



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DETERMINACIÓN DE FACTORES QUE INFLUYEN EN EL
DETERIORO DE PAVIMENTOS EN GUATEMALA, Y FORMA DE
EVALUARLOS**

Oswaldo Abimael Ramírez Bach

Asesorado por el Ing. Carlos Enrique Mazariegos Uhlig

Guatemala, julio de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE FACTORES QUE INFLUYEN EN EL
DETERIORO DE PAVIMENTOS EN GUATEMALA, Y FORMA DE
EVALUARLOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OSWALDO ABIMAEI RAMIREZ BACH
ASESORADO POR EL ING. CARLOS ENRIQUE MAZARIEGOS UHLIG

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

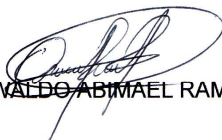
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordóñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Wuilliam Ricardo Yon Chavarría
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DETERMINACIÓN DE FACTORES QUE INFLUYEN EN EL
DETERIORO DE PAVIMENTOS EN GUATEMALA, Y FORMA DE
EVALUARLOS,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
el 25 de agosto de 2008.


OSWALDO ABIMAEEL RAMIREZ BACH

Guatemala, mayo de 2009

Ingeniero
Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Coordinador del Área de Materiales y
Construcciones Civiles
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Ingeniero Quiñónez.

Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **DETERMINACIÓN DE FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DE PAVIMENTOS EN GUATEMALA Y FORMA DE EVALUARLOS**, elaborado por el estudiante universitario **Oswaldo Abimael Ramírez Bach**, quien contó con la asesoría del suscrito.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante Ramírez Bach satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente.

Atentamente


Ing. Carlos Enrique Mazariegos Uhlig

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 29 de mayo de 2 009

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Señor Director:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **“Determinación de factores que influyen en el deterioro de pavimentos en Guatemala y forma de evaluarlos”**, realizado por el estudiante universitario **Oswaldo Abimael Ramírez Bach**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Carlos Enrique Mazariegos Uhlig..

Considero que el trabajo realizado por el estudiante **Ramírez Bach**, cumple con los objetivos para los cuales fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAN A TODOS”


Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Coordinador Área de Materiales y Construcciones Civiles


FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

Cc archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Carlos Enrique Mazariegos Uhlig y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Francisco Javier Quiñón de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Oswaldo Abimael Ramírez Bach, titulado DETERMINACIÓN DE FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DE PAVIMENTOS EN GUATEMALA, Y FORMA DE EVALUARLOS, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Mgter. Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, junio 2009

/bbdeb.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.218.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DE PAVIMENTOS EN GUATEMALA, Y FORMA DE EVALUARLOS**, presentado por el estudiante universitario **Oswaldo Abimael Ramírez Bach**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Murphy Olimpo Paiz Recinos', written over a large, empty oval shape.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, junio de 2009



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Por la vida, la bendición, la fuerza y la sabiduría que me ha brindado.
MIS PADRES	Por su apoyo espiritual, moral y económico: Oswaldo E. Ramírez De León y Lidia Micaela Bach de Ramírez
MIS HERMANOS	Jacob Isaac Ramírez Bach Gerson Jonatan Ramírez Bach
MIS TÍOS Y TÍAS	En especial a Samuel Abraham Bach Carrillo
MIS PRIMOS Y PRIMAS	En especial a Brenda Márquez

AGRADECIMIENTOS A:

Mi asesor Ing. Carlos Enrique Mazariegos Uhlig

La tricentenaria Universidad San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil

Ingenieros Docentes

Amigos y compañeros de estudio

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS	1
1.1 Definición de fallas en pavimentos	1
1.2 Clasificación de fallas en pavimentos según su forma de deterioro	2
1.2.1 Desprendimientos	3
1.2.2 Deformaciones	3
1.2.3 Roturas o agrietamientos	3
1.2.4 Afloramiento o movimiento de material	4

2.	FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS FALLAS POR DESPRENDIMIENTO EN PAVIMENTOS	5
2.1	Tipos de fallas por desprendimiento en pavimentos flexibles y sus factores	5
2.1.1	Descascaramiento o peladura	6
2.1.2	Baches	7
2.1.3	Desintegración de bordes	10
2.1.4	Desprendimiento de agregados	12
2.1.5	Pulido de superficie	14
2.1.6	Desintegración de la carpeta asfáltica	16
2.1.7	Erosión longitudinal de carpeta	18
2.2	Tipos de fallas por desprendimiento en pavimentos rígidos y sus factores	19
2.2.1	Despostillamiento o descascaramiento de juntas	20
2.2.2	Descascaramiento o peladura	22
2.2.3	Desintegración de pavimento rígido	24
2.2.4	Bache en pavimento rígido	26
2.2.5	Pulimento de superficie en pavimento rígido	28
2.2.6	Parches en pavimento rígido	29
3.	FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS FALLAS POR DEFORMACIONES EN PAVIMENTOS	33
3.1	Tipos de fallas por deformaciones en pavimentos flexibles y sus factores	33

3.1.1	Abultamiento o burbuja	33
3.1.2	Ondulaciones o corrugaciones	36
3.1.3	Hundimientos	38
3.1.4	Ahuellamiento o canalizaciones	40
3.1.5	Corrimiento superficial de asfalto	43
3.2	Tipos de fallas por deformaciones en pavimentos rígidos y sus factores	45
3.2.1	Levantamiento de losa	45
3.2.2	Asentamiento de losas	48
3.2.3	Escalonamiento de juntas longitudinales o transversales	50
4.	FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS FALLAS POR AGRIETAMIENTOS EN PAVIMENTOS	53
4.1	Tipos de fallas por agrietamientos en pavimentos flexibles y sus factores	53
4.1.1	Agrietamiento piel de cocodrilo	53
4.1.2	Fisuras en bloque	57
4.1.3	Fisuras transversales	59
4.1.4	Fisuras longitudinales	61
4.1.5	Fisuras por deslizamiento de capas	64
4.1.6	Fisura por reflexión de junta	66
4.2	Tipos de fallas por agrietamientos en pavimentos rígidos y sus factores	69
4.2.1	Agrietamiento de esquina	69
4.2.2	Fisura longitudinal	72

4.2.3	Fisura transversal	74
4.2.4	Fisuras en bloque o fracturación múltiple	76
4.2.5	Fisuración por retracción o tipo malla	78
5.	FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS FALLAS POR AFLORAMIENTO EN PAVIMENTOS	81
5.1	Tipos de fallas por afloramiento en pavimentos flexibles y sus factores	81
5.1.1	Afloramiento de finos	81
5.1.2	Afloramiento de agua	83
5.1.3	Exudación de asfalto	85
5.2	Tipos de fallas por afloramiento en pavimentos rígidos y sus factores	87
5.2.1	Exudación del concreto	87
5.2.2	Corrosión del acero en pavimentos rígidos reforzados	89
5.2.3	Bombeo o eyección de la junta	91
6.	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EN LA DETERMINACIÓN DE FACTORES	95
6.1	Formato de evaluación	95
6.2	Elementos de identificación del tramo en el formato de Evaluación para el análisis de factores de fallas en carreteras	98

6.3	Procedimiento de evaluación	100
7.	EVALUACIÓN DE PROYECTOS VIALES CONSTRUIDOS	109
7.1	Evaluación CA-09 Norte San Antonio La Paz km. 37	109
7.2	Evaluación CA-09 Norte Sanarate El Progreso, puente Punta Gorda km. 46	116
7.3	Evaluación CA-09 Sur, Palin Escuintla carretera vieja km. 41	124
7.4	Evaluación CA-09 Sur, finca El chilero km. 45	131
7.5	Evaluación RN-10, colonia La Libertad San Lucas Sacatepéquez km. 30	138
7.6	Evaluación RN-10, finca La choza Santa Lucia Milpas Altas kilometro 32.8	145
7.7	Evaluación CA-02, La vega Barberena Santa Rosa, km. 41.7	151
7.8	Evaluación CA-02, finca Pueblo Nuevo Viñas Barberena Santa Rosa km. 44	157
7.9	Evaluación tramo asphaltico que une San Cristóbal Mixco con Villalobos zona 12 Guatemala	161
	CONCLUSIONES	167
	RECOMENDACIONES	169
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	171
	BIBLIOGRAFÍA	173

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Descascaramiento o peladura	7
2	Bache en pavimento flexible	9
3	Desintegración de bordes	11
4	Desprendimiento de agregados	13
5	Pulido de superficie	15
6	Desintegración de carpeta asfáltica	17
7	Erosión longitudinal de carpeta	19
8	Despostillamiento de junta	22
9	Descascaramiento o peladura	24
10	Desintegración de pavimento rígido	26
11	Bache en pavimento rígido	28
12	Pulimento de superficie	29
13	Parche en pavimento rígido	31
14	Abultamiento o burbuja	35
15	Ondulación o corrugación	37
16	Hundimiento en pavimento flexible	39
17	Ahuellamiento	42
18	Corrimiento superficial de asfalto	44
19	Levantamiento localizado de losa	47
20	Asentamiento de losa	49
21	Escalonamiento de juntas	51
22	Agrietamiento piel de cocodrilo	56
23	Fisuras en bloque	58
24	Fisura transversal en pavimento flexible	61
25	Fisura longitudinal en pavimento flexible	63

26 Fisura por deslizamiento de capas	66
27 Fisura por reflexión de junta	68
28 Fisura en esquina	71
29 Fisura longitudinal en pavimento rígido	73
30 Fisura transversal en pavimento rígido	76
31 Fisuras en bloque o fracturación múltiple	78
32 Fisuración por retracción	80
33 Afloramiento de finos	82
34 Afloramiento de agua	84
35 Exudación de asfalto	86
36 Exudación del concreto	89
37 Corrosión del acero en pavimento rígido	91
38 Bombeo o eyección de la junta	93
39 Formato de evaluación	97
40 Resultados de campo ejemplo, demostración metodología	101
41 Resultado de campo CA-09 Norte km. 37	109
42 Fallas por fisuras longitudinales, CA-09 Norte km. 37	110
43 Falla por fisuras longitudinales y transversales CA-09 Norte km. 37	110
44 Resultado de campo, CA-09 Norte km. 46	116
45 Ubicación del tramo en análisis, CA-09 Norte km. 46	117
46 Tráfico que circula sobre tramo en análisis, CA-09 Norte km. 46	117
47 Falla por fisuras transversales, CA-09 Norte km. 46	117
48 Falla por grietas longitudinales, CA-09 Norte km. 46	118
49 Falla por descascaramiento, CA-09 Norte km. 46	118
50 Grietas transversales, longitudinales y desprendimiento de agregados, CA-09 Norte km. 46	118
51 Resultado de campo, CA-09 Sur km. 41	124
52 Agrietamiento piel de cocodrilo, CA-09 Sur km. 41	125

53 Desprendimiento de agregados, baches y fisuras en bloque CA-09 Sur km. 41	125
54 Desintegración carpeta asfáltica, descascaramiento y baches CA-09 Sur km. 41	125
55 Resultado de campo, CA-09 Sur km. 45	131
56 Piel de cocodrilo, CA-09 Sur km. 45	132
57 Corrimiento superficial de asfalto, CA-09 Sur km. 45	132
58 Descascaramiento o peladura, CA-09 Sur km. 45	132
59 Resultado de campo RN-10 km. 30	139
60 Pulido de superficie a nivel bajo, RN-10 km. 30	140
61 Despostillamiento o descascaramiento de junta, RN-10 km. 30	140
62 Descascaramiento o peladura, RN-10 km. 30	141
63 Resultado de campo RN-10 km. 32.8	145
64 Pulimento de superficie, RN-10 km. 32.8	146
65 Descascaramiento o peladura, RN-10 km. 32.8	146
66 Despostillamiento de junta, RN-10 km. 32.8	146
67 Bombeo o eyección de junta, RN-10 km. 32.8	147
68 Resultado de campo, CA-02 panamericana km. 41.7	151
69 Grieta de esquina, fisura transversal CA-02 panamericana km. 41.7	152
70 Pulimento de superficie, CA-02 panamericana km. 41.7	152
71 Grieta de esquina, CA-02 panamericana km. 41.7	152
72 Descascaramiento o peladura y despostillamiento de junta, CA-02 panamericana km. 41.7	153
73 Resultado de campo CA-02 km. 44	157
74 Despostillamiento de junta, CA-02 km. 44	158
75 Pulimento de superficie, CA-02 km. 44	158
76 Fisura transversal y grieta de esquina, CA-02 km. 41.7	158
77 Descascaramiento o peladura, CA-02 km. 41.7	159
78 Resultado prueba de campo, San Cristóbal Villalobos	161

79 Hundimiento tramo San Cristóbal Villalobos	162
80 Grieta Transversal San Cristóbal Villalobos	162
81 Hundimiento San Cristóbal Villalobos	162

TABLAS

I. Clasificación de carreteras en función del ancho de calzada	100
II. Clasificación y análisis de fallas por nivel de daño en tramo	102
III. Descripción de factores por falla descrita en el formato	103
IV. Resumen de factores que incidieron en fallas	107
V. Clasificación por nivel de fallas en CA-09 Norte km. 37	111
VI. Factores de fallas en CA-09 Norte km. 37	112
VII. Resumen factores influyentes CA-09 Norte km. 37	115
VIII. Clasificación de fallas por nivel en CA-09 Norte km.46	119
IX. Factores de fallas en CA-09 Norte km. 46	120
X. Resumen de factores influyentes en CA-09 Norte km. 46	123
XI. Clasificación por nivel de fallas en CA-09 Sur km. 41	126
XII. Factores de fallas en CA-09 Sur km. 41	127
XIII. Resumen de factores influyentes CA-09 Sur km. 41	130
XIV. Clasificación por nivel de fallas en CA-09 Sur km. 45	133
XV. Factores de fallas en CA-09 Sur km. 45	134
XVI. Resumen de factores influyentes en CA-09 Sur km. 45	137
XVII. Clasificación por nivel de falla en RN-10 km. 30	141
XVIII. Factores de fallas en RN-10 km. 30	142
XIX. Resumen de factores influyentes RN-10 km. 30	144
XX. Clasificación por nivel de fallas en RN-10 km. 32.8	147
XXI. Factores de fallas en RN-10 km. 32.8	148

XXII.	Resumen de factores influyentes RN-10 km. 32.8	150
XXIII.	Clasificación por nivel de fallas en CA-02 km. 41.7	153
XXIV.	Factores de fallas en CA-02 km. 41.7	154
XXV.	Resumen de factores influyentes CA-02 km, 41.7	156
XXVI.	Clasificación por nivel de fallas en CA-02 km. 44	159
XXVII.	Resumen de factores influyentes CA-02 km. 44	160
XXVIII.	Clasificación por nivel de fallas ruta sector C2 865 San Cristóbal	163
XXIX.	Factores de fallas ruta sector C2 865 San Cristóbal	163
XXX.	Resumen de factores influyentes ruta sector C2 San Cristóbal	165

GLOSARIO

AGLOMERANTE

Material en estado pastoso y con consistencia variable, tienen la propiedad de poderse moldear, de adherirse fácilmente a otros materiales para protegerlos y alcanzar resistencias mecánicas altas.

ASFALTO

Material cementante de color café o negro, de consistencia sólida o semisólida, en el cual los constituyentes predominantes son bitúmenes que se obtienen como residuo de la refinación del petróleo.

BASE

Capa de espesor diseñado, parte de 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.

BITUMEN

Sustancia cementante de color negro u oscuro, semisólida o viscosa, natural o fabricada, compuesta de hidrocarburos de alto peso molecular, siendo típicos los asfaltos, breas y betunes.

BLACKTOPPING

Una capa negra de material bituminoso sobre pavimento rígido.

BOMBEO

Ascensión capilar de agua o material mezclado por presiones hidráulicas que se generan al paso de los vehículos (no confundir con inclinación transversal del eje de la carretera)

CARPETA ASFÁLTICA

Capa de mezcla de agregados pétreos bien graduados y asfalto elaborada en planta en caliente o en frío, con intensos controles de granulometría y temperatura.

CARPETA DE CONCRETO

Es aquella cuya carpeta de rodadura es de concreto de alta resistencia.

CARPETA DE RODADURA

Es la capa compuesta por agregados pétreos y aglomerante, dosificada y dimensionada, destinada a resistir los efectos del tránsito y los agentes ambientales.

CONCRETO

Mezcla de material aglomerante y agregados fino y gruesos, que al fraguar y endurecer adquiere una resistencia específica.

FALLA ESTRUCTURAL

Colapso de la estructura del pavimento o de alguno de sus componentes, de tal manera que el pavimento es incapaz de soportar las cargas.

FRECUENCIA

Indica el número de veces que aparece un factor repetido.

PAVIMENTO

Estructura constituida sobre la subrasante, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por la sub-base, base y carpeta de rodadura.

PAVIMENTO FLEXIBLE

Están constituidos por una serie de capas que permiten transmitir las cargas de tránsito hasta el terreno natural sin que éste se deforme, constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivo.

PAVIMENTO RÍGIDO

Pavimento constituido por un aglomerante llamado cemento, agregados y de ser el caso aditivo.

SUB-BASE

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la carpeta de rodadura del pavimento, de tal manera que la capa de sub-rasante la pueda soportar.

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

Circulación de personas y vehículos por calles, carreteras, etc.

WHITETOPPING

Capa de material de concreto sobre un material de asfalto.

RESUMEN

La determinación de factores que influyen en el deterioro de pavimentos, se basa en una clasificación de fallas, la cual establece una definición según el tipo de daño, tanto para pavimentos flexibles como rígidos.

La clasificación de fallas por su forma de deterioro es:

- Desprendimientos
- Deformaciones
- Roturas o agrietamientos y
- Afloramientos

Cada término de esta clasificación tiene un conjunto de fallas, las cuales tienen características propias; cada una de estas fallas se define, se miden y se ordenan por niveles de daño.

Luego se presenta una aplicación de la teoría de fallas en pavimentos; ésta consiste en un análisis de daños, es decir, por medio de un formato propuesto donde aparecen las fallas según la clasificación anterior para cada tipo pavimento, se realiza una prueba de campo a un tramo carretero que presenta deterioros, para obtener mediciones por niveles de daños para cada falla mostrada por dicho tramo.

Al tener los resultados de la prueba de campo se realiza el análisis de gabinete, para llegar a obtener los factores que influyen en el deterioro del pavimento analizado.

OBJETIVOS

- **GENERAL:**

Establecer una metodología para la evaluación de los factores que intervienen en la vida útil de las carreteras en Guatemala y su análisis.

- **ESPECÍFICOS:**

1. Determinar los principales factores que intervienen en el deterioro de los pavimentos en Guatemala.
2. Describir en qué consisten las fallas en los pavimentos.
3. Exponer los pasos de evaluación para determinar qué factores están influyendo en el deterioro de pavimentos en Guatemala.
4. Realizar un estudio práctico para la evaluación de factores que afectan el funcionamiento de las carreteras.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala se ha observado que en un tiempo muy corto las carreteras presentan deterioro; para determinar los factores que inciden en el daño de la carretera es necesario realizar una evaluación de los pavimentos.

Las diferentes fallas que se observan en el pavimento se deben clasificar con el propósito de especificar los factores que afectan su funcionamiento, y así poder realizar un estudio práctico para la evaluación de la infraestructura vial de Guatemala. Entre estos factores, se puede mencionar los fenómenos naturales, calidad de materiales, procesos constructivos, tráfico con sobrecarga, etc.

Por tal razón, este trabajo de graduación está enfocado en la determinación de los principales factores por los cuales se ven afectados los pavimentos.

1. TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS

1.1 Definición de falla en pavimentos

Una falla se define por el conjunto de deterioros que presenta un pavimento, o desperfecto que pueda afectar su capacidad de servicio, que perturbe la comodidad y seguridad al usuario.

Son numerosos los tipos de fallas que pueden presentarse en los pavimentos, cada una de ellas tienen características propias, las cuales se deben estudiar para lograr establecer factores que inciden en cada una.

Las fallas en los pavimentos antiguos se deben usualmente a un proyecto inadecuado para el tráfico existente, una compactación insuficiente durante la construcción o ambas situaciones.

Por ejemplo, un exceso de asfalto, especialmente en mezclas con elevado porcentaje de finos, puede dar lugar a ondulaciones de la superficie; un contenido de asfalto insuficiente puede dar lugar a agrietamiento o desintegración de la carpeta de rodadura.

La reparación de estos defectos depende de la magnitud de los daños. Si están generalizados, probablemente será necesaria la reconstrucción. Sin embargo, la reconstrucción de un pavimento no debe emprenderse hasta que un estudio completo y cuidadoso haya establecido definitivamente la causa de las fallas, con el fin de realizar una reparación óptima, y no realizar de nuevo una reconstrucción.

1.2 Clasificación de fallas según su forma de deterioro

Las fallas que puede presentar la carpeta de rodadura, por lo general, se deben a desprendimientos y/o afloramientos a la superficie.

El pavimento puede fallar debido a deformaciones o fracturas; por lo que la clasificación de fallas es imprescindible para establecer los factores que influyen en el deterioro de pavimentos. Por lo tanto, las fallas en los pavimentos pueden clasificarse en cuatro grupos:

- Fallas por desprendimiento.
- Fallas por deformaciones.
- Fallas por fisuras o agrietamientos.
- Fallas por afloramiento o movimiento de material.

1.2.1 Fallas por desprendimiento

La falla por desprendimiento en pavimentos es la desintegración o la separación de los materiales que componen la carpeta de rodadura, inicialmente presenta pequeños fragmentos con pérdida progresiva de material.

1.2.2 Fallas por deformaciones

Las fallas por deformaciones son aquellas que se forman en la carpeta de rodadura, sobre la trayectoria longitudinal o transversal de la circulación de vehículos, representan la acumulación de pequeñas deformaciones permanentes producidas por aplicaciones de sobrecarga, provenientes del mismo rodado de vehículos pesados sobre la carpeta de rodadura, y por los cambios de temperatura, ya que ante la presencia de altas temperaturas y/o altos períodos de aplicación de sobrecarga, se generan deformaciones irreversibles o plásticas en el pavimento.

