia para acoplar las normas en Honduras.

**Resultados pregunta 12**

Luego de conocer los manuales utilizados por los expertos, se planteó la siguiente pregunta de la siguiente manera: "¿Cuándo fue la última vez que realizó un análisis de clasificación de fallas?" (v.

Ilustración 41)



**Ilustración 41- Resultados pregunta 12**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

Las respuestas brindadas dan una idea de la frecuencia de trabajos que se desarrollan en el país, los datos obtenidos son: el 45% han realizado este tipo de trabajo hace menos de un año, el 33% lo realizó en un rango de dos a cinco años, el 11% realizó una reparación ya más de 5 años atrás.

Por lo que se puede observar el crecimiento que ha tenido las evaluaciones y metodologías aplicadas a la conservación de carreteras en los últimos cinco años lo cual hace del proyecto en curso una fuente de manera oportuna para facilitar las evaluaciones futuras.

### Resultados pregunta 13

La treceava pregunta se planteó de la siguiente forma: "¿Qué consecuencias cree que tiene la mala interpretación de severidad de fallas en pavimentos?" (v. Ilustración 42)

Las respuestas brindadas por los ingenieros se realizaron de manera abierta y contestaron de la siguiente forma:



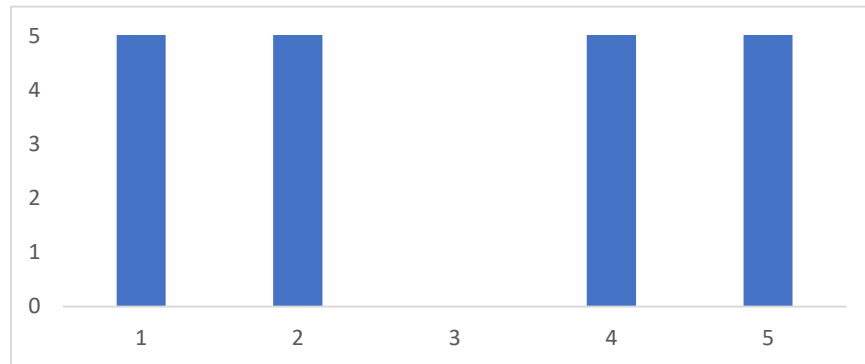
**Ilustración 42- Resultados pregunta 13**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

Como se observa en la Ilustración 42 según los ingenieros encuestados estas son las principales consecuencias que tiene una mala interpretación, lo cual lleva a un mal trabajo de reparación y así la vida ideal del pavimento disminuye.

### Resultados pregunta 14

Luego de conocer las consecuencias de una mala interpretación de severidad en los pavimentos, es importante conocer la opinión de los expertos sobre las carreteras hondureñas para lo cual se planteó la siguiente pregunta: "¿Cree que el mantenimiento actual en las carreteras del país se hace de manera correcta?" (v. Ilustración 43)



**Ilustración 43- Resultados pregunta 14**

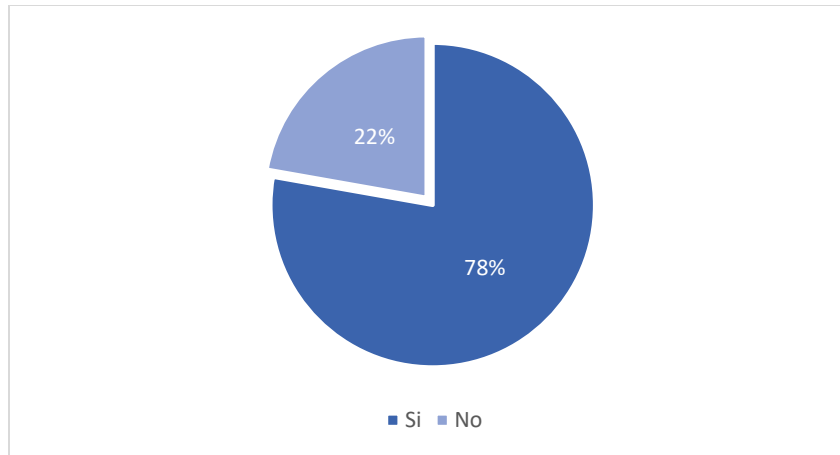
Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

La mayoría de los encuestados considera que actualmente los mantenimientos realizados no son los adecuados, ya sea por malas prácticas llevadas a cabo o las malas clasificaciones ejercidas en las evaluaciones de las calzadas, por lo que es importante contar con herramientas aplicables a la categorización de las fallas para realizar mantenimientos según la severidad que presente cada una de estas.

### Resultados pregunta 15

La quinceava pregunta se realizó de la siguiente manera: "¿Estaría usted interesado en la propuesta de un manual de inspección de fallas en pavimentos rígidos y flexibles en Honduras?"

Esta pregunta se realiza con el fin de conocer, si es de importancia tener un manual con normas propias en el país, que sea utilizado de la manera correcta y así las carreteras tengan un buen mantenimiento y su vida útil sea la adecuada. (V. Ilustración 44)



**Ilustración 44- Resultados pregunta 15**

Fuente: (Pérez, Sabillón & Boesch, 2021)

La respuesta obtenida fue que el 78% de los ingenieros si están de acuerdo con la creación de un manual propio, ya que Honduras no cuenta con uno que soluciones las fallas que se dan en los pavimentos existente de la forma correcta.

#### Resultados pregunta 16

Luego de conocer que si es importante la creación de un manual para el país, es necesario conocer que características de los manuales internacionales deben acoplarse a este, para ellos se planteó la pregunta de la siguiente manera: "¿Dado que en Honduras no existen documentos base y nos vemos obligados a utilizar normativas extranjeras que criterios o características considera que deben cumplir estas para que sean utilizadas? "

La respuesta obtenida por los ingenieros fue la siguiente:

- 1) Adaptarlas a nuestras condiciones, necesidades y realidad económica
- 2) Controles de calidad más estrictos en materiales y proceso constructivo.
- 3) Normas a pegadas a la situación nacional.
- 4) Mejor control de mantenimiento de calidad.
- 5) Regular los diseños viales con base en procesos constructivos nativos de la zona.

6) Mejores equipos de los contratistas para la construcción de carreteras nuevas y mantenimientos.

Resultados pregunta 17

Luego de conocer las características de los manuales a emplear en Honduras, es necesario conocer los factores necesarios para un nivel de severidad y se planteó la siguiente pregunta: "¿Qué factores del entorno consideran que son necesarios conocer previo a concluir un nivel de severidad en una falla de pavimentos flexible o rígido?"

Las respuestas obtenidas por los ingenieros son las siguientes:

- 1) Velocidad de diseño
- 2) Temperatura
- 3) Características hidrológicas, de drenajes, subsuelos, tipos de tráfico histórico y futuro.
- 4) Condiciones climáticas

### **5.3. RÚBRICA PARA EL MANUAL**

Capítulo 1- Generalidades de los pavimentos en Honduras

En este apartado se detalla la información general de los tipos de pavimentos existentes en Honduras como ser los rígidos y flexibles que brindan información para dar contexto al lector por lo referente a la red vial del país, se detalla los tipos de capas de rodaduras con los cuales se construyen típicamente las carreteras pavimentadas.

Dentro de este capítulo se incluyen los factores que tienen mayor relevancia en el deterioro de los pavimentos, el cual fue información recolectada y analizada de las encuestas y entrevistas aplicadas, dando como resultado el clima, el tráfico, suelos y materiales empleados, en orden de importancia respectivamente.

## Capítulo 2- Normativas

En este capítulo se brinda la información general de las normativas que fueron tomadas como referencia para la creación del manual de inspección los cuales fueron la ASTM D6433, el manual SIECA y el manual de carreteras SOPTRAVI tomo cuatro concluidos de la encuesta realizada.

## Capítulo 3 y 4- Fallas más comunes

En estos capítulos se mostrarán las fallas más comunes en los pavimentos rígidos y flexibles que fueron mencionadas por los ingenieros encuestados, resultado para pavimentos rígidos las siguientes:

- Grietas longitudinales y transversales
- Fisuras
- Juntas
- Perdida de material superficial
- Levantamiento de losas

Y para los pavimentos flexibles:

- Piel de cocodrilo
- Grietas longitudinales y transversales
- Falla en bloques
- Huecos
- Desprendimiento de agregados

En este capítulo se brindan la severidad para cada falla según los rangos existentes, que fueron tomados de acuerdo con la norma ASTM D6433 y se muestra una directriz de evaluación para la falla.

## Capítulo 5- Reparaciones

En este apartado se brindan las soluciones para los tipos de fallas, que fueron comparadas a través del manual SIECA y SOPTRAVI, la cual contiene el paso a paso de cada reparación que va sustentada de esquemas para su solución, con sus respectivos equipos y materiales a utilizar.

Para el caso de la solución de la piel de cocodrilo se determinó de la siguiente manera: Su procedimiento está basado en el manual de SOPTRAVI, pero debido a la escasa información se complementa con el manual SIECA.

En las grietas longitudinales y transversales el procedimiento mostrado en SOPTRAVI fue tomado para la solución de severidad en un rango medio, debido a que este menciona que la solución era para grietas con un ancho mayor a 1/8 pulgadas y el manual SIECA especifica que la solución que involucra un corte superficial no debe ser mayor a 1/2 pulgada, es por esto que la solución tomada fue la del manual centroamericano de carreteras.

## Capítulo 6- Recomendaciones

En este capítulo se brindarán recomendaciones acerca del uso del manual de inspección y reparación de pavimentos en Honduras.

## Capítulo 7- Anexos

Se brindarán ilustraciones o tablas importantes que aportan información para el manual propuesto.

### **5.4. PROPUESTA DE MANUAL**

Para una mejor comprensión del Manual de Inspección y Reparación de Pavimentos en Honduras se brindará la estructura de cómo entender el documento a continuación:



La temática del capítulo se mostrará al centro de la página, con una tonalidad azul oscuro.

La numeración del capítulo se encontrará en la parte superior derecha el número se mostrará relleno en color gris

**PAGINA DE CONTENIDO**

El capítulo en que se encuentra la hoja informativa será mostrado en la parte superior de la línea



En caso de un título de tercer nivel será mostrado de un color azul. El cual no estará resaltado.

El subcapítulo será colocado en un fondo gris y con letra color azul oscuro

La información teórica será mostrada en columnas, su lectura será de izquierda a derecha.

El número de página será mostrado en la parte inferior de la hoja al centro.







# MANUAL DE INSPECCIÓN VISUAL Y REPARACIÓN EN PAVIMENTOS DE HONDURAS

---

# **Dedicatoria y Agradecimientos**

A Dios por sus infinitas bendiciones. Honor y gloria a  
Dios siempre.

A la Universidad por abrirnos sus puertas, y  
ayudarnos a crecer como futuros profesionales.

*Juan Pérez. Leovardo Sabillón Otto Boesch.*

---

# Prefacio

El manual de Inspección Visual y Reparación en Pavimentos de Honduras, se presenta como la respuesta a la carencia de una metodología nacional homogénea. De manera que, su aplicación facilitará la conservación de la red vial nacional.

Este manual contempla una metodología para poder medir la severidad de una falla y darle su reparación adecuada.

Además, se incorpora un catálogo que resume las fallas más frecuentes que se encuentran en las carreteras de pavimento rígido y flexibles de nuestro país. En cada uno de los deterioros se incluye una descripción, niveles de severidad, medición, acciones de intervención y un esquema representativo para la solución de la falla.

También están incluidas fotografías de las fallas, para ayudar al evaluador a catalogar en campo los deterioros presentados.

# índice

01

## Capítulo 01

---

Generalidades de los Pavimentos

11

## Capítulo 02

---

Normativas

17

## Capítulo 03

---

Fallas en Pavimentos Flexibles

25

## Capítulo 04

---

Fallas en Pavimentos Rígidos

33

## Capítulo 05

---

Reparaciones en Pavimentos Flexibles  
Reparaciones en Pavimentos Rígidos

47

## Capítulo 06

---

Recomendaciones

50

## Capítulo 07

---

Anexos

---

# **Términos y Definiciones**

En este apartado se plantearán algunas definiciones para que el lector se familiarice con la terminología que se empleará a lo largo de manual con la finalidad de evitar malas interpretaciones y provocar acciones erróneas que podrán ser de gran impacto en los trabajos a realizar.

**Acera:** aquella parte de la calzada construida principalmente para peatones.

**Adherencia:** capacidad para que se produzca una unión.

**Agregado:** un material duro de composición mineralógica como la arena, la grava, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

**Asfalto:** sustancia de color negro que procede de la destilación del petróleo crudo, se encuentra en grandes depósitos naturales, como el lago Asfáltico o el mar Muerto, y se utiliza para pavimentar carreteras y como revestimiento impermeable de muros y tejados.

**Base:** es la capa de espesor que constituye la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes, y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

**Capa de rodadura:** es la capa superior del pavimento, la conforman mezclas bituminosas. Aguanta de forma directa al tráfico. Requiere de ciertas cualidades para su máxima funcionalidad tales como: Regularidad superficial lo que implica inexistencia de desnivelaciones u ondulaciones longitudinales y transversales. Textura superficial que permite garantizar la resistencia al deslizamiento. Impermeabilidad, necesaria para evitar la entrada del agua a las capas inferiores y daños significativos.

**Manual:** libro en que se compendia lo más sustancial de una materia.

**Mejoramiento:** ejecución de las actividades constructivas necesarias para dotar a una carretera existente (en bueno, regular o mal estado) de mejores condiciones físicas y operativas de las que dispone, para ampliar su capacidad o simplemente para ofrecer un mejor servicio al usuario.

**Normativa:** conjunto de normas aplicables a una determinada materia o actividad.

**Obras:** es el trabajo que debe ejecutarse de acuerdo con las especificaciones y demás documentos que forman parte del contrato, para llevar a cabo un programa de mantenimiento rutinario y periódico.

**Pavimento:** la estructura integral de las capas de sub-base, base y carpeta de rodadura, colocadas sobre la subrasante, diseñadas y destinadas a sostener las cargas vehiculares.

**Reconstrucción:** renovación completa de la estructura del camino, se requiere efectuar previamente la demolición parcial o completa de la estructura existente. Las causas determinantes probables son una deficiente construcción o la ausencia de mantenimiento adecuado.

**Rehabilitación:** consiste en la reparación selectiva y de refuerzo estructural, previa demolición parcial de la estructura existente.

**Sub-base:** las capas de material especificado de espesor establecido según el valor soporte, colocado sobre una subrasante para sostener la capa de base superior.

**Carretera, calle o camino:** un calificativo general que designa una vía pública para fines de tránsito de vehículo, y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía.

**Mantenimiento:** todas las acciones que tienen como objetivo mantener o restaurar la carretera y sus componentes, al estado en el cual pueda brindar el nivel de servicio requerido y para el que fue diseñado.

**Sub-rasante:** capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

**Tránsito o tráfico:** circulación de personas y vehículos por calles, carreteras, etc



---

# Capítulo

# 1

## **Generalidades en los Pavimentos en Honduras**



## TIPOS DE PAVIMENTOS

### RÍGIDO

En los pavimentos rígidos, el principal componente estructural es una losa de concreto de cemento Portland, PCC por sus siglas en inglés (Portland cement concrete). Esta losa alivia las tensiones en las capas subyacentes por medio de su elevada resistencia a la flexión. Al estar expuesta la losa a un número de repeticiones de carga se generan tensiones y deformaciones de tracción debajo de la losa que producen fisuras por fatiga.

La estructura de un pavimento rígido consta de una losa de PCC que es colocada sobre una subrasante, con o sin una capa intermedia base o subbase de material granular. En el caso del pavimento rígido, el recubrimiento se realiza a través de secciones que son unidas por barras de sujeción, en otros casos por emboques en los límites de las secciones, cubriéndose en ambos casos, con materiales flexibles e impermeables.

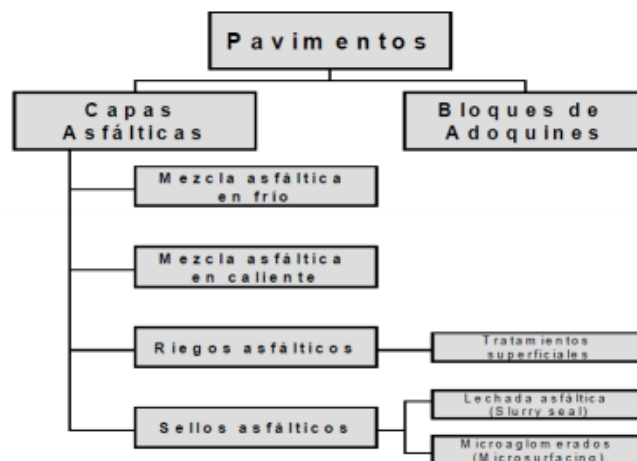


FUENTE: MANUAL CENTROAMERICANO DE CARRETERAS (SIECA)

### FLEXIBLES

Los pavimentos flexibles estructuralmente están conformados por distintas capas de resistencia variable y son las siguientes: superficie de rodadura, base y subbase que van apoyadas sobre la subrasante. Las capas cumplen con dos funciones, una de sus funciones es la distribución de tensiones que reciben de las capas superiores, al distribuir las presiones se reducen hasta que las capas inferiores puedan soportar dichas presiones y su otra función es resistir por sí mismas las cargas que serán aplicadas sin deformarse permanentemente.

Los tipos de superficie de rodadura que menciona Coronado Iturbide en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos son los que se muestra a continuación:



FUENTE: MANUAL CENTROAMERICANO DE CARRETERAS (SIECA)

## SEMIRRÍGIDOS

El pavimento semirrígido está compuesto básicamente por capas asfálticas con un espesor bituminoso, es decir una carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto; también se considera como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se han incluido los pavimentos adoquinados.



## MÉTODOS DE DISEÑO

### AASHTO 93

AASHTO es una asociación de los Estados Unidos de América sin fines de lucro y representa cinco modos de transporte: aire, autopistas, transporte público, ferrocarril y agua. Su objetivo principal es fomentar el desarrollo, la operación y el mantenimiento de un sistema integrado de transporte; la asociación es un líder internacional en el establecimiento de estándares técnicos para todas las fases de desarrollo de sistemas de carreteras.

$$\log_{10} W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \cdot 10^9}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \cdot \log_{10} \left( \frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \cdot J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{23.24}{(E_c/k)^{0.25}} \right)} \right)$$

FUENTE: INTERNATIONAL DESIGNATION : D 6433-03

$W_{82}$  → número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño,  $Z_r$  → desviación normal estándar,  $S_o$  → error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento,  $D$  → espesor de pavimento de concreto, en mm,  $\Delta PSI$  → diferencia entre los índices de servicio inicial y final,  $P_t$  → índice de serviciabilidad o servicio final,  $M_r$  → resistencia media del concreto, en MPa, a flexotracción a los 28 días,  $C_d$  → coeficiente de drenaje,  $J$  → coeficiente de transmisión de cargas en las juntas,  $E_c$  → módulo de elasticidad del concreto, en MPa,  $k$  → módulo de reacción, dado en MPa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto

### PCA

Este método se aplica a diferentes tipos de pavimentos rígidos, tales como pavimentos de concreto simple, con varillas de transferencia de carga, de concreto reforzado y de refuerzo continuo.

El método de diseño de la PCA considera dos criterios de falla: el criterio de erosión de la sub-base por debajo de las losas y el criterio del esfuerzo de fatiga. a) El criterio de erosión de la sub-base por debajo de las losas, el cual reconoce que el pavimento puede fallar por un excesivo bombeo (erosión del terreno de soporte de la losa de concreto) y diferencias de elevaciones en las juntas.

El criterio de erosión es utilizado para limitar la deflexión que se produce en los bordes de las losas de concreto, juntas y esquinas del pavimento por efecto del bombeo. El bombeo es definido por la University of Washington of Civil and Environmental Engineering, (WSDOT Pavement Design), como “el movimiento de material por debajo de la losa de concreto o eyección de material desde abajo de la losa, como resultado de la presión del agua. El agua acumulada por debajo de la losa será presurizada cuando la losa flexione debido a carga”. El bombeo ocurre debido a muchas repeticiones de cargas de ejes pesados en las esquinas de la losa de concreto y bordes, erosión de subrasante, subbase, y materiales del hombro; lo cual genera huecos bajo y junto a la losa. La erosión se cuantifica en términos de porcentaje del daño total por erosión, se recomienda optimizar el diseño obteniendo un valor cercano al 100%, ya que si se tienen valores menores a dicho porcentaje, se estaría determinando una estructura sobre diseñada.

b) El criterio del esfuerzo de fatiga, el cual reconoce que el pavimento puede fallar debido a excesivas repeticiones de carga.

seguridad, basándose en el factor de relación de esfuerzos, el cual corresponde al esfuerzo de flexión dividido entre el módulo de ruptura del concreto a los 28 días. La fatiga se cuantifica en términos de porcentaje de absorción de la fatiga, se recomienda optimizar el diseño obteniendo un valor cercano al 100%, ya que si se tienen valores menores a dicho porcentaje, se estaría determinando una estructura sobrediseñada.

## FALLAS EN PAVIMENTOS

Antes de nada, definiremos como falla a las condiciones que se presentan en un pavimento, cuando este pierde las características de servicio para las que fue diseñado.

**Falla Estructural:** Es una deficiencia del pavimento que ocasiona, de inmediato o posteriormente, una reducción en la capacidad de carga de éste. En su etapa mas avanzada, la falla estructural se manifiesta en la obstrucción generalizada del pavimento, a la que se asocia precisamente el índice de servicio no necesariamente para soportar las cargas de proyecto.

