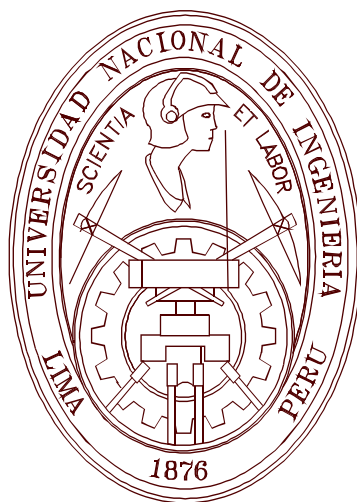


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**INNOVACIÓN DEL MÉTODO VIZIR EN ESTRATEGIAS DE
CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CARRETERAS
CON BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
CON MENCIÓN EN INGENIERÍA DE TRANSPORTES**

ELABORADO POR

Ing. EDWIN WILDER APOLINARIO MORALES

ASESOR

M.Sc.Ing. JOSÉ WILFREDO GUTIÉRREZ LÁZARES

LIMA-PERÚ

2012

INNOVACIÓN DEL MÉTODO VIZIR EN ESTRATEGIAS DE
CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CARRETERAS
CON BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

Ing. Edwin Wilder Apolinario Morales

Presentado a la Sección de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil en
cumplimiento parcial de los requerimientos para el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA DE
TRANSPORTES

DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

2012

Autor : Ing. Edwin Wilder Apolinario Morales

Recomendado : M.Sc.Ing. José Wilfredo Gutiérrez Lázares
Asesor de la Tesis

Aceptado por : CE.Ing. Francisco Coronado del Águila
Jefe de la Sección de Posgrado

@ 2012; Universidad Nacional de Ingeniería, todos los derechos reservados
ó el autor autoriza a la UNI-FIC a reproducir la tesis en su totalidad o en
partes.

ÍNDICE

RESUMEN	iv
SUMMARY	v
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I : MARCO TEÓRICO	2
1.1 Generalidades.....	2
1.2 Pavimentos Básicos.....	2
1.2.1 Tratamientos Superficial.....	3
1.2.2 Tipos de tratamientos superficiales.....	3
1.2.3 Carretera Pavimentada.....	3
1.2.4 Carretera No Pavimentada.....	3
1.2.5 Pavimento de Bajo Costo.....	4
1.3 Evaluación de Pavimentos.....	4
1.3.1 Condición del pavimento.....	5
1.4 Métodos de Evaluación Superficial.....	5
1.4.1 Departamento Nacional de Infraestructura de Transporte (DNIT).....	6
1.4.2 Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	8
1.4.3 Programa de Asistencia técnica en transporte urbano- México.....	9
1.4.4 Evaluación Superficial y Rango de Pavimento (PASER).....	12
1.4.5 Inspección Visual de Daños en Carreteras (VIZIR).....	13
1.4.6 Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAl).....	20
1.4.7 Programa de Investigación Estrategias de Carreteras (SHRP).....	20
1.5 Conservación de pavimentos.....	21
1.5.1 Conservación Vial.....	21
1.5.2 Conservación rutinaria.....	21
1.5.3 Conservación periódica.....	21
1.6 Rehabilitación de pavimentos.....	22
1.7 Enfoque del Problema.....	22
1.7.1 Objetivo del trabajo.....	23
1.7.2 Hipótesis.....	23
CAPITULO II: CARACTERÍSTICAS DE ZONAS DE APLICACIÓN	24
2.1 Generalidades.....	24
2.2 Metodología de la Investigación.....	24
2.2.1 Esquema de la Metodología.....	25
2.3 Área de estudio.....	26
2.3.1 Antecedentes.....	26
2.3.2 Descripción del Proyecto.....	26
2.3.3 Ubicación.....	26
2.3.4 Límites.....	27
2.3.5 Clima y Geografía.....	27
2.4 Zonas de características homogéneas.....	29
2.4.1 Estudio volumétrico.....	29
2.4.2 Climatología.....	30
2.4.3 Deflexiones.....	31
2.5 Sección representativa.....	35

2.5.1	Ubicación del tramo seleccionada.....	35
2.5.2	Características Geométricas.....	36
2.5.3	Características del Pavimento	36
2.6	Condiciones ambientales influyentes.....	36
2.6.1	Hidrología y Drenaje.....	37
2.6.2	Suelos.....	38
2.6.3	Transito.....	39
2.6.4	Propiedades de Materiales.....	39
CAPITULO III: APLICACIÓN EN LA CARRETERA CAÑETE – CHUPACA.		40
3.1	Generalidades.....	40
3.2	Evaluación del estado de la vía.....	40
3.2.1	Evaluación Estructural.....	40
3.2.2	Evaluación de la Condición Superficial.....	40
3.2.3	Evaluación de la adherencia.....	41
3.2.4	Evaluación Funcional.....	41
3.3	Rugosidad del pavimento.....	42
3.4	Serviciabilidad.....	45
3.5	Auscultación visual de fallas.....	49
3.5.1	Definición de fallas de pavimentos.....	50
3.5.2	Manifestación de deterioros de pavimentos básicos.....	50
3.6	Aplicación de métodos de evaluación de la condición superficial del Pavimento.	51
3.6.1	Departamento Nacional de Infraestructura de Transporte (DNIT).....	52
3.6.2	Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	57
3.6.3	Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano (TU)- México.....	59
3.6.4	Evaluación Superficial y Rango de Pavimento (PASER).....	61
3.6.5	Inspección Visual de Daños en Carreteras (VIZIR).....	62
3.7	Recopilación y discriminación de datos de campo.....	64
3.7.1	Departamento Nacional de Infraestructura de Transporte (DNIT).....	66
3.7.2	Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	67
3.7.3	Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano (TU)- México.....	68
3.7.4	Evaluación Superficial y Rango de Pavimento (PASER).....	69
3.7.5	Inspección Visual de Daños en Carreteras (VIZIR).....	70
CAPITULO IV: CONDICIÓN SUPERFICIAL CON MÉTODO PROPUESTO.		71
4.1	Generalidades.....	71
4.2	Análisis comparativo del método VIZIR con el propuesto ESBVT.....	71
4.2.1	Categoría de deterioros con el método VIZIR.....	72
4.2.2	Categoría de deterioros con el método ESBVT.....	73
4.2.3	Índices para calificar deterioros con el método VIZIR.....	74
4.2.4	Índices para calificar deterioros con el método ESBVT.....	74
4.2.5	Identificación de los deterioros con el método VIZIR.....	74
4.2.6	Identificación de los deterioros con el método ESBVT.....	76
4.3	Análisis del medio físico externo a la vía.....	79
4.4	Propuesta de corrección por factores de fragilidad del pavimento básico.....	83
4.4.1	Corrección por fragilidad (Cf).....	88
4.5	Cálculo del índice de deterioro superficial (Is) con el método ESBVT.....	91
4.5.1	Flujo grama para cálculo del Is con el método ESBVT.....	93

4.5.2	Diagrama de flujo para cálculo del Is con el método ESBVT.....	94
4.6	Procesamiento de datos y cálculo del Índice de Deterioro Superficial (Is).....	95
4.6.1	Análisis de los resultados con el método ESBVT.....	97
4.6.2	Análisis comparativo de resultados con métodos VIZIR y ESBVT.....	98
CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		103
5.1	Generalidades.....	103
5.2	Confiabilidad de resultados.....	103
5.2.1	Tamaño y espaciamiento de unidad de muestreo.....	104
5.2.2	Requisitos para obtener los índices.....	107
5.3	Análisis de resultados obtenidos y propuesta de método de evaluación.....	107
5.3.1	Comparación con el método PCI.....	109
5.4	Delimitación de unidades homogéneas por diferencias acumuladas.....	113
5.4.1	Diferencias acumuladas con método VIZIR.....	114
5.4.2	Diferencias acumuladas con método ESBVT.....	116
5.4.3	Diferencias acumuladas con método PCI.....	118
5.5	Catálogo de fallas en pavimentos básicos.....	120
5.5.1	Identificación de Fallas.....	124
5.6	Propuesta de técnicas para evaluación superficial de pavimentos.....	127
5.6.1	Planificación del trabajo de campo.....	128
5.6.2	Procedimiento para recolección de datos en el terreno.....	129
CONCLUSIONES.....		131
RECOMENDACIONES.....		133
BIBLIOGRAFÍA.....		134
ANEXOS		
Anexo 1: Calificación con el método ESBVT.....		136
Anexo 2: Catálogo de fallas de pavimentos básicos.....		152
LISTA DE TABLAS.....		ix
LISTA DE FIGURAS.....		x
LISTA DE FOTOS.....		xi

RESUMEN

El trabajo desarrollado, presenta una propuesta para la evaluación de la condición superficial de pavimentos, en carreteras de bajo volumen de tránsito, basado en una modificación del método VIZIR que no es muy difundido en nuestro medio, como ocurre en otros países de Europa, África, América Central y del Sur, donde sirvió de base para el establecimiento de normas nacionales.

Se presenta una alternativa para la evaluación de la condición superficial de pavimentos en carreteras de bajo volumen de tránsito, denominado ESBVT, en donde no se excluye ningún tipo de manifestación de deterioro del pavimento, considerando que son indicadores que presenta el pavimento y que deben usarse para tomar decisiones.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, como parte de su política de mantenimiento y conservación de la Red Vial Nacional, ejecuta trabajos de mejoramiento de las carreteras de bajo volumen de tránsito, en la cual sólo realiza el mejoramiento de la superficie de rodadura sin modificar la geometría vial, como es el caso de la carretera Cañete – Chupaca, que presenta un diseño geométrico que se ajusta a las condiciones geográficas del terreno.

Tomando como referencia esta carretera, donde las obras de estabilización de taludes inestables se hallan postergadas en el tiempo, hasta que se incremente el volumen de tránsito, razón por la cual en el método propuesto se incluye realizar una corrección por fragilidad del pavimento básico, considerando que el deterioro del pavimento está expuesto a factores influyentes, como la topografía, configuración de la sección de la vía, estabilidad de taludes, precipitación pluvial y clima.

Además se presenta un catálogo para la evaluación de pavimentos básicos en carreteras de bajo volumen de tránsito, usando fotos que manifiestan los diversos tipos de deterioros que caracterizan a este tipo de pavimento y permitirá formular estrategias de intervención objetivas y técnicamente sustentadas.

En las carreteras de bajo volumen de tránsito BVT, se carecen de métodos adecuados que permita orientar la evaluación y determinar las necesidades de mantenimiento y reparación en función de la condición del pavimento básico. Los métodos foráneos existentes deben ser innovados para su empleo e implementación de políticas de trabajo, en base a estudios de investigación que contribuyan al mantenimiento y uso de los recursos adecuadamente.

SUMMARY

The developed work, introduces a proposal for the evaluation of pavement surface condition, about road of low traffic volume, based on a modification of the method VIZIR which is not widespread in our country, as in other countries in Europe, Africa, Central and South America, which was the basis for the establishment of national standards.

We present an alternative for evaluating pavement surface condition on low volume roads traffic, called ESBVT., in such is no excluded any event of deterioration of pavements, considering that they are indicators that show the pavement to be used to make decisions.

The Ministry of Transport and Communications, as part of its policy of servicing and maintenance of the national highway network, run road improvement work of low traffic volume, in which only performs the improvement of the road surface without changing the geometry road, such as road Cañete - Chupaca, that represents a geometric design that fits to the geographical conditions of the terrain.

Drawing on this road, where the slope stabilization works are delayed unstable over time, up to increase the volume of traffic, which is why the proposed method includes a correction of pavement basic fragility, considering that the deterioration of the pavement is exposed to influential factors, such as topography, configuration of the road section, slope stability, precipitation and climate.

It also presents a catalog for basic pavement evaluation in low volume road traffic, using photos that show the different types of impairments that characterize this type of pavement and will allow intervention strategies and techniques supported objective.

In low-volume roads BVT traffic it lacks of suitable methods that allow guiding the evaluation and determine the need for maintenance and repair based on basic pavement condition. The existing foreign methods should be innovated for its use and implementation of labor policies, based on research studies that contribute to the maintenance and proper use of resources.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1	Calificación del pavimento método DNIT.....	7
Tabla 1.2	Calificación de la condición del pavimento PCI.....	8
Tabla 1.3	Algoritmo para elegir la estrategia de acción.....	11
Tabla 1.4	Relación del índice de estado con la categoría de acción.....	11
Tabla 1.5	Clasificación de la condición de un pavimento para carreteras Sealcoat.....	12
Tabla 1.6	Degradación del tipo A.....	15
Tabla 1.7	Degradación del tipo B.....	15
Tabla 1.8	Niveles de gravedad de los deterioros del tipo A.....	16
Tabla 1.9	Niveles de gravedad de los deterioros del tipo B.....	17
Tabla 1.10	Calificación del Estado de la Superficie del Pavimento-VIZIR.....	19
Tabla 2.1	Serie Histórica de los Estudios de Tráfico del 2,008 al 2,011.....	30
Tabla 2.2	Zonas de Características Homogéneas.....	31
Tabla 2.3	Cálculo de Deflexiones sobre T.S. Monocapa (izquierdo).....	32
Tabla 2.4	Cálculo de Deflexiones sobre T.S. Monocapa (Derecha).....	33
Tabla 2.5	Estudio de Suelos- Capacidad Portante CBR.....	38
Tabla 2.6	Estudio de Suelos- Clasificación SUCS y AASHTO.....	38
Tabla 3.1	Índice de Rugosidad con Bump Integrator.....	43
Tabla 3.2	Rangos de calificación del IRI en algunos países.....	43
Tabla 3.3	Rangos de calificación del IRI en tramo seleccionado.....	44
Tabla 3.4	Equivalencia entre Serviciabilidad y el IRI.....	46
Tabla 3.5	Escala de calificación de serviciabilidad según AASHO.....	47
Tabla 3.6	Equivalencia entre la Serviciabilidad y el IRI (Km 209+000 al Km 211+000)..	48
Tabla 3.7	Equivalencia entre la Serviciabilidad y el IRI (Km 211+000 al Km 212+000)..	49
Tabla 3.8	Clasificación de los deterioros relevantes en pavimentos básicos.....	51
Tabla 3.9	Inventario de Estado del Pavimento, Método DNIT.....	53
Tabla 3.10	Planilla de cálculo I.G.G. DNIT (Km 209+000 – Km 209+500).....	54
Tabla 3.11	Planilla de cálculo I.G.G. DNIT (Km 209+500 – Km 210+000).....	54
Tabla 3.12	Planilla de cálculo I.G.G. DNIT (Km 210+000 – Km 210+500).....	55
Tabla 3.13	Planilla de cálculo I.G.G. DNIT (Km 210+500 – Km 211+000).....	55
Tabla 3.14	Planilla de cálculo I.G.G. DNIT (Km 211+000 – Km 211+500).....	56
Tabla 3.15	Planilla de cálculo I.G.G. DNIT (Km 211+500 – Km 212+000).....	56
Tabla 3.16	Índice de Condición del Pavimento (Km 209+000 – Km 211+000).....	57
Tabla 3.17	Índice de Condición del Pavimento (Km 211+000 – Km 212+000).....	58
Tabla 3.18	Índice de Estado y Nivel de Servicio (Km 209+000 – Km 210+350).....	59
Tabla 3.19	Índice de Estado y Nivel de Servicio (Km 210+400 a Km 212+000).....	60
Tabla 3.20	Condición del Pavimento-PASER (Km 209+000 a Km 211+000).....	61
Tabla 3.21	Condición del Pavimento-PASER (Km 211+000 a Km 212+000).....	62
Tabla 3.22	Condición del Pavimento-VIZIR (Km 209+000 a Km 211+000).....	63
Tabla 3.23	Condición del Pavimento-VIZIR (Km 211+000 a Km 212+000).....	64
Tabla 3.24	Medidas de dispersión con método DNIT.....	66
Tabla 3.25	Medidas de dispersión con método PCI.....	67
Tabla 3.26	Medidas de dispersión con método PATTT – México.....	68
Tabla 3.27	Medidas de dispersión con método PASER.....	69
Tabla 3.28	Medidas de dispersión con método VIZIR.....	70
Tabla 4.1	Datos de cuantificación de fallas.....	75
Tabla 4.2	Cuantificación de fallas con método VIZIR.....	75

Tabla 4.3	Clasificación de los deterioros con el método ESBVT.....	76
Tabla 4.4	Cuantificación de los deterioros con el método ESBVT.....	77
Tabla 4.5	Factores de fragilidad del Pavimento Básico.....	87
Tabla 4.6	Escala de calificación.....	88
Tabla 4.7	Factor de corrección por fragilidad.....	89
Tabla 4.8	Calificación del estado de la superficie del pavimento-ESBVT.....	92
Tabla 4.9	Calculo del Is con método ESBVT.....	95
Tabla 4.10	Calificación con método ESBVT (Km 209+000 al Km 211+000).....	96
Tabla 4.11	Calificación con método ESBVT (Km 211+000 al Km 212+000).....	97
Tabla 4.12	Medidas de dispersión aplicando método ESBVT.....	98
Tabla 4.13	Calificación con método VIZIR y ESBVT (Km 209+000 al 211+000).....	99
Tabla 4.14	Calificación con método VIZIR y ESBVT (Km 211+000 al 212+000).....	100
Tabla 5.1	Errores sistemáticos.....	104
Tabla 5.2	Tamaño y espaciamiento muestral en tres métodos.....	105
Tabla 5.3	Comparación de medidas de dispersión en tres métodos.....	106
Tabla 5.4	Comparación de evaluaciones de la condición superficial del pavimento.....	107
Tabla 5.5	Calificación del PCI considerando tres condiciones.....	110
Tabla 5.6	Calificación con VIZIR, ESBVT y PCI (Km 209+000 al Km 211+000).....	111
Tabla 5.7	Calificación con VIZIR, ESBVT y PCI (Km 211+000 al Km 212+000).....	112
Tabla 5.8	Diferencias acumuladas con VIZIR (Del Km 209+000 al Km 211+000).....	114
Tabla 5.9	Diferencias acumuladas con VIZIR (Del Km 211+000 al Km 212+000).....	115
Tabla 5.10	Diferencias acumuladas con ESBVT (Del Km 209+000 al Km 211+000).....	116
Tabla 5.11	Diferencias acumuladas con ESBVT (Del Km 211+000 al Km 212+000).....	117
Tabla 5.12	Diferencias acumuladas con PCI (Del Km 209+000 al Km 211+000).....	118
Tabla 5.13	Diferencias acumuladas con PCI (Del Km 211+000 al Km 212+000).....	119
Tabla 5.14	Tramos homogéneos (Del Km 219+000 al Km 212+000).....	120
Tabla 5.15	Resumen de catálogo de fallas del pavimento básico – Deterioro de estructura	122
Tabla 5.16	Resumen de catálogo de fallas del pavimento básico – Deterioro de superficie	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Estructura del Pavimento Básico.....	2
Figura 1.2	Tipos de sección de vía.....	6
Figura 1.3	Flujo grama para determinar el Índice de Deterioro Superficial (Is).....	18
Figura 2.1	Esquema de la Metodología.....	25
Figura 2.2	Ubicación de la carretera Cañete-Dv. Yauyos-Ronchas.....	27
Figura 2.3	Perfil longitudinal de la Carretera.....	28
Figura 2.4	Tramificación con datos Deflectometricos.....	34
Figura 2.5	Tramificación de la carretera Pacarán – Roncha.....	34
Figura 2.6	Ubicación del tramo seleccionado como sección representativa.....	35
Figura 3.1	Diagrama de Evaluación de Pavimentos.....	42
Figura 3.2	Condición del pavimento en términos del IRI.....	44
Figura 3.3	Codificación y Clasificación de los deterioros – DNIT.....	52
Figura 3.4	Formato usado en el cálculo del PCI.....	58
Figura 3.5	Variación del Índice de Gravedad Global.....	66
Figura 3.6	Variación del PCI.....	67
Figura 3.7	Variación del Índice de Estado.....	68
Figura 3.8	Variación del Índice de Estado – PASER.....	69
Figura 3.9	Variación del Índice de deterioro – VIZIR.....	70
Figura 4.1	Diagrama de flujo de primera calificación con método VIZIR.....	72

Figura 4.2	Diagrama de flujo de primera calificación con método ESBVT.....	73
Figura 4.3	Frecuencia del tipo de deterioro método VIZIR.....	76
Figura 4.4	Frecuencia del tipo de deterioro con método ESBVT.....	77
Figura 4.5	Comparación por tipo de deterioro con el método ESBVT.....	78
Figura 4.6	Diagrama de flujo para el cálculo del Is con método ESBVT.....	92
Figura 4.7	Flujograma para el cálculo del Is con el método ESBVT.....	93
Figura 4.8	Diagrama de flujo del método ESBVT.....	94
Figura 4.9	Variación del índice de deterioro con el método ESBVT.....	97
Figura 4.10	Comparación de índices de deterioros entre métodos VIZIR y ESBVT.....	100
Figura 4.11	Deterioros de Estructura y de Superficie según la severidad.....	101
Figura 4.12	Comparación de las severidades en cada tipo de los deterioros.....	102
Figura 5.1	Comparación de los métodos PCI, VIZIR y ESBVT.....	110
Figura 5.2	Comparación de modelos de regresión entre PCI, VIZIR y ESBVT.....	112
Figura 5.3	Sectorización de unidades homogéneas – VIZIR.....	115
Figura 5.4	Sectorización de unidades homogéneas – ESBVT.....	117
Figura 5.5	Sectorización de unidades homogéneas – PCI.....	119
Figura 5.6	Catálogo de fallas en pavimentos básicos.....	121
Figura 5.7	Relación de actividades de Mantenimiento y Rehabilitación.....	126
Figura 5.8	Diagrama de flujo de procedimiento de evaluación.....	127
Figura 5.9	Planificación del trabajo de campo.....	128
Figura 5.10	Planilla de recolección de datos de campo.....	130

LISTA DE FOTOS

Foto 2.1	Tratamiento superficial sobre base estabilizada con monocapa.....	36
Foto 2.2	Socavación en cuneta sin revestir que reduce la sección de la vía.....	37
Foto 4.1	Taludes inestables en diversas progresivas.....	80
Foto 4.2	Derrumbes de taludes inestables en diversas progresivas.....	81
Foto 4.3	Talud con riesgo bajo ubicado en el Km 218+000.....	85
Foto 4.4	Talud con riesgo moderado ubicado en el Km 209+000.....	85
Foto 4.5	Talud con riesgo alto ubicado en el Km 81+640.....	86
Foto 4.6	Tramo seleccionado para aplicación del método ESBVT.....	90
Foto 4.7	Tramo ubicado en la progresiva Km131+000.....	91
Foto 5.1	Parqueo y zanjas reparadas (Km 209+865).....	124
Foto 5.2	Ahuellamiento y zanjas reparadas.....	125
Foto 5.3	Falla tipo “piel de cocodrilo”.....	125

INTRODUCCIÓN

El alcance del trabajo realizado, propone una alternativa para la evaluación de la condición superficial de pavimentos básicos en carreteras de bajo volumen de tránsito, basándose en una modificación del método VIZIR, se realiza una propuesta denominada “Evaluación de la condición superficial de pavimentos en carreteras de bajo volumen de tránsito” ESBVT y con la finalidad de analizar los alcances del método propuesto se aplica a un tramo de la carretera Cañete-Chupaca, desde las progresivas Km 209+000 al Km 212+000.

Además se aplican otros métodos de evaluación para realizar el análisis comparativo y de aplicabilidad de la propuesta, como herramienta de gestión para análisis de datos y definición de estrategias de conservación de los pavimentos.

Los temas desarrollados se resumen en cinco capítulos que se presenta a continuación:

En el capítulo I, se define los pavimentos básicos, la evaluación de pavimentos, los alcances de diversos métodos de evaluación de la condición superficial de pavimentos flexibles.

En el capítulo II, se presenta las características de la zona de aplicación de los diversos métodos de evaluación de la condición del pavimento, se elige una sección representativa, donde se manifiesten los diversos tipos de deterioros de las carreteras de bajo volumen de tránsito.

En el capítulo III, abarca sobre la evaluación del estado de la vía, identifica los deterioros relevantes del pavimento básico y en el tramo seleccionado de la carretera Cañete-Chupaca, se aplica los diversos métodos de evaluación de la condición superficial del pavimento, además se analiza las evaluaciones realizadas con diversos métodos utilizando el diagrama de caja o Box - Plot.

En el capítulo IV, se realiza la propuesta del método de evaluación visual denominado ESBVT, se hace un análisis comparativo con el método VIZIR, se dan alcances para la evaluación con el método propuesto y se ilustra con un diagrama de flujo sobre el procedimiento a seguir para obtener el índice de deterioro superficial considerando un factor de fragilidad del pavimento.

En el capítulo V, se analiza los resultados obtenidos con todos los métodos de evaluación de la condición superficial del pavimento y además se presenta un catálogo de fallas en pavimentos básicos.

Con el método propuesto se encontraron resultados congruentes con otros métodos, además de ser un método sencillo y objetivo, permite detectar y priorizar las necesidades de conservación de carreteras, por lo que se garantiza usar como herramienta de gestión, en estrategias de mantenimiento y conservación de pavimentos básicos aplicado a las carreteras de bajo volumen de tránsito.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Generalidades

Los factores que tiene gran influencia en el estado de la infraestructura vial, son las fallas o deterioros superficiales del pavimento. Dichos factores influyen en la vida útil del pavimento así como, en el servicio que prestan al público, es importante realizar la evaluación en los pavimentos básicos, donde se observa que el proceso de deterioro se inicia inmediatamente después de la construcción. Las causas son las sollicitaciones externas producidas por el tráfico y los agentes climáticos. Sin embargo, la tasa y tipo de deterioro depende de la intensidad en que se manifiestan éstas sollicitaciones además de otros factores que actúan con diversas combinaciones, el deterioro depende también del diseño original, de los materiales y especificaciones técnicas, del proceso constructivo y del control del proceso.

En consecuencia el deterioro del pavimento es un proceso progresivo, por lo cual es necesario realizar una gestión de mantenimiento en base a acciones de conservación o rehabilitación; dependiendo si las fallas están afectando la condición funcional o estructural del pavimento.

Existe una variedad de técnicas de conservación para prevenir o restaurar el deterioro funcional de un pavimento, sin embargo para el tipo de pavimentos básicos, con bajo volumen de tránsito no está definido en la norma peruana.

1.2 Pavimentos básicos

Los pavimentos básicos es un concepto intermedio entre las carreteras no pavimentadas y las pavimentadas. Básicamente son vías de bajo volumen de tránsito con pavimentos flexibles. El diseño geométrico se ajusta a las condiciones geográficas del terreno. Además la estructura del pavimento está constituida por el mismo terreno de fundación o el reemplazo de éstos por afirmados estabilizados como suelo cemento, suelo cal o emulsión asfáltica. Adicionalmente, con la finalidad de preservar las características, se utilizan capas sellantes que impermeabilicen y brinden una superficie de deslizamiento adecuada como los tratamientos superficiales.

La figura 1.1 muestra la estructura del pavimento básico usado en carretas de bajo volumen de tránsito y por lo general el material granular que se indica está constituida por el mismo terreno.

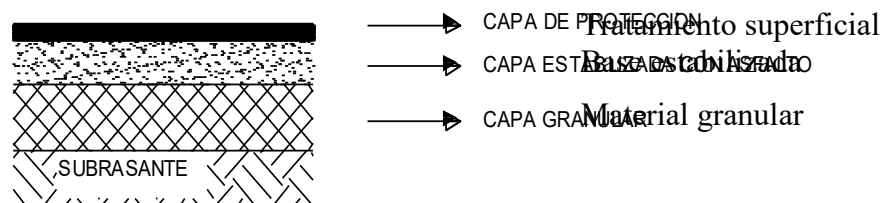


Figura 1.1. Estructura del Pavimento Básico (Fuente: elaboración propia)

CARPETA ASFALTICA

CAPAS GRANULARES

SUBRASANTE

A continuación se presenta definiciones relacionadas a los componentes del pavimento básico:

1.2.1 Tratamiento superficial

Es una técnica de pavimentación cuyo objetivo es dotar a las carreteras de ciertas características superficiales (textura, impermeabilidad, etc.) sin el aumento directo y apreciable de la capacidad resistente. Básicamente brinda una cubierta impermeable a la superficie existente de la vía y resistencia a la acción abrasiva del tránsito.

Los tratamientos superficiales cumplen funciones como¹:

1. Proveer una superficie económica y duradera para caminos con bases granulares que tienen tránsitos ligeros y de mediano volumen.
2. Prevenir la penetración superficial de agua en bases granulares y pavimentos viejos que han comenzado a desintegrarse con el tiempo.
3. Proporcionar una capa de rodadura de pequeño espesor, como alta resistencia al desgaste, evitando la emisión de polvo.
4. Proporcionar un revestimiento antideslizante, evitando la pérdida de material grueso y formación de baches

1.2.2 Tipos de tratamientos superficiales

Un tipo de tratamiento superficial consiste en riegos con ligantes bituminosos y aplicaciones de gravillas; otro tipo es el formado por los morteros bituminosos (Slurry Seal). También existen otras técnicas que consisten sólo en un riego con ligante sin aplicación de gravilla².

1.2.3 Carretera Pavimentada

Las carretera pavimentada, tiene una estructura de pavimento, flexible o rígido, para la circulación vehicular.

La estructura está constituida por una o varias capas de materiales seleccionados, capaz de resistir las cargas impuestas por el tránsito y la acción del medio ambiente, transmitiendo al suelo de apoyo, esfuerzos y deformaciones tolerables por éste.

1.2.4 Carretera No Pavimentada

Los caminos no pavimentados son aquellos que están constituidos por el mismo terreno de fundación y no tienen revestimientos o tratamiento superficial. En su mayoría las características geométricas de un camino no pavimentado en el Perú, no obedecen a ninguna norma geométrica de proyecto, estos caminos simplemente acompañan la topografía natural del terreno.

¹ Cfr.: Bañón B., Manual de Carreteras Vol.2

² Cfr.:Kraemer, Carlos, Ing. De Carreteras Vol. II

1.2.5 Pavimento de bajo costo

Son estructuras con soluciones de pavimentación a corto o mediano plazo (1 a 5 años). Estos pavimentos tienen como objetivo principal resolver problemas funcionales de caminos no pavimentados de muy bajo estándar. Generalmente, para estos tipos de caminos se proponen soluciones relativamente económicas en comparación de caminos que soportan mayores volúmenes de tránsito. Es común observar que para este tipo de caminos la economía se traduce en una reducción de estándares en general, así como la utilización de soluciones de pavimentación con limitado respaldo de estudios de ingeniería.

Por otra parte, el diseño geométrico de estos caminos tiende a ajustarse a las condiciones geográficas del terreno, limitando el diseño de anchos de calzada, trazado en planta, trazado en elevación y la sección transversal.

Los caminos de bajo costo también se le consideran como caminos económicos, de bajo volumen de tránsito (BVT) o de baja intensidad de tránsito. Independiente de la denominación utilizada los caminos pueden ser:

- Caminos de relativo bajo volumen de tránsito pero pueden llevar un porcentaje de tránsito pesado de 20% a 30%.
- Pueden ser caminos estabilizados con material seleccionado sin o con superficie de rodadura pavimentada.
- Pueden ser caminos rurales, comunales como también vías principales a los cuales, por su baja demanda de tránsito, se busca una solución de estructura de pavimento más económico.

1.3 Evaluación de Pavimentos

La evaluación de un pavimento, corresponde a la acción de calificar y cuantificar las condiciones de fallas de la vía, con la finalidad de obtener información a fin de plantear soluciones a los deterioros encontrados.

Se considera que la evaluación es una actividad que mediante procedimientos normados de medidas y observaciones, permite inferir condiciones funcionales y estructurales de los pavimentos.

La observación del deterioro de un camino y su calificación, desde el punto de vista de su estado o condición, permite generalizar en forma estimada el estado del camino a lo largo de su vida útil o período de servicio. El camino diseñado, construido y mantenido adecuadamente, considera que el pavimento se deteriora desde su puesta en servicio y hasta alcanzar un nivel de inaceptabilidad. Este proceso es relativamente lento en un principio y mucho más rápido hacia el final, acelerándose significativamente su deterioro de manera progresiva, definiéndose como característica “exponencial” del deterioro de los pavimentos, un concepto de suma importancia es el momento oportuno para rehabilitar el camino, debido a las implicancias económicas que representa el beneficio del usuario y la rentabilidad socioeconómica de la inversión realizada.

El estado o condición del camino a lo largo del tiempo depende de las estrategias seleccionadas, tales como tipo y oportunidad de aplicación de las actividades de

mantenimiento y rehabilitación, así como los costos en que incurrirán los usuarios de la vía.

Es importante obtener información oportuna, para la toma de decisiones de actividades de mantenimiento y rehabilitación. Para analizar las consecuencias de las decisiones tomadas resulta necesario conocer, el volumen de tráfico, clasificación y cargas de los vehículos, datos climáticos, infraestructura física, materiales componentes, espesores de las capas, estado superficial actual de la vía, estado funcional y estructural, curvas de deterioro para estimar el comportamiento futuro, el clima, y los costos unitarios asociados al usuario y al mantenimiento. Además de los costos de operación de vehículos según la condición del camino y la velocidad, costos de las diferentes operaciones de mantenimiento y de las obras de rehabilitación, poniendo de manifiesto la necesidad de disponer de un inventario detallado de la infraestructura.

1.3.1 Condición del Pavimento

Representa el nivel de degradación como resultado del proceso de deterioro. La determinación de la condición del pavimento depende de los defectos de la superficie, las deformaciones permanentes, la irregularidad longitudinal, deflexión recuperable, capacidad estructural del pavimento, las solicitaciones de tráfico y la adherencia entre la rueda y el pavimento, las evaluaciones requeridas se resumen como: Superficial, Estructural, Funcional, Adherencia, Solicitaciones de tráfico, Global de informaciones.

1.4 Métodos de Evaluación Superficial

Existen varios métodos para efectuar la evaluación de la condición o estado de la superficie del pavimento. Todos los métodos se realizan por contrastación con catálogos propuestos por diferentes instituciones internacionales. Desde el año 90 se ha aplicado métodos en la cual se pueden efectuar evaluaciones con resultados tanto cualitativo como cuantitativo.

La evaluación de la superficie de los pavimentos es un proceso que determina condiciones funcionales y estructurales de los pavimentos. Las metodologías para ejecutar levantamientos de este tipo tienen como base las mediciones o verificación de la presencia de defectos, que aparecen en la superficie de los pavimentos. Las causas de los defectos son provenientes de una serie de factores como tráfico, clima, procesos constructivos, características de los materiales, que actúan estos factores separados o en conjunto.

El objetivo de la evaluación estructural es evaluar la capacidad de respuesta del paquete estructural frente a las solicitaciones impuestas por el tránsito y el clima. El objetivo de la evaluación funcional es evaluar el grado en que el pavimento satisface los requisitos desde el punto de vista del confort y seguridad de circulación del usuario.

Para el caso de los caminos de bajo volumen de tránsito, la presencia de los tratamientos superficiales influye principalmente en conservar las características funcionales del afirmado estabilizado. A través de la prevención de los defectos de superficie predominantes en una vía sin superficie de rodadura asfáltica, se busca realizar una evaluación de los defectos de la superficie de rodadura (tratamientos

superficiales), dejando para una posterior investigación la evaluación estructural y la evaluación funcional del pavimento.

El momento en el cual se puede optimizar la inversión económica en trabajos de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos, incrementando considerablemente su vida útil, es el objetivo primordial de la evaluación de todo pavimento en servicio.

Existen varios métodos de evaluación superficial del pavimento que se indican a continuación:

1.4.1 Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes (DNIT).

Mediante la norma DNIT 006/2003-PRO, se fija procedimientos y condiciones para la evaluación objetiva de las superficies de pavimentos flexibles y semi- rígida, mediante un conteo y clasificación de ocurrencias aparentes y de su medida de las deformaciones permanentes sobre la huella de rodamiento.

- a) Condiciones de Aplicación: Determinar un parámetro de condición de superficie, del pavimento, para el juzgamiento de la necesidad de proseguir con la evaluación estructural.
- b) Preparación: Regla de aluminio de 1.20 m para determinar la profundidad de las huellas de rodamiento en milímetros. La deformación permanente formado por las huellas internas de la rueda (TRI) y externa (TRE), corresponden a un punto de máxima depresión medida en el centro de la regla.
- c) Estaciones a ser inventariadas: En las carreteras de dos carriles cada 20 m, alternados entre fajas. La superficie de evaluación estará delimitada por los bordes de las fajas de tráfico y por dos secciones transversales situadas respectivamente, a 3.00 m antes y 3.00 m después de la estación considerada, totalizando 6.00 m por el ancho del carril a ser evaluada.
- d) Inventarios de ocurrencias en cada estación: En cada estación se debe anotar la medida del hundimiento de la huella de la rueda interna y externa, anotando la mayor profundidad obtenida.

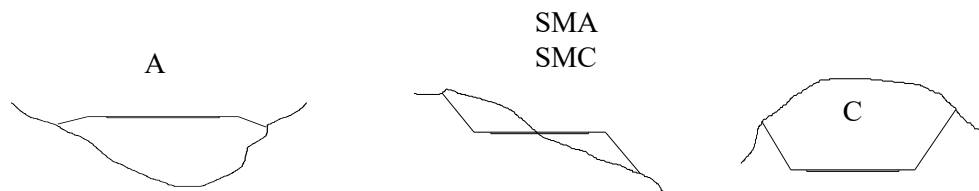
En cada área demarcada debe ser anotada a presencia de cualquier ocurrencia (defecto) sobre el pavimento, de acuerdo con la Norma DNIT 005/2003-TER.

A continuación se ilustra algunas designaciones en el formato usado:

Estacas enumeradas secuencialmente a cada 20 metros.

Faja: D: Derecha

E: Izquierda



Tipo de sección del terraplén: A (terraplén), SMA (sección mixta, lado de terraplén), SMC (sección mixta, lado de corte), C (corte).

Figura 1.2 Tipos de sección de vía (Fuente: DNIT 006/2003-PRO)

- e) Cálculos: Los defectos están agrupados en 8 tipos además de las medidas de las huellas de las ruedas
- Tipo 1: Fisuras o grietas aisladas
 - Tipo 2: Fisuras interligadas tipo “piel de cocodrilo” en bloque
 - Tipo 3: Fisuras interligadas tipo “piel de cocodrilo” en bloque con erosión
 - Tipo 4: Hundimientos plásticos.
 - Tipo 5: Ondulaciones o corrugaciones
 - Tipo 6: Exudaciones
 - Tipo 7: Desgaste
 - Tipo 8: Parches

Luego se calculan las frecuencias absolutas y relativas, la frecuencia absoluta (fa) corresponde al número de veces que el defecto o tipo de defecto fue verificado. La frecuencia relativa (fr) es obtenida a través de la fórmula:

$Fr = fax100/n$, Donde “n” es el número de estaciones inventariadas.

- f) Índice de gravedad individual: El cálculo del IGI se determina con la fórmula:

$$IGI = fr \times fp$$

Dónde:

fr = Frecuencia relativa

fp= Factor de ponderación varía de 0.2 a 1 de acuerdo al tipo de ocurrencia y a la codificación de la ocurrencia según la norma DNIT 005/2002-TER-

El índice de gravedad global (IGG) se obtiene con la fórmula:

$$IGG = \sum IGI$$

El índice de gravedad global debe ser calculado para cada trecho homogéneo

- g) Conceptos de degradación: En la tabla 1.1 se presenta las calificaciones del pavimento en función del IGG.

Tabla 1.1 Calificación del pavimento método DNIT

CONCEPTOS	LIMITES
Optimo	$0 < IGG \leq 20$
Bueno	$20 < IGG \leq 40$
Regular	$40 < IGG \leq 80$
Malo	$80 < IGG \leq 160$
Pésimo	$IGG > 160$

Fuente: Norma DNIT 006/2003-PRO

1.4.2 Índice de Condición del Pavimento (PCI)

El PCI es un indicador numérico que valora la condición superficial del pavimento y proporciona una medida de la condición presente del pavimento basada en las fallas observadas en su superficie. El PCI también indica la integridad estructural y condición operacional de la superficie como rugosidad localizada y seguridad. No puede medir la capacidad estructural ni la medida directa de la resistencia al deslizamiento o rugosidad. Proporciona una base objetiva y racional para determinar la necesidad de conservación y reparación y sus prioridades. El monitoreo continuo del PCI es usado para establecer la tasa de deterioro del pavimento, que permite una identificación prematura sobre la necesidad de una rehabilitación mayor. El PCI brinda información sobre el comportamiento del pavimento para su validación o mejoramiento del diseño existente y procedimientos de conservación³.

Este método fue elaborado por el cuerpo de ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. Inicialmente fue desarrollado para pavimentos de aeropuertos y posteriormente, ampliado para vías, calles y estacionamientos de pavimentos asfálticos y de concreto de cemento Portland (simples y armados). La evaluación de la superficie puede ser realizada en forma continua o por toma de muestras, de igual manera que en el levantamiento continuo. El tramo debe ser dividido en segmentos denominados áreas de unidad de muestreo que varía de 135m² a 315 m². Cada segmento es inventariado identificando y registrando manualmente en una planilla, los tipos, las cantidades y severidades de cada defecto encontrado.