1.2.3 Fallas por Fisuras o Agrietamientos

Las fallas por agrietamiento son un indicativo de deficiencias en la estructura del pavimento, es decir, es una señal de fatiga de la carpeta de rodadura como resultado de la acumulación de esfuerzos horizontales de tensión, generados por las cargas transmitidas por los vehículos pesados; por hundimientos que causan fisuramiento o agrietamiento; y por contracción.

1.2.4 Fallas por afloramiento o movimiento de material

Este tipo de fallas son apariciones de distintos materiales en la superficie del pavimento que provienen de las capas inferiores; cuando se produce ascensión capilar de agua hacia la superficie del pavimento, indica la presencia de una falla estructural, debido a que una de las funciones principales de la sub-base empieza a deteriorarse. A este proceso se le llama capilaridad, lo cual provoca una falla por afloramiento.

2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS FALLAS POR DESPRENDIMIENTO EN PAVIMENTOS

2.1 Tipos de fallas por desprendimiento en pavimentos flexibles y sus factores

Como se definió antes, las fallas por desprendimiento en pavimentos es la desintegración o la separación de los materiales que componen la carpeta de rodadura, esta definición es general para pavimentos flexibles y rígidos; con el objetivo de realizar un mejor estudio de las mismas, se verá primero fallas en pavimentos flexibles y luego fallas pavimentos rígidos.

Las fallas por desprendimiento en pavimentos flexibles se presentan a continuación:

- Descascaramiento o peladura
- Baches
- Desintegración de bordes
- Desprendimiento de agregados
- Pulido de superficie
- Desintegración de la carpeta asfáltica
- Erosión longitudinal de carpeta

2.1.1 Descascaramiento o peladura y sus factores

La falla de descascaramiento o peladura es la desintegración superficial de la carpeta de rodadura, como consecuencia de la pérdida del ligante bituminoso y del desprendimiento del agregado pétreo, sin exponer la capa inferior inmediata del pavimento. En palabras, la falla no llega a afectar la capa de base o sub-base. Este tipo de falla solo deteriora por partes al pavimento; como se verá más adelante en desintegración de carpeta asfáltica que afecta en todas partes al pavimento.

Los niveles de daño para esta falla se pueden dividir en:

- BAJA: Si la profundidad es menor que 10mm
- MEDIA: Si la profundidad está entre 10mm y 25mm
- ALTA: Si la profundidad es mayor que 25mm

La unidad de medida para esta falla, se registra el área afectada en metros cuadrados (m²)

Esta falla puede ir progresando hasta presentar un bache o desintegración de carpeta asfáltica.

Figura 1. Descascamiento o peladura



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la Inspección Visual de Pavimento Flexibles. Pág. 14

Los factores que influyen en la falla por descascamiento o peladura son:

- Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales
- Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.
- Riego de liga deficiente.
- Mezcla asfáltica muy permeable, lo cual significa que el flujo de agua hacia las capas inferiores es demasiada.

2.1.2 Baches

Los baches que pueda presentar un pavimento se definen como la desintegración parcial de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares de la base y sub-base, lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito y al intemperismo.

Los niveles de daño para esta falla se dividen en:

- BAJA: Profundidad de daño menor o igual que 25mm, corresponde al desprendimiento de tratamientos superficiales o capas delgadas.
- MEDIA: Profundidad de daño entre 25mm y 50mm, deja expuesta la base.
- ALTA: Profundidad de daño mayor que 50mm, que llegar a afectar la capa de base.

Esta falla puede medirse en metros cuadrados (m²) de área afectada, registrando el mayor nivel de daño existente.

Al no realizar trabajos de reparación esta falla puede conducir a la destrucción total de la estructura, debido a que el tramo contiene aberturas que permiten que las capas inferiores tengan contacto con el ambiente exterior, por ejemplo agua pluvial, materiales orgánicos u otros, por lo que éstas empiezan a trabajar inadecuadamente y a deteriorarse.

Figura 2. Bache



Fuente: SIECA, Coronado, Jorge. Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras.
Pág. 21

Los factores que influyen en falla por baches son:

- Falta de soporte de la capa de rodadura.
- Contenido inadecuado de asfalto.
- Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.
- Drenaje deficiente.
- Puntos débiles en la carpeta de rodadura.
- Puntos inestables de la base o sub-rasante.
- Retención de agua, agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento.

2.1.3 Desintegración de bordes

Este tipo de falla consiste en la progresiva destrucción de los bordes del pavimento en el hombro de la carretera o en la orilla del carril de la carretera sin hombros, por la acción del tránsito. Ocurre particularmente en carreteras con hombros no pavimentados o sin ellos, en las que existe una significativa parte de vehículos que acceden del hombro al pavimento o viceversa.

Los niveles de daños en este tipo de falla se dividen en:

- **BAJA:** Se observan fisuras paralelas al borde, de daños bajos o moderados, sin señal de peladuras
- **MEDIA:** Se observan fisuras paralelas al borde y/o peladuras de cualquier tipo, sin llegar a la desintegración total.
- **ALTA:** Se observa una considerable desintegración total de los bordes, el borde tiene como resultado una forma serpenteante, reduciendo el ancho de calzada.

La desintegración de bordes se mide en metros cuadrados, en su totalidad por separado, en función a sus niveles de daños descritos anteriormente.

El resultado de no realizar un mantenimiento de reparación, conduce a una falla de desprendimiento de carpeta asfáltica.

Figura 3. Desintegración de bordes



Fuente: SIECA, Coronado, Jorge. Catálogo Centroamericano de Daños a Pavimentos Viales. Pág. 23

Los factores que intervienen en la falla por desintegración de bordes son:

- Tránsito Intenso, por transporte pesado y su efecto abrasivo, sobre el extremo del pavimento donde el rendimiento de la estructura es menor debido al pequeño confinamiento lateral.
- La presencia de arenas angulosas sueltas, muy próximas a la carretera, hace que aumente la abrasión de los neumáticos que ascienden y descienden del pavimento, provocando peladuras severas que pueden conducir a la desintegración.
- Por la falta de cunetas, la esorrentía de agua pluvial erosiona el borde de la carpeta de rodadura debilitándolo al paso de tránsito que acceden del hombro al pavimento o viceversa.

2.1.4 Desprendimiento de agregados

Falla conocida como desintegración pétreo, corresponde a la disgregación superficial de la carpeta de rodadura debido a la pérdida gradual de agregados, es decir, la separación de los agregados gruesos de la carpeta asfáltica dejando vacíos en la carpeta de rodadura; que conlleva a una superficie más rugosa o áspera, y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y cambios climáticos. Este tipo de falla es común en tratamientos superficiales, en el que pueden aparecer ranuras o canales en la dirección del riego.

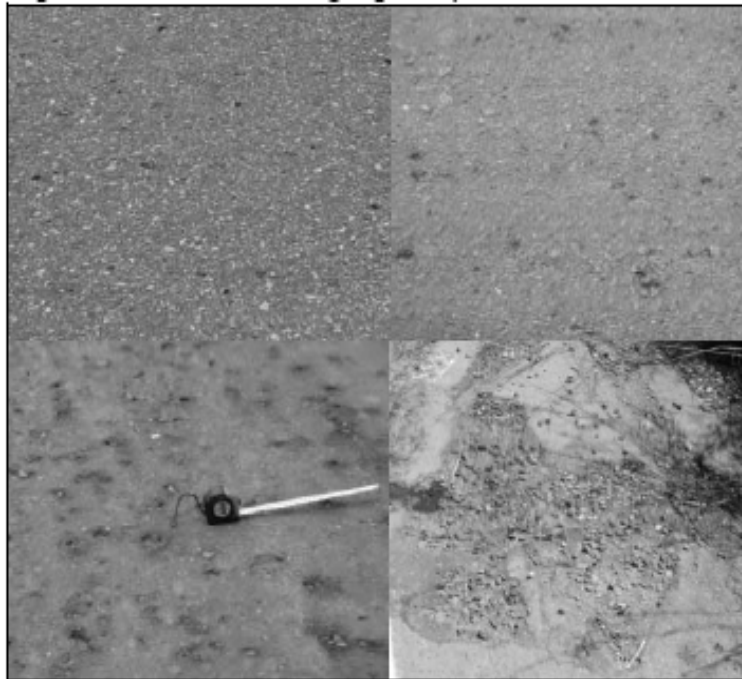
Los niveles de daño que puede presentar este tipo de falla son¹:

- **BAJA:** Los agregados gruesos a comenzado a desprenderse y se observan pequeños vanos cuya separación es mayor a 150mm.
- **MEDIA:** Existe un mayor desprendimiento de agregados, con separaciones entre 50m y 150mm.
- **ALTA:** Existe desprendimiento extensivo de agregados finos y gruesos con separaciones menores a 50mm, haciendo la superficie muy rugosa y se observan agregados sueltos.

La medición de esta falla es en m², es decir, se registra el área afectada de acuerdo con los niveles de daño predominante.

Este tipo de falla puede conducir a la falla por descascaramiento o peladura, o también a la falla por exudación.

Figura 4. Desprendimiento de agregados



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la inspección visual de pavimento flexibles. Pág. 18.

Los factores que influyen en la falla por desprendimiento de agregados son:

- Falta de adherencia entre agregado y asfalto.
- Contenido inadecuado de asfalto.
- Expansión del agregado.

- Contaminación de solventes, o derivados del petróleo sobre el pavimento, (aceites, gasolina, etc.).
- Agregados contaminados.
- Drenaje deficiente.
- Aplicación irregular, no constante del ligante en tratamientos superficiales.
- Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.
- Compactación Insuficiente.

2.1.5 Pulido de superficie

Desgaste acelerado en la carpeta de rodadura, provocando áreas lisas, corresponde al deterioro de pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida del ligante y mortero. Se evidencia por la presencia de agregados con caras planas en la superficie o por la ausencia de agregados angulares, en ambos casos se puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.

Esta falla se mide en metros cuadrados y los niveles de daño se presentan a continuación:

- **BAJA:** Cuando la superficie ha perdido su textura uniforme y se muestra ligeramente rugosa, con irregularidades hasta 3mm aproximadamente.

- **MEDIA:** Cuando la profundidad de las irregularidades es mayor a 3mm y llega a 10mm. Se observan las partículas de agregado grueso, y se siente la vibración y una diferencia de sonido de las llantas al transitar sobre el pavimento.
- **ALTA:** Si en la superficie ha comenzado a producirse la desintegración superficial de la carpeta de rodadura y se presentan desprendimientos evidentes y partículas sueltas sobre el pavimento.

La evolución de esta falla puede llegar a provocar otra llamada Desprendimiento de agregados.

Figura 5. Pulido de superficie



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la Inspección Visual de Pavimento Flexibles. Pág. 17

Los factores que influyen en la falla por pulido de superficie son:

- Tránsito intenso, por transporte pesado.
- Agregado grueso de la carpeta con baja resistencia al desgaste.
- Excesiva compactación.
- Contenido inadecuado de asfalto.
- Agregados no apropiados a la intensidad del tránsito.
- Hundimiento, debido al agregado grueso que contiene la carpeta, o en la base cuando se habla de tratamientos superficiales.

2.1.6 Desintegración de la carpeta asfáltica

Este es un deterioro grave de la carpeta asfáltica en pequeños fragmentos con pérdida progresiva de los materiales que la componen. Los tipos de fallas como estas se presentan en carpetas de rodadura con su periodo de diseño cumplido; en carpetas recientes con insuficiente contenido de asfalto; en carpetas construidas con material pétreo frágil.

Este tipo de falla se mide en metros cuadrados de daño. Los niveles de daño quedan clasificados de la siguiente manera:

- BAJA: Cuando se presentan áreas que pueden definirse como falla de peladura.
- MEDIA: Cuando presenta falla conjunta entre piel de cocodrilo y desprendimiento de agregados, y afecta una longitud a lo largo del pavimento no mayor a 3m.

- ALTA: Cuando presenta falla total de desintegración de carpeta asfáltica a todo lo ancho del pavimento en una longitud mayor a 3m.

Figura 6. Desintegración de carpeta asfáltica



Fuente: López, Gerson. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda COVIAL.

Los factores que intervienen en la falla desintegración de carpeta asfáltica son:

- Desintegración de los agregados.
- Fatiga de la carpeta.
- Contaminación de solventes.
- Separación de agregados y asfalto ligante.

- Presencia de arcilla en cualquiera de la capas.
- Compactación insuficiente.
- Agregados contaminados.
- Tendido de la carpeta en climas fríos o húmedos.
- Tránsito Intenso, por transporte pesado.
- Fin de la vida útil de la carpeta de rodadura.

2.1.7 Erosión longitudinal de carpeta

Desintegración parcial de la carpeta asfáltica principalmente en el borde de la carpeta de rodadura. La carpeta materialmente se va carcomiendo, reduciendo el ancho efectivo de la carretera.

Figura 7. Erosión longitudinal de carpeta



Fuente: López, Gerson. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda COVIAL.

Cuando esta falla es temprana se puede dar solución con los trabajos de bacheo superficial o bacheo profundo.

Los factores que influyen en la falla por erosión longitudinal de carpeta son:

- Mantenimiento de conservación inadecuada.
- Falta de soporte de la capa de rodadura en los extremos de la sección, es decir las orillas del pavimento no son óptimas.
- Erosión natural del agua y el viento.
- Inundaciones sobre carpeta asfáltica.

2.2 Tipos de fallas por desprendimiento en pavimentos rígidos y sus factores

Se presenta ahora los tipos de fallas por desprendimiento en pavimentos rígidos:

- Despostillamiento o descascaramiento de juntas
- Descascaramiento o peladura
- Desintegración de pavimento rígido
- Bache en pavimento rígido
- Pulimento de superficie en pavimento rígido
- Parches en pavimento rígido

2.2.1 Despostillamiento o descascaramiento de juntas

Este tipo de falla consiste en la desintegración de las aristas de una junta, ya sea, longitudinal o transversal; con pérdida, como su nombre lo indica, de material en fragmentos pequeños, que puede afectar hasta 150mm de lado a lado de la junta. Este tipo de deterioro se presenta en todos los tipos de pavimentos rígidos con juntas.

Los niveles de daño que provoca este tipo de falla se pueden definir como la combinación del estado de los bloques que se forman por las hendiduras en contacto con la junta y sus mediciones. Estos niveles se distribuyen de la siguiente manera:

- **BAJA:** Pequeños fragmentos que no se extienden más de 80mm a cada lado de la junta, dan lugar a pequeñas fracciones que se mantienen bien firmes, aunque ocasionalmente algunos pequeños segmentos pueden faltar.
- **MEDIA:** Los fragmentos se extienden a lo largo de la junta en más de 80mm a cada lado de la misma, dando origen a segmentos que se mantienen sueltos, que pueden ser removidos.
- **ALTA:** Los fragmentos se extienden a lo largo de la junta en más de 80mm a cada lado de la misma, los segmentos han sido removidos por el tránsito y tienen una profundidad mayor de 25mm.

La medición de esta falla se realiza en metros de la junta afectada por bloque dañado, y la evolución más probable de esta falla es el bombeo o afloramiento de agua en la superficie del pavimento, debido a la entrada de agua hacia la base por juntas dañadas y la salida en otras, por tránsito pesado.

Figura 8. Despostillamiento de juntas



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la Inspección Visual de Pavimento Rígidos. Pág. 17

Los factores que intervienen en la falla por despostillamiento o descascaramiento de Juntas son:

- Defectos constructivos.
- Desintegración de concreto, por mala calidad de material.
- Presencia de material incompresible en la junta, el cual al expandirse genera concentración de esfuerzos y la posterior falla al paso de vehículos.
- Procedimiento de corte de junta errónea.
- Aplicación de cargas antes de conseguir la resistencia mínima recomendada del concreto.

2.2.2 Descascaramiento o peladura en pavimento rígido

Esta falla se define como la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15mm, debido al desprendimiento de pequeños fragmentos de concreto.

Los niveles de daños se miden de acuerdo a la profundidad a la cual ha existido pérdida de material superficial y se clasifica de la siguiente forma:

- BAJA: Pérdida de material superficial a una profundidad menor a 5mm.
- MEDIA: Pérdida de material superficial a una profundidad entre 5mm y 15mm.
- ALTA: Pérdida de material superficial a una profundidad mayor a 15mm.

Este tipo de deterioro se mide en función del área de cada descascamiento por bloque identificando la severidad de la falla. Este tipo de falla como lo es el descascamiento puede incrementar su grado o niveles de daño hasta generar desintegración.

Figura 9. Descascamiento o peladura



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la Inspección Visual de Pavimento Rígidos. Pág. 18

Los factores que influyen en la falla por descascamiento o peladura son:

- Exceso de acabados del concreto fresco colado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte débil a la retracción.
- En pavimentos rígidos reforzados uno de los factores es la corrosión del acero del concreto por penetración de agua, sal o material anticongelantes.

2.2.3 Desintegración de pavimento rígido

Esta falla consiste en la pérdida constante de agregado grueso en la superficie, debido a la progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de origen arena cemento del concreto, provocando una superficie con pequeñas cavidades.

Los niveles de daños para esta falla se definen de acuerdo al área en la cual ha existido pérdida de material superficial, se clasifican de la siguiente forma:

- **BAJA:** Pequeños desprendimientos muy superficiales, puntuales o concentrados en pequeñas área.
- **MEDIA:** Erosiones generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una textura abierta, pero los desprendimientos se limitan a material fino, solo superficialmente.
- **ALTA:** Erosiones generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una superficie rugosa, con desprendimiento de agregado grueso formando cavidades o pequeños baches superficiales.

La desintegración de la superficie del pavimento puede incrementar su grado de severidad generando baches. Ésta se mide por su grado de daño para cada losa.

Figura 10. Desintegración de pavimento rígido baja



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la Inspección Visual de Pavimento Rígidos. Pág. 20

Los factores que influyen en la falla por desintegración de pavimento rígido son:

- Contaminación de los agregados, material inapropiado en el concreto tal como arcilla o cal viva.
- Mortero poco homogéneo.
- Deficiente calidad de materiales.
- Expansión del agregado.
- Reparaciones realizadas sin seguir recomendaciones técnicas.
- Tránsito intenso, por transporte pesado.

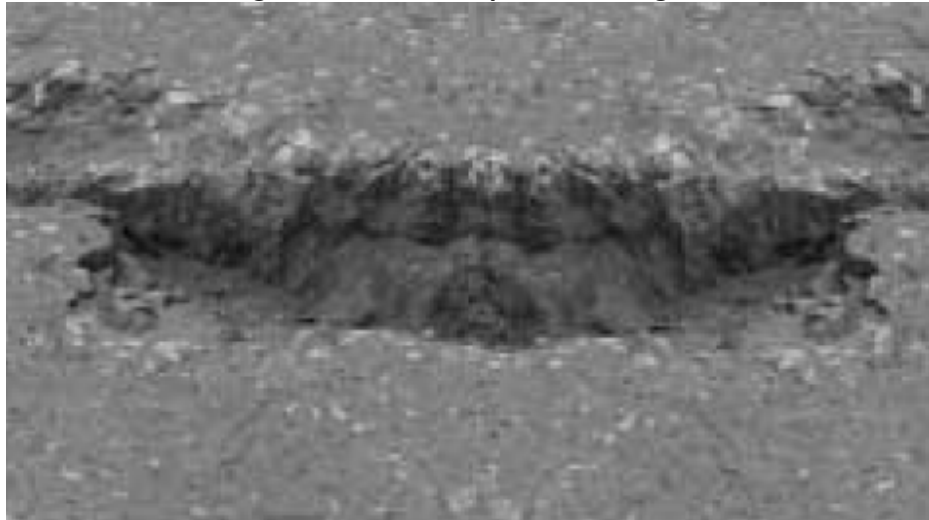
2.2.4 Bache en pavimento rígido

Se define como la desintegración de la losa de concreto y la remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares que incluso puede dejar expuesto el material de base.

En este tipo de falla su intensidad se mide en metros cuadrados de área afectada, reconociendo la mayor severidad existente por cada losa afectada. Los niveles de daño se definen de acuerdo a la cual ha existido pérdida de material, se clasifican de la siguiente manera:

- BAJA: Profundidad de daño menor o igual que 25mm.
- MEDIA: Profundidad daño entre 25mm y 50mm.
- ALTA: Profundidad de daño mayor de 50mm.

Figura 11. Bache en pavimento rígido



Fuente: SIECA, Coronado, Jorge. Catálogo Centroamericano de Daños a Pavimentos Viales. Pág. 38

Los factores que intervienen en la falla por bache en pavimento rígido son:

- Capas inferiores inestables.
- Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.
- Retención de agua, en zonas hundidas y/o fisuradas.
- Tránsito intenso, por transporte pesado.
- Defectos constructivos.

2.2.5 Pulimento de superficie en pavimento rígido

Este tipo de falla se define como la carencia o pérdida de la textura superficial necesaria para que exista una fricción adecuada entre el pavimento y los neumáticos, en otras palabras, carpeta de rodadura excesivamente lisa por efecto del pulimento de los agregados que la componen.

Los niveles de daño para este tipo de falla no se definen debido a que el grado de pulimento de la superficie debe ser alto. La medición de este deterioro se realiza en función del área afectada en cada losa o el número de losas afectadas. Y esta falla al no controlarse expone agregados puntiagudos.

Figura 12. Pulimento de superficie



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la Inspección Visual de Pavimento Rígidos. Pág. 21

Los factores que influyen en la falla pulimento de superficie:

- Tránsito intenso, éste produce el desgaste superficial de los agregados de naturaleza degradable, particularmente cuando el concreto es de calidad pobre y favorece a reducir la fricción de los mismos con los neumáticos.

2.2.6 Parches en pavimento rígido

Un parche es un área donde el pavimento original fue removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente; también un parcheo por reparación de servicios públicos es una reparación que se ha ejecutado para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo, el daño consiste en la falla de este.