La identificación de una falla, que es definir su tipo y la causa que lo ha provocado, a veces es una cosa relativamente sencilla y obvia para personas experimentadas en el ramo de la construcción de carreteras. En otros casos es necesario llevar a cabo un reconocimiento completo de la zona fallada, que abarque las distintas partes que forman la estructura de la obra y hacer una serie de estudios y sondeos, recabar antecedentes de la construcción, etc. Para así poder definir el origen e los deterioros y corregirlos oportunamente. Es muy importante recalcar que se trate siempre de subsanar completamente la deficiencia que este ocasionando las fallas, corrigiendo el problema de raíz y, que no se vuelva a presentar, pues es muy común que se

arregle de manera provisional o superficial en el tramo fallado y se deje sin resolver el problema ya que si no es atacado desde sus orígenes los desperfectos progresan rápidamente y después será mucho mas costoso su reparación.

**Falla Funcional:** Los aspectos mas importantes del pavimento que intervienen en el valor del índice de servicio actual son:

- Las ondulaciones longitudinales
- Las deformaciones transversales
- La textura de la superficie
- El porcentaje de baches y áreas reparadas

Tomando en cuenta que el índice de servicio se refiere únicamente a las condiciones de la superficie de rodamiento; la estructura funcional en sí, nos proporcionara un tránsito cómodo a los usuarios y una superficie de rodamiento adecuada a las necesidades de este. En su determinación o apreciación no intervendrán factores como diseño geométrico, estado de acotamientos, señalamientos, etc.

La falla funcional en si, consiste en diferentes superficies del pavimento a las que se asocian precisamente el índice de servicio, que afectan en mayor o menor grado la capacidad en proporcionar al usuario un tránsito cómodo y seguro.

Los dos tipos de fallas no están necesariamente relacionados, pero pueden establecerse que cuando se presenta una falla estructural, también ocurrirá en un plazo más o menos corto la falla funcional. En ocasiones una falla funcional que no se atiende a su debido tiempo, puede también conducir a una falla estructural.

## FACTORES DE INFLUENCIA

### CLIMA

Los diferentes fenómenos climáticos y sus consecuencias afectan el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de la infraestructura y los sistemas de transporte. Un clima cambiante plantea preguntas críticas respecto a cómo las alteraciones en la temperatura, las precipitaciones, las tormentas y otros aspectos del clima están afectando los activos carreteros que conforman los sistemas de transporte y que seguirán siendo impactados en el futuro.

Los posibles impactos climáticos permiten describir cómo los efectos del clima pueden afectar el sistema de carreteras a través de su grado de exposición y sensibilidad actual o de un futuro probable, determinando su vulnerabilidad, su capacidad de adaptación y su criticidad. Los impactos del cambio climático sobre la infraestructura carretera implican mayores costos para el mantenimiento y reparación de los activos carreteros de la red de transporte.

#### *Altas temperaturas y olas de calor*

Algunos de efectos identificados son los siguientes:

Aumento de la expansión térmica en las juntas de los pavimentos de concreto o en las uniones/articulaciones de los puentes, y pueden provocar estrés en la integridad de la estructura

·Temperaturas más altas hacen que el pavimento se ablande y se expanda provocando daños en la carpeta asfáltica, tales como: surcos, depresiones, canalillos, exudación de asfalto, etc. que requerirán un mayor mantenimiento correctivo.

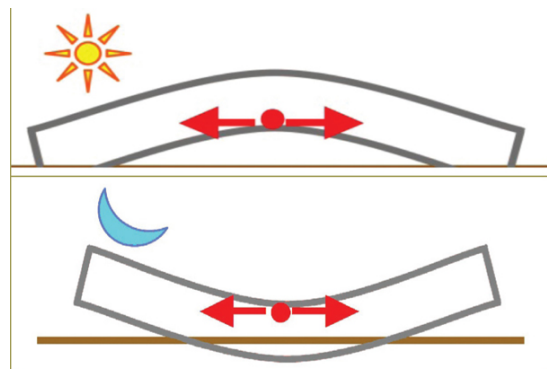
·Degradación del asfalto, que repercute en su deterioro en un lapso más corto.

·Limitación en las horas de trabajo durante el periodo diurno para la construcción y mantenimiento de carreteras. Las olas de calor también pueden limitar las actividades de construcción, especialmente en áreas con alta humedad.

·En la operación, implica afectaciones a los vehículos por el sobrecalentamiento y un mayor desgaste de neumáticos.

·Períodos de excesivo calor en verano promueve el aumento de los incendios forestales.

·Las altas temperaturas pueden afectar los circuitos eléctricos de los sistemas de señalización



FUENTE: MANUAL CENTROAMERICANO DE CARRETERAS (SIECA)

#### *Alta presencia de agua, inundaciones y avenidas torrenciales*

Las precipitaciones excesivas y las tormentas traen consigo daños adicionales a la infraestructura, principalmente por la cantidad de precipitación en un tiempo corto, generando su acumulación. Algunos efectos adicionales son:

- Cambios en los patrones superficiales de los escurrimientos que requieren reubicación de obras de drenaje o la implementación de obras adicionales.
- Mayor presencia de agua en la superficie de rodamiento, por lo que el bombeo en la calzada, las obras de drenaje y las alcantarillas resultan insuficientes para desalojar el agua en menor tiempo.

- Inestabilidad de las estructuras por aumento de los flujos de agua.
- El agua estancada puede tener efectos adversos sobre las capas de base de la carretera.
- El aumento de los caudales pico podría afectar las tasas de socavación e influir en los requisitos de diseño para los puentes y alcantarillas, tales como el periodo de retorno.
- Los daños causados por la fuerza del agua en la carpeta o la estructura del pavimento, y el daño debido a colisiones con desechos sólidos o materiales (suelo, piedras o vegetación).
- Erosión de las terracerías en caminos no pavimentados.
- Los pasos a desnivel inferiores y túneles carreteros serán más susceptibles a las inundaciones.
- Los escurrimientos debido al aumento de los niveles de precipitación afectarán el flujo del arroyo y la distribución de sedimentos.
- El aumento de los niveles de precipitación, en algunas regiones, afectará los niveles de humedad en el suelo y la acumulación hidrostática detrás de los muros de contención, las capas de los pavimentos y los apoyos de puentes y alcantarillas.

#### *Incremento de tormentas y de la precipitación*

El aumento de la precipitación suele causar interrupciones en las carreteras debido, a las inundaciones, mientras que las tormentas y los huracanes lo hacen de forma más repentina y severa, dañando la infraestructura carretera. Algunos de los impactos que se tienen sobre la infraestructura y su operación son los siguientes:

1. Interrupciones o retrasos del tránsito por el clima, debido a una precipitación excesiva que obligue a bajar velocidades de operación o detenerse, visibilidad inadecuada de los dispositivos para el control del tránsito, accidentes de tránsito, etc.
2. Inundación de las carreteras que obliguen a su cierre temporal.
3. Deslizamiento y deslaves de material de los taludes y terraplenes por una alta penetración de agua, sobre suelos ya saturados por los incrementos de precipitación.
4. Obras de drenaje insuficiente, debido a un incremento del gasto por precipitaciones excesivas y de larga duración.
5. Aumento de la humedad del suelo que puede poner en riesgo la integridad estructural de los pavimentos, puentes, alcantarillas, etc.
6. Incremento de escombros provenientes de taludes, de la vegetación o sedimentos de las escorrentías superficiales debido a su erosión.
7. El exceso de precipitación puede lavar el hombro de la carretera y socavar las capas del pavimento de la carretera.
8. La precipitación puede afectar los costos de construcción de carreteras directamente debido a la interrupción del trabajo y disminución de horas laborables.
9. En zonas costeras, las carreteras pueden inundarse debido a las marejadas de tormenta.
10. En ríos, los cambios en los flujos de agua pueden erosionar/socavar los apoyos de los puentes (pilas y estribos).

## TRÁFICO

La carga excesiva es un problema en el país. Tolerar la excesiva carga fomentará daños de carreteras entrando en el círculo vicioso de reparación y daños.

El instituto hondureño presenta en la ilustración que se muestra a continuación los pesos máximos permitidos en aquellos vehículos dedicados al rubro del transporte de cargas.

En los anexos se adjunta la tabla de parte del Instituto Hondureño del Transporte Terrestre donde se especifican los valores máximos de cargas que deben tener los vehículos según la cantidad de ejes con los que cuenta y el tipo.

El número y el espaciamiento de los ejes son factores importantes para la efectiva transmisión de la carga sobre la superficie del pavimento. Un aumento en el número de ejes proporciona puntos de contacto adicionales, y por lo tanto reduce la carga en cada punto. La distancia entre ejes afecta la respuesta del pavimento, como las deflexiones, los esfuerzos, y las deformaciones.

Hay tres tipos comunes de configuraciones de ejes utilizados en la actualidad: simple (1 eje), tándem (2 ejes), y trídem (3 ejes). El promedio del ancho de los ejes es la distancia entre los bordes exteriores de un eje. Para vehículos típicos, se asume el ancho de eje 2.60m (8.5pies), que no tiene injerencia en el cálculo.

## SUELO Y MATERIALES

Las fallas se inician o se producen en los puntos débiles o deficientes de alguna de las partes fundamentales de la estructura general de la carretera, los cuales no pueden soportar eficientemente los efectos destructivos de alguno o varios de los factores señalados anteriormente, convirtiendo zonas potenciales de falla, la consecuencia de diseños inadecuados, mala calidad de los materiales utilizados, procedimientos de construcción defectuosos, falta de una conservación eficaz y oportuna, etc., de tal manera que las fallas en los pavimentos pueden tener su origen en el terreno de cimentación,

en las terracerías, en las obras de drenaje o en los elementos constitutivos del propio pavimento.

Se presentara en forma resumida, las causas que originan fallas en los pavimentos flexibles que son atribuibles a los mismos y de los cuales se han hecho una descripción analizando cada una de las distintas capas que lo forman.

### *En la Sub-base*

- Mala calidad del material utilizado
- Baja compactación
- Falta de espesor
- Contaminación con el material de las terracerías
- Defectos de construcción o de acabados

### *En la Base*

- Mala calidad del material utilizado
- Baja compactación.
- Falta de espesor.
- Falta de limpieza o barrido de la superficie de base al momento de impregnar.
- Defectos de construcción o de acabado.
- Defecto de la base impregnada por exposición excesiva al tránsito y a los efectos del clima, antes de protegerla con la carpeta.

### *En las Carpetas de Riego*

- Mala calidad de los materiales pétreos o granulometrías defectuosas de estos.
- Falta de afinidad de los materiales pétreos con el asfalto.
- Cantidad escasa de materiales pétreos.
- Materiales pétreos con exceso de humedad al momento de la aplicación.
- Tránsito sobre el riego de asfalto antes de cubrir con el pétreo.
- Tránsito demasiado pronto sobre el material pétreo aplicado, principalmente cuando los vehículos no circulan a velocidades bajas.
- Defectos de construcción de la carpeta.



## FALLAS MÁS COMUNES

A continuación, se presentarán las fallas con mayor ocurrencia en el país según el tipo de carpeta de rodadura.

### PAVIMENTOS RÍGIDOS

- Grietas longitudinales y Grietas transversales
- Fisuras
- Juntas
- Pérdida de material superficial
- Levantamiento de Losa

### PAVIMENTOS FLEXIBLES

- Piel de cocodrilo
- Grietas longitudinales y Grietas transversales
- Desprendimiento de Agregados
- Huecos
- Falla en Bloques

Las fallas antes mencionadas serán explicadas más a fondo en los capítulos 3 y 4 de este manual donde se hace una explicación específica para cada una dividiéndolas en dos capítulos para mayor facilidad del lector.



### PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

Dentro de los procedimientos que se llevan a cabo para estudios de la calidad que presenta un tramo vial, se pueden mencionar según su área de estudios o de interés.

Existen procedimientos llevados a cabo para conocer la capacidad estructural que presenta la carretera en el tiempo de interés como lo es el cálculo del Índice Internacional de Rugosidad mejor conocido como IRI (International Roughness Index), fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino.

Así, el IRI es la medición de la respuesta de un vehículo a las condiciones de un camino. El IRI sirve como estándar para calibrar los equipos de medición de la regularidad superficial de un camino.

Otro parámetro calculado es el Nivel de Servicio. Relación entre el volumen y la capacidad de una vía. Las carreteras se diseñan para operar a volúmenes horarios por debajo de la capacidad. El flujo vehicular de servicio para diseño es el máximo volumen horario de tránsito que una carretera puede acomodar, sin que el grado de congestión alcance niveles preseleccionados por el diseñador, tras conciliar los intereses de los conductores dispuestos a tolerar un mínimo de congestión, los estándares de diseño vigentes y los recursos disponibles.

Este presenta la siguiente tabla de resultados, dependiente del Nivel de Servicio calculado se presenta el significado de dicho estudio del cual se fundamenta las acciones de trabajo o no que se pueden hacer en una vía de tránsito vehicular.

Nivel de Servicio	Descripción
A	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación.
B	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito.
C	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad.
D	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar.
E	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos.
F	Flujo forzado, condiciones de "pare y siga", congestión de tránsito.

FUENTE: MANUAL SOPTRAVI 1996

Estudios llevados a cabo para conocer el estado de la superficie de rodadura es la inspección visual en campo de las fallas que están presentes.

Toma de datos sencilla, que puede ser aplicada homogéneamente por los encargados encargados de llevarla llevarla a cabo. Presentación de resultados que hace posible su interpretación a varios niveles. Resultados representativos, fiables y objetivos.

Son algunas razones por las que se llevan a cabo este tipo de estudios para tener un registro de los cambios que presenta una carretera para futuras intervenciones.

---

# Capítulo 2

## Normativas



## NORMATIVAS

### ASTM D6433

El índice de condición del pavimento fue introducido por primera vez por el ejército de los EE. UU. Hoy en día, la recopilación y el cálculo de PCI está estandarizado por ASTM International en dos documentos: ASTM D6433 y ASTM D5340.

El Índice de Condición del Pavimento o PCI se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación de carreteras dentro de los modelos de gestión vial disponibles en la actualidad. PCI es un índice numérico entre 0 y 100. Un pavimento nuevo tiene un PCI de 100. Luego se deteriora y llega a 0 con el tiempo.

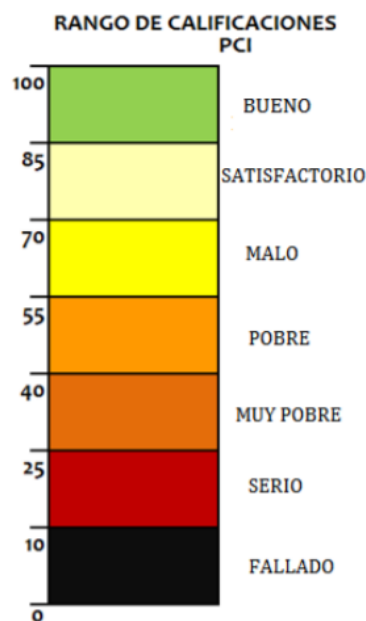
### CALCULO DE PCI

El PCI se calcula recopilando datos sobre múltiples defectos. A continuación, se debe medir la densidad del daño. A continuación, la densidad de daños se traduce en 'valor deducido' utilizando curvas ASTM. Finalmente, PCI se calcula en un proceso iterativo. Los defectos de pavimento más importantes para el cálculo de PCI son:

- Piel de Cocodrilo
- Parcheo
- Huecos
- Ahuellamiento
- Grietas longitudinal
- Grietas transversal
- Hundimientos

El Índice de Condición Superficial (PCI, por sus siglas en inglés) da una idea general de la condición de la estructura de pavimento, pues permite determinar, de acuerdo con los deterioros presentes en la carpeta las posibles causas del daño.

Este índice se define y calcula de acuerdo con la metodología ASTM D6433 y varía de 0-100, donde 0 es la peor condición y 100 la mejor, de acuerdo a la siguiente escala:



FUENTE: PAVEMENT CONDITION INDEX

PCI generalmente tiene una relación inversa con el IRI. Una carretera suave con un IRI bajo suele tener un PCI elevado. Sin embargo, esto no siempre es cierto, y una carretera con un IRI bajo también podría tener un PCI bajo y viceversa. Por lo tanto, uno de estos indicadores de desempeño no es necesariamente suficiente para describir el estado de la carretera de manera integral.

## MANTENIMIENTO EN EL PROCESO DE DETERIORO POR PCI

Los pavimentos forman parte de la infraestructura vial, debido a su importancia funcional, deberían ofrecer un transporte cómodo, seguro y económico a los usuarios que transitan por ellos; Sin embargo, este tipo de estructuras son planteadas desde su concepción para tener un periodo de vida finito, es decir que durante este periodo de vida se iniciará un proceso de deterioro gradual que terminará con la manifestación de un conjunto de fallas en el pavimento, este tipo de comportamiento afectará la calidad del rodaje, incrementará los costos a los usuarios y los costos de mantenimiento a las entidades responsables.

Los pavimentos son probablemente la única estructura de ingeniería que se diseña para que falle dentro de un periodo específico de tiempo. Es por ello, la necesidad de realizar trabajos de mantenimiento y rehabilitación desde la primera etapa del pavimento y tratar de reducir el impacto que generan los mecanismos de deterioro.

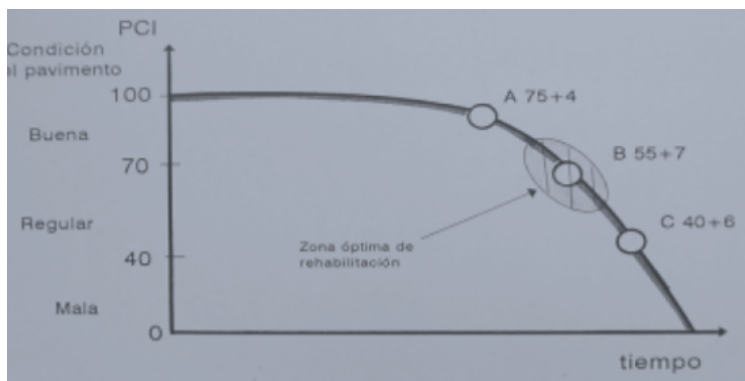
A continuación se muestra una grafica el cual muestra la curva de deterioro vs tiempo en pavimentos mediante en base al método PCI.

Las ordenadas que presenta la curva de deterioro se identifican como valores de la condición del pavimento, establecido en función a los valores cuantitativos y cualitativos que define el método PCI; Adicionalmente, se distinguen tres puntos importantes dentro de la curva que explican lo siguiente:

- Punto A: El pavimento comienza a mostrar síntomas menores de deterioro que requieren el inicio de labores de mantenimiento rutinario menor (sellado de grietas, reparación de huecos y bacheo menor). Las acciones menores correctivas son importantes para controlar el deterioro.

Punto B: La rata de deterioro comienza a crecer rápidamente, puede requerirse algún tipo de acción mayor. Este punto está dentro de la zona denominada "óptima de rehabilitación", en la que inversiones relativamente pequeñas producen grandes beneficios. La estructura del pavimento y su calidad de rodaje no se han deteriorado severamente, el pavimento aún conserva buena parte de su resistencia original, y una adecuada acción de rehabilitación mejorará considerablemente su condición y estructura.

Punto C: La condición del pavimento ha caído en un estado crítico, tanto desde el punto de vista funcional como estructural. En este punto, normalmente, se requieren costosos trabajos de mantenimiento mayor, rehabilitación o reconstrucción.



FUENTE: PAVEMENT CONDITION INDEX

## SOPTRAVI

La Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda de la república de Honduras tiene a su cargo todo lo concerniente a la formulación, coordinación, ejecución y evaluación de políticas relacionadas con la vivienda, las obras de infraestructura pública, el sistema vial, urbanístico y del transporte, así como el régimen concesionario de obras públicas.

### TOMO 4 CAPITULO 2: MANTENIMIENTO DE CAMINOS

La problemática de la administración o gestión vial en los países de la región Centroamericana y del resto de América Latina tiene características de fondo muy similares. Los resultados del deterioro acelerado de las redes viales, altos costos de operación del transporte terrestre e inversiones de capital anticipadas para rehabilitar la infraestructura vial a un alto costo financiero, son aparentemente causados por una organización inadecuada, falta de recursos económicos para realizar la actividad y bajos rendimientos de ejecución de las tareas de conservación.

### CONCEPTOS Y TÉRMINOS DE LA CONSERVACIÓN VIAL

**Conservación Vial:** Amplio conjunto de actividades destinadas a asegurar el funcionamiento adecuado, a largo plazo, de un camino o de una red de caminos, al menor costo posible. Uno de los objetivos primordiales de la conservación es evitar, al máximo posible, la pérdida innecesaria de capital ya invertido, mediante la protección física de la estructura básica y de la superficie del camino. La conservación procura, específicamente, evitar la destrucción de partes de la estructura de los caminos y la necesidad de una posterior rehabilitación o reconstrucción.

La conservación incluye actividades tales como el mantenimiento (rutinario y periódico) y el refuerzo de la superficie, incluido el agregado de capas adicionales sobre el camino, sin alterar la estructura existente.

**Mantenimiento Rutinario:** Reparación localizada de pequeños defectos en la calzada y el pavimento; nivelación de superficies sin pavimentar y bermas; mantenimiento regular del drenaje, los taludes laterales, los bordes, los dispositivos para el control del tránsito y otros elementos.

**Tratamiento de la superficie:** Actividad de conservación de los caminos pavimentados, por la cual se procura restablecer algunas características del pavimento, sin constituirse en un refuerzo estructural.

**Mantenimiento Periódico:** Esta expresión puede inducir a equívocos, porque todas las actividades de conservación son periódicas, es decir, deben repetirse cada cierto tiempo. No obstante, suelen denominarse actividades “periódicas”, el tratamiento de la superficie y la renovación de la superficie.

**Fracción defectuosa:** Pequeña porción de obra que no cumple con la calidad general requerida. Este defecto se produce por una falta de homogeneidad en la ejecución considerada como normal.