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados, ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad que tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. Véase la Tabla 1.2

Tabla 1.2 Calificación de la condición del pavimento PCI

RANGO CLASIFICACIÓN	
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Procedimiento estándar PCI según ASTM D 6433-03

³ Cfr.:ASTM D 6433-03

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

Los tipos de deterioros, que considera el método del PCI, se indican en la relación siguiente:

1. Piel de cocodrilo.
2. Exudación.
3. Agrietamiento en bloque.
4. Abultamientos y hundimientos.
5. Corrugación.
6. Depresión.
7. Grieta de borde
8. Grieta de reflexión de junta.
9. Desnivel carril / berma.
10. Grietas Longitudinal y transversal.
11. Parcheo.
12. Pulimento de agregados.
13. Huecos
14. Cruce de vía férrea o ingreso y salida de puente
15. Ahuellamiento.
16. Desplazamiento o Deformación por empuje
17. Grieta parabólica o Deslizamiento
18. Hinchamiento.
19. Desprendimiento de agregados.

La escala del PCI brinda un índice para predecir la condición en el futuro, medir el impacto de distintos procedimientos de mantenimiento, y determinar las necesidades de rehabilitación y mantenimiento.

Cuando existen distintas combinaciones de tipos de defectos y severidades, se encuentra que los valores de deducción pueden sumarse directamente ya que a medida de que existen más tipos de defectos y severidades en la unidad a inspeccionar, el PCI disminuye lentamente. Por ello se desarrollaron curvas de corrección para el caso de que existieran múltiples defectos o severidades. Dichas curvas se basaron nuevamente en una comparación entre el PCI calculado y la calificación subjetiva de un grupo de ingenieros expertos en pavimentos que calificaron pavimentos con múltiples defectos y severidades.

1.4.3 Programa de asistencia técnica en transporte urbano-México.

Para caracterizar el estado de los pavimentos, el método considera los siguientes parámetros como los más significativos en el desempeño de los pavimentos y, constituye la generación de actividades de mantenimiento/rehabilitación, en el corto y mediano plazo:

- D1 - Roturas o baches descubiertos
- D2 - Fisuras en bloques o “piel de cocodrilo”
- D3 - Otras fisuras
- D4 - Defectos de superficie
- D5 - Comodidad de manejo.

Estos parámetros constituyen indicadores de daño, que permiten caracterizar el estado de una sección de pavimento desde dos enfoques distintos:

- La integridad de la estructura del pavimento, mediante la caracterización de la severidad y extensión de las fallas estructurales más significativas visibles en su superficie.
- La condición funcional de su superficie en relación a la aceptación de los usuarios, mediante la caracterización de la comodidad de manejo.

El procedimiento para hallar el índice de estado se basa en el criterio de valores deducibles en el que se asignan puntos a deducir de un valor ideal o perfecto, según el tipo y magnitud de los daños.

La fórmula para el cálculo del índice de Estado es la siguiente:

$$IE = 100 - fa * \sum_{i=1}^r d(i,e)$$

Dónde:

IE = Índice de Estado, variable de 0 a 100

fa = Factor de ajuste, función del número de daños considerados en la sección (r) y la sumatoria de los puntos a deducir ($\sum d(i,e)$), este factor tiene en cuenta el efecto no totalmente aditivo de la combinación de daños, variando entre 0.5 y 1 según la intensidad con que se presentan las zonas deterioradas en la superficie de rodamiento: generalizadas (>30% long), seis zonas aisladas amplias, tres zonas aisladas pequeñas, etc. (Nota: El Instituto de Asfalto en las Series de Manuales, MS-4, Edic. 1989, considera fa=1).

r = Números de daños observados en la sección, variable de 0 a 5

d = Puntos a deducir, función del tipo de daño (Di) y el nivel de extensión asignado al mismo (valor asignado a Di).

El algoritmo desarrollado (Tabla 1.3), para la selección de la estrategia o programa de acción, lo realizaron combinando los indicadores de deterioro D1 a D5 y el Índice de Estado.

En la tabla 1.4 se da la relación entre el índice de estado con la categoría de acción. Esta clasificación es la base para establecer necesidades de mantenimiento y rehabilitación del pavimento.

Tabla 1.3. Algoritmo para elegir la estrategia de acción.

INDICE ESTADO	NIVEL DE SERVICIO	COSTOS DE LOS USUARIOS	DESCRIPCIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
100-90-	Muy bueno	Costos de operación de referencia (100%).	Pavimento en condición muy buena; circulación muy confortable, superficie uniforme. No se observa daños o eventualmente estos son ocasionales y poco significativos.
80-70-60-	Bueno a Regular	Ligero incremento, costos de operación 105 a 120%.	Pavimento en condición buena a regular, circulación confortable. Se observa fallas incipientes aunque de tipo localizado. □
□50-40-	Regular a Malo	Significativo incremento de costos de operación 120 a 150%	Pavimento en condición regular, circulación poco confortable. Daños manifiestos y frecuentes. El pavimento se aproxima al fin de su vida útil, requiere una inspección detallada.
30-	Malo a Muy mala	Altos costos de operación 130 a 150%.	Pavimento en condición deficiente, circulación no confortable. Daños en proceso de generalización. El pavimento está alcanzando su vida útil.
20-10-	Muy mala a Pésimo	Muy altos costos de operación 145 a 170%.	Condición deficiente; circulación pésima. Daños completamente generalizados e irreversibles.

Fuente: Manual de Inventario del estado funcional de Pavimentos-México⁴

Tabla 1.4. Relación del índice de estado con la categoría de acción

RANGO DE INDICE ESTADO	CATEGORIA DE ACCION	DESCRIPCION*
100 a 85	A Mantenimiento mínimo	Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo preventivo.
85 a 60	B Mantenimiento Correctivo	Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo.
60 a 40	C Mantenimiento Intensivo	Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo. Comprende tres tipos de acción: (1) Condición dudosa mantenimiento correctivo mayor (2) Sellado de superficie. (3) Recapado delgado.
40 a 25	D Rehabilitación Refuerzo Estructural	Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles.
□ < 25	Rehabilitación Reconstrucción	Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generalizadas, que requieren una rehabilitación mayor probablemente con alto porcentaje de reconstrucción, en el corto plazo.

⁴ Cfr.: Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano -México

Fuente: Manual de Inventario del estado funcional de Pavimentos-México

1.4.4 Evaluación Superficial y Rango de Pavimento (PASER)

El método Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER), desarrollado en el Centro de Información del Transporte de la Universidad de Wisconsin, presenta un catálogo de fallas basado en una escala gráfica con categorías que varían de 1 a 10, donde 10 corresponde a las mejores condiciones de calidad. No considera escalas intermedias que permita mayor sensibilidad para calificar la superficie dañada. La evaluación responde a los estándares con los que han sido diseñados los otros métodos.

Tabla 1.5. Clasificación de la condición de un pavimento para carreteras Sealcoat – Traducido

<i>Edad de la Superficie</i>	<i>Fallas Visibles</i>	<i>Estado general, drenaje y mejoras</i>	<i>Clasificación de la Superficie</i>
1 año	No hay peligro. Excelente superficie	Estado nuevo de la superficie. Excelente drenaje. No requiere mantenimiento	5 EXCELENTE
2 - 4 años	Poca superficie de desgaste del tráfico. Leve pérdida de la totalidad de la superficie	Excelente o buen drenaje. Poco o ningún mantenimiento	4 BUENO
3 - 5 años	Moderado desgaste de la superficie y ligera aparición de grietas. Ocasionales parches y/o pérdidas de las principales capas del sellado	Bueno o regular drenaje. Puede ser necesario in situ mejoras de drenaje y parches. Es recomendado mantenimiento preventivo	3 REGULAR
Más de 5 años de edad	Se aprecian las grietas de borde y parches. Aparición de baches y pérdidas significativas de la superficie. Aparición de grietas tipo cocodrilo	Mal drenaje. Aplicación de parches y mejoras necesarias. Es recomendable nueva superficie de sellado	2 POBRE
Más de 5 años de edad	Gran pérdida de superficie del borde sealcoat, agrietamiento severo y/o grietas de cocodrilo, parches en mal estado	Mal drenaje extensa base de las necesidades de mejora de un nuevo doble sealcoat no mal drenaje extensa base de las necesidades de mejora de un nuevo doble	1 FALLADO

Fuente: Wisconsin Transportation Information Center. Manual PASER, Sealcoat Roads. Edit. WisDOT. Wisconsin, 2001.

El Centro de Información de Transporte de la Universidad de Wisconsin - Madison, ha desarrollado publicaciones que muestran fotografías representativas del estado del pavimento que corresponden con las calificaciones PASER para ayudar a aquellos que realizan estudios de campo. Cabe señalar que la calificación PASER, refleja las

condiciones de la superficie del pavimento, y no la condición estructural del pavimento, o de la vida de la superficie del pavimento restante.

La metodología que utiliza PASER es aplicable para varios tipos de pavimento como también a sus obras de arte, según los diferentes manuales de la aplicación Paser con sus respectivas guías de evaluación.

Se selecciona para la evaluación el manual del SEALCOAT que evalúa pavimentos tratados con sellos superficiales.

En el sistema de evaluación superficial con el manual PASER, la condición del pavimento se evalúa visualmente, no cuantifica los deterioros encontrados ni proporciona valor deductivo alguno para indicar la calificación de la condición del pavimento, simplemente sobre la base de criterios de ingeniería, y experiencias se puede indicar una calificación según su catálogo de fallas.

El método no considera escalas intermedias que permitan mayor sensibilidad para calificar la superficie dañada.

1.4.5 Inspección Visual de Daños en Carreteras (VIZIR)

El método “Visión Inspection de Zones et Itinéraires Á Risque” (VIZIR) fue desarrollado en Francia a partir de los años 60 para los pavimentos flexibles, además fue publicado por el laboratorio central de puentes y carreteras “Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC)”, esta metodología se experimentó por primera vez en los continentes asiático y africano, la cual es muy conocida en otros países; sin embargo en nuestro medio no está muy difundido.

El algoritmo VIZIR para la cuantificación y la calificación de los daños, a partir de las inspecciones visuales, permite calificar la condición del pavimento mediante el índice global de degradación que está directamente vinculado a la tarea de mantenimiento de realizar.

El objetivo fue desarrollar un índice de deterioro superficial (Is) para carreteras, para establecer un juicio apropiado sobre la condición del pavimento.

La aplicación del método VIZIR no es sólo en Francia, sino también en Europa, África, América del Sur y Central como Argentina, Brasil, Colombia y Costa Rica, donde sirvió de base al establecimiento de las normas nacionales. Esta metodología se utiliza en por lo menos 20 países del mundo.

Características del método VIZIR

La metodología clasifica y la cuantifica los deterioros de los pavimentos flexibles en carreteras, considera dos categorías de deterioros: los deterioros del Tipo “A”, que caracterizan la condición estructural del pavimento y los deterioros del Tipo “B”, en su mayoría de tipo funcional.

El método inicia inventariando los defectos, haciendo referencia a su extensión y a su severidad. Para el registro de los deterioros se sugiere realizar los recorridos, en

vehículo a baja velocidad, del orden de 30 km/hora cada uno, en las dos direcciones, con el objeto de tener un detalle aproximado y confiable de las condiciones de la vía. En este tipo de levantamiento, la severidad del defecto tiene escasa participación y es sobre todo su extensión la que se tiene en cuenta. La regla consiste en determinar la longitud del pavimento que presenta un defecto del tipo dado y hallar la extensión de esta misma longitud considerando otras clases: menos de 10% de 10 a 50 %, más de 50% de la superficie. Para esto el pavimento se divide en tres partes: lado derecho, lado izquierdo y parte central.

El examen visual de los pavimentos, de acuerdo con el método VIZIR, debe ser efectuado de manera continua, para fines de mantenimiento preventivo de pavimentos. El defecto es un elemento esencial del diagnóstico y el costo del examen visual es relativamente bajo.

El método usado proporciona una imagen del estado de la superficie del pavimento en un instante dado y la identificación de zonas de igual calidad clasificada en tres niveles de defectos. Estas zonas de igual calidad, los tres niveles de defectos son utilizados para determinar la naturaleza y los tipos de trabajos requeridos.

Identificación de los deterioros con el método VIZIR

El uso de este método es muy importante para identificar las fallas presentes en un pavimento, para analizar su severidad y posibles formas de corregirlas, razón por la cual se han creado los sistemas auscultación, que permiten a través de un muestreo, reconocer las fallas existentes y con ello caracterizar el tramo estudiado.

Dentro de los métodos de auscultación, los más usados son los métodos visuales, que consisten en una visita a terreno por parte de personal capacitado que desarrolla una metodología específica para hacer el estudio.

Tipos de fallas: Existen muchos tipos de deterioros en los pavimentos básicos y diferentes niveles de gravedad para cada tipo. Estos deterioros se deben identificar considerando tres factores: tipo, gravedad y extensión.

- a) **Tipo.** Los deterioros se agrupan esencialmente en categorías, de acuerdo con los mecanismos que los originan. Como un primer paso, se pueden clasificar de acuerdo con su causa primaria posible, sea ésta la acción del tránsito, sea la acción climática, sean los materiales o el proceso de construcción. El método VIZIR clasifica el deterioro del pavimento en dos grandes grupos: Degradaciones Tipo A y B

Degradación tipo A

Son las fallas que caracterizan una deficiencia estructural del pavimento, ligadas a las condiciones de las diversas capas y el suelo de subrasante, o simplemente a las capas asfálticas, entre ellas se encuentran deformaciones y fisuración por fatiga.

Tabla 1.6. Degradación del tipo A

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Ahuellamiento	AH	m
Depresiones o hundimientos longitudinales	DL	m
Depresiones o hundimientos transversales	DT	m
Fisuras longitudinales por fatiga	FLF	m
Fisuras piel de cocodrilo	FPC	m
Bacheos y zanjas reparadas	BZR	m

(Fuente: Adaptación de Manual INVIAS)

Degradación tipo B

Son de carácter funcional, y por tanto su reparación no está relacionada con la capacidad estructural del pavimento. El origen de este último tipo de degradaciones está vinculado a la mala calidad de algunos procedimientos constructivos y las condiciones locales de servicio, así como a la evolución misma de los materiales.

Tabla 1.7. Degradación del tipo B




NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Fisura longitudinal de junta de construcción	FLJ	m
Fisura transversal de junta de construcción	FTJ	m
Fisuras de contracción térmica	FCT	m
Fisuras parabólicas	FP	m
Fisura de borde	FB	m
Huecos	H	und
Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de la mezcla	DM	m
Pérdida de la película de ligante	PL	m
Pérdida de agregados	PA	m
Descascaramiento	D	m ²
Pulimento de agregados	PU	m
Exudación	EX	m
Afloramiento de mortero	AM	m
Afloramiento de agua	AA	m
Desintegración de los bordes del pavimento	DB	m
Escalonamiento entre calzada y berma	ECB	m
Erosión de las bermas	EB	m
Segregación	S	m

(Fuente: Adaptación de Manual INVIAS)

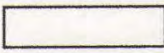


Se indica como fuente: Adaptación del Manual INVIAS debido a que algunas denominaciones de los deterioros fueron reemplazados por la terminología usada en el método CONREVIAl, además se modificaron algunos códigos (abreviatura) que identifican a cada uno de ellos según las denominaciones reemplazadas.

- b) **Gravedad.** Representa el nivel de severidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el deterioro, más importantes deberán ser las medidas para su corrección.
- c) **Extensión.** Se refiere a la proporción del tramo evaluado que es afectada por un determinado tipo de deterioro. Esta proporción puede estar referida a longitud o área, dependiendo de la metodología de evaluación que se utilice y del tipo de deterioro identificado. Así mismo, la extensión de algunos deterioros se define por el número de veces en que ellos se presentan en el tramo sometido a evaluación.

Tabla 1.8. Niveles de gravedad de los deterioros del tipo A

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	1	2	3
			
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante. Flecha < 20 mm	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos $20 \text{ mm} \leq \text{Flecha} \leq 40 \text{ mm}$	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios Flecha > 40 mm
Grietas longitudinales por fatiga	Fisuras finas en la banda de rodamiento	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas	Fisuras muy ramificadas y/o muy abiertas (grietas). Bordes de fisuras ocasionalmente degradados
Piel de cocodrilo	Piel de cocodrilo formada por mallas grandes (> 500 mm) con fisuración fina, sin pérdida de materiales	Mallas más densas (< 500 mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (< 200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros del tipo B	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A	
		Comportamiento satisfactorio de la reparación	Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas

Fuente: Instituto Nacional de Vías INVIAS - Colombia
Tabla 1.9. Niveles de gravedad de los deterioros del tipo B

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD				
	1		2		3
					
Grieta longitudinal de junta de construcción	Fina y única		<ul style="list-style-type: none"> Ancha (10 mm o más) sin desprendimiento Fina ramificada 		Ancha con desprendimientos o ramificada
Grietas de contracción térmica	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas		Anchas con desprendimientos
Grietas parabólicas	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos
Grietas d borde	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos
Abultamientos	F < 20 mm		20 mm ≤ F ≤ 40 mm		F > 40 mm
Ojos de pescado* (por cada 100 metros)	cantidad	< 5	5 a 10		> 10
	Diametro (mm)	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	≤ 300 ≤ 1000
Desprendimientos: • Perdida de pel cula de ligante • Perdida de agregados	Perdidas aisladas		Perdidas continuas		Perdidas generalizadas y muy marcadas
Descascaramiento	Prof. (mm)	≤ 25	≤ 25	> 25	> 25
	Area (m ²)	≤ 0.8	> 0.8	≤ 0.8	> 0.8
Pulimento agregados	No se definen niveles de gravedad				
Exudación	Puntual		Continua sobre la banda de rodamiento		Continua y muy marcada
Afloramientos: • de mortero • de agua	Localizados y apenas perceptibles		Intensos		Muy intensos
Desintegración de los bordes del pavimento	Inicio de la desintegración		La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más		Erosión extrema que conduce a la desaparición del revestimiento asfáltico
Escalonamiento entre calzada y berma	Desnivel de 10 a 50 mm		Desnivel entre 50 y 100 mm		Desnivel superior a 100 mm
Erosión de las bermas	Erosión incipiente		Erosión pronunciada		La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios

Fuente: Instituto Nacional de Vías INVIAS - Colombia

1.4.5.3 Flujo grama para el cálculo del Índice de Deterioro Superficial

En la Figura 1.30 se presenta un diagrama de flujo para el cálculo del índice de deterioro superficial (Is.):

Para el cálculo del Is se combina los índices de fisura (If) e índice de deformación (Id), los que entregan un primer índice de calificación del pavimento, el cuál debe ser corregido en función a la extensión y calidad de los trabajos de bacheo realizados en el pavimento evaluado.

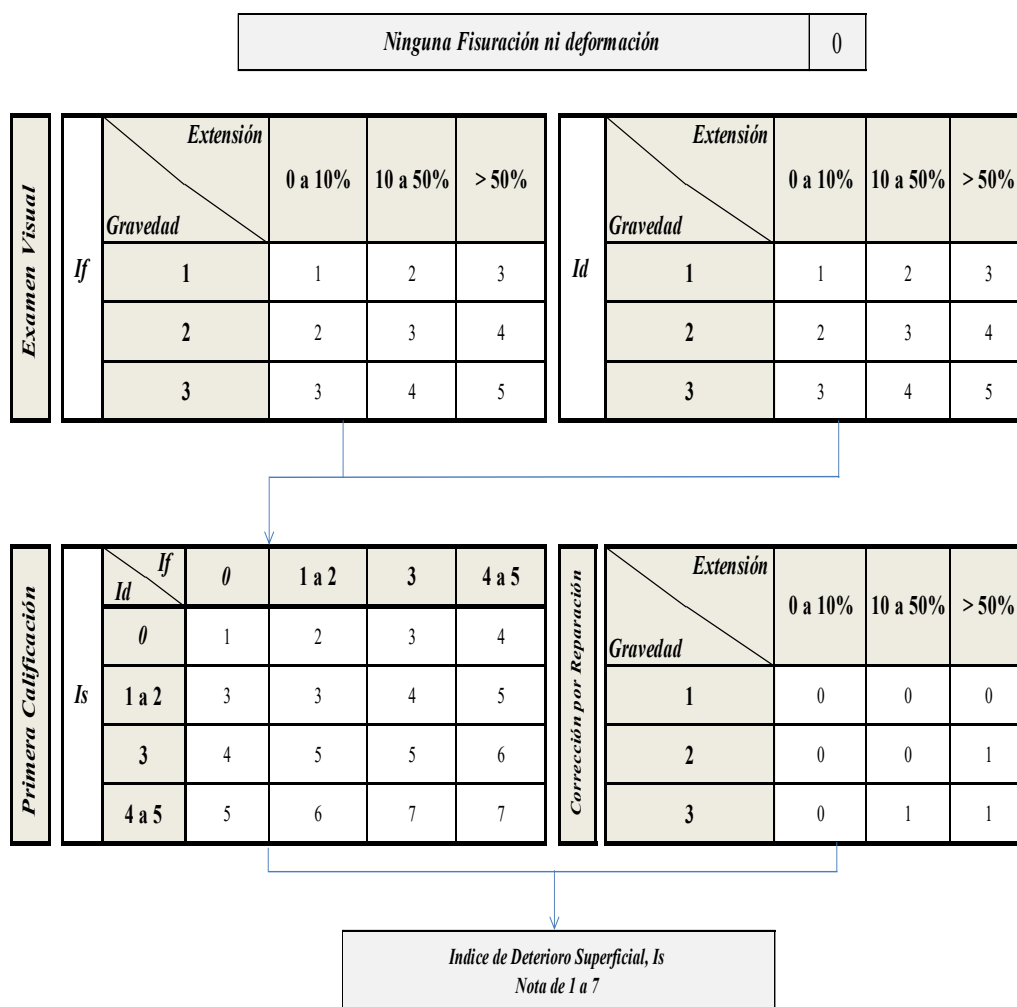


Figura 1.3. Flujo grama para determinar el Índice deterioro Superficial (Is)

Fuente: Méthode assistée par ordinateur pour l'estimation des besoins en entretien d'un reseau routier, LCPC. (Método asistido por ordenador para la estimación de las necesidades de mantenimiento de una red por carretera).

La metodología VIZIR plantea dos índices para calificar el deterioro superficial de un pavimento: el índice de fisuración (If), referido a los agrietamientos de tipo estructural, y el índice de deformación (Id), referido a los deterioros o deformaciones de tipo estructural, ellos permiten determinar, de acuerdo con las características de extensión y severidad, un valor numérico con el cual es posible hallar un índice de deterioro superficial (Is).

Índice de Fisuración (If):

El cálculo del índice de fisuración, el cual depende de la gravedad y la extensión de las fisuraciones y agrietamientos de tipo estructural en cada zona evaluada. Es decir se mide en función de su extensión y gravedad, pero solo de las fallas del tipo A, que tengan relación con la fisuración del pavimento, es por eso que se hace la cuantificación del área dañada por este tipo de fallas.

Índice de Deformación (Id):

El índice de deformación, el cual también depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen estructural. Es decir se mide en función de la extensión y gravedad de las fallas del Tipo A, que impliquen deformación del pavimento. Es decir: Ahuellamientos, Hundimientos o depresiones longitudinales y transversales.

Índice de Deterioro Superficial (Is)

Se define de manera numérica la condición general de la superficie de pavimento y suministra pautas para la elección de alternativas de intervención.

La combinación del **If** e **Id**, permite obtener lo que se conoce como la primera nota de degradación, valor que varía entre uno y siete, siendo mayor a medida que la estructura tenga más cantidad y/o severidad y extensión de daños. La primera nota de degradación, debe ser corregida de acuerdo con la extensión y severidad de las intervenciones a la estructura de pavimento que se hayan encontrado en el tramo de análisis. Dicha corrección, puede generar un incremento del Is.

En la tabla 1.8 a partir del índice de deterioro superficial (Is), se define tres situaciones generales en relación con la probable capacidad del pavimento en el instante de la evaluación aplicada.

Tabla 1.10: Calificación del Estado de la Superficie del Pavimento-VIZIR

Intervalo de Is	Estado de Superficie
1-2	Bueno
3-4	Regular
5-7	Malo

Fuente: Laboratorio Central de Puentes y Calzadas de Francia (LCPC), Francia.
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

- a) **Valores del “Is” de 1 y 2.-** Representan pavimentos con limitados fisuramientos y deformaciones, que presentan un buen aspecto general y que, probablemente, no requieran en el momento más que acciones de mantenimiento rutinario.
- b) **Valores del “Is” 3 y 4.-** Representan pavimentos con fisuramientos de origen estructural y pocas o ninguna deformación, así como pavimentos sin fisuramientos pero con deformaciones de alguna importancia. Su estado superficial se considera regular y lo suficientemente degradado como para poner en marcha tratamientos de rehabilitación de mediana intensidad.
- c) **Valores del “Is” 5, 6 y 7.-** Son indicativos de pavimentos con abundantes fisuramientos y deformaciones de origen estructural, cuyo deficiente estado superficial posiblemente exija la ejecución de trabajos importantes de rehabilitación.

1.4.6 Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAL)

El Consorcio de Rehabilitación Vial, presenta una metodología que realiza evaluaciones superficiales usando un catálogo de fallas que son obtenidas de la superficie del pavimento, además realiza evaluaciones estructurales mediante la medición de las deflexiones.

La evaluación visual del estado de un pavimento se efectúa en base a la determinación detallada de todos los deterioros y fallas observables en la superficie transitable y visible del mismo, estableciéndose la ubicación, extensión y grado de magnitud de cada característica adversa⁵

La caracterización del estado de la superficie de la calzada, en este método considera tres aspectos:

- El relevamiento de las distintas manifestaciones de deterioro observadas en la superficie (Identificación).
- El análisis del tipo de falla observada, estableciendo las probables causas o mecanismos que la han originado (interpretación)
- Establecer la condición de servicio del pavimento en base a la magnitud, extensión, tipo de falla y mecanismo de deterioro, orientado hacia el futuro empleo de la información (Evaluación).

Este método se usó por muchos años, el cual tiene la limitación que no llega a un indicador final de la condición global del pavimento, no considera las áreas afectadas con un determinado tipo de deterioro; razón por la cual los resultados del relevamiento de fallas no son confiables y no se alcanzara la precisión que corresponde el costo de mantenimiento y presupuesto de obra.

1.4.7 Programa de Investigación Estrategias de Carreteras (SHRP)

El método Strategic Highway Research Program (SHRP) fue desarrollado para recolectar información de la investigación SHRP en Estados Unidos, recomienda recolectar el 100% de la longitud de los tramos testigos de dicha investigación. Por lo tanto, para su uso en otras aplicaciones, como en evaluación de proyectos o redes viales, se debe especificar el método de muestreo estadístico a utilizar. Por ejemplo: 100m de calzada cada 1000 m.

Existen diversos métodos de inspección de los pavimentos como son : Guía para la realización de la inspección visual de firmes (España⁶), Pavement surface condition rating manual (Canada, British Columbia Ministry of Transportation⁷), Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos (Brasil, Ministerio dos Transportes⁸), A guide to visual assessment of flexible pavement surface conditions

⁵ CONREVIAL

⁶ Cfr.: "Guía para la realización de la inspección visual de firmes".

⁷ Cfr.: BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF TRANSPORTATION, "Pavement surface condition rating manual", Second Edition, February 2002.

⁸ Cfr.: DNIT, "Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento", Norma DNIT 006/2003 – PRO.

(Malasia⁹), Pavement surface condition rating manual (WSDOT, Washington State of Transportation¹⁰),

1.5 Conservación de Pavimentos

1.5.1 Conservación vial

Es el conjunto de operaciones necesarias para la preservación o mantenimiento de una carretera y de cada uno de sus elementos componentes y complementarios en las mejores condiciones para el tráfico, compatibles con las características geométricas, capa de rodadura que tuvo cuando fue construida, o al estado último a que ha llegado después de las posibles mejoras que haya recibido a lo largo del tiempo¹¹.

Según las Especificaciones Técnicas Generales para la conservación de carreteras aprobado por Resolución Directoral N°051-2007-MTC define como “Conjunto de actividades que se realizan para mantener en buen estado las condiciones físicas de los diferentes elementos que constituyen la vía y, de esta manera, garantizar que el tránsito sea cómodo, seguro, fluido y económico”

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, mediante Resolución Ministerial N°817-2006-MTC/09 de fecha 07 de noviembre del 2006, aprobó la Política Nacional del Sector Transporte. Es de destacar que esta nueva política da especial importancia a la conservación vial, pues define que se atienda de manera prioritaria y efectiva la infraestructura de transportes y su desarrollo, de acuerdo con la demanda de accesibilidad.

1.5.2 Conservación rutinaria

Conjunto de actividades que se ejecutan permanentemente y se constituyen en acciones que se realizan diariamente en los diferentes tramos de la vía. Tiene como finalidad principal la preservación de todos los elementos viales con la mínima cantidad de alteraciones o de daños y, en lo posible, conservando las condiciones que tenían después de la construcción o la rehabilitación. Debe tener el carácter de preventiva y se incluyen en ella las actividades de limpieza de la calzada y de las obras de drenaje, el corte de la vegetación de la zona del derecho de vía y las reparaciones de los defectos puntuales de la plataforma, entre otras.

1.5.3 Conservación periódica

Se denomina al conjunto de actividades que se ejecutan en periodos, en general, de más de un año y que tienen el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, de preservar las características superficiales, de conservar la integridad estructural de la vía y de corregir algunos defectos puntuales mayores.

⁹ Cfr.: INSTITUT KERJA RAYA MALAYSIA (IKRAM), “A guide to visual assessment of flexible pavement surface conditions”

¹⁰ Cfr.: WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (WSDOT), “Pavement surface condition rating manual”, 1992.

¹¹ Cfr.: MTC., Manual para conservación de Carreteras NP.de BVT.

1.6 Rehabilitación de Pavimentos

Consiste en la ejecución de obras necesarias, para devolver al pavimento sus características geométricas y portantes originales, brindando una superficie de rodamiento uniforme, cómoda y segura.

Se debe realizar una evaluación superficial de la condición del pavimento acompañada de ensayos básicos (medidas de deflexiones) con la finalidad de entender el mecanismo de falla y determinar qué es lo que se encuentra dañado en el pavimento existente.

Es necesario conocer los alcances de la inversión en función al periodo de diseño y sobre todo al aspecto económico.

La rehabilitación del pavimento que resulte económico dentro del contexto de la naturaleza del problema y del periodo de tiempo necesario. Separando la naturaleza del problema en dos categorías (superficial y estructural) del lapso requerido (corto o largo plazo), se simplifica la selección de la mejor opción.

1.7 Enfoque del problema

Considerando que las carreteras de la Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y las carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural no tienen igual prioridad en las inversiones para la ejecución de obras de infraestructura vial, mantenimiento o rehabilitación y un considerable porcentaje de las carreteras de bajo volumen de tránsito lo conforman la Red Vial Departamental o Regional y en especial las carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural, a pesar de ser la vía más importante desde el punto de vista de conectividad e integralidad entre centros poblados del país. Las redes viales de mayor jerarquía como los departamentales y nacionales pierden importancia sin la presencia de la red vial vecinal.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones como parte de su política de mantenimiento y conservación de la Red Vial Nacional, ejecuta trabajos de mejoramiento de las carreteras de bajo volumen de tránsito, en la que sólo se realiza el mejoramiento de la superficie de rodadura sin modificar la geometría vial y la mayoría de este tipo de carreteras tienen un diseño geométrico que se ajusta a las condiciones geográficas del terreno, además en este tipo de carreteras se observa, que la elección del instante en la cual se debe implementar la intervención de conservación periódica, no se realiza en base a las condiciones existentes de la carretera y las estrategias de expansión y mantenimiento.

Razón por la cual se requieren métodos de evaluación de pavimentos en carreteras de bajo volumen de tránsito, que facilite las labores de gerenciamiento del mantenimiento vial, de esta manera se propone hacer uso efectivo de los recursos económicos limitados, al identificar acertadamente las fallas de los pavimentos a ser tratados, empleando los tratamientos adecuados dentro del marco de tiempo más propicio.

Con la finalidad de preservar, las inversiones efectuadas en la infraestructura vial de las carreteras de bajo volumen de tránsito, se observa que el monitoreo del comportamiento del pavimento y la política orientada a satisfacer las necesidades de

los usuarios, usa el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), como único parámetro de medición de la serviciabilidad, la cual se considera que no es suficiente, para decidir cuándo se necesita realizar mantenimiento y rehabilitación.

En las carreteras de bajo volumen de tránsito (BVT), no se cuenta con una metodología adecuada que permita orientar la evaluación y control de los mejoramientos por niveles de servicio. Las metodologías foráneas existentes, deben ser innovadas para su empleo e implementación de políticas de trabajo, en base a estudios de investigación que contribuyan al mantenimiento y uso de los recursos adecuadamente, razón por la cual se requieren métodos que conducen a una cuantificación numérica del estado de los pavimentos.

El método de evaluación superficial más difundido en nuestro medio es el PCI; a pesar de que en Mayo del 2001 el MTC presentó un Proyecto del Sistema de Gestión de Carreteras, en la cual considera el catálogo para pavimentos flexibles procedente del método VIZIR (Ministerio de Transportes, 2001)¹². Además no existen métodos de evaluación superficial de pavimentos básicos, adecuados como estrategia de conservación y mantenimiento de carreteras de bajo volumen de tránsito, que permita determinar las necesidades de mantenimiento y reparación en función de la condición del pavimento básico.

1.7.1 Objetivo del trabajo

Objetivo principal

Innovar una metodología existente tipo VIZIR, para la evaluación de carreteras de bajo volumen de tránsito, que permita tomar decisiones para las actividades de conservación y mantenimiento.

Objetivos específicos

1. Discriminar datos de relevamiento de fallas de campo sensibles a errores aleatorios y/o sistemáticos, con fines de sectorizar la vía.
2. Basado en el método VIZIR, innovarlo para establecer la influencia de la evaluación superficial, de las carreteras con pavimento básico de bajo volumen de tránsito y comparar sus resultados.
3. Reducir los costos de mantenimiento basado en la mejora de la transitabilidad, la seguridad vial.
4. Proponer una guía para la evaluación superficial de pavimentos básicos.

1.7.2 Hipótesis:

Aplicando un método innovado y relacionado a la evaluación de pavimentos básicos de bajo volumen de tránsito, se garantiza estrategias de conservación y mantenimiento oportuno evitando inversiones elevadas.

¹² Cfr.:MTC, Proyecto Sistema de Gestión de Carreteras.

CAPITULO II: CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE APLICACIÓN

2.1 Generalidades

Conocedores del objetivo básico de los caminos de bajo volumen, como es de proporcionar accesibilidad a centros poblados, centros de servicio, centros industriales de explotación y variados tipos de zonas rurales. Además, deben permitir el tránsito de diferentes tipos de vehículos durante todas las estaciones del año, asegurar una movilidad y velocidad adecuada, garantizar seguridad a peatones, vehículos motorizados y no motorizados y controlar la emisión de polvo.

Los caminos pavimentados de bajo volumen presentan problemas y condiciones especiales en comparación con los caminos pavimentados de redes principales:

- La vida útil de los pavimentos que se utiliza es relativamente corta.
- No existe control de pesos de camiones produciéndose deterioros acelerados en períodos de invierno.
- Presentan alta incertidumbre respecto de los datos de tránsito.
- La calidad de los procesos constructivos tiende a ser menor, en particular cuando se utilizan técnicas constructivas semi artesanales.
- La conservación se realiza por lo general a destiempo.
- Los sistemas de drenaje que se diseñan tienden a ser insuficientes en parte importante de la longitud del proyecto.
- Al término de su vida útil, por lo general, requieren ser re-construidos perdiendo gran parte de la inversión realizada.

Generalmente, para los caminos de bajo volumen de tránsito (BVT) se proponen soluciones relativamente económicas en comparación a caminos que soportan mayores volúmenes, sin embargo, es común ver que para este tipo de caminos la economía se traduce en una reducción de estándares en general, así como la utilización de soluciones de pavimentación con limitado respaldo de estudios de ingeniería.

Para analizar y aplicar la innovación del método VIZIR como estrategia de conservación y mantenimiento de carreteras con bajo volumen de tránsito, se elige la zona de aplicación, seleccionando un tramo representativo, donde se manifieste los diversos tipos de deterioros superficiales correspondientes a carreteras de BVT.

2.2 Metodología de la Investigación

La metodología que se propone para realizar la investigación consiste en lo siguiente:

1. Elegir como zona de experimentación un tramo de características homogéneas de la carretera con bajo volumen de tránsito donde se pueda analizar las diversas manifestaciones del deterioro de la superficie de rodadura.
2. Realizar la evaluación superficial del tramo elegido mediante el uso de diversas metodologías de evaluación superficial usada en otros países.
3. Realizar una propuesta de innovación del método VIZIR, basado en el procesamiento con este método, considerando además que el método VIZIR no

- cuantifica algunos deterioros, aplicado a la evaluación de la condición superficial de carreteras de bajo volumen de tránsito con tratamiento superficial monocapa.
4. Analizar los resultados de la aplicación con diversos métodos de evaluación de la condición superficial del pavimento y comparación de los métodos VIZIR y el propuesto con el método de evaluación reconocido a nivel internacional PCI.
 5. Definición de estrategias de intervención con el método propuesto.

2.2.1 Esquema de la metodología

En la Figura 2.1 se presenta el esquema general utilizado para desarrollar la investigación:

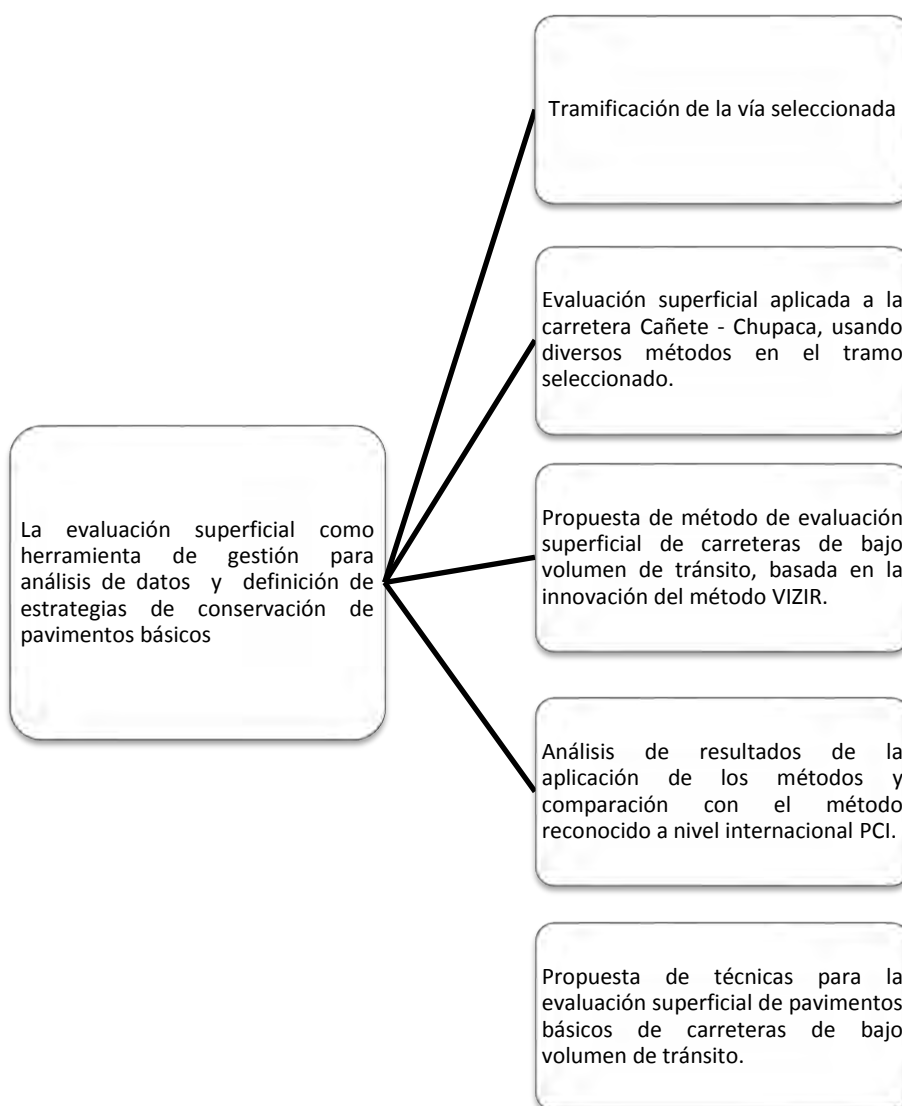


Figura 2.1. Esquema de la Metodología (Fuente: elaboración propia)

2.3 Área de estudio

El área de estudio seleccionada para la aplicación de diversos métodos de evaluación superficial pertenece a la carretera Cañete – Chupaca, que se encuentra ubicado entre los departamentos de Lima y Junín, entre las provincias de Cañete, Yauyos y Chupaca, la carretera seleccionada atraviesa distintos tipos de topografía, condiciones climáticas y estructurales.