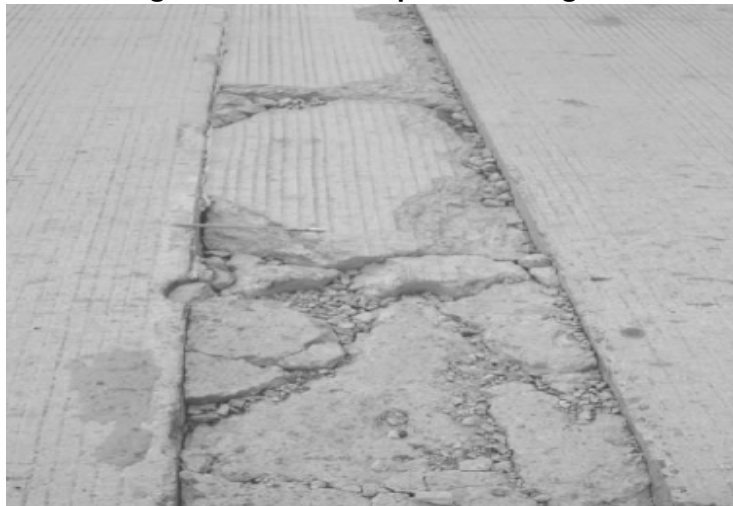
Los tramos con parches disminuyen el nivel del servicio de la carretera, y puede ocasionar intensidad de mantenimiento demandado por una determinada vía o la necesidad de reforzar la estructura de la misma. En muchos casos, los parches por deficiente ejecución dan origen a nuevas fallas.

Los niveles de daño se tienen en cuenta, su estado de deterioro y el asentamiento de la capa, a continuación se definen estos niveles²:

- BAJA: El parche está en muy buena condición y realiza su trabajo satisfactoriamente.
- MEDIA: El parche presenta daños de severidad baja o media y deficiencia en los bordes.
- ALTA: El parche está gravemente deteriorado, presentan daños muy severos y requiere ser reparado lo antes posible.

Este tipo de deterioro se mide según el número de parches y la superficie en metros cuadrados del área del parche para cada nivel de daño y por losa. El deterioro de los parches en concreto, puede conducir al daño total del parche y de las zonas cercanas al mismo.

Figura 13. Parche en pavimento rígido



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la Inspección Visual de Pavimento Rígidos. Pág. 21

Los factores que intervienen en la falla de parches en pavimentos rígidos:

- Retracción por fraguado, esto quiere decir que puede separarse el parche del concreto no utilizado, si no se utiliza el epóxico como material de adhesión.
- Transferencia de carga inadecuada entre parche y losa, esto quiere decir que al realizar un reemplazo de la losa de por lo menos la mitad, el traspaso de carga entre el parche y la losa no es el correcto.

3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS FALLAS POR DEFORMACIONES EN PAVIMENTOS

3.1 Tipos de falla por deformaciones en pavimentos flexibles y sus factores

Las fallas por deformaciones son aquellas que se forman en la carpeta de rodadura, sobre la trayectoria longitudinal o transversal de la circulación de vehículos, a continuación se presentan las fallas por deformaciones en pavimentos flexibles:

- Abultamiento o burbuja
- Ondulaciones o corrugaciones
- Hundimientos
- Ahuellamiento o canalizaciones
- Corrimiento superficial de asfalto

3.1.1 Abultamiento o burbuja

Este tipo de falla se define como el levantamiento localizado en la superficie del pavimento, generalmente pueden presentarse bruscamente ocupando pequeñas áreas o gradualmente en áreas grandes, acompañados en algunos casos por fisuras, puede notarse en forma de onda que distorsiona el perfil de la carretera.

Según su incidencia en la comodidad de manejo, se definen tres niveles de daño o severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo a la siguiente manera:

- BAJA: Reducida incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a la velocidad de operación promedio.
- MEDIA: Moderada incidencia en la comodidad de manejo, esto obliga a disminuir la velocidad de circulación.
- ALTA: Elevada incidencia en la comodidad de manejo, condiciona la velocidad de circulación y produce una severa incomodidad con peligro a la circulación.

Los abultamientos o hinchamientos se miden en metros cuadrados de superficie afectada, según su nivel de daño.

La evolución de esta falla puede causar fisuración, desprendimientos, exudación, ahuellamiento.

Figura 14. Abultamiento o burbuja



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la Inspección Visual de Pavimento Flexibles. Pág. 11

Los factores que influyen en la falla abultamiento o burbuja del pavimento son:

- Presiones de vapor o aire en zonas de la carpeta de rodadura, esto quiere decir que cuando el pavimento es saturado por intensas lluvias y luego la temperatura asciende el agua inicia a evaporarse, y el vapor asciende hacia la superficie ocasionando presión.
- Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.
- Liberación de cal en bases estabilizadas, es decir, la cal queda suelta debido a que no hubo una mezcla homogénea con el material a estabilizar.

- Bombeo, se generan principalmente por la expansión de la subrasante o en carpetas asfálticas colocadas sobre placas de concreto rígido, el cual se deforma al existir presiones bajo la carpeta de asfalto.

3.1.2 Ondulaciones o corrugaciones

La ondulación es una deformación plástica de la carpeta asfáltica.

Esto debido a una pérdida de estabilidad de la mezcla en climas cálidos, muchos de los casos suelen presentarse en las zonas de frenado o aceleración de vehículos. Es un daño caracterizado por la presencia de ondas en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, con longitudes entre cimas usualmente menores que 1m. Este tipo de falla es poco común en calles urbanas, siendo más frecuentes en los pavimentos muy delgados o de tratamiento superficial, como se encuentra a veces accesos a colonias.

Los niveles de daño se definen de la siguiente forma:

- BAJA: La ondulación causa cierta vibración en el vehículo, sin llegar a generar incomodidad.
- MEDIA: La ondulación causa una significativa vibración en el vehículo, que genera cierta incomodidad.

- ALTA: La ondulación causa una vibración excesiva y continua en el vehículo, que genera una trascendente incomodidad y/o riesgo de pérdida de control de vehículos, siendo necesaria una reducción en la velocidad por seguridad.

La medición de este tipo de falla se realiza en metros cuadrados, verificando, de acuerdo a sus niveles de daño, el área total afectada en la muestra o sección.

Figura 15. Ondulación o corrugación



Fuente: SIECA, Ing. Jorge Coronado, Catálogo Centroamericano de Daños a Pavimentos Viales. Pág. 18

Los factores que intervienen en la falla ondulaciones o corrugaciones son:

- Falta de soporte de la capa de rodadura.
- Excesiva compactación.

- Mala calidad de asfalto.
- Exceso de asfalto.
- Falta de triturados.
- Insuficiencia de curado del concreto asfáltico.
- Tránsito intenso, por transporte pesado.
- Deslizamiento de la carpeta de rodadura sobre la capa inferior por exceso de riego de liga.
- Deformaciones diferenciales, de suelos de cimentación que se reflejan en capas superiores, es decir, el terreno natural presenta pequeñas deformaciones verticales.

3.1.3 Hundimientos

Los hundimientos corresponden a depresiones o descensos en un área localizada en el pavimento con respecto al nivel de la rasante. Este tipo de daño puede generar problemas de seguridad a los automotores, especialmente cuando contienen agua ya que se puede producir hidropneumático (deslizamiento sobre agua) para los mismos. Los hundimientos pueden estar orientados de forma longitudinal o transversal al eje de la vía, o pueden tener forma de media luna.

Este tipo de falla se cuantifica el área afectada en metros cuadrados. Los niveles de daño o severidad se clasifican de la siguiente forma:

- BAJA: Profundidad menor de 20mm, causa poca vibración al vehículo, sin generar incomodidad al conductor.
- MEDIA: Profundidad entre 20mm y 40mm, causa mayor vibración al vehículo generando incomodidad al conductor.
- ALTA: Profundidad mayor a 40mm, causa vibración excesiva se puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.

La evolución probable de este tipo de falla puede ser los agrietamientos o desprendimientos en pavimentos.

Figura 16. Hundimiento en pavimento flexible



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la Inspección Visual de Pavimento Flexibles. Pág. 12

Los factores que influyen en la falla hundimientos en pavimentos son:

- Deformaciones diferenciales, verticalidad del suelo de cimentación.
- Peso propio de la acción del pavimento.
- Suelos o cimentaciones elásticos, con capacidad de recuperación.
- Cargas excesivas o superiores a las del diseño.
- Compactación insuficiente.
- Defectos constructivos.
- Drenaje deficiente.
- Agregados contaminados.
- Desplomes de cavidades subterráneas.
- Canalización de tránsito (ahuellamiento).

3.1.4 Ahuellamiento o canalizaciones

Es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de los neumáticos de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes a la zona deprimida y de fisuración. Un ahuellamiento significativo puede llevar a la falla estructural del pavimento y posibilitar el hidroplaneo (deslizamiento sobre agua) por almacenamiento de agua; indica una insuficiencia estructural del pavimento o una deficiente estabilidad del sistema sub-rasante pavimento.

Los niveles de daño para este tipo de falla se determina en función de la profundidad de la huella, midiendo ésta con una regla de 1.20m de longitud colocada transversalmente al eje de la carretera; la medición se efectúa donde la profundidad es mayor, promediando los resultados obtenidos a intervalos de 3m a lo largo de la huella. Se clasifica tres niveles de daño:

- BAJA: La profundidad promedio es menor de 10mm.
- MEDIA: La profundidad promedio está entre 10mm y 25mm.
- ALTA: La profundidad promedio es mayor de 25mm.

La unidad de medida para esta falla es en metros cuadrados de área afectada, fijando el daño acorde a la zona de mayor profundidad.

La evolución de la misma puede llegar a ser la falla piel de cocodrilo y/o desprendimientos.

Figura 17. Ahuellamiento con pozas de agua sobre las marcas.



Fuente: SIECA, Coronado, Jorge. Catálogo Centroamericano de Daños a Pavimentos Viales. Pág. 16

Los factores que intervienen en la falla ahuellamiento o canalizaciones son:

- Compactación insuficiente.
- Contenido inadecuado de asfalto.
- Capacidad estructural del pavimento con espesores deficientes de las capas que lo integran.
- Utilización de material no apropiados o de mala calidad.
- Tránsito intenso, por transporte pesado.
- Riego de liga en exceso.
- Bombeo, inestabilidad en bases y sub-bases granulares, creada por la presión del agua o saturación de la misma.

3.1.5 Corrimiento superficial de asfalto

Esta falla se define como desviaciones de la carpeta asfáltica por desplazamiento de la mezcla de asfalto, generalmente acompañados por levantamientos de material, o bien por desplazamiento de la carpeta asfáltica sobre la superficie subyacente, habitualmente acompañado de un levantamiento hacia el eje de la carretera. Propiamente puede identificarse a través de la señalización horizontal del pavimento, observando demarcación de los carriles, por efecto de corrimiento.

Los niveles de daño o severidad se definen tres, según lo siguiente:

- **BAJA:** el corrimiento es perceptible, causa cierta vibración a los vehículos, sin generar incomodidad.
- **MEDIA:** el corrimiento causa significativa vibración al vehículo, que genera cierta incomodidad.
- **ALTA:** el corrimiento causa a los vehículos una excesiva vibración que genera una significativa incomodidad y/o riesgo para la seguridad de la circulación, siendo necesaria una sustancial reducción de la velocidad.

Los corrimientos se miden en metros cuadrados, registrando separadamente, de acuerdo a su nivel de daño, el área afectada.

Figura 18. Corrimiento superficial de asfalto



Fuente: SIECA, Coronado, Jorge. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Pág. 17

Los factores que influyen en la falla corrimiento superficial de asfalto son:

- Tránsito intenso.
- Contenido inadecuado de asfalto.
- Falta de vacíos.
- Falta de confinamiento lateral, es decir, refuerzo a la orilla o extremo del pavimento.
- Riego de liga deficiente, no permite una adecuada adherencia entre la carpeta asfáltica y las capas inferiores, originando mayor posibilidad de corrimiento.

3.2 Tipos de fallas por deformaciones en pavimentos rígidos

A continuación se presentan las fallas por deformaciones en pavimentos rígidos:

- Levantamiento de losa
- Asentamiento de losas
- Escalonamiento de juntas longitudinales o transversales

3.2.1 Levantamiento de losa

Este tipo de falla se define como la sobre elevación rugosa de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o una grieta, habitualmente el concreto afectado se quiebra en varios fragmentos.

Los niveles de daño se miden en función del efecto de esta falla en el nivel de servicio y muy esencialmente en el riesgo que puede significar para los usuarios, los cuales se definen de la siguiente manera:

- BAJA: baja incidencia en la comodidad del manejo, poca sensibilidad a la velocidad de operación promedio. Elevación entre los bordes de la losa menor a 5mm.

- MEDIA: moderada incidencia en la comodidad del manejo, genera molestia y obliga a disminuir velocidad de circulación. Elevación entre bordes de la losa entre 5mm y 10mm.
- ALTA: el levantamiento causa un excesivo salto del vehículo, generando la pérdida de control del mismo, y una incomodidad del nivel muy alto, y riesgo para la seguridad y daños al vehículo, siendo necesario reducir drásticamente la velocidad; la separación entre bordes de la losa mayor a 10mm.

Los daños para esta falla se miden teniendo en cuenta su nivel de daño, registrando un largo y un ancho que definan el área para cada losa afectada. Esta falla puede evolucionar a la falla grietas en bloque, y llegara a afectar la junta, por ejemplo, producir pérdidas de sello, desprendimiento.

Figura 19. Levantamiento de losa



Fuente: SIECA, Coronado, Jorge. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Pág. 32

Los factores que intervienen en la falla Levantamiento de losa son:

- Dilatación muy grande de la losa para las dimensiones de la junta, es decir, su estiramiento por sus grandes dimensiones de junta.
- Deficiencia en diseño por proximidad de juntas.
- Falta de verticalidad de juntas, es decir, existen juntas inclinadas.
- Movimiento por raíces de árboles próximos al pavimento.
- La restricción a la expansión de las losas puede originar fuerzas de compresión considerables sobre el plano de la junta.
- Variaciones térmicas, por climas severos.

3.2.2 Asentamiento de losas

Descenso de la superficie del pavimento en un área específica del mismo; puede estar acompañado de un fisuramiento significativo, debido al asentamiento de las losas.

Los niveles de daño para este tipo de falla se definen a continuación:

- BAJA: profundidad menor que 20mm, provoca una pequeña vibración al vehículo, sin generar incomodidad al conductor.
- MEDIA: profundidad entre 20mm y 40mm, provoca una mayor vibración al vehículo generando incomodidad al conductor.
- ALTA: profundidad mayor que 40mm, provocando una vibración excesiva que genera un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.

Las mediciones de los asentamientos se miden registrando su área afectada por separado, por losa y según los criterios de los niveles de daño. Este tipo de falla en el concreto puede conducir al agrietamiento total de la losa.

Figura 20. Asentamiento de losa



Fuente: SIECA, Coronado, Jorge. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Pág. 34

Los factores que influyen en la falla Asentamiento de losas:

- Consolidación de la sub-rasante
- Consolidación en zonas contiguas a una estructura de drenaje ocasionando el asentamiento del material del pavimento.
- Compactación insuficiente.
- Defectos constructivos.

3.2.3 Escalonamiento de juntas longitudinales o transversales

Este tipo de falla es provocada por el tránsito, el cual corresponde a un desnivel de la losa en su junta con respecto a una losa lindante.

Los niveles de daño para esta falla se toman en cuenta la diferencia de altura, es decir, el desnivel entre losas adyacentes, los niveles se definen de la siguiente forma:

- BAJA: desnivel menor a 5mm
- MEDIA: desnivel entre 5mm y 10mm
- ALTA: desnivel mayor a 10mm

La medición del escalonamiento se puede realizar de la siguiente manera:

Si la losa a medir está más alta que la contigua, deberá registrarse como escalonamiento negativo (-); en el caso contrario registrar escalonamiento positivo (+).

Definir si el desnivel se presenta en el largo o ancho de la losa y determinar su magnitud en metros, se debe tener en cuenta que si el desnivel está asociado con despostillamientos o con alguna grieta definida claramente en otro tipo de daño.

El escalonamiento puede ocasionar fractura de losa, si este se combina con bombeo que implica pérdida de material de base.

Figura 21. Escalonamiento de juntas



Fuente: SIECA, Coronado, Jorge. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Pág. 33

Los factores que intervienen en la falla escalonamiento de juntas longitudinales o transversales son:

- Transferencia de carga inadecuada, entre las losas o segmentos de losa.
- Erosión de la base en las inmediaciones de la junta o grieta.
- Deformaciones diferenciales de la sub-base o sub-rasante.
- Falta de soporte de la capa de rodadura.

4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS FALLAS POR AGRIETAMIENTO EN PAVIMENTOS

4.1 Tipos de fallas por agrietamiento en pavimentos flexibles y su factores

Las fallas por agrietamiento son un indicativo de deficiencias en la estructura del pavimento, las fallas en pavimentos flexibles de este tipo se definen de la siguiente manera:

- Agrietamiento piel de cocodrilo
- Fisuras en bloque
- Fisuras transversales
- Fisuras longitudinales
- Fisuras por deslizamiento de capas
- Fisura por reflexión de junta

4.1.1 Agrietamiento piel de cocodrilo

Este tipo de falla se define como una serie de fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con un diámetro menor a 250mm. El fisuramiento inicia en la parte inferior de la carpeta asfáltica, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanzan su valor máximo, cuando el pavimento es solicitado por una sobrecarga.

Las fisuras trascienden a la superficie, inicialmente, como una serie de fisuras longitudinales paralelas, y por efecto de la repetición de dichas sobrecargas, evolucionan interconectándose y formando una malla cerrada, que asemeja a la piel del cocodrilo.

La piel de cocodrilo ocurre generalmente en áreas que están sometidas a cargas de tránsito pesado, sin embargo, es usual encontrar esta falla en otras zonas donde se han generado deformaciones en el pavimento que no están relacionadas con la falla estructural, sino con otros mecanismos, como por ejemplo, problemas de drenaje que afectan los materiales pétreos, falta de compactación de las capas. Este tipo de daño no es común en carpetas de material asfáltico colocadas sobre losas de concreto hidráulico.

Los niveles de daño para este tipo de falla se definen tres, los cuales son:

- **BAJA:** este nivel de daño se define como fisuras muy finas, menores de 2mm de ancho, paralelas con corta interconexión, dando origen a polígonos de cierta longitud; los bordes de las fisuras no presentan despostillamiento.
- **MEDIA:** este se define como fisuras finas a moderadas, de ancho menor a 5mm, interconectadas formando polígonos pequeños y angulosos, que pueden presentar un moderado despostillamiento en correspondencia con las intersecciones.

- ALTA: El nivel más alto de la falla piel de cocodrilo sucede cuando la red de fisuras ha progresado de manera de constituir una malla cerrada de pequeños polígonos bien definidos, con despostillamientos de daño moderada a alta, a todo lo largo de sus bordes; algunas de estos segmentos puede tener movimientos al ser sometidas al tránsito y pueden ser removidas por el mismo formando baches.

La medición de la falla piel de cocodrilo se realiza en metros cuadrados de superficie dañada.

Debido a que dentro de una misma falla observada, pueden existir varios niveles de daño, se dificulta el análisis, por lo que se establece los metros cuadrados de daño y se califica el área con la mayor severidad observada. La evolución de esta falla conlleva a deformaciones, descascaramiento o baches.

Figura 22. Agrietamiento piel de cocodrilo



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la inspección visual de pavimento flexibles. Pág. 7

Los factores que influyen en la falla por agrietamiento piel de cocodrilo son:

- Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.
- Falta de soporte de la carpeta de rodadura.
- Drenaje deficiente.
- Compactación insuficiente.
- Defectos constructivos.
- Tránsito intenso.

4.1.2 Fisuras en bloque

Cuando se presenta este tipo de falla la superficie de asfalto es dividida en bloques de forma aproximadamente rectangular. Los bloques tienen lado promedio mayor que 300mm.

La fisura en bloque se presenta normalmente en una gran área del pavimento y algunas veces ocurren solamente en las áreas no afectadas por el tráfico.

Los niveles de daño para esta falla se describen a continuación:

- **BAJA:** los bloques han iniciado a formarse, pero no están definidos al cien por ciento y están conformados por fisuras de abertura menor que 1mm, cerradas o con sello, no presentan despostillamiento en los bordes.
- **MEDIA:** bloques definidos por fisuras de abertura entre 1mm y 3mm, con sello dañado, que pueden o no presentar despostillamiento en los bordes.
- **ALTA:** bloques bien definidos por fisuras de abertura mayor que 3mm, que pueden presentar un alto despostillamiento en los bordes.

La falla como es fisuras en bloque se miden en metros cuadrados de superficie afectada. Puede existir un área en la que se presenten diferentes niveles de daño, caso en el cual se registra el área correspondiente a cada una, de ser posible, o de lo contrario se registra toda el área afectada y se asigna el mayor nivel de daño. La evolución de esta falla puede llegar a ocasionar otra, como lo es piel de cocodrilo o descascaramiento.

Figura 23. Fisuras en bloque



Fuente: SIECA, Coronado, Jorge. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Pág. 11

Los factores que intervienen en la falla por fisuras en bloque son:

- Contracción de mezcla asfáltica debido a la variación de la temperatura durante el día.
- Fin de la vida útil de la carpeta de rodadura.
- Utilización de asfalto inadecuado para las condiciones climáticas de la zona.
- Reflexión de grietas de contracción derivados de los materiales estabilizados utilizados como base.

- Combinación de un asfalto de baja penetración con el cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica.

4.1.3 Fisuras transversales

Este tipo de falla se define como una fisura de longitud variable que se extiende a través de la superficie del pavimento, formando un ángulo recto con el eje de la carretera, es decir, corresponden en la carpeta asfáltica, en dirección perpendicular a ella.