**Mejoramiento:** Mejoras de los caminos relacionadas con el ancho, el alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal, incluidos los trabajos relacionados con la renovación de la superficie y la rehabilitación. El objetivo de estas labores es incrementar la capacidad del camino y la velocidad y seguridad de los vehículos que por él transitan.

Construcción nueva: Construcción de un camino pavimentado, de grava o de tierra; aumento de los carriles, o construcción de calzadas nuevas adicionales, vías de servicio, vías de enlace a desnivel o autopistas divididas en varios carriles. El costo de una construcción nueva puede variar entre menos de 50,000 dólares por kilómetro, en el caso de un camino de grava, y mas de un millón de dólares por kilómetro, cuando se trata de una carretera de cuatro carriles con acceso limitado.

La evaluación del pavimento existente comprende las siguientes actividades:

- Relevamiento de fallas: Deformaciones permanentes, longitudinales y transversales.
- Fisuración y agrietamientos.
- Desprendimientos.
- Adherencia entre neumático y pavimento. Deformación del pavimento bajo carga: medición de deflexión y radio de curvatura de la deformada.

## EL ESTADO DE LOS CAMINOS Y SU CLASIFICACIÓN

En relación a la determinación del Estado de la Red Vial, la SOPTRAVI ha sistematizado la evaluación de estado de las vías, definiendo las metodologías de Inspección y la clasificación de las diferentes fallas que sirven de fundamento para planear las estrategias de priorización de las inversiones a mediano y largo plazo, que permite en el tiempo entre otras cosas:

- Evaluar la condición de la red o de los tramos individuales.
- Identificar secciones con excesivo deterioro.
- Determinar la estrategia de Mantenimiento más apropiada en cada caso particular.
- Evaluar las consecuencias de las políticas de conservación y asignaciones presupuestarias en la calidad de servicio de las carreteras y los costos totales de transporte vial.

## MANUAL CENTROAMERICANO DE CARRETERAS (SIECA)

En el año 2000, luego que Centroamérica avanzara en el proceso de asimilar los daños ocasionados por la tormenta tropical Mitch del año 1998 y se diera cuenta que los desastres naturales no diferencian las fronteras políticas, los países de la región acordaron que para hacer frente a estas amenazas, debían tomar acciones y adoptar normas técnicas aplicables a las carreteras, con el propósito de reducir la vulnerabilidad de sus redes viales.

Por lo tanto la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) comenzó a trabajar en la elaboración de una serie de documentos técnicos, cuyo objetivo era armonizar las normativas existentes en la región, relacionadas con temas viales. Este esfuerzo dio como resultado la publicación, entre otros, del Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras. Concluido este proceso, se continuó avanzando en el desarrollo de otros temas en materia de carreteras y servicios de transporte por carreteras, situación que se viene dando hasta la fecha.

Se agrupan en cinco categorías generales:

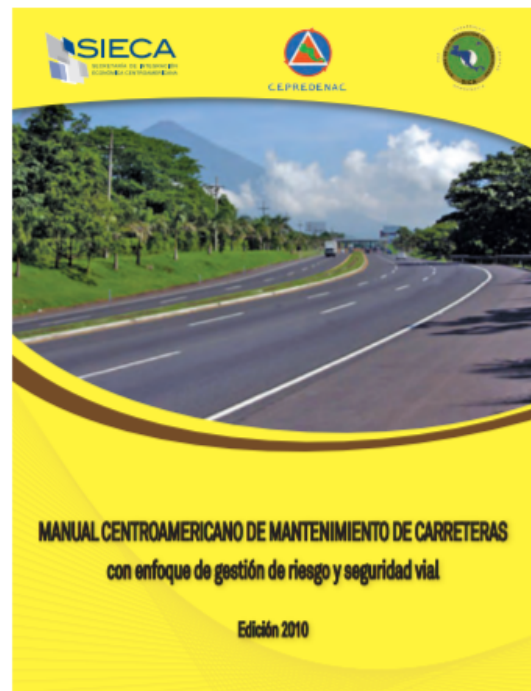
a) **Mantenimiento rutinario** Comprende la realización de todas aquellas actividades requeridas para conservar una vía en buen estado, las cuales se repiten una o más veces al año. También, incluye aquellas labores de reparación vial destinadas a recuperar ciertos elementos con daños menores, tales como los barandales de puentes, obras de drenaje menor, señalización vertical y horizontal, muros de retención y actividades afines.

b) **Mantenimiento periódico** Abarca las obras de conservación vial que se realizan en períodos programados, generalmente de más de un año de intervalo, para elevar la vía a un nivel de servicio bueno o muy bueno. Está considerada, entre otros, la colocación de sobrecapas en pavimentos deteriorados existentes y el mejoramiento de las capas de la estructura del pavimento.

c) **Mantenimiento preventivo** Consiste en actividades y obras de mantenimiento destinadas a prevenir fallas en la vía que han sido identificadas como defectuosas o con alto riesgo de que ocurran, antes de que éstas sucedan.

d) **Mantenimiento por administración** Se realiza en los casos donde los trabajos que deben realizarse no se pueden cuantificar, no existe una partida de pago en el contrato para cubrirlos o son para ejecutar obras de emergencia o no previstas. En estos casos es necesario proceder con la modalidad de trabajos por administración, mediante el cual el pago por toda la actividad realizada (mano de obra o materiales utilizados), se efectúa según lo descrito en la sección 1200 del Capítulo I de este manual.

e) **Mantenimiento de emergencia** Corresponde a la ejecución de actividades realizadas en forma urgente, como consecuencia de sucesos de fuerza mayor (como el caso de desastres naturales) y que tienen el propósito de habilitar lo más pronto posible la vía para que permita la libre transitabilidad



FUENTE: MANUAL CENTROAMERICANO DE CARRETERAS (SIECA) CEDEPPRENAC

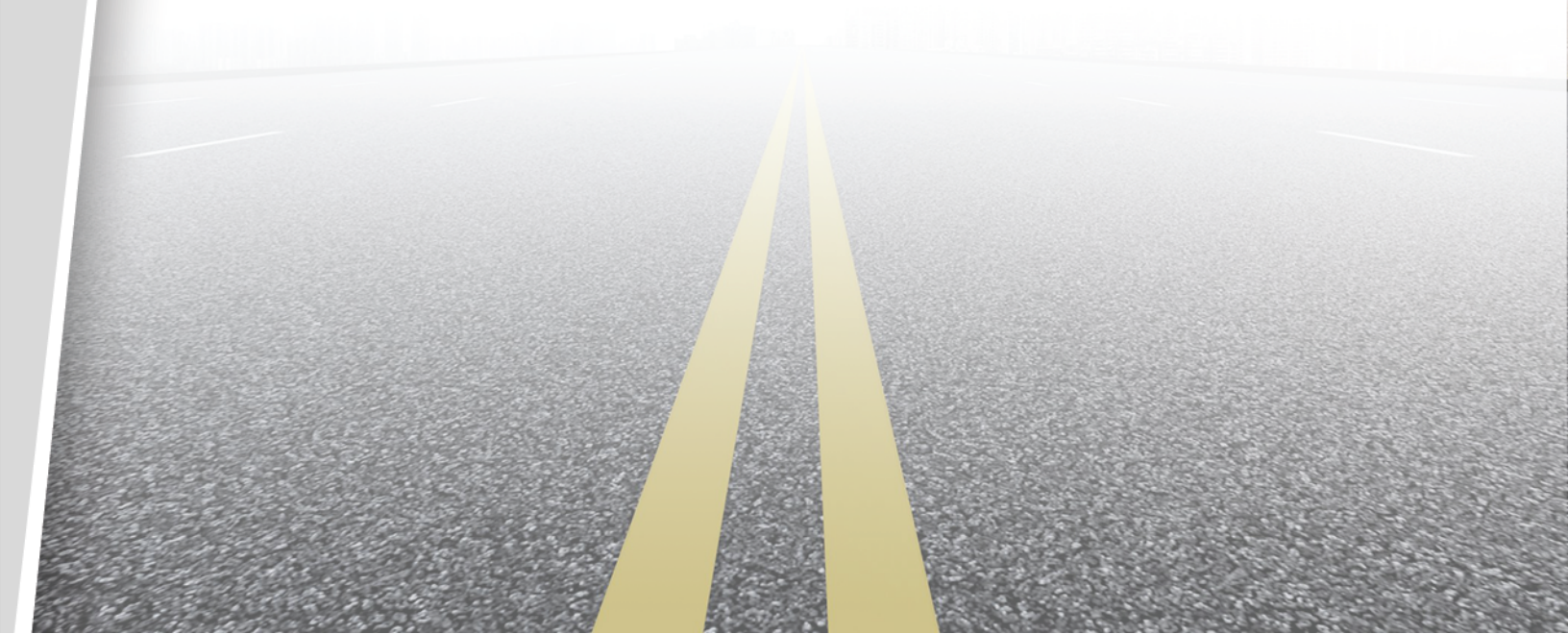
El objetivo principal del manual SIECA es mejorar la situación de transitabilidad y reducir la vulnerabilidad del transporte terrestre en la región comprendida por Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá contempla la actualización del presente manual, a través de la formación de grupos técnicos conformados por representantes de los Ministerios de Transporte y de las instancias de protección civil, estas normas del manual se han aplicados en carreteras del país, pero si no se siguen los lineamientos de mantenimiento, la vida del pavimento no beneficiara la durabilidad de estas.




---

*Capítulo* **3**

**Fallas en  
Concreto Asfáltico**



## DATOS GENERALES DE FALLA POR PIEL DE COCODRILO

Tipo de Falla	Piel de Cocodrilo
Descripción:	<p>Consiste en una serie de grietas interconectadas causadas debido a la falla por fatiga (paso repetido de vehículos), las grietas se propagan del fondo de la capa de mezcla asfáltica hacia arriba. El deterioro aparece inicialmente como una serie de grietas longitudinales paralelas que conforme se someten a más pasadas vehiculares se interconectan y forman algo parecido al cuero de un lagarto. El deterioro ocurre solamente en áreas sujetas al paso repetido de los vehículos como las huellas de los mismos.</p>
Ilustración	
Nivel de Severidad	<p>L (Low: Bajo): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.</p> <p>M (Medium: Medio): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.</p> <p>H (High: Alto): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.</p>
Causa	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica, generalmente en la huella, bajo acción repetida de las cargas de tránsito. Por lo general, el fisuramiento excesivo indica que el pavimento ya no tiene capacidad estructural de sostener las cargas de tránsito y ha llegado al final de su vida útil.</li> <li>·Ligante envejecido.</li> <li>·Subdrenaje inadecuado en sitios aislados</li> </ul>


## DATOS GENERALES DE FALLA POR GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL

Tipo de Falla	Grietas longitudinales y transversales
Descripción:	Las grietas longitudinales son paralelas a la línea de centro de la carretera y las transversales se extienden a través del pavimento en ángulos rectos con respecto a la línea de centro de la carretera (dirección de avance de los vehículos).
Ilustración	
Nivel de Severidad	<p>L (Low: Bajo): Existe una de las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.</li> <li>2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).</li> </ol> <p>M (Medium: Medio):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.</li> <li>2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas.</li> <li>3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.</li> </ol> <p>H (High: Alto):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta.</li> <li>2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.</li> <li>3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturada.</li> </ol>
Causa	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Reflejo de grietas causadas por grietas existentes debajo de la superficie de rodamiento; incluye grietas en pavimentos conformadas por capas estabilizadas químicamente o de concreto.</li> <li>·Endurecimiento por envejecimiento o drenaje inadecuado.</li> </ul>


## DATOS GENERALES DE FALLA EN BLOQUE

Tipo de Falla	Falla o grieta en bloque
Descripción:	<p>Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en piezas aproximadamente rectangulares, los bloques van generalmente de 0,3 m x 0,3 m a 3 m x 3 m.</p>
Ilustración	
Nivel de Severidad	<p>L (Low: Bajo): Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.</p> <p>M (Medium: Medio): Bloques definidos por grietas de severidad media .</p> <p>H (High: Alto): Bloques definidos por grietas de alta severidad.</p>
Causa	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria).</li> <li>·Por lo general, el origen de estas grietas no está asociado a las cargas de tráfico; sin embargo, dichas cargas incrementan la severidad de las fisuras. La presencia de fisuras en bloques generalmente es indicativo de que el asfalto se ha envejecido significativamente.</li> </ul>

## DATOS GENERALES DE DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS

Tipo de Falla	Desprendimiento de Agregados
Descripción:	Se da por un desprendimiento de partículas de agregado grueso.
Ilustración	
Nivel de Severidad	<p>L: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha de este, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.</p> <p>M: Desprendimiento considerable de agregados, al menos 20 partículas de agregado por metro cuadrado.</p> <p>H: Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.</p>
Causa	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Colocación irregular del asfalto, mezcla pobre, el asfalto se ha envejecido en forma apreciable.</li> <li>·Agregado inadecuado por falta de adherencia en el asfalto, agregado sucio, con polvo adherido.</li> <li>·Lluvia durante la colocación o antes de que el asfalto adquiera consistencia.</li> <li>·Puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas.</li> </ul> <p>El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.</p>

## DATOS GENERALES DEFORMACIÓN DE BACHES

Tipo de Falla	Baches																			
Descripción:	Los huecos son depresiones en la superficie del pavimento que poseen forma de tazón, usualmente el diámetro es menor a 750mm. Generalmente poseen bordes afilados y paredes verticales cerca de la superficie del hueco.																			
Ilustración																				
Nivel de Severidad	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Profundidad</th> <th colspan="3">Diámetro</th> </tr> <tr> <th>102 a 203</th> <th>203 a 457</th> <th>457 a 762</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12.7 a 25.4</td> <td>L</td> <td>L</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>25.4 a 50.8</td> <td>L</td> <td>M</td> <td>H</td> </tr> <tr> <td>mayor a 50.8</td> <td>M</td> <td>M</td> <td>H</td> </tr> </tbody> </table>	Profundidad	Diámetro			102 a 203	203 a 457	457 a 762	12.7 a 25.4	L	L	M	25.4 a 50.8	L	M	H	mayor a 50.8	M	M	H
Profundidad	Diámetro																			
	102 a 203	203 a 457	457 a 762																	
12.7 a 25.4	L	L	M																	
25.4 a 50.8	L	M	H																	
mayor a 50.8	M	M	H																	
Causa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundaciones y capas inferiores inestables; espesores insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.</li> <li>• Acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento y/o fundación, o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras tipo cuero de lagarto, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento.</li> </ul>																			

\*Nota: Las unidades en el apartado de severidad estan en milímetro (mm)

## DIRECTRICES DE EVALUACIÓN

Al momento de realizar las inspecciones es de suma importancia contar con formatos para la recopilación de los datos. Con la finalidad de llevar a cabo la evaluación de las soluciones según los datos de campo.

Es con esta finalidad que se le presenta una hoja de inspección para utilizarla en el campo, en la hoja se establecen las fallas propuestas por este manual y el uso del mismo va de la mano con el formato brindado.

El formato cuenta con el siguiente contenido:  
Tipos de Fallas: estas fallas son las que son redactadas en el manual, no se contemplan todas las posibles fallas que pueden presentarse en este tipo de pavimento, de la misma manera se detalla la manera en como debe ser cuantificada y se deja opción en el apartado de cantidad tres variantes ya que en un tramo en específico se pueden presentar la misma falla, pero con diferentes tipos de severidad a lo largo de la calzada.

Fallas en Pavimentos Flexibles	Unidad de Medida	Cantidad	Severidad		
			Alta	Media	Baja
Piel de Cocodrilo	m2	a)			
		b)			
		c)			
Grietas Longitudinales y Transversales	ml	a)			
		b)			
		c)			
Desprendimiento de Agregados	ml	a)			
		b)			
		c)			
Baches	m2	a)			
		b)			
		c)			
<b>Esquema</b>					

De igual manera en el caso de contar con diferentes tipos de severidad para una falla en específico se debe recolectar la información y escribirla en la hoja de datos. Es por esto que se le brindan las tres opciones (a,b y c ) que son los tres niveles de severidad que brinda el manual. En aqueos casos donde en la misma prolongación de la falla se presente un nivel de severidad diferente estos deben ser contabilizados según el nivel que presenten.

Cantidad	Severidad			Datos de Campo		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
a)	X			12.03		
b)						
c)						
a)						
b)						
c)						
a)						
b)						
c)						
a)						
b)						
c)						
<b>Esquema</b>						

Nivel de Severidad: Este apartada será determinado para cada tipo de falla según los parámetros brindados en este mismo capítulo del manual marcando con una "X" o un diferente signo. En el caso de ser la misma falla con diferentes niveles de severidad se procederá a la división y el marcado distinto para cada uno.

Datos de Campo: Con la finalidad de que la hoja tenga un espacio en donde el evaluador del tramo vial redacta de manera ordenada los datos recolectados al momento de la inspección ya que constatará que efectivamente los niveles de severidad marcados están acorde a los intervalos de rango según la falla. De igual manera en el caso de contar con diferentes tipos de severidad para una falla en específico se debe recolectar la información y escribirla en las hojas de datos.

## TOMA DE DATOS

# de Hoja /

Fecha \_\_\_\_\_  
 Ciudad y/o Provincia \_\_\_\_\_  
 Ruta \_\_\_\_\_  
 Coordenadas del Sitio \_\_\_\_\_

Estc. Inicial \_\_\_\_\_ Longitud del tramo \_\_\_\_\_  
 Estc. Final \_\_\_\_\_ Inspeccion Realizada por: \_\_\_\_\_

Fallas en Pavimentos Flexibles	Unidad de Medida	Cantidad	Severidad			Datos de Campo		
			Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Piel de Cocodrilo	m2	a)						
		b)						
		c)						
Grietas Longitudinales y Transversales	ml	a)						
		b)						
		c)						
Desprendimiento de Agregados	ml	a)						
		b)						
		c)						
Baches	m2	a)						
		b)						
		c)						
<b>Esquema</b>								
<b>Observaciones:</b>								

FUENTE: PÉREZ, SABILLÓN & BOESCH;  
 BASADO EN EL MANUAL MAV DE COSTA RICA



---

*Capítulo* **4**


**Fallas en Concreto  
Hidráulico**




## DATOS GENERALES DE FALLA POR GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL

Tipo de Falla	Grietas longitudinales y transversales
Descripción:	<p>Las grietas longitudinales son paralelas a la línea de centro de la carretera y las transversales se extienden a través del pavimento en ángulos rectos con respecto a la línea de centro de la carretera (dirección de avance de los vehículos).</p> <p>Grietas que generalmente dividen la losa en 2 o 3 piezas.</p>
Ilustración	
Nivel de Severidad	<p>•Bajo: Losas no reforzadas: Grietas sin rellenar menores a 13 mm ó grietas rellenas de cualquier ancho con el sello en condición satisfactoria. No existe escalonamiento. Losas reforzadas: Grietas sin rellenar con ancho mayor a 3mm y menor a 25 mm ó grietas rellenas de cualquier ancho con el sello en condición satisfactoria. No existe escalonamiento.</p> <p>•Medio: Losas no reforzadas: Grietas sin rellenar con ancho mayor a 13 mm y menor a 50 mm ó grietas sin rellenar con ancho menor a 50 mm y borde fracturado menor a 10 mm ó grietas selladas de cualquier ancho con escalonamiento menor a 10 mm. Losas reforzadas: Grietas sin rellenar con ancho mayor a 25 mm y menor a 75 mm y sin escalonamiento ó grietas sin rellenar con ancho menor a 75 mm y con escalonamiento menor a 10 mm ó grietas selladas de cualquier ancho con escalonamiento menor a 10 mm.</p> <p>•Alto: Losas no reforzadas: Grietas sin rellenar con ancho mayor a 50 mm ó grietas sin rellenar o rellenas con escalonamiento mayor a 10 mm. Losas reforzadas: Grietas sin rellenar con ancho mayor a 75 mm ó grietas sin rellenar o rellenas con escalonamiento mayor a 10 mm.</p>
Causa	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Asentamiento de la base y/o la subrasante.</li> <li>•Repetición de cargas pesadas (fatiga del concreto).</li> <li>•Gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad.</li> <li>•Carencia de una junta longitudinal.</li> <li>•Inadecuado dimensionamiento de losas</li> <li>•Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base o alabeo térmico.</li> </ul>


## DATOS GENERALES DE FALLA POR FISURA

Tipo de Falla	Fisura Longitudinal
Descripción:	Fractura de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos planos.
Ilustración	
Nivel de Severidad	<p><b>Bajo</b> Fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3 mm. Fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria; no hay signos visibles de despostillamiento y/o dislocamiento.</p> <p><b>Mediano</b> Fisuras activas, de ancho promedio entre 3 y 10 mm. Fisuras de hasta 10 mm de ancho con despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm. Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria, y/o despostillamiento y/o dislocamiento menor de 10 mm.</p> <p><b>Alto</b> Fisuras de ancho promedio mayor de 10 mm. Fisuras selladas o no, de cualquier ancho, con despostillamientos severos y/o dislocamiento mayor de 10 mm.</p>
Causa	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Excesivas repeticiones de cargas pesadas,</li> <li>·Pérdida de soporte de la fundación,</li> <li>·Gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad,</li> <li>·Deficiencias en el proceso de construcción de las losas y/o sus juntas longitudinales</li> <li>·Relación ancho / longitud excesiva.</li> </ul>

## DATOS GENERALES DE FALLA DE JUNTAS

Tipo de Falla	Daño en el sello de junta
Descripción:	Se entiende por daño en el sello de junta como cualquier condición en el sello que permita la acumulación de material (suelo o material incompresible) en las juntas y que permita el paso del agua a las capas subyacentes.
Ilustración	
Nivel de Severidad	<p>·Bajo: El sello de junta se encuentra en general en buenas condiciones a lo largo de la unidad de muestreo (UM). El sellado sólo posee daños menores. El sello se ha desprendido de alguna pared pero aún se encuentra en el sitio, esta situación se evalúa insertando un cuchillo entre el sello y la pared de la losa y si el sello no opone resistencia entonces es que está despegado.</p> <p>·Medio: El sello de junta se encuentra en condición pobre a través de toda la UM, con algún tipo de daño en grado moderado (El sello está en su lugar pero el agua puede filtrarse a través de aberturas visibles de aproximadamente 3 mm, existe vegetación en la junta pero aún es visible el sellado, el sellador se encuentra oxidado y sin "vida" pero flexible).</p> <p>·Alto: El sello de junta se encuentra en pésima condición a través de toda la UM, con alguno o todos los daños mencionados anteriormente en un grado severo. El sello necesita reparación inmediata. Si más del 10 % del sello excede los criterios mencionados anteriormente o si más del 10 % del sello no se encuentra.</p>
Causa	<ul style="list-style-type: none"> <li>·Endurecimiento por oxidación del material de sello.</li> <li>·Pérdida de adherencia con los bordes de las losas (Falla cohesiva).</li> <li>·Levantamiento del material de sello por efecto del tránsito y movimientos de las losas.</li> <li>·Escasez o ausencia del material de sello.</li> <li>·Material de sello inadecuado.</li> <li>·Crecimiento de plantas en juntas</li> </ul>

## DATOS GENERALES DE PÉRDIDA DE MATERIAL SUPERFICIAL

Tipo de Falla	Pérdida de Material Superficial
Descripción:	<p>El desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.</p>
Ilustración	
Nivel de Severidad	<p>L: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha de este, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.</p> <p>M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.</p> <p>H: Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.</p>
Causa	<p>Puede deberse a partículas blandas o fragmentos de concreto rotos y desgastados por el tránsito.</p>

## DATOS GENERALES DE DEFORMACIONES EN PAVIMENTO HIDRÁULICOS

Tipo de Falla	Levantamiento de Losas
Descripción:	Sobre elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o fisura transversal.
Ilustración	
Nivel de Severidad	<p>Bajo Baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a velocidad de operación promedio.</p> <p>Mediano Moderada incidencia en la comodidad de manejo genera incomodidad y obliga a disminuir velocidad de circulación.</p> <p>Alto Excesivo salto del vehículo, generando la pérdida de control del mismo, una sustancial incomodidad, riesgo para la seguridad y/o daños al vehículo, siendo necesario reducir drásticamente la velocidad.</p>
Causa	Falta de libertad de expansión de losas.