La carretera seleccionada cumple con los requisitos básicos considerados como objetivo de la presente investigación, es una carretera de bajo volumen de tránsito y tiene pavimento básico expuesto a condiciones extremas de clima, deflexiones que permitirá analizar las diversas manifestaciones de deterioros superficial.

2.3.1 Antecedentes

El 22 de Agosto del 2008 se suscribió el Convenio de Cooperación Interinstitucional entre el Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional – Provías Nacional y la Universidad Nacional de Ingeniería, para el acompañamiento y monitoreo de los trabajos de servicio de Conservación Vial por niveles de servicio establecidos en el contrato N° 288-2007-MTC, que Provías Nacional suscribió para el Corredor Vial N°13 Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca.

2.3.2 Descripción del Proyecto

El proyecto del servicio de conservación del corredor vial Cañete – Lunahuana – Pacaran – Dv. Yauyos – Ronchas – Chupaca y el mejoramiento del tramo Zuñiga – Dv. Yauyos – Ronchas a nivel de solución básica, forma parte del programa de desarrollo vial "Proyecto Perú", el cual estableció un sistema de contratación de las actividades de conservación de la infraestructura vial, mediante contratos en los que las prestaciones se controlan por niveles de servicio y por plazos iguales o superiores a tres (3) años, que implican el concepto de "transferencia de riesgo" al Contratista.

Bajo este sistema se desarrollará una cultura preventiva, con la finalidad de evitar el deterioro prematuro de las vías mediante intervenciones rutinarias y periódicas de manera oportuna. Esto significa en la práctica, actuar permanentemente para mantener la carretera en óptimas condiciones de transitabilidad.

Es un cambio del concepto tradicional de trabajo, de actuar para reparar lo dañado por el concepto de actuar para evitar que se dañe, haciendo prevalecer de esta manera en las instituciones las acciones preventivas frente a las acciones correctivas.

Para el presente caso el cambio de standard se refiere a la aplicación de soluciones básicas con la finalidad de mejorar la transitabilidad de la carretera, mediante la colocación de material granular estabilizado y recubiertas con bitumen.

2.3.3 Ubicación

La carretera Cañete – Chupaca se encuentra ubicado en los departamentos de Lima y Junín, entre las provincias de Cañete, Yauyos y Chupaca, teniendo como coordenada geográfica de origen 76°21' Longitud Oeste y 13°02' Latitud Sur (Cañete) y coordenada geográfica final 75°18' Longitud Oeste y 12°05' Latitud Sur (Chupaca).

En la figura 2.2. se presenta la ubicación de la carretera Cañete - Chupaca, pertenece a la Red Vial Nacional, con código de ruta R22 de 271.73 Km. de longitud, con origen en Cañete (Km. 001+805) y destino en Chupaca (Km. 273+531).

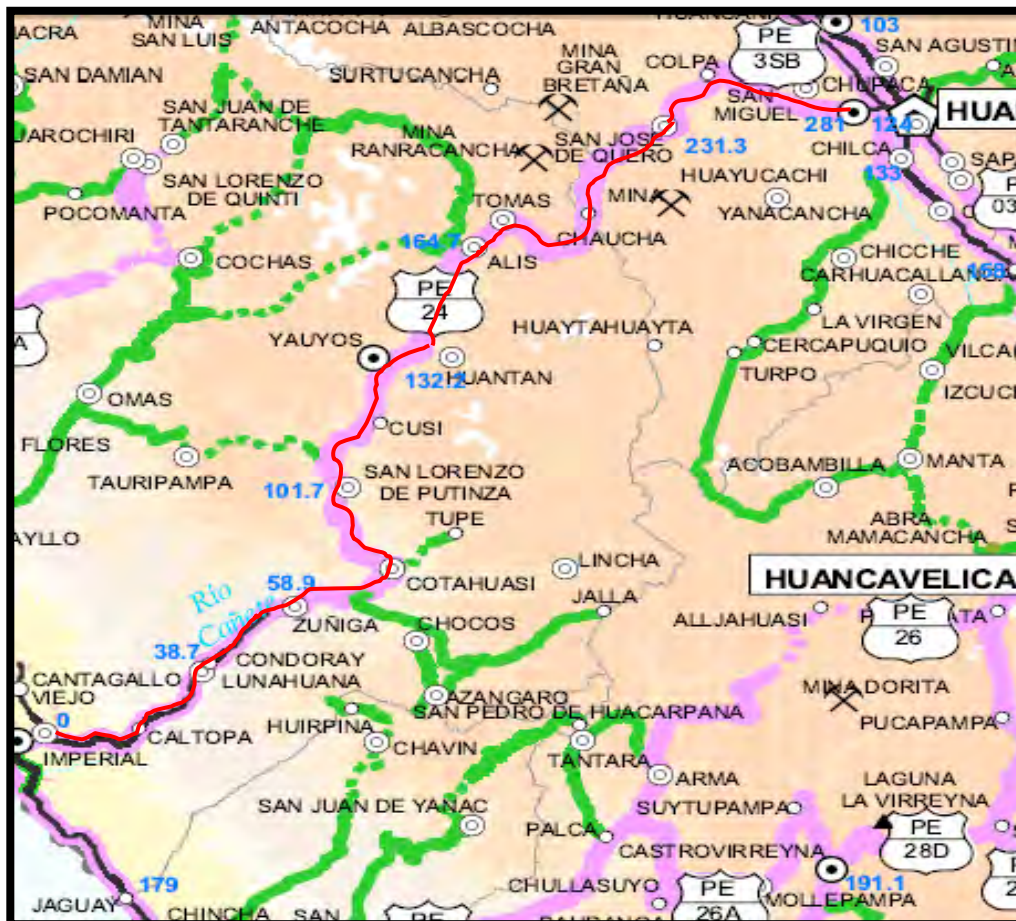


Figura 2.2: Ubicación de la Carretera Cañete-Dv. Yauyos-Ronchas.

2.3.4 Límites

La carretera limita por el Norte con los cuadrángulos de Huarochirí y La Oroya; por el Este con Andamarca y Pampas, por el Sur Tantaray y Chincha y por el Oeste con Mala. Políticamente el tramo une las provincias de Cañete, Yauyos (Departamento de Lima) y Chupaca (Departamento de Junín).

2.3.5 Clima y Geografía

Clima

El área de influencia de la carretera pasa por diversas regiones que se ilustra en la figura 2.3 y a continuación se describe:

Yunga Marítima: Se caracteriza por ser de sol dominante durante casi todo el año. La temperatura fluctúa entre 20 y 27°C durante el día. La precipitación fluctúa entre 100 a 150 mm año.

Quechua: El clima es templado con notable diferencia entre el día y la noche, el sol y la sombra. La temperatura media anual fluctúa entre 11°C y 16°C; las máximas entre 22°C y 29°C; y las mínimas entre 7°C y -4°C. La humedad atmosférica es poco sensible.

Suni o Jalca: El clima es frío debido a la elevación de los vientos locales. La temperatura media anual fluctúa entre 7°C y 10°C, máximas superiores a 20°C y mínimas invernales de -1°C a -16°C. La precipitación promedio es de 800 mm por año.

Puna: La temperatura media anual es superior a 0°C e inferior a 7°C. La máxima entre, es superior a 15°C llegando hasta 22°C. Las mínimas absolutas oscilan entre -9°C y -25°C. La precipitación fluctúa entre 200 mm y 1000 mm año.

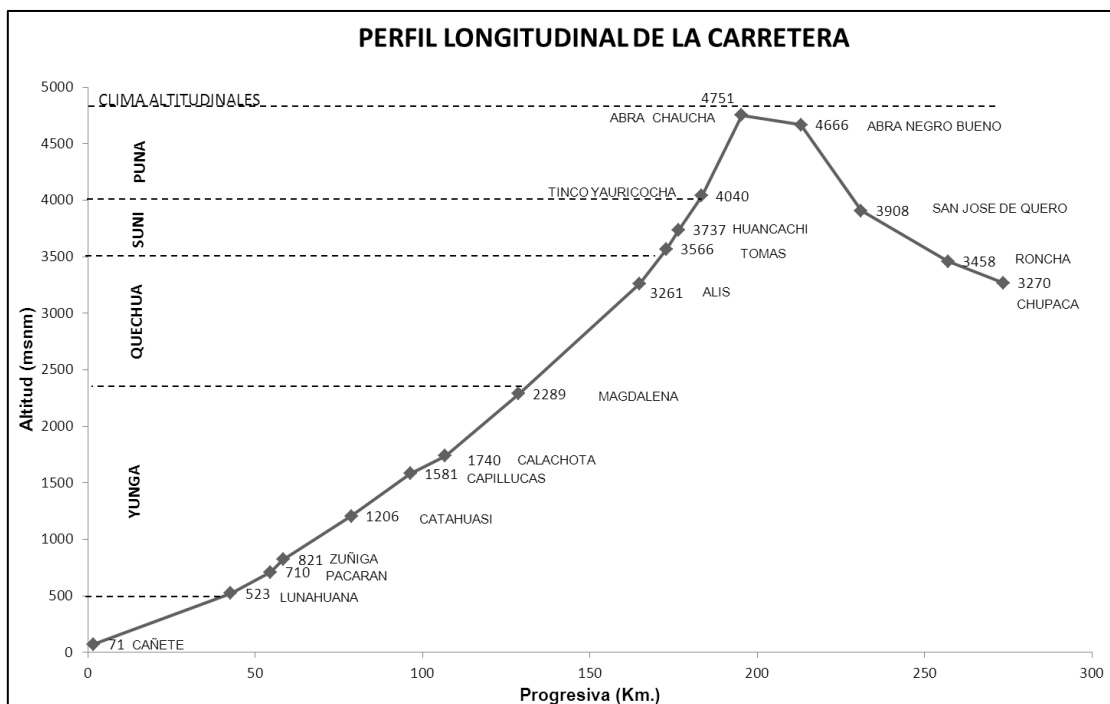


Figura 2.3. Perfil longitudinal de la Carretera

Geografía

El valle de Cañete es estrecho y de forma triangular, siendo más amplia en el límite con la región Chala o Costa y el vértice por el lugar donde ingresa generalmente uno de los afluentes principales del río; en este sector se encuentran terrazas que son empleadas para el cultivo. Continúa "la quebrada" que se forma a manera de una estrecha garganta cuanto más se aproxima a los contrafuertes andinos. Todas las superficies de los cerros son pétreas, rocallosas, resacas y completamente desprovistas de condiciones naturales para la agricultura, por falta de agua.

2.4 Zonas de características homogéneas

Con la finalidad de conocer y ordenar la información recolectada se necesita subdividir la vía en tramos y estos a su vez en sectores. Este procedimiento se llama tramificación y se refiere a la subdivisión de un camino en base a aquellos parámetros que presentan una cierta constancia en el tiempo¹ como son: Estructura, tránsito, clima y deflexiones promedio.

La condición de homogeneidad se inicia considerando la similitud de la naturaleza física del territorio (costa, sierra, selva), las características de la carretera (tratamiento superficial bituminoso o sellos asfálticos) y la demanda de usuarios (clase de carretera). La carretera Cañete – Chupaca atraviesa terrenos que corresponden a costa y sierra, como se presenta en la Figura 2.3.

Los factores influyentes en la vida útil del pavimento básico, son los siguientes:

2.4.1 Estudio volumétrico

El estudio volumétrico comprende las características del tráfico, estas características varían a lo largo de la carretera, existiendo tramos de características más o menos homogéneas en volumen y composición del tráfico vehicular.

Como resulta imposible analizar cada uno de los múltiples tipos de vehículos, éstos se suelen agrupar en categorías, siendo la más general, y también la más usada en el país, una que reúne los vehículos livianos (automóviles y camionetas) en una categoría, los camiones simples, es decir unitarios o de dos ejes (el tándem se considera como un solo eje) en otra, todos los camiones articulados (tráiler, semitráiler, etc.) en una tercera y, por último, los buses, donde se incluyen tanto buses interurbanos como urbanos.

Según los estudios de tráfico de los años 2008, 2009, 2010 y 2011 se identifica tramos homogéneos de bajo volumen de tránsito desde Zuñiga hasta San José de Quero, el resumen por estación de control se presenta en la tabla 2.1.

¹ Cfr.: Solminihac, Gestión de Infraestructura Vial

Tabla 2.1. Serie Histórica de los Estudios de Tráfico del 2,008 al 2,011

CONTEO 2011	TRAMO								
	CAÑETE LUNAHUANA	LUNAHUANA PACARAN	PACARAN ZUNIGA	ZUNIGA CATAHUASI	CATAHUASI CAPILLUCA	CAPILLUCA DV. YAUYOS	DV. YAUYOS COLPA	COLPA-RONCHAS HUARISCA	HUARISCA CHUPACA
TIPO VEHÍCULO	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9
VL (Auto+SW+Camioneta)	575	326	212	151	66	61		400	538
Camta Rural+Micro	241	164	139	86	41	13		31	40
Ómnibus	7	6	7	6	8	2		11	14
Camión Unitario (2,3,4 Ejes)	83	70	57	39	29	17		48	68
Camión Acoplado	3	4	3	4	0	0		34	37
IMDa (Veh/día) 2011	909	570	418	286	144	93		524	697
IMDa (Veh/día) 2010	1007	583	453	338	174	111	519	458	486
IMDa (Veh/día) 2009	1477	555	520	722	1145	90		430	642
IMDa (Veh/día) 2008	1010	417	418	461	569	53		347	454
IMDa (Veh/día) 2005	727	323	266	150	115	35	21	344	344
Tasa Prom. Crec. 2011/2005	25%	76.47%	57.14%	90.66%	25.22%	165.71%	0.00%	52,33%	102.62%
Tasa Prom. Crec. 2011/2008	Influencia construcción de Hidroeléctrica Platanal					20.60%		14.70%	15.40%
Tasa Prom. Crec. 2011/2009	Influencia construcción de Hidroeléctrica Platanal					1.70%		10.40%	4.20%
Tasa Prom. Crec. 2011/2010	Influencia construcción de Hidroeléctrica Platanal					-16.20%		14.40%	43.40%
Tasa Prom. Crec. 2009/2008	46.20%	33.10%	24.40%		101.20%	69.80%		23.90%	41.40%
			56.60%						

Fuente: ICCGSA, Estudio de tráfico 2011

2.4.2 Climatología

A partir del mes de setiembre se inician las primeras lluvias en la zona del proyecto incrementándose paulatinamente hasta el mes de marzo o abril. En el periodo entre enero y marzo se concentra el mayor volumen de precipitación. Entre los meses de abril y agosto son escasas las lluvias.

Basados en las condiciones de tráfico, clima y tipo de tratamiento superficial del pavimento básico, se presenta en la tabla 2.2 los siguientes sub tramos con características homogéneas:

Tabla 2.2. Zonas de Características Homogéneas

ZONAS DE CARACTERÍSTICAS HOMOGÉNEAS		
Zona	Tramo	Características
Z0	Cañete- Pacaran	Precipitación anual 10 -29 mm. Tipo de superficie de rodadura : Bicapa + Slurry Seal
Z1	Pacaran – Catahuasi	Precipitación anual 10 - 29 mm. Tipo de superficie de rodadura :Slurry Seal
Z2	Catahuasi- Dv Yauyos	Precipitación anual 297 mm. Tipo de superficie de rodadura :Monocapa + Slurry Seal
Z3	Dv. Yauyos - Huancachi	Precipitación anual 297 mm. Tipo de superficie de rodadura :Monocapa
Z4	Huancachi-San José Quero	Precipitación anual 551 - 944 mm. Tipo de superficie de rodadura :Monocapa
Z5	San José Quero - Collpa	Precipitación anual 297 mm. Tipo de superficie de rodadura : Monocapa +Slurry Seal
Z6	Collpa - Roncha	Precipitación anual 297 mm. Tipo de superficie de rodadura :Monocapa + Slurry Seal
Z7	Roncha - Chupaca	Precipitación anual 297 mm. Tipo de superficie de rodadura :Pavimentado

Fuente: Convenio UNI-MTC

2.4.3 Deflexiones:

La evaluación estructural consiste en determinar la capacidad de soporte del sistema Pavimento sub rasante en una determinada estructura vial existente, en cualquier momento de su vida útil.

La existencia de una correlación entre deflexiones y la presencia de fallas por fatiga, constituyen la base de la difundida utilización del Método Deflectométrico.

La tramificación con los datos deflectometricos fue realizada por el método de diferencias acumuladas según la guía AASHTO 1993, según esta metodología los sectores homogéneos son aquellos que presentan una misma pendiente en la gráfica de los Zx. En teoría cada vez que la curva cambia de pendiente esta determinara una nueva sección, se debe tener en cuenta que secciones muy pequeñas son antieconómicas para un tratamiento de rehabilitación.

Tabla 2.3. Cálculo de Deflexiones sobre TS Monocapa (izquierdo)

CÁLCULO DE DEFLEXIONES SOBRE TRATAMIENTO SUPERFICIAL										
PROYECTO: Corredor Vial N° 13					PROCESADO POR : BACH. EDUARDO COURT					
TIPO DE SUP: Monocapa					REVISADO POR: ING. EDWIN APOLINARIO					
TRAMO: Km 54+200 - Km 227+000					LADO: IZQUIERDO					
Progresiva	Lecturas de VB ($\times 10^{-2}$ mm)				Espesor (cm)	T (°C)	Deflexiones ($\times 10^{-2}$ mm)			
	L ₂₅	L ₅₀	L ₇₀	LF			D _{máx}	D ₂₅	D ₅₀	D ₇₀
209+000	3	7	9	11	1.0	23.6	0.44	0.32	0.16	0.08
209+100	4	10	19	32	0.5	23.0	1.27	1.12	0.88	0.52
209+200	2	4	7	12	0.5	23.1	0.48	0.40	0.32	0.20
209+300	3	9	10	11	0.5	22.6	0.44	0.32	0.08	0.04
209+400	4	11	17	24	0.6	25.1	0.95	0.80	0.52	0.28
209+500	3	6	8	13	0.4	24.9	0.52	0.40	0.28	0.20
209+600	5	13	28	42	1.2	28.2	1.66	1.46	1.15	0.55
209+700	3	5	9	15	0.6	25.1	0.60	0.48	0.40	0.24
209+800	3	6	8	11	0.6	25.5	0.44	0.32	0.20	0.12
209+900	2	4	8	9	1.0	24.9	0.36	0.28	0.20	0.04
210+000	3	6	9	18	0.7	25.1	0.72	0.60	0.48	0.36
210+100	5	17	28	61	0.8	21.3	2.43	2.23	1.75	1.32
210+200	1	3	4	5	1.0	26.1	0.20	0.16	0.08	0.04
210+300	2	7	10	13	0.4	26.1	0.52	0.44	0.24	0.12
210+400	3	8	13	24	0.8	25.9	0.95	0.83	0.64	0.44
210+500	3	7	14	19	0.6	26.9	0.75	0.64	0.48	0.20
210+600	2	5	8	12	0.7	27.0	0.48	0.40	0.28	0.16
210+700	2	5	9	16	0.5	27.8	0.64	0.56	0.44	0.28
210+800	2	3	4	5	0.5	25.2	0.20	0.12	0.08	0.04
210+900	1	3	4	5	0.6	26.9	0.20	0.16	0.08	0.04
211+000	1	2	3	4	0.4	28.3	0.16	0.12	0.08	0.04
211+100	1	3	5	9	0.6	14.9	0.36	0.32	0.24	0.16
211+200	2	5	8	14	0.5	17.3	0.56	0.48	0.36	0.24
211+300	1	3	6	16	0.7	17.3	0.64	0.60	0.52	0.40
211+400	5	8	12	29	0.6	16.6	1.16	0.96	0.84	0.68
211+500	2	4	7	27	0.8	17.9	1.08	1.00	0.92	0.80
211+600	1	3	4	7	1.2	16.8	0.28	0.24	0.16	0.12
211+700	1	3	6	27	0.7	16.6	1.08	1.04	0.96	0.84
211+800	2	4	8	25	0.5	18.9	1.00	0.92	0.84	0.68
211+900	1	3	6	23	0.5	20.1	0.92	0.88	0.80	0.68
212+000	2	4	6	34	0.5	17.9	1.36	1.28	1.20	1.12
212+100	1	3	5	29	0.4	17.8	1.16	1.12	1.04	0.96
212+200	3	6	8	11	0.4	17.8	0.44	0.32	0.20	0.12
212+300	1	3	6	8	0.5	19.5	0.32	0.28	0.20	0.08
212+400	3	7	11	41	0.6	17.5	1.64	1.52	1.36	1.20
212+500	2	3	5	22	0.4	19.4	0.88	0.80	0.76	0.68
212+600	2	4	7	29	0.4	16.9	1.16	1.08	1.00	0.88
212+700	2	6	9	41	0.6	19.0	1.64	1.56	1.40	1.28
212+800	1	3	6	19	0.4	19.0	0.76	0.72	0.64	0.52
212+900	2	6	9	23	0.5	20.5	0.92	0.84	0.68	0.56
213+000	1	3	6	9	0.4	20.3	0.36	0.32	0.24	0.12

Fuente: Convenio UNI – MTC

Tabla 2.4. Cálculo de Deflexiones sobre TS. Monocapa (Derecha)

CÁLCULO DE DEFLEXIONES SOBRE TRATAMIENTO SUPERFICIAL										
PROYECTO:	Corredor Vial N° 13					PROCESADO POR :	BACH. EDUARDO COURT			
TIPO DE SUP:	Monocapa					REVISADO POR :	ING. EDWIN APOLINARIO M.			
TRAMO:	Km 209+000 - Km 213+000					LADO:	DERECHO			
Progresiva	Lecturas de VB ($\times 10^{-2}$ mm)				Espesor (cm)	T (°C)	Deflexiones ($\times 10^{-2}$ mm)			
	L ₂₅	L ₅₀	L ₇₀	LF			D _{máx}	D ₂₅	D ₅₀	D ₇₀
209+000	2	6	8	10	0.9	23.6	0.40	0.32	0.16	0.08
209+100	2	6	11	15	0.6	23.0	0.60	0.52	0.36	0.16
209+200	2	5	8	13	0.7	23.1	0.52	0.44	0.32	0.20
209+300	3	7	11	15	0.6	22.6	0.60	0.48	0.32	0.16
209+400	3	9	14	17	0.6	25.1	0.68	0.56	0.32	0.12
209+500	3	9	17	26	0.5	24.9	1.03	0.92	0.68	0.36
209+600	5	18	24	54	1.0	28.2	2.14	1.94	1.42	1.19
209+700	2	4	7	11	0.7	25.1	0.44	0.36	0.28	0.16
209+800	2	6	8	10	0.7	25.5	0.40	0.32	0.16	0.08
209+900	2	5	7	9	0.9	24.9	0.36	0.28	0.16	0.08
210+000	3	7	11	22	0.8	25.1	0.87	0.76	0.60	0.44
210+100	4	12	21	37	0.6	21.3	1.48	1.32	1.00	0.64
210+200	2	4	5	7	1.1	26.1	0.28	0.20	0.12	0.08
210+300	3	9	14	29	0.6	26.1	1.15	1.03	0.80	0.60
210+400	2	5	7	10	0.7	25.9	0.40	0.32	0.20	0.12
210+500	3	6	16	22	0.6	26.9	0.87	0.75	0.64	0.24
210+600	2	4	7	11	0.6	27.0	0.44	0.36	0.28	0.16
210+700	4	11	23	42	0.6	27.8	1.67	1.51	1.23	0.75
210+800	2	4	5	7	0.7	25.2	0.28	0.20	0.12	0.08
210+900	2	4	5	6	0.5	26.9	0.24	0.16	0.08	0.04
211+000	1	2	3	4	0.5	28.3	0.16	0.12	0.08	0.04
211+100	2	6	9	12	0.6	14.9	0.48	0.40	0.24	0.12
211+200	3	7	9	12	0.4	17.3	0.48	0.36	0.20	0.12
211+300	3	8	11	15	0.6	17.3	0.60	0.48	0.28	0.16
211+400	1	6	7	9	0.5	16.6	0.36	0.32	0.12	0.08
211+500	3	10	13	36	0.9	17.9	1.44	1.32	1.04	0.92
211+600	3	8	12	33	1.1	16.8	1.32	1.20	1.00	0.84
211+700	1	5	9	17	0.8	16.6	0.68	0.64	0.48	0.32
211+800	2	6	10	22	0.6	18.9	0.88	0.80	0.64	0.48
211+900	2	6	7	25	0.5	20.1	1.00	0.92	0.76	0.72
212+000	1	3	4	15	0.4	17.9	0.60	0.56	0.48	0.44
212+100	1	2	3	16	0.5	17.8	0.64	0.60	0.56	0.52
212+200	3	4	6	10	0.4	17.8	0.40	0.28	0.24	0.16
212+300	3	7	10	25	0.4	19.5	1.00	0.88	0.72	0.60
212+400	4	10	15	37	0.5	17.5	1.48	1.32	1.08	0.88
212+500	3	6	8	11	0.5	19.4	0.44	0.32	0.20	0.12
212+600	7	10	12	14	0.6	16.9	0.56	0.28	0.16	0.08
212+700	3	8	11	16	0.5	19.0	0.64	0.52	0.32	0.20
212+800	2	4	6	8	0.5	19.0	0.32	0.24	0.16	0.08
212+900	7	18	24	28	0.6	20.5	1.12	0.84	0.40	0.16
213+000	1	7	9	17	0.4	20.3	0.68	0.64	0.40	0.32

Fuente: Convenio UNI – MTC

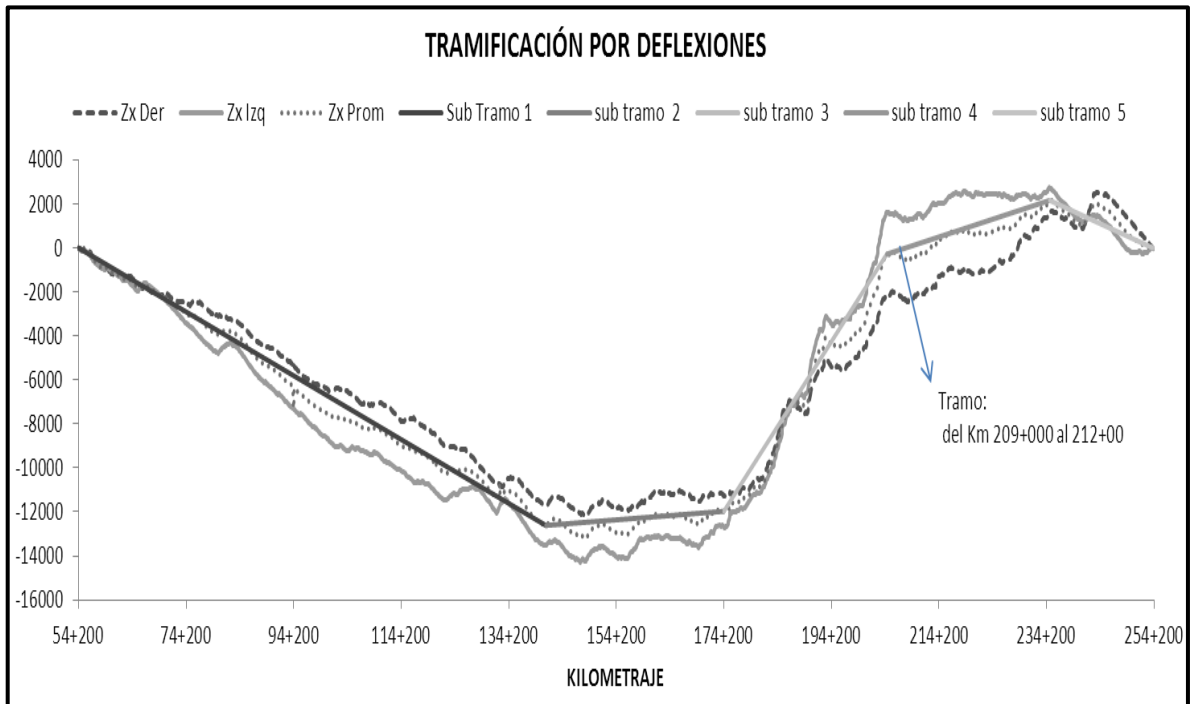


Figura 2.4: Tramificación con datos Deflectometricos (Convenio UNI-MTC).

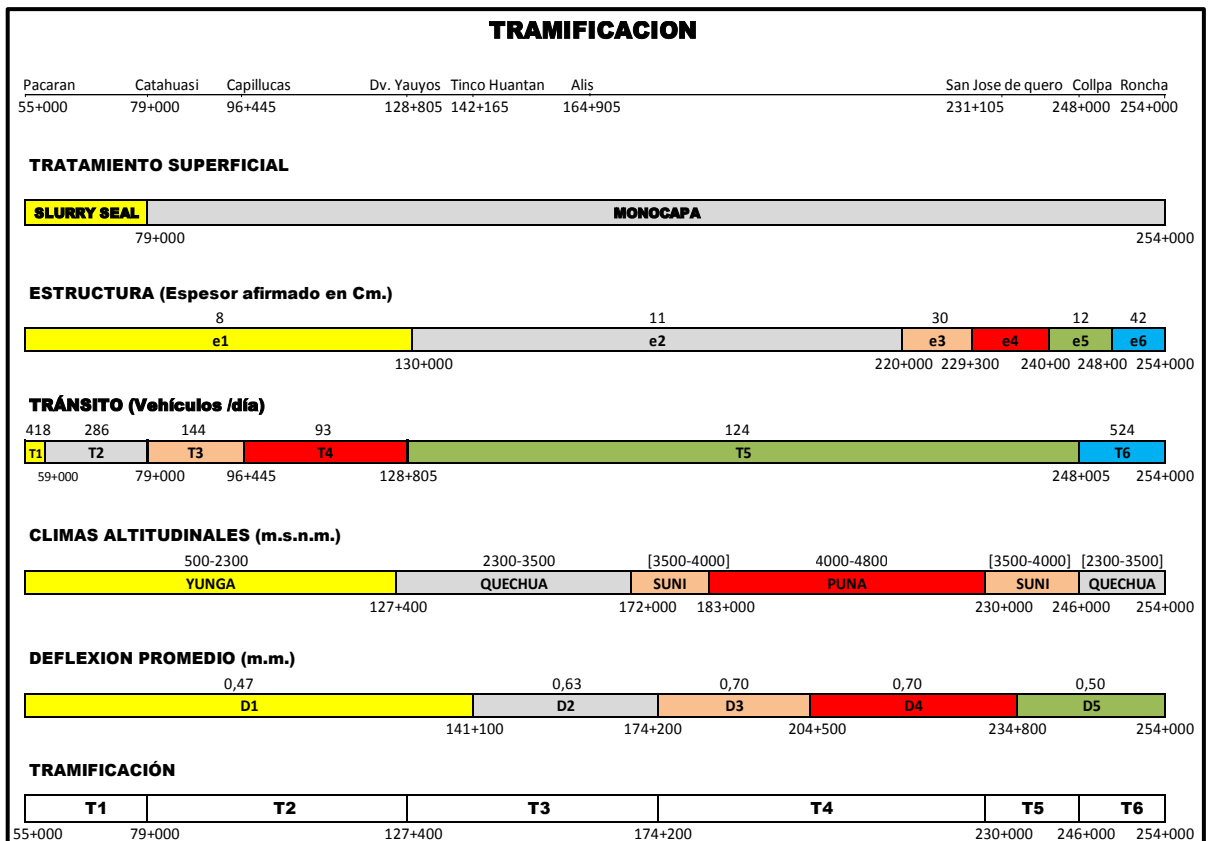


Figura 2.5: Tramificación de la carretera Pacarán – Roncha (Convenio UNI-MTC).

2.5 Sección Representativa

En la figura 2.5 se presenta la tramificación de la vía, en la cual se aprecia que existen muchos sub tramos a lo largo de la carretera. Para realizar la aplicación de los métodos de evaluación superficial, se elige el tramo cuatro T4, por que presenta las mayores deflexiones y las condiciones climáticas desfavorables para la conservación del pavimento, además está expuesto a tráfico liviano y sobre todo pesado; por lo que se espera obtener la mayoría de manifestaciones de deterioro superficial del pavimento básico en el tramo elegido.

2.5.1 Ubicación del tramo seleccionado

El tramo seleccionado para la evaluación superficial se encuentra ubicado entre los departamentos de Lima y Junín, teniendo como progresiva de inicio Km 209+000 y progresiva final Km 212+000, la cual se ubica entre las abras de Chaucha y Negro Bueno, sobre las cotas de 4,751 a 4,666 msnm respectivamente. En la figura 2.6 se presenta la ubicación del tramo seleccionado.

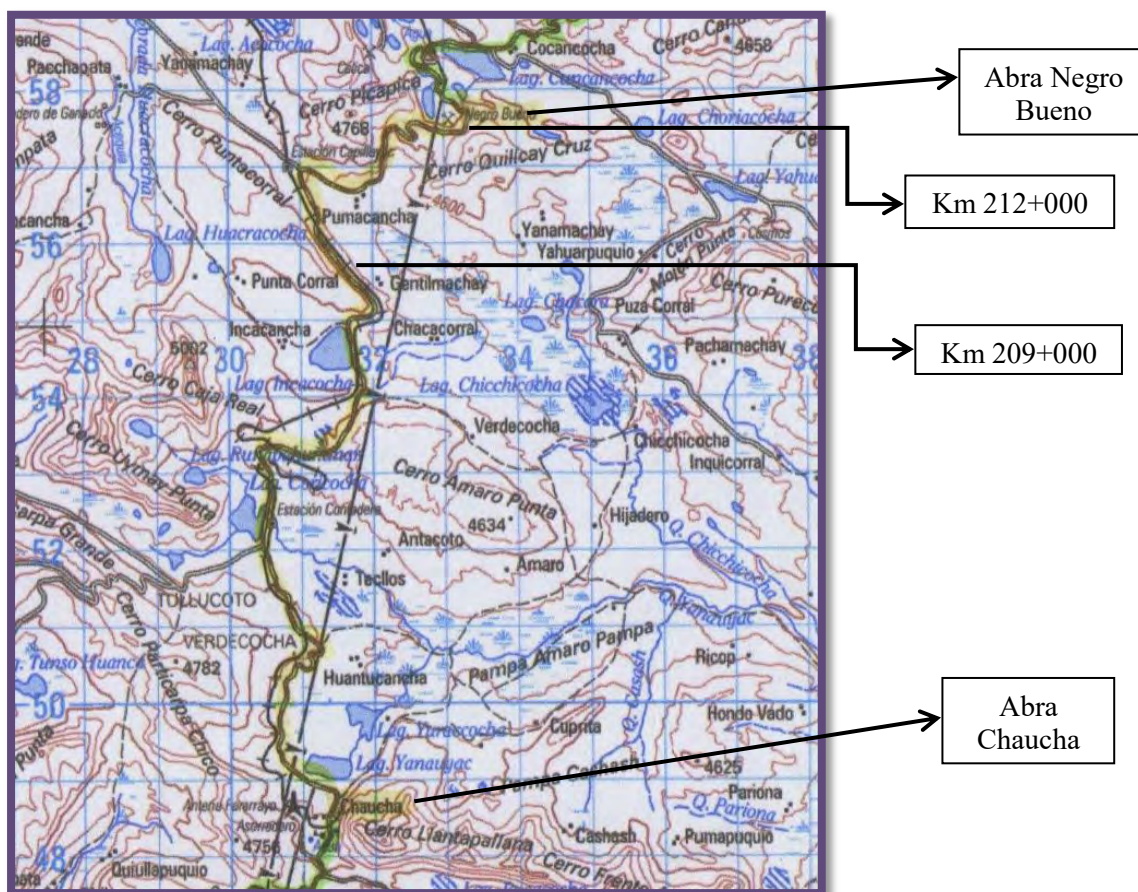


Figura 2.6. Ubicación del tramo seleccionado como sección representativa

La carretera recorre zona de Puna, donde se aprecia, lagunas, topografía semi ondulada, con pendientes entre 4 a 6%, además la presencia de pequeños desarrollos hasta el paraje de Negro Bueno en el Km 213+125.

2.5.2 Características Geométricas

A continuación se muestra las características geométricas de la sección del tramo seleccionado:

- Ancho de Calzada	:	3.3 – 6.70 m
- Berma	:	Sin berma
- Bombeo	:	0%
- Base estabilizada	:	5 cm
- Espesor de afirmado	:	11 cm
- Capa de protección	:	Monocapa de 0.9 cm
- Cunetas	:	Tipo tierra de 0.50m x 0.15m

2.5.3 Características del pavimento

La estructura del pavimento está compuesta por un afirmado estabilizado con emulsión asfáltica de 5cm de espesor en promedio. El afirmado fue estabilizado con emulsión catiónica de rotura lenta CSS-1h, la cantidad de emulsión asfáltica para la estabilización fue de 2% de asfalto residual

El revestimiento del afirmado estabilizado está compuesto por dos tipos de tratamientos superficiales: Tratamiento superficial monocapa y slurry seal. El espesor de ambos tratamientos superficiales es de 1 cm.

En la foto 2.1 se ilustra el tratamiento superficial con monocapa, que fue realizado con asfalto RC250 con un rendimiento de 0.31 Gln/m² y agregados de diámetro 3/8" con un rendimiento de 0.015 m³/m².

En los tramos con tratamiento superficial de slurry seal, el material asfáltico es de tipo II y fue diseñada con emulsión catiónica superestable de rotura lenta, de viscosidad relativa uno y de base asfáltica consistente o dura (C.S.E.-1h).

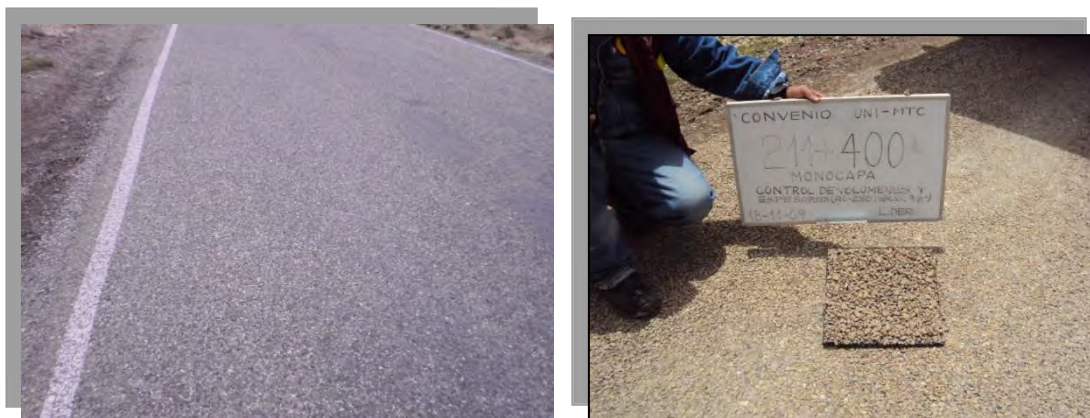


Foto 2.1. Tratamiento superficial sobre base estabilizada con monocapa.

2.6 Condiciones ambientales influyentes

El efecto del medio ambiente sobre la evolución del deterioro es un factor que, en la medida que avanzan las investigaciones, adquiere cada vez más importancia y significación. Ello implica, en primer lugar, que los resultados que se obtienen de estudios empíricos realizados bajo condiciones medioambientales determinadas, deben

ser cuidadosamente evaluados antes de adoptarlos en otras circunstancias y condiciones. Se ha comprobado que el medio ambiente deteriora un camino aún cuando éste no está en uso.

Por una parte el medio ambiente altera las propiedades de algunos materiales y, por otra, crea condiciones que aceleran el deterioro; el agua altera la capacidad de soporte de los suelos, sean de la subrasante o constituyan la carpeta de rodadura; el oxígeno contenido en el aire y el agua oxidan el asfalto, haciendo que las mezclas se tornen más rígidas con el tiempo y, por lo tanto, soporten deflexiones menores; el tiempo que demora en evacuarse el agua que satura una base es un factor determinante en el proceso de deterioro, tanto de los pavimentos de hormigón como de los de asfalto, etc.

2.6.1 Hidrología y Drenaje

De acuerdo a la información analizada se observa que el régimen hidrológico de la zona de estudio corresponde a un clima templado, lluvioso, con precipitación en todas las estaciones del año.

Referente a las obras de drenaje del sector evaluado, existen alcantarillas que se encuentran en buen estado de conservación.

Las cunetas están excavadas en tierra y carecen de revestimiento. Se encuentran en regular estado de conservación en el tramo seleccionado, en otros tramos se encuentran en mal estado de conservación, presentan una considerable erosión.



Foto 2.2. Socavación en cuneta sin revestir que reduce la sección de la vía

2.6.2 Suelos

La cuenca está conformada por suelos relativamente profundos, textura media, ácidos con influencia volcánica, presentan también suelos de mal drenaje, suelos orgánicos y litosoles. En la mayor parte estos suelos están siendo usados como zonas de pastoreo por la predominancia de gramíneas que presenta esta zona.