Los niveles de daño para esta falla se clasifican de la siguiente forma:

- **BAJA:** existen algunas de las condiciones siguientes:
Fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 3mm sin ramificaciones.
Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello con condición satisfactoria.
- **MEDIA:** existen algunas de las condiciones siguientes:
Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 3 y 6mm.
Fisuras sin sellar, de ancho promedio menor de 6mm que evidencias ramificaciones.
Fisuras selladas, de cualquier tipo, rodeada de grietas.
- **ALTA:** existen algunas de las condiciones siguientes:
Fisuras sin sellar de ancho promedio mayor de 6mm.

Cualquier fisura, sellada o no, con ramificaciones constituidas por grietas, moderadas a serias, próximas a la misma, con tendencia a formar una malla, que evidencien un despostillamiento severo.

La medición de fisuras transversales se realiza en metros lineales, aunque también puede llegar a medirse por metros cuadrados, multiplicando la longitud de la fisura por su ancho promedio en metros.

La longitud y nivel de daño debe registrarse después de su identificación. Las fisuras diagonales se clasifican dentro de la categoría de fisuras transversales. Para este tipo de fisuras su evolución podría ser piel de cocodrilo, desintegración, descascaramiento, asentamiento longitudinal o ya sea transversal, fisuras en bloque.

Figura 24. Fisura transversal



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la Inspección visual de pavimentos flexibles. Pág. 1

Los factores que influyen en la falla por fisuras transversales son:

- Contracción térmica de la carpeta de rodadura.
- Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.
- Reflexión de grietas en capas inferiores, esto quiere decir que las capas inferiores como lo son, la base y sub-base tienden a presentar grietas esta se verán sobre la carpeta de rodadura.
- Fin de la vida útil de la carpeta de rodadura.
- Contracción de mezcla asfáltica.

4.1.4 Fisuras longitudinales

Grieta que se extiende a través de la superficie del pavimento, paralelamente al eje de la carretera, pudiendo localizarse en las huellas de canalización de tránsito, en el eje o en los bordes del pavimento. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las fisuras dentro del carril puede ser un indicativo de la causa que las genero, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes.

Los niveles de daño para esta falla de acuerdo a las características de las fisuras, se clasifican de la siguiente forma:

- BAJO: existen algunas de las condiciones siguientes:
 Fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 3mm si ramificaciones.
 Fisuras selladas, de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria.
- MEDIA: existen algunas de las condiciones siguientes:
 Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 3 y 6mm.
 Fisuras sin sellar, de ancho promedio menor de 6mm que evidencias ramificaciones.
 Fisuras selladas, de cualquier tipo, rodeada de grietas.
- ALTA: existen algunas de las condiciones siguientes:
 Fisuras sin sellar de ancho promedio mayor de 6mm.
 Cualquier fisura, sellada o no, con ramificaciones constituidas por grietas, moderadas a serias, próximas a la misma, con tendencia a formar una malla, que evidencien un despostillamiento severo.

Las fisuras longitudinales se miden en metros lineales o en metros cuadrados multiplicando la longitud de la fisura por su ancho promedio en metros. La longitud y severidad de cada fisura debe registrarse después de su identificación. Para este tipo de fisuras su evolución podría ser piel de cocodrilo, desintegración, descascaramiento, asentamiento longitudinal o ya sea transversal, fisuras en bloque.

Figura 25. Fisura longitudinal



Fuente: SIECA, Coronado, Jorge. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Pág. 14

Los factores que intervienen en la falla por fisuras longitudinales son:

- Falta de confinamiento lateral, por falta de hombros y bordillos.
- Reflexión de grietas en capas inferiores, esto quiere decir que las capas inferiores como lo son, la base y sub-base tienden a presentar grietas esta se verán sobre la carpeta de rodadura.
- Canalización de tránsito.
- Contracción de la mezcla asfáltica.
- Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.
- Tránsito intenso.
- Drenaje deficiente.
- Deficiencia en la junta de construcción longitudinal.

4.1.5 Fisura por deslizamiento de capas

Grietas con forma de parábola o de media luna que se forman en la carpeta asfáltica en la dirección de las fuerzas de tracción de las ruedas sobre el pavimento. Las fisuras en arco no necesariamente apuntan en el sentido del tránsito, por ejemplo, si se frena el vehículo cuesta abajo, la dirección de las fisuras esta cuesta arriba.

Se definen tres niveles de daños según las características de las fisuras y el estado del pavimento que las rodea, de acuerdo a la siguiente forma:

- BAJA: Las fisuras son de ancho promedio inferior de 3mm.
- MEDIA: Existen algunas de las condiciones siguientes:
Las fisuras son de ancho promedio entre 3mm y 6mm.
El área alrededor de las fisuras se encuentra fracturada por las piezas que se encuentran bien ligadas y firmes aun.
- ALTA: Existen algunas de las condiciones siguientes:
Fisuras de ancho promedio mayor a 6mm.
El área alrededor de las fisuras se encuentra fracturada en fragmentos fácilmente removibles o que han desaparecido casi completamente.

La medición de esta falla se realiza en metros cuadrados, estimando de acuerdo con el máximo nivel de daños en dicha área.

La evolución probable de la fisura en arco puede ser descascaramiento, baches, hundimientos o abultamientos.

Se pueden generar ante el paso del tránsito muy pesado y muy lento, en zonas de frenado y acelerado de los vehículos.

Figura 26. Fisura por deslizamiento de capas



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la inspección visual de pavimento flexibles. Pág. 8

Los factores que influyen en la falla por deslizamiento de capas son:

- Contenido de asfalto inadecuado.
- Escasa adherencia entre las capas superficiales de la estructura del pavimento.
- Espesor deficiente de la carpeta asfáltica...
- Alto contenido de arena en la mezcla asfáltica
- Riego de liga en exceso.
- Carencia de penetración de la imprimación con bases granulares.

4.1.6 Fisura por reflexión de junta

Este tipo de falla se presenta solo en pavimentos mixtos constituidos por una superficie asfáltica sobre un pavimento de concreto con juntas. Radica en la propagación ascendente hacia la superficie asfáltica, de las juntas del pavimento del concreto. Como consecuencia, por efecto de la reflexión, se observan en la superficie fisuras longitudinales y/o transversales que tienden a reproducir las juntas longitudinales y transversales de las losas inferiores³.

Para la falla fisura por reflexión de junta se definen tres niveles de daños, de acuerdo a las características de las fisuras, según se describe a continuación:

- **BAJA:** se hallan algunas de las condiciones siguientes:
Fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 5mm sin descascaramiento o despostillamiento de bordes.
Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria, no provocan vibración cuando se circula en vehículo sobre el pavimento.
- **MEDIA:** se hallan algunas de las condiciones siguientes:
Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 5mm y 15mm.
Fisuras sin sellar, hasta 5mm de ancho y/o selladas de cualquier ancho, que evidencien leve despostillamiento de sus bordes.
- **ALTA:** se hallan algunas de las condiciones siguientes:
Cualquier fisura, sellada o no, rodeada por un moderado o severo agrietamiento de la superficie, o que evidencie rotura y desprendimiento de material asfáltico en la proximidad de la misma
Fisuras sin sellar de ancho promedio mayor a 15mm.
La fisura provoca una severa vibración en el vehículo cuando se circula sobre el pavimento.

Las fisuras o grietas por reflexión de juntas se miden en metros lineales. La evolución probable puede ser las fisuras transversales o longitudinales, fisuras en bloque.

Figura 27. Fisura por reflexión de junta



Fuente: SIECA, Coronado, Jorge. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Pág. 15

Los factores que intervienen en la falla fisura por reflexión de junta son:

- Concentración de tensiones.
- Tránsito intenso.
- Movimiento de losas de concreto en zonas de reparación que se encuentran en contacto con asfalto existente.

4.2 Tipos de Fallas por agrietamiento en pavimentos rígidos

La falla por agrietamiento como se menciona antes, indica que la estructura del pavimento tiene deficiencias, esto no deja exento a los pavimentos rígidos; las fallas de este tipo en pavimentos rígidos son las siguientes:

- Agrietamiento de esquina
- Fisura longitudinal
- Fisura transversal
- Fisuras en bloque o fracturación múltiple
- Fisuración por retracción o tipo malla

4.2.1 Agrietamiento de esquina

Este tipo de falla genera un bloque de forma triangular en la losa; se presenta generalmente al interceptar las juntas transversal y longitudinal, describiendo un ángulo mayor que 45° , con respecto a la dirección del tránsito. La longitud de los lados del triángulo sobre la junta de la losa varía entre 300mm y la mitad del ancho de la losa. Este tipo de daño se presenta en losas de concreto simple y concreto reforzado. La fisura de esquina se extiende verticalmente a través de todo el espesor de losa.

Los niveles de daños para esta falla se definen tres, considerando la severidad misma de la fisura que la origina, como el estado del pavimento comprendido por la misma y los bordes de la losa, de acuerdo a lo siguiente:

- BAJO: El agrietamiento es definido por una fisura de severidad baja y el área entre ésta y las juntas no se encuentra con fisura o bien hay alguna pequeña.
- MEDIA: El agrietamiento es definido por una fisura de severidad moderada y el área entre ésta y las juntas se encuentra medianamente fisuradas.
- ALTA: El agrietamiento es definido por una fisura de severidad alta y el área entre ésta y las juntas se encuentran muy fisuradas o presenta hundimientos.

La medición de la fisura en esquina se realiza contando el número total que existe en una unidad, generalmente en término de número de losas afectadas por una o más fisuras de esquina. La evolución de esta falla puede generar o incrementar los escalonamientos y producir fracturas múltiples en las losas.

Figura 28. Agrietamiento de esquina



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la inspección visual de pavimento rígidos. Pág. 6

Los factores que influyen en la falla agrietamiento de esquina son:

- Tránsito intenso, provoca fatiga de concreto.
- Transferencia de carga inadecuada a través de la junta, a lo que provoca deflexiones excesivas.
- Sobrecarga aplicada en un punto débil.
- Pérdida de soporte en esquinas por penetración de agua.
- Deformaciones diferenciales.
- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base.
- Variaciones térmicas.

4.2.2 Fisura longitudinal

Agrietamiento predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero la intersección se produce a una distancia L mucho mayor que la mitad de la longitud de la losa. Este tipo de falla se presenta en todos los tipos de pavimento rígido.

Se definen tres niveles de daños para la fisura longitudinal, de acuerdo al ancho de la fisura, condición y estado de los bordes, así:

- **BAJO:** Existen algunas de las condiciones siguientes:
Fisuras finas, no activas, de ancho promedio menor de 3mm.
Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria.
- **MEDIA:** Existen algunas de las condiciones siguientes:
Fisuras activas, de ancho promedio entre 3mm y 10mm.
Fisuras de hasta 10mm de ancho acompañadas de despostillamiento y hundimiento de losa de hasta 10mm.
Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria y/o despostillamiento y/o hundimiento menor de 10mm.
- **ALTO:** Existen algunas de las condiciones siguientes:
Fisuras de ancho mayor de 10mm. Fisuras selladas o no, de cualquier ancho, con despostillamientos severos y/o hundimientos mayores de 10mm.

Se debe medir la longitud del agrietamiento en metros lineales o metros cuadrados según convengan los intereses, reportando la cantidad de fisuras longitudinales presentes en cada losa para cada nivel de daño. Los deterioros con mayor probabilidad de ocurrencia como consecuencia de la evolución de los agrietamientos longitudinales es el incremento de los escalonamientos o hundimientos, fracturas múltiples en las losas.

Figura 29. Fisura longitudinal



Fuente: SIECA, Coronado, Jorge. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Pág. 27

Los factores que influyen en la fisura longitudinal son:

- Variaciones térmicas.
- Deformaciones diferenciales.
- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base.
- Losa de ancho excesivo.
- Contracción del concreto.
- Carencia de una junta longitudinal.

4.2.3 Fisura transversal

Agrietamiento de la losa que ocurre aproximadamente perpendicular al eje del pavimento, o en forma oblicua a este, dividiendo la misma en dos planos. Pueden extenderse desde la junta transversal hasta la junta longitudinal, siempre que la intersección con la junta transversal esta a una distancia del borde, mayor que la mitad del ancho de la losa y la intersección con la junta longitudinal se encuentra a una distancia inferior que la mitad de largo de la losa. Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimento rígido.

Para este tipo de falla se definen tres niveles de daños, de acuerdo a las características de las fisuras, de la siguiente forma:

- **BAJA:** existen algunas de las condiciones siguientes:
Fisura finas, no activas de ancho promedio menor de 3mm.
Fisuras selladas de cualquier ancho, con sello en condición satisfactoria.
- **MEDIA:** Existen algunas de las condiciones siguientes:
Fisuras activas, de ancho promedio entre 3mm y 10mm.
Fisuras de 10mm de ancho con despostillamiento y/o hundimiento menor de 10mm.
Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición insatisfactoria y/o despostillamiento y/o hundimiento menor de 10mm.
- **ALTA:** Existen la condición siguiente: Fisuras activas de ancho promedio mayor de 10mm.

La medición de esta falla se realiza identificando la severidad de la fisura, estableciendo ésta, puede medirse, en metros lineales o metros cuadrados, multiplicando la longitud de la misma por su ancho. El daño con mayor probabilidad de aparición, como consecuencia de la evolución de los agrietamientos transversales son las fisuras en bloque, también puede haber escalonamiento por la entrada de agua.

Figura 30. Fisura transversal



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la inspección visual de pavimento rígidos. Pág. 9

Los factores que influyen en la fisura transversal son:

- Ausencia de juntas transversales provocan grietas diagonales y transversales.
- Variaciones significativas en el espesor de las losas.
- Deformaciones diferenciales.
- Losas de longitud excesiva.
- Variaciones térmicas que originan alabeos.
- Drenaje deficiente.
- Cargas excesivas.

4.2.4 Fisuras en bloque o fracturación múltiple

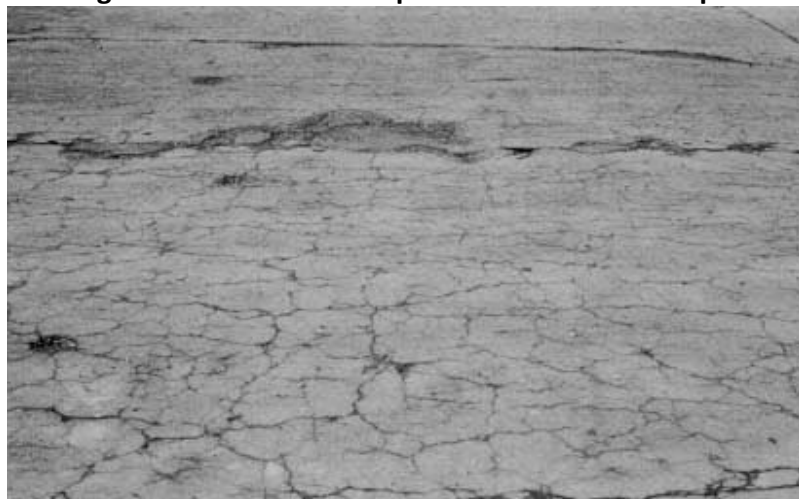
Agrietamiento que subdividen generalmente una porción de la losa en planos o bloques pequeños de área inferior a un metro cuadrado, aparecen por la unión de agrietamientos longitudinales y transversales formando bloques a lo largo de la losa. Este grupo también comprende las fisuras en “Y”. Este tipo de falla se presenta en todos los tipos de pavimentos rígidos, a pesar esta característica es más frecuente que se presente en losas de concreto simple y reforzado.

Para este tipo de falla se definen tres niveles de daños con base a la severidad de las fisuras que detienen la malla, de acuerdo a la siguiente forma:

- BAJA: Bloques definidos por fisuras de severidad baja, las losas relativamente amplias y se mantienen inmobilizadas.
- MEDIA: Bloques definidos por fisuras de severidad moderada, las losas son más pequeñas evidenciándose un moderado despostillamiento de los bordes de las fisuras.
- ALTA: Bloques definidos por fisuras de severidad alta, las losas son más pequeñas evidenciándose un daño de despostillamiento de los bordes de las fisuras, con tendencia a formar bache.

Para la medición de esta falla se realiza una identificación de la misma y puede ser medida en metros cuadrados, totalizando metros cuadrados en el segmento a analizar; en términos de cantidad de losas afectadas, totalizando el número en la sección, de existir en una misma losa dos tipos de fallas se adopta el nivel de severidad de la fisura predominante. La evolución de este tipo de falla puede llegar al deterioro total de la estructura y/o hundimientos.

Figura 31. Fisuras en bloque o fracturación múltiple



Fuente: SIECA, Coronado, Jorge. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Pág. 30

Los factores que influyen en la falla fisuras en bloque o fracturación múltiple son:

- Tránsito intenso.
- Diseño estructural erróneo.
- Falta de soporte de la capa de rodadura.

4.2.5 Fisuración por retracción o tipo malla

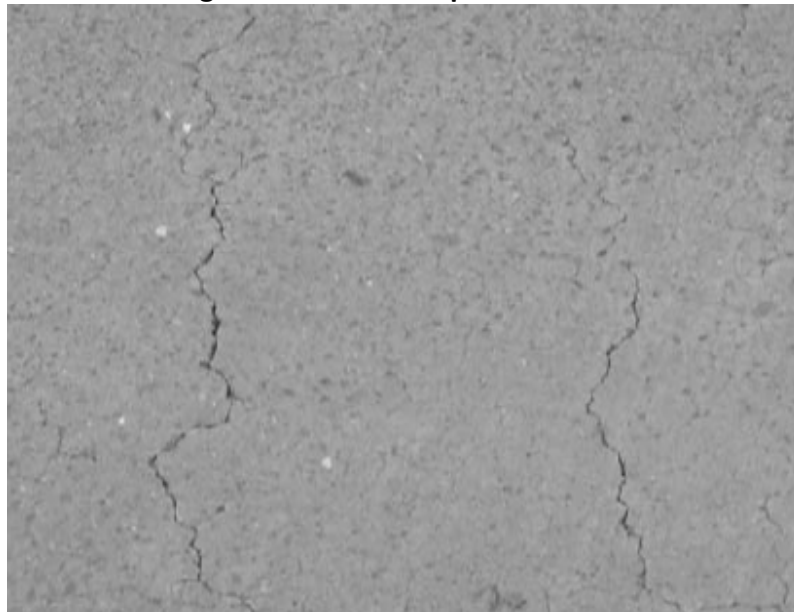
Este tipo de falla se define como agrietamiento limitado solo a la superficie del pavimento. Generalmente los agrietamientos de mayores dimensiones se orientan en sentido longitudinal y se encuentran interconectadas por agrietamientos más finos distribuidas en forma aleatoria.

Los niveles de daños para las fisuras por retracción, se evalúa teniendo en cuenta la presencia de descascaramiento en los bordes de las fisuras, los cuales quedan definidos de la siguiente forma:

- BAJA: Fisuración bien definido pero sin descascaramiento
- MEDIA: Fisuramiento con descascaramiento que afecta menos del 10% de la superficie deteriorada.
- ALTA: Fisuramiento con descascaramiento que afecta al 10% o más de la superficie.

La evolución más probable de las fisuras por retracción, es el descascaramiento. La medición de esta falla se realiza al determinar el área afectada en metros cuadrados y su nivel de daño.

Figura 32. Fisuración por retracción



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la inspección visual de pavimento rígido. Pág. 27

Los factores que intervienen en la falla fisuración por retracción son:

- Curado inapropiado del concreto.
- Variaciones térmicas.
- Contaminación de solventes.
- Adición de agua durante el alisado de la superficie de la losa.

5. FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS FALLAS POR AFLORAMIENTO EN PAVIMENTOS

5.1 Tipos de falla por afloramiento en pavimentos flexibles y sus factores

Las fallas por afloramiento son apariciones de distintos materiales en la superficie del pavimento, y son de diferentes tipos entre pavimentos flexibles y rígidos. Las fallas por afloramiento para pavimentos flexibles se presentan a continuación:

- Afloramiento de finos
- Afloramiento de agua
- Exudación de asfalto

5.1.1 Afloramiento de finos

Este tipo de afloramiento corresponde a la salida de una pequeña cantidad de agua infiltrada, junto con materiales finos de la capa de base por las grietas, cuando por la carpeta asfáltica circulan cargas de tránsito. En otras palabras, se define a este tipo de falla como material fino sobre la carpeta de rodaduras, acumulado en zonas adyacentes a las grietas.

La falla probable que puede repercutir de ésta, es piel de cocodrilo, descascamiento o baches. Esta falla no posee grado de daño o severidad definido.

La unidad de medición para este tipo de falla, dado que es afloramiento de finos, siempre se presenta donde existe un daño ya avanzado, por lo que no tiene unidad de medida.

Figura 33. Afloramiento de finos



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la inspección visual de pavimento flexible. Pág. 23

Los factores que intervienen en la falla por afloramiento de finos son:

- Retención de agua.
- Exceso de finos en capas de la sección del pavimento.
- Bombeo, expulsión de cemento a través de grietas, con bases estabilizadas.
- Tránsito intenso.
- Drenaje deficiente.

5.1.2 Afloramiento de agua

Este tipo de falla se define como la presencia de líquido en la superficie del pavimento en momentos en los cuales no existe precipitación pluvial.

Esta falla no presenta niveles de daño definidos, la unidad de medida para esta falla se realiza en metros. Las fallas que posiblemente pueden aparecer como evolución de ésta son, piel de cocodrilo, descascamiento o baches.

Figura 34. Afloramiento de agua sobre el pavimento



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la inspección visual de pavimento flexible. Pág. 24

Los factores que intervienen en la falla por afloramiento de agua son:

- Drenaje deficiente.
- Bombeo, flujo ascendente de agua a través de grietas.
- Compactación insuficiente.
- Capas porosas o de textura abierta.
- Bases saturadas.
- Tránsito intenso.

5.1.3 Exudación de asfalto

Este tipo de falla se define como el afloramiento de un material bituminoso de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento, formando una película continua del ligante, creando una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa durante el tiempo cálido. Otra definición de este tipo de falla puede ser, liberación de flujo de asfalto hacia la superficie de la carpeta asfáltica, formando una capa peligrosa con ascenso junto con asfalto a través de grietas.