## DIRECTRICES DE EVALUACIÓN

Al momento de realizar las inspecciones es de suma importancia contar con formatos para la recopilación de los datos. Con la finalidad de llevar a cabo la evaluación de las soluciones según los datos de campo.

Es con esta finalidad que se le presenta una hoja de inspección para utilizarla en el campo, en la hoja se establecen las fallas propuestas por este manual y el uso del mismo va de la mano con el formato brindado.

El formato cuenta con el siguiente contenido:  
Tipos de Fallas: estas fallas son las que son redactadas en el manual, no se contemplan todas las posibles fallas que pueden presentarse en este tipo de pavimento, de la misma manera se detalla la manera en como debe ser cuantificada y se deja opción en el apartado de cantidad tres variantes ya que en un tramo en específico se pueden presentar la misma falla, pero con diferentes tipos de severidad a lo largo de la calzada.

Fallas en Pavimentos Rígidos	Unidad de Medida	Cantidad	Severidad	
			Alta	Media
Grietas Longitudinales y Transversales	ml	a)		
		b)		
		c)		
Fisuras	ml	a)		
		b)		
		c)		
Falla en Juntas	ml	a)		
		b)		
		c)		
Pérdida de Material Superficial	m2	a)		
		b)		
		c)		

De igual manera en el caso de contar con diferentes tipos de severidad para una falla en específico se debe recolectar la información y escribirla en la hoja de datos. Es por esto que se le brindan las tres opciones (a,b y c ) que son los tres niveles de severidad que brinda el manual. En aqueos casos donde en la misma prolongación de la falla se presente un nivel de severidad diferente estos deben ser contabilizados según el nivel que presenten.

Cantidad	Severidad			Datos de Campo		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
a)	X			12.03		
b)						
c)						
a)						
b)						
c)						
a)						
b)						
c)						
a)						
b)						
c)						

**Esquema**

Nivel de Severidad: Este apartada será determinado para cada tipo de falla según los parámetros brindados en este mismo capítulo del manual marcando con una "X" o un diferente signo. En el caso de ser la misma falla con diferentes niveles de severidad se procederá a la división y el marcado distinto para cada uno.

Datos de Campo: Con la finalidad de que la hoja tenga un espacio en donde el evaluador del tramo vial redacta de manera ordenada los datos recolectados al momento de la inspección ya que constatará que efectivamente los niveles de severidad marcados están acorde a los intervalos de rango según la falla. De igual manera en el caso de contar con diferentes tipos de severidad para una falla en específico se debe recolectar la información y escribirla en las hojas de datos.

## TOMA DE DATOS

# de Hoja /

Fecha \_\_\_\_\_  
 Ciudad y/o Provincia \_\_\_\_\_  
 Ruta \_\_\_\_\_  
 Coordenadas del Sitio \_\_\_\_\_

Estc. Inicial \_\_\_\_\_ Longitud del tramo \_\_\_\_\_  
 Estc. Final \_\_\_\_\_ Inspeccion Realizada por: \_\_\_\_\_

Fallas en Pavimentos Rígidos	Unidad de Medida	Cantidad	Severidad			Datos de Campo		
			Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Grietas Longitudinales y Transversales	ml	a)						
		b)						
		c)						
Fisuras	ml	a)						
		b)						
		c)						
Falla en Juntas	ml	a)						
		b)						
		c)						
Pérdida de Material Superficial	m2	a)						
		b)						
		c)						
<b>Esquema</b>								
<b>Observaciones:</b>								

FUENTE: PÉREZ, SABILLÓN & BOESCH;  
 BASADO EN EL MANUAL MAV DE COSTA RICA



---

*Capítulo* **5**

**Reparaciones**



## FALLAS DE PAVIMENTO FLEXIBLES

### PIEL DE COCODRILO

Si la severidad de la falla es alta el procedimiento a seguir es el que se le muestra a continuación, en el caso de ser una falla media o baja se procede a tratar la reparación como fisuras longitudinales y transversales en el caso de la reparación la cual se expone en este mismo capítulo. El procedimiento varía según el tamaño que tengan las grietas.

Materiales: Los materiales mostrados en este apartado no necesariamente serán empleados todos para un caso de reparación dependerá según la severidad de la falla.

- Compactador de plato vibratorio



- Rastrillo de Nivelación para Asfalto



- La mezcla asfáltica deberá cumplir con las características del material existente, por lo que se llegará un mutuo acuerdo entre el encargado de realizar la reparación y el diseñador del tramo de carretera.
- El material bituminoso, será asfalto líquido MC-70 o emulsión asfáltica (SS-1; CSS- 1; MS-1) que debe cumplir con los requisitos establecidos en las especificaciones M-81, M-82 o M-140 de AASHTO.

- Difusor asfáltico (pequeño o camión con manguera desplegable)



- Cortadora de Pavimento



- Compresor de aire portatil

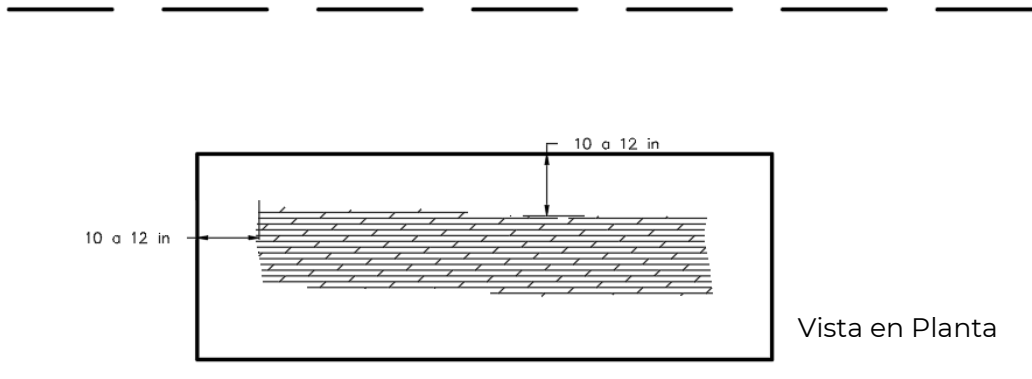


- Sepillo



Procedimiento

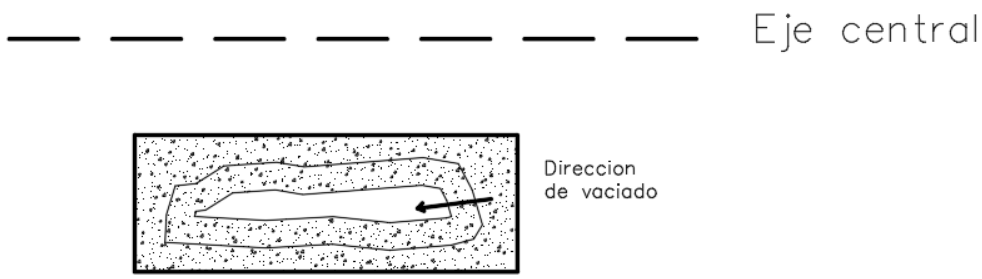
1.- Remover el material que conforma la capa de rodamiento y la base, extendiéndose de 10 a 12 pulgadas alrededor del área fisurada. La delimitación de la zona a restaurar debe ser aproximadamente cuadrada o rectangular, con bordes planos y verticales y por lo menos dos caras perpendiculares a la dirección del tránsito.



2.- Cuando el agua fuera la causa de la falla se debe mejorar el drenaje y revisar la capacidad de la capa de suelo inferior a la falla.

3.- Aplicar un riego de liga a las caras verticales.

4.- Rellenar el bache con mezcla asfáltica procesada en caliente, distribuyéndola cuidadosamente para evitar segregación. Nunca debe volcarse directamente desde el camión en que se transporta o desde la carretilla, sino que debe ser paleada y comenzando por llenar los bordes y luego ir cubriendo la zona del centro.

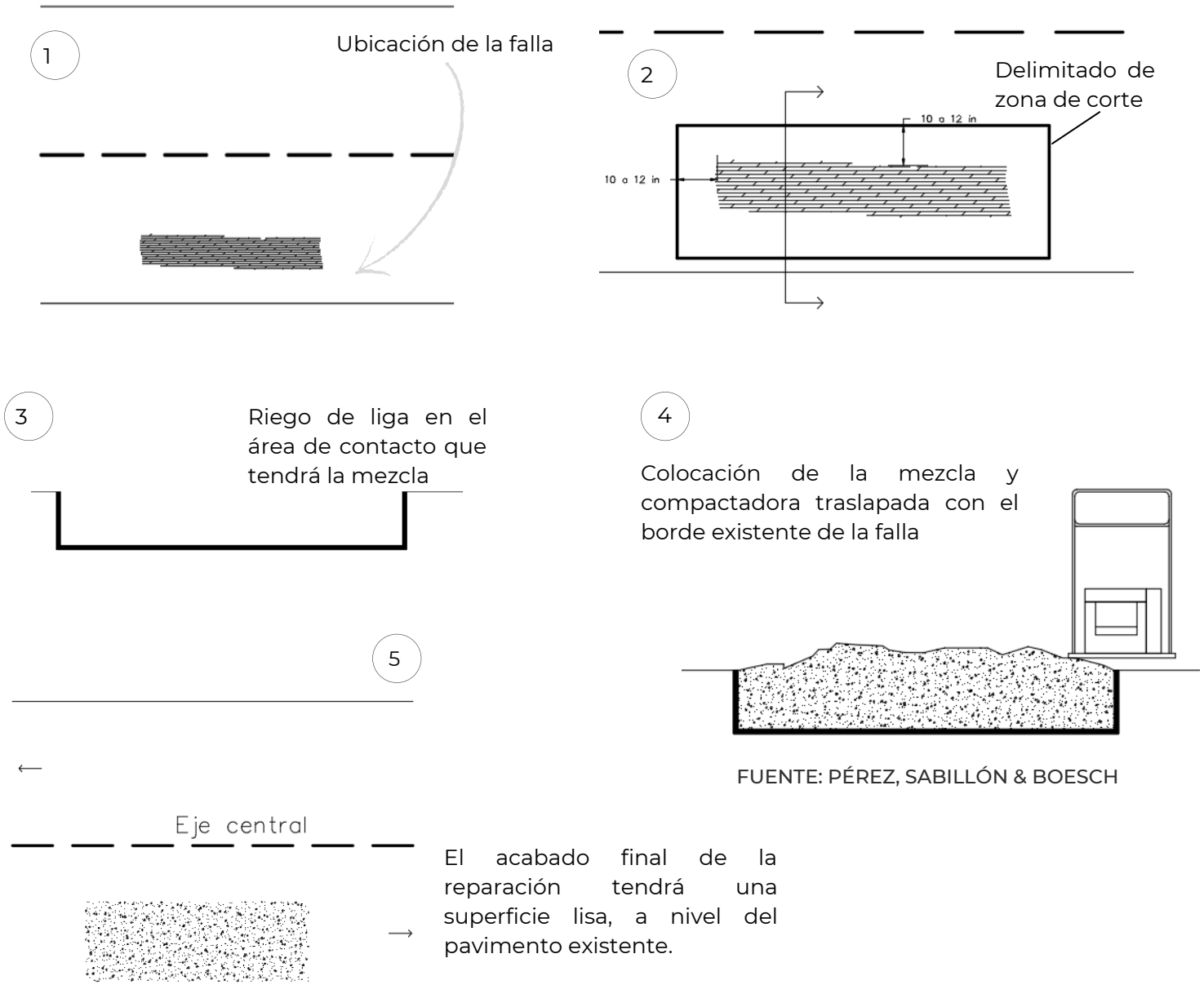


5.- Si el espesor a rellenar es mayor de 6 pulgadas, la distribución se efectuará en dos capas. A fin de obtener una mayor lisura y un correcto enrase conviene que la última capa no exceda de 3 pulgadas. El espesor de la mezcla suelta a distribuir oscila entre un 40% y 45% en exceso con respecto al espesor compactado que se desea obtener. La mezcla se debe distribuir con rastrillos especiales.

6.- Compactar con plato vibratorio si el área es pequeña; si la superficie a bachear es considerable se recomienda el uso de aplanadoras pequeñas. Tratándose de la capa superior se recomienda seguir la siguiente técnica: comenzar a aplanar el bache desde los bordes, apoyando el equipo unas 4 pulgadas (10cm) sobre la mezcla suelta, se obtiene así una junta neta, bien enrasada. Continuar compactando superponiendo en cada nueva pasada no más de 4 pulgadas (10cm) y teniendo la precaución de elegir como dirección de la aplanadora una perpendicular al eje del camino, es decir aplanar transversalmente al mismo. Mediante este procedimiento se asegura la lisura longitudinal del bache reparado. Se debe cumplir además con la regla general de avanzar el aplanado de abajo hacia arriba.

Esquemmatización:

:



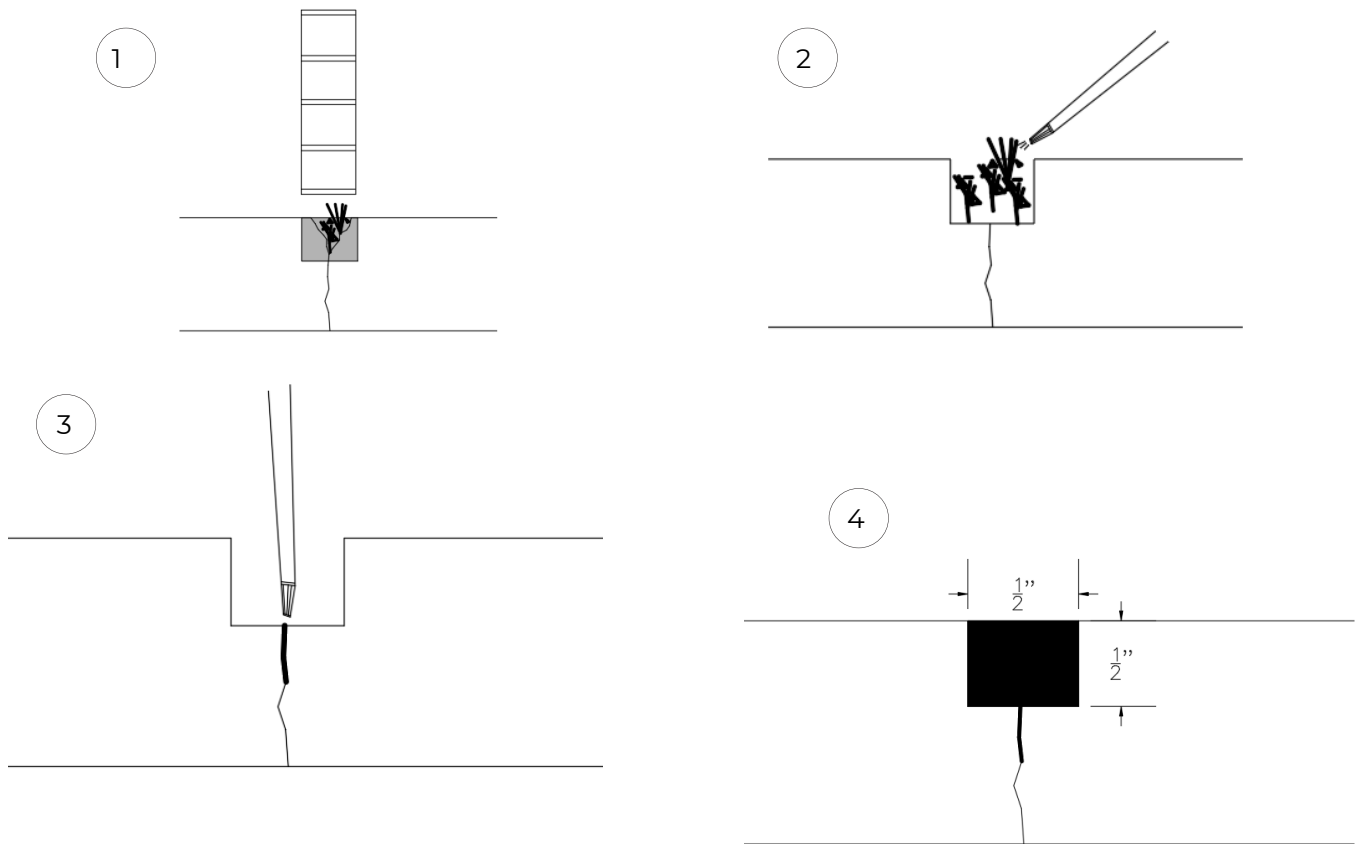
## GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

En el caso de ser una Severidad Baja se procede a rellenar con mezcla asfáltica fina la grieta, procesada en caliente, la zona agrietada. Distribuir la mediante cepillo.

Procedimiento para Severidad Media

- 1.- Cortar una pequeña zanja alrededor del área a tratar con el objeto de calzar la mezcla con que se reparará la falla.
- 2.- Limpiar la superficie fisurada con cepillos o aire comprimido.
- 3.- Rellenar con mezcla asfáltica fina, procesada en caliente, la zona agrietada. Distribuir la mediante cepillo.
- 4.- Compactar con apisonador de plato vibratorio, con aplanadora o mediante las ruedas de un camión cargado.

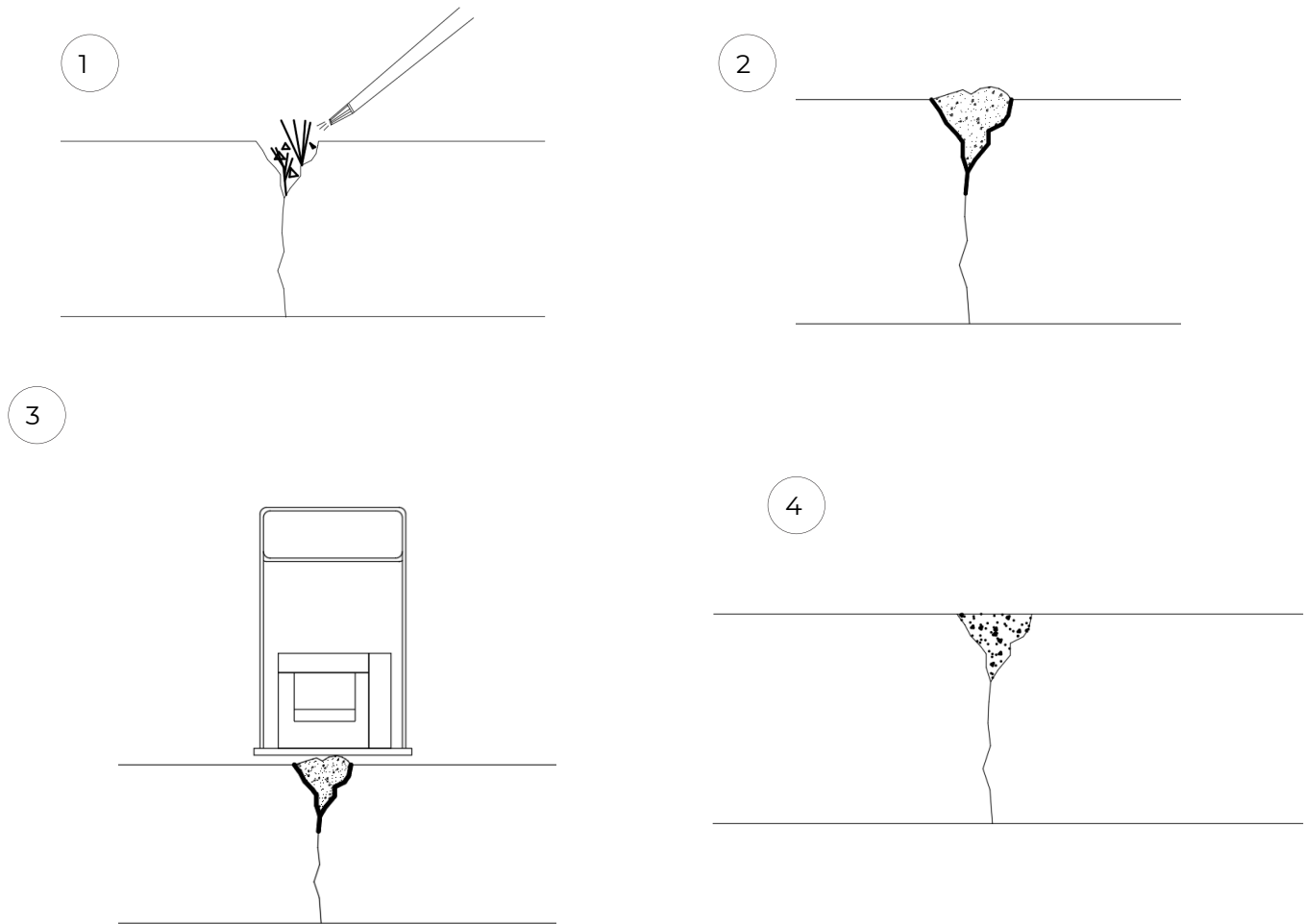
Esquemmatización:



### Procedimiento para Severidad Alta

- 1.- Limpiar la superficie fisurada con cepillos o aire comprimido.
- 2.- Aplicar un riego de liga en la totalidad de la grieta.
- 3.- Rellenar con mezcla asfáltica procesada en caliente, distribuyéndola cuidadosamente para evitar segregación, considerar una cantidad extra de asfalto con un estimado del 40%\* del volumen ya compactado en la grieta variando según la prolongación.
- 4.- Compactar con apisonador de plato vibratorio, con aplanadora o mediante las ruedas de un camión cargado.