La tabla 2.5 presenta el resultado del ensayo de Relación de Soporte de California CBR, la cual indica la resistencia al corte del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas.

Tabla 2.5: Estudio de Suelos- Capacidad Portante CBR

SECTOR		CBR (%) AL 95% DE MDS	CALIFICACIÓN.
54+450	130+000	20	REGULAR
130+000	220+000	18	REGULAR
220+000	240+000	5	MALO
240+000	248+000	15	REGULAR
248+000	258+000	4	MALO

Fuente: Consorcio de Gestión de Carreteras (CGC)

El tramo en estudio se encuentra en el sector con un número de CBR de 18, al cual le corresponde una calificación de regular y se puede usar en Sub base.

En la tabla 2.6 se presenta la clasificación de suelos con muestras obtenidas por medio de calicatas en las progresivas indicadas.

El tipo de suelo que corresponde a la calicata C-8 se ubica en la progresiva 211+365 y presenta un estrato de grava limosa sobre limo de baja plasticidad, pero en el tramo seleccionado predomina la arcilla de baja plasticidad.

Tabla 2.6: Estudio de Suelos- Clasificación SUCS y AASHTO

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Km	Análisis Granulométrico		Límites de Atterberg		
				SUCS	AASHTO	L.L.	L.P.	I.P.
C-7	M-1	0.00 - 1.00	205+200	CL	A-6	33.06	NP	NP
	M-2	1.00 - 1.50	205+200	CL	A-7-6	41.61	21.88	19.74
C-8	M-1	0.30 - 1.00	211+635	GM	A-2-6	17.96	NP	NP
	M-2	1.00 - 1.50	211+635	ML	A-2-6	20.78	NP	NP
C-9	M-1	0.00 - 0.85	215+200	CL	A-4	25.91	17.95	7.97
	M-2	0.85 - 1.10	215+200	SM-SC	A-2-4	22.44	15.91	6.53

Fuente: Convenio UNI-MTC

2.6.3 Tránsito

El tránsito solicitante es un factor de primera importancia a la hora de determinar o predecir el daño en el tiempo que sufrirá un pavimento en un periodo dado.

El tránsito usuario es el que impone las solicitaciones que deben ser soportadas por la estructura del pavimento, está compuesto por una gran variedad de vehículos en la misma vialidad (Vehículos de diferentes características, vehículos tirados por animales, motocicletas, bicicletas, etc.), por lo tanto, influyen de diferentes formas en el deterioro. En los cálculos de espesores de carpetas de rodadura con revestimiento los vehículos livianos tienen una influencia casi nula, por lo que suelen despreciarse. En las carpetas granulares, sin embargo, al circular a velocidades mayores que los de las otras categorías, son determinantes en los cambios de propiedades del material, pues provocan pérdidas de la fracción fina, especialmente durante la temporada seca, y desplazamientos en la fracción gruesa.

Las otras categorías, generalmente denominadas vehículos comerciales, son las responsables de las solicitaciones que afectan a la estructura de rodadura o pavimento y, por lo tanto, las que más influyen en el progresivo deterioro que ella experimenta.

La capa de rodadura o pavimento se diseña para soportar un determinado número de solicitaciones, cuyos pesos presentan una cierta distribución dentro de un rango preestablecido, de manera que en la medida que en la realidad esas condiciones se ajusten a lo presupuestado el deterioro seguirá la tendencia prevista.

2.6.4 Propiedades de materiales

Estos incluyen las propiedades principales de ingeniería de los materiales usadas en la construcción del pavimento, como propiedades de resistencia o de capacidad portante, gradación, mezcla, módulos de elasticidad y resiliencia y coeficiente de Poisson en comparación con el material de la construcción demandado.

Efectivamente, bajo un gran número de aplicaciones de carga, los materiales tienden a fracturarse o bien a acumular deformación, dependiendo de su rigidez inicial, lo que causa algunos de los deterioros más significativos en la superficie de rodamiento de los pavimentos.

Entre los factores principales que determinan la deformación permanente se encuentran: nivel de esfuerzos; número de aplicaciones de carga; tipo y contenido de asfalto; tipo y contenido de modificadores; características de las partículas; estado físico del suelo (peso volumétrico y contenido de agua); temperatura, entre otros.

Otros factores como las características geométricas de la carretera (planta y perfil longitudinal, drenaje, etc.), diseño y los factores de la construcción como espesor del pavimento, tipo de mantenimiento, característica de la superficie (microtextura y macrotextura), y la calidad de trabajos de construcción y mantenimiento.

CAPITULO III: APLICACIÓN EN LA CARRETERA CAÑETE-CHUPACA

3.1 Generalidades

Debido al complejo comportamiento del pavimento básico existe la necesidad de adoptar métodos de evaluación del pavimento que considere diversos factores que afectan su desempeño durante la vida útil. Esta no es una tarea fácil, porque involucra el análisis no solamente de los aspectos estructurales del pavimento, sino también factores económicos, nivel de servicio de la vía y grado de seguridad que le brinda al usuario.

En este capítulo, se realiza la aplicación de diversas metodologías de evaluación visual de la condición superficial del pavimento, indicados en el capítulo I, en el tramo elegido que comprende desde la progresiva Km 209+000 al Km 212+000, en la carretera de Cañete a Chupaca.

3.2 Evaluación del estado de la vía

Las actividades relacionados a la evaluación del pavimento implican el conocimiento del estado actual de la carretera, es decir, las necesidades de realizar: Evaluación estructural, Evaluación condición superficial, Evaluación de la adherencia y Evaluación funcional.

3.2.1 Evaluación Estructural.-

Se realiza mediante ensayos destructivos y no destructivos. Para los ensayos de deflexiones se usa la Viga Benkelman de brazo simple y el método Canadiense para la determinación de curvas de deflexiones; también se emplea la Viga Benkelman de 2 brazos, que permite solamente la medición de la deflexión máxima y la deflexión a 25 cm. Los métodos de análisis utilizados han sido empíricos y mecánicos. A partir de los años noventa se realizaron en nuestro país estudios con el deflectómetro de impacto (Falling Weight Deflectometer) y el modelo multicapas elástico para el análisis. En el año 2004 se realizó el primer inventario de la red vial nacional, en donde se utilizó el deflectómetro de impacto y desde entonces el Ministerio de Transportes exige el uso de dicho equipo para los estudios de evaluación de pavimentos, en forma alternativa a la Viga Benkelman.

3.2.2 Evaluación de la Condición Superficial.-

En nuestro medio se usó por muchos años el método del método del Consorcio de Rehabilitación Vial y en la actualidad se utiliza el método del PCI para definir la condición del pavimento, además con ayuda de la modernización tecnológica se usa un sistema de inventariado videográfico georeferenciado de alto pixelado, denominado YonaPMS, la cual es un sistema totalmente integrado de video digital. Este sistema único se hace referencia en Sistemas de Información Geográfica (SIG)

y genera datos para la evaluación del estado del pavimento, El sistema es modular y personalizable, y está diseñado para administrar las redes de infraestructura de transporte como carreteras, aeropuertos, vías férreas y centros urbanos.

3.2.3 Evaluación de la Adherencia.-

La adherencia neumático-calzada es una de las características superficiales del pavimento que tiene influencia en la seguridad del conductor, ya que permite: Reducir la distancia de frenado y Mantener, en todo momento, la trayectoria deseada del vehículo. Para el caso de los parámetros de seguridad del pavimento, la Microtextura puede ser considerada a través de la determinación del Coeficiente de Fricción mediante el Péndulo de Fricción del Transport Research Laboratory (TRL) o Péndulo Inglés. En cuanto a la Macrotextura, se determina con el ensayo de Parche de Arena. Consiste en esparcir un volumen conocido de arena de granulometría normalizada sobre el camino en forma circular con un accesorio de caucho, y valorar luego cuál es la altura de arena (HS) que entró, en promedio, en el círculo definido a través de una expresión matemática.

3.2.4 Evaluación Funcional del Pavimento.-

Desde la década de los noventa se usa el perfilómetro estático denominado Merlín, desarrollado por el Laboratorio Británico de Investigación de Caminos y Transportes (TRRL). También se han empleado equipos tipo respuesta como es el caso del rugosímetro inglés Bump Integrator. En los últimos años se ha empezado a realizar mediciones con el perfilómetro inercial o láser RSP (Road Surface Profile) propiedad de la firma TNM y fabricado por Dynatest; Se han realizado correlaciones entre el Merlín y RSP con un alto coeficiente de determinación. El IRI es utilizado, para fines de evaluación, para el cálculo del PSI (Present Serviceability Index del método AASHTO) mediante la correlación desarrollada por el Banco Mundial en el International Road Roughness Experiment de Brasil.

La evaluación del estado de la vía comprende la consideración de las variables que se presenta en el diagrama de la figura 3.1, la cual corresponde a la Norma Técnica sobre rehabilitación de pavimentos urbanos del Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas ITINTEC.

El diagrama ilustra los requisitos para la evaluación con fines de conservación y mantenimiento de los pavimentos, además debe resaltarse que es muy importante contar con métodos adecuados para realizar la inspección visual y evaluación de la condición superficial del pavimento.

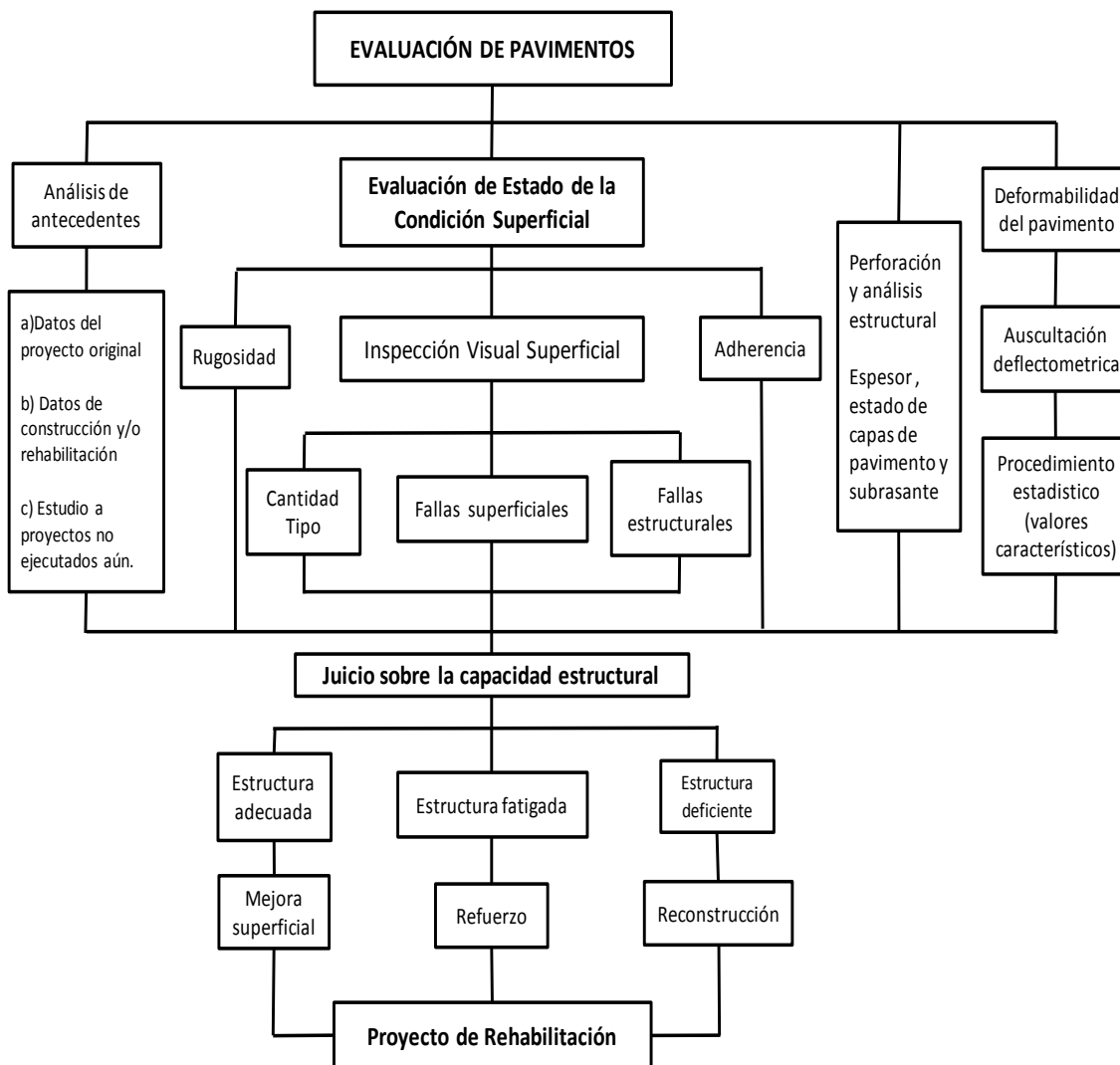


Figura 3.1 Diagrama de Evaluación de Pavimentos

3.3 Rugosidad del pavimento

El grado de irregularidad longitudinal del pavimento influye en el nivel de comodidad y tiempo de transporte de los usuarios que transitan por la vía, así como en los costos de operación vehicular. La unidad de medición de rugosidad que se emplea es el IRI (International Roughness Index), parámetro desarrollado por el Banco Mundial para uniformizar los diversos criterios que existen para medir y calibrar la rugosidad de los pavimentos.

En la tabla 3.1 se presenta la información reportada al MTC por la UNI en los informes presentados en el año 2010, como parte de los trabajos de monitoreo de la carretera Cañete - Chupaca.

Las mediciones de la rugosidad se efectuaron de manera continua y se presenta cada 400 m por medio del uso del Bump Integrator.

Tabla 3.1. Índice de Rugosidad con Bump Integrator

ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL CON BUMP INTEGRATOR					
PROYECTO: Corredor Vial N° 13			PROCESADO POR : BACH. EDUARDO COURT		
TIPO DE SUP: Monocapa			REVISADO POR: ING. EDWIN APOLINARIO		
TRAMO: Km 79+000 - Km 227+000			LADO: SOBRE LA HUELLA		
N°	PROGRESIVA km		BI	IRI (m/km)	FECHA
	INICIO	FIN			
327	209+000	209+400	1119	3,73	17/05/2010
328	209+400	209+800	1219	3,97	17/05/2010
329	209+800	210+200	1625	5,97	17/05/2010
330	210+200	210+600	1406	4,69	17/05/2010
331	210+600	211+000	1015	3,59	17/05/2010
332	211+000	211+400	1987	9,14	17/05/2010
333	211+400	211+800	1601	5,80	17/05/2010
334	211+800	212+200	1892	8,18	17/05/2010
335	212+200	212+600	1561	5,54	17/05/2010
336	212+600	213+000	2030	9,60	17/05/2010
337	213+000	213+400	2001	9,29	17/05/2010

Fuente: Convenio UNI – MTC

En la tabla 3.2 se presenta los rangos de variación del IRI en diversos países y en el caso de nuestro país, se han fijado valores del IRI para vías pavimentadas como señala el manual de conservación de la Red Vial Nacional del Ministerio de Transportes y Comunicaciones República del Perú (MTC 2007).

Tabla 3.2. Rangos de calificación del IRI en algunos países

RANGOS TÍPICOS DEL IRI EN PAVIMENTO ASFÁLTICO				
Condición de la carretera	CHILE	HONDURAS	URUGUAY	PERÚ
Bueno	< 3 m/Km	< 3.5	< 3.9	< 2.8
Regular	3 a 4	3.5 a 6	4 a 4.6	2.8 a 4.0
Malo	> 4	> 6	> 4.6	4.0 a 5.0
Muy Malo				> 5

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.3 se presenta el rango de calificación del IRI que se adapta a la condición de la carretera con pavimento básico, considerando entre otros criterios, que este tipo de pavimento presenta valores en el rango que se indica en términos de IRI, cuya unidad de medida es el m/Km.

Tabla 3.3. RANGOS DE CALIFICACION DEL IRI Rangos de calificación del IRI en tramo seleccionado

VARIABLE	BUENO	REGULAR	MALO
IRI (m/Km)	<3	3 a 5	≥ 5

Con los valores obtenidos de la tabla 3.1 y con los rangos de la tabla 3.3 se presenta la figura 3.2, en la cual se ilustra la variación del IRI en el tramo seleccionado, dos meses antes de la recopilación visual de la información de campo, para la evaluación de la condición superficial del pavimento básico, aplicando diversos métodos.

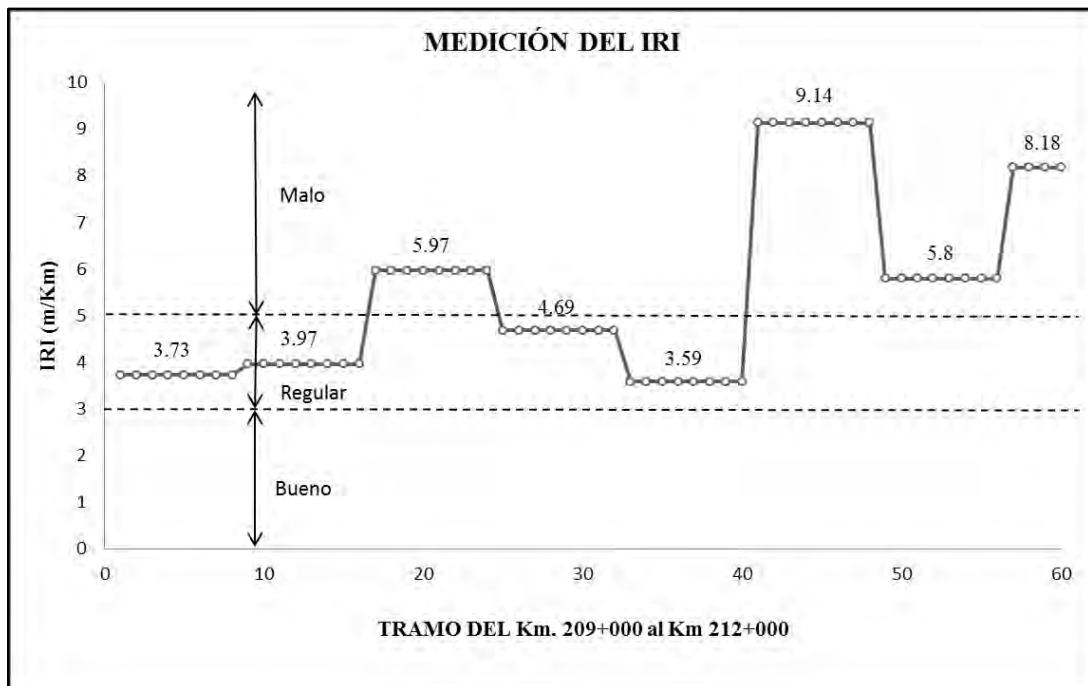


Figura 3.2. Condición del pavimento en términos del IRI (e.p.)

Solo el IRI no puede ser considerado como parámetro de intervención : Al-Omari y Darter (1995), así como Loizos y Plati (2002) proponen que para caminos pavimentados, existe una gran cantidad de deterioros como el desprendimiento de áridos y la fisuración de borde que, al presentarse en menor grado de severidad, no afectan al perfil longitudinal (IRI). Estos y otros deterioros comienzan a afectar al IRI cuando la severidad ya es mayor. Por lo tanto, si el pavimento no es intervenido sino hasta cuando ya esté muy rugoso (valor alto del IRI), los costos de rehabilitación pueden ser bastante altos. Es por esto que, concluyen, no se puede

tomar solo al IRI como umbral de intervención, sino que es conveniente fijar otros umbrales basados en otros deterioros.

“Establecer umbrales de actuación consiste en definir los límites a partir de los cuales se debe materializar alguna acción de conservación” (de Solminihaç, 2001).

El IRI es propuesto como umbral de intervención en múltiples documentos, debido a que representa de muy buena forma la percepción del usuario y los deterioros presentes en el camino.

3.4 Serviciabilidad.-

El concepto de serviciabilidad, según la *American Association of State Highway Officials* (AASHO), debe ser definida en relación al propósito de un pavimento construido, esto es, proveer un viaje confortable, seguro y suave a los usuarios. Durante este ciclo el pavimento inicia su vida en una condición perfecta hasta alcanzar una condición mala. La disminución de su condición o “serviciabilidad” a lo largo del tiempo es conocida como desempeño.

La determinación del desempeño de tratamientos superficiales implica un estudio de su comportamiento funcional. El termino evaluación funcional fue introducido para representar los procesos de identificación y caracterización de diversos aspectos relacionados a las condiciones de superficie de rodadura, incluyendo cuestiones relacionadas al confort y seguridad del tráfico, en las condiciones operacionales de la vía en un momento determinado de su vida de servicio.

Para conocer adecuadamente el termino desempeño en tratamientos superficiales es necesario que se definan los diversos conceptos asociados a los tratamientos superficiales y los materiales principales que se utilizan en su construcción, también hacer una breve revisión de los índices que miden la comodidad al desplazamiento, principalmente el desarrollado para proporcionar una irregularidad longitudinal a través del perfil longitudinal de la vía.

Se consideran tres indicadores para medir la serviciabilidad de un pavimento:

1.-El rango de serviciabilidad presente (Present Serviciabilidad Rating – PSR)

Se determinarse a partir del promedio de las evaluaciones de todos los usuarios. Este promedio da origen al PSR, el cual por naturaleza, tiene carácter subjetivo.

2.-El índice de serviciabilidad presente (Present Serviciability Index – PSI)

Hay algunas características físicas del pavimento que pueden medirse objetivamente y pueden relacionarse con las evaluaciones subjetivas. El cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento

3.-El índice de condición del pavimento (PCI Pavement Condition Index)

Los resultados de los ensayos realizados en la AASHO Road Test en 1962, mostraron que la gran mayoría de las informaciones sobre serviciabilidad del pavimento era atribuida a la irregularidad longitudinal del perfil superficial, o sea, las medidas de irregularidad buscaba estimar la serviciabilidad del pavimento existente.¹

Muchos investigadores consideran que los valores del PSR o PSI no son suficientes para decidir si es necesario realizar el recapado, razón por la cual recomiendan usar métodos de evaluación superficial siendo el más conocido el PCI por que considera además de la rugosidad las diferentes fallas que presenta el pavimento y su grado de severidad; sin embargo existen otros métodos como por ejemplo el VIZIR que cumplen el mismo objetivo y su metodología de cálculo es más sencillo, razón por la cual se viene usando en diferentes países del mundo.

La determinación analítica del PSI se efectúa utilizando la expresión establecida por Sayers, que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviciabilidad.

El Índice de Serviciabilidad Presente se calcula según la expresión desarrollada por SAYERS M.W., 1986 y tiene la siguiente forma:

$$R = 5.5 \text{ LN} \left(\frac{5.0}{\text{PSI}} \right) \pm 25\% , \text{ para } R < 12$$

Donde:

R= Rugosidad en IRI

PSI= Índice de Serviciabilidad Presente

Tabla 3.4. Equivalencia entre Serviciabilidad y el IRI

Serviciabilidad	Descripción	Rugosidad
p		IRI
0-1	Muy malo	∞-9
1-2	Malo	9-5
2-3	Regular	5-3
3-4	Bueno	3-1
4-5	Muy bueno	1-0

Fuente: Adaptación del AASHO (1,962)

¹ Bariani Bernucci, Liedt, Laura Maria Goretti da Motta, Jorge Augusto Pereira Ceratti, y Jorge Barbosa Soares. *Pavimentación Asfáltica*. Rio de Janeiro, Brasil: Abeda, 2008.

En la tabla 3.5 se presenta la escala de evaluación de 0 a 5. En ella una evaluación con nota 5 significa una superficie perfecta, mientras que una nota 0 significa intransitable.

Tabla 3.5. Escala de calificación de serviciabilidad según AASHO

CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
NUMÉRICA	VERBAL	
5-4	Muy Bueno	Sólo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficientemente confortables y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o rehabilitados durante el año de inspección normalmente obtendrían esta clasificación.
4-3	Bueno	Los pavimentos de esta categoría presentan una transitabilidad confortable, con muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y figuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un leve deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
3-2	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento.
2-1	Malo	Los pavimentos de esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento, ahuellamiento y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas, escalonamientos, parches, agrietamiento y bombeo.
1-0	Muy Malo	Los pavimentos de esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de transitabilidad. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Fuente : AASHO, 1962

La Transitabilidad de la vía, es decir, la adjetivación de la calidad de servicio que brinda en un momento determinado el pavimento, se evalúa en función de los valores de PSI calculados, de acuerdo a los rangos indicados en la tabla 3.5.

Con la relación de equivalencia indicada en la tabla 3.4, se presenta en la tabla 3.6 un resumen de la equivalencia entre la serviciabilidad y el IRI.

Tabla 3.6. Equivalencia entre la Serviciabilidad y el IRI (Km 209+000 al 211+000)

Tramo	ANCHO DE VÍA(m)		IRI		Serviciabilidad	
	inicio	fin	valor	Calificación	valor	Calificación
1	6.3	6.3	3.73	Regular	2-3	Regular
2	6.3	6.3	3.73	Regular	2-3	Regular
3	6.3	5.5	3.73	Regular	2-3	Regular
4	5.5	5.5	3.73	Regular	2-3	Regular
5	5.5	5.6	3.73	Regular	2-3	Regular
6	5.6	6.3	3.73	Regular	2-3	Regular
7	6.3	5.6	3.73	Regular	2-3	Regular
8	5.6	5.5	3.73	Regular	2-3	Regular
9	5.5	5.15	3.97	Regular	2-3	Regular
10	5.15	5.1	3.97	Regular	2-3	Regular
11	5.1	5.4	3.97	Regular	2-3	Regular
12	5.4	4.45	3.97	Regular	2-3	Regular
13	4.45	5.8	3.97	Regular	2-3	Regular
14	5.8	4.7	3.97	Regular	2-3	Regular
15	4.7	4.7	3.97	Regular	2-3	Regular
16	4.7	5.3	3.97	Regular	2-3	Regular
17	5.3	5.2	5.97	Malo	1-2	Malo
18	5.2	4.9	5.97	Malo	1-2	Malo
19	4.9	5	5.97	Malo	1-2	Malo
20	5	5.1	5.97	Malo	1-2	Malo
21	5.1	5.2	5.97	Malo	1-2	Malo
22	5.2	4.8	5.97	Malo	1-2	Malo
23	4.8	5.3	5.97	Malo	1-2	Malo
24	5.3	5.1	5.97	Malo	1-2	Malo
25	5.1	6.2	4.69	Regular	2-3	Regular
26	6.2	5.1	4.69	Regular	2-3	Regular
27	5.1	5.5	4.69	Regular	2-3	Regular
28	5.5	4.2	4.69	Regular	2-3	Regular
29	4.2	4.7	4.69	Regular	2-3	Regular
30	4.7	4.8	4.69	Regular	2-3	Regular
31	4.8	4.5	4.69	Regular	2-3	Regular
32	4.5	4.2	4.69	Regular	2-3	Regular
33	4.2	4.3	3.59	Regular	2-3	Regular
34	4.3	3.95	3.59	Regular	2-3	Regular
35	3.95	3.8	3.59	Regular	2-3	Regular
36	3.8	4	3.59	Regular	2-3	Regular
37	4	3.9	3.59	Regular	2-3	Regular
38	3.9	5.5	3.59	Regular	2-3	Regular
39	5.5	4.7	3.59	Regular	2-3	Regular
40	4.7	4.8	3.59	Regular	2-3	Regular

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7. Equivalencia entre la Serviciabilidad y el IRI (Km 211+000 al 212+000)

Tramo	ANCHO DE VÍA(m)		IRI		Serviciabilidad	
	inicio	fin	valor	Calificación	valor	Calificación
41	4.8	4.9	9.14	Malo	0-1	Muy Malo
42	4.9	5	9.14	Malo	0-1	Muy Malo
43	5	5.1	9.14	Malo	0-1	Muy Malo
44	5.1	5.1	9.14	Malo	0-1	Muy Malo
45	5.1	4.7	9.14	Malo	0-1	Muy Malo
46	4.7	4.8	9.14	Malo	0-1	Muy Malo
47	4.8	4.6	9.14	Malo	0-1	Muy Malo
48	4.6	5.1	9.14	Malo	0-1	Muy Malo
49	5.1	4	5.8	Malo	1-2	Malo
50	4	4.9	5.8	Malo	1-2	Malo
51	4.9	4.2	5.8	Malo	1-2	Malo
52	4.2	4	5.8	Malo	1-2	Malo
53	4	4.5	5.8	Malo	1-2	Malo
54	4.5	4.8	5.8	Malo	1-2	Malo
55	4.8	3.9	5.8	Malo	1-2	Malo
56	3.9	3.6	5.8	Malo	1-2	Malo
57	3.6	3.3	8.18	Malo	1-2	Malo
58	3.3	3.5	8.18	Malo	1-2	Malo
59	3.5	4.5	8.18	Malo	1-2	Malo
60	4.5	3.5	8.18	Malo	1-2	Malo

Fuente: Elaboración propia

3.5 Auscultación visual de fallas

Con la finalidad de poder identificar los diversos tipos de deterioro de los pavimentos, existen diversos métodos de evaluación superficial indicados en el capítulo I o sistemas de auscultación visual de fallas, que permite a través de un muestreo, reconocer las fallas existentes y con ello caracterizar el estado funcional y de servicio del pavimento.

La medición de la calidad de un pavimento presenta una dificultad conceptual que depende del objetivo de la evaluación. Toda evaluación de la condición estructural o bien de la condición funcional de una vía, debe complementarse con métodos de auscultación visual basados en criterios de evaluación estandarizados, de modo que, los resultados reflejen de modo integral la condición del tramo evaluado.

Esta es una de las herramientas más poderosas en las rehabilitaciones de pavimentos y forma parte esencial de toda la investigación. La inspección visual se realiza generalmente en dos etapas:

a) Inspección visual inicial.

En este caso se pretende obtener una inspección general del proyecto y definir los límites de secciones homogéneas, en las que se tengan tipos y niveles similares de deterioro, diseño, historia de construcción, tráfico o bien se parcializa el pavimento a estudiar tomando como referencia puntos singulares de fácil identificación, generándose de esta forma tramos de trabajo que serán objeto, en la inspección visual detallada, de un análisis más minuciosos. Generalmente esta tarea se realiza sobre un vehículo conduciendo a baja velocidad abarcando toda la longitud de la vía.

b) Inspección visual detallada.

Esta etapa consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella, tomando todas las medidas de seguridad necesarias. El trabajo es realizado sobre secciones homogéneas o sobre los tramos parcializados. Se toman nota detalladas de las fallas encontradas en la superficie, y se anotan observaciones adicionales como; estado del drenaje (conformación de cunetas, estado de banquetas, etc.), aspectos geométricos (pendientes, curvaturas, terraplenes, etc.), carril más deteriorado, accesos y la situación actual de los sistemas de drenajes.

3.5.1 Definición de fallas de pavimentos

En términos generales se entenderá por falla o deterioro del pavimento a una serie de manifestaciones en la superficie de rodadura, originando una circulación vehicular menos segura, inconfortable y que los costos de operación sean mayores; por lo que en estos casos debe analizarse cuidadosamente las causas de falla que los originan. En términos generales se pueden especificar cinco causas:

- Diseño insuficiente de la superestructura.
- Inestabilidad de las obras de tierra.
- Deficiencias constructivas.
- Solicitaciones no previstas.
- Inadecuado mantenimiento.

3.5.2 Manifestaciones de deterioro de pavimentos básicos

Los diferentes modos y tipos de falla se describe en función de su severidad, frecuencia y localización, de esta manera se tiene una herramienta importante a la hora de fijar la estrategia de rehabilitación.

Existen muchos tipos de deterioros en los pavimentos básicos y son similares a los pavimentos asfálticos, pero presentan diferentes niveles de gravedad cada tipo. Estos deterioros se deben identificar considerando tres factores: tipo, gravedad y extensión.

En la tabla 3.8 se presentan una clasificación de los diferentes deterioros relevantes en los pavimentos básicos observados en la carretera en evaluación.

Tabla 3.8. Clasificación de los deterioros relevantes en pavimentos básicos.

CLASE	NOMBRE DEL DETERIORO
Agrietamientos	Fisuras longitudinales por fatiga
	Fisuras piel de cocodrilo
	Fisuras de contracción térmica
Deformaciones	Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de la mezcla
	Depresiones o hundimientos transversales
	Bacheos y zanjas reparadas
	Depresiones o hundimientos longitudinales
	Ahuellamiento
Desprendimientos	Pérdidas de agregados
	Pérdida de la película de ligante
	Huecos
	Descascaramiento
	Pulimento de agregados
Afloramientos	Exudación
Otros deterioros	Escalonamiento entre calzada y berma
	Desintegración de los bordes del pavimento
	Fisura de borde

Se pueden realizar diferentes clasificaciones respecto a los daños según el parámetro u objetivo elegido.

- a. Una clasificación consiste en dividirlos en funcionales o estructurales. Los primeros son aquellos que afectan la seguridad o comodidad del usuario de la vía y los otros deterioran la capacidad estructural del pavimento.
- b. Según el origen, causa inicial o principal, se tienen los generados por repetición de las cargas vehiculares (tránsito) y otros producidos por factores ambientales, diseño, construcción o materiales.
- c. Según la forma o geometría del área deteriorada se pueden clasificar en fisuras o grietas (aisladas o interconectadas) y en deformaciones (transversales o longitudinales).
- d. Según la capa en la cual se localizan o se inician los daños se presentan daños superficiales, capas granulares o subrasante.

Las fallas o daños se identifican por la apariencia o aspecto del área deteriorada, buscando que el término usado genere una imagen fácilmente identificable.

3.6 Aplicación de métodos de evaluación de la condición superficial del pavimento.

Para la evaluación de la condición superficial del pavimento, existen diversos métodos y los más usados son los métodos visuales, que consisten en una visita a terreno por parte de personal capacitado que desarrolla la metodología respectiva para hacer la evaluación.

Todos los métodos buscan identificar las fallas presentes en el pavimento, para analizar su severidad y ver sus posibles formas de corregirlas. Con la ayuda de los

sistemas auscultación, se permiten a través de un muestreo, reconocer las fallas existentes y con ello caracterizar el tramo estudiado.

Con la finalidad de analizar los diversos métodos de evaluación de la condición superficial del pavimento, se aplicó en forma continua el levantamiento de deterioros en el tramo seleccionado, desde la progresiva ubicada en el Km 209+000 al Km 212+000, en la cual se consideró 60 tramos, cada uno de ellos de 50 m de longitud medidos en el eje de la carretera.

A continuación se aplican cada uno de los métodos indicados en el capítulo I:

3.6.1 Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes (DNIT).

A continuación se presenta un cuadro resumen de los defectos del pavimento debidamente codificados y clasificados usando el método DNIT.

Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação					
FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS
Fissuras				FI	- - -
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1 FC-2 FC-3
			Longas	TTL	FC-1 FC-2 FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1 FC-2 FC-3
			Longas	TLL	FC-1 FC-2 FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	- FC-2 -
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	- - FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1 FC-2 FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	- FC-2 -
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	- - FC-3
OUTROS DEFEITOS				CODIFICAÇÃO	
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP	
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP	
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC	
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC	
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O	
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E	
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX	
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D	
"Painéis" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P	
Remendos			Remendo Superficial	RS	
			Remendo Profundo	RP	

Figura 3.3. Codificación y Clasificación de los deterioros-DNIT

Tabla 3.10. Planilla de cálculo I.G.G. DNIT (Km 209+000 – 209+500)

PLANILLA DE CALCULO DO INDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (I.G.G.)							
RODOVIA:	Cañete - Huancayo					Estaca ou Quilômetro	
TRECHO:	Abra Chaucha - Negro Bueno					Início	Fin
						209+000	209+500
Item	Natureza del defecto	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Factor de ponderação	Indice de gravidade individual	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0		0.0	0.20	0.0	
2	(FC-2) J, TB	1		9.1	0.50	4.5	
3	(FC-3) JE, TBE	0		0.0	0.80	0.0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	8		72.7	0.90	65.5	
5	O, P, E	11		100.0	1.00	100.0	
6	EX	1		9.1	0.50	4.5	
7	D	10		90.9	0.30	27.3	
8	R	0		0.0	0.60	0.0	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE=	TRI=	F=	1 A() 1 B()		
10	Média aritmética das variancias das flechas medidas em ambas as trilhasmm nas TRI e TRE	TREv=	TRlv=	FV=	2 A() 2 B()		
Nº TOTAL DE ESTACOES		11				201.8	Conceito: Péssimo
1 A) IGI = F x 4/3 quando F <=30				2 A) IGI = FV quando FV <=50		Operador	
1 B) IGI=40 quando F > 30				2 B) IGI = 50 quando FV > 50		Cálculo	E. Apolinario M.
						Visto	

Tabla 3.11. Planilla de cálculo I.G.G. DNIT (Km209+500 – 210+000)

PLANILLA DE CALCULO DO INDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (I.G.G.)							
RODOVIA:	Cañete - Huancayo					Estaca ou Quilômetro	
TRECHO:	Abra Chaucha - Negro Bueno					Início	Fin
						209+500	210+000
Item	Natureza del defecto	Frequência absoluta	Frequência absoluta	Frequência relativa	Factor de ponderação	Indice de gravidade	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	2		20.0	0.20	4.0	
2	(FC-2) J, TB	1		10.0	0.50	5.0	
3	(FC-3) JE, TBE	3		30.0	0.80	24.0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	7		70.0	0.90	63.0	
5	O, P, E	10		100.0	1.00	100.0	
6	EX	0		0.0	0.50	0.0	
7	D	10		100.0	0.30	30.0	
8	R	0		0.0	0.60	0.0	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE=	TRI=	F=	1 A() 1 B()		
10	Média aritmética das variancias das flechas medidas em ambas as trilhasmm nas TRI e TRE	TREv=	TRlv=	FV=	2 A() 2 B()		
Nº TOTAL DE ESTACOES		10				226.0	Conceito: Péssimo
1 A) IGI = F x 4/3 quando F <=30				2 A) IGI = FV quando FV <=50		Operador	
1 B) IGI=40 quando F > 30				2 B) IGI = 50 quando FV > 50		Cálculo	E. Apolinario M.
						Visto	

Tabla 3.12. Planilla de cálculo I.G.G. DNIT (Km 210+000 – 210+500)

PLANILLA DE CALCULO DO INDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (I.G.G.)							
RODOVIA:	Cañete - Huancayo					Estaca ou Quilômetro	
TRECHO:	Abra Chaucha - Negro Bueno					Início	Fin
						210+000	210+500
Item	Natureza del defecto	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta	Freqüência relativa	Factor de ponderação	Indice de gravidade	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	3		30.0	0.20	6.0	
2	(FC-2) J, TB	1		10.0	0.50	5.0	
3	(FC-3) JE, TBE	2		20.0	0.80	16.0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	7		70.0	0.90	63.0	
5	O, P, E	10		100.0	1.00	100.0	
6	EX	5		50.0	0.50	25.0	
7	D	10		100.0	0.30	30.0	
8	R	0		0.0	0.60	0.0	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE=	TRI=	F=	1 A() 1 B()		
10	Média aritmética das variancias das flechas medidas em ambas as trilhasmm nas TRI e TRE	TREv=	TRlv=	FV=	2 A() 2 B()		
Nº TOTAL DE ESTACOES		10				245.0	Conceito: Péssimo
1 A) IGI = F x 4/3 quando F <=30				2 A) IGI = FV quando FV <=50		Operador	
1 B) IGI=40 quando F > 30				2 B) IGI = 50 quando FV > 50		Cálculo	E. Apolinario M.
						Visto	

Tabla 3.13. Planilla de cálculo I.G.G. DNIT (Km 210+500 – 211+000)

PLANILLA DE CALCULO DO INDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (I.G.G.)							
RODOVIA:	Cañete - Huancayo					Estaca ou Quilômetro	
TRECHO:	Abra Chaucha - Negro Bueno					Início	Fin
						210+500	211+000
Item	Natureza del defecto	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta	Freqüência relativa	Factor de ponderação	Indice de gravidade	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	1		10.0	0.20	2.0	
2	(FC-2) J, TB	3		30.0	0.50	15.0	
3	(FC-3) JE, TBE	1		10.0	0.80	8.0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	9		90.0	0.90	81.0	
5	O, P, E	10		100.0	1.00	100.0	
6	EX	4		40.0	0.50	20.0	
7	D	9		90.0	0.30	27.0	
8	R			0.0	0.60	0.0	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE=	TRI=	F=	1 A() 1 B()		
10	Média aritmética das variancias das flechas medidas em ambas as trilhasmm nas TRI e TRE	TREv=	TRlv=	FV=	2 A() 2 B()		
Nº TOTAL DE ESTACOES		10				253.0	Conceito: Péssimo
1 A) IGI = F x 4/3 quando F <=30				2 A) IGI = FV quando FV <=50		Operador	
1 B) IGI=40 quando F > 30				2 B) IGI = 50 quando FV > 50		Cálculo	E. Apolinario M.
						Visto	

Tabla 3.14. Planilla de cálculo I.G.G. DNIT (Km 211+000 – 211+500)

PLANILLA DE CALCULO DO INDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (I.G.G.)							
RODOVIA:	Cañete - Huancayo					Estaca ou Quilômetro	
TRECHO:	Abra Chaucha - Negro Bueno					Início	Fin
						211+000	211+500
Item	Natureza del defecto	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta	Freqüência relativa	Factor de ponderação	Indice de gravidade	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0		0.0	0.20	0.0	
2	(FC-2) J, TB	7		70.0	0.50	35.0	
3	(FC-3) JE, TBE	0		0.0	0.80	0.0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	7		70.0	0.90	63.0	
5	O, P, E	10		100.0	1.00	100.0	
6	EX	7		70.0	0.50	35.0	
7	D	8		80.0	0.30	24.0	
8	R	0		0.0	0.60	0.0	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE=	TRI=	F=	1 A() 1 B()		
10	Média aritmética das variancias das flechas medidas em ambas as trilhasmm nas TRI e TRE	TREv=	TRlv=	FV=	2 A() 2 B()		
Nº TOTAL DE ESTACOES		10				257.0	Conceito: Péssimo
1 A) IGI = F x 4/3 quando F <=30				2 A) IGI = FV quando FV <=50		Operador	
1 B) IGI=40 quando F > 30				2 B) IGI = 50 quando FV > 50		Cálculo	E. Apolinario M.
						Visto	

Tabla 3.15. Planilla de cálculo I.G.G. DNIT (Km 211+500 – 212+000)

PLANILLA DE CALCULO DO INDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (I.G.G.)							
RODOVIA:	Cañete - Huancayo					Estaca ou Quilômetro	
TRECHO:	Abra Chaucha - Negro Bueno					Início	Fin
						211+500	212+000
Item	Natureza del defecto	Freqüência absoluta	Freqüência absoluta	Freqüência relativa	Factor de ponderação	Indice de gravidade	Observações
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	0		0.0	0.20	0.0	
2	(FC-2) J, TB	4		40.0	0.50	20.0	
3	(FC-3) JE, TBE	4		40.0	0.80	32.0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	8		80.0	0.90	72.0	
5	O, P, E	10		100.0	1.00	100.0	
6	EX	9		90.0	0.50	45.0	
7	D	10		100.0	0.30	30.0	
8	R			0.0	0.60	0.0	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE=	TRI=	F=	1 A() 1 B()		
10	Média aritmética das variancias das flechas medidas em ambas as trilhasmm nas TRI e TRE	TREv=	TRlv=	FV=	2 A() 2 B()		
Nº TOTAL DE ESTACOES		10				299.0	Conceito: Péssimo
1 A) IGI = F x 4/3 quando F <=30				2 A) IGI = FV quando FV <=50		Operador	
1 B) IGI=40 quando F > 30				2 B) IGI = 50 quando FV > 50		Cálculo	E. Apolinario M.
						Visto	

3.6.2 Índice de Condición del Pavimento (PCI).