Los niveles de daño para este tipo de falla de acuerdo a la siguiente forma:

- **BAJA:** Se hace visible la exudación en la superficie del pavimento, por efecto de pequeños desplazamientos de asfalto, aun aislada.
- **MEDIA:** Apariencia característica, con exceso de asfalto libre que forma una película continua entre las huellas de canalizaciones de tránsito; la superficie se vuelve pegajosa a los zapatos y llantas de los vehículos en días cálidos.
- **ALTA:** Presencia de una significativa cantidad de asfalto libre, le da una apariencia a la superficie de "húmedo", de intensa coloración negra, superficie adhesiva a los zapatos y llantas de los vehículos en época cálida.

Para esta falla, la medición se realiza en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente ésta según su nivel de daño, se debe tener cuidado al momento de analizar dicha falla, ya que se puede confundir con la falla pulimento de superficie.

Figura 35. Exudación de asfalto



Fuente: SIECA, Coronado, Jorge. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Pág. 24

Los factores que influyen en la falla por exudación de asfalto son:

- Contenido inadecuado de asfalto.
- Excesiva compactación de mezclas suficientes.
- Variaciones térmicas.
- Sobredosificación de riego de liga.

5.2 Tipos de fallas por afloramiento en pavimentos rígidos y sus factores

Las fallas por afloramiento en pavimentos rígidos son las que se presentan a continuación:

- Exudación del concreto
- Corrosión del acero en pavimentos rígidos reforzados
- Bombeo o eyección de la junta

5.2.1 Exudación del concreto

La exudación en concreto se define como la segregación en la que parte del agua de la mezcla tiende a subir a la superficie del concreto recién colocado, debido a esto la superficie del concreto puede quedar demasiado húmeda y, por lo tanto el agua queda atrapada entre elementos superpuestos de concreto y el resultado puede ser un concreto poroso, débil y poco durable.

Aunque la exudación es un fenómeno natural propio del concreto que no puede evitarse, se tiene que tener mucho cuidado en no estar en los extremos, es decir, la exudación ayuda a mantener la superficie del pavimento en un estado normal de curado, pero si no existe este proceso, debido a un diseño de mezcla inadecuado, esto dañaría al pavimento; sin embargo, al haber una exudación en exceso, esto provoca que el agua quede atrapada.

Los niveles de daño para esta falla, se clasifican de la siguiente forma:

- BAJA: Se presenta una superficie brillante, sin presencia de agua.
- MEDIA: Se presenta una superficie húmeda con pequeñas pozas de agua.
- ALTA: Se presenta una superficie muy húmeda con exceso de agua en áreas sobre la superficie del pavimento.

La medición de esta falla es en metros cuadrados de superficie con presencia de agua en exceso, para cada nivel de daño.

Figura 36. Exudación de concreto



Fuente: Figueroa, Jorge. Empresa Codico.

Los factores que influyen en la falla por exudación de concreto son:

- Los componentes sólidos de la mezcla no pueden tener toda el agua de mezclado cuando se asientan en el fondo.
- El porcentaje de absorción de los agregados no fue tomado en cuenta para el diseño de mezcla.

5.2.2 Corrosión de acero en pavimentos rígidos reforzados

A la corrosión del acero en los pavimentos rígidos reforzados se define como el resultado de la formación de óxido.

Este resultado tiene 2 a 4 veces el volumen de acero original y la pérdida de sus óptimas propiedades mecánicas. La corrosión produce además descascaramientos y vacíos en la superficie del pavimento, reduciendo la capacidad resistente como resultado de la reducción de la sección transversal; y la pérdida de adherencia entre el acero y el concreto que conlleva a la delaminación (pérdida de propiedades mecánicas del acero) y exfoliación (división del concreto en segmentos). A este daño se le considera que pertenece a las fallas por afloramiento debido a que es por infiltración que los agentes corrosivos llegan hasta el acero que se encuentra en el pavimento.

Los niveles de daño para este tipo de falla se clasifican de la siguiente manera:

- BAJA: La superficie del pavimento presenta algunas rugosidades, sin afectar la comodidad de manejo al usuario.
- MEDIA: La superficie del pavimento ya es muy notable las rugosidades y provocan una incomodidad al usuario.
- ALTA: Exposición de rugosidades muy notable con descascaramientos, el acero presenta oxido muy elevado, debido al estado del pavimento.

La evolución probable para esta falla puede ser descascaramiento de superficie.

Figura 37. Corrosión de acero en pavimento rígido



Fuente: National Ready Mixed Concrete Association, www.nmrca.org

Los factores que intervienen en la falla por corrosión de acero en pavimentos reforzados son:

- Sulfatos corrosivos para el concreto
- Contaminación de solventes, para el concreto los cloruros derramados sobre el pavimento.
- Agentes corrosivos que pueden llegar al refuerzo del pavimento por afloramiento en fisuras que se generan por fallas tipo agrietamiento.

5.2.3 Bombeo o eyección en la junta

El bombeo es la expulsión de finos a través de las juntas del pavimento rígido, esta expulsión con presencia de agua se presenta por la deflexión que sufre la losa antes el paso de cargas. Al expulsar agua esta arrastra partículas de grava, arena, arcilla o limos generando la pérdida del soporte de las losas de concreto. El bombeo o la eyección se pueden evidenciar por el material que aparece tanto en juntas de la losa como en la superficie del pavimento.

En conclusión, el bombeo o eyección de la junta es el material que sale por la junta de dilatación entre losas de concreto adyacente.

Los niveles de daño establecidos para el bombeo se definen con base en la diferencia de alturas entre el tramo afectado y el nivel de las losas no afectadas, y estos se clasifican de la siguiente forma:

Cuando el fenómeno se manifiesta sin generar hundimiento no pueden aplicarse niveles de daño ya que el deterioro esta en edad temprana.

- BAJA: La diferencia de alturas entre el pavimento y el nivel de referencia es menor a 50mm.
- MEDIA: La diferencia de alturas entre el pavimento y el nivel de referencia está entre 50mm y 150mm.
- ALTA: La diferencia de alturas entre el pavimento y el nivel de referencia es mayor a 150mm.

La medición de esta falla es establecer el número de juntas afectadas y la longitud en metros desde el borde del pavimento en que ocurre el problema, localizándolos en el sentido transversal y la longitud en metros en que se presenta la falla. El avance de esta falla muy probablemente llegaría a provocar grietas longitudinales o transversales.

Figura 38. Bombeo o eyección en la junta



Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Transporte INVIAS Colombia, Manual para la inspección visual de pavimento rígidos. Pág. 30

Los factores que influyen en la falla por bombeo o eyección de junta son:

- Presencia de agua superficial que penetra entre la base y la losa de concreto.
- Material erosionable en la base.
- Tránsito intenso.
- Transferencia inadecuada entre losas.

6. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EN LA DETERMINACIÓN DE FACTORES

Se diseñó un formato de evaluación el cual permitirá realizar un levantamiento de daños, este consiste en obtener datos de las fallas que presenta un tramo carretero para el cual se desea determinar qué factores están influyendo en el mismo.

6.1 Formato de evaluación

El formato se llenará para un levantamiento de daños en el tramo carretero a analizar; el cual, el técnico analista tendrá en observación para determinar los factores que han influido en el deterioro del mismo. El técnico debe tener previo conocimiento de los tipos de fallas que pueden presentar los pavimentos y los niveles de daño (bajo, medio, alto), para así poder identificar cada una de las fallas, ya sea pavimento flexible, mixto o rígido.

Cuando el técnico se encuentre en el tramo listo para iniciar el levantamiento de daños; realizará mediciones de área y longitud según el tipo de falla, deberá colocar la suma total de la unidad de medida de la falla, por nivel de daño en el formato; por ejemplo, en un tramo de 100m se encuentran baches a nivel bajo (profundidad menor a 25mm) en distintas partes del tramo, y como se sabe que la unidad de medida del bache es m^2 , se deben medir todas las áreas que pertenecen a dicho nivel, sumarlas y el resultado deberá ser colocado en la columna del nivel de daño bajo en el formato de evaluación.

Sucesivamente para todos los niveles de daño medio y alto, según a criterio de las mediciones del técnico. Como sugerencia, para medir las áreas de una falla se deben formar figuras geométricas conocidas para facilitar el cálculo.

El formato de evaluación para realizar el levantamiento de daños en un tramo carretero es el siguiente:

Figura 39. Formato de Evaluación
FORMATO DE EVALUACION PARA LEVANTAMIENTO DE DAÑOS EN PAVIMENTOS

Nombre de la Vía: _____ Municipio: _____ Ubicación: _____

Tipo de Pavimento: Flexible () Mixto* () Rígido () Longitud del Tramo: _____ Est. Inicial: _____ Est. Final: _____

Tipo Pavimento Mixto:* _____ Tipo de Vía: _____ Carril: Izq () Der () Ancho calzada: _____ Fecha: _____

Fallas en Pavimentos Flexibles y Mixtos	Nivel de daño en tramo			Fallas en Pavimentos Rígidos	Nivel de daño en tramo		
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Fallas por Desprendimientos	m ²	m ²	m ²	Fallas por Desprendimientos			
Descascaramiento o peladura				Despostillamiento o Descascaramiento de Juntas			
Baches				Descascaramiento o Peladura			
Desintegración de bordes				Desintegración			
Desprendimiento de Agregados				Baches			
Pulido de superficie				Pulimento de Superficie			
Desintegración carpeta asfáltica				Parches			
Erosión longitudinal de carpeta				Fallas por Deformaciones			
Fallas por Deformaciones				Levantamiento localizado de losa			
Abultamiento o burbuja				Asentamiento de losa			
Ondulaciones o corrugaciones				Escalonamiento juntas longitudinales/ transversales			
Hundimientos				Fallas por Agrietamiento			
Ahuellamiento o canalizaciones				Grietas de esquina			
Corrimiento superficial de asfalto				Fisura longitudinal			
Fallas por Agrietamiento				Fisura transversal			
Agrietamiento piel de cocodrilo				Fisura en bloque o fracturación múltiple			
Fisuras en bloque				Fisuración por retracción			
Fisuras transversales				Fallas por Afloramiento			
Fisuras longitudinales				Exudación del concreto			
Fisuras por deslizamiento de capas				Corrosión del acero en pavimentos reforzados			
Fisuras por reflexión de junta				Bombeo o eyección de la junta			
Fallas por Afloramiento				*Pavimento Mixto: se debe diferenciar entre, concreto sobre asfalto (whitetopping) o asfalto sobre concreto; para el análisis en este formato será según la superficie final del pavimento.			
Afloramiento de finos							
Afloramiento de agua							
Exudación de asfalto							

6.2 Elementos de identificación del tramo en el formato de evaluación para el análisis de factores de fallas en carreteras

Los elementos que se describen en esta sección pertenecen al formato de evaluación para el levantamiento de daños en pavimentos.

NOMBRE DE LA VÍA: Este campo deberá describir el nombre de la carretera, en la cual se está realizando el análisis.

MUNICIPIO: Este campo describe el municipio o departamento en donde se encuentra el técnico realizando el análisis de la carretera, o tramo de la misma.

UBICACIÓN: Especifica el lugar exacto donde inicia el análisis del tramo.

TIPO DE PAVIMENTO: Describe el tipo de pavimento que estará en análisis, ya sea rígido, flexible o mixto. Para pavimento mixto existen dos tipos.

El primero más conocido como procedimiento Whitetopping, que consiste en un pavimento de concreto sobre uno flexible ya deteriorado, y el segundo llamado Blacktopping que consiste en un pavimento flexible sobre uno de concreto.

TIPO DE PAVIMENTO MIXTO: En este campo se debe escribir qué tipo de pavimento mixto estará en estudio, ya sea whitetopping o Blacktopping.

Para el análisis en el formato se debe especificar dichas observaciones, para que la investigación pueda ser enfocada hacia un pavimento rígido o uno flexible, según sea la observación whitetopping o Blacktopping.

LONGITUD DEL TRAMO: Este dato indica los metros del tramo a analizar, para establecer los factores que han influido en el deterioro del mismo.

ESTACIÓN INICIAL: Debe indicar la estación de inicio del tramo en estudio.

ESTACIÓN FINAL: Indica la estación final del tramo en estudio.

TIPO DE VÍA: Este campo determina el tipo de carretera en función de los anchos de calzada.

Tabla I. Clasificación de carreteras en función del ancho de calzada

TIPO DE CARRETERA	ANCHO DE CALZADA
Tipo A	14.4m
Tipo B	7.2m
Tipo C	6.5m
Tipo D	6.0m
Tipo E	5.5m
Tipo F	5.5m

CARRIL: Este campo identifica el carril que se está analizando, ya sea izquierdo o derecho, se toma como carril derecho aquel que va del centro de la ciudad hacia el exterior y como carril izquierdo el que viene del exterior hacia el centro de la ciudad.

ANCHO DE CALZADA: Indica el ancho en metros del tramo en análisis.

6.3 Procedimiento de evaluación

El procedimiento de evaluación se basa en el formato del levantamiento de daños, ya que de ahí provienen los tipos de fallas que se encontraron en el tramo a analizar.

El siguiente formato es un ejemplo de un levantamiento de daños en el tramo carretero, en donde se muestran los tipos de fallas que se observaron.

Figura 40. Resultados del levantamiento de fallas

FORMATO DE EVALUACION PARA LEVANTAMIENTO DE FALLAS EN PAVIMENTOS							
Nombre de la Vía: <u>El Naranjo</u>		Municipio: <u>Mixco</u>		Ubicación: <u>zona 11</u>			
Tipo de Pavimento: Flexible (X)		Mixto* ()	Rígido ()	Longitud del Tramo: <u>300m</u>	Est. Inicial: <u>10+700</u>	Est. Final: <u>11+000</u>	
Tipo Pavimento Mixto:* _____		Tipo de Vía: <u>A</u>		Carril: <u>Izq ()</u>	Der(X)	Ancho calzada: <u>2*7.2m</u> Fecha: <u>03/12/08</u>	
Fallas en Pavimentos Flexibles y Mixtos	Nivel de daño en tramo			Fallas en Pavimentos Rígidos	Nivel de daño en tramo		
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Fallas por Desprendimientos	m ²	m ²	m ²	Fallas por Desprendimientos			
Descascaramiento o peladura	2.5	3.1	1.5	Despostillamiento o Descascaramiento de Juntas			
Baches	4.1	7.3		Descascaramiento o Peladura			
Desintegración de bordes	30.2			Desintegración			
Desprendimiento de Agregados	49.8	32.1		Baches			
Pulido de superficie	225.2			Pulimento de Superficie			
Desintegración carpeta asfáltica	8			Parches			
Erosión longitudinal de carpeta				Fallas por Deformaciones			
Fallas por Deformaciones	m ²	m ²	m ²	Levantamiento localizado de losa			
Abultamiento o burbuja				Asentamiento de losa			
Ondulaciones o corrugaciones	75.5			Escalonamiento juntas longitudinales/ transversales			
Hundimientos				Fallas por Agrietamiento			
Ahuellamiento o canalizaciones				Grietas de esquina			
Corrimiento superficial de asfalto	30.2			Fisura longitudinal			
Fallas por Agrietamiento	m ²	m ²	m ²	Fisura transversal			
Agrietamiento piel de cocodrilo	42.1	62.1	20.2	Fisura en bloque o fracturación múltiple			
Fisuras en bloque	10.2			Fisuración por retracción			
Fisuras transversales	11.5ml	18.5ml		Fallas por Afloramiento			
Fisuras longitudinales	25.5ml	30ml		Exudación del concreto			
Fisuras por deslizamiento de capas	5	6.5		Corrosión del acero en pavimentos reforzados			
Fisuras por reflexión de junta				Bombeo o eyección de la junta			
Fallas por Afloramiento	m ²	m ²	v	*Pavimento Mixto: se debe diferenciar entre, concreto sobre asfalto			
Afloramiento de finos	55.2	100.2	25.1	(whitertopping) o asfalto sobre concreto; para el análisis en este formato será			
Afloramiento de agua				según la superficie final del pavimento.			
Exudación de asfalto							

Según los resultados obtenidos del levantamiento de daños que aparecen en el formato, se puede observar en la identificación del tramo que se trata de la evaluación de un pavimento flexible; se clasifica ahora los tipos de fallas por nivel de daño (bajo, medio y alto) como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla II. Clasificación y análisis de fallas por nivel de daño en tramo

NIVEL BAJO	NIVEL MEDIO	NIVEL ALTO
Descascaramiento o peladura	Descascaramiento o peladura	Descascaramiento o peladura
Baches	Baches	Agrietamiento piel de cocodrilo
Desintegración de bordes	Desprendimiento de agregados	Afloramiento de finos
Desprendimiento de agregados	Agrietamiento piel de cocodrilo	
Pulido de superficie	Fisuras transversales	
Desintegración de carpeta asfáltica	Fisuras longitudinales	
Ondulaciones o corrugaciones	Fisuras por deslizamiento de capas	
Corrimiento superficial de asfalto	Afloramiento de finos	
Agrietamiento piel de cocodrilo		
Fisuras en bloque		
Fisuras transversales		
Fisuras longitudinales		
Fisuras por deslizamiento de capas		
Afloramiento de finos		

Clasificadas las fallas por nivel de daño, se debe comparar los factores que influyen en cada una de las fallas descrita en la Tabla II, esta comparación se basa en marcar con una “X” todos aquellos factores que se repiten entre las

fallas mostradas por el tramo; del conjunto de factores que se obtengan, se aplica un tema de la teoría de probabilidades, es decir, Eventos Mutuamente No Excluyentes, el cual dice que si dos o más eventos son no excluyentes, la intersección de ambos es distinto al conjunto vacío, esto quiere decir que si la intersección del conjunto de factores repetidos, obtenidos de la comparación es diferente al conjunto vacío, se puede contar cuantas veces se repite un factor y determinar los factores principales que están influyendo en el deterioro del tramo en análisis.

Con base a lo anterior, se muestra a continuación todos los factores que influyen a cada falla mostrada por el tramo carretero; y a la derecha marcada con “X” todos aquellos que se repiten.

Tabla III. Descripción de Factores por Falla descrita en el formato

Factores por descascaramiento o peladura:	
Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales.	
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Riego de liga deficiente.	
Mezcla asfáltica muy permeable.	
Factores por baches:	
Falta de soporte de la capa de rodadura.	X
Contenido inadecuado de asfalto.	X
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Drenaje deficiente.	X
Puntos débiles en la carpeta de rodadura.	
Puntos inestables de la base o sub-rasante.	X
Retención de agua	

Factores por desintegración de bordes:	
Tránsito intenso.	X
La presencia de arenas angulosas sueltas	
Falta de cunetas	
Factores por desprendimiento de agregados:	
Falta de adherencia entre agregado y asfalto.	
Contenido inadecuado de asfalto.	X
Expansión del agregado.	
Contaminación de solventes.	X
Agregados contaminados.	X
Drenaje deficiente.	X
Aplicación irregular de liga.	
Factores por pulido de superficie:	
Tránsito intenso.	X
Agregado grueso de la carpeta con baja resistencia al desgaste.	
Excesiva compactación.	
Contenido inadecuado de asfalto.	
Agregados no apropiados a la intensidad del tránsito.	
Hundimiento de agregado grueso en el cuerpo de la carpeta, o en la base cuando se habla de tratamientos superficiales.	
Factores por desintegración de carpeta asfáltica:	
Desintegración de los agregados.	
Fatiga de la carpeta.	X
Contaminación de solventes.	X
Separación de agregados y asfalto ligante.	
Presencia de arcilla en cualquiera de la capas.	
Compactación insuficiente.	X
Agregados contaminados.	X

Tendido de la carpeta en climas fríos o húmedos.	
Tránsito Intenso.	X
Fin de la vida útil de la carpeta de rodadura.	X
Factores por ondulaciones o corrugaciones:	
Falta de soporte de la capa de rodadura.	
Excesiva de compactación.	
Mala calidad de asfalto.	
Exceso de asfalto.	
Tránsito intenso.	X
Deslizamiento de la carpeta de rodadura sobre la capa inferior por exceso de riego de liga.	
Deformaciones diferenciales	
Factores por corrimiento superficial de asfalto:	
Contenido inadecuado de asfalto.	
Falta de vacíos.	
Falta de confinamiento lateral.	
Riego de liga deficiente.	
Tránsito intenso.	X
Factores por agrietamiento piel de cocodrilo:	
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Falta de soporte de la carpeta de rodadura.	X
Drenaje deficiente.	X
Compactación insuficiente.	X
Defectos constructivos.	
Tránsito intenso.	X
Factores por fisuramiento en bloque:	
Contracción de mezcla asfáltica.	
Fin de la vida útil de la carpeta de rodadura.	X
Utilización de asfalto inadecuado para las condiciones climáticas	

de la zona.	
`Reflejo de grietas de contracción.	
Combinación de un asfalto de baja penetración con el cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica.	
Factores por fisuramiento transversal y longitudinal:	
Falta de confinamiento lateral.	
Reflexión de grietas en capas inferiores.	
Canalización de tránsito.	X
Contracción de la mezcla asfáltica.	
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Tránsito intenso.	X
Drenaje deficiente.	X
Deficiencia en la junta de construcción longitudinal.	
Factores por deslizamiento de capas:	
Contenido de asfalto inadecuado.	
Escasa adherencia entre las capas superficiales de la estructura del pavimento.	
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Alto contenido de arena en la mezcla asfáltica.	
Riego de liga en exceso.	
Carencia de penetración de la imprimación con bases granulares.	
Factores por Afloramiento de finos:	
Retención de agua.	X
Exceso de finos en capas de la sección del pavimento.	
Bombeo.	
Tránsito intenso.	X
Drenaje deficiente.	X

Después de contar el número de veces que incide un factor, se realiza un resumen de los factores principales que están dañando el tramo carretero, enumerados de mayor a menor en función de las veces repetidas.