Esquemmatización:



\*Este porcentaje de abundamiento es debido al proceso de compactación al cual es sometido al material de relleno en la falla, y que en la reparación de la falla se deja una capa que sobresale en el área de la que será compactada con el tiempo por el trafico de la zona.

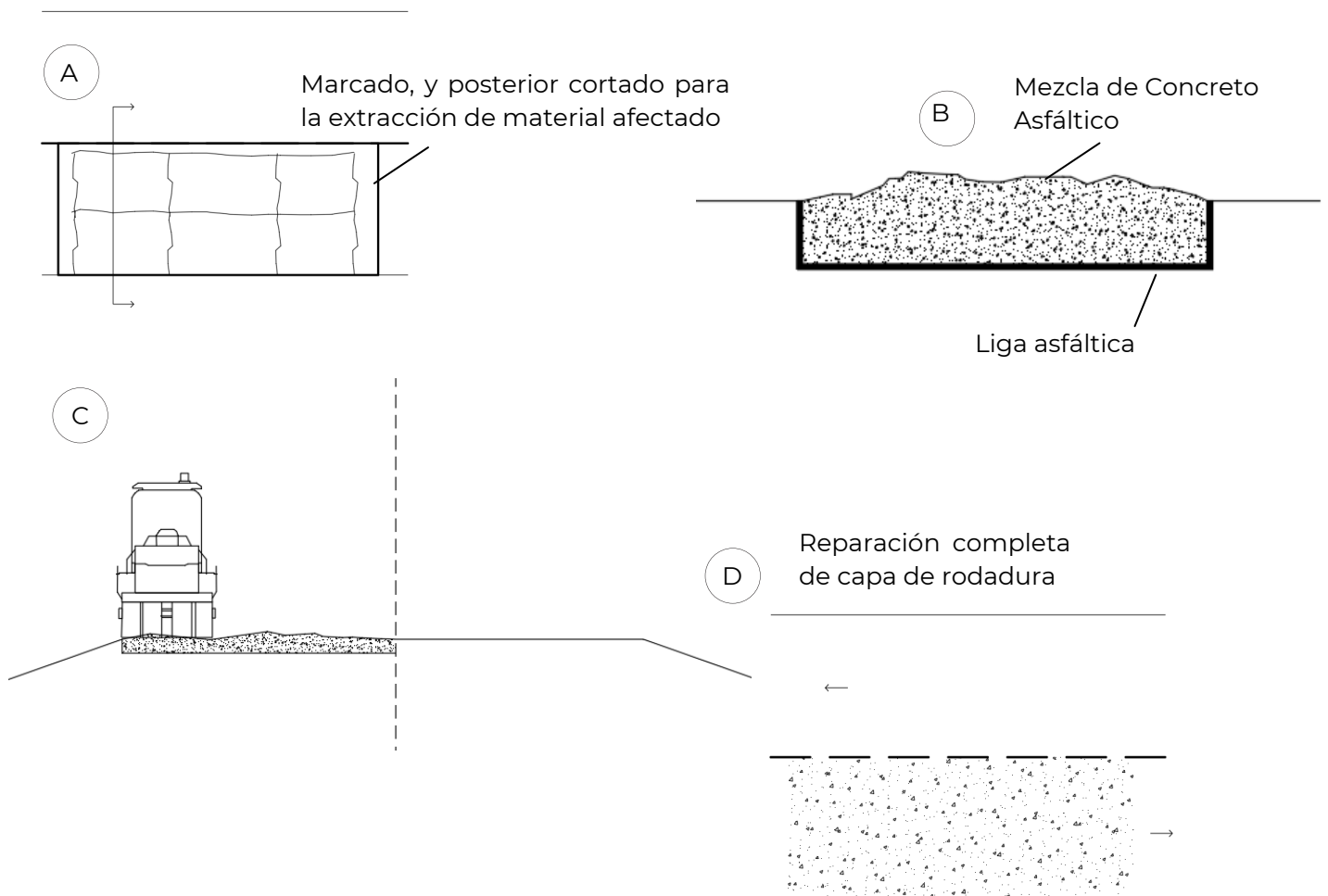
## FALLA O GRIETA EN BLOQUE

En el caso de ser una Severidad Baja o Media, el procedimiento de acción para las grietas es igual al llevado a cabo en las grietas longitudinales y transversales mostradas en este mismo capítulo

Procedimiento para Severidad Alta

- 1.- Debido a que esta falla cubre grandes claro del tramo vial se procede al retiro del pavimento afectado realizando un corte parcial de la calzada o en su totalidad en la falla.
- 2.- Retirar el material, y modificar la capa de suelo inferior a la carpeta analizando su resistencia actual y realizar modificaciones si esta no cumplirá con los valores de diseño.
- 3.- Contando con la base en buen estado imprimir el suelo con emulsión asfáltica.
- 4.- Mediante de una pavimentado de asfalto o procedimiento manual (consiste en la adición de la mezcla asfáltica en caliente o frío mediante carreteas y rastrillos realizando la distribución del borde de la falla hacia el centro colocan entre un 40% y 45% del volumen necesario en la falla.)
- 5.- Compactar mediando rodillos de tambor o de neumáticos la carpeta asfáltica

Esquematzación:



## DESPRENDIMIENTO DE MATERIAL

Procedimiento para Severidad Media y Alta  
Tratamiento Asfáltico Superficial

Equipo

- Difusor asfáltico (pequeño o camión con manguera desplegable)



- Compactador Neumatico



- Gravilladora



- Barredora





**Materiales y Especificaciones:**

- El material asfáltico que se utilice será cemento asfáltico de penetración 120 – 150; cemento asfáltico de graduación por viscosidad AC-20, RC-3000 o emulsión asfáltica RS-1, RS-2; CRS-1 y CRS-2. Debe cumplir con los requisitos de las Especificaciones para Materiales Asfálticos establecidos en la norma AASHTO M-20, M-226, y M-140 respectivamente.

El material asfáltico debe aplicarse a razón de 0.20 a 0.40 galones (US) de asfalto residual por metro cuadrado, a una temperatura entre 140 °C y 177 °C para el 85-100 y el AC-20; una temperatura de 75 °C a 130 °C para RS-1 y CRS -1 y de 110 °C a 160 °C para RS-2 y CRS -2.

- El material de cubierta se debe ensayar de acuerdo con los métodos de la AASHTO indicados:

Análisis Mecánico	AASHTO T-27
Ensayo Desgaste de Los Ángeles	AASHTO T-96
Sanidad (5 ciclos)	AASHTO T-104
Afinidad de asfalto	AASHTO T-182

**Granulometría primera capa**

TAMIZ	% QUE PASA
½" (12.5 mm)	100
3/8" (9.5 mm)	95-100
No.4 (4.75 mm)	10-30
No. 8 (2.36 mm)	0-10
No. 200 (0.075 mm)	0-5

**Granulometría segunda capa**

TAMIZ	% QUE PASA
3/8" (9.5 mm)	100
No.4 (4.75 mm)	85-100
No. 8 (2.36 mm)	10-40
No.16 (1.18 mm)	0-10
No.50 (0.30 mm)	0-5

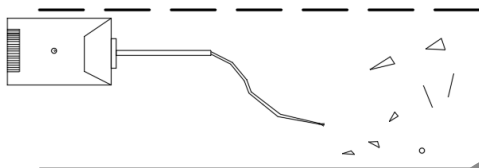
FUENTE: PAVEMENT CONDITION INDEX

El agregado que se utilizará debe tener un porcentaje de desgaste de 35% o menos y debe tener una pérdida de sanidad de 12% o menos. La cantidad de trituración se debe regular de manera que el 60%, por peso, de todo el material mayor que el tamiz No. 4 tenga un mínimo de dos caras mecánicamente fracturadas. Por lo menos el 95% del asfalto debe retenerse cuando el material de cubierta esté sujeto al Ensayo de Afinidad al Asfalto, AASHTO T-182.

Procedimiento

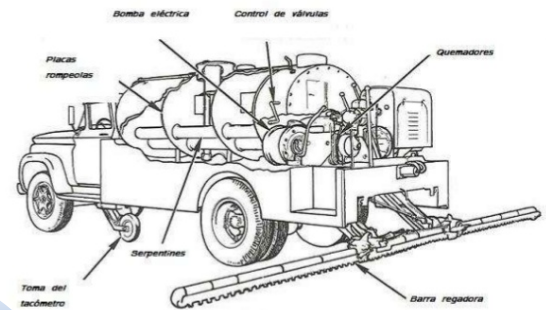
- Preparar el tramo de carretera dañado, barriendo con equipo mecánico o mediante procedimiento manual. (Procedimiento alternativo es la implementación de aire comprimido para expulsar la suciedad de la calzada)
- Realizar el riego de emulsión asfáltica mediante el camión difusor con una barra de riego igual o mayor a el ancho de la calzada a reparar.
- Con la gravilladora en reversa, esparcir el material de la cubierta de manera homogénea y a una velocidad constante.
- Compactar mediante rodillos neumáticos.

1 Limpieza con aire comprimido



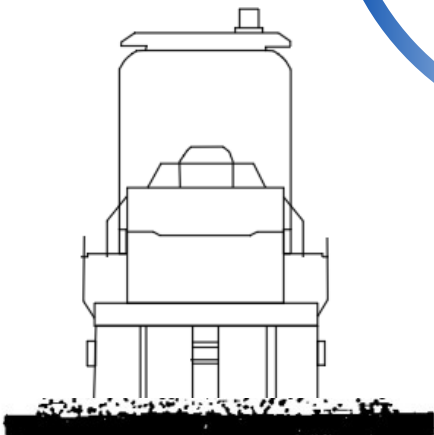
Riego de Liga

2

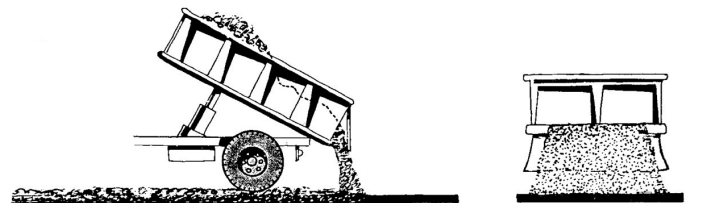


Se repite el proceso para un Tratamiento Bicapa

4



3



DE COMPUERTA ACOPLADA A LA CAJA DEL CAMIÓN

## BACHES

Procedimiento para Severidad Media y Alta

### Materiales

- Material de liga, el material asfáltico debe corresponder a un asfalto rebajado RC-70 (AASHTO M-81) o una emulsión asfáltica SS-1 (AASHTO M-41) o CSS-1 (AASHTO 208). Ambas emulsiones serán diluidas con agua, en tal proporción, que la mezcla resultante contenga aproximadamente el 40% por volumen de agua añadida, cuya cantidad exacta será fijada por el supervisor.
- Mezclas Asfálticas, el material bituminoso para la fabricación de la mezcla, será una emulsión asfáltica seleccionada de acuerdo al tipo de agregados que se pretenda utilizar, dicho aglomerante debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma AASHTO M-140.  
Los agregados pétreos serán el producto de roca o grava triturada constituidas por material limpio, libre de humedad, denso y durable, libre de polvo, terrones de arcilla u otras materias indeseables, que puedan impedir la adhesión completa del asfalto a los agregados pétreos. Los agregados pétreos deben ajustarse a la siguiente graduación:

Tamaño del Tamiz	Granulometría para Mezclas Asfálticas Cerradas (% que pasa)				
50mm (2")	100	---	---	---	---
37.5mm (1 1/2")	90-100	100	---	---	---
25.0 mm (1.0")	---	90-100	100	---	---
19.0mm(3/4")	60-80	---	90-100	100	---
12.5m (1/2")	---	60-80	---	90-100	100
9.5mm (3/8")	---	---	60-80	---	90-100
4.75mm(No.4)	20-55	25-60	35-65	45-70	60-80
2.36mm(No. 8)	10-40	15-45	20-50		
1.18mm(No.16)	---	---	---	---	---
0.600mm(No.30)	---	---	---	---	---
0.300mm(No.50)	2-16	3-18	3-20	5-20	6-25
0.150mm(No.100)	---	---	---	---	---
0.075mm(No.200)	0-5	1-7	2-8	2-9	2-10
Equivalente de Arena, en %	Min 35	Min 35	Min 35	Min 35	Min 35
Ensayo Los Ángeles @500 rev	Max 40	Max 40	Max 40	Max 40	Max 40
% caras trituradas	Min 65	Min 65	Min 65	Min 65	Min 65

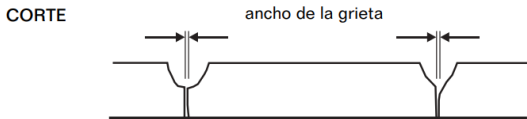
FUENTE: PAVEMENT CONDITION INDEX

### Procedimiento

- Excavación El área debe ser marcada por el supervisor, debiendo ser dos de sus lados perpendiculares al eje del camino. Los cortes de las paredes deben quedar parejos y verticales. El fondo de la excavación debe nivelarse y compactarse adecuadamente y debe quedar libre de material suelto. Los materiales excavados deben ser retirados y transportados a sitios de depósito previamente autorizados. Los trabajos de corte, excavación y transporte podrán ser ejecutados mediante el uso de herramienta mecánica o manual.
- Será aplicada sobre toda la superficie excavada, libre de material suelto y polvo, aplicándola en toda el área, incluyendo las paredes en proporciones que podrán variar desde 0.3 a 0.6 litros (0.08 a 0.15 galones) por metro cuadrado de superficie, y debe calentarse a una temperatura entre 60 a 80 grados C°. Se debe colocar con cuidado para evitar la formación de charcos. Se debe permitir que el asfalto penetre en la base durante el tiempo necesario según lo indique el supervisor.
- Colocación de la mezcla asfáltica, el material se extenderá a mano en una o dos capas de espesor similar, mediante el uso de carretillas de mano y rastrillos extendedores, sin permitir la segregación de los materiales y de acuerdo a los requerimientos establecidos. El nivel del bache terminado debe quedar a ras del nivel de la carretera. La colocación de la mezcla asfáltica no debe efectuarse cuando la superficie del bache se encuentre en estado insatisfactorio ó con señales de humedad excesiva. Las áreas de la mezcla asfáltica inaccesibles para el compactador manual, deberán compactarse satisfactoriamente mediante el uso de mazos apisonadores aprobados. La compactación de la mezcla asfáltica deberá comenzar en los bordes y avanzar hacia el centro. Para mezcla en caliente, la temperatura de colocación y compactación será no menor de 100°C

# TOMA DE DATOS

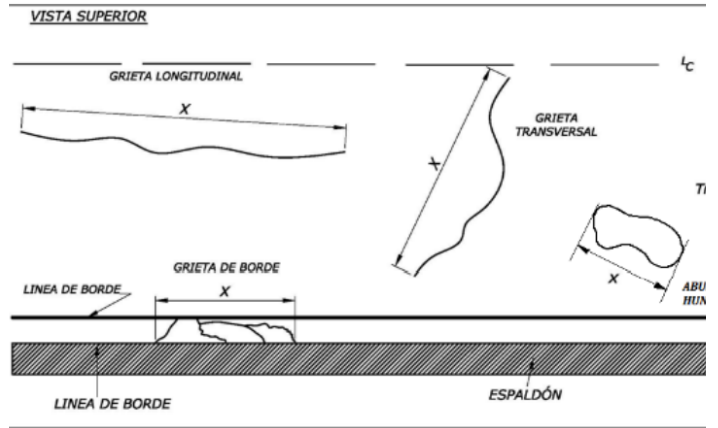
Con la finalidad de mostrarle la manera en que se debe desarrollar la toma de datos en campo para realizar los trabajos de evaluación. A continuación, se le brindara la manera correcta con respecto a la medición de las fallas.



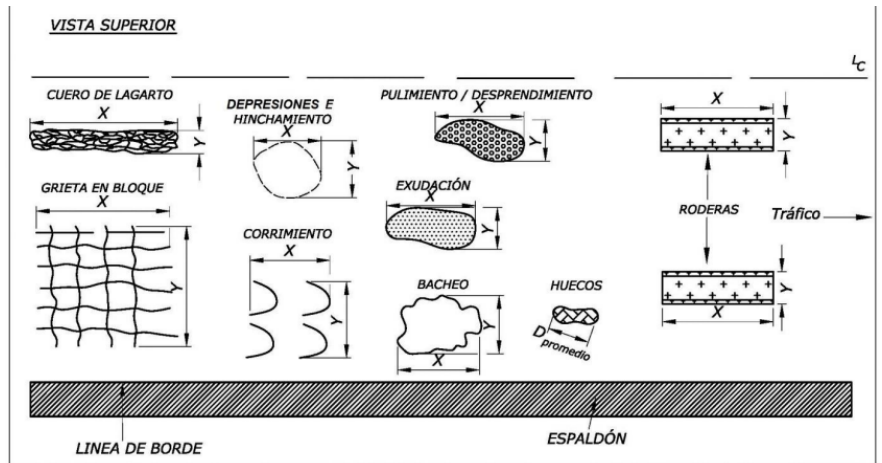
FUENTE: PÉREZ, SABILLÓN & BOESCH

En el caso de las evaluaciones de las grietas, se debe tomar como el ancho de la grieta de la manera como se muestra en la imagen antes mencionada, ya que en el caso de realizar la lectura del ancho que la falla presenta en la parte superior de la calzada se esta mal interpretando la información de campo y esto repercute en la clasificación de la falla catalogándola en un nivel mayor ya que estas fallas tienen ese comportamiento.

A continuación se le muestra la manera en como se debe realizar las mediciones para fallas como piel de cocodrilo, longitud de la fallas longitudinal y transversal.



FUENTE: PÉREZ, SABILLÓN & BOESCH



FUENTE: PÉREZ, SABILLÓN & BOESCH

## FALLAS DE PAVIMENTO RIGIDOS

### DAÑOS EN EL SELLO DE JUNTAS Y FISURAS

#### Materiales:

El sellante para las juntas y grietas deberá ser elástico, resistente a los efectos de combustibles y aceites automotrices, con propiedades adherentes con el concreto y debe permitir las dilataciones y contracciones que se presenten en las losas sin agrietarse, debiendo emplearse productos a base de silicona (ASTM D5893), poliuretano (ASTM C920) o asfalto (ASTM D6690), los cuales deberán ser autonivelantes y solidificarse a temperatura ambiente. Se deberá proporcionar los certificados de calidad respectivos.

#### Equipo:

- Equipo ranurador Para la elaboración y/o reperfilado de juntas, se dispondrá de un ranurador rotatorio autopropulsado.



- Inyector de aire comprimido



- Material de respaldo, (Cordón de polietileno)



Procedimiento:

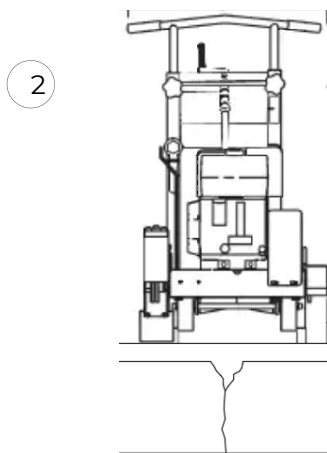
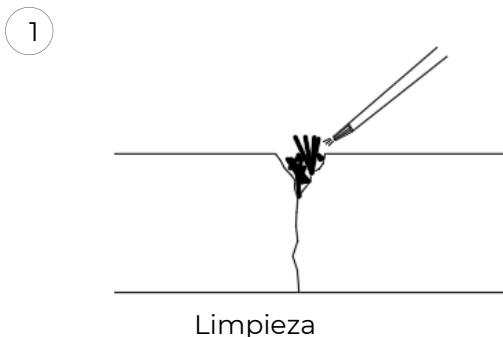
Colocar dispositivos de seguridad transitorios y verificar que todo el personal disponga de la vestimenta obligatoria y en buen estado, y asegurar el control adecuado del tránsito.