Tabla 3.16. Índice de Condición del Pavimento (Km 209+000 – 211+000)

Tramo	PROGRESIVAS		ANCHO DE VÍA(m)		PCI	
	inicio	fin	inicio	fin	PCI	Calificación
1	209+000	209+050	6.3	6.3	34.25	Malo
2	209+050	209+100	6.3	6.3	42.04	Regular
3	209+100	209+150	6.3	5.5	21.76	Muy Malo
4	209+150	209+200	5.5	5.5	22.56	Muy Malo
5	209+200	209+250	5.5	5.6	45.57	Regular
6	209+250	209+300	5.6	6.3	60.19	Bueno
7	209+300	209+350	6.3	5.6	45.73	Regular
8	209+350	209+400	5.6	5.5	35.09	Malo
9	209+400	209+450	5.5	5.15	25.29	Malo
10	209+450	209+500	5.15	5.1	19.2	Muy Malo
11	209+500	209+550	5.1	5.4	17.47	Muy Malo
12	209+550	209+600	5.4	4.45	24.02	Muy Malo
13	209+600	209+650	4.45	5.8	26.59	Malo
14	209+650	209+700	5.8	4.7	46.64	Regular
15	209+700	209+750	4.7	4.7	32.68	Malo
16	209+750	209+800	4.7	5.3	10.54	Muy Malo
17	209+800	209+850	5.3	5.2	17.21	Muy Malo
18	209+850	209+900	5.2	4.9	28.65	Malo
19	209+900	209+950	4.9	5	5.32	Fallado
20	209+950	210+000	5	5.1	9.05	Fallado
21	210+000	210+050	5.1	5.2	14.92	Muy Malo
22	210+050	210+100	5.2	4.8	27.84	Malo
23	210+100	210+150	4.8	5.3	24.5	Muy Malo
24	210+150	210+200	5.3	5.1	11.17	Muy Malo
25	210+200	210+250	5.1	6.2	37.02	Malo
26	210+250	210+300	6.2	5.1	11.63	Muy Malo
27	210+300	210+350	5.1	5.5	23.44	Muy Malo
28	210+350	210+400	5.5	4.2	5.77	Fallado
29	210+400	210+450	4.2	4.7	35.45	Malo
30	210+450	210+500	4.7	4.8	46.92	Regular
31	210+500	210+550	4.8	4.5	46.31	Regular
32	210+550	210+600	4.5	4.2	22.63	Muy Malo
33	210+600	210+650	4.2	4.3	58.73	Bueno
34	210+650	210+700	4.3	3.95	40.83	Regular
35	210+700	210+750	3.95	3.8	54.12	Regular
36	210+750	210+800	3.8	4	7.54	Fallado
37	210+800	210+850	4	3.9	42.51	Regular
38	210+850	210+900	3.9	5.5	29.42	Malo
39	210+900	210+950	5.5	4.7	60.45	Bueno
40	210+950	211+000	4.7	4.8	16.42	Muy Malo

Tabla 3.17. Índice de Condición del Pavimento (Km 211+000 – 212+000)

Tramo	PROGRESIVAS		ANCHO DE VÍA(m)		PCI	
	inicio	fin	inicio	fin	PCI	Calificación
41	211+000	211+050	4.8	4.9	19.04	Muy Malo
42	211+050	211+100	4.9	5	59.18	Bueno
43	211+100	211+150	5	5.1	24.72	Muy Malo
44	211+150	211+200	5.1	5.1	32.36	Malo
45	211+200	211+250	5.1	4.7	8.49	Fallado
46	211+250	211+300	4.7	4.8	22.57	Muy Malo
47	211+300	211+350	4.8	4.6	37.33	Malo
48	211+350	211+400	4.6	5.1	44.3	Regular
49	211+400	211+450	5.1	4	14.98	Muy Malo
50	211+450	211+500	4	4.9	23.54	Muy Malo
51	211+500	211+550	4.9	4.2	31.22	Malo
52	211+550	211+600	4.2	4	19.1	Muy Malo
53	211+600	211+650	4	4.5	23.03	Muy Malo
54	211+650	211+700	4.5	4.8	5.94	Fallado
55	211+700	211+750	4.8	3.9	32.1	Malo
56	211+750	211+800	3.9	3.6	21.17	Muy Malo
57	211+800	211+850	3.6	3.3	64.02	Bueno
58	211+850	211+900	3.3	3.5	21.5	Muy Malo
59	211+900	211+950	3.5	4.5	18	Muy Malo
60	211+950	212+000	4.5	3.5	17.6	Muy Malo

CONDICIÓN DE PAVIMENTO										
CARRETERA:		Cañete-Chupaca				Pavimento:		T.S.Monocapa		
TRAMO:		210+850		210+900		ÁREA(m2):		228.75		
EVALUADOR:		E. Apolinario M.				FECHA:		Martes, 21 de Febrero de 2012		
NUMERACIÓN DE FALLAS										
1	Piel de Cocodrilo	7	Grietas de Borde	13	Huecos					
2	Exudación	8	Gr. de R. Juntas	14	Acceso a Puentes					
3	Grietas en Bloque	9	Desnivel Calzada Hombrillo	15	Ahuellamiento					
4	Elev. y Hundimiento	10	Grietas Long. Y Trans.	16	Deformación por Empuje					
5	Corrugaciones	11	Bacheo y Zanjas Reparadas	17	Grietas de deslizamientos					
6	Depresiones	12	Agregado Pulido	18	Hinchamientos					
Severidad: H = Alta M = Media L = Baja				19	Disgregación y desintegración					
VALOR DEDUCIDO POR FALLAS					ITERACIÓN PARA CÁLCULO DE VDC máx					
i	Código	Área(m2)	%	VDi	Vdi	Densidad Total	q	VDC		
1	19L	15.00	6.56	4.12	40.83	136.26	6	67.13		
2	19M	39.00	17.05	22.99	40.27	134.14	5	69.07		
3	11M	43.60	19.06	40.83	22.99	123.15	4	70.58		
4	15L	5.00	2.19	13.71	13.71	111.45	3	69.72		
5	2L	10.40	4.55	1.55	12.99	90.46	2	64.28		
6	11L	16.00	6.99	12.99	4.12	52.19	1	52.19		
7	9L	10.00	4.37	3.12	3.12					
8	1M	6.50	2.84	40.27						
9										
10										
Cálculo del PCI, de acuerdo a la norma ASTM-D6433-03						VALOR MÁXIMO ADMISIBLE DE VD				
						m= 1 + (9/98)(100 - HDV) =< 10				
						HDV=	40.83	m=	6.43	
RESULTADO										
VDC máx =	70.58									
PCI=	29.42									
Condición=	MALA									

Figura 3.4. Formato utilizado para el cálculo del PCI.

3.6.3 Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano (TU) - México

A continuación se presenta la aplicación del método:

Tabla 3.18. Índice de Estado y Nivel de Servicio (Km 209+000 a 210+350)

Progresiva	S(0.7)	S(2)	P(0.7)	P(2)	D1	D2	D3	D4	D5	Índice de estado	Nivel de servicio
209+000	57.5		35		0.40	0	0	2	2		
				315	69.37	0	0	15	10	52.82	Regular a Malo
209+050	96.50				0.31	0	0	3	2		
				315	64.67	0	0	20	10	52.66	Regular a Malo
209+100	30.00		80.00		0.64	0	0	2	2		
				295	77.20	0	0	15	10	48.90	Regular a Malo
209+150			85.00		0.62	0	0	2	2		
				275	76.51	0	0	15	10	49.25	Regular a Malo
209+200	94.50				0.34	0	0	3	2		
				277.5	66.46	0	0	20	10	51.77	Regular a Malo
209+250	42.50				0.14	1	0	2	2		
				297.5	51.81	20		15	10	51.59	Regular a Malo
209+300	107.50				0.36	0	0	2	2		
				297.5	67.45			15	10	53.77	Regular a Malo
209+350	55.00		22.50		0.36	0	0	3	2		
				277.5	67.41			20	10	51.30	Regular a Malo
209+400	10.00		55.00		0.45	0	0	3	2		
				266.25	71.18			20	10	49.41	Regular a Malo
209+450			80.00		0.62	0	0	3	2		
				256.25	76.67			20	10	46.66	Regular a Malo
209+500	35.00		90.00		0.82	0	0	3	2		
				262.5	81.25			20	10	44.38	Regular a Malo
209+550	89.13				0.36	0	1	4	2		
				246.25	67.48	0	14	30	10	39.26	Malo a Muy Malo
209+600	61.11		27.50		0.45	1	1	2	2		
				256.25	71.27	20	14	15	10	34.87	Malo a Muy Malo
209+650	49.70		34.50		0.45	0	0	3	2		
				262.5	71.24			20	10	49.38	Regular a Malo
209+700	82.50				0.35	0	0	3	2		
				235	66.97			20	10	51.52	Regular a Malo
209+750	62.50		65.00		0.77	0	1	3	2		
				250	80.21		14	20	10	37.90	Malo a Muy Malo
209+800			115.00		0.88	0	0	4	2		
				262.5	82.38			30	10	38.81	Malo a Muy Malo
209+850	106.60				0.42	1	0	1	2		
				252.5	70.08	20		8	10	45.96	Regular a Malo
209+900			117.50		0.95	2	2	4	2		
				247.5	83.74	40	29	30	10	3.63	Muy Malo a Pesimo
209+950	61.25		67.50		0.78	2	2	1	2		
				252.5	80.36	40	29	8	10	16.32	Muy Malo a Pesimo
210+000	125.00				0.49	2	1	3	2		
				257.5	72.43	40	14	20	10	21.78	Muy Malo a Pesimo
210+050	120.00				0.48	1	0	2	2		
				250	72.24	20		15	10	41.38	Regular a Malo
210+100	56.25		52.50		0.64	1	0	1	2		
				252.5	77.05	20		8	10	42.47	Regular a Malo
210+150	52.50		52.50		0.61	1	0	2	2		
				260	76.16	20		15	10	39.42	Malo a Muy Malo
210+200	112.50				0.40	0	2	3	2		
				282.5	69.09		29	20	10	35.95	Malo a Muy Malo
210+250	22.50				0.08	2	1	4	2		
				282.5	0.00	40	14	30	10	53.00	Regular a Malo
210+300	118.75				0.45	0	0	4	2		
				265	71.08			30	10	44.46	Regular a Malo
210+350			60.00		0.49	0	0	4	2		
				242.5	72.75			30	10	43.62	Regular a Malo

Tabla 3.19. Índice de Estado y Nivel de Servicio (Km 210+400 a 212+000)

Progresiva	S(0.7)	S(2)	P(0.7)	P(2)	D1	D2	D3	D4	D5	Índice de estado	Nivel de servicio	
210+400	87.50				0.39	0	0	4	2			
				222.5	68.88			30	10	45.56	Regular a Malo	
210+450	37.63				0.16	0	0	4	2			
				237.5	53.56			30	10	53.22	Regular a Malo	
210+500	9.30		12.00		0.14	0	1	4	2			
				232.5	51.86			14	30	10	47.07	Regular a Malo
210+550	52.50				0.24	1	2	3	2			
				217.5	60.65	20	29	20	10	30.17	Malo a Muy Malo	
210+600	6.00				0.03	0	0	4	2			
				212.5	0			30	10	80.00	Bueno a Regular	
210+650	10.00				0.05	2	0	4	2			
				206.25	0	40		30	10	60.00	Bueno a Regular	
210+700	54.00				0.28	0	0	3	2			
				193.75	63.08			20	10	53.46	Regular a Malo	
210+750	40.00		35.00		0.56	0	0	4	2			
				195	74.96			30	10	42.52	Regular a Malo	
210+800	39.00				0.20	0	0	4	2			
				197.5	57.27			30	10	51.36	Regular a Malo	
210+850	59.60				0.25	1	0	4	2			
				235	61.49	20		30	10	39.26	Malo a Muy Malo	
210+900	46.00				0.18	0	0	3	2			
				255	55.75			20	10	57.13	Regular a Malo	
210+950	4.00		86.50		0.75	0	1	4	2			
				237.5	79.66		14	30	10	33.17	Malo a Muy Malo	
211+000	37.27				0.15	1	0	4	2			
				242.5	53.05	20		30	10	43.48	Regular a Malo	
211+050	7.41				0.03	1	0	3	2			
				247.5	0	20		20	10	75.00	Bueno a Regular	
211+100	47.50				0.19	3	0	3	2			
				252.5	56.45	55		20	10	29.27	Malo a Muy Malo	
211+150	76.72				0.30	1	0	3	2			
				255	64.37	20		20	10	42.82	Regular a Malo	
211+200	104.04				0.42	4	0	2	3			
				245	70.18	65		15	20	14.91	Muy Malo a Pesimo	
211+250	90.46				0.38	3	0	4	2			
				237.5	68.34	55		30	10	18.33	Muy Malo a Pesimo	
211+300	23.20				0.10	1	1	4	3			
				235	45.59	20	14	30	20	35.21	Malo a Muy Malo	
211+350	66.49				0.27	0	0	4	3			
				242.5	62.80			30	20	43.60	Regular a Malo	
211+400			85.00		0.75	1	0	4	3			
				227.5	79.70	20		30	20	25.15	Muy Malo a Pesimo	
211+450	23.75				0.11	2	0	4	2			
				222.5	46.90	40		30	10	36.55	Malo a Muy Malo	
211+500	56.50				0.25	0	0	4	2			
				227.5	61.13			30	10	49.43	Regular a Malo	
211+550	45.00				0.22	4	1	4	2			
				205	59.05	65	14	30	10	10.97	Muy Malo a Pesimo	
211+600	43.50				0.20	1	0	4	2			
				212.5	57.88	20		30	10	41.06	Regular a Malo	
211+650	42.50		44.35		0.56	2	0	4	2			
				232.5	74.97	40		30	10	22.52	Muy Malo a Pesimo	
211+700	12.50				0.06	2	0	4	2			
				217.5	0	40		30	10	60.00	Bueno a Regular	
211+750					0.00	4	0	4	2			
				187.5	0	65		30	10	47.50	Regular a Malo	
211+800	27.50				0.16	0	0	4	2			
				172.5	53.66			30	10	53.17	Regular a Malo	
211+850	58.50				0.34	2	0	4	2			
				170	66.63	40		30	10	26.68	Muy Malo a Pesimo	
211+900			117.50		1.18	0	0	1	2			
				200	87.33			8	10	47.33	Regular a Malo	
211+950	42.50		87.50		1.09	0	0	4	2			
				200	86.03			30	10	36.99	Malo a Muy Malo	
212+000												

3.6.4 Evaluación Superficial y Rango de Pavimento (PASER)

Tabla 3.20. Condición del Pavimento-PASER (Km 209+000 a 211+000)

Tramo	PROGRESIVAS		ANCHO DE VÍA(m)		Calificación (1-5)	Condición
	inicio	fin	inicio	fin		
1	209+000	209+050	6.3	6.3	3	Regular
2	209+050	209+100	6.3	6.3	3	Regular
3	209+100	209+150	6.3	5.5	3	Regular
4	209+150	209+200	5.5	5.5	2	Pobre
5	209+200	209+250	5.5	5.6	3	Regular
6	209+250	209+300	5.6	6.3	3	Regular
7	209+300	209+350	6.3	5.6	3	Regular
8	209+350	209+400	5.6	5.5	2	Pobre
9	209+400	209+450	5.5	5.15	2	Pobre
10	209+450	209+500	5.15	5.1	2	Pobre
11	209+500	209+550	5.1	5.4	2	Pobre
12	209+550	209+600	5.4	4.45	2	Pobre
13	209+600	209+650	4.45	5.8	2	Pobre
14	209+650	209+700	5.8	4.7	3	Regular
15	209+700	209+750	4.7	4.7	3	Regular
16	209+750	209+800	4.7	5.3	2	Pobre
17	209+800	209+850	5.3	5.2	2	Pobre
18	209+850	209+900	5.2	4.9	2	Pobre
19	209+900	209+950	4.9	5	2	Pobre
20	209+950	210+000	5	5.1	3	Regular
21	210+000	210+050	5.1	5.2	2	Pobre
22	210+050	210+100	5.2	4.8	3	Regular
23	210+100	210+150	4.8	5.3	2	Pobre
24	210+150	210+200	5.3	5.1	2	Pobre
25	210+200	210+250	5.1	6.2	3	Regular
26	210+250	210+300	6.2	5.1	3	Regular
27	210+300	210+350	5.1	5.5	2	Pobre
28	210+350	210+400	5.5	4.2	2	Pobre
29	210+400	210+450	4.2	4.7	3	Regular
30	210+450	210+500	4.7	4.8	3	Regular
31	210+500	210+550	4.8	4.5	2	Pobre
32	210+550	210+600	4.5	4.2	2	Pobre
33	210+600	210+650	4.2	4.3	3	Regular
34	210+650	210+700	4.3	3.95	3	Regular
35	210+700	210+750	3.95	3.8	3	Regular
36	210+750	210+800	3.8	4	2	Pobre
37	210+800	210+850	4	3.9	3	Regular
38	210+850	210+900	3.9	5.5	3	Regular
39	210+900	210+950	5.5	4.7	3	Regular
40	210+950	211+000	4.7	4.8	2	Pobre

Tabla 3.21. Condición del Pavimento-PASER (Km 211+000 a 212+000)

Tramo	PROGRESIVAS		ANCHO DE VÍA(m)		Calificación (1-5)	Condición
	inicio	fin	inicio	fin		
41	211+000	211+050	4.8	4.9	2	Pobre
42	211+050	211+100	4.9	5	3	Regular
43	211+100	211+150	5	5.1	2	Pobre
44	211+150	211+200	5.1	5.1	2	Pobre
45	211+200	211+250	5.1	4.7	2	Pobre
46	211+250	211+300	4.7	4.8	2	Pobre
47	211+300	211+350	4.8	4.6	2	Pobre
48	211+350	211+400	4.6	5.1	2	Pobre
49	211+400	211+450	5.1	4	2	Pobre
50	211+450	211+500	4	4.9	2	Pobre
51	211+500	211+550	4.9	4.2	2	Pobre
52	211+550	211+600	4.2	4	2	Pobre
53	211+600	211+650	4	4.5	2	Pobre
54	211+650	211+700	4.5	4.8	2	Pobre
55	211+700	211+750	4.8	3.9	2	Pobre
56	211+750	211+800	3.9	3.6	2	Pobre
57	211+800	211+850	3.6	3.3	2	Pobre
58	211+850	211+900	3.3	3.5	2	Pobre
59	211+900	211+950	3.5	4.5	3	Regular
60	211+950	212+000	4.5	3.5	2	Pobre

3.6.5 Inspección Visual de Daños en Carreteras (VIZIR)

Según recomendación del método considera evaluar tramos de 100 m; sin embargo con fines de poder realizar comparación con otras metodologías se consideró tramos continuos de 50m, obteniendo 60 datos muestrales aplicado a la zona de experimentación que comprende desde la progresiva Km 209+000 al Km 212+000. En el caso de carreteras de doble vía se recomienda realizar las evaluaciones independientes en cada vía.

Tabla 3.22. Condición del Pavimento-VIZIR (Km 209+000 a 211+000)

Tramo	PROGRESIVAS		ANCHO DE VÍA(m)		VIZIR	
	inicio	fin	inicio	fin	Is	Calificación
1	209+000	209+050	6.3	6.3	4	Regular
2	209+050	209+100	6.3	6.3	3	Regular
3	209+100	209+150	6.3	5.5	2	Bueno
4	209+150	209+200	5.5	5.5	2	Bueno
5	209+200	209+250	5.5	5.6	3	Regular
6	209+250	209+300	5.6	6.3	3	Regular
7	209+300	209+350	6.3	5.6	1	Bueno
8	209+350	209+400	5.6	5.5	1	Bueno
9	209+400	209+450	5.5	5.15	4	Regular
10	209+450	209+500	5.15	5.1	4	Regular
11	209+500	209+550	5.1	5.4	4	Regular
12	209+550	209+600	5.4	4.45	2	Bueno
13	209+600	209+650	4.45	5.8	4	Regular
14	209+650	209+700	5.8	4.7	2	Bueno
15	209+700	209+750	4.7	4.7	3	Regular
16	209+750	209+800	4.7	5.3	3	Regular
17	209+800	209+850	5.3	5.2	4	Regular
18	209+850	209+900	5.2	4.9	3	Regular
19	209+900	209+950	4.9	5	4	Regular
20	209+950	210+000	5	5.1	3	Regular
21	210+000	210+050	5.1	5.2	3	Regular
22	210+050	210+100	5.2	4.8	3	Regular
23	210+100	210+150	4.8	5.3	3	Regular
24	210+150	210+200	5.3	5.1	3	Regular
25	210+200	210+250	5.1	6.2	3	Regular
26	210+250	210+300	6.2	5.1	3	Regular
27	210+300	210+350	5.1	5.5	3	Regular
28	210+350	210+400	5.5	4.2	4	Regular
29	210+400	210+450	4.2	4.7	3	Regular
30	210+450	210+500	4.7	4.8	3	Regular
31	210+500	210+550	4.8	4.5	2	Buena
32	210+550	210+600	4.5	4.2	3	Regular
33	210+600	210+650	4.2	4.3	3	Regular
34	210+650	210+700	4.3	3.95	3	Regular
35	210+700	210+750	3.95	3.8	4	Regular
36	210+750	210+800	3.8	4	4	Regular
37	210+800	210+850	4	3.9	3	Regular
38	210+850	210+900	3.9	5.5	3	Regular
39	210+900	210+950	5.5	4.7	3	Regular
40	210+950	211+000	4.7	4.8	3	Regular

Tabla 3.23. Condición del Pavimento-VIZIR (Km 211+000 a 212+000)

Tramo	PROGRESIVAS		ANCHO DE VÍA(m)		VIZIR	
	inicio	fin	inicio	fin	Is	Calificación
41	211+000	211+050	4.8	4.9	3	Regular
42	211+050	211+100	4.9	5	3	Regular
43	211+100	211+150	5	5.1	3	Regular
44	211+150	211+200	5.1	5.1	2	Buena
45	211+200	211+250	5.1	4.7	3	Regular
46	211+250	211+300	4.7	4.8	3	Regular
47	211+300	211+350	4.8	4.6	3	Regular
48	211+350	211+400	4.6	5.1	3	Regular
49	211+400	211+450	5.1	4	5	Malo
50	211+450	211+500	4	4.9	3	Regular
51	211+500	211+550	4.9	4.2	3	Regular
52	211+550	211+600	4.2	4	3	Regular
53	211+600	211+650	4	4.5	3	Regular
54	211+650	211+700	4.5	4.8	5	Malo
55	211+700	211+750	4.8	3.9	3	Regular
56	211+750	211+800	3.9	3.6	4	Regular
57	211+800	211+850	3.6	3.3	3	Regular
58	211+850	211+900	3.3	3.5	3	Regular
59	211+900	211+950	3.5	4.5	2	Buena
60	211+950	212+000	4.5	3.5	4	Regular

3.7 Recopilación y discriminación de datos de campo

Considerando que la estadística es la ciencia que estudia cómo debe emplearse la información que se tiene o se puede obtener y como dar una guía de acción en situaciones prácticas que entrañan incertidumbre o duda. Su objetivo principal es obtener información, analizarla, examinarla y predecir.

Hay dos tipos de fenómenos o experimentos que se pueden observar y estudiar, que son los causales o determinísticos y los otros son los aleatorios o de azar de ambos se encarga la Estadística.

Identificación de los tipos de variables estadísticas: La variable a determinar es la condición superficial del pavimento, a través de las mediciones de fallas o deterioros superficiales con cada uno de los métodos analizados, como se puede observar cada uno de los métodos usan diferentes tipos de procedimientos para finalmente determinar un índice de la condición superficial del Pavimento básico.

Este índice definirá en función del valor obtenido el estado, Bueno, Regular o Malo del pavimento en estudio. Esto tiene como dificultad que su valor se obtiene de la calificación de fallas determinadas, algunos de los cuales consideran más las fallas

de origen estructural que las de origen superficial y otros las mediciones de las extensiones de las fallas y sus gravedades respectivas.

En consecuencia la variable indicada es finalmente un identificativo que me indica el estado de la vía y que no nace a través de un cálculo matemático. Es por eso que se define a esta variable del tipo Cualitativo de tipo Ordinal, ya que en función de un índice numérico se asigna la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

El Análisis Exploratorio de Datos (A.E.D.) es un conjunto de técnicas estadísticas cuya finalidad es conseguir un entendimiento básico de los datos y de las relaciones existentes entre las variables analizadas. Para conseguir este objetivo el A.E.D. proporciona métodos sistemáticos sencillos para organizar y preparar los datos, detectar fallos en el diseño y recogida de los mismos, tratamiento y evaluación de datos ausentes (missing), identificación de casos atípicos (outliers) y comprobación de los supuestos subyacentes en la mayor parte de las técnicas multivariantes (normalidad, linealidad, homocedasticidad).

Diagrama de caja: La grafica para reflejar propiedades y describir la forma como se distribuyen los datos es la gráfica de caja (“box plots”) que se basa generalmente en la mediana (en algunos casos en la media), los cuartiles y valores extremos. La caja representa el rango intercuartil que encierra el 50% de los valores observados de una variable cuantitativa y tiene la mediana (Me) dibujada dentro.

Además de la caja se incluye la extensión de los datos mediante segmentos (bigotes de la caja) que se extienden de la caja hacia el valor máximo (U) y hacia el valor mínimo (L) de los datos

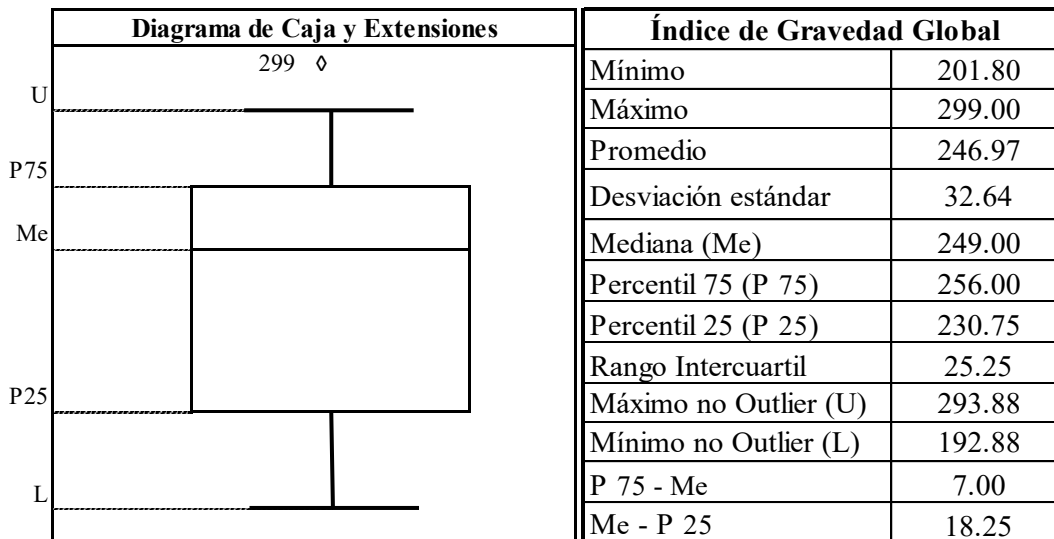
Es un gráfico que suministra información sobre los valores mínimo y máximo, los cuartiles $Q1(P_{25})$, $Q2 (Me)$, $Q3 (P_{75})$, y sobre la existencia de valores atípicos y la simetría de la distribución.

Para analizar las evaluaciones realizados con diversos métodos utilizaremos el diagrama de caja o Box - Plot.

En los siguientes ítems se representa en forma gráfica la calificación de la condición del pavimento básico aplicando cada uno de los métodos, además se presenta un resumen de los resultados de las evaluaciones en tramos de 500m de longitud.

3.7.1 Departamento Nacional de Infraestructura de Transporte (DNIT)

Tabla 3.24 Medidas de dispersión con método DNIT



Los outliers o dato aislado es 299 en el lado superior.
 La forma de la distribución de los índices es asimétrica de cola a la izquierda o asimétrica negativa.

En la figura 3.5 se presenta la variación del índice de gravedad global, en la cual todos los resultados obtenidos son valores mayores de 160, razón por la cual según el DNIT se califica al tramo seleccionado como PÉSIMO.

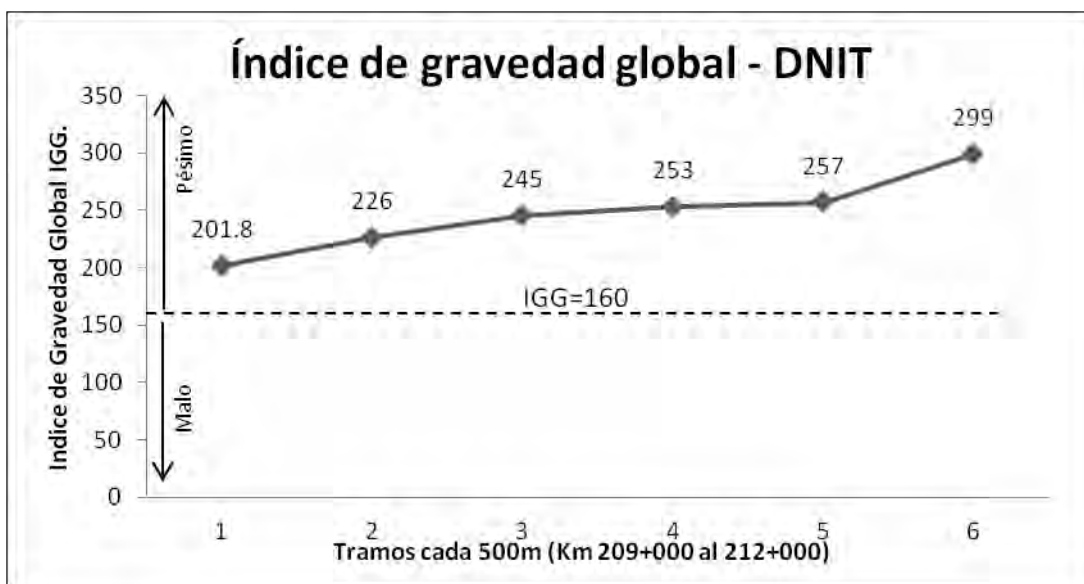
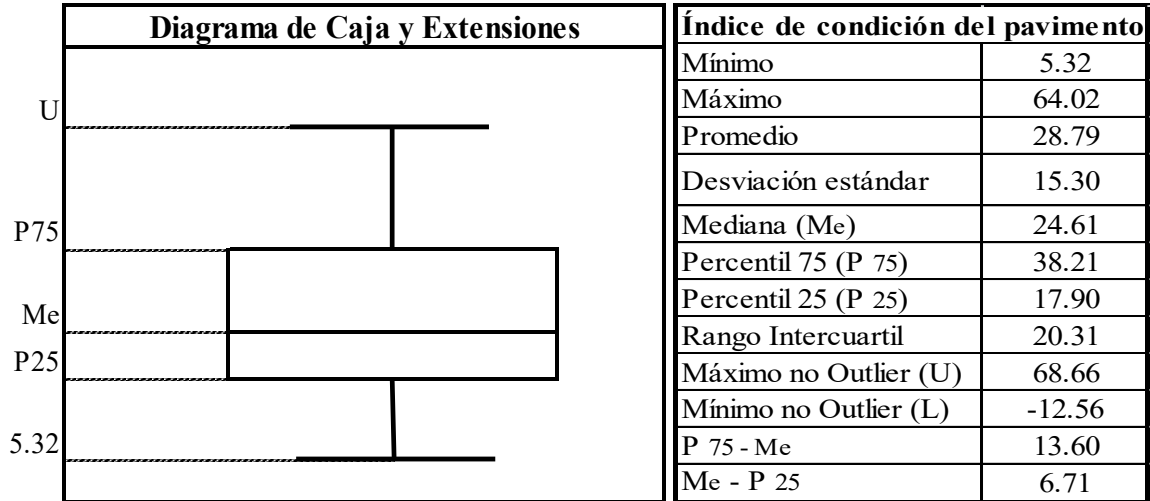


Figura 3.5. Variación del Índice de Gravedad Global

3.7.2 Índice de Condición del Pavimento (PCI)

Tabla 3.25 Medidas de dispersión con método PCI



No hay outliers en la serie de datos correspondientes al PCI.

La forma de la distribución de los índices es asimétrica de cola a la derecha o asimétrica positiva.

En la figura 3.6 se presenta la variación del PCI en el tramo seleccionado, en la cual la mayor concentración de los índices se ubica en el rango de variación de Muy malo a Malo.

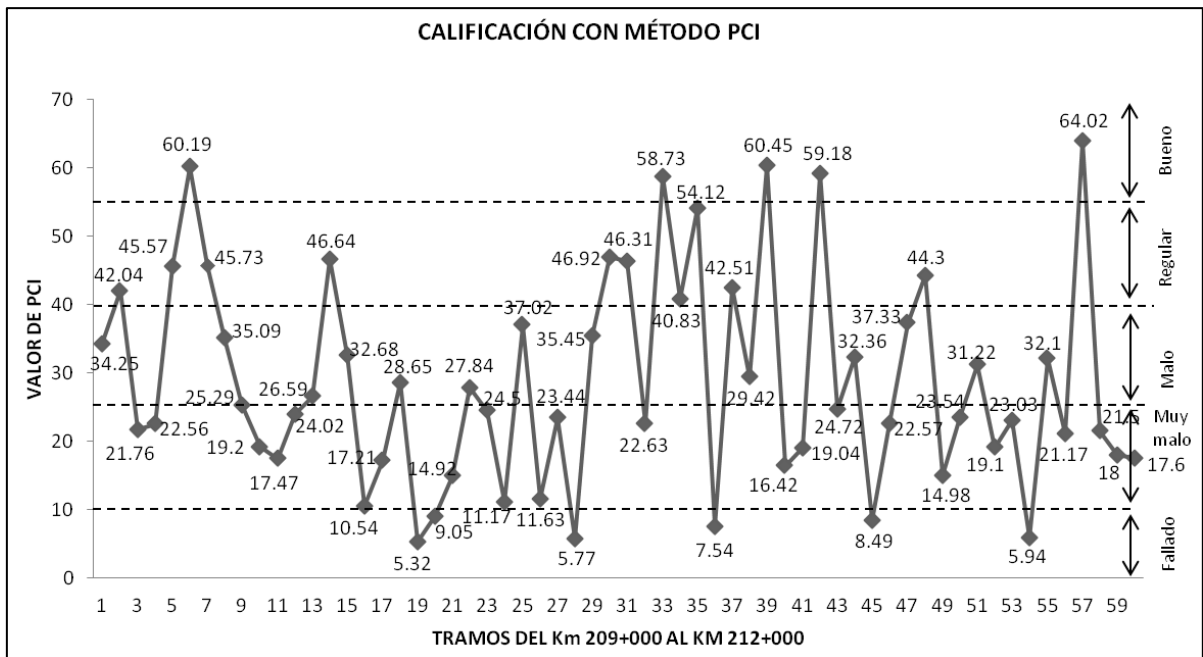
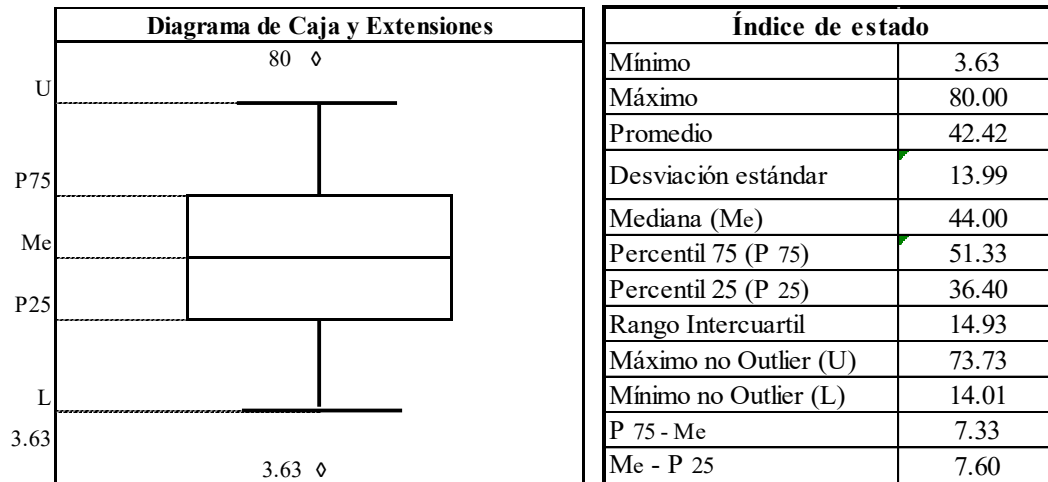


Figura 3.6. Variación del PCI

3.7.3 Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano - México

Tabla 3.26 Medidas de dispersión con método PAT-México



Los outliers o dato aislado de índices son: 80 en el lado superior y 3.63 en el lado inferior.

La forma de la distribución de los índices es asimétrica de cola a la izquierda o asimétrica negativa.

En la figura 3.7 el índice con mayor frecuencia se ubica entre los rangos de variación de “Regular a Malo” a “Malo a Muy Malo”.