Tabla IV. Resumen de factores que incidieron en las fallas

Factor Influyente en las fallas	Frecuencia	Área total de tramo afectado (2160m ²)
		Área de daño en m ²
Tránsito intenso	8	549.6
Drenaje deficiente	7	316.3
Falta de soporte de la capa de rodadura	5	379.2
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica	5	154.4
Contenido inadecuado de asfalto	2	93.3
Contaminación de solventes	2	89.9
Agregados Contaminados	2	89.9
Compactación insuficiente	2	132.4
Fin de la vida útil de carpeta de rodadura	2	18.2
Retención de agua	2	191.9

De la tabla IV se puede observar que el tramo analizado de longitud igual a 300m y un ancho de 7.2m, los factores que están influyendo con mayor severidad son, tránsito intenso con un numero de frecuencia igual a 8, drenaje deficiente igual a 7, falta de soporte de la capa de rodadura igual a 5 y un espesor deficiente de la carpeta asfáltica igual 5, por lo que se debe enfatizar estos factores para cuando se realice un mantenimiento o reparación del tramo.

Los valores de la tercer columna de la tabla VI se obtienen sumando todas las áreas de todas las fallas que contengan como factor en común de la columna de la izquierda, para los tres niveles de daño.

7. EVALUACIÓN DE PROYECTOS VIALES CONSTRUIDOS

7.1 Evaluación CA-09 Norte San Antonio La Paz kilometro 37

El tramo que se evalúa consta de 250 metros que corresponde a un pavimento de asfalto, se escogió debido a que se encontró en muy mal estado; los resultados del levantamiento de daños son los siguientes:

Figura 41. Resultados del levantamiento de daño CA-09 Norte km.37

FORMATO DE EVALUACION PARA LEVANTAMIENTO DE FALLAS EN PAVIMENTOS							
Nombre de la Vía:	CA-09 Norte		Municipio:	San Antonio La Paz		Ubicación:	km 37 carretera al atlantico
Tipo de Pavimento:	Flexible (X)	Mixto* ()	Rígido ()	Longitud del Tramo:	250m	Est. Inicial:	36+750 Est. Final: 37+000
Tipo Pavimento Mixto:*			Tipo de Vía:	D	Carril:	Izq (X) Der (X)	Ancho calzada: 8m Fecha: 13/12/08
Fallas en Pavimentos Flexibles y Mixtos	Nivel de daño en tramo			Fallas en Pavimentos Rígidos	Nivel de daño en tramo		
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Fallas por Desprendimientos	m ²	m ²	m ²	Fallas por Desprendimientos			
Descascaramiento o peladura				Despostillamiento o Descascaramiento de Juntas			
Baches				Descascaramiento o Peladura			
Desintegración de bordes				Desintegración			
Desprendimiento de Agregados		32	123	Baches			
Pulido de superficie	160			Pulimento de Superficie			
Desintegración carpeta asfáltica				Parches			
Erosión longitudinal de carpeta				Fallas por Deformaciones			
Fallas por Deformaciones	m ²	m ²	m ²	Levantamiento localizado de losa			
Abultamiento o burbuja		3		Asentamiento de losa			
Ondulaciones o corrugaciones				Escalonamiento juntas longitudinales/ transversales			
Hundimientos		32		Fallas por Agrietamiento			
Ahuellamiento o canalizaciones				Grietas de esquina			
Corrimiento superficial de asfalto				Fisura longitudinal			
Fallas por Agrietamiento				Fisura transversal			
Agrietamiento piel de cocodrilo				Fisura en bloque o fracturación múltiple			
Fisuras en bloque	6	17	12	Fisuración por retracción			
Fisuras transversales	35ml	33.5ml	22ml	Fallas por Afloramiento			
Fisuras longitudinales	15ml	22ml	27ml	Exudación del concreto			
Fisuras por deslizamiento de capas	12			Corrosión del acero en pavimentos reforzados			
Fisuras por reflexión de junta				Bombeo o eyección de la junta			
Fallas por Afloramiento				*Pavimento Mixto: se debe diferenciar entre, concreto sobre asfalto			
Afloramiento de finos				(whitetopping) o asfalto sobre concreto; para el análisis en este formato será			
Afloramiento de agua				según la superficie final del pavimento.			
Exudación de asfalto							

Figura 42. Fallas por fisuras longitudinales, carretera CA-09 Norte km. 37



Figura 43. Falla por fisuras longitudinales, carretera CA-09 Norte km. 37



Se clasifican las fallas por nivel de daños, según los resultados del levantamiento de daños, como se muestra a continuación:

Tabla V. Clasificación por nivel de fallas en CA-09 Norte km.37

NIVEL BAJO	NIVEL MEDIO	NIVEL ALTO
Pulido de Superficie	Desprendimiento de agregados	Desprendimiento de agregados
Fisuras en bloque	Abultamiento o burbuja	Fisuras en bloque
Fisuras transversales	Hundimientos	Fisuras transversales
Fisuras longitudinales	Fisuras en bloque	Fisuras longitudinales
Fisuras deslizamiento de capas	Fisuras transversales	
	Fisuras longitudinales	

Según la tabla V, las fallas predominantes son las fisuras no importando de que tipo, ya que aparecen en los tres niveles de daño, y las fisuras transversales y longitudinales son las que el tramo observado presenta con mayor frecuencia; la prioridad son las fallas que pertenecen a un nivel de daño alto aunque no se repitan en los tres niveles de daño, esto debe tomarse en consideración ya que genera una jerarquía de análisis.

Factores por fallas observadas en el tramo CA-09 norte kilómetro 37

Tabla VI. Factores de fallas en CA-09 Norte km.37

Factores por fisuras transversales	
Contracción térmica de la carpeta de rodadura.	X
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Reflexión de grietas en capas inferiores.	X
Fin de la vida útil de la carpeta asfáltica.	X
Contracción de la mezcla asfáltica.	X
Factores por fisuras longitudinales	
Deficiente confinamiento lateral, por falta de hombros y bordillos.	
Reflexión de grietas en capas inferiores.	X
Tránsito intenso.	X
Contracción de la mezcla asfáltica.	X
Asentamiento de capas por el tránsito.	X
Drenaje deficiente.	X
Deficiencia en la junta de construcción longitudinal.	
Factores por pulido de superficie	
Tránsito intenso.	X
Agregado grueso de la carpeta con baja resistencia al desgaste.	
Excesiva compactación.	
Contenido inadecuado de asfalto.	
Agregados no apropiados a la intensidad del tránsito.	
Hundimiento de agregado grueso en el cuerpo de la carpeta.	

Continúa

Factores por fisuras en bloque	
Contracción del concreto asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día.	X
Fin de la vida útil de la carpeta asfáltica.	X
Utilización de asfalto inadecuado para las condiciones climáticas de la zona.	
Reflexión de grietas de contracción, derivados de los materiales estabilizados utilizados como base.	X
Combinación de un asfalto de baja penetración con el cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica.	
Factores por desprendimiento de agregados	
Falta de adherencia entre agregado y asfalto.	
Contenido inadecuado de asfalto.	
Expansión el agregado.	
Contaminación de solventes, o derivados del petróleo sobre el pavimento, (aceites, gasolina, etc.).	
Agregados contaminados.	
Drenaje deficiente.	
Aplicación irregular de la liga en tratamientos superficiales.	
Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.	
Compactación Insuficiente.	
Factores por abultamiento o burbuja	
Presiones de vapor o aire en zonas de la carpeta de rodadura.	
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Liberación de cal en bases estabilizadas.	
Bombeo.	

Continuación

Factores por hundimientos	
Deformación diferencial.	
Peso propio de la acción del pavimento.	
Suelos o cimentaciones elásticos, con capacidad de recuperación.	
Cargas excesivas o superiores a las del diseño.	
Compactación insuficiente.	
Defectos constructivos.	
Drenaje deficiente.	
Agregados contaminados.	
Desplomes de cavidades subterráneas.	
Canalización de tránsito (ahuellamiento).	X
Factores por deslizamiento de capas	
Contenido de asfalto inadecuado.	
Escasa adherencia entre las capas superficiales de la estructura del pavimento.	
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Alto contenido de arena en la mezcla asfáltica	
Riego de liga en exceso.	
Carencia de penetración de la imprimación con bases granulares.	

Al aplicar la estadística de eventos mutuamente excluyentes explicada en el capítulo 6, se obtiene el siguiente resumen:

Tabla VII. Resumen factores influyentes CA-09 Norte km.37

Factor Influyente en las fallas	Frecuencia	Área total de tramo afectado (2000m ²)
		Área de daño en m ²
Tránsito intenso	4	160
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica	4	15
Reflexión de grietas en capas inferiores	3	35
Variación térmica por climas severos	4	35
Fin de la vida útil de la carpeta de rodadura	2	35
Drenaje deficiente	2	32

Son seis factores los que están influyendo en el deterioro del pavimento de la carretera CA-09 Norte kilometro 37; en la tabla No. V “Clasificación de fallas” las fallas que aparecen con nivel alto son las que se deben considerar junto con los factores descritos en la tabla No. VII “Resumen factores influyentes” con mayor prioridad, ya que los factores siempre tendrán un nivel de jerarquía alta para las fallas que presentan un nivel de daño alto.

Se analiza ahora otro tramo de la carretera CA-09 Norte, para lograr una conclusión más específica de ésta ruta.

7.2 Evaluación CA-09 Norte Sanarate El Progreso, puente Punta Gorda kilometro 46

Al analizar este tramo, que consta de 250m se observa que el estado del pavimento se encuentra en malas condiciones; los resultados del levantamiento de daños son los siguientes:

Figura 44. Resultados del levantamiento de daños de la CA-09 Norte km.46

FORMATO DE EVALUACION PARA LEVANTAMIENTO DE FALLAS EN PAVIMENTOS							
Nombre de la Vía: CA-09 Norte		Municipio: Sanarate El Progreso		Ubicación: Puente Punta Gorda			
Tipo de Pavimento: Flexible (X)		Mixto* ()		Rígido ()		Longitud del Tramo: 250m Est. Inicial: 46+000 Est. Final: 46+250	
Tipo Pavimento Mixto:*		Tipo de Vía: D		Carril: Izq (X) Der(X)		Ancho calzada: 8m Fecha: 13/12/08	
Fallas en Pavimentos Flexibles y Mixtos	Nivel de daño en tramo			Fallas en Pavimentos Rígidos	Nivel de daño en tramo		
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Fallas por Desprendimientos	m ²	m ²	m ²	Fallas por Desprendimientos			
Descascaramiento o peladura	0.34	1.39	7	Despostillamiento o Descascaramiento de Juntas			
Baches	0.7	16.5		Descascaramiento o Peladura			
Desintegración de bordes				Desintegración			
Desprendimiento de Agregados	56	150.16	22.5	Baches			
Pulido de superficie				Pulimento de Superficie			
Desintegración carpeta asfáltica				Parches			
Erosión longitudinal de carpeta				Fallas por Deformaciones			
Fallas por Deformaciones	m ²	m ²	m ²	Levantamiento localizado de losa			
Abultamiento o burbuja		1		Asentamiento de losa			
Ondulaciones o corrugaciones				Escalonamiento juntas longitudinales/ transversales			
Hundimientos				Fallas por Agrietamiento			
Ahuellamiento o canalizaciones				Grietas de esquina			
Corrimiento superficial de asfalto				Fisura longitudinal			
Fallas por Agrietamiento	m ²	m ²	m ²	Fisura transversal			
Agrietamiento piel de cocodrilo		5	3.75	Fisura en bloque o fracturación múltiple			
Fisuras en bloque	16	3		Fisuración por retracción			
Fisuras transversales	89.5ml	66ml	58ml	Fallas por Afloramiento			
Fisuras longitudinales	3.7ml		45.5ml	Exudación del concreto			
Fisuras por deslizamiento de capas				Corrosión del acero en pavimentos reforzados			
Fisuras por reflexión de junta				Bombeo o eyección de la junta			
Fallas por Afloramiento	m ²	m ²	m ²	*Pavimento Mixto: se debe diferenciar entre, concreto sobre asfalto			
Afloramiento de finos				(whitertopping) o asfalto sobre concreto; para el análisis en este formato será			
Afloramiento de agua				según la superficie final del pavimento.			
Exudación de asfalto							

Figura 45. Ubicación del tramo en análisis, CA-09 Norte km. 46



Figura 46. Tráfico que circula sobre el tramo en análisis



Figura 47. Falla por fisuras transversales, CA-09 Norte km. 46



Figura 48. Falla por grietas longitudinales, CA-09 Norte km. 46



Figura 49. Falla por descascamiento, CA-09 Norte km. 46



Figura 50. Grietas transversales, longitudinales y desprendimiento de agregados CA-09 Norte km. 46



A continuación se clasifican las fallas por nivel de daño:

Tabla VIII. Clasificación por nivel de fallas en CA-09 Norte km.46

NIVEL BAJO	NIVEL MEDIO	NIVEL ALTO
Descascaramiento o peladura	Descascaramiento o peladura	Descascaramiento o peladura
Baches	Baches	Desprendimiento de agregados
Desprendimiento de agregados	Desprendimiento de agregados	Agrietamiento piel de cocodrilo
Fisuras en bloque	Fisuras en bloque	Fisuras transversales
Fisuras transversales	Fisuras transversales	Fisuras longitudinales
Fisuras longitudinales	Fisuras longitudinales	
	Agrietamiento piel de cocodrilo	

Ahora se describen los factores que influyen en las fallas anteriores:

Tabla IX. Factores de fallas en CA-09 Norte km. 46

Factores por descascamiento o peladura	
Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales.	
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Riego de liga deficiente.	X
Mezcla asfáltica muy permeable.	
Factores por baches	
Falta de resistencia de la carpeta asfáltica.	
Contenido inadecuado de asfalto.	X
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Drenaje deficiente.	X
Puntos débiles en la carpeta de rodadura.	
Puntos inestables de la base o sub-rasante.	
Por retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos.	
Factores por desprendimiento de agregados	
Falta de adherencia entre agregado y asfalto.	
Contenido inadecuado de asfalto.	X
Expansión el agregado.	
Contaminación de solventes.	
Agregados contaminados.	
Drenaje deficiente.	X
Aplicación irregular del ligante en tratamientos superficiales.	X
Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.	
Deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica.	X

Continuación

Factores por fisuras en bloque	
Contracción del concreto asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día.	X
Envejecimiento de la mezcla asfáltica.	X
Utilización de asfalto inadecuado para las condiciones climáticas de la zona.	
Reflejo de grietas de contracción derivados de los materiales estabilizados utilizados como base.	X
Combinación de un asfalto de baja penetración con el cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica.	
Factores por fisuras transversales	
Contracción térmica de la carpeta de rodadura.	X
Espesor insuficiente de la carpeta de rodadura.	X
Contacto de zonas de corte y terraplén por la diferencia de rigidez de los materiales de la sub-rasante.	
Reflexión de grietas en capas inferiores.	X
Envejecimiento asfáltico.	X
Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, debido a un exceso de filler*.	X
Factores por agrietamiento piel de cocodrilo	
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Soporte inadecuado de la base.	
Deficiencias de drenajes que afectan los agregados pétreos. X	X
Compactación deficiente de las capas de agregados o asfálticas.	X
Reparaciones de obra mal ejecutadas.	
Cargas de tránsito elevadas.	X
Fatiga de las carpetas asfálticas.	X

* Filler: material de origen mineral, no arcilloso, que pasa tamiz No. 200

Continuación

Factores por fisuras longitudinales	
Deficiente confinamiento lateral, por falta de hombros y bordillos.	
Reflexión de grietas en capas inferiores.	X
Fatiga de la estructura, usualmente se presenta en huellas del tránsito.	X
Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, especialmente ante cambios térmicos.	X
Espesor insuficiente.	X
Asentamiento de capas por el tránsito.	X
Drenaje insuficiente.	X
Deficiencia en la junta de construcción longitudinal.	

Se realiza el conteo de factores para establecer cuáles son los que están influyendo en el deterioro del tramo analizado

Tabla X. Resumen de factores influyentes en CA-09 Norte km. 46

Factor Influyente en las fallas	Frecuencia	Área total de tramo afectado (2000m ²)
		Área de daño en m ²
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica	4	34.68
Drenaje deficiente	4	254.61
Variaciones térmicas	4	19
Reflexión de grietas en capas inferiores	3	19
Deficiente compactación en carpeta asfáltica	2	237.41
Fin de la vida útil de la carpeta de rodadura	2	19
Riego de liga insuficiente	2	237.39
Escases de asfalto	2	245.86
Tránsito elevado y pesado	2	8.75
Falta de soporte de la capa de rodadura	2	8.75

Al comparar los factores que influyen en el deterioro de la carretera CA-09 Norte km. 46 de la Tabla X con los factores de la Tabla VII CA-09 Norte km. 37, se puede observar que la mayoría coinciden, por lo tanto los factores que están influyendo en el deterioro en la carretera al atlántico son los de la tabla X.

7.3 Evaluación CA-09 Sur Palin, Escuintla carretera vieja

Se analiza la carretera CA-09 sur, específicamente en Palin Escuintla carretera vieja kilometro 41, el tramo tiene una longitud de 250m, a continuación se presentan los resultados del levantamiento de daños,

Figura 51. Resultados del levantamiento de daños CA-09 Sur km.41

FORMATO DE EVALUACION PARA LEVANTAMIENTO DE FALLAS EN PAVIMENTOS							
Nombre de la Vía: CA-09 Sur		Municipio: Palin		Ubicación: Colonia El mirador, puente el diablo			
Tipo de Pavimento: Flexible (X)		Mixto* ()		Rígido ()		Longitud del Tramo: 250m	Est. Inicial: 40+800 Est. Final: 41+050
Tipo Pavimento Mixto:*		Tipo de Vía: B		Carril: Izq (X)	Der(X)	Ancho calzada: 7.2m	Fecha: 18/12/08
Fallas en Pavimentos Flexibles y Mixtos	Nivel de daño en tramo			Fallas en Pavimentos Rígidos	Nivel de daño en tramo		
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Fallas por Desprendimientos				Fallas por Desprendimientos			
Descascaramiento o peladura	2	8.5		Despistillamiento o Descascaramiento de Juntas			
Baches		1.5	7	Descascaramiento o Peladura			
Desintegración de bordes		10	5	Desintegración			
Desprendimiento de Agregados		20	10	Baches			
Pulido de superficie				Pulimento de Superficie			
Desintegración carpeta asfáltica	5	20		Parches			
Erosión longitudinal de carpeta				Fallas por Deformaciones			
Fallas por Deformaciones				Levantamiento localizado de losa			
Abultamiento o burbuja				Asentamiento de losa			
Ondulaciones o corrugaciones				Escalonamiento juntas longitudinales/ transversales			
Hundimientos				Fallas por Agrietamiento			
Ahuellamiento o canalizaciones				Grietas de esquina			
Corrimiento superficial de asfalto				Fisura longitudinal			
Fallas por Agrietamiento				Fisura transversal			
Agrietamiento piel de cocodrilo		95	125	Fisura en bloque o fracturación múltiple			
Fisuras en bloque		10		Fisuración por retracción			
Fisuras transversales				Fallas por Afloramiento			
Fisuras longitudinales		5		Exudación del concreto			
Fisuras por deslizamiento de capas				Corrosión del acero en pavimentos reforzados			
Fisuras por reflexión de junta				Bombeo o eyección de la junta			
Fallas por Afloramiento				*Pavimento Mixto: se debe diferenciar entre, concreto sobre asfalto			
Afloramiento de finos				(whitetopping) o asfalto sobre concreto; para el análisis en este formato será			
Afloramiento de agua				según la superficie final del pavimento.			
Exudación de asfalto							

Figura 52. Agrietamiento piel de cocodrilo, CA-09 Sur km. 41



Figura 53. Desprendimiento de agregados, baches, fisuras en bloque CA-09 Sur km. 41



Figura 54. Desintegración carpeta asfáltica, descascaramientos y baches CA-09 Sur km. 41



Se clasifica ahora por nivel las fallas que el tramo analizado presenta según los resultados del levantamiento de daños

Tabla XI. Clasificación por nivel de fallas en CA-09 Sur km. 41

NIVEL BAJO	NIVEL MEDIO	NIVEL ALTO
Descascaramiento o peladura	Descascaramiento o peladura	Baches
Desintegración de carpeta asfáltica	Baches	Desintegración de bordes
	Desintegración de bordes	Desprendimiento de agregados
	Desprendimiento de agregados	Agrietamiento de piel de cocodrilo
	Desintegración de carpeta asfáltica	
	Agrietamiento piel de cocodrilo	
	Fisuras en Bloque	
	Fisuras longitudinales	

Se describe a continuación los factores que inciden en las fallas anteriores:

Tabla XII. Factores de fallas en CA-09 Sur km. 41

Factores por descascaramiento o peladura	
Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales.	
Espesor insuficiente de la carpeta asfáltica.	X
Riego de liga deficiente.	
Mezcla asfáltica muy permeable.	
Factores por desintegración de carpeta asfáltica	
Desintegración de los agregados.	
Fatiga de la Carpeta.	X
Contaminación de Solventes.	X
Separación de agregados y asfalto ligante.	X
Presencia de arcilla en cualquiera de la capas.	
Compactación Insuficiente.	X
Agregados contaminados.	X
Tendido de la carpeta en climas fríos o húmedos.	X
Acción de tránsito intenso y pesado.	X
Fin de la vida útil de la carpeta asfáltica.	
Factores por baches	
Falta de resistencia de la carpeta.	
Escasez de contenido de asfalto.	X
Espesor deficiente.	X
Drenaje deficiente.	X
Puntos débiles en la carpeta de rodadura.	
Puntos inestables de la base o sub-rasante.	
Por retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos.	