1.- Las juntas, fisuras y grietas que contengan restos de sellos antiguos o materias extrañas, deberán limpiarse completa y cuidadosamente en toda su profundidad. Para esto se podrá utilizar equipo ranurador, herramientas manuales u otros equipos adecuados que permitan remover el sello o relleno antiguo sin afectar al concreto. No deberán utilizarse equipos neumáticos de percusión u otras herramientas o elementos destinados a picar la junta, pues estos pueden soltar o desprender trozos de concreto.

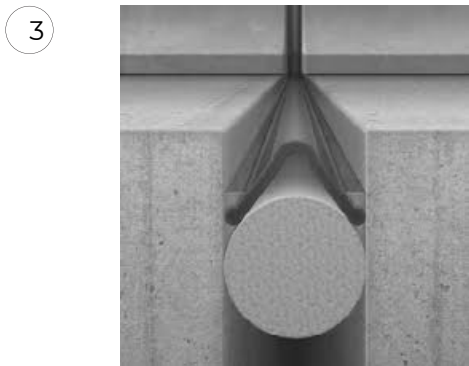
2.- Para las fisuras y grietas que no han sido tratadas previamente, se deberá formar una ranura o caja de reservorio con equipo ranurador, en todo el recorrido de la grieta, en una profundidad mínima de 20mm y en un ancho, no menor de 4mm ni mayor de 12mm.

3.- Se deberán seguir las recomendaciones del fabricante del sello (en cuanto a relación ancho a espesor) y este deberá quedar a una profundidad aproximada de 3mm abajo de los bordes de la junta o grieta, para evitar que sea removido por el tráfico vehicular. La aplicación del sellador deberá realizarse con equipo adecuado.

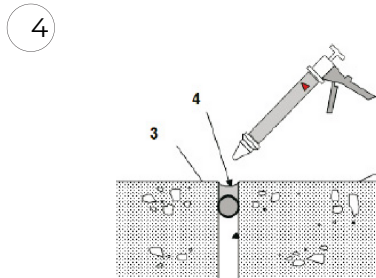
4.- Dejar la superficie del concreto completamente limpia.



Ranurado de Junta



Cordon de Polietileno



Sello con material y pistola de calafateo.

## GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Para las grietas que presenten una severidad baja y media se recomienda una solución mediante el Cosido cruzado y las de severidad alta una Reparación Profunda Total.

Materiales:

Adhesivo de anclaje el cual será empleado para que las barras tengan una buena transferencia de cargas a la losa. Se recomienda el Admix Epoxy Bond.

La colocación de las barras deberá realizarse en la hora con mayor temperatura debido a que las juntas permanecen más cerradas.

Equipo:

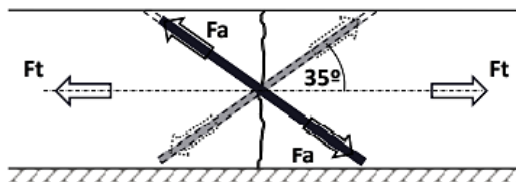
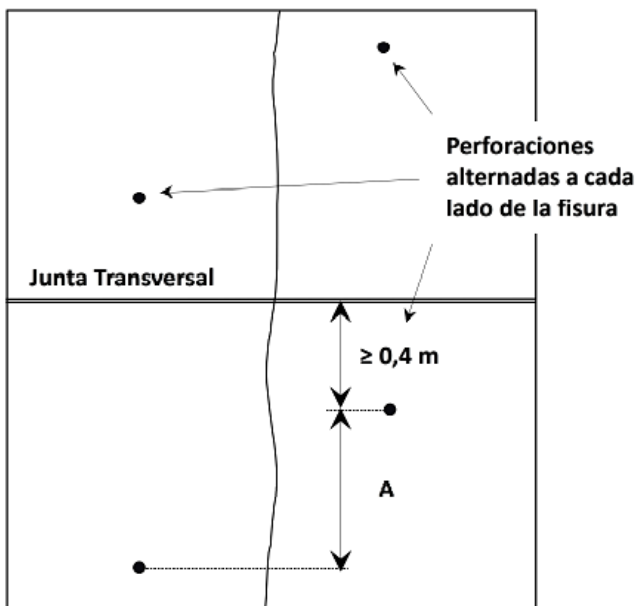
- Taladro



Procedimiento:

Colocar dispositivos de seguridad transitorios y verificar que todo el personal disponga de la vestimenta obligatoria y en buen estado, y asegurar el control adecuado del tránsito.

- 1.- Se debe realizar el marcado de la separación de las perforaciones, el cual tendrá un diámetro de 20mm.
- 2.- Cortar las barras de 1/2" de acero según el espesor de la losa, estas deberán llegar hasta 2 cm antes del total de su ancho.
- 3.- Mediante equipo mecánico se procede al ranurado de los agujeros que deben tener un ángulo de 35 grados.
- 4.- Rellenar el orificio con el componente adhesivo hasta 1/3 de la longitud de perforación. Posteriormente se introducen las barras y se da un acabado con el mismo material.





Procedimiento: Severidad alta.

Este tipo de reparación comenzara con el marcaje del área de trabajo, debido a que se procederá a la creación de nuevas juntas el procedimiento consiste en remover el material afectado y colocar dovelas (pasadores) en las losas a las cercanías para tener una correcta transferencia.

- 1.- Marcado del área, debidamente se procederá a el ranurado con equipo mecánico del perímetro afectado.
- 2.- Mediante equipo mecánico o manual retirar el material y limpiar la zona.
- 3.- Se deben hacer los análisis de la superficie y proceder a su reforzamiento si es necesario.
- 4.- Perforar los orificios de los paradores a la mitad de la altura de la losa en todo su perímetro espaciadas a una distancia de 30 cm y 15 cm en los extremos.
- 5.- Rellenar los orificio con el adherente y colocar las dovelas.
- 6.- Fundición del firme de concreto y el sello de las nuevas juntas.

## DAÑOS EN LOSAS

### Materiales:

Los trabajos consistirán en la reparación de las losas defectuosas en los pavimentos de concreto hidráulico, con el fin de restaurarlos a un estado que se ajuste a su condición original. Estos trabajos incluyen la remoción parcial o total de losas de concreto simple y/o reforzadas que muestren avanzado estado de fracturación; fisuramiento o deformaciones.

### Equipo:

- El cemento debe ser fabricado de acuerdo a la norma ASTM C-150, ASTM C-595 o ASTM C-1157.



- El agregado fino y grueso debe cumplir con los requisitos especificados en ASTM C-33.



- El concreto hidráulico deberá tener resistencia mínima a la flexotracción (Módulo de Ruptura) de 45 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días, obtenida según ASTM C-78. Deberá tener una relación agua/materiales cementantes de 0.49 máximo. La temperatura máxima de colocación deberá ser de 32°C, y deberá ser del tipo fast track cuando se requiera dar apertura al tráfico en poco tiempo.

- Los aditivos para el concreto deberán cumplir con los requisitos de ASTM C-494.
- Los tipos de selladores deberán cumplir con la sección 401.02 materiales.



Procedimiento:

Colocar dispositivos de seguridad transitorios y verificar que todo el personal disponga de la vestimenta obligatoria y en buen estado, y asegurar el control adecuado del tránsito.

Las losas rotas, grietas y fisuras erráticas, juntas de contracción ineficientes cercanas a la fisura, y desprendimientos a lo largo de juntas y fisuras, deberán reemplazarse o repararse antes de completar el sellado de juntas.

Las losas que contengan fisuras múltiples y de espesor completo, que separen a la losa en tres o más partes, deben ser removidas y reemplazadas.

Las grietas de esquina deberán ser intervenidas mediante la reparación de espesor completo, La reparación de espesor completo deberá ser de 3 metros de largo por el ancho de losa. Si la reparación de 3 metros deja un segmento de pavimento de menos de 3 metros de largo, se deberá extender la reparación a la junta transversal. Si las dimensiones de las losas que se deben recuperar son menores a 3 m, se deberá remover y reemplazar la losa completa.

En caso que el pavimento reparado presente dovelas o barras pasa juntas, estas deberán ser incorporadas en la junta de construcción, previo a la colocación de concreto, quedando empujada la mitad de la longitud de la dovela en el concreto existente, y teniendo el cuidado de alinearlas adecuadamente, además de engrasar uno de sus lados, para evitar que la dovela ofrezca restricciones al movimiento entre losas. La longitud de la dovela deberá ser al menos 400mm. El diámetro de las dovelas deberá ser similar a las existentes. En caso de existir dificultad para obtener dovelas de diámetro similar, se podrán utilizar dovelas de otros diámetros manteniendo siempre la cuantía de acero en la junta.

Cuando se realicen reparaciones de espesor completo, se deberá asegurar que el material de base y/o subbase no presenten daños, de lo contrario se deberá realizar las reparaciones respectivas.

Las losas de pavimento que presenten una fisura única, en forma longitudinal, se deberán reparar mediante la colocación de barras en cruz (cross stitching). No se deberá emplear esta técnica en grietas transversales.

La reparación con barras en cruz emplea barras de amarre corrugadas, que se insertan en agujeros perforados a través de una grieta, en ángulo de 25 a 45 grados, dependiendo del espesor de la losa. Una barra de diámetro igual a 19 mm es suficiente para mantener una junta estrechamente unida, con el fin de mejorar la transferencia de carga entre segmentos o dos losas contiguas. Las barras deben estar espaciadas de 600 a 900 mm, de centro a centro, y se alternan a cada lado de la grieta. Si existe tránsito de camiones pesados las barras deberán estar espaciadas a 600 mm. Las barras deberán estar a una distancia de 60 centímetros desde la junta transversal.

Se deberá asegurar que el agujero se profundice hasta que falte 2.5 centímetros antes de llegar a la parte inferior de la losa.

El agujero deberá estar limpio antes de introducir el epóxico y la barra

## PERDIDA DE MATERIAL SUPERFICIAL

Esta falla es común por el alto tráfico de la zona y los malos diseños de mezclas llevados a cabo al momento de la construcción del tramo de carretera. Es por esto que la solución para una severidad alta consiste en darle nuevamente al pavimento una superficie rugosa.

Materiales:

Equipo Ranurador



Procedimiento:

1.- Mediante equipo mecánico, realizar las correspondientes repeticiones con el equipo por la zona en donde se cuenta con una superficie lisa, hasta poder contar con las ranuras que son las que aportan la condición de agarre de las llantas y el concreto, y la encargada de hacer fricción en las llantas.

---

# Capítulo 6

## **Recomendaciones y Notas Adicionales**



## RECOMENDACIONES

Al momento de realizar una reparación en campo, se recomienda acudir al manual propuesto para realizar la reparación de manera técnica, y así evitar fallas o daños en la condición del pavimento, las normas propuestas en este manual son usadas internacionalmente y fueron acopladas a la región para la correcta utilización y desenvolvimiento de manera eficaz.

Se recomienda seguir paso a paso la directriz de solución a una falla propuesta en el manual ya que, se describe como deberá realizarse dicha reparación y conocer la diversidad de casos que pueden ser encontrados en campo y se recomienda guiarse de los esquemas para así poder tener conocimiento de cómo puede verse la falla al momento de realizar una inspección visual en los pavimentos.

## NOTAS ADICIONALES



La numeración del capítulo se encontrará en la parte superior derecha el número se mostrará relleno en color gris

La temática del capítulo se mostrará al centro de la página, con una tonalidad azul oscuro.

El capítulo en que se encuentra la hoja informativa será mostrado en la parte superior de la línea

El número de página será mostrado en la parte inferior de la hoja al centro.



## NOTAS ADICIONALES

### USO DEL PROGRAMA EXCEL PARA GENERACIÓN DE LEVANTAMIENTO DE DATOS



# GUÍA DE USO PARA EL MODELO

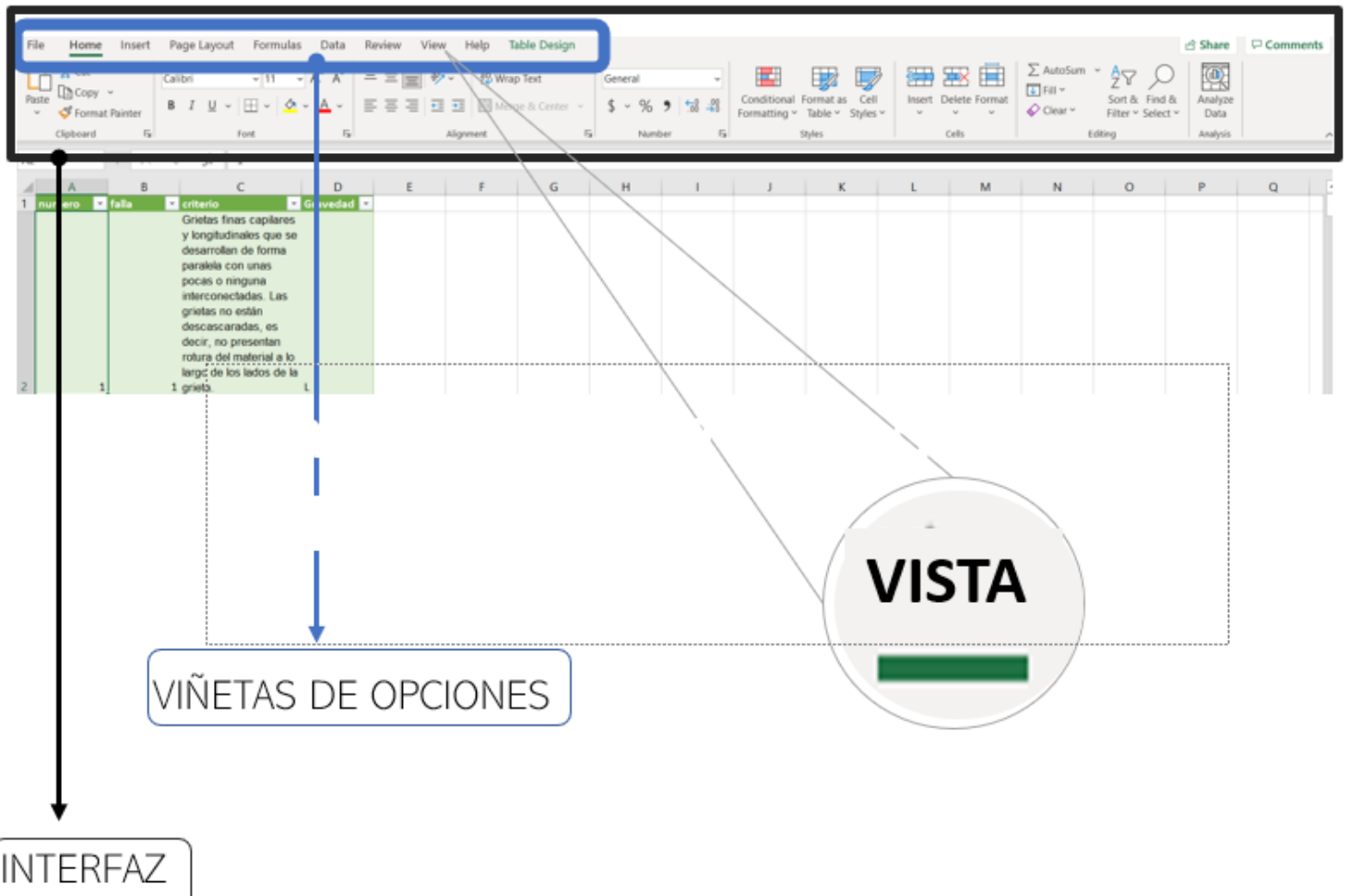
Modelo De Clasificación para Determinar la Severidad de Fallas  
en Pavimentos Rígidos y Flexibles en Honduras



# 01

## PRIMER PASO: USO DE LA INTERFAZ

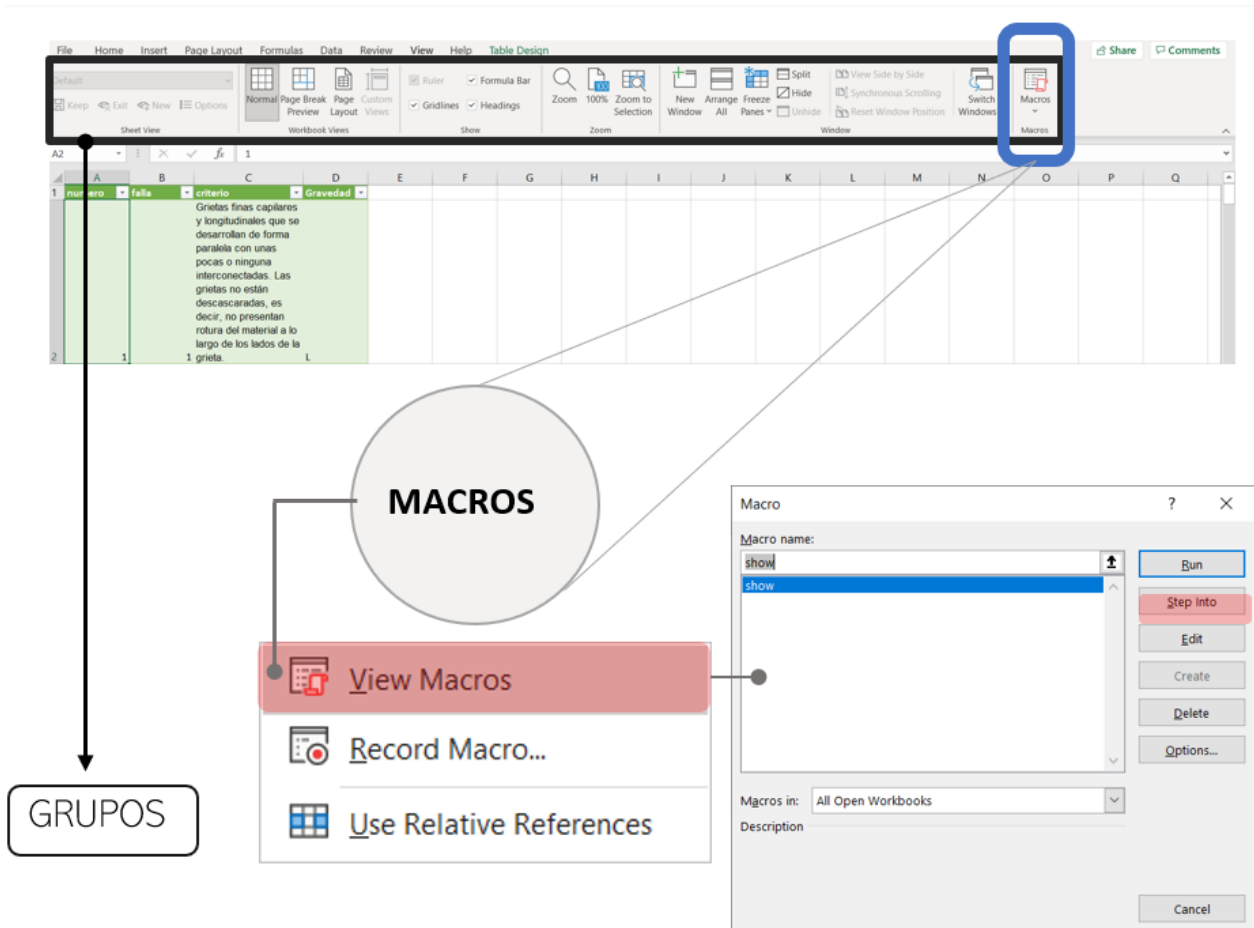
ABRIR LA HOJA DE CÁLCULO CORRESPONDIENTE, MEDIANTE LA INTERFEZ, SE DEBE IDENTIFICAR LA VIÑETAS DE OPCIONES Y SELECCIONAR "VISTA"





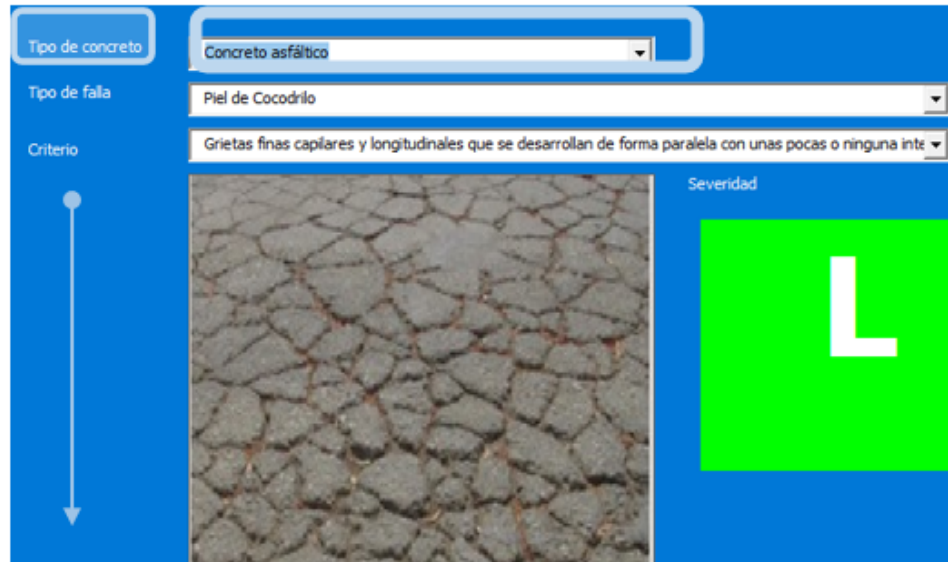
# 02 SEGUNDO PASO: IDENTIFICACIÓN DE GRUPO

UNA VEZ SELECCIONANDO LA OPCIÓN "VISTA", SE DIRIGE AL GRUPO DE "MACROS" Y SELECCIONAR "MOSTRAR MACROS", SEGUIDAMENTE, SE MUESTRA EL NOMBRE DE LA MACRO Y SE PRESIONA EJECUTAR.