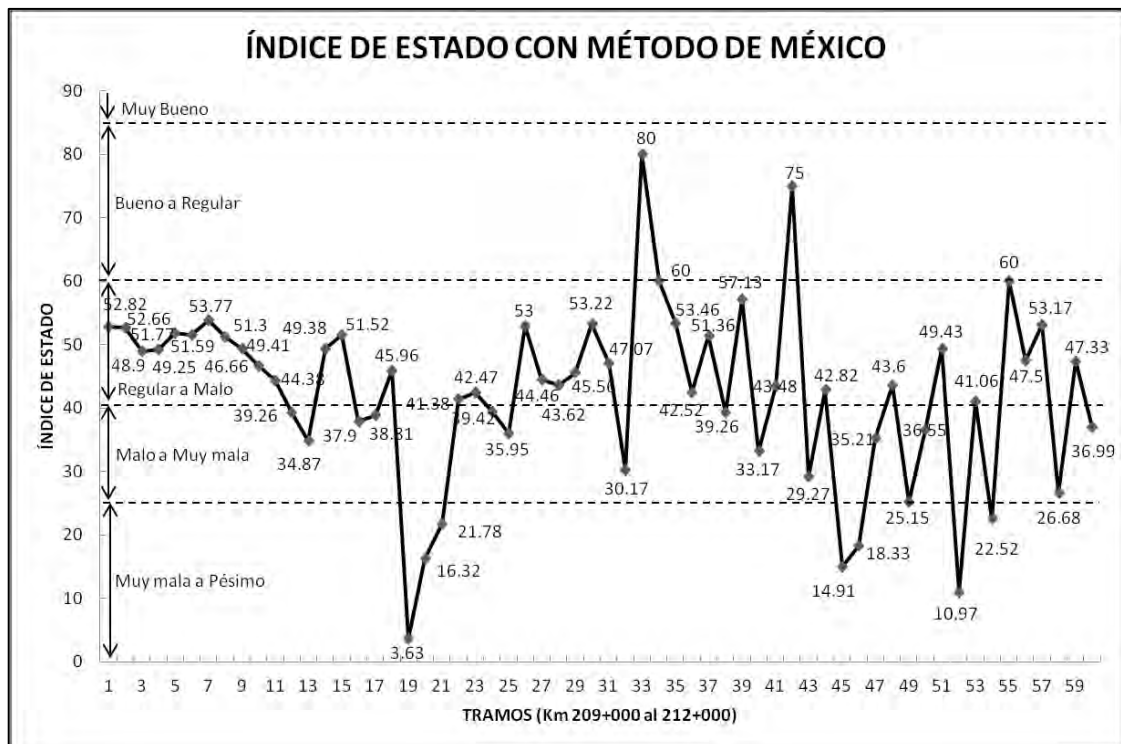


Figura 3.7. Variación del Índice de Estado

3.7.4 Evaluación Superficial y Rango de Pavimento (PASER)

Tabla 3.27. Medidas de dispersión con método PASER

Diagrama de Caja y Extensiones		Condición del pavimento-PASER	
U P75 Me P25 L		Mínimo	2.00
		Máximo	3.00
		Promedio	2.37
		Desviación estándar	0.49
		Mediana (Me)	2.00
		Percentil 75 (P 75)	3.00
		Percentil 25 (P 25)	2.00
		Rango Intercuartil	1.00
		Máximo no Outlier (U)	4.50
		Mínimo no Outlier (L)	0.50
P 75 - Me	1.00		
Me - P 25	0.00		

No hay outliers en la serie de datos correspondientes al método PASER. La forma de la distribución de los índices es asimétrica de cola a la derecha o asimétrica positiva.

En la figura 3.8 se presenta la variación del índice de estado, según la clasificación del método PASER entre los valores fijos de 3 a 2 que representan a pavimentos que presentan una condición del pavimento de “Regular” a “Pobre”.

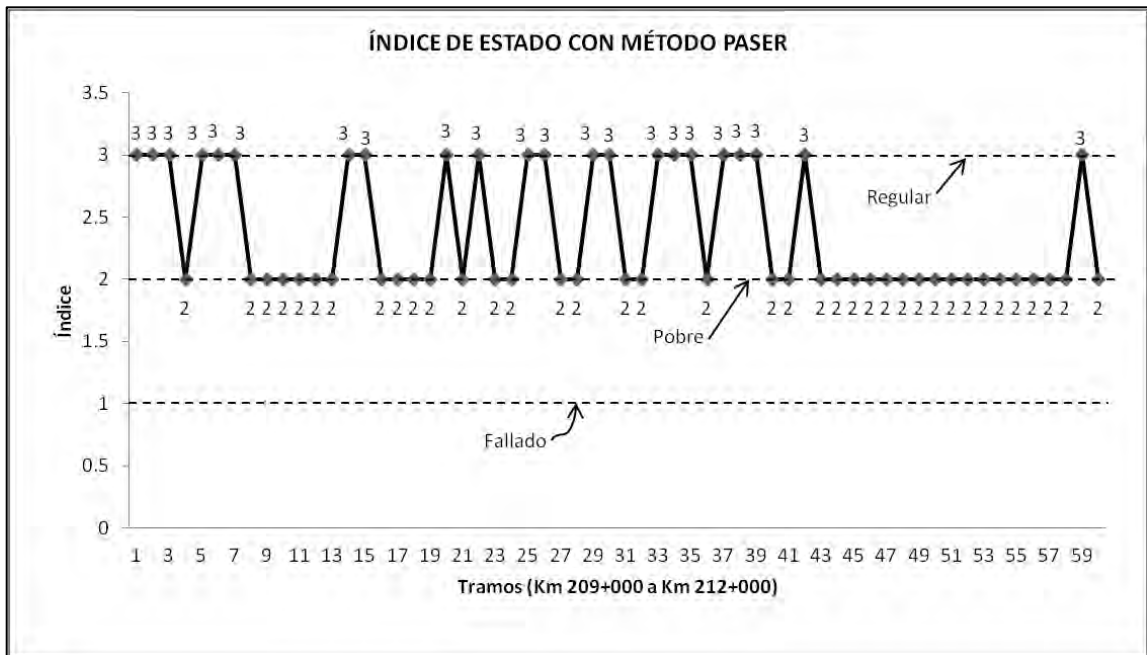


Figura 3.8. Variación del Índice de Estado-PASER

3.7.5 Condición del Pavimento (VIZIR)

Tabla 3.28. Medidas de dispersión con método VIZIR

VIZIR	
Mínimo	1.00
Máximo	5.00
Promedio	3.08
Desviación estándar	0.77
Mediana (Me)	3.00
Percentil 75 (P 75)	3.00
Percentil 25 (P 25)	3.00
Rango Intercuartil	0.00
Máximo no Outlier (U)	3.00
Mínimo no Outlier (L)	3.00
P 75 - Me	0.00
Me - P 25	0.00

Se observa una distribución simétrica de los índices de deterioro con respecto al $I_s=3$, donde no presenta rango intercuartil.

En la figura 3.9 se presenta la variación del índice de deterioro superficial en la cual predomina la calificación “Regular”.

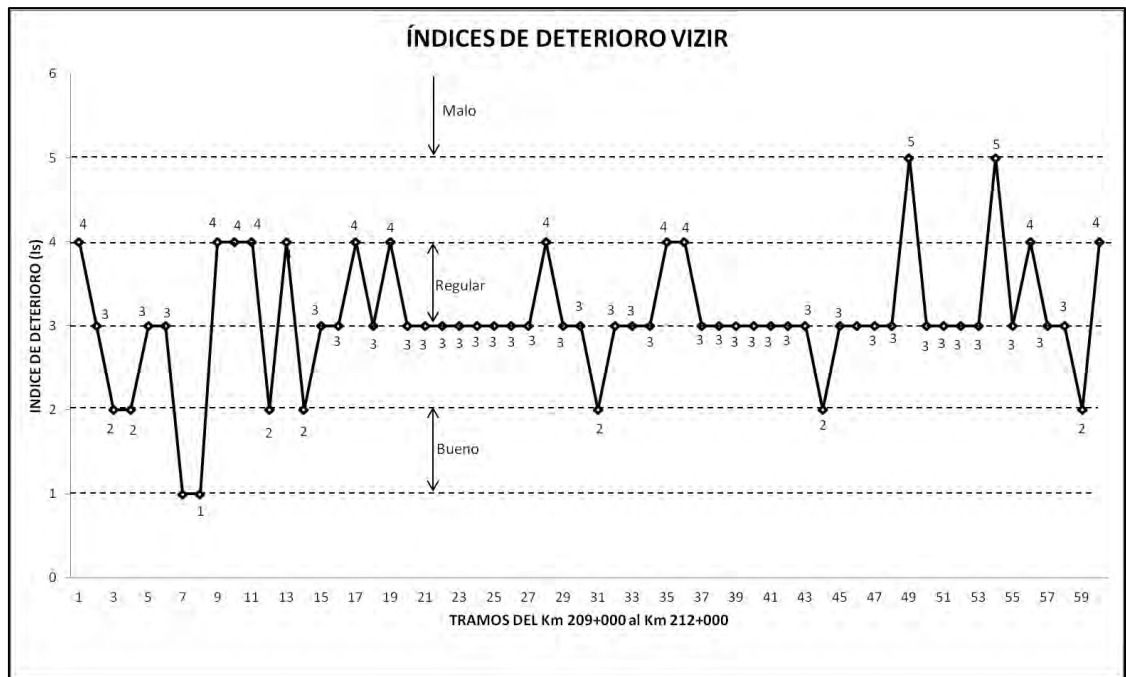


Figura 3.9. Variación del Índice de deterioro-VIZIR

CAPITULO IV: CONDICIÓN SUPERFICIAL CON MÉTODO PROPUESTO

4.1 Generalidades

Los pavimentos básicos están diseñados para entregar a los usuarios seguridad y comodidad al conducir, es decir la carretera debe entregar un nivel de servicio de acuerdo a la demanda que lo solicita. Dentro de este aspecto existe lo que se llama evaluación de las condiciones de un pavimento funcional y estructural.

Es muy importante poder identificar las fallas presentes en un pavimento, para analizar su severidad y ver sus posibles formas de corregirlas. Para lo anterior, es que se han creado los sistemas auscultación, que permiten a través de un muestreo, reconocer las fallas existentes y con ello caracterizar el tramo estudiado. Uno de los factores que influyen de gran manera, son las fallas superficiales del pavimento; dichos factores influyen tanto en la vida útil del pavimento, como en el servicio que prestan al público.

La evaluación superficial de un pavimento permite, ante todo, delimitar zonas de diferente comportamiento a lo largo del proyecto y es la base para una programación idónea de los trabajos posteriores de evaluación destructiva y no destructiva de la calzada.

Los diversos tipos de deterioros suelen estar relacionados con determinados mecanismos. Aquéllos que básicamente están asociados con la acción de las cargas del tránsito exigen trabajos de rehabilitación con fortalecimiento estructural, en tanto que los asociados con los materiales y con el clima se deben enfrentar, ante todo, buscando remediar las causas de las deficiencias o minimizando su impacto sobre el comportamiento del pavimento. Es evidente, no obstante, que algunos problemas muy severos motivados por los materiales o por aspectos ambientales, pueden exigir la reconstrucción del pavimento.

En este capítulo se realiza la propuesta del método ESBVT, para la evaluación de la condición superficial del pavimento básico, aplicado en carreteras de bajo volumen de tránsito, con el método propuesto se considera todos los deterioros del pavimento que son indicadores para plantear soluciones de conservación.

4.2 Análisis comparativo del método VIZIR con el propuesto ESBVT

El método propuesto es denominado “Evaluación de la condición Superficial del pavimento en carreteras de Bajo Volumen de Tránsito” ESBVT, está basada en el método VIZIR conocido por su aplicación en pavimentos flexibles con revestimiento bituminoso.

Según recomendación del método considera evaluar tramos de 100 m. la cual se justifica en vías que tienen uniformidad del ancho de vía; sin embargo en carreteras de bajo volumen de tránsito presentan anchos de vía variables, así mismo con la finalidad de poder realizar la comparación con otras metodologías se consideró

tramos continuos de 50m, obteniendo 60 datos muestrales aplicado a la zona de experimentación que comprende desde la progresiva Km 209+000 al Km 212+000.

4.2.1. Categoría de deterioros con el método VIZIR

El método VIZIR clasifica y la cuantifica los deterioros de los pavimentos flexibles en carreteras, considera dos categorías de deterioros: los deterioros del Tipo “A”, que caracterizan la condición estructural del pavimento y los deterioros del Tipo “B”, en su mayoría de tipo funcional y por tanto su reparación no está relacionada con la capacidad estructural del pavimento.

En la figura 4.1 se presenta el diagrama de flujo correspondiente al método VIZIR se observa parte del procedimiento para hallar la primera calificación del índice de deterioro superficial sin corrección, en la cual se define este índice a partir del deterioro estructural tipo “A”.

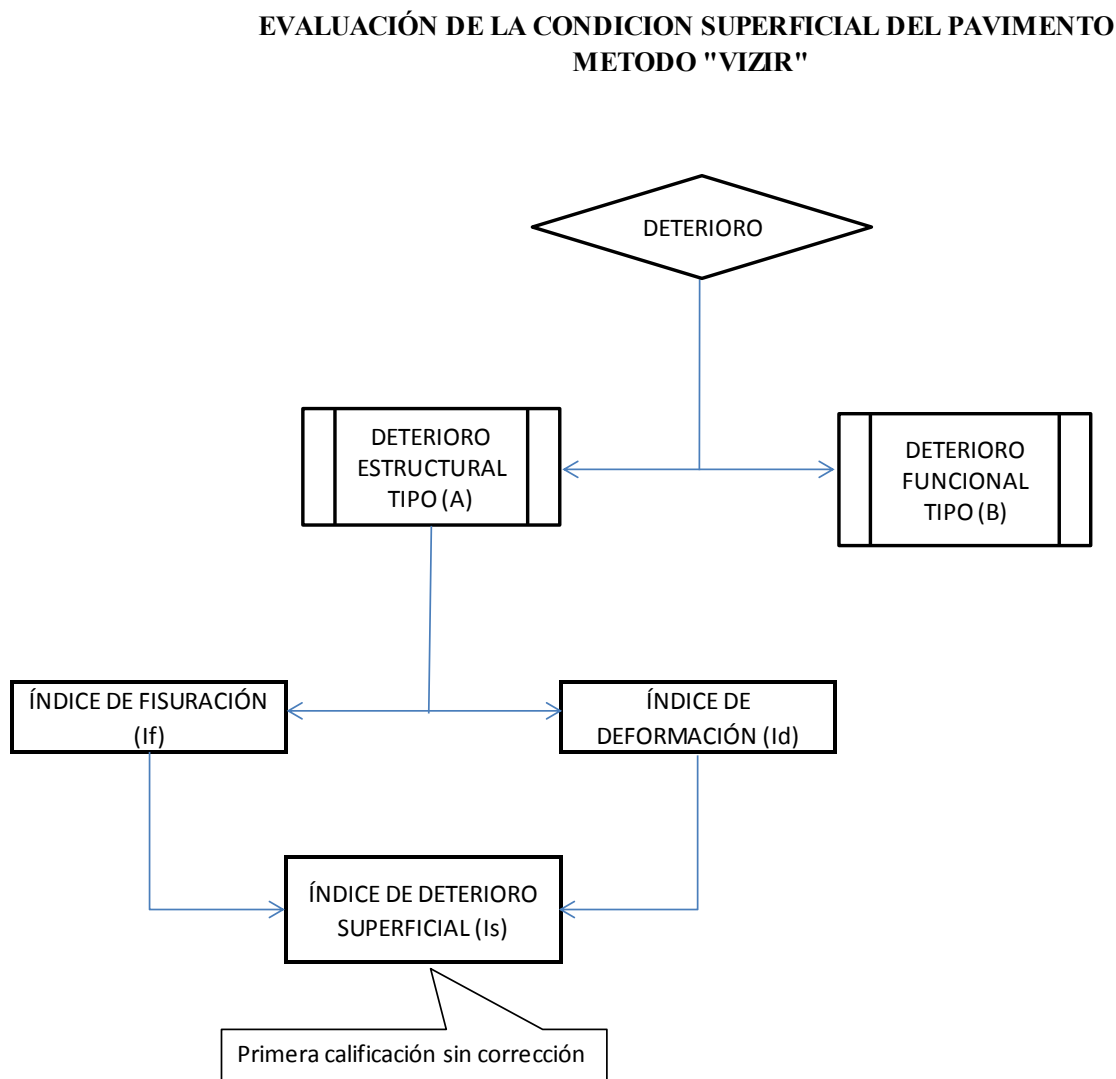


Figura 4.1. Diagrama de flujo de la primera calificación con método VIZIR

4.2.2. Categoría de deterioros con el método ESBVT

En la Figura 4.2 se presenta el diagrama de flujo del método propuesto ESBVT, se considera clasificados los deterioros en los pavimentos de dos tipos: Estructurales y de Superficie.

- a) **Deterioros de Estructura:** En este tipo de deterioros se considera las manifestaciones del deterioro en la superficie del pavimento, cuyo origen es la pérdida de la capacidad estructural de una o más de sus capas componentes y/o pérdida de la capacidad estructural del suelo de fundación. Este deterioro se puede manifestar en forma de deformación o agrietamiento.
- b) **Deterioros de Superficie:** Está relacionado con la calidad de la superficie del pavimento, comprende los defectos de la superficie de rodadura debido al deterioro del tratamiento superficial del pavimento y no guarda relación con la estructura del pavimento. La corrección de estas fallas se efectúa con solo regularizar la superficie y conferirle la necesaria impermeabilidad y rugosidad. Ello se logra con un tratamiento superficial delgado que tiene un insignificante aporte estructural. Afecta negativamente la serviciabilidad (confort y costo de operación del usuario) y la seguridad de circulación. Entre este tipo de deficiencias se encuentran la rugosidad, fallas superficiales y pérdida de fricción.

EVALUACIÓN DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO METODO "ESBVT"

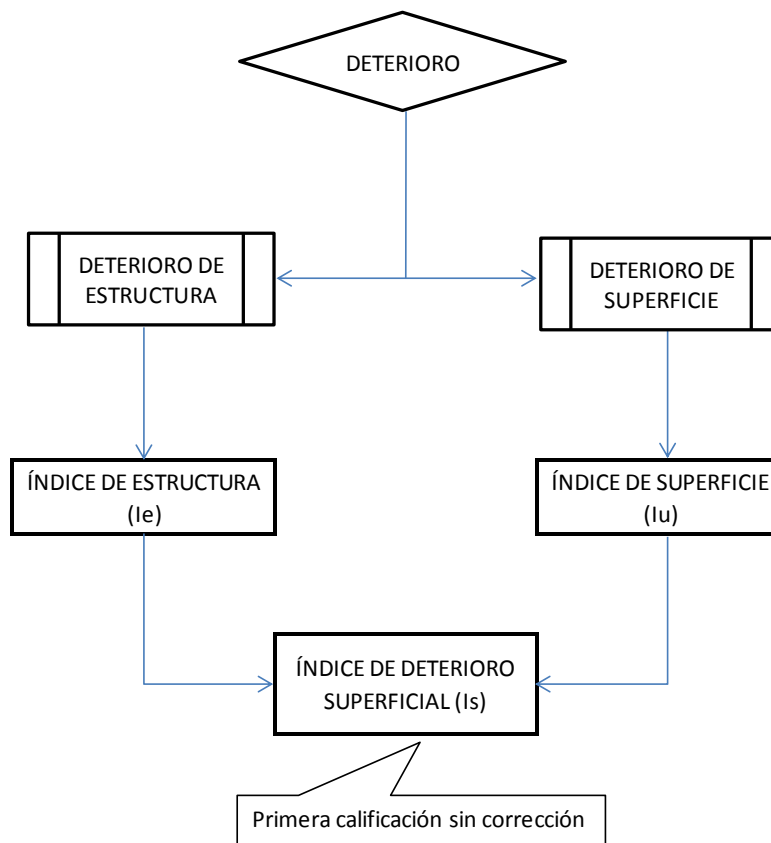


Figura 4.2. Diagrama de flujo de la primera calificación con método ESBVT

4.2.3. Índices para calificar deterioros con el método VIZIR

El método VIZIR considera dos índices para calificar el deterioro superficial de un pavimento: el índice de fisuración (If), referido a los agrietamientos de tipo estructural, es decir se mide en función de su extensión y gravedad, pero solo de las fallas del tipo A y el índice de deformación (Id), es decir se mide en función de la extensión y gravedad de las fallas del Tipo A, referido a los deterioros o deformaciones de origen estructural, ellos permiten determinar, de acuerdo con las características de extensión y severidad, un valor numérico con el cual es posible hallar un índice de deterioro superficial (Is).

4.2.4. Índices para calificar deterioros con el método ESBVT

En el método ESBVT también se considera dos índices para calificar el deterioro superficial del pavimento básico denominado: índice de Estructura (Ie) y el índice de superficie (Iu)

a) Índice de Estructura (Ie) :

El cálculo del índice de estructura está en función de la gravedad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importante debe ser la medida para su corrección y la extensión se refiere al porcentaje del área del tramo evaluado, que es afectado por un determinado tipo de deterioro. La extensión de algunos daños se define por el número de veces en que se repite en la zona de evaluación.

Comparando el método VIZIR con el método propuesto se puede observar en la figura 4.2 que el índice de estructura (Ie) reemplaza a los índices de: fisuración (If) y deformación (Id).

b) Índice de Superficie (Iu) :

Este índice también depende de la gravedad y extensión de los deterioros clasificados como deterioros de superficie.

4.2.5 Identificación de los deterioros con el método VIZIR

En la Tabla 4.1 se presenta el metrado de deterioros tipo “A” y tipo “B” desde la progresiva Km 209+000 al Km 212+000.

A continuación se presenta un resumen del tramo seleccionado:

- a. Longitud de la vía : 3000 m (Desde Km 209+000 al Km 212+000)
- b. Ancho promedio de la calzada: 4.86 m
- c. Área total del tramo seleccionado: 14,567.50 m²

Tabla 4.1. Datos de cuantificación de Fallas

TIPO	NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	SEVERIDAD			Área Total Deterioro (m2)	Área evaluada (%) deterioro	Frecuencia tipo deterioro (%)
			1	2	3			
TIPO A	Grieta longitudinal por fatiga	FLF	74.54	49.15		123.69	0.85	1.45
	Fisura piel de cocodrillo	FPC	298.56	336.1		634.66	4.36	7.44
	Ahuellamiento	AH	669.68	58.2		727.88	5.00	8.53
	Depresiones o hundimientos longitudinales	DL	3.3			3.3	0.02	0.04
	Depresiones o hundimientos transversales	DT	20.5	10	2.25	32.75	0.22	0.38
	Baches y zanjas reparadas	BZR	168.25	1784.69	1504.85	3457.79	23.74	40.51
TIPO B	Huecos	H	1			1	0.01	0.01
	Grieta de borde	FB	40.3			40.3	0.28	0.47
	Pérdida de la película del ligante	PL	561.49	811.25	339.5	1712.24	11.75	20.06
	Pérdida de agregados	PA	73.9			73.9	0.51	0.87
	Exudación	EX	1237.9	90.7	311.75	1640.35	11.26	19.22
	Desintegración de los bordes del pavimento	DB	4	19.6		23.6	0.16	0.28
	Escalonamiento entre calzada y berma	ECB	50	13.8		63.8	0.44	0.75
TOTAL			3203.42	3173.49	2158.35	8535.26	58.59	100.00

En la Tabla 4.2 se presenta los deterioros que considera el método VIZIR para determinar el índice de deterioro superficial, se puede observar que este método sólo considera los deterioros del tipo “A”, es decir se observa un considerable porcentaje (41.65%) de los deterioros clasificados como tipo “B” que no son considerados en el cálculo del índice de deterioro superficial.

Para el tramo seleccionado se observa que sólo ha considerado el 58.35% de los deterioros del pavimento para la determinación de la condición superficial del pavimento; razón por la cual se le critica al método por que no considera en la evaluación todos los deterioros.

Tabla 4.2. Cuantificación de fallas con método VIZIR

TIPO	NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	SEVERIDAD			Área Total Deterioro (m2)	Área evaluada (%) deterioro	Frecuencia tipo deterioro (%)
			1	2	3			
TIPO A	Grieta longitudinal por fatiga	FLF	74.54	49.15		123.69	0.85	1.45
	Fisura piel de cocodrillo	FPC	298.56	336.1		634.66	4.36	7.44
	Ahuellamiento	AH	669.68	58.2		727.88	5.00	8.53
	Depresiones o hundimientos longitudinales	DL	3.3			3.3	0.02	0.04
	Depresiones o hundimientos transversales	DT	20.5	10	2.25	32.75	0.22	0.38
	Baches y zanjas reparadas	BZR	168.25	1784.69	1504.85	3457.79	23.74	40.51
TOTAL			1234.83	2238.14	1507.1	4980.07	34.19	58.35

En la Figura 4.3. se aprecia la frecuencia y tipos de los deterioros tipo “A” considerados con el método VIZIR, con la cual califica la condición del pavimento. En los deterioros tipo “A” se observa que los baches y zanjas reparadas son los deterioros más frecuentes.

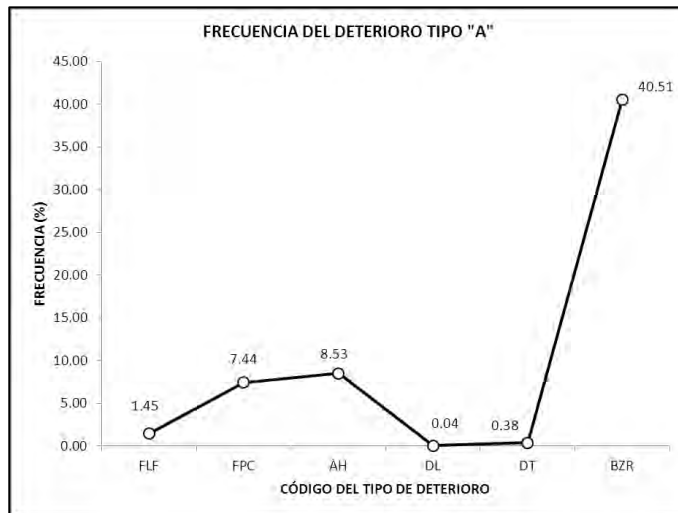


Figura 4.3. Frecuencia del tipo de deterioro método VIZIR

De la evaluación con el método VIZIR se puede concluir que si bien el método establece una clara distinción entre fallas estructural y funcional; sin embargo no considera todos los tipos de deterioro en la evaluación.

4.2.6. Identificación de los deterioros con el método ESBVT

En la Tabla 4.3 se presenta la clasificación de los deterioros de estructura y de superficie, considerando su clase, código y símbolo respectivamente

Tabla 4.3. Clasificación de los deterioros con el método ESBVT

TIPO	CLASE	NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	SÍMBOLO	
DETERIORO DE ESTRUCTURA	Agrietamientos	Fisuras longitudinales por fatiga	FLF		
		Fisuras piel de cocodrilo	FPC		
	Deformaciones	Depresiones o hundimientos longitudinales	DL		
		Depresiones o hundimientos transversales	DT		
		Bacheos y zanjas reparadas	BZR		
		Ahuellamiento	AH		
DETERIORO DE SUPERFICIE	Desprendimientos	Pérdidas de agregados	PA		
		Pérdida de la película de ligante	PL		
		Huecos	H		
	Afloramientos	Exudación	EX		
		Otros deterioros	Escalonamiento entre calzada y berma	ECB	
			Erosión de las bermas	EB	
			Desintegración de los bordes del pavimento	DB	
			Fisura de borde	FB	

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 4.4 se presenta la cuantificación de los deterioros de estructura y de superficie, desde la progresiva Km 209+000 al Km 212+000

Tabla 4.4. Cuantificación de los deterioros con el método ESBVT

TIPO	NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	SEVERIDAD			Área Total Deterioro (m2)	Área evaluada (%) deterioro	Frecuencia tipo deterioro (%)
			1	2	3			
DETERIORO DE ESTRUCTURA	Grieta longitudinal por fatiga	FLF	74.54	49.15		123.69	0.85	1.45
	Fisura piel de cocodrillo	FPC	298.56	336.1		634.66	4.36	7.44
	Ahuellamiento	AH	669.68	58.2		727.88	5.00	8.53
	Depresiones o hundimientos longitudinales	DL	3.3			3.3	0.02	0.04
	Depresiones o hundimientos transversales	DT	20.5	10	2.25	32.75	0.22	0.38
	Baches y zanjas reparadas	BZR	168.25	1784.69	1504.85	3457.79	23.74	40.51
	TOTAL			1234.83	2238.14	1507.1	4980.07	34.19
DETERIORO DE SUPERFICIE	Huecos	H	1			1	0.01	0.01
	Grieta de borde	FB	40.3			40.3	0.28	0.47
	Pérdida de la película del ligante	PL	561.49	811.25	339.5	1712.24	11.75	20.06
	Pérdida de agregados	PA	73.9			73.9	0.51	0.87
	Exudación	EX	1237.9	90.7	311.75	1640.35	11.26	19.22
	Desintegración de los bordes del pavimento	DB	4	19.6		23.6	0.16	0.28
	Escalonamiento entre calzada y berma	ECB	50	13.8		63.8	0.44	0.75
	TOTAL			1968.59	935.35	651.25	3555.19	24.40

En la figura 4.4 se presenta la frecuencia y tipos de los deterioros considerados para calificar la condición del pavimento con el método ESBVT.

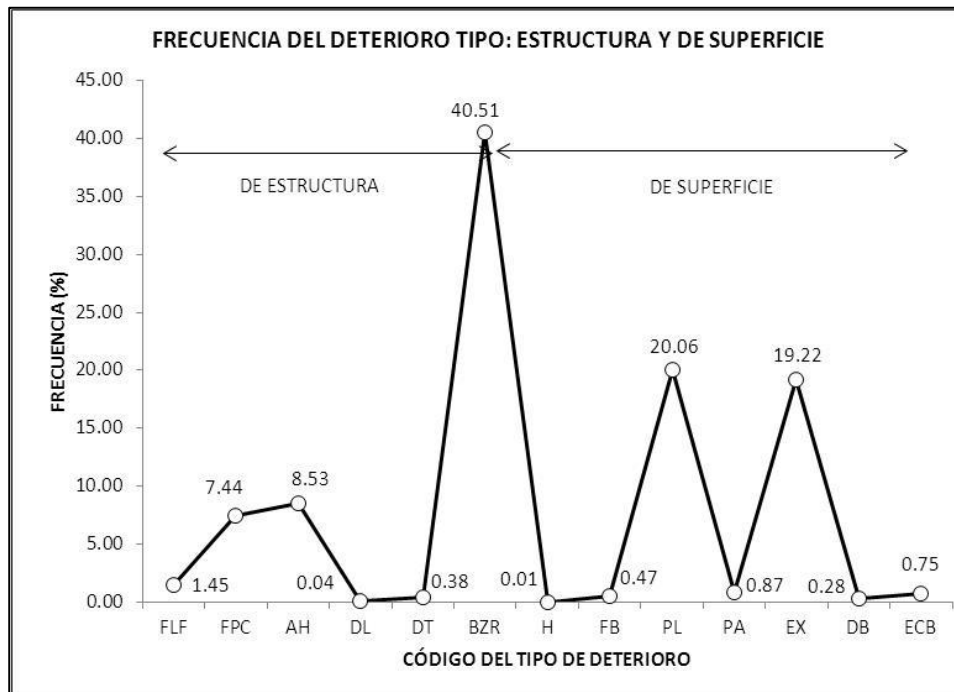


Figura 4.4. Frecuencia del tipo de deterioro con método ESBVT

Además se aprecia que el deterioro correspondiente a “baches y zanjas reparadas” de código BZR presenta una mayor frecuencia o influencia en el deterioro del pavimento básico, seguido de los deterioros de superficie (PL, EX) no considerados en el método VIZIR.



Figura 4.5. Comparación por tipo de deterioro con el método ESBVT

En la Figura 4.5 se compara la incidencia de cada uno de los tipos de deterioros de la cual con el método propuesto se considera el 100% y no se excluye a los deterioros clasificados como de superficie.

Considerando que cada defecto puede ser resultado de una o varias causas (humedad, drenaje, temperatura, exceso de cargas, etc.), que una vez identificadas, proporcionan indicios importantes para la comprensión del deterioro, razón por la cual es importante tener toda la información sobre el tipo, severidad e intensidad de cada uno de los defectos. Estos datos son fundamentales para la determinación de las posibles causas del deterioro y escoger la alternativa adecuada de rehabilitación¹.

Además que la evolución del deterioro de los pavimentos puede variar enormemente, en función de diversos factores, tales como: Las condiciones ambientales, la capacidad de soporte del pavimento, la calidad de los materiales utilizados en el proceso constructivo y el volumen de tráfico.

El método VIZIR a partir de la condición estructural busca, fundamentalmente, remediar las causas de los deterioros del tipo A existentes en el pavimento. Es evidente que, en la mayoría de los casos, la solución a ellos trae implícita la corrección de los deterioros del tipo B. Así, por ejemplo, operaciones de reciclado o de reconstrucción obvian el tratamiento requerido para corregir algunos deterioros que puedan existir en esos tramos, como la exudación, la pérdida de película de

¹ Cfr.: DNER, Tobías S. Visconti

ligante y los ahuellamientos u ondulaciones debidos a falta de estabilidad de las mezclas.

Sin embargo, los deterioros del tipo B no pueden ser siempre ignorados en el instante de las definiciones. Operaciones como el sellado de fisuras o el bacheo de zonas con depresiones o huecos, son necesarias antes de la ejecución de trabajos de restauración o refuerzo.

Aún si la condición estructural del pavimento fuese excelente, la presencia de defectos cuya causa está radicada en la capa asfáltica superficial puede exigir no solamente trabajos aislados sino, inclusive, labores generalizadas de restauración.

En los pavimentos básicos es muy frecuente la presencia del deterioro denominado pérdida de película de ligante, debido a que la acción prolongada del agua lluvia afecta adversamente la unión entre el tratamiento superficial y la superficie de base estabilizada con deficiente adherencia inherente, determinando el descubrimiento de los mismos. En muchos casos, este deterioro no está ligado a ningún síntoma de debilidad estructural. No obstante, un pavimento en estas condiciones requiere la ejecución de obras generales de restauración, antes de que el deterioro evolucione y los síntomas estructurales se comiencen a manifestar. Superficies resbaladizas por excesos de asfalto (exudación), en la capa superior del pavimento y los ahuellamientos y ondulaciones, exigen también la definición y la ejecución de trabajos de restauración en áreas extensas, así la capacidad estructural global del pavimento sea satisfactoria.

En la evaluación de la condición superficial del pavimento con el método ESBVT se considera que la presencia de defectos cuya causa radica en el tratamiento superficial puede exigir no solamente trabajos aislados sino, inclusive, labores generalizadas de restauración, Aún si la condición estructural del pavimento fuese excelente.

4.3 Análisis del medio físico externo a la vía

Considerando que los pavimentos básicos tienen como objetivo principal, resolver problemas funcionales de caminos no pavimentados de muy bajo estándar. Así mismo el diseño geométrico de estos caminos, tiende a ajustarse a las condiciones geográficas del terreno, razón por la cual presentan un ancho reducido de la plataforma, no tienen bermas, atraviesan terrenos de diversos tipos de topografía, condiciones climáticas y sobre todo taludes con alto riesgo de erosión e inestabilidad que además de contribuir al deterioro del pavimento, también afecta la seguridad.

En la Fotografía 4.1. Se presenta por ejemplo la ubicación de algunos taludes inestables en el tramo que comprende la carretera de Cañete a Chupaca, la cuales entre otros agentes como el clima, intemperismo, son los principales agentes que contribuyen al deterioro del pavimento

En la Fotografía 4.2 Se ilustra los derrumbes a causa de los taludes inestables en la carretera Cañete - Chupaca.







	
Talud ubicado en el Km 68+200	Talud ubicado en el Km 81+460
	
Talud ubicado en el Km 134+000	Talud ubicado en el Km 139+000
	
Talud ubicado en el Km 144+000	Talud ubicado en el Km 145+000

Foto 4.1. Taludes inestables en diversas progresivas

	
<p>Derrumbe ubicado en el Km 102+400</p>	<p>Derrumbe ubicado en el Km 108+200</p>
	
<p>Derrumbes en el Km 120+500</p>	<p>Derrumbes en el Km 131+600</p>
	
<p>Derrumbes en el Km 237+600</p>	<p>Derrumbes en el Km 253+330</p>

Foto 4.2. Derrumbes de taludes inestables en diversas progresivas

Se han desarrollado gran cantidad de técnicas probadas para el manejo de los taludes inestables o los deslizamientos, cada una requiere de metodologías especializadas de diseño y construcción. Cada sistema tiene su base teórica y sus procedimientos constructivos.

Algunos de los procedimientos de estabilización de taludes se indican para taludes en suelos y rocas:

Taludes en Suelos

- Mallas o redes metálicas
- Muros de contención
- Descarga de cabecera de talud
- Desquinche sistemático
- Banquetas
- Tendido o reperfilado
- Forestación o reforestación intensiva.
- Cunetas de coronación
- Mejoramiento de la resistencia del terreno
- Contrafuerte
-

Taludes en Rocas

- Modificación geométrica
- Pernos de anclaje
- Mallas o redes metálicas
- Muros de contención
- Hormigón proyectado
- Desquinche sistemático
- Pantallas metálicas estáticas o Dinámicas

Las caminos de bajo volumen de tránsito también se les consideran como caminos económicos, donde por su baja demanda de tránsito, se busca una solución de estructura de pavimento más económico, razón por la cual no se realizan inversión de recursos económicos para el tratamiento que requiere los taludes inestables y solo se proyectan utilizar tecnologías de bajo costo.

La conformación topográfica del talud: altura, pendiente, curvatura, largo y ancho, actuando en forma conjunta o separada, afectan la estabilidad de un talud, por cuanto determinan los niveles de esfuerzos totales y las fuerzas de gravedad que provocan los movimientos.

El nivel de esfuerzos es también determinado por el volumen y ubicación de los bloques o masas de materiales, factores que dependen de las características topográficas.

Entre los parámetros topográficos se pueden extraer los siguientes:

Pendiente.

Los perfiles más profundos de meteorización se encuentran en los taludes suaves más que en los empinados. Para cada formación, en un estado determinado de meteorización existe un ángulo de pendiente a partir del cual un talud es inestable.

Erosionabilidad.

La erosionabilidad es la facilidad con la cual el suelo puede ser desprendido y transportado por acción del agua. Este factor puede afectar la estabilidad de un talud, en cuanto produce cambios topográficos desestabilizantes o genera conductos internos de erosión.

Otros parámetros que influyen en la inestabilidad de taludes:

Parámetros Ambientales y Antrópicos.

Según Blight las reacciones químicas se duplican con cada 10 °C de aumento de la temperatura. Factores tales como: evaporación, fuerzas sísmicas, vegetación y modificaciones causadas por el hombre, pueden producir alteración del talud lo cual afecta su inestabilidad.

Parámetros Hidrológicos e Hidrogeológicos.

Los cambios en el régimen de aguas subterráneas actúan como detonadores de movimientos en las laderas o taludes y estos se encuentran generalmente, relacionados con las lluvias y la hidrología superficial.

En un estudio de deslizamientos se deben tener en cuenta los parámetros relacionados con la hidrogeología y en especial los siguientes factores:

Características de las lluvias.

La ocurrencia de períodos lluviosos intensos produce ascensos en los niveles piezométricos y la saturación disminuye las tensiones capilares.

Régimen de aguas subterráneas.

Los niveles de agua freáticas pueden fluctuar de manera considerable con el tiempo y modificar la resistencia de los materiales y el estado de esfuerzos.

Es importante determinar las áreas de recarga y descarga, partiendo de la base del conocimiento del clima regional y análisis del terreno, incluyendo el tipo y distribución de la roca, fallas, fracturas, manantiales y humedales.

4.4 Propuesta de corrección por factores de fragilidad del pavimento básico

Considerando que el medio físico externo a la vía también contribuye con el deterioro del pavimento, razón por la cual se propone considerar en el método ESBVT, después de la primera calificación del índice de deterioro superficial, la “corrección por fragilidad (Cf)” del pavimento. La corrección que se propone considera los factores de fragilidad más relevantes que influyen en la evolución del deterioro del pavimento.

Existe como antecedente, con el método de VIZIR donde se realiza corrección por reparaciones en el pavimento, considerando que los baches reparados afectan la durabilidad del pavimento a pesar de contribuir a mejorar la funcionalidad de la vía. La condición del pavimento resulta un aspecto clave para garantizar que la inversión en infraestructura obtenga los resultados proyectados en términos de rentabilidad socioeconómica, de desarrollo y crecimiento. Resulta entonces necesario abordar de manera eficaz la problemática del mantenimiento vial, en sus diferentes formas, incluidas las actividades de rehabilitación requeridas para asegurar las condiciones de tránsito y seguridad.

Los factores de fragilidad indicados en la Tabla 4.5, se eligieron considerando que son los más importantes en el deterioro del pavimento básico como parte del medio físico externo a la vía.

A continuación se realiza una descripción de factores de fragilidad del pavimento básico:

Topografía:

La topografía general del tramo indica las dificultades para la operación del tránsito, especialmente los camiones. Se consideran tres categorías generales.

- **Plano:** son tramos con pendientes suaves (< 3 %) o moderadas (3-4 %) de corta longitud (< 0.5 km).
- **Ondulado:** terrenos con pendientes moderadas y frecuentes; pero en longitudes no muy grandes (< 1 km).
- **Montañoso:** pendientes fuertes, (5%) y frecuentes. Además se refiere a casos especiales con pendientes de 6 % y con longitudes superiores a los 5 km.

Cuando un talud se corta, para la construcción de una vía o de una obra de infraestructura, ocurre una relajación de los esfuerzos de confinamiento y una exposición al medio ambiente, cambiándose la posición de equilibrio por una de deterioro acelerado.