Continuación

Factores por desintegración de bordes	
Principalmente es la acción delimitada del tránsito, tanto por su efecto abrasivo como por el poder destructivo de las cargas.	X
La presencia de arenas angulosas sueltas, muy próximas a la carretera, hace que aumente la abrasión de los neumáticos que ascienden y descienden del pavimento.	
Factores por desprendimiento de agregados	
Falta de adherencia entre agregado y asfalto.	X
Escasez de asfalto.	X
Expansión del agregado grueso.	
Acción de solventes o derivados del petróleo sobre el pavimento, (aceites, gasolina, etc.).	X
Agregados contaminados.	X
Drenaje deficiente.	X
Aplicación irregular de la liga en tratamientos superficiales.	
Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.	X
Compactación Insuficiente.	X
Factores por agrietamiento piel de cocodrilo	
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Falta de soporte de la carpeta de rodadura.	
Drenaje deficiente.	X
Compactación insuficiente.	X
Defectos constructivos.	X
Tránsito intenso.	X

Continuación

Factores por fisuras en bloque	
Contracción del concreto asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día.	X
Fin de la vida útil de la carpeta asfáltica.	
Utilización de asfalto inadecuado para las condiciones climáticas de la zona.	
Reflejo de grietas de contracción.	X
Combinación de un asfalto de baja penetración con el cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica.	
Factores por fisuras longitudinales	
Falta de confinamiento lateral.	
Reflexión de grietas en capas inferiores.	X
Canalización de tránsito.	X
Contracción de la mezcla asfáltica.	X
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Tránsito intenso.	X
Drenaje deficiente.	X
Deficiencia en la junta de construcción longitudinal.	

Para concluir los factores que inciden en el tramo de la carretera CA-09 sur kilometro 41, se realiza el conteo para la establecer la tabla siguiente:

Tabla XIII. Resumen de factores influyentes CA-09 Sur km. 41

Factor influyente en las fallas	Frecuencia	Mediad de tramo afectado (1800m ²)
		Área de daño en m ²
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica	4	239
Tránsito intenso	4	260
Drenaje deficiente	4	258.5
Falta de soporte de la capa de rodadura	3	245
Compactación Insuficiente	3	275
Tendido de carpeta en climas fríos o húmedos	2	55
Agregados contaminados	2	55
Contaminación de solventes	2	55
Separación de agregado y asfalto	2	55
Contenido inadecuado de asfalto	2	38.5
Variación térmica	2	10
Reflexión de grietas de contracción	2	10

Se puede observar en la tabla XIII que los factores, tendido de carpeta en climas húmedos, agregados contaminados, contaminación de solventes y separación de agregado del asfalto han influido en fallas que ocupan una misma área, esto quiere decir que, existen distintos tipos de fallas que pueden aparecer en una misma zona del tramo analizado. Aplicando la misma metodología para otro tramo de la carretera CA-09 sur, con el objetivo de comparar factores, a continuación se presenta.

7.4 Evaluación CA-09 Sur kilometro 45, finca El Chilero

Los resultados del levantamiento de daños de este tramo son los siguientes:

Figura 55. Resultados del levantamiento de daños carretera CA-09 Sur km. 45

FORMATO DE EVALUACION PARA LEVANTAMIENTO DE FALLAS EN PAVIMENTOS							
Nombre de la Vía: CA-09 Sur		Municipio: Palín		Ubicación: Finca el chilero			
Tipo de Pavimento: Flexible (X)		Mixto* ()		Rígido ()		Longitud del Tramo: 250m	Est. Inicial: 45+100 Est. Final: 45+350
Tipo Pavimento Mixto:*		Tipo de Vía: B		Carril: Izq (X)	Der(X)	Ancho calzada: 7.2m	Fecha: 18/12/08
Fallas en Pavimentos Flexibles y Mixtos	Nivel de daño en tramo			Fallas en Pavimentos Rígidos	Nivel de daño en tramo		
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Fallas por Desprendimientos	m ²	m ²	m ²	Fallas por Desprendimientos			
Descascaramiento o peladura	1.56	13	1.5	Despostillamiento o Descascaramiento de Juntas			
Baches	2			Descascaramiento o Peladura			
Desintegración de bordes				Desintegración			
Desprendimiento de Agregados	14			Baches			
Pulido de superficie				Pulimento de Superficie			
Desintegración carpeta asfáltica				Parches			
Erosión longitudinal de carpeta				Fallas por Deformaciones			
Fallas por Deformaciones				Levantamiento localizado de losa			
Abultamiento o burbuja				Asentamiento de losa			
Ondulaciones o corrugaciones				Escalonamiento juntas longitudinales/ transversales			
Hundimientos		4.5		Fallas por Agrietamiento			
Ahuellamiento o canalizaciones				Grietas de esquina			
Corrimiento superficial de asfalto		16		Fisura longitudinal			
Fallas por Agrietamiento				Fisura transversal			
Agrietamiento piel de cocodrilo		20	36	Fisura en bloque o fracturación múltiple			
Fisuras en bloque	10	18		Fisuración por retracción			
Fisuras transversales	3	6		Fallas por Afloramiento			
Fisuras longitudinales		10		Exudación del concreto			
Fisuras por deslizamiento de capas				Corrosión del acero en pavimentos reforzados			
Fisuras por reflexión de junta				Bombeo o eyección de la junta			
Fallas por Afloramiento				*Pavimento Mixto: se debe diferenciar entre, concreto sobre asfalto			
Afloramiento de finos				(whitetopping) o asfalto sobre concreto; para el análisis en este formato será			
Afloramiento de agua				según la superficie final del pavimento.			
Exudación de asfalto							

Figura 56. Piel de cocodrilo, CA-09 Sur km. 45

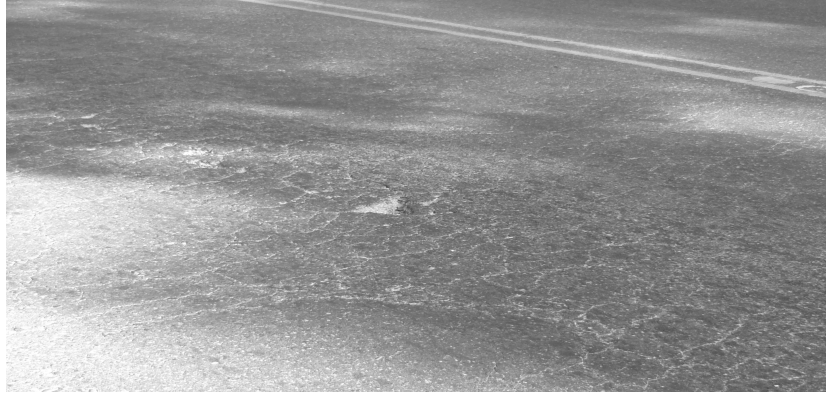


Figura 57. Corrimiento superficial de asfalto, CA-09 Sur km. 45



Figura 58. Descascaramiento o peladura, CA-09 Sur km. 45



Clasificando las fallas por nivel mostradas en el levantamiento de daños

Tabla XIV. Clasificación por nivel de fallas en CA-09 Sur km. 45

NIVEL BAJO	NIVEL MEDIO	NIVEL ALTO
Descascaramiento o peladura	Descascaramiento o peladura	Descascaramiento o peladura
Baches	Hundimientos	Agrietamiento piel de cocodrilo
Desprendimiento de agregados	Corrimiento superficial de asfalto	
Fisuras en bloque	Agrietamiento piel de cocodrilo	
Fisuras transversales	Fisuras en bloque	
	Fisuras transversales	
	Fisuras longitudinales	

Clasificadas las fallas por nivel se describen ahora los factores que influyen en cada una de las fallas observadas

Tabla XV. Factores de fallas en CA-09 Sur km. 45

Factores por descascaramiento o peladura	
Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales.	
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica. X	X
Riego de liga deficiente.	X
Mezcla asfáltica muy permeable.	
Factores por baches	
Falta de resistencia de la carpeta asfáltica.	
Contenido inadecuado de asfalto.	X
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Drenaje deficiente.	X
Puntos débiles en la carpeta de rodadura.	
Puntos inestables de la base o sub-rasante.	
Por retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos.	
Factores por desprendimiento de agregados	
Falta de adherencia entre agregado y asfalto.	
Contenido inadecuado de asfalto.	X
Expansión del agregado.	
Contaminación de Solventes	
Agregados contaminados.	
Drenaje deficiente	
Aplicación irregular de la liga en tratamientos superficiales. X	X
Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.	
Compactación Insuficiente.	X

Continuación

Factores por fisuras en bloque	
Contracción del concreto asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día.	X
Fin de la vida útil de la carpeta asfáltica.	X
Utilización de asfalto inadecuado para las condiciones climáticas de la zona.	
Reflejo de grietas de contracción derivados de los materiales estabilizados utilizados como base.	X
Combinación de un asfalto de baja penetración con el cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica.	
Factores por fisuras transversales	
Contracción térmica de la carpeta de rodadura.	X
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Reflexión de grietas en capas inferiores.	X
Fin de la vida útil de la carpeta asfáltica.	X
Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, debido a un exceso de filler*.	
Factores por corrimiento superficial de asfalto	
Tránsito intenso	
Contenido inadecuado de asfalto.	
Falta de vacíos.	
Falta de confinamiento lateral.	
Riego de liga deficiente, no permite una adecuada adherencia entre la carpeta asfáltica y las capas inferiores, originando mayor posibilidad de corrimiento.	X

* Filler: material de origen mineral, no arcilloso, que pasa tamiz No. 200

Factores por hundimientos	
Deformaciones diferenciales.	
Peso propio de la acción del pavimento.	
Suelos o cimentaciones elásticos, con capacidad de recuperación.	
Cargas excesivas o superiores a las del diseño.	
Compactación insuficiente.	X
Defectos constructivos.	X
Drenaje deficiente.	X
Agregados contaminados.	
Desplomes de cavidades subterráneas.	
Canalización de tránsito (ahuellamiento).	X
Factores por agrietamiento piel de cocodrilo	
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Falta de soporte de la carpeta de rodadura.	
Drenaje deficiente.	X
Compactación insuficiente`.	X
Reparaciones de obra mal ejecutadas.	X
Defectos constructivos.	X
Fatiga de la carpeta asfáltica. X	X
Factores por fisuras longitudinales	
Deficiente confinamiento lateral.	
Reflexión de grietas en capas inferiores.	X
Canalización de tránsito.	X
Contracción de la mezcla asfáltica.	X
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Tránsito intenso.	X
Drenaje deficiente.	X
Deficiencia en la junta de construcción longitudinal.	

Al encontrar los factores que se repiten dentro de los distintos tipos de fallas, que son los marcados con una equis (X), se deben enumerar los factores que sean iguales, para establecer cuáles son los que están influyendo en el deterioro del pavimento en análisis.

Tabla XVI. Resumen de factores influyentes CA-09 Sur km. 45

Factor influyente en la falla	Frecuencia	Área total de tramo afectado (1800m ²)
		Área de daño en m ²
Drenaje deficiente	5	76.5
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica	4	74.1
Compactación insuficiente	3	74.5
Contracción térmica de la carpeta de rodadura	3	28
Reflexión de grietas en capas inferiores	3	28
Tránsito intenso	3	60.5
Riego de liga deficiente	2	32.1
Contenido inadecuado de asfalto	2	16
Fin de la vida útil de la carpeta de rodadura	2	28
Defectos constructivos	2	60.5

Al realizar una comparación entre los factores de la tabla XVI con la tabla XIII, se puede observar que hay factores que no aparecen en ambas, por lo que se deben considerar cada uno de ellos según los niveles de daño de las fallas y/o a criterio del técnico o ingeniero, para mantenimiento o reparaciones que se decidan realizar.

7.5 Evaluación RN-10, colonia La Libertad, San Lucas Sacatepéquez, kilometro 30

El tramo observado ahora es un pavimento rígido, según investigaciones previas al análisis, se determinó que el tipo de pavimento es mixto, concreto sobre asfalto más conocido como whitetopping. Como la superficie final del pavimento es concreto, en el formato de evaluación se analizaran las fallas que corresponde a pavimento rígido. Se muestra ahora los resultados del levantamiento de daños.

Figura 59. Resultados del levantamiento de daños RN-10 km 30

FORMATO DE EVALUACION PARA LEVANTAMIENTO DE FALLAS EN PAVIMENTOS							
Nombre de la Vía: Ruta Nacional 10 (RN-10)		Municipio: San Lucas Sacatepequez		Ubicación: Colonia La Libertad			
Tipo de Pavimento: Flexible ()		Mixto* (X)	Rígido ()	Longitud del Tramo: 100m	Est. Inicial: 30+200	Est. Final: 30+300	
Tipo Pavimento Mixto:* whitetopping		Tipo de Vía: A	Carril: Izq (X)	Der(X)	Ancho calzada: 2*7.2	Fecha: 24/12/08	
Fallas en Pavimentos Flexibles y Mixtos	Nivel de daño en tramo			Fallas en Pavimentos Rígidos	Nivel de daño en tramo		
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Fallas por Desprendimientos	m ²	m ²	m ²	Fallas por Desprendimientos			
Descascaramiento o peladura				Despostillamiento o Descascaramiento de Juntas	20ml		
Baches				Descascaramiento o Peladura	1m ²		
Desintegración de bordes				Desintegración			
Desprendimiento de Agregados				Baches			
Pulido de superficie				Pulimento de Superficie	360m ²		
Desintegración carpeta asfáltica				Parches			
Erosión longitudinal de carpeta				Fallas por Deformaciones			
Fallas por Deformaciones				Levantamiento localizado de losa			
Abultamiento o burbuja				Asentamiento de losa			
Ondulaciones o corrugaciones				Escalonamiento juntas longitudinales/ transversales			
Hundimientos				Fallas por Agrietamiento			
Ahuellamiento o canalizaciones				Grietas de esquina			
Corrimiento superficial de asfalto				Fisura longitudinal	15ml		
Fallas por Agrietamiento				Fisura transversal			
Agrietamiento piel de cocodrilo				Fisura en bloque o fracturación múltiple			
Fisuras en bloque				Fisuración por retracción			
Fisuras transversales				Fallas por Afloramiento			
Fisuras longitudinales				Exudación del concreto			
Fisuras por deslizamiento de capas				Corrosión del acero en pavimentos reforzados			
Fisuras por reflexión de junta				Bombeo o eyección de la junta			
Fallas por Afloramiento				*Pavimento Mixto: se debe diferenciar entre, concreto sobre asfalto			
Afloramiento de finos				(whitetopping) o asfalto sobre concreto; para el análisis en este formato será			
Afloramiento de agua				según la superficie final del pavimento.			
Exudación de asfalto							

El pavimento en estudio tiene a la fecha del levantamiento un año desde su puesta en funcionamiento, y a pesar del poco tiempo ya presenta fallas, aunque hay que considerar que son a nivel de daño bajo.

Figura 60. Pulido de Superficie a nivel bajo pavimento rígido, RN-10 km. 30



Figura 61. Despostillamiento o descascaramiento de junta, RN-10 km. 30



Figura 62. Descascaramiento o peladura, RN-10 km. 30



Según los resultados del levantamiento de daños se clasifican las fallas por nivel de daño

Tabla XVII. Clasificación por nivel de fallas RN-10 km. 30

NIVEL BAJO	NIVEL MEDIO	NIVEL ALTO
Despostillamiento de junta		
Descascaramiento o peladura		
Pulimento de superficie		
Fisura Longitudinal		

Como se mencionó antes, el pavimento tiene un año de su puesta en funcionamiento, por lo que se puede entender que no aparecen fallas a nivel

medio y alto. A continuación se presentan los factores que influyen en el deterioro de pavimentos rígidos para las fallas anteriores:

Tabla XVIII. Factores de fallas en RN-10 km. 30

Factores por despostillamiento o descascaramiento de juntas
Defectos constructivos.
Desintegración de concreto, por mala calidad de material.
Presencia de material incompresible en la junta, el cual al expandirse genera concentración de esfuerzos y la posterior falla al paso de vehículos.
Procedimiento de corte de junta errónea.
Aplicación de cargas antes de conseguir la resistencia mínima recomendada del concreto.
Factores por descascaramiento o peladura
Exceso de acabados del concreto fresco colado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte débil a la retracción.
En pavimentos rígidos reforzados uno de los factores es la corrosión del acero del concreto por penetración de agua, sal o material anticongelantes.
Factores por pulimento de superficie
Tránsito intenso
Factores por fisuras longitudinales
Transferencia de carga inadecuada, entre las losas o segmentos de losa.
Erosión de la base en las inmediaciones de la junta o grieta.
Deformaciones diferenciales de la sub-base o sub-rasante
Falta de soporte de la capa de rodadura.

Al observar cada uno de los factores descritos en la tabla XVIII, ninguno de ellos se repite entre las diferentes fallas; por lo tanto se procede a una nueva observación de cada uno de los daños que presenta el tramo, por medio de las fotografías tomadas durante el levantamiento, con el propósito de establecer que fallas aparecen con mayor frecuencia. Esto se realiza debido al poco tiempo que el pavimento tiene en uso y las pocas fallas que presenta, por lo que no hay muchos factores que comparar.

Al realizar este procedimiento se establece que las fallas, despostillamiento de juntas y descascaramiento o peladura son las que mayor impacto tienen en el tramo analizado, por lo tanto los factores que están influyendo en el deterioro son los siguientes:

Tabla XIX. Resumen de factores influyentes RN-10 km. 30

Factor influyente en la falla	Frecuencia	Área total de tramo afectado (1440m ²)
		Área de daño en m ²
Defectos constructivos.	1	1
Desintegración de concreto, calidad mala de material.	1	1
Presencia de material incompresible en la junta	1	1
Procedimiento de corte de junta errónea.	1	1
Aplicación de cargas antes de conseguir la resistencia mínima.	1	1
Exceso de acabados del concreto fresco colado, produciendo la exudación del mortero y agua	1	1

7.6 Evaluación RN-10, finca la choza Santa Lucia Milpas Altas kilometro 32.8

Se evalúa en esta misma ruta, otro tramo para comparar los factores en el punto anterior, para concluir cuál de ellos están influyendo en el deterioro de la ruta nacional 10 (RN-10). Se muestran los resultados del levantamiento de daños a continuación, siempre de pavimento rígido.

Figura 63. Resultado del levantamiento de daños RN-10 km. 32.8

FORMATO DE EVALUACION PARA LEVANTAMIENTO DE FALLAS EN PAVIMENTOS							
Nombre de la Vía: RN-10		Municipio: Santa Lucia Milpas Altas		Ubicación: Finca La Choza			
Tipo de Pavimento: Flexible ()		Mixto* (X)	Rigido ()	Longitud del Tramo: 100m	Est. Inicial: 32+800	Est. Final: 32+900	
Tipo Pavimento Mixto:* whitetopping		Tipo de Vía: A	Carril: Izq (X)	Der(X)	Ancho calzada: 2*7.2m	Fecha: 24/12/08	
Fallas en Pavimentos Flexibles y Mixtos	Nivel de daño en tramo			Fallas en Pavimentos Rígidos	Nivel de daño en tramo		
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Fallas por Desprendimientos	m ²	m ²	m ²	Fallas por Desprendimientos			
Descascaramiento o peladura				Despostillamiento o Descascaramiento de Juntas			1.5ml
Baches				Descascaramiento o Peladura	1m ²		
Desintegración de bordes				Desintegración			
Desprendimiento de Agregados				Baches			
Pulido de superficie				Pulimento de Superficie			54m ²
Desintegración carpeta asfáltica				Parches			
Erosión longitudinal de carpeta				Fallas por Deformaciones			
Fallas por Deformaciones				Levantamiento localizado de losa			
Abultamiento o burbuja				Asentamiento de losa			
Ondulaciones o corrugaciones				Escalonamiento juntas longitudinales/ transversales			
Hundimientos				Fallas por Agrietamiento			
Ahuellamiento o canalizaciones				Grietas de esquina			
Corrimiento superficial de asfalto				Fisura longitudinal			
Fallas por Agrietamiento				Fisura transversal		2ml	
Agrietamiento piel de cocodrilo				Fisura en bloque o fracturación múltiple			
Fisuras en bloque				Fisuración por retracción			
Fisuras transversales				Fallas por Afloramiento			
Fisuras longitudinales				Exudación del concreto			
Fisuras por deslizamiento de capas				Corrosión del acero en pavimentos reforzados			
Fisuras por reflexión de junta				Bombeo o eyección de la junta		1u a 50cm	
Fallas por Afloramiento				*Pavimento Mixto: se debe diferenciar entre, concreto sobre asfalto			
Afloramiento de finos				(whitetopping) o asfalto sobre concreto; para el análisis en este formato será			
Afloramiento de agua				según la superficie final del pavimento.			
Exudación de asfalto							

Figura 64. Pulimento de superficie, RN-10 km. 32.8



Figura 65. Descascaramiento o Peladura, RN-10 km. 32.8



Figura 66. Despostillamiento de junta, RN-10 km. 32.8



Figura 67. Bombeo o eyección de junta, RN-10 km. 32.8



Clasificando las fallas por nivel se obtiene la siguiente tabla, se observa que no existen fallas a nivel medio y alto, debido a que la edad del pavimento no es avanzada.

Tabla XX. Clasificación por nivel de fallas en RN-10 km. 32.8

NIVEL BAJO	NIVEL MEDIO	NIVEL ALTO
Despostillamiento de junta		
Descascaramiento o peladura		
Pulimento de superficie		
Fisura Transversal		
Bombeo o eyección de la junta		

A continuación se presenta la descripción de factores para las fallas mostradas por el pavimento.

Tabla XXI. Factores de fallas en RN-10 km. 32.8

Factores por despostillamiento de junta
Defectos constructivos.
Desintegración de concreto, por mala calidad de material.
Presencia de material incompresible en la junta, el cual al expandirse genera concentración de esfuerzos y la posterior falla al paso de vehículos.
Procedimiento de corte de junta errónea.
Aplicación de cargas antes de conseguir la resistencia mínima recomendada del concreto.
Factores por descascaramiento o peladura
Exceso de acabados del concreto fresco colado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte débil a la retracción.
En pavimentos rígidos reforzados uno de los factores es la corrosión del acero del concreto por penetración de agua, sal o material anticongelantes.
Factores por fisura transversal
Ausencia de juntas transversales provocan grietas diagonales y transversales.
Variaciones significativas en el espesor de las losas.
Deformaciones diferenciales.
Losas de longitud excesiva.
Variaciones térmicas que originan alabeos.
Drenaje deficiente.
Cargas excesivas.