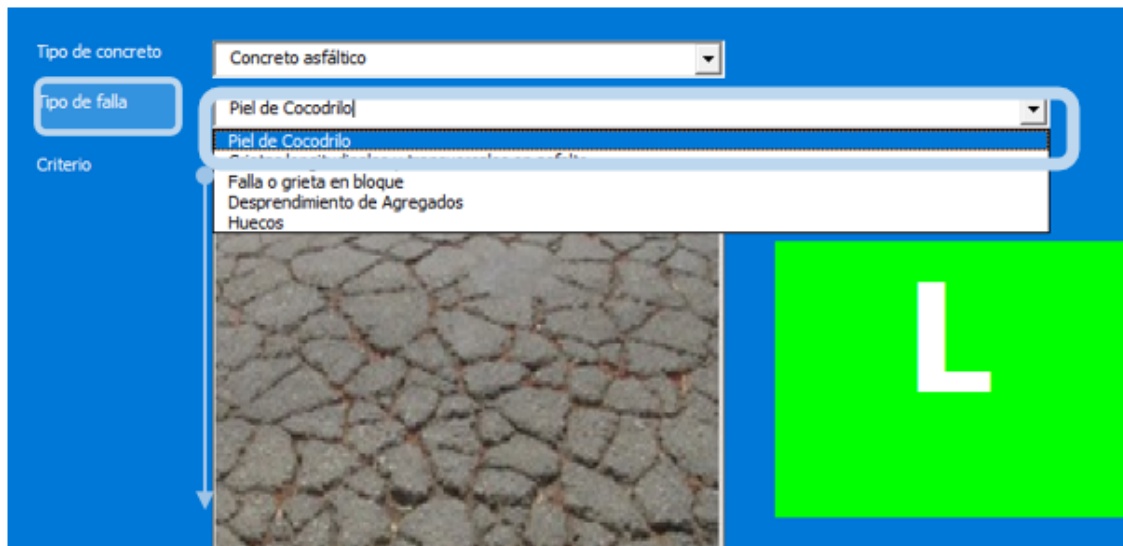


# 03 TERCER PASO: GENERAR RESULTADO

UNA VEZ EJECUTANDO LA MACRO A UTILIZAR, SE IDENTIFICA CADA UNO DE LOS LINEAMIENTOS CORRESPONDIENTES PARA GENERAR COMO RESULTADO LA IDENTIFICACIÓN DEL NIVEL DE SERIEDAD ANTE LA FALLA.



3.1 Identificar el tipo de Concreto



3.2 Identificar el tipo de falla



### 3.3 Definir el criterio



### 3.4 Resultado: se genera el nivel de seriedad

# EJEMPLO: Caso N°1

Tipo de concreto: Concreto asfáltico

Tipo de falla: Grietas longitudinales y transversales en asfalto

Criterio: Grietas longitudinales y transversales en asfalto

01

SE SELECCIONA UN TIPO DE FALLA DE "GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES"

Tipo de concreto: Concreto asfáltico

Tipo de falla: Grietas longitudinales y transversales en asfalto

Criterio: Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.

02

ENTRE LOS DIFERENTES TIPOS DE CRITERIOS SE IDENTIFICA UNA GRIETA SIN RELLENO DE MÁS DE 76mm DE ANCHO.

Tipo de concreto	Concreto asfáltico
Tipo de falla	Grietas longitudinales y transversales en asfalto
Criterio	Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.
	
Severidad	

**03**

**RESULTADO**

SE GENERA COMO RESULTADO UNA **SEVERIDAD EN NIVEL ALTO/HIGH**

## BIBLIOGRAFÍA

### REFERENCIAS :

- 1.- (SIECA) MANUAL CENTROAMERICANO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS CON ENFOQUE DE SEGURIDAD DE RIESGO Y SEGURIDAD VIAL, EDICIÓN 2010.
- 2.- (SOPTRAVI) MANUAL DE CARRETERAS TOMO 4: MANTENIMIENTO DE CAMINOS.
- 3.- (PCI) PAVEMENT CONDITION INDEX PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS.
- 4.- STANDARD PRACTICE FOR ROADS AND PARKING LOTS PAVEMENT CONDITION INDEX SURVEYS.

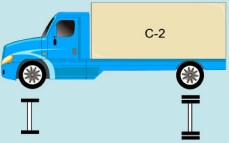
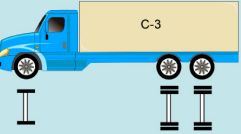
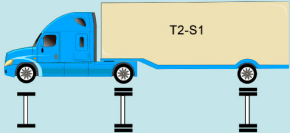
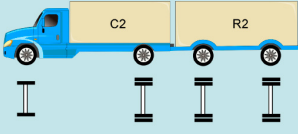
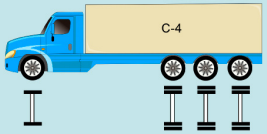
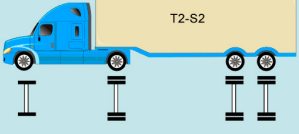
---

# Capítulo 7

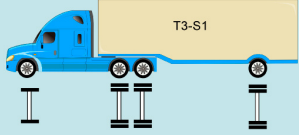
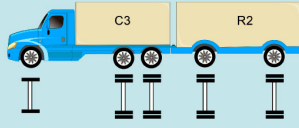
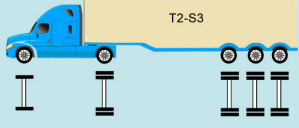
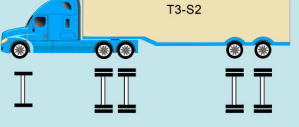
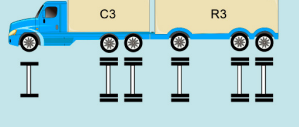
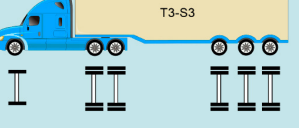
## Anexos



## TABLA DE CARGAS MÁXIMAS

PESOS MÁXIMOS PERMITIDOS EN KILOGRAMOS PARA EL TRANSPORTE DE CARGA								
TIPO DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	CARGAS MÁXIMAS PERMITIDAS (Kg)						TOTAL
		1 <sup>er</sup> EJE	2 <sup>do</sup> EJE	3 <sup>er</sup> EJE	4 <sup>to</sup> EJE	5 <sup>to</sup> EJE	6 <sup>to</sup> EJE	
	CAMIÓN RÍGIDO DE 2 EJES (SENCILLO)	5,000	10,000					15,000
	CAMIÓN RÍGIDO DE 3 EJES	5,000	8,250	8,250				21,500
	CAMIÓN ARTICULADO 2 EJES (CABEZAL) + SEMIRREMOLQUE DE 1 EJE	5,000	9,000	9,000				23,000
	CAMIÓN RÍGIDO DE 2 EJES + REMOLQUE DE 2 EJES	5,000	10,000	7,000	7,000			29,000
	CAMIÓN RÍGIDO DE 4 EJES	5,000	6,667	6,667	6,666			25,000
	CAMIÓN ARTICULADO 2 EJES (CABEZAL) + SEMIRREMOLQUE DE 2 EJES	5,000	9,000	8,000	8,000			30,000



 <p>T3-S1</p>	<p><b>CAMIÓN ARTICULADO 3 EJES (CABEZAL) + SEMIRREMOLQUE DE 1 EJES</b></p>	5,000	8,000	8,000	9,000	30,000
 <p>C3 R2</p>	<p><b>CAMIÓN RÍGIDO DE 3 EJES + REMOLQUE DE 2 EJES</b></p>	5,000	8,250	8,250	7,000	35,500
 <p>T2-S3</p>	<p><b>CAMIÓN ARTICULADO 2 EJES (CABEZAL) + SEMIRREMOLQUE DE 3 EJES</b></p>	5,000	9,000	6,667	6,667	34,000
 <p>T3-S2</p>	<p><b>CAMIÓN ARTICULADO 3 EJES (CABEZAL) + SEMIRREMOLQUE DE 2 EJES</b></p>	5,000	8,000	8,000	8,000	37,000
 <p>C3 R3</p>	<p><b>CAMIÓN RÍGIDO DE 3 EJES + REMOLQUE DE 3 EJES</b></p>	5,000	8,250	8,250	7,000	40,500
 <p>T3-S3</p>	<p><b>CAMIÓN ARTICULADO 3 EJES (CABEZAL) + SEMIRREMOLQUE DE 3 EJES</b></p>	5,000	8,000	8,000	6,667	41,000



**Dimensiones de barra y localización de perforación.**

Angulo de inclinación	Espesor de losa (cm)									
	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	28.0	30.5	33.0	35.5
	Distancia en planta entre perforación y la grieta (cm).									
25°	13.5	16.5	17.5	20.0						
30°		14.0	15.5	17.5	19.5					
35°		11.5	13.0	14.5	16.5	18.5	20.0	21.5		
40°							16.5	18.5	20.0	21.0
45°								15.0	16.5	18.0
	Longitud de barra (cm)									
25°	16.0	22.0	25.0	30.0						
30°		20.0	24.0	28.0	33.0					
35°		17.0	21.0	24.0	28.0	31.5	37.0	40.5		
40°							31.5	35.5	40.5	47.0
45°								30.5	35.5	16.5
	Diámetro de barra									
	¾"	¾"	¾"	¾"	¾"	¾"	¾"	¾"	1"	1"
	1.9 cm	1.9 cm	1.9 cm	1.9 cm	1.9 cm	1.9 cm	1.9 cm	1.9 cm	2.5 cm	2.5 cm

SECCIÓN 400 – PAVIMENTOS RÍGIDOS.				
AMENAZA	VULNERABILIDAD	RIESGO	DESASTRE	REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD
-Antropogénico o Tecnológico. -Natural.	<b>401 – Sellado de juntas, fisuras y grietas en concreto hidráulico.</b>	-Accidentes de tránsito. -Colapso estructural.	-Cierre parcial de la carretera. -Pérdida de vidas humanas.	-Aplicar procedimiento de ejecución. -Colocar señalizaciones necesarias para anunciar la actividad. -Colocar señalización vertical que indique estado del pavimento. -Realizar un programa de mantenimiento periódico y rutinario. -Inspección calificada. -Mano de obra especializada. -Control de calidad de materiales. -Equipo en buen estado. -El personal que labore deberá cumplir con las normas de seguridad necesarias.
-Antropogénico o Tecnológico. -Natural.	<b>402. – Reparación de losas de concreto hidráulico.</b>	-Accidentes de tránsito. -Colapso estructural.	-Cierre parcial de la carretera. -Pérdida de vidas humanas.	-Aplicar procedimiento de ejecución. -Colocar señalizaciones necesarias para anunciar la actividad. -Colocar señalización vertical que indique estado del pavimento. -Realizar un programa de mantenimiento periódico y rutinario. -Inspección calificada. -Mano de obra especializada. -Control de calidad de materiales. -Equipo en buen estado. -El personal que labore deberá cumplir con las normas de seguridad necesarias.



**JUAN PÉREZ - LEONARDO SABILLÓN - OTTO BOESCH**

## VI. CONCLUSIONES

1. Mediante la aplicación de encuestas se pudieron conocer los principales factores que influyen en la generación de fallas los pavimentos en Honduras, los cuales son: el clima, tráfico, el suelo y los materiales en su respectivo orden. Se determinó así mismo las fallas más comunes en los pavimentos rígidos como ser: las grietas longitudinales y con un 21% de aparición en las carpetas según ingenieros encuestados, grietas transversales con un 19%, fisuras en los pavimentos con un 20% de aparición en las carpetas y pérdida de material con un 12% siendo estas las más comunes, enlistadas en orden de importancia para su reparación.
2. De igual manera en los pavimentos flexibles las fallas más recurrentes en esta carpeta son: piel de cocodrilo con un 31% considerando que es una de las fallas que más afecta en este tipo de pavimento. Seguidamente de grietas longitudinales con 25% y las transversales con 22%, de esta manera tomando en cuenta la opinión de los expertos para la correcta reparación de estas fallas anteriormente mencionada con su respectiva severidad y esquema de solución.
3. Actualmente Honduras no cuenta con una entidad que regule el adecuado mantenimiento a las carreteras del país, sin embargo las reparaciones realizadas en la red vial en su mayoría son por criterio propio, debido a esto se creó un manual con lineamientos basados en normas internacionales y acoplado a la región que facilite la correcta solución a los pavimentos existentes. Para la realización del Manual de Inspección y reparación de pavimentos, se trabajó con base en las normas ASTM D6433 que muestra las metodologías más eficaces para definir el correcto nivel de severidad de una falla, como referencia para el proceso de reparación, materiales y equipo a utilizar fue basado en el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras (SIECA) y Soptravi Tomo cuatro capítulo dos el cual hace referencia al mantenimiento de carreteras.

4. Al momento de realizar las inspecciones los correctos procedimientos para realizar las mediciones de las fallas tienen gran importancia, ya que son empleados para determinar la severidad de estas, la información a tener en cuenta es: tipo de tráfico con la finalidad de comparar existe un aumento en la fluencia en comparación al tráfico de diseño, ya que las reparaciones tendrán un espesor mayor, otro aspecto de enfoque es el la condición del suelo por lo que es necesario preliminarmente si este cuenta con el porcentaje de humedad óptimo y en el caso de estar en malas condiciones se debe remover y trabajar para alcanzar la capacidad necesario previo a la reparación, debido a que si no se realiza el chequeo en un futuro se presentará la misma falla en la misma ubicación.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar investigaciones sobre más metodologías que puedan ser aplicadas en el país, ya que en los proyectos encontrados las metodologías más utilizadas son la ASTM D6433 y fue la aplicada en este proyecto, con la limitante que para realizar un análisis de la condición de un tramo carretero es en campo, debido al COVID-19 no se puede realizar la toma de datos para poder realizar adecuadamente el estudio, Las fallas más comunes en los pavimentos rígidos y flexibles fueron obtenidas de las encuestas realizada tomando un total de cinco fallas por tipo de pavimento, por lo que se recomienda ampliar más la información para poder tener una amplitud de fallas con su respectiva solución técnica y así poder actuar en futuros problemas de deterioro en las carreteras del país.
2. Al momento de realizar una reparación en campo, se recomienda acudir al manual propuesto para realizar la reparación de manera técnica, y así evitar fallas o daños en la condición del pavimento, las normas propuestas en este manual son usadas internacionalmente y fueron acopladas a la región para la correcta utilización y desenvolvimiento de manera eficaz.
3. Se recomienda seguir paso a paso la directriz de solución a una falla propuesta en el manual ya que, se describe como deberá realizarse dicha reparación y conocer la diversidad de casos que pueden ser encontrados en campo y se recomienda guiarse de los esquemas para así poder tener conocimiento de cómo puede verse la falla al momento de realizar una inspección visual en los pavimentos.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

Allen&Hamilton. (1999). *Manual de Identificación de Clasificación y Tratamientos de Fallas en Pavimentos Urbanos, Volumen VII*. Lima, Peru.

Autodesk. (2020). Obtenido de <https://latinoamerica.autodesk.com/>

Budenheim. (2021). *Concreto*. Obtenido de <https://www.budenheim.com/es/soluciones/construccion/concreto/>

(2019). *Carreteras de Honduras*.

CEPREDENAC. (2010). *MANUAL CENTROAMERICANO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS*. Guatemala, Guatemala.

Comex, L. (2021). *Infraestructura de Colombia*. Obtenido de <https://www.legiscomex.com/Documentos/DESARROLLO-INFRAESTRUCTURA-COLOMBIA-RCI285>

Construmática. (2021). Obtenido de <https://www.construmatica.com/construpedia/Grietas>

Curo, E. F. (2019). *Evaluación de pavimentos flexibles y rígidos aplicando las metodologías de Inspección Visual en Zonas de Riesgo*. Puno, Perú.

D'Ancona, M. A. (1998). *Metodología Cuantitativa Estrategias y técnicas de investigación social*. Madrid, España: Síntesis Sociología .

Farlex, Inc. (2021). *Definición de bache*. Obtenido de <https://es.thefreedictionary.com/bache>

Gómez, J. P. (2014). *Fallas en pavimentos flexibles: causas, efectos y soluciones*. Guatemala.

Herrera, E. B., & Rodríguez, B. O. (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y VIZIR*. Perú.

Imasgal. (08 de Abril de 2020). *Civil 3D*. Obtenido de <https://imasgal.com/autocad-civil-3d-soluciones-bim-proyectos-ingenieria->

civil/#:~:text=Autodesk%20AutoCAD%20Civil%203D%20es,todo%20tipo%20de%20complejidad%2C%20ferrocarriles%2C

INE. (2019). *Carreteras y Aeropuertos de Honduras*. Obtenido de <https://www.ine.gob.hn/V3/imagen/doc/2020/11/Carreteras-y-Aeropuertos-2019.pdf>

Invest-H. (2021 de Febrero de 2021). *Programa intensivo de Bacheo*. Obtenido de <http://www.investhonduras.hn/2021/02/03/invest-honduras-iniciara-programa-intensivo-de-bacheo-y-sellos-en-mas-de-1-500-kilometros-de-carreteras/>

Jugo, A. (2005). *Manual de mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos*. Venezuela.

La Gaceta. (30 de Mayo de 2018). Poder Ejecutivo. *Decreto Ejecutivo PCM-034-2018*, pág. 7.

Microsoft Office. (2020). *Paquete de Office*. Obtenido de <https://www.office.com/>

Minerales, R. y. (2016). *Capa de rodadura*. Obtenido de <https://www.rocasyminales.net/pavimento/>

Nataren, Á., Barahona, R., & Chávez, R. (2020). *Manual de Representación para Proyectos de Graduación en las Áreas de Agua y Sanamiento y Vías de la Comunicación*. San Pedro Sula, Honduras.

Nippon Koei Lac, Inc. (2018). *ESTUDIO PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS SOBRE LA INTRODUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA ALTA CALIDAD EN CENTROAMERICA*. Obtenido de [https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12303194\\_01.pdf](https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12303194_01.pdf)

Pocket-lint. (2020). *Zoom Meetings*. Obtenido de <https://www.pocket-lint.com/es-es/aplicaciones/noticias/151426-que-es-el-zoom-y-como-funciona-ademas-de-consejos-y-trucos>

Real Academia Española. (2020). *Diccionario de la Lengua Española, XXII Edición*. Madrid, España: RAE.

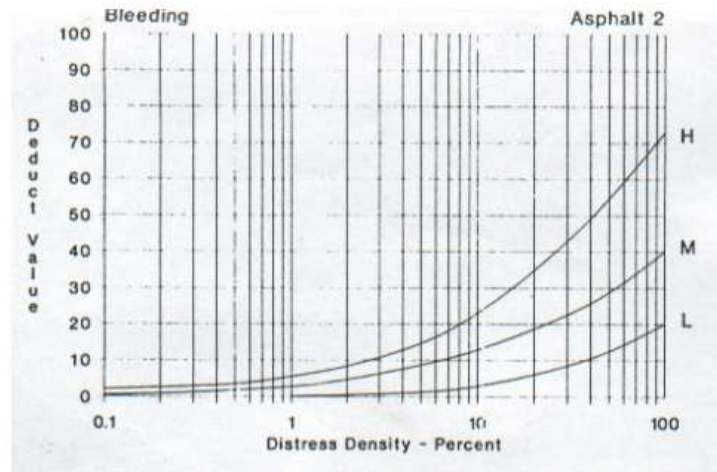
Sampier, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGrawHill.

Sampieri, R., Fernandez, C., & Baptista, M. d. (2014). *Selección de la Muestra*. Mexico.

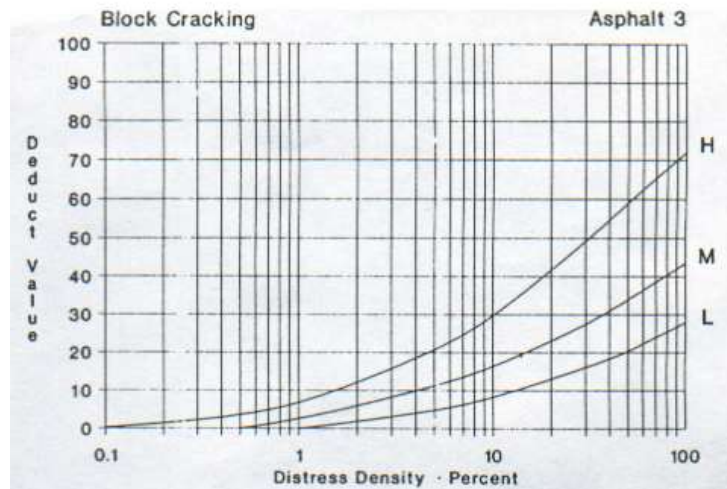


- Tiempo Digital, D. (24 de Julio de 2020). *Redaccion Web*. Obtenido de <https://tiempo.hn/chico-invest-h-sector-construccion-carreteras-presupuesto/>
- UCR, B. T.-L. (Mayo de 2016). *Exudacion falla del pavimento*. Obtenido de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/314/6.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20exudaci%C3%B3n%20es%20considerada%20un,li gante%2C%20creando%20una%20superficie%20brillante%2C>
- Varela, L. R. (2002). *PCI Para Pavimentos Asfálticos y de Concretos en Carreteras*. Manizales.
- Vial, R. (2021). *Carreteras de Honduras*. Obtenido de <http://hondurasensusmanos.com/red-vial-de-honduras/>
- WISE. (2016). *Pavimento Flexible*. Obtenido de <https://blog.wise.com.mx/qu%C3%A9-es-un-pavimento-flexible-y-cu%C3%A1ndo-conviene-usarlo>
- Vita, A. (2021). *Poblacion y Muestra*. Obtenido de [www.diferenciador.com](http://www.diferenciador.com)
- Zevallos, R. E. (2018). *Identificación y Evaluación de las Fallas Superficiales en los Pavimentos Flexibles*. Perú.
- Zita, A. (Septiembre de 2020). *Objetivos de la Investigación*. Obtenido de <https://www.todamateria.com/objetivos-de-la-investigacion/>
- Zuluaga, Z. A. (2019). *Sistema de Clasificación de Severidad de Daños en Pavimentos Flexibles para Determinar las Posibles Intervenciones*. Envigado, Colombia.