El deterioro comprende la alteración física y química de los materiales y su subsecuente desprendimiento o remoción. Este incluye la alteración mineral, los efectos de relajación y la abrasión. La iniciación y propagación de fracturas es de significancia particular en la destrucción de la superficie que puede conducir a caídas de roca o colapso del talud.

Estabilidad del Talud con riesgo bajo:

A los taludes que no presentan ningún tipo de peligro para la carretera y/o viviendas ubicadas en el borde superior o inferior del talud o ladera, es decir, se considera escasa la posibilidad de ocurrir caídas de bloques pequeños, gravas y/o material

fino que afecte la durabilidad del pavimento básico; por lo que para taludes con este nivel de estabilidad no será necesario ninguna medida correctiva.



Foto 4.3. Talud con riesgo bajo ubicado en el Km 218+000

Estabilidad de Talud con riesgo moderado:

Se considera a los taludes con restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad de taludes. Talud que presenta peligro para la carretera, es decir que de ocurrir un derrumbe o desprendimiento importante no solo afectaría el pavimento o obstaculizaría el tránsito vehicular sino que puede dañar las estructuras o viviendas que se encuentran al pie o al borde superior del talud, con la consiguiente pérdida de vidas

Humanas



Foto 4.4. Talud con riesgo moderado ubicado en el Km 209+000

Estabilidad de Talud con riesgo alto: Son taludes que están en un estado muy crítico, con evidencia de movimiento, que representan un serio problema para la carretera o viviendas aledañas, es decir que de ocurrir un derrumbe, desprendimiento y/o caída de bloques y gravas dañaría la carpeta asfáltica.



Foto 4.5. Talud con riesgo alto ubicado en el Km 81+640

En la Tabla 4.5. Se consideran todos los factores relevantes que contribuyen al deterioro del pavimento con diferentes incidencias

Tabla 4.5. Factores de Fragilidad del Pavimento Básico

FACTOR	CONDICIONES	PUNTAJE	
		NOMINAL	NUMERICO
Topografía (T)	Pendiente fuerte (>5%) y frecuentes.	Alto	3
	Pendientes moderadas (3-4%) y frecuentes ; pero en longitudes no muy grandes (< 1 Km)	Moderado	2
	Pendiente suave (<3%) o moderadas (3-4%) de corta longitud (<0.5 km).	Bajo	1
Configuración de la sección (S)	Corte	Alto	3
	Sección mixta (corte–relleno)	Moderado	2
	Relleno (terraplén)	Bajo	1
Estabilidad de taludes y erosionabilidad (E)	Riesgos alto de erosión e inestabilidad de taludes : Roca suelta con talud de H > 7m Material suelto en talud H > 3m	Alto	3
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad de taludes: Roca suelta con talud de H > 3m. Pero menor de 7 m.	Moderado	2
	Riesgo bajo de erosión e inestabilidad de talud. Roca fija Roca suelta o Material suelto con talud de H < 3m	Bajo	1
Precipitación pluvial (P)	Precipitación > 1200 mm.	Alto	3
	Precipitación < 1200 mm.	Moderado	2
	Precipitación < 600 mm	Bajo	1
Clima (C)	Costa o Chala, temperatura de 19.22 a 22.5 °C	Bajo	0
	Yunga, temperatura de 20 a 27 °C	Medio	0
	Quechua, temperatura de -4 a 29°C	Intermedio	1
	Suni o Jalca, temperatura de -16 a 20 °C	Alto	2
	Puna, temperatura de -25 a 22°C	Muy alto	3

Fuente: Elaboración propia

4.4.1. Corrección por fragilidad (Cf)

El proceso de evaluación para la corrección por fragilidad se propone realizar en forma simultánea al proceso de cálculo del índice de deterioro superficial, la cual consiste en una valoración visual del medio físico externo a la vía que contribuye al deterioro del pavimento, considerando además la susceptibilidad que tiene el pavimento básico por su propia estructura.

En la Tabla 4.5 se considera los factores de fragilidad, las condiciones en que se presentan y los puntajes asignados a cada condición.

Para calcular la capacidad de contribución a la fragilidad del pavimento básico se propone usar una técnica basada en la metodología de Yeomans (1986), esta técnica consiste en asignar puntajes a un conjunto de factores, para nuestro caso aplicaremos sobre la fragilidad del pavimento, que se indican en la tabla 4.5.

A continuación se presenta la formula empírica adaptada para el cálculo de la capacidad de contribución que le denominaremos (CFpb), en la formula se considera como principal factor de contribución la estabilidad de taludes y erosionabilidad (E) :

$$CFpb = E \times (T + S + P + C)$$

Dónde:

T= Topografía

S= Configuración de la sección transversal

E= Estabilidad de taludes y erosionabilidad

P= Precipitación pluvial

C= Clima

Finalmente, con el valor numérico de la capacidad de contribución a la fragilidad del pavimento básico (CFpb), se elige la escala de calificación en la tabla 4.6, además de acuerdo a la clasificación nominal (Bajo, Moderado o Alto) del principal factor de contribución como es la estabilidad de taludes y erosionabilidad (E) ,se ingresa a la Tabla 4.7 para determinar el factor de corrección (Cf) equivalente a la unidad si califica para ser considerado como factor contribuyente al deterioro del pavimento y cero si no es contribuyente.

Posteriormente es usado en el proceso final de la definición del índice de deterioro superficial (Is) del método ESBVT.

Tabla 4.6. Escala de calificación

Escala			
CFpb	<10	10 a 20	>20

Tabla 4.7. Factor de corrección por fragilidad

CORRECCION POR FRAGILIDAD (Cf)			
Escala	< 10	10 a 20	> 20
Estab.Tal			
Bajo	0	0	0
Moderado	0	0	1
Alto	0	1	1

Se presentan ejemplos de cálculo del Factor de corrección por Fragilidad (Cf):

Ejemplo 1:

Considerando el tramo en evaluación desde la progresiva Km 209+000 al Km 212+000, donde se aprecia una topografía con pendiente moderada con una configuración de la sección entre mixto y relleno, donde predomina el tipo mixto, con respecto a la estabilidad de taludes se observa que corresponde al tipo moderado, con respecto a la precipitación se considera alta y finalmente por ubicarse entre las abras de Chaucha y Negro Bueno corresponde a la clasificación altitudinal de Puna considerado con puntaje nominal alto.

Usando la clasificación y puntajes de la Tabla 4.5 se obtiene en la fórmula:

$$CFpb = E \times (T + S + P + C) = 2 \times (2 + 2 + 3 + 3) = 20$$

Dónde:

CFpb= Capacidad de contribución a la fragilidad del pavimento

T= Topografía (2)

S= Configuración de la sección transversal (2)

E= Estabilidad de taludes y erosionabilidad (2)

P=Precipitación pluvial (3)

C=Clima (3)

Con este resultado en la Tabla 4.6 se halla la escala de calificación en el rango de 10 a 20 y la estabilidad se clasifica como moderado; por lo que con estos datos se ingresa a la Tabla 4.7 y se obtiene el Factor de Corrección por fragilidad (Cf) de valor cero, es decir en el proceso de cálculo del índice de deterioro superficial no corresponde realizar la corrección por fragilidad.



Foto 4.6. Tramo seleccionado para aplicación del método ESBVT

Ejemplo 2:

Considerando el tramo ubicado en la progresiva Km 131+000 que tiene una topografía con pendiente moderada que varía de 3 a 4%, con respecto a la configuración de la sección es alta predomina de corte, con riesgo alto de erosión e inestabilidad de taludes de roca suelta mayores a 7m, precipitación moderada y de acuerdo a los niveles altitudinal se ubica en la región Quechua.

En la fórmula:

$$CF_{pb} = 3 \times (2 + 3 + 2 + 1) = 24$$

Dónde:

T= Topografía (2)

S= Configuración de la sección transversal (3)

E= Estabilidad de taludes y erosionabilidad (3)

P=Precipitación pluvial (2)

C=Clima (1)

Con este resultado en la Tabla 4.6 se halla la escala de calificación en el rango mayor de 20 y la estabilidad se clasifica como alto, es decir con riesgo alto de erosión y estabilidad del talud; por lo que con estos datos se ingresa a la Tabla 4.7 y se obtiene el Factor de Corrección por fragilidad (Cf) de valor uno, es decir en el proceso de cálculo del índice de deterioro superficial si corresponde realizar la corrección por fragilidad.

En la Foto 4.7 se ilustra el tramo usado en este ejemplo:



Foto 4.7. Tramo ubicado en la progresiva Km 131+000

En la vista se observa el deterioro del pavimento próximo a taludes inestables, la ausencia de bermas, además que el diseño geométrico de estos caminos en general tiende a ajustarse a las condiciones geográficas del terreno, limitando el diseño de anchos de calzada, trazado en planta, trazado en elevación y la sección transversal.

4.5 Cálculo del Índice de deterioro superficial (Is) con el método ESBVT

El procedimiento para el cálculo del índice de deterioro superficial se define a partir de la primera calificación, de manera numérica la condición general de la superficie de pavimento.

La combinación del índice de estructura (I_e) y del índice de superficie (I_u), permite obtener lo que se conoce como la primera nota de degradación, valor que varía entre uno y siete, siendo mayor a medida que la estructura tenga más cantidad y/o severidad y extensión de daños. El intervalo del I_s se presenta en la Tabla 4.8

La primera nota de degradación, similar al método VIZIR debe ser corregida de acuerdo con la extensión y severidad de las intervenciones a la estructura de pavimento que se hayan encontrado en el tramo de análisis. Dicha corrección, puede generar un incremento del I_s .

Además de la corrección por reparación, con el método ESBVT se propone realizar una corrección por fragilidad, considerando los factores más relevantes que influyen en la evolución del deterioro del pavimento.

En la Figura 4.6 se presenta un diagrama de flujo que se complementa con el diagrama de flujo indicado en la Figura 4.2, a partir de la primera calificación se considera la corrección por fragilidad y además la corrección en función de la extensión y calidad de los trabajos de bacheo, para luego obtener el índice de deterioro superficial (Is).

EVALUACIÓN DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO METODO "ESBVT"

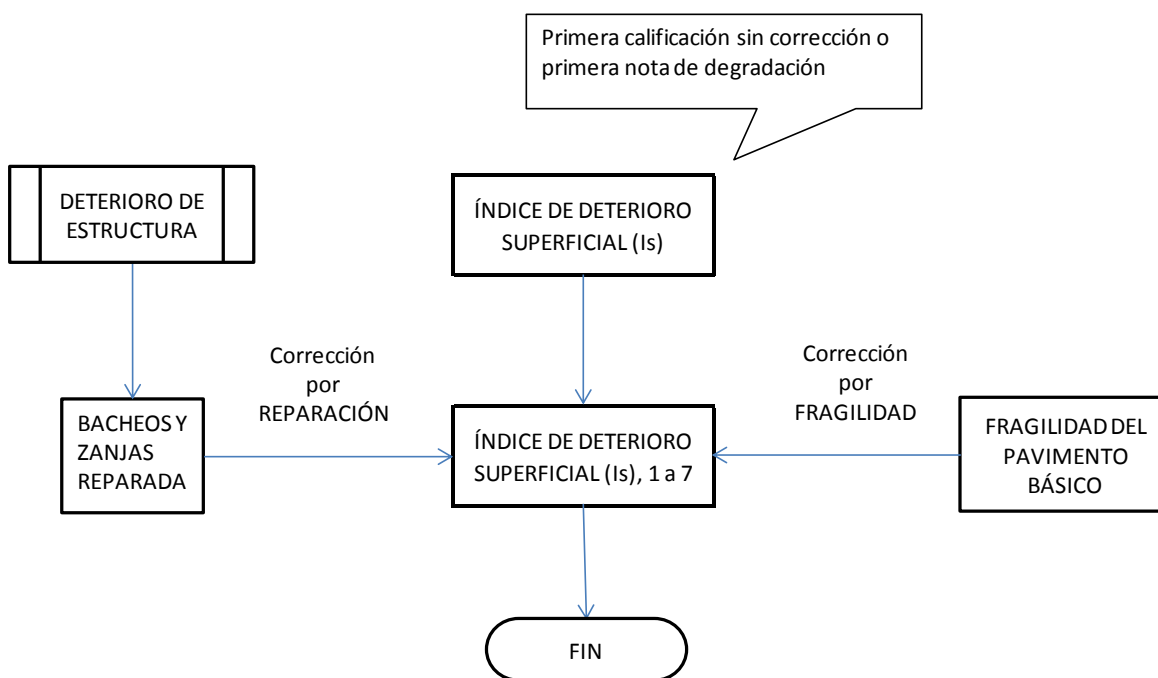


Figura 4.6. Diagrama de flujo para el cálculo del Is con método ESBVT

A partir del índice de deterioro superficial (Is), se define tres situaciones generales en relación con la probable capacidad del pavimento en el instante de la evaluación aplicada.

Tabla 4.8: Calificación del Estado de la Superficie del Pavimento-ESBVT

Intervalo de Is	Estado de Superficie
1-2	Bueno
3-4	Regular
5-7	Malo

Fuente: Laboratorio Central de Puentes y Calzadas de Francia (LCPC).
(Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

4.5.1 Flujo grama para cálculo del Is con el método ESBVT

En la Figura 4.7. se presenta el Flujo grama para el cálculo del Índice de deterioro Superficial (Is) :

ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL CON METODO ESBVT

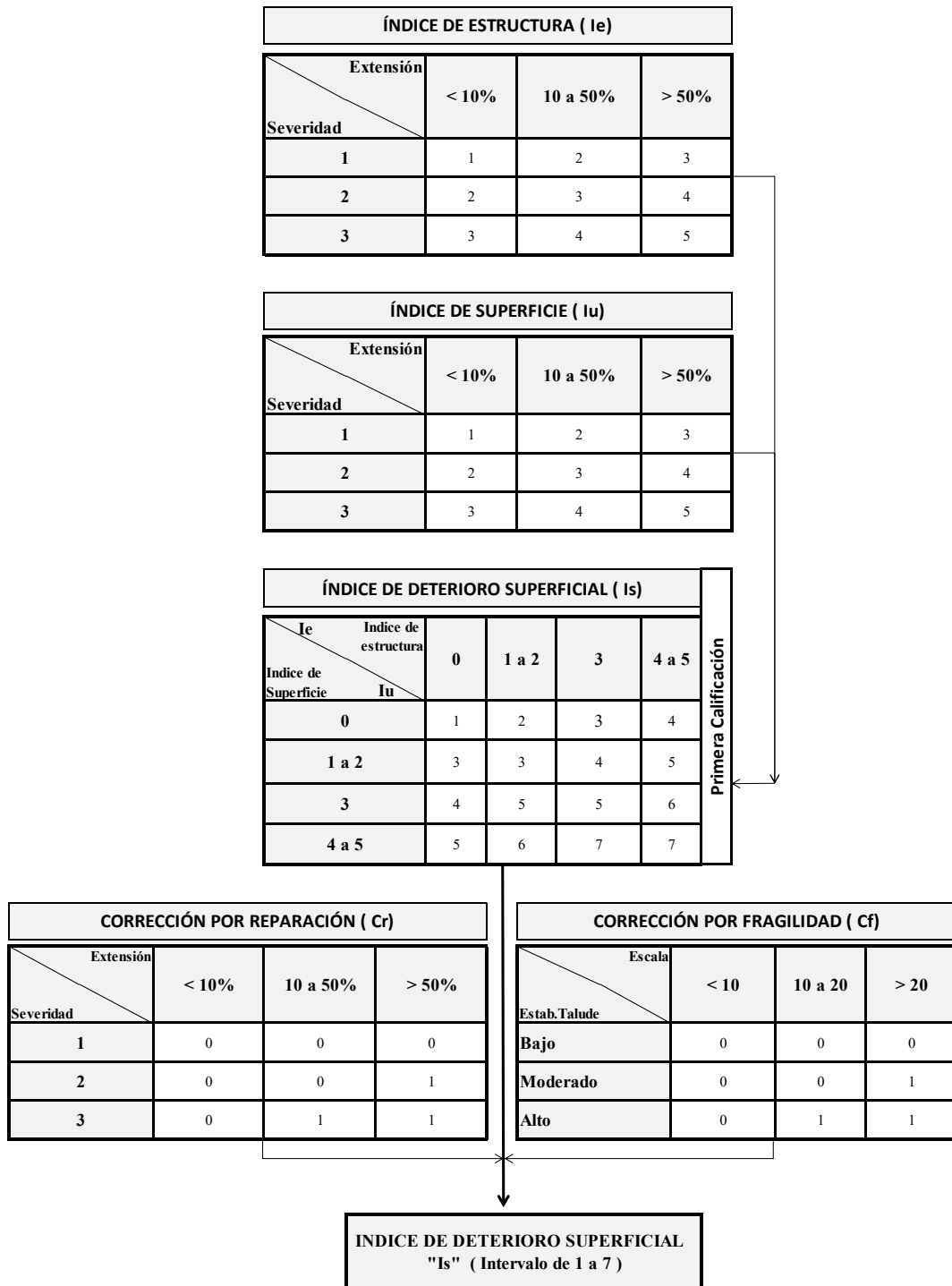


Figura 4.7. Flujograma para el cálculo del Ís con el método ESBVT

4.5.2 Diagrama de flujo para cálculo del I_s con el método ESBVT

En el diagrama de flujo de la Figura 4.8 se indica los procedimientos a seguir para la evaluación de la condición del pavimento aplicando el método ESBVT, donde se aprecia que son considerados todos los tipos de deterioro del pavimento básico, además de realizarse la corrección por reparación se presenta la corrección por fragilidad del pavimento.

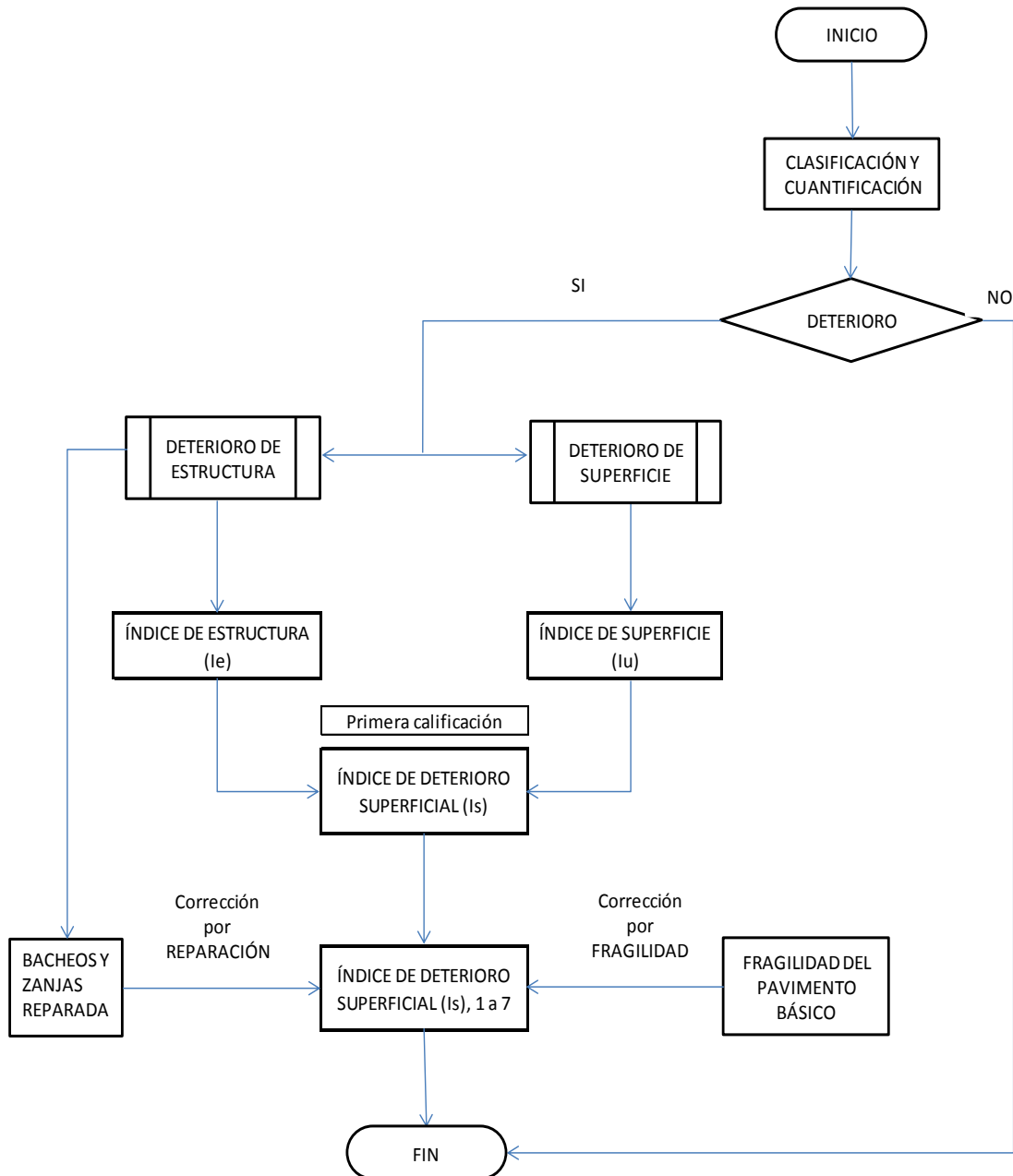


Figura 4.8. Diagrama de flujo del método ESBVT

Fuente (Elaboración Propia)

4.6 Procesamiento de datos y cálculo del Índice de Deterioro Superficial (Is)

En el anexo N°01 se presenta el procesamiento de los datos de campo y cálculo del índice de deterioro superficial con el método ESBVT, tal como se presenta en la tabla 4.9.

Tabla 4.9. Cálculo del Is con el método ESBVT.

CALZADA		Ancho
INICIO:	km 209+650.00	5.8
FINAL:	km 209+700.00	4.7
ÁREA:	262.50 m ²	5.25

Estructura	Tipo de deterioro	Código	Area	Severidad	Extensión	Valor		Is	Calificación	
						Cr	Cf			
Estructura	Fisuras longitudinales por fatiga	FLF				le	4	5	6	MALO
	Fisuras piel de cocodrilo	FPC								
	Ahuellamiento	AH				lu	2			
	Depresiones o hundimientos longitudinales	DL						+1		
	Depresiones o hundimientos transversales	DT								
	Bacheos y zanjas reparadas	BZR	34.50 m ²	3	13.14 %	Cr	+1			
Superficie	Huecos	H				Cf	+0			
	Pérdida de la película de ligante	PL	20.00 m ²	2	7.62 %					
	Pérdida de agregados	PA								
	Segregación	S								

CALZADA		Ancho
INICIO:	km 209+700.00	4.7
FINAL:	km 209+750.00	4.7
ÁREA:	235.00 m ²	4.70

Estructura	Tipo de deterioro	Código	Area	Severidad	Extensión	Valor		Is	Calificación	
						Cr	Cf			
Estructura	Fisuras longitudinales por fatiga	FLF				le	2	4	4	REGULAR
	Fisuras piel de cocodrilo	FPC								
	Ahuellamiento	AH	24.50 m ²	1	10.43 %	lu	3			
	Depresiones o hundimientos longitudinales	DL						+0		
	Depresiones o hundimientos transversales	DT								
	Bacheos y zanjas reparadas	BZR	20.00 m ²	2	8.51 %	Cr	+0			
Superficie	Huecos	H				Cf	+0			
	Pérdida de la película de ligante	PL	12.50 m ²	3	5.32 %					
	Pérdida de agregados	PA								
	Erosión de las bermas	EB								
Segregación	S									

En las tablas 4.10 y 4.11 se presenta un resumen de la calificación obtenida con el método propuesto.

Tabla 4.10. Calificación con método ESBVT (Km. 209+000 al 211+000)

Tramo	PROGRESIVAS		ANCHO DE VÍA(m)		ESBVT	
	inicio	fin	inicio	fin	Is	Calificación
1	209+000	209+050	6.3	6.3	6	Malo
2	209+050	209+100	6.3	6.3	4	Regular
3	209+100	209+150	6.3	5.5	7	Malo
4	209+150	209+200	5.5	5.5	6	Malo
5	209+200	209+250	5.5	5.6	4	Regular
6	209+250	209+300	5.6	6.3	3	Regular
7	209+300	209+350	6.3	5.6	5	Malo
8	209+350	209+400	5.6	5.5	5	Malo
9	209+400	209+450	5.5	5.15	6	Malo
10	209+450	209+500	5.15	5.1	6	Malo
11	209+500	209+550	5.1	5.4	7	Malo
12	209+550	209+600	5.4	4.45	7	Malo
13	209+600	209+650	4.45	5.8	6	Malo
14	209+650	209+700	5.8	4.7	6	Malo
15	209+700	209+750	4.7	4.7	4	Regular
16	209+750	209+800	4.7	5.3	7	Malo
17	209+800	209+850	5.3	5.2	7	Malo
18	209+850	209+900	5.2	4.9	3	Regular
19	209+900	209+950	4.9	5	7	Malo
20	209+950	210+000	5	5.1	6	Malo
21	210+000	210+050	5.1	5.2	5	Malo
22	210+050	210+100	5.2	4.8	4	Regular
23	210+100	210+150	4.8	5.3	6	Malo
24	210+150	210+200	5.3	5.1	6	Malo
25	210+200	210+250	5.1	6.2	5	Malo
26	210+250	210+300	6.2	5.1	7	Malo
27	210+300	210+350	5.1	5.5	7	Malo
28	210+350	210+400	5.5	4.2	7	Malo
29	210+400	210+450	4.2	4.7	5	Malo
30	210+450	210+500	4.7	4.8	4	Regular
31	210+500	210+550	4.8	4.5	7	Malo
32	210+550	210+600	4.5	4.2	5	Malo
33	210+600	210+650	4.2	4.3	3	Regular
34	210+650	210+700	4.3	3.95	3	Regular
35	210+700	210+750	3.95	3.8	5	Malo
36	210+750	210+800	3.8	4	7	Malo
37	210+800	210+850	4	3.9	4	Regular
38	210+850	210+900	3.9	5.5	5	Malo
39	210+900	210+950	5.5	4.7	4	Regular
40	210+950	211+000	4.7	4.8	7	Malo

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 4.11. Calificación con método ESBVT (Km.211+000 al Km. 212+000)

Tramo	PROGRESIVAS		ANCHO DE VÍA(m)		ESBVT	
	inicio	fin	inicio	fin	Is	Calificación
41	211+000	211+050	4.8	4.9	5	Malo
42	211+050	211+100	4.9	5	3	Regular
43	211+100	211+150	5	5.1	4	Regular
44	211+150	211+200	5.1	5.1	4	Regular
45	211+200	211+250	5.1	4.7	4	Regular
46	211+250	211+300	4.7	4.8	4	Regular
47	211+300	211+350	4.8	4.6	3	Regular
48	211+350	211+400	4.6	5.1	5	Malo
49	211+400	211+450	5.1	4	6	Malo
50	211+450	211+500	4	4.9	4	Regular
51	211+500	211+550	4.9	4.2	5	Malo
52	211+550	211+600	4.2	4	5	Malo
53	211+600	211+650	4	4.5	5	Malo
54	211+650	211+700	4.5	4.8	7	Malo
55	211+700	211+750	4.8	3.9	4	Regular
56	211+750	211+800	3.9	3.6	5	Malo
57	211+800	211+850	3.6	3.3	4	Regular
58	211+850	211+900	3.3	3.5	5	Malo
59	211+900	211+950	3.5	4.5	6	Malo
60	211+950	212+000	4.5	3.5	7	Malo

(Fuente: Elaboración propia)

4.6.1 Análisis de los resultados con el método ESBVT.

En la figura 4.9 se observa la variación del índice de deterioro superficial aplicando el método propuesto.

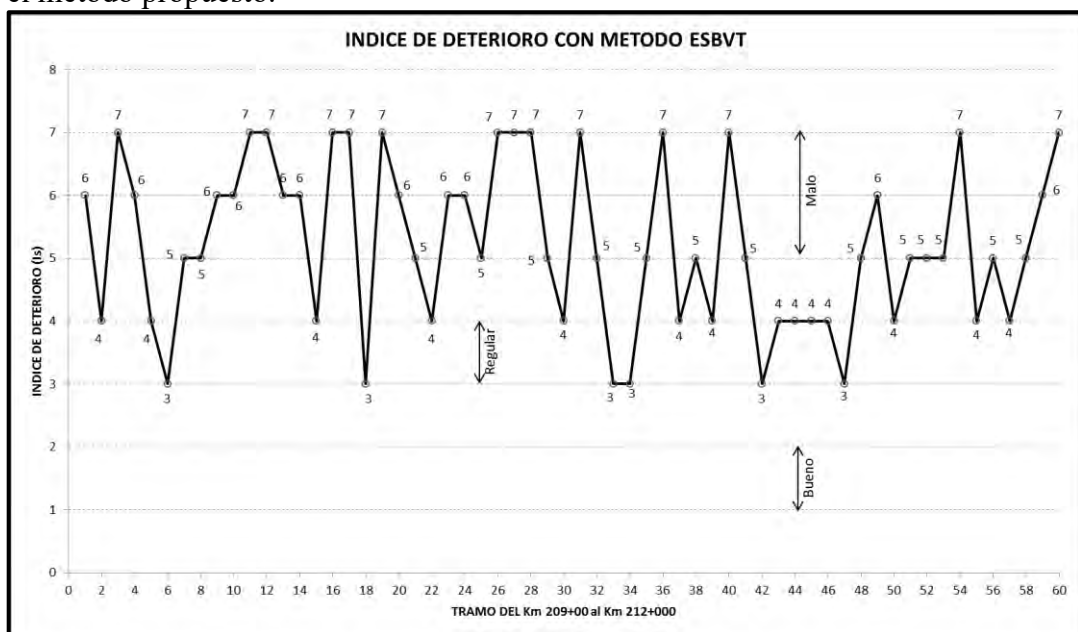
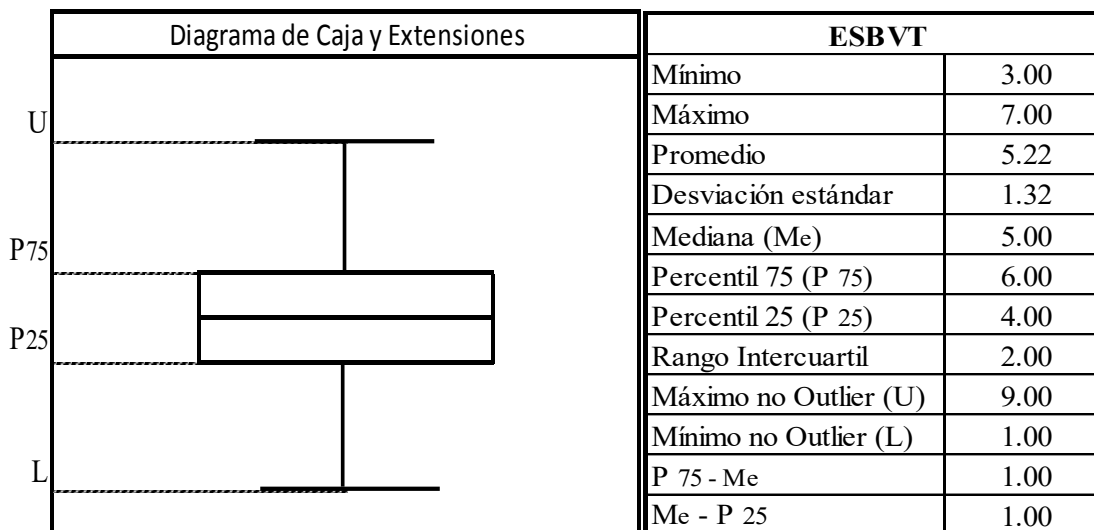


Figura 4.9. Variación del índice de deterioro con el método ESBVT

En la Tabla 4.12 se presenta las medidas de dispersión en la serie de índices de deterioros superficiales aplicando el método ESBVT y se aprecia que no hay outliers (valores atípicos).

Además la forma de la distribución de los índices de deterioro es simétrica.

Tabla 4.12 Medidas de dispersión aplicando método ESBVT



El diagrama de cajas y extensiones nos proporciona una visión general de la simetría de la distribución de los datos, en este caso la media está en el centro del rectángulo, razón por la cual la distribución es simétrica, en si un box plot es un gráfico, basado en cuartiles, mediante el cual nos permite visualizar el conjunto de datos correspondientes al índice de deterioro, en la cual tenemos calificaciones bueno, regular y malo, el box plot nos indica como varía dichas calificaciones.

En la Figura 4.9 se aprecia valores del índice de deterioro superficial del pavimento altos comparados con los obtenidos con el método de VIZIR la cual se justifica considerando que las fallas tipo “A” no constituye un criterio suficiente para definir el índice de deterioro del pavimento. Usando el método ESBVT se usa toda la información de campo y los resultados obtenidos, nos garantizan que se puede considerar como criterio suficiente para definir las acciones que se requiere realizar sobre el pavimento para su rehabilitación.

4.6.2. Análisis comparativo de resultados con métodos VIZIR y ESBVT

En la Tabla 4.13 y 4.14 se presenta un cuadro comparativo de los Índices de Deterioro Superficial obtenidos aplicando los métodos VIZIR y ESBVT.

Tabla 4.13: Calificación con métodos VIZIR y ESBVT (Km 209+000 al 211+000)

Tramo	PROGRESIVAS		VIZIR		ESBVT	
	inicio	fin	Is	Calificación	Is	Calificación
1	209+000	209+050	4	Regular	6	Malo
2	209+050	209+100	3	Regular	4	Regular
3	209+100	209+150	2	Bueno	7	Malo
4	209+150	209+200	2	Bueno	6	Malo
5	209+200	209+250	3	Regular	4	Regular
6	209+250	209+300	3	Regular	3	Regular
7	209+300	209+350	1	Bueno	5	Malo
8	209+350	209+400	1	Bueno	5	Malo
9	209+400	209+450	4	Regular	6	Malo
10	209+450	209+500	4	Regular	6	Malo
11	209+500	209+550	4	Regular	7	Malo
12	209+550	209+600	2	Bueno	7	Malo
13	209+600	209+650	4	Regular	6	Malo
14	209+650	209+700	2	Bueno	6	Malo
15	209+700	209+750	3	Regular	4	Regular
16	209+750	209+800	3	Regular	7	Malo
17	209+800	209+850	4	Regular	7	Malo
18	209+850	209+900	3	Regular	3	Regular
19	209+900	209+950	4	Regular	7	Malo
20	209+950	210+000	3	Regular	6	Malo
21	210+000	210+050	3	Regular	5	Malo
22	210+050	210+100	3	Regular	4	Regular
23	210+100	210+150	3	Regular	6	Malo
24	210+150	210+200	3	Regular	6	Malo
25	210+200	210+250	3	Regular	5	Malo
26	210+250	210+300	3	Regular	7	Malo
27	210+300	210+350	3	Regular	7	Malo
28	210+350	210+400	4	Regular	7	Malo
29	210+400	210+450	3	Regular	5	Malo
30	210+450	210+500	3	Regular	4	Regular
31	210+500	210+550	2	Buena	7	Malo
32	210+550	210+600	3	Regular	5	Malo
33	210+600	210+650	3	Regular	3	Regular
34	210+650	210+700	3	Regular	3	Regular
35	210+700	210+750	4	Regular	5	Malo
36	210+750	210+800	4	Regular	7	Malo
37	210+800	210+850	3	Regular	4	Regular
38	210+850	210+900	3	Regular	5	Malo
39	210+900	210+950	3	Regular	4	Regular
40	210+950	211+000	3	Regular	7	Malo

Tabla 4.14: Calificación con métodos VIZIR y ESBVT (Km 211+000 al 212+000)

Tramo	PROGRESIVAS		VIZIR		ESBVT	
	inicio	fin	Is	Calificación	Is	Calificación
41	211+000	211+050	3	Regular	5	Malo
42	211+050	211+100	3	Regular	3	Regular
43	211+100	211+150	3	Regular	4	Regular
44	211+150	211+200	2	Buena	4	Regular
45	211+200	211+250	3	Regular	4	Regular
46	211+250	211+300	3	Regular	4	Regular
47	211+300	211+350	3	Regular	3	Regular
48	211+350	211+400	3	Regular	5	Malo
49	211+400	211+450	5	Malo	6	Malo
50	211+450	211+500	3	Regular	4	Regular
51	211+500	211+550	3	Regular	5	Malo
52	211+550	211+600	3	Regular	5	Malo
53	211+600	211+650	3	Regular	5	Malo
54	211+650	211+700	5	Malo	7	Malo
55	211+700	211+750	3	Regular	4	Regular
56	211+750	211+800	4	Regular	5	Malo
57	211+800	211+850	3	Regular	4	Regular
58	211+850	211+900	3	Regular	5	Malo
59	211+900	211+950	2	Buena	6	Malo
60	211+950	212+000	4	Regular	7	Malo

Fuente: Elaboración Propia.

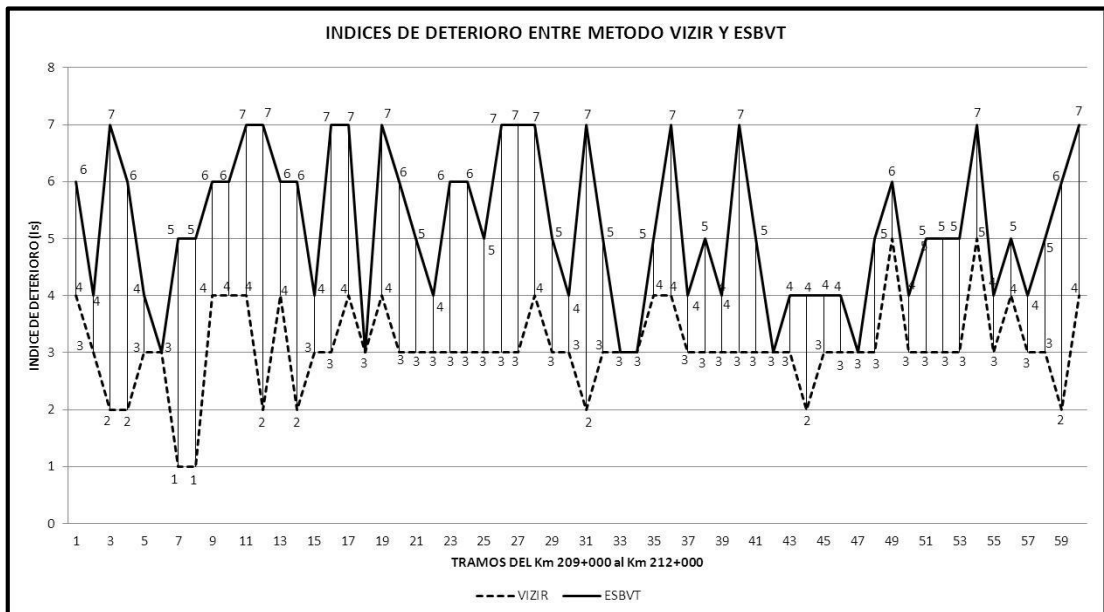


Figura 4.10. Comparación de índices de deterioro entre método VIZIR y ESBVT

En la Figura 4.10 se observa la variación de los Índices de deterioros Superficiales obtenidos con VIZIR y con el método propuesto, donde se aprecia un comportamiento muy similar en algunos tramos, lo que indica una semejante variación de la curva de deterioro; sin embargo los índices obtenidos con ESBVT presenta valores más alto que el método VIZIR, la cual se justifica debido a que no se excluye ningún tipo de deterioro.

En la Figura 4.11. Se presenta la comparación de los deterioros clasificados tipo: Estructura y de Superficie, las cuales están agrupados de acuerdo a la severidad que le corresponden, presentando extensiones (m²) que abarcan en el tramo seleccionado.

Se observa en el grafico que los deterioros clasificados como de superficie y de severidad baja (1) superan en 61.45% de extensión a los deterioros clasificados como de estructura (Agrietamientos y Deformaciones).

Los deterioros clasificados como de estructura y de severidad media (2) superan en 70.53% de extensión a los deterioros clasificados como de superficie (Desprendimientos, Afloramientos, Otros).

Los deterioros clasificados como de estructura y de severidad alta (3) también superan con 69.83% de extensión a los deterioros clasificados como de superficie.

Lo deterioros clasificados de superficie, con severidades Baja (1), Media (2) y Alta (3) tienen una considerable extensión equivalentes a 61.45%, 29.47% y 30.17% respectivamente, además tienen una considerable influencia en el deterioro del pavimento, razón por la cual los resultados de la evaluación aplicando el método ESBVT presenta valores del Índice de deterioro Superficial mayores que los considerados con el método de VIZIR.