Continuación

Factores por pulimento de superficie
Tránsito intenso.
Factores por bombeo o eyección de la junta
Presencia de agua superficial que penetra entre la base y la losa de concreto.
Material erosionable en la base.
Tránsito intenso.
Transferencia inadecuada entre losas.

Se puede observar que las mismas fallas son las que aparecen con mayor frecuencia en el tramo de la RN-10 km. 30 con el tramo de la RN-10 km. 32.8 por lo que los factores serian los mismos; aunque se agregan dos distintas fallas, fisura transversal y bombeo o eyección de junta, y al realizar el conteo de los factores entres estas dos últimas fallas de la tabla XXI, se observa que se agrega un factor diferente, el cual es tráfico de vehículos pesados.

Por lo tanto, se establece el resumen de factores para el tramo analizado,

Tabla XXII. Resumen de factores influyentes RN-10 km. 32.8

Factor influyente en la falla	Frecuencia	Área total de tramo afectado (1440m ²)
		Área de daño en m ²
Tránsito intenso	3	54
Defectos constructivos.	1	1
Desintegración de concreto, calidad mala de material.	1	1
Presencia de material incompresible en la junta	1	1
Procedimiento de corte de junta errónea.	1	1
Aplicación de cargas antes de conseguir la resistencia mínima.	1	1
Exceso de acabados del concreto fresco colado, produciendo la exudación del mortero y agua	1	1

Los factores que están influyendo en el deterioro de la RN-10 son los de la tabla XXII.

7.7 Evaluación CA-02, La Vega Barberena Santa Rosa, kilometro 41.7

La ruta CA-02 es la carretera que conduce a El Salvador, la cual tiene poco más de dos años desde su rehabilitación a la fecha de análisis; se evaluaron dos tramos de 200m que corresponden a un pavimento rígido, el primero a analizar inicia en el kilometro 41.7 y a continuación se muestran los resultados del levantamiento de daños.

Figura 68. Resultados del levantamiento de daños CA-2 Panamericana km. 41.7

FORMATO DE EVALUACION PARA LEVANTAMIENTO DE FALLAS EN PAVIMENTOS							
Nombre de la Vía: CA-02 Panamericana		Municipio: Barberena		Ubicación: La Vega			
Tipo de Pavimento: Flexible ()		Mixto* (X)	Rígido ()	Longitud del Tramo: 200m	Est. Inicial: 41+700	Est. Final: 41+900	
Tipo Pavimento Mixto:* whitetopping		Tipo de Vía: A	Carril: Izq (X)	Der (X)	Ancho calzada: 2*7.2m	Fecha: 27/12/08	
Fallas en Pavimentos Flexibles y Mixtos	Nivel de daño en tramo			Fallas en Pavimentos Rígidos	Nivel de daño en tramo		
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Fallas por Desprendimientos	m ²	m ²	m ²	Fallas por Desprendimientos			
Descascaramiento o peladura				Despostillamiento o Descascaramiento de Juntas	8ml		
Baches				Descascaramiento o Peladura	1.5m ²		
Desintegración de bordes				Desintegración			
Desprendimiento de Agregados				Baches			
Pulido de superficie				Pulimento de Superficie	504m ²		
Desintegración carpeta asfáltica				Parches			
Erosión longitudinal de carpeta				Fallas por Deformaciones			
Fallas por Deformaciones				Levantamiento localizado de losa			
Abultamiento o burbuja				Asentamiento de losa			
Ondulaciones o corrugaciones				Escalonamiento juntas longitudinales/ transversales			
Hundimientos				Fallas por Agrietamiento			
Ahuellamiento o canalizaciones				Grietas de esquina	2unidades		
Corrimiento superficial de asfalto				Fisura longitudinal			
Fallas por Agrietamiento				Fisura transversal	1ml	4ml	
Agrietamiento piel de cocodrilo				Fisura en bloque o fracturación múltiple			
Fisuras en bloque				Fisuración por retracción			
Fisuras transversales				Fallas por Afloramiento			
Fisuras longitudinales				Exudación del concreto			
Fisuras por deslaminamiento de capas				Corrosión del acero en pavimentos reforzados			
Fisuras por reflexión de junta				Bombeo o eyección de la junta			
Fallas por Afloramiento				*Pavimento Mixto: se debe diferenciar entre, concreto sobre asfalto			
Afloramiento de finos				(whitetopping) o asfalto sobre concreto; para el análisis en este formato será			
Afloramiento de agua				según la superficie final del pavimento.			
Exudación de asfalto							

Figura 69. Agrietamiento de esquina y fisura transversal, CA-02 km. 41.7



Figura 70. Pulimento de superficie, CA-02 km. 41.7



Figura 71. Agrietamiento de esquina, CA-02 km. 41.7



Figura 72. Descascaramiento o peladura y despostillamiento de juntas CA-02 km. 41.7



Se clasifica ahora las fallas mostradas por el pavimento rígido, por niveles de daño.

Tabla XXIII. Clasificación por nivel de fallas en CA-02 km. 41.7

NIVEL BAJO	NIVEL MEDIO	NIVEL ALTO
Despostillamiento de junta	Fisura transversal	
Descascaramiento o peladura		
Pulimento de superficie		
Agrietamiento de esquina		
Fisura transversal		

Cabe mencionar que el pavimento en análisis, según investigaciones previas, tiene 2 años desde su puesta en funcionamiento y presenta fallas ya notables, aunque hay que considerar que la mayoría son a nivel bajo; se describen los factores de los daños a continuación,

Tabla XXIV. Factores de fallas en CA-02 km. 41.7

Factores por despostillamiento de juntas
Defectos constructivos.
Desintegración de concreto, por mala calidad de material.
Presencia de material incompresible en la junta, el cual al expandirse genera concentración de esfuerzos y la posterior falla al paso de vehículos.
Procedimiento de corte de junta errónea.
Aplicación de cargas antes de conseguir la resistencia mínima recomendada del concreto.
Factores por descascaramiento o peladura
Exceso de acabados del concreto fresco colado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte débil a la retracción.
En pavimentos rígidos reforzados uno de los factores es la corrosión del acero del concreto por penetración de agua, sal o material anticongelantes.
Factores por pulimento de superficie
Tránsito intenso

Continuación

Factores por fisura transversal
Ausencia de juntas transversales provocan grietas diagonales y transversales.
Variaciones significativas en el espesor de las losas.
Deformaciones diferenciales.
Losas de longitud excesiva.
Variaciones térmicas que originan alabeos.
Drenaje deficiente.
Cargas excesivas.
Factores por agrietamiento de esquina
Tránsito intenso.
Transferencia de carga inadecuada.
Sobrecarga aplicada en un punto débil.
Perdida de soporte en esquinas por penetración de agua.
Deformaciones diferenciales
Falta de apoyo de la losa
Variaciones térmicas

Observando las fallas que muestra el tramo analizado por medio de las fotografías, se establece que las fallas, despostillamiento de junta y pulimento de superficie son las que afectan en su mayoría al tramo, por lo que los factores que están influyendo en el deterioro son los debido a éstas; se les debe agregar a estos factores, según las fallas con un grado menor de aparición, es decir, los factores que el técnico crea que están influyendo debido al resto de fallas.

Para este caso, el o los factores que se deben agregar serian los de las fallas por Agrietamiento de esquina y fisuras transversales, según el número de veces de aparición entre ellos, y al realizar el conteo se agrega el factor tránsito intenso.

Tabla XXV. Resumen de factores influyentes CA-02 km. 41.7

Factor influyente en la falla	Frecuencia	Área total de tramo afectado (1440m ²)
		Área de daño en m ²
Defectos constructivos.	1	1
Desintegración de concreto, calidad mala de material.	1	1
Presencia de material incompresible en la junta	1	1
Procedimiento de corte de junta errónea.	1	1
Aplicación de cargas antes de conseguir la resistencia mínima.	1	1
Tránsito intenso	1	504

Los factores que están influyendo en el deterioro del tramo de 200m son los mencionados en la tabla de arriba; para concluir que factores están afectando al proyecto en su totalidad se analiza otro tramo del mismo pavimento, en el siguiente punto.

7.8 Evaluación CA-02, finca Pueblo Nuevo Viñas Barberena Santa Rosa km. 44

Este tramo consta también de 200m para la evaluación de factores, es conveniente que siempre sea la misma longitud de análisis para los tramos de un mismo proyecto, a continuación los resultados del levantamiento de daños

Figura 73. Resultados del levantamiento de daños, CA-02 Panamericana km. 44

FORMATO DE EVALUACION PARA LEVANTAMIENTO DE FALLAS EN PAVIMENTOS							
Nombre de la Vía: CA-02 Panamericana		Municipio: Barberena Santa Rosa		Ubicación: Finca pueblo nuevo viñas			
Tipo de Pavimento: Flexible ()	Mixto* (X)	Rigido ()	Longitud del Tramo: 200m	Est. Inicial: 44+000	Est. Final: 44+200		
Tipo Pavimento Mixto:* whitetopping		Tipo de Vía: A	Carril: Izq (X)	Der(X)	Ancho calzada: 2*7.2m	Fecha: 27/12/08	
Fallas en Pavimentos Flexibles y Mixtos	Nivel de daño en tramo			Fallas en Pavimentos Rígidos	Nivel de daño en tramo		
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Fallas por Desprendimientos	m ²	m ²	m ²	Fallas por Desprendimientos			
Descascaramiento o peladura				Despostillamiento o Descascaramiento de Juntas	44.8ml		
Baches				Descascaramiento o Peladura	1.6m ²		
Desintegración de bordes				Desintegración			
Desprendimiento de Agregados				Baches			
Pulido de superficie				Pulimento de Superficie	200m ²		
Desintegración carpeta asfáltica				Parches			
Erosión longitudinal de carpeta				Fallas por Deformaciones			
Fallas por Deformaciones				Levantamiento localizado de losa			
Abultamiento o burbuja				Asentamiento de losa			
Ondulaciones o corrugaciones				Escalonamiento juntas longitudinales/ transversales			
Hundimientos				Fallas por Agrietamiento			
Ahuellamiento o canalizaciones				Grietas de esquina	3 unidades		
Corrimiento superficial de asfalto				Fisura longitudinal			
Fallas por Agrietamiento				Fisura transversal	3ml		
Agrietamiento piel de cocodrilo				Fisura en bloque o fracturación múltiple			
Fisuras en bloque				Fisuración por retracción			
Fisuras transversales				Fallas por Afloramiento			
Fisuras longitudinales				Exudación del concreto			
Fisuras por deslizamiento de capas				Corrosión del acero en pavimentos reforzados			
Fisuras por reflexión de junta				Bombeo o eyección de la junta			
Fallas por Afloramiento				*Pavimento Mixto: se debe diferenciar entre, concreto sobre asfalto			
Afloramiento de finos				(whitetopping) o asfalto sobre concreto; para el análisis en este formato será			
Afloramiento de agua				según la superficie final del pavimento.			
Exudación de asfalto							

Figura 74. Despostillamiento de junta, CA-02 km.44



Figura 75. Pulimento de superficie, CA-02 km.44



Figura 76. Fisura transversal y agrietamiento de esquina, CA-02 km.44



Figura 77. Descascaramiento o peladura, km.44



Clasificando las fallas por nivel

Tabla XXVI. Clasificación por nivel de fallas en CA-02 km. 44

NIVEL BAJO	NIVEL MEDIO	NIVEL ALTO
Despostillamiento de junta	Fisura transversal	
Descascaramiento o peladura		
Pulimento de superficie		
Agrietamiento de esquina		
Fisura transversal		

Al observar la clasificación de fallas por nivel, se determina que las fallas que presenta el tramo en análisis son las mismas que muestra el tramo en el kilómetro 41.7 analizado en el punto anterior.

Debido a esto, la descripción de los factores que influyen en los daños, no es necesario realizarlo, ya que los factores son los mismos de la Tabla XXV, por lo tanto los factores que están influyendo en este tramo se presentan en la siguiente tabla.

Tabla XXVII. Resumen de factores influyentes CA-02 km. 44

Factor influyente en la falla	Frecuencia	Área total de tramo afectado (1440m ²)
		Área de daño en m ²
Defectos constructivos.	1	1
Desintegración de concreto, calidad mala de material.	1	1
Presencia de material incompresible en la junta	1	1
Procedimiento de corte de junta errónea.	1	1
Aplicación de cargas antes de conseguir la resistencia mínima.	1	1
Tránsito intenso	1	504

Debido a los resultados anteriores los factores que están influyendo en el deterioro de la carretera CA-02 a partir del kilometro 41.7 son los mencionados en la tabla XXVII.

7.9 Evaluación tramo asfáltico que une San Cristóbal Mixco con Villalobos zona 12 Guatemala

Se evaluó este tramo debido a que presenta daños muy avanzados en el pavimento, éste tiene más de cinco años en funcionamiento. A continuación se presenta los resultados del levantamiento de daños.

Figura 78. Resultados del levantamiento de daños tramo San Cristóbal Villalobos

FORMATO DE EVALUACION PARA LEVANTAMIENTO DE FALLAS EN PAVIMENTOS							
Nombre de la Vía: Sector C2 865		Municipio: Mixco Zona 8		Ubicación: 29calle B San Cristobal			
Tipo de Pavimento: Flexible (X)		Mixto* ()		Rígido ()		Longitud del Tramo: 300m Est. Inicial: 8+200 Est. Final: 8+500m	
Tipo Pavimento Mixto:*		Tipo de Vía: D		Carril: Izq (X) Der(X)		Ancho calzada: 8m Fecha: 10/01/09	
Fallas en Pavimentos Flexibles y Mixtos	Nivel de daño en tramo			Fallas en Pavimentos Rígidos	Nivel de daño en tramo		
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Fallas por Desprendimientos	m ²	m ²	m ²	Fallas por Desprendimientos			
Descascaramiento o peladura				Despistillamiento o Descascaramiento de Juntas			
Baches				Descascaramiento o Peladura			
Desintegración de bordes				Desintegración			
Desprendimiento de Agregados				Baches			
Pulido de superficie				Pulimento de Superficie			
Desintegración carpeta asfáltica				Parches			
Erosión longitudinal de carpeta				Fallas por Deformaciones			
Fallas por Deformaciones				Levantamiento localizado de losa			
Abultamiento o burbuja				Asentamiento de losa			
Ondulaciones o corrugaciones				Escalonamiento juntas longitudinales/ transversales			
Hundimientos	83	34		Fallas por Agrietamiento			
Ahuellamiento o canalizaciones				Grietas de esquina			
Corrimiento superficial de asfalto				Fisura longitudinal			
Fallas por Agrietamiento				Fisura transversal			
Agrietamiento piel de cocodrilo	3			Fisura en bloque o fracturación múltiple			
Fisuras en bloque				Fisuración por retracción			
Fisuras transversales		7.2ml		Fallas por Afloramiento			
Fisuras longitudinales				Exudación del concreto			
Fisuras por deslizamiento de capas				Corrosión del acero en pavimentos reforzados			
Fisuras por reflexión de junta				Bombeo o eyección de la junta			
Fallas por Afloramiento				*Pavimento Mixto: se debe diferenciar entre, concreto sobre asfalto			
Afloramiento de finos				(whitetopping) o asfalto sobre concreto; para el análisis en este formato será			
Afloramiento de agua				según la superficie final del pavimento.			
Exudación de asfalto							

Figura 79. Hundimiento Tramo San Cristóbal Villalobos



Figura 80. Grieta Transversal San Cristóbal Villalobos



Figura 81. Hundimiento San Cristóbal Villalobos



Según los resultados mostrados en el levantamiento de daños, son tres los tipos de falla que muestra el tramo en análisis, a continuación se clasifica dichas fallas por nivel de daño

Tabla XXVIII. Clasificación por nivel de fallas ruta sector C2 865 San Cristóbal

NIVEL BAJO	NIVEL MEDIO	NIVEL ALTO
Hundimiento	Hundimiento	
Agrietamiento piel de cocodrilo	Fisuras transversales	

Los factores que intervienen en las fallas descritas en la tabla anterior, se presentan a continuación

Tabla XXIX. Factores de fallas ruta sector C2 865 San Cristóbal

Factores por agrietamiento piel de cocodrilo	
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Falta de soporte de la carpeta de rodadura.	
Drenaje deficiente.	X
Compactación insuficiente.	X
Reparaciones de obra mal ejecutadas.	X
Defectos constructivos.	X
Tránsito intenso.	

Continúa

Factores por hundimiento	
Deformaciones diferenciales.	
Peso propio de la acción del pavimento.	
Suelos o cimentaciones elásticos, con capacidad de recuperación.	
Cargas excesivas o superiores a las del diseño. X	X
Compactación insuficiente.	X
Defectos constructivos.	X
Drenaje deficiente.	X
Agregados contaminados.	
Desplomes de cavidades subterráneas.	
Canalización de tránsito (ahuellamiento).	
Factores por fisuras transversales	
Contracción térmica de la carpeta de rodadura.	
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica.	X
Fin de la vida útil de la carpeta asfáltica.	
Reflexión de grietas en capas inferiores.	
Contracción de la mezcla asfáltica.	

Realizando conteo de factores para determinar cuáles están influyendo en el deterioro del tramo en análisis, se obtiene la siguiente tabla de resumen.

Tabla XXX. Resumen de factores influyentes Ruta Sector C2 San Cristóbal

Factor Influyente en las fallas	Frecuencia	Área total de tramo afectado (m ²)
		Área de daño en m ²
Tránsito intenso	2	86
Drenaje deficiente	2	86
Compactación insuficiente	2	86
Defectos constructivos	2	86
Espesor deficiente de la carpeta asfáltica	2	3

Los factores principales que están influyendo en el deterioro del tramo son los descritos en la tabla XXX.

CONCLUSIONES

1. De los tramos carreteros analizados que se ubican en el kilometro 37 San Antonio La paz y kilómetro 46 Sanarate El Progreso, al norte del país, concluye que los factores críticos obtenidos son: el tránsito intenso, variaciones térmicas y drenajes deficientes; lo cual hace ver la importancia de un estudio para la determinación de factores que deterioran los pavimentos para obtener carreteras con una vida útil aceptable.
2. Para los tramos analizados en el kilometro 41 Palin Escuintla y kilometro 45 finca El Chilero, Ruta CA-09 sur, los factores, espesor deficiente de carpeta asfáltica, variaciones térmicas, contaminación de solventes, drenajes deficientes y tránsito intenso, son factores que dañan esa zona del país, lo cual indica tener una importancia muy alta en el mantenimiento del tramo para obtener una vida útil óptima.
3. Para el área occidente del país, específicamente la Ruta Nacional 10 (RN-10) del kilometro 30 al 32.8 los factores, espesor deficiente de la carpeta asfáltica, drenaje deficiente, tránsito intenso y reflexión de grietas en capas inferiores, hacen que los deterioros aumenten durante el funcionamiento del tramo carretero.

4. Los factores que están iniciando a deteriorar el tramo del kilometro 41.7 al kilometro 44 de la CA-02 son, defectos constructivos, tránsito intenso y procedimiento de corte de junta errónea, indican que el tramo muy probablemente no llegue a su vida útil.

5. Al realizar un análisis de los factores obtenidos de los tramos analizados que están influyendo en el deterioro de pavimentos, tanto flexibles como rígidos, se observa que el factor tránsito intenso por sobrecarga, específicamente debido al transporte pesado que ocupa el 60% de la circulación vehicular diaria, es el factor de mayor influencia en los deterioros de las carreteras del país, lo cual indica que se debe llevar un control estricto en relación, con el fin de minimizar la cantidad de fallas.

RECOMENDACIONES

1. Para carreteras del país, el factor tránsito intenso corresponde a más del 60% para el transporte pesado, y que éstos no cumplen con las cargas mínimas de circulación, provocan que los pavimentos fallen a temprana edad, por lo tanto colocar centros de básculas para el control del mismo, ya que es una medida que contrarresta los daños en carreteras por dicho factor.
2. La necesidad que las carreteras del país no presenten fallas anticipadas y que esto provoque inconformidades a la circulación vehicular, se debe aplicar un estudio para la determinación de factores que influyen en el deterioro de pavimentos.
3. Para obtener carreteras con mayor vida útil, es aconsejable enfatizar en los factores obtenidos de los resultados del levantamiento de daños en el momento del diseño, construcción y/o supervisión de carreteras, ya que estas fases de proyecto son fundamentales para el buen funcionamiento de carreteras.

4. Con el objetivo de dar a conocer los tipos de fallas y los factores que influyen en el deterioro de pavimentos, todo estudiante de ingeniería civil debe tener prácticas de laboratorio, en la evaluación de los diferentes tipos de fallas y determinación de factores, y así pueda identificarlas y establecer soluciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Grupo Técnico Convenio 587 de 2003. **Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles.** (Colombia: 2006) p. 18.
2. Grupo Técnico Convenio 587 de 2003. **Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos.** (Colombia: 2006) p. 25
3. Coronado Iturbide Jorge. **Manual Centroamericano de Mantenimiento de carreteras.** (2da. Edición; Guatemala: 2000) p. 15

BIBLIOGRAFÍA

1. Coronado Iturbide, Jorge. **Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento.** (Guatemala: s.e., 2002)
2. Coronado Iturbide, Jorge. **Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras.** (Tomo 3; Guatemala: s.e., 2000)
3. Grupo Técnico Convenio 587 de 2003, **Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles.** (Colombia: 2006)
4. Grupo Técnico Convenio 587 de 2003, **Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos.** (Colombia: 2006)
5. Secretaría de Desarrollo Social. **Normas Seguimiento y Control de Obras de Vialidad y Transporte Urbano.** (Tomo 2; México: s.e., s.a.)
6. Timaná Rojas, Jorge. **Tecnología de Pavimentos.** (s.l.: s.e., 2005)
7. Vidaña Bencomo, José Osiris. **Deterioro en pavimentos flexibles de Ciudad Juárez por efectos del agua pluvial.** (México: s.e., 2005)