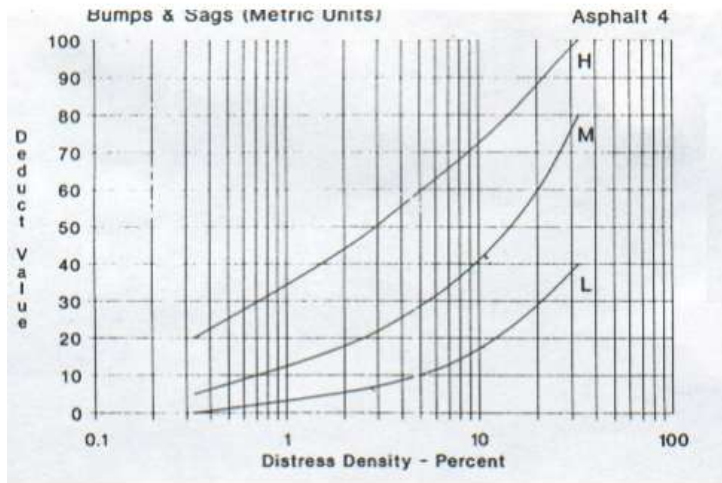
## IX. ANEXOS



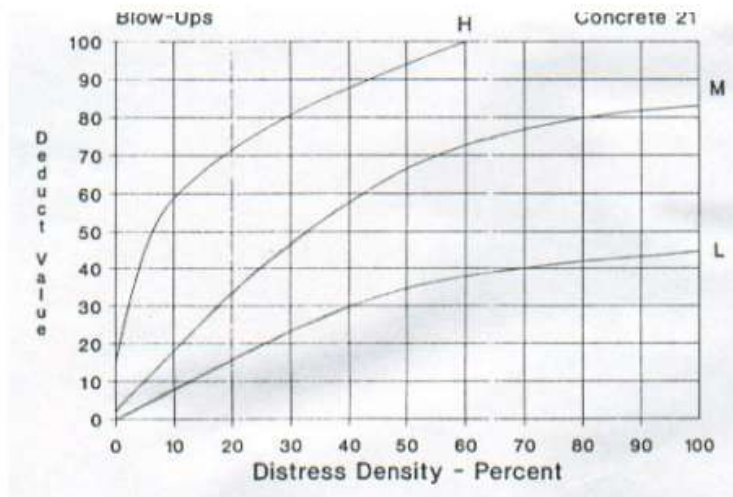
Anexo 1- Curva para determinación de pavimento para la falla de exudación



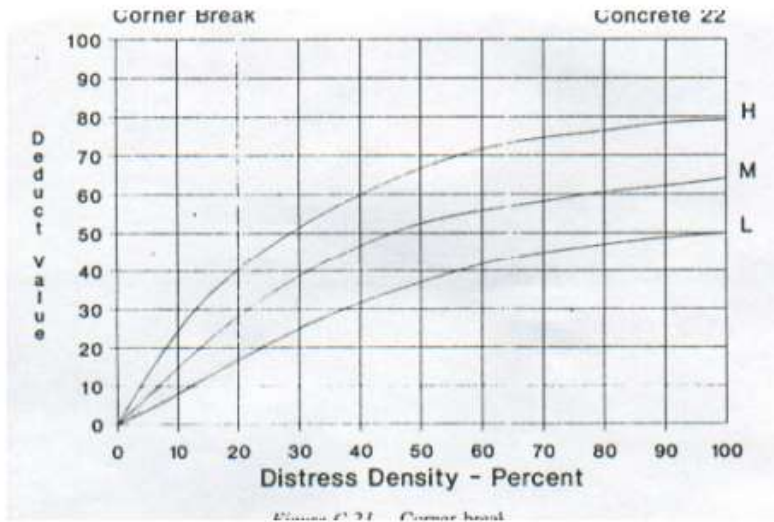
Anexo 2- Curva para la falla desintegración de pavimento



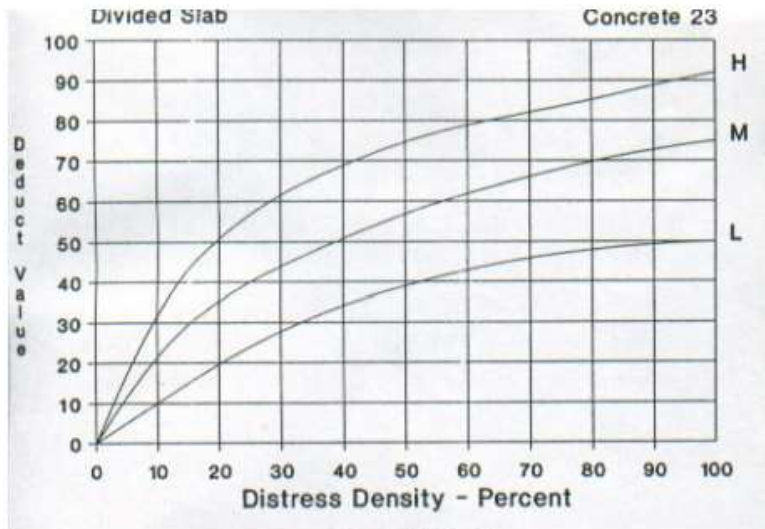
**Anexo 3- Curva para la falla de abultamiento y hundimiento**



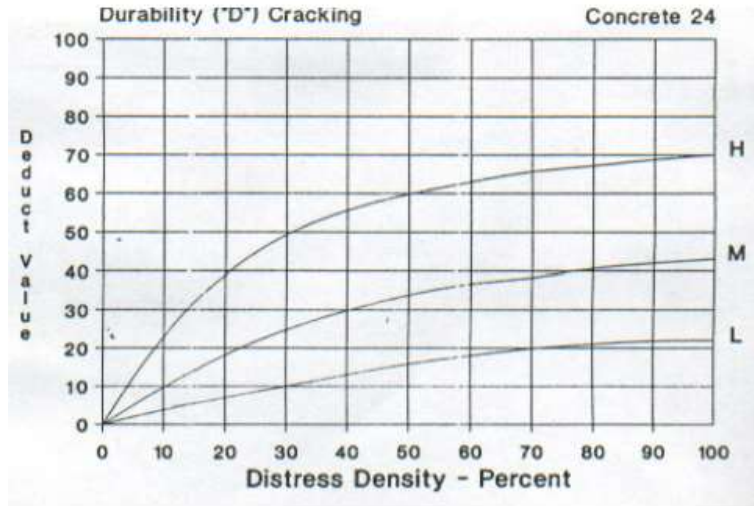
**Anexo 4- Curva para falla de levantamiento de carpeta**



**Anexo 5- Curva para falla grieta de esquina**



**Anexo 6- Curva para falla de losa dividida**



Anexo 7- Curva para falla de grieta de durabilidad

**ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO  
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.**

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

Anexo 8- Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica

**ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO  
PCI-02. CARRETERAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO HIDRÁULICO**

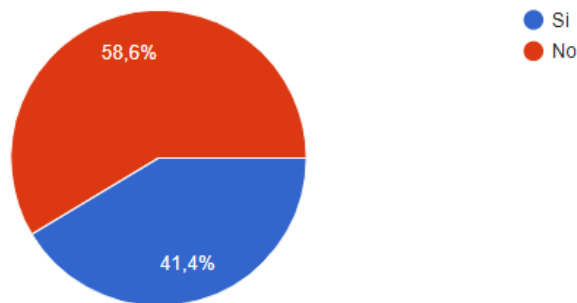
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO	
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		NÚMERO DE LOSAS	
INSPECCIONADA POR			FECHA		
No.	Daño	No.	Daño	No.	Daño
21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.
22	Grieta de esquina.	28	Grieta lineal.	35	Cruce de vía férrea
23	Losa dividida.	29	Parcheo (grande).	36	Desconchamiento
24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parcheo (pequeño)	37	Retracción
25	Escala.	31	Pulimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina
26	Sello de junta.	32	Popouts	39	Descascaramiento de junta
		33	Bombeo		
Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido	ESQUEMA
					o o o o o
					10
					o o o o o
					9
					o o o o o
					8
					o o o o o
					....
					o o o o o
					1 2 3 4

Figura 2. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico.

**Anexo 9- Formato de exploración para carreteras con superficie hidráulicas**

¿Ha participado en algún momento en un levantamiento de fallas en pavimentos?

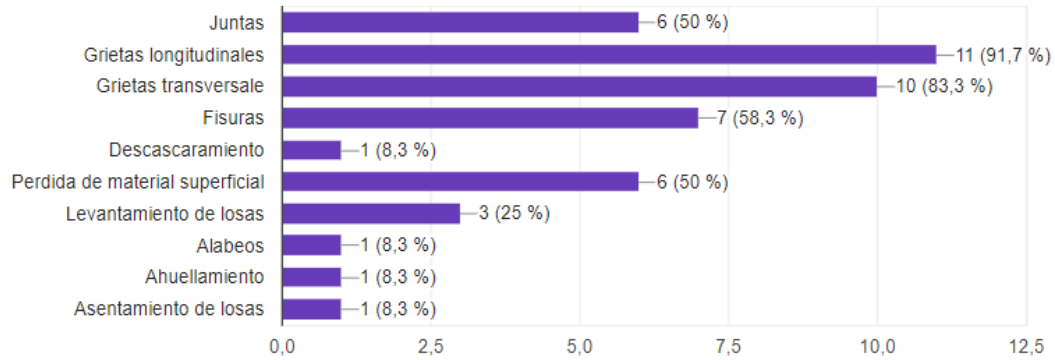
29 respuestas



**Anexo 10- Resultados de encuesta google forms pregunta 1**

¿Qué fallas más comunes ha encontrado en pavimentos rígidos?

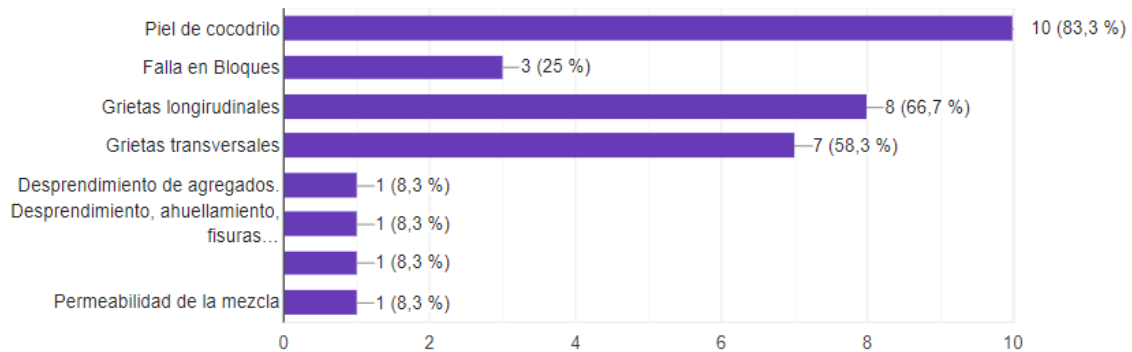
12 respuestas



### Anexo 11- Resultados de encuesta google forms pregunta 2

¿Qué fallas ha encontrado en pavimentos flexibles?

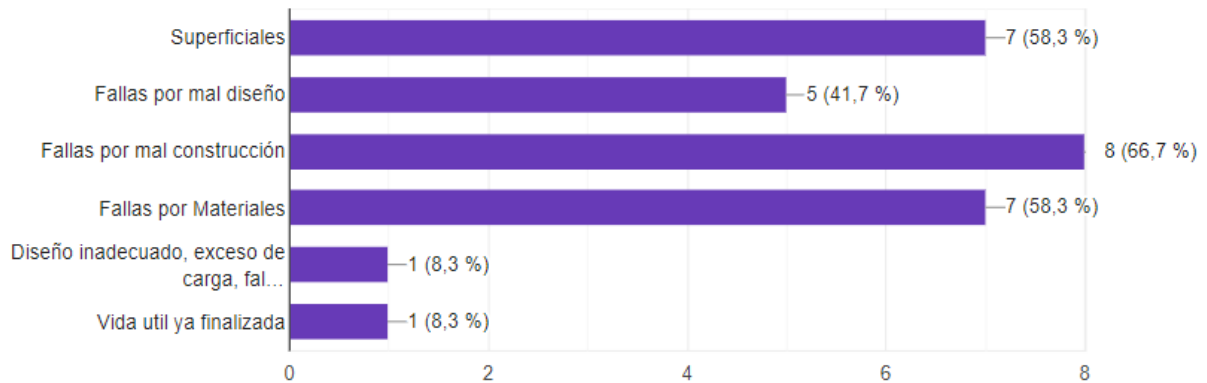
12 respuestas



### Anexo 12- Resultados de encuesta google forms pregunta 3

De los levantamientos que ha hecho, ¿Cuáles son los factores de fallas más comunes?

12 respuestas

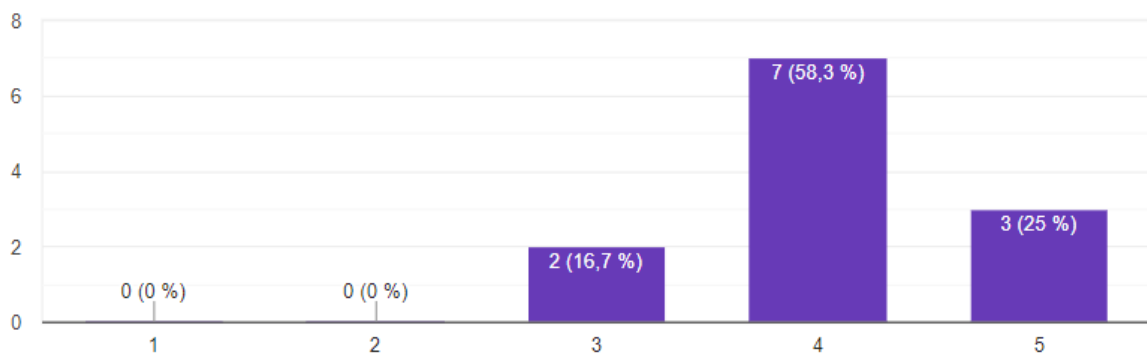


### Anexo 13- Resultados de encuesta google forms pregunta 4

¿En qué medida considera que el proceso constructivo influye en la aparición de fallas?



12 respuestas

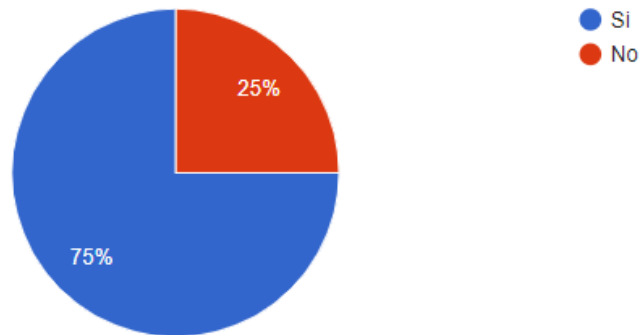


### Anexo 14- Resultados de encuesta google forms pregunta 5



¿Al momento de la inspección visual lo ha hecho con referencia a normas o manuales?

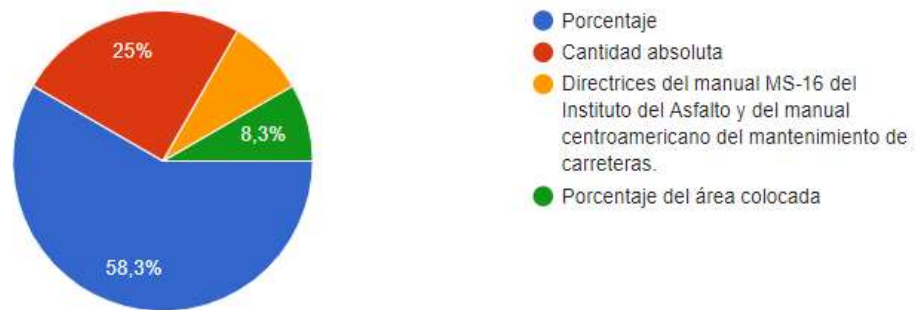
12 respuestas



### Anexo 15- Resultados de encuesta google forms pregunta 6

¿Como le parece que es mejor clasificar los niveles de severidad?

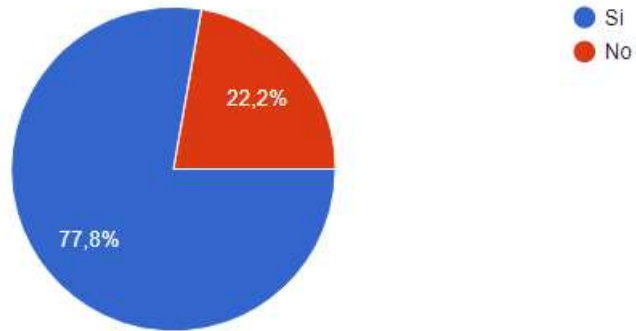
12 respuestas



### Anexo 16- Resultados de encuesta google forms pregunta 7

¿Estaría usted interesado en la propuesta de un manual de inspección de fallas en pavimentos rígidos y flexibles en Honduras?

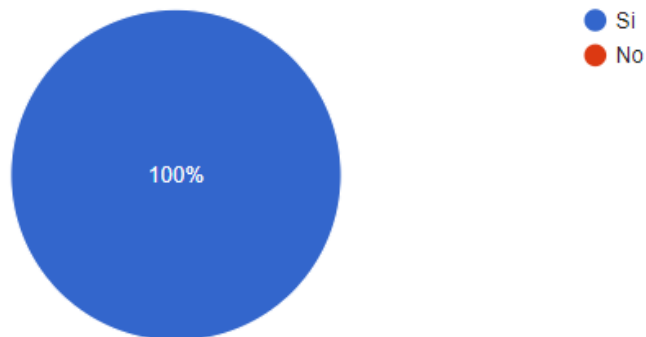
9 respuestas



### Anexo 17- Resultados de encuesta google forms pregunta 8

¿Considera que un correcto estudio de suelos puede reducir la aparición de fallas?

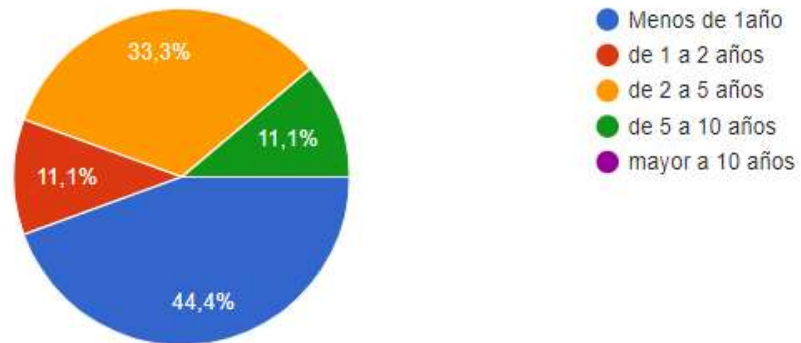
12 respuestas



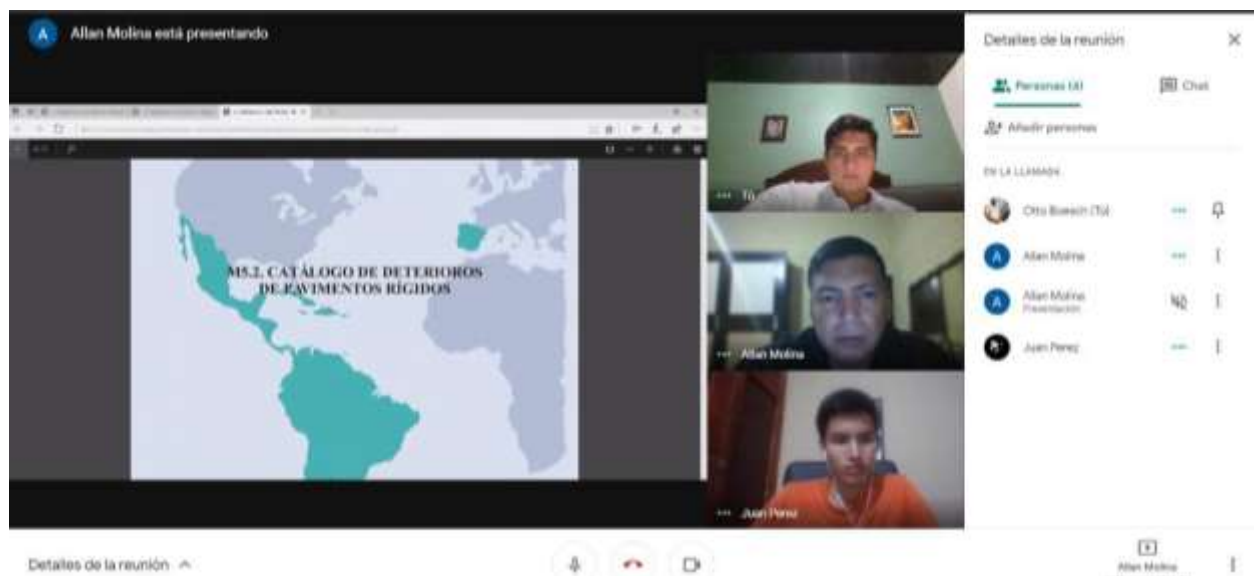
### Anexo 18- Resultados de encuesta google forms pregunta 9

¿Cuándo fue la última vez que realizó un análisis de clasificación de fallas?

9 respuestas



### Anexo 19- Resultados de encuesta google forms pregunta 10



### Anexo 20- Entrevista virtual a experto en el área