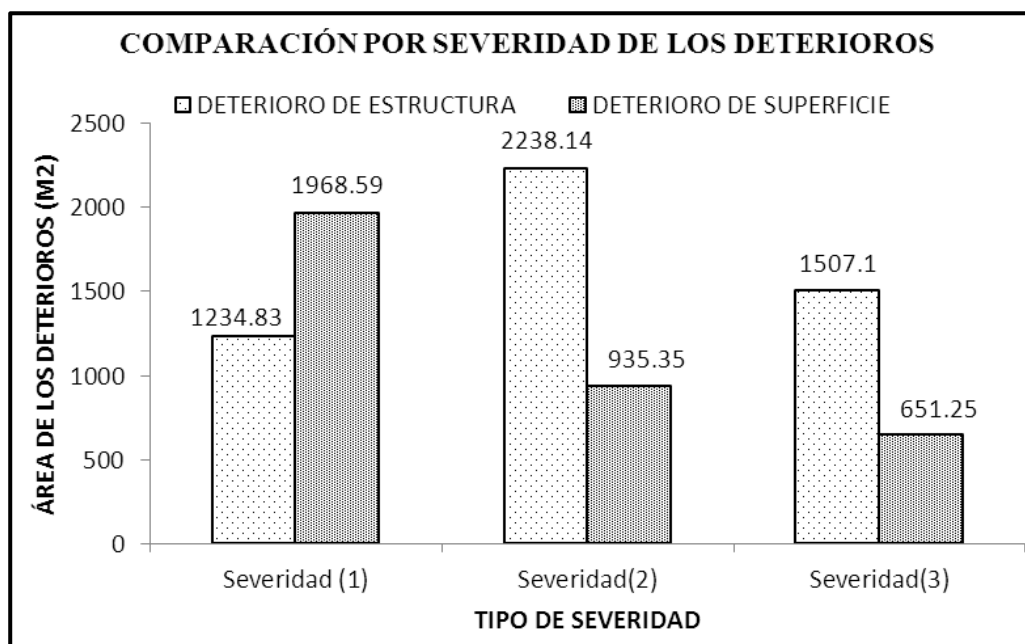


Figura 4.11. Deterioros de Estructura y de Superficie según la severidad

En la Figura 4.12, se presenta todos los deterioros con sus respectivas extensiones en (m²) , que intervienen en el tramo seleccionado para la aplicación del método ESBVT, así mismo se indica la severidad que influye en cada uno de los tipos de deterioro del pavimento básico.

En los deterioros agrupados de código BZR (baches y zanjas reparadas), ocupan una mayor extensión los deterioros de severidad Media (2), seguidos de los deterioros de severidad alta (3) y Baja (1).

Así mismo en los deterioros de código EX (exudaciones), los deterioros agrupados con severidad Baja (1) ocupan una mayor extensión que los deterioros agrupados con severidad alta (3), seguidos de los deterioros de severidad media (2).

Los deterioros de código PL (Perdida de la película del ligante), ocupa un tercer lugar en lo referente a la superficie que afectan en el pavimento básico, ocupan una mayor extensión los deterioros agrupados con severidad media (2), seguidos de los deterioros de severidad baja (1).

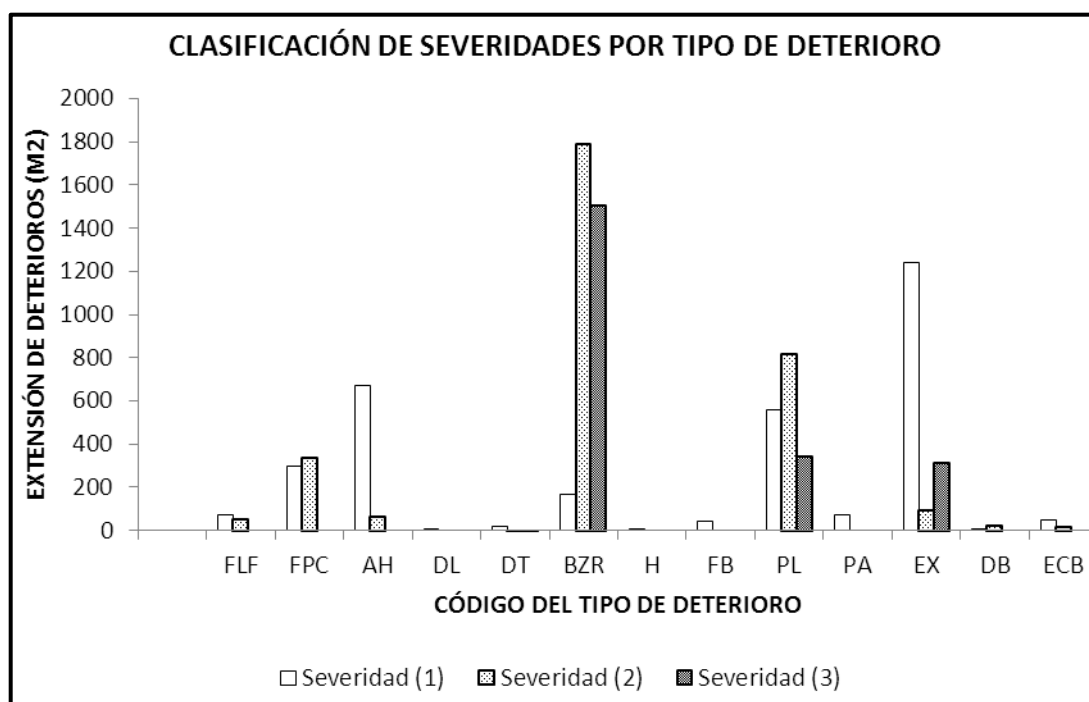


Figura 4.12. Comparación de las severidades en cada tipo de los deterioros

CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Generalidades

Existen diversas metodologías y equipos que permiten realizar la evaluación “no destructiva” superficial y estructural del pavimento, que varía desde la inspección visual hasta el uso de equipos especializados como la Viga Benkelman, Dynaflect, Road Rater, Falling Weigh Deflectometer, utilizados para la medición de deflexiones, en base a las cuales se estima la capacidad de soporte de la estructura existente.

Los resultados de la evaluación efectuada sirven para determinar la mejor alternativa para prolongar la vida útil del pavimento básico.

“La conservación de pavimentos es un programa de actividades con el objeto de preservar las inversiones efectuadas en la infraestructura vial, y comprende el monitoreo del comportamiento del pavimento, tratamientos para la extensión de la vida útil del pavimento y la implementación de una política orientada a satisfacer las necesidades de los usuarios siendo la suma de todas las actividades efectuadas para conservar las carreteras en buenas condiciones de servicio. Ello incluye mantenimiento y mantenimiento correctivo, al mismo tiempo que rehabilitaciones menores y mayores. No considera el mejoramiento de la capacidad estructural, la construcción de pavimentos nuevos o la reconstrucción de pavimentos existentes”¹

Existen varios métodos para efectuar los relevamientos de fallas pero en el país actualmente está siendo utilizado con mayor arraigo la metodología PCI (Pavement Condition Index) es decir el cálculo del Índice de la condición del pavimento; razón por la cual además de realizar la comparación de resultados con los métodos aplicados en el capítulo III se usara el método PCI para realizar la comparación con el método VIZIR y con el propuesto ESBVT que identifica en forma global las patologías que evidencia el estado de la vía.

5.2 Confiabilidad de resultados

Según la referencia bibliográfica², considera que se presenta errores sistemáticos en el desarrollo de los sistemas de calificación que se indican en la Tabla N° 5.1, considerando que en el proceso de obtención del Índice de condición se realizan calificaciones subjetivas que reflejan la respuesta a la condición del pavimento del evaluador.

Con la finalidad de evitar los errores de indulgencia, en el proceso de evaluación visual se fijaron parámetros de medición y definiciones claras de los defectos superficiales, mediante catálogos que garantizan realizar adecuadamente el relevamiento de fallas, con la cual el error y la varianza de las calificaciones subjetivas se pueden reducir; así mismo con la finalidad de prevenir o corregir

¹ Cfr.: Albitres, Pavimentos un enfoque al futuro

² Cfr:Phd.Roger Smith

errores y asegurar así la validez de los índices, se deben tener un entrenamiento adecuado.

Tabla 5.1. Errores Sistemáticos

PROBLEMA	DESCRIPCION	METODO PARA PREVENIR / RESOLVER
Errores de indulgencia	Tendencia constante del evaluador a calificar muy alto o muy bajo	Transformación estadística de la varianza del evaluador
Efecto Halo	Tendencia de los evaluadores a forzar una calificación de un atributo particular en la dirección de la impresión global del objeto evaluado	Definiciones exactas y exactitud en las direcciones
Errores de tendencia central	Evaluadores titubean a dar calificaciones extremas y desplazan las calificaciones individuales hacia el promedio	Introducción de un criterio continuo distinto al medio sensorio
Anclaje	El punto final de la instalación evaluada	Definiciones claras y exactas

5.2.1 Tamaño y espaciamiento de unidad de muestreo

La unidad de muestreo está definida como un tramo de longitud de la carretera y se localiza cada cierto intervalo que determina la frecuencia de muestreo. El tamaño, número y frecuencia de muestreo requiere de un análisis estadístico basado en el principio de muestreo sistemático, restringido a un intervalo de confianza del 95%. Con la expresión que se presenta se puede estimar el número mínimo de unidades de muestreo

$$n = (N \times Z^2 \times P \times (1 - P)) / ((N - 1) \times e^2 + Z^2 \times P \times (1 - P)) \dots \dots \dots (1)$$

- n = Número mínimo de unidades de muestreo
- N = Número total de unidades de muestreo
- Z = Intervalo de confianza (95%), entonces el coeficiente será ($Z_{\alpha/2}=1.96$)
- P = Proporción esperada
- e = Error de muestreo aceptable

El intervalo de separación (I) entre unidades de muestreo se halla con la siguiente expresión: $I = N/n \dots \dots \dots (2)$

La recopilación de información de campo se realizó considerando tramos de longitud 50m, un total de 60 tramos o unidades de muestreo en la zona de experimentación desde la progresiva Km 209+000 al Km 212+000, la misma que se realizó en forma continua con la finalidad de realizar la comparación de resultados aplicando otros métodos.

Ejemplo para comprobar el tamaño y espaciamiento de muestreo con un intervalo de confianza del 95% desde la progresiva Km 209+000 al Km 212+000:

Aplicando la expresión (1), donde $N=60$, y para un intervalo de confianza del 95% se usa un coeficiente $Z=1.96$, además considerando una proporción esperada de 1% y un error muestral considerado del 5% se obtiene el número mínimo de unidades de muestreo $n=12$, la cual indica que evaluando un mínimo de 12 secciones se consiguen resultados con una confiabilidad de 95%.

Usando la expresión (2), el intervalo de separación para las 60 unidades de muestreo es de 5, se recomienda enumerar todas las unidades de muestreo. El número de la primera unidad de muestreo puede ser seleccionado en forma aleatoria de 1 a I. Para facilitar la selección se puede considerar todas las secciones cuyo número sea múltiplo de I.

En la tabla 5.2 se presenta un resumen, considerando un número mínimo de unidades de muestreo, es decir 12 unidades de muestreo de las 60 y considerando el número de la primera unidad correspondiente al tramo 3 con un intervalo de separación (I) de 5:

Tabla 5.2. Tamaño y espaciamiento muestral en los tres métodos

n	Tramo I=5	PROGRESIVAS		VIZIR	ESBVT	PCI
		INICIO	FIN			
1	3	209+100	209+150	2	7	21.76
2	8	209+350	209+400	1	5	35.09
3	13	209+600	209+650	4	6	26.59
4	18	209+850	209+900	3	3	28.65
5	23	210+100	210+150	3	6	24.5
6	28	210+350	210+400	4	7	5.77
7	33	210+600	210+650	3	3	58.73
8	38	210+850	210+900	3	5	29.42
9	43	211+100	211+150	3	4	24.72
10	48	211+350	211+400	3	5	44.3
11	53	211+600	211+650	3	5	23.03
12	58	211+850	211+900	3	5	21.5

En la tabla 5.3 las medidas de dispersión de los tres métodos considerando el número mínimo de unidades de muestreo (n), comparando con el número total de unidades de muestreo (N), se obtiene un mayor porcentaje de variación del promedio con el método VIZIR y un mínimo porcentaje de variación del promedio con el método PCI; sin embargo con el método propuesto ESBVT se obtiene un porcentaje de variación del promedio, intermedio entre ambos métodos.

Así mismo considerando el coeficiente de variación para comparar la variabilidad, para N y n en los tres métodos se demuestra que los índices obtenidos con el método ESBVT son más homogéneos o tienen menor variabilidad que las obtenidas con el método VIZIR Y PCI.

Tabla 5.3. Comparación de medidas de dispersión en tres métodos

VIZIR CON N=60		VIZIR CON n=12	
Mínimo	1.00	Mínimo	1.00
Máximo	5.00	Máximo	4.00
Promedio	3.08	Promedio	2.92
Desviación estándar	0.77	Desviación estándar	0.79
Mediana (Me)	3.00	Mediana (Me)	3.00
Percentil 75 (P 75)	3.00	Percentil 75 (P 75)	3.00
Percentil 25 (P 25)	3.00	Percentil 25 (P 25)	3.00
Rango Intercuartil	0.00	Rango Intercuartil	0.00
Máximo no Outlier (U)	3.00	Máximo no Outlier (U)	3.00
Mínimo no Outlier (L)	3.00	Mínimo no Outlier (L)	3.00
P 75 - Me	0.00	P 75 - Me	0.00
Me - P 25	0.00	Me - P 25	0.00

ESBVT CON N=60		ESBVT CON n=12	
Mínimo	3.00	Mínimo	3.00
Máximo	7.00	Máximo	7.00
Promedio	5.22	Promedio	5.08
Desviación estándar	1.32	Desviación estándar	1.31
Mediana (Me)	5.00	Mediana (Me)	5.00
Percentil 75 (P 75)	6.00	Percentil 75 (P 75)	6.00
Percentil 25 (P 25)	4.00	Percentil 25 (P 25)	4.75
Rango Intercuartil	2.00	Rango Intercuartil	1.25
Máximo no Outlier (U)	9.00	Máximo no Outlier (U)	7.88
Mínimo no Outlier (L)	1.00	Mínimo no Outlier (L)	2.88
P 75 - Me	1.00	P 75 - Me	1.00
Me - P 25	1.00	Me - P 25	0.25

PCI CON N=60		PCI CON n=12	
Mínimo	5.32	Mínimo	5.77
Máximo	64.02	Máximo	58.73
Promedio	28.79	Promedio	28.67
Desviación estándar	15.30	Desviación estándar	13.08
Mediana (Me)	24.61	Mediana (Me)	25.66
Percentil 75 (P 75)	38.21	Percentil 75 (P 75)	30.84
Percentil 25 (P 25)	17.90	Percentil 25 (P 25)	22.71
Rango Intercuartil	20.31	Rango Intercuartil	8.13
Máximo no Outlier (U)	68.66	Máximo no Outlier (U)	43.03
Mínimo no Outlier (L)	-12.56	Mínimo no Outlier (L)	10.53
P 75 - Me	13.60	P 75 - Me	5.18
Me - P 25	6.71	Me - P 25	2.94

En la mayoría de los métodos de evaluación superficial se opta por especificar un tamaño y frecuencia de muestreo fijo, que varía de método en método. Esta práctica, si bien permite evitar el análisis estadístico, puede llevar que no se obtengan muestras representativas, debido a que el deterioro de un pavimento no se distribuye espacialmente en forma homogénea.

5.2.2 Requisitos para obtener los índices:

- El desarrollo del sistema debe haberse basado en ensayos y procedimientos de relevamiento válido para asegurar la exactitud de las calificaciones. Se deben incluir las tres características de los defectos: tipo de falla, severidad y cantidad.
- Se debe utilizar un método normalizado o estándar de calificación que utilice la información de defectos recolectada para ponderar la calificación para reflejar la capacidad estructural y la condición operacional del pavimento. Esto se puede conseguir realizando una descripción estándar de los tipos de defectos y una definición exacta de los niveles de severidad.
- El sistema debe tener procedimientos y frecuencias de inspección de pavimentos estándar y guías para los niveles de red y de proyecto.
- El sistema debe permitir la utilización de computadoras para hacer más rápida la recolección, proceso y análisis de información (para minimizar los errores), pero debe ser probado e implementado manualmente.
- El sistema debe ser fácil de entender por todo el personal asociado con su uso: técnicos, ingenieros, administradores, autoridades de financiamiento, etc.
- El sistema general debe estar organizado de tal manera que minimice el tiempo de entrenamiento necesario para técnicos, ingenieros y administradores.

5.3 Análisis de resultados obtenidos y propuesta de método de evaluación

Tabla 5.4. Comparación de evaluaciones de la condición superficial del pavimento

MÉTODO	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (valor y calificación)					
	209+000 209+500	209+500 210+000	210+000 210+500	210+500 211+000	211+000 211+500	211+500 212+000
DNIT	201.8 Pésimo	226 Pésimo	245 Pésimo	253 Pésimo	257 Pésimo	299 Pésimo
MÉXICO	50.81 Regular a Malo	36.2 Malo a Muy Malo	42.09 Regular a Malo	49.41 Regular a Malo	36.43 Malo a Muy Malo	39.57 Malo a Muy Malo
PASER	2.6 Regular	2.3 Pobre	2.5 Regular	2.6 Regular	2.1 Pobre	2.1 Pobre
PCI	35.17 Malo	21.82 Muy Malo	23.87 Muy Malo	37.9 Malo	28.65 Malo	25.37 Malo
VIZIR	2.7 Regular	3.2 Regular	3.1 Regular	3.1 Regular	3.1 Regular	3.3 Regular
ESBVT	5.2 Malo	6 Malo	5.6 Malo	5 Malo	4.2 Regular	5.3 Malo

En la tabla 5.4 se presentan los resultados de la evaluación de la condición superficial del pavimento, considerando tramos de 500 m de longitud, con la finalidad de realizar la comparación con los métodos aplicados.

Aplicando el método DNIT, se obtienen resultados con valores altos en la calificación numérica de la evaluación de fallas de la superficie del pavimento básico, en cada uno de los tramos presenta valores mayores que 160, por la cual le corresponde la calificación ubicada en el último rango como Pésimo.

Con el método indicado en el Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias Mexicanas, el 50% de los tramos califican de Regular a Malo y el otro 50% califica de Malo a Muy Malo y de acuerdo a los índices de estado obtenido con este método, al que presenta un nivel de servicio de Regular a Malo se considera que presenta un significativo incremento de costos de operación de 120 a 150%, además la condición del pavimento se considera regular, con circulación poco confortable, con daños que se manifiestan y frecuentes. El pavimento se aproxima al fin de su vida útil, requiere una inspección detallada.

Además los sectores que presenta un nivel de servicio de Malo a Muy Malo, se considera que presenta altos costos de operación de 130 a 150% y que la condición del pavimento es deficiente, circulación no confortable. Daños en proceso de generalización. El pavimento está alcanzando su vida útil. Según los resultados obtenidos aplicando este método el nivel de servicio que le correspondería a los tres kilómetros evaluados es de Regular a Malo, correspondiendo la categoría de acción denominada “Mantenimiento Intensivo” al cual se describe como pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requiere acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo. Comprende tres tipos de acción:

- a) Condición dudosa mantenimiento correctivo mayor
- b) Sellado de superficie.
- c) Recapado delgado.

Con el método Paser, la condición del pavimento varía de Regular a Pobre, calificándose en promedio como “Pobre” debido al grave desgaste o exudación, además por presentar la severidad del deterioro de moderado a severo, grietas de borde y parches, significativa pérdida de superficie de sello de recubrimiento, grietas del tipo piel de cocodrilo. Según este método, se recomienda para los tres kilómetros una nueva superficie de sello de recubrimiento.

Usando el método PCI la condición del pavimento varía de Malo a Muy Malo y de acuerdo al promedio le correspondería la calificación de “Malo”, de acuerdo a la acción que se recomienda con este método le correspondería una rehabilitación mayor (reemplazo de la carpeta asfáltica), pero en el caso de pavimentos básicos le correspondería el reemplazo de capa estabilizada con su respectivo sello de recubrimiento y eventualmente reconstrucción parcial y/o bacheo en gran porcentaje del área.

Con el método VIZIR se obtiene resultados que indica una condición del pavimento uniforme, califica como “Regular” en cada uno de los tramos, en comparación con el método propuesto ESBVT la condición del pavimento califica de Regular a Malo y predomina la condición “Malo”.

En el capítulo III, en la figura 3.2 se presenta la condición del pavimento en términos del índice de rugosidad internacional IRI, en la cual se observa, que la variación del IRI en el tramo seleccionado es de REGULAR a MALO, debe indicarse que esta evaluación de la rugosidad se realizó dos meses antes del relevamiento de información de campo para la evaluación de la condición superficial del pavimento usando los métodos indicados.

Como se puede apreciar, de los resultados obtenidos aplicando los diversos métodos de evaluación de la condición superficial del pavimento coinciden con los obtenidos con el método propuesto ESBVT, es decir predomina la condición “Malo”, con excepción del método VIZIR que califica como “Regular”.

5.3.1 Comparación con el Método PCI:

Considerando que el método PCI es muy difundido en nuestro medio y es de uso reconocido a nivel internacional, razón por la cual se considera para la comparación de los resultados obtenidos con el método propuesto ESBVT de evaluación de la condición superficial de pavimentos, así mismo se realiza la comparación con el método de evaluación superficial VIZIR.

El PCI ofrece un rango más completo de calificación ya que posee 7 rangos para calificar desde 0 que es una superficie fallada hasta 100 que es una superficie en excelentes condiciones en comparación con VIZIR que solo tiene 3 rangos para calificar que van de 1-2 para superficie en buenas condiciones, 3-4 superficie en regular estado, 5-6-7 superficie en deficiente condición o malo.

Las escalas de calificación para cada una de las metodologías son muy diferentes, PCI que va de 0 a 100, siendo 0 la más deficiente y 100 la mejor calificación del pavimento y la VIZIR posee una escala de 1 a 7, se asigna 1 a la mejor y 7 a la más deficiente.

Para tener una comparación real de las escalas usadas en los métodos a comparar con el método PCI, se unificaron criterios transformando la escala del PCI, de 7 a 3 categorías reagrupando las calificaciones Excelente, Muy Bueno como calificación ALTA; Bueno, Regular y Malo como calificación MEDIA; Muy Malo y Fallado como calificación BAJA.

Con la finalidad de realizar la comparación con el método, se adoptó la calificación práctica que se presenta en la Tabla 5.5, usada en diversos Manuales de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles.

Tabla 5.5. Calificación del PCI considerando tres condiciones

PCI	CONDICIÓN	CARACTERÍSTICA
> 70	Buena	El pavimento no requiere acción especial sólo mantenimiento menor y/o preventivo
40 a 70	Regular	Condición intermedia. Acciones recomendables / diferibles
< 40	Mala	El pavimento requiere mejoras

Con las calificaciones indicadas en la tabla 5.5 usando tres escalas de evaluación del PCI se puede realizar una mejor comparación grafica con el método VIZIR y ESBVT, debido a que estos métodos también tienen tres rangos de calificación.

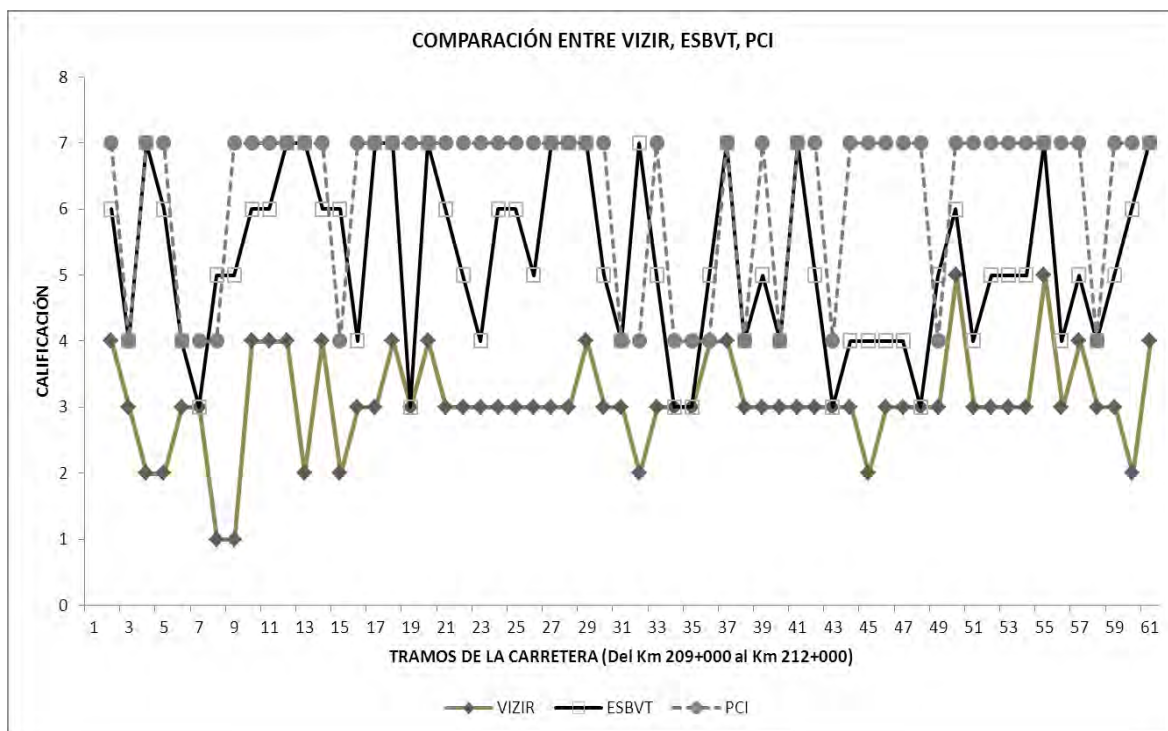


Figura 5.1. Comparación de los métodos PCI, VIZIR y ESBVT

La figura 5.1, presenta las variaciones de los índices del PCI usando la clasificación de la tabla 5.5, además las variaciones en las calificaciones usando los métodos VIZIR y ESBVT, se aprecia que las variaciones de las calificaciones con el método PCI se aproximan a las obtenidas con el método propuesto ESBVT.

En las tablas 5.6 y 5.7 se presenta el detalle de las calificaciones obtenidas en cada tramo aplicando simultáneamente los métodos VIZIR, ESBVT y PCI, en la mayoría de los tramos coinciden las calificaciones obtenidas con el PCI y ESBVT.

Tabla 5.6. Calificación con VIZIR, ESBVT y PCI (Km 209+000 al 211+000)

Tramo	ANCHO DE VÍA(m)		VIZIR		ESBVT		PCI	
	inicio	fin	Is	Calificación	Is	Calificación	PCI	Calificación
1	6.3	6.3	4	Regular	6	Malo	34.25	Malo
2	6.3	6.3	3	Regular	4	Regular	42.04	Regular
3	6.3	5.5	2	Bueno	7	Malo	21.76	Muy Malo
4	5.5	5.5	2	Bueno	6	Malo	22.56	Muy Malo
5	5.5	5.6	3	Regular	4	Regular	45.57	Regular
6	5.6	6.3	3	Regular	3	Regular	60.19	Bueno
7	6.3	5.6	1	Bueno	5	Malo	45.73	Regular
8	5.6	5.5	1	Bueno	5	Malo	35.09	Malo
9	5.5	5.15	4	Regular	6	Malo	25.29	Malo
10	5.15	5.1	4	Regular	6	Malo	19.2	Muy Malo
11	5.1	5.4	4	Regular	7	Malo	17.47	Muy Malo
12	5.4	4.45	2	Bueno	7	Malo	24.02	Muy Malo
13	4.45	5.8	4	Regular	6	Malo	26.59	Malo
14	5.8	4.7	2	Bueno	6	Malo	46.64	Regular
15	4.7	4.7	3	Regular	4	Regular	32.68	Malo
16	4.7	5.3	3	Regular	7	Malo	10.54	Muy Malo
17	5.3	5.2	4	Regular	7	Malo	17.21	Muy Malo
18	5.2	4.9	3	Regular	3	Regular	28.65	Malo
19	4.9	5	4	Regular	7	Malo	5.32	Fallado
20	5	5.1	3	Regular	6	Malo	9.05	Fallado
21	5.1	5.2	3	Regular	5	Malo	14.92	Muy Malo
22	5.2	4.8	3	Regular	4	Regular	27.84	Malo
23	4.8	5.3	3	Regular	6	Malo	24.5	Muy Malo
24	5.3	5.1	3	Regular	6	Malo	11.17	Muy Malo
25	5.1	6.2	3	Regular	5	Malo	37.02	Malo
26	6.2	5.1	3	Regular	7	Malo	11.63	Muy Malo
27	5.1	5.5	3	Regular	7	Malo	23.44	Muy Malo
28	5.5	4.2	4	Regular	7	Malo	5.77	Fallado
29	4.2	4.7	3	Regular	5	Malo	35.45	Malo
30	4.7	4.8	3	Regular	4	Regular	46.92	Regular
31	4.8	4.5	2	Buena	7	Malo	46.31	Regular
32	4.5	4.2	3	Regular	5	Malo	22.63	Muy Malo
33	4.2	4.3	3	Regular	3	Regular	58.73	Bueno
34	4.3	3.95	3	Regular	3	Regular	40.83	Regular
35	3.95	3.8	4	Regular	5	Malo	54.12	Regular
36	3.8	4	4	Regular	7	Malo	7.54	Fallado
37	4	3.9	3	Regular	4	Regular	42.51	Regular
38	3.9	5.5	3	Regular	5	Malo	29.42	Malo
39	5.5	4.7	3	Regular	4	Regular	60.45	Bueno
40	4.7	4.8	3	Regular	7	Malo	16.42	Muy Malo

Tabla 5.7. Calificación con VIZIR, ESBVT y PCI (Km 211+000 al 212+000)

Tramo	ANCHO DE VÍA(m)		VIZIR		ESBVT		PCI	
	inicio	fin	Is	Calificación	Is	Calificación	PCI	Calificación
41	4.8	4.9	3	Regular	5	Malo	19.04	Muy Malo
42	4.9	5	3	Regular	3	Regular	59.18	Bueno
43	5	5.1	3	Regular	4	Regular	24.72	Muy Malo
44	5.1	5.1	2	Buena	4	Regular	32.36	Malo
45	5.1	4.7	3	Regular	4	Regular	8.49	Fallado
46	4.7	4.8	3	Regular	4	Regular	22.57	Muy Malo
47	4.8	4.6	3	Regular	3	Regular	37.33	Malo
48	4.6	5.1	3	Regular	5	Malo	44.3	Regular
49	5.1	4	5	Malo	6	Malo	14.98	Muy Malo
50	4	4.9	3	Regular	4	Regular	23.54	Muy Malo
51	4.9	4.2	3	Regular	5	Malo	31.22	Malo
52	4.2	4	3	Regular	5	Malo	19.1	Muy Malo
53	4	4.5	3	Regular	5	Malo	23.03	Muy Malo
54	4.5	4.8	5	Malo	7	Malo	5.94	Fallado
55	4.8	3.9	3	Regular	4	Regular	32.1	Malo
56	3.9	3.6	4	Regular	5	Malo	21.17	Muy Malo
57	3.6	3.3	3	Regular	4	Regular	64.02	Bueno
58	3.3	3.5	3	Regular	5	Malo	21.5	Muy Malo
59	3.5	4.5	2	Buena	6	Malo	18	Muy Malo
60	4.5	3.5	4	Regular	7	Malo	17.6	Muy Malo

La tabla 5.6 y 5.7 presenta los índices obtenidos con cada uno de los métodos antes mencionado, donde se puede apreciar que los resultados de la evaluación realizada con el método ESBVT se ajustan mejor a los resultados obtenidos con el método PCI.

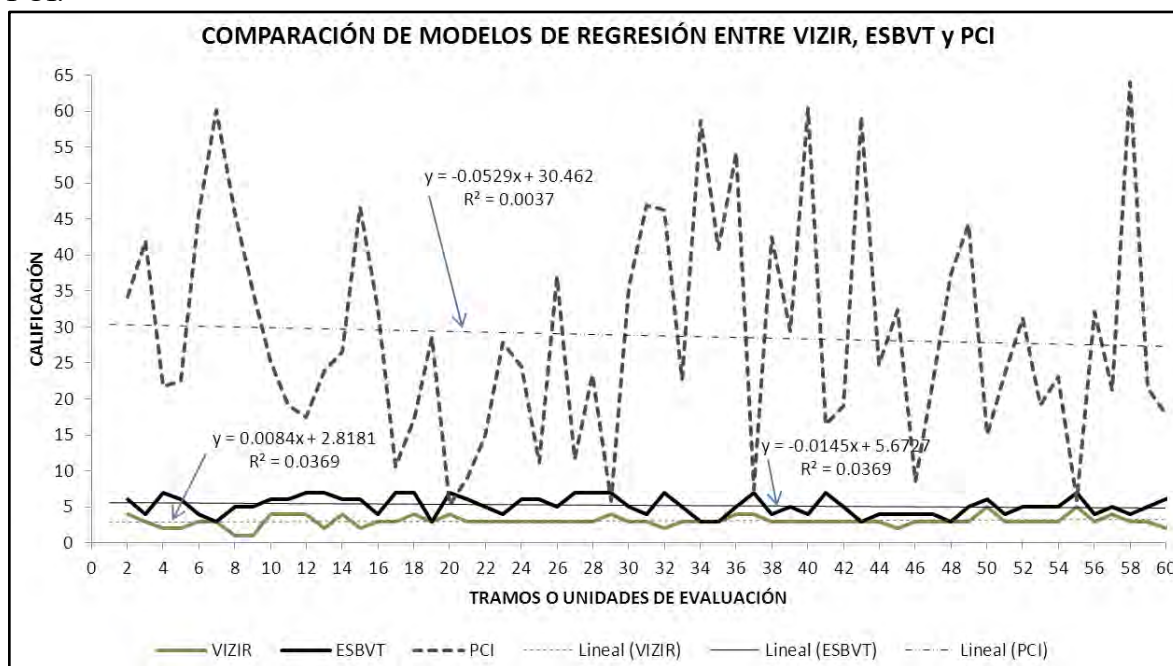


Figura 5.2. Comparación de modelos de regresión entre PCI, VIZIR y ESBVT

La figura 5.2, presenta una comparación de los modelos de regresión usando los métodos VIZIR, ESBVT y PCI.

En los modelos de regresión se observa, que las rectas de regresión de mínimos cuadrados que mejor se ajustan a la dispersión de datos corresponden a los métodos VIZIR y ESBVT.

Además en la figura 5.2 se aprecia que los métodos ESBVT y PCI presentan una tendencia lineal decreciente en comparación con el método VIZIR que presenta una tendencia lineal creciente.

5.4 Delimitación de unidades homogéneas por diferencias acumuladas

El establecimiento de tramos homogéneos a través de las medidas numéricas que definen la condición del pavimento se puede efectuar de manera subjetiva, realizando un gráfico que presente el comportamiento de la variable medida a lo largo de la carretera o se puede realizar de una manera más objetiva mediante procedimientos analíticos, entre los cuales se puede citar el de las “Diferencias Acumuladas”, descrito en la guía de diseño de pavimentos AASHTO 1993.

El procedimiento, se basa en el hecho estadístico simple de cuando la variable Z_x (Definida como la diferencia entre el área bajo la curva de respuesta a cualquier distancia y el área total desarrollada por la respuesta promedio de todo el proyecto hasta la misma distancia) se dibuja como función de la distancia a lo largo del tramo seleccionado de la carretera, los límites de los tramos homogéneos ocurren en los puntos donde la pendiente de la línea que representa la variación de Z_x con la longitud, cambia de signo.

5.4.1. Diferencias acumuladas con método VIZIR

Tabla 5.8. Diferencias acumuladas con método VIZIR (Del Km 209+000 al 211+000)

DELIMITACIÓN UNIDADES HOMOGÉNEAS POR DIFERENCIAS ACUMULADAS -METODO VIZIR

Tramo	Área afectada	Área Promedio		Distancia del intervalo	Distancia acumulada	Área del Interv. Real	Área acumulada	Zx
1	64.5	64.5	32.25	0.05	0.05	3.225	3.225	-4.993
2	129	193.5	96.75	0.05	0.1	9.675	12.9	-3.537
3	52.5	181.5	90.75	0.05	0.15	9.075	21.975	-2.680
4	85	137.5	68.75	0.05	0.2	6.875	28.85	-4.024
5	103.5	188.5	94.25	0.05	0.25	9.425	38.275	-2.817
6	33.6	137.1	68.55	0.05	0.3	6.855	45.13	-4.181
7	87.5	121.1	60.55	0.05	0.35	6.055	51.185	-6.344
8	22.5	110	55	0.05	0.4	5.5	56.685	-9.063
9	61	83.5	41.75	0.05	0.45	4.175	60.86	-13.106
10	90	151	75.5	0.05	0.5	7.55	68.41	-13.775
11	97.5	187.5	93.75	0.05	0.55	9.375	77.785	-12.618
12	61.62	159.12	79.56	0.05	0.6	7.956	85.741	-12.880
13	37.96	99.58	49.79	0.05	0.65	4.979	90.72	-16.120
14	34.5	72.46	36.23	0.05	0.7	3.623	94.343	-20.715
15	44.5	79	39.5	0.05	0.75	3.95	98.293	-24.984
16	67	111.5	55.75	0.05	0.8	5.575	103.868	-27.627
17	131.2	198.2	99.1	0.05	0.85	9.91	113.778	-25.936
18	120.3	251.5	125.75	0.05	0.9	12.575	126.353	-21.579
19	177.5	297.8	148.9	0.05	0.95	14.89	141.243	-14.908
20	94.5	272	136	0.05	1	13.6	154.843	-9.526
21	176.4	270.9	135.45	0.05	1.05	13.545	168.388	-4.199
22	146.5	322.9	161.45	0.05	1.1	16.145	184.533	3.727
23	57.5	204	102	0.05	1.15	10.2	194.733	5.709
24	62.5	120	60	0.05	1.2	6	200.733	3.490
25	141.7	204.2	102.1	0.05	1.25	10.21	210.943	5.482
26	60.4	202.1	101.05	0.05	1.3	10.105	221.048	7.368
27	62	122.4	61.2	0.05	1.35	6.12	227.168	5.270
28	130.5	192.5	96.25	0.05	1.4	9.625	236.793	6.676
29	91.3	221.8	110.9	0.05	1.45	11.09	247.883	9.548
30	55.75	147.05	73.525	0.05	1.5	7.3525	255.2355	8.682
31	17	72.75	36.375	0.05	1.55	3.6375	258.873	4.101
32	59	76	38	0.05	1.6	3.8	262.673	-0.317
33	59.75	118.75	59.375	0.05	1.65	5.9375	268.6105	-2.598
34	85	144.75	72.375	0.05	1.7	7.2375	275.848	-3.579
35	55.45	140.45	70.225	0.05	1.75	7.0225	282.8705	-4.775
36	52.5	107.95	53.975	0.05	1.8	5.3975	288.268	-7.596
37	68.5	121	60.5	0.05	1.85	6.05	294.318	-9.765
38	55.1	123.6	61.8	0.05	1.9	6.18	300.498	-11.803
39	48.5	103.6	51.8	0.05	1.95	5.18	305.678	-14.842
40	99	147.5	73.75	0.05	2	7.375	313.053	-15.685

Tabla 5.9. Diferencias acumuladas con método VIZIR (Del Km 211+000 al 212+000)

DELIMITACIÓN UNIDADES HOMOGÉNEAS POR DIFERENCIAS ACUMULADAS -METODO VIZIR

Tramo	Área afectada	Área Promedio		Distancia del intervalo	Distancia acumulada	Área del Interv. Real	Área acumulada	Zx
41	72.11	171.11	85.555	0.05	2.05	8.5555	321.6085	-15.348
42	28.27	100.38	50.19	0.05	2.1	5.019	326.6275	-18.547
43	119.23	147.5	73.75	0.05	2.15	7.375	334.0025	-19.391
44	94.11	213.34	106.67	0.05	2.2	10.667	344.6695	-16.942
45	149.94	244.05	122.025	0.05	2.25	12.2025	356.872	-12.958
46	139.13	289.07	144.535	0.05	2.3	14.4535	371.3255	-6.723
47	48.91	188.04	94.02	0.05	2.35	9.402	380.7275	-5.540
48	68.59	117.5	58.75	0.05	2.4	5.875	386.6025	-7.883
49	61.6	130.19	65.095	0.05	2.45	6.5095	393.112	-9.592
50	136.61	198.21	99.105	0.05	2.5	9.9105	403.0225	-7.900
51	109.75	246.36	123.18	0.05	2.55	12.318	415.3405	-3.800
52	128.8	238.55	119.275	0.05	2.6	11.9275	427.268	-0.091
53	83.5	212.3	106.15	0.05	2.65	10.615	437.883	2.305
54	104.11	187.61	93.805	0.05	2.7	9.3805	447.2635	3.467
55	43.38	147.49	73.745	0.05	2.75	7.3745	454.638	2.623
56	73.1	116.48	58.24	0.05	2.8	5.824	460.462	0.229
57	35.5	108.6	54.3	0.05	2.85	5.43	465.892	-2.560
58	86.9	122.4	61.2	0.05	2.9	6.12	472.012	-4.658
59	117.5	204.4	102.2	0.05	2.95	10.22	482.232	-2.657
60	100	217.5	108.75	0.05	3	10.875	493.107	0.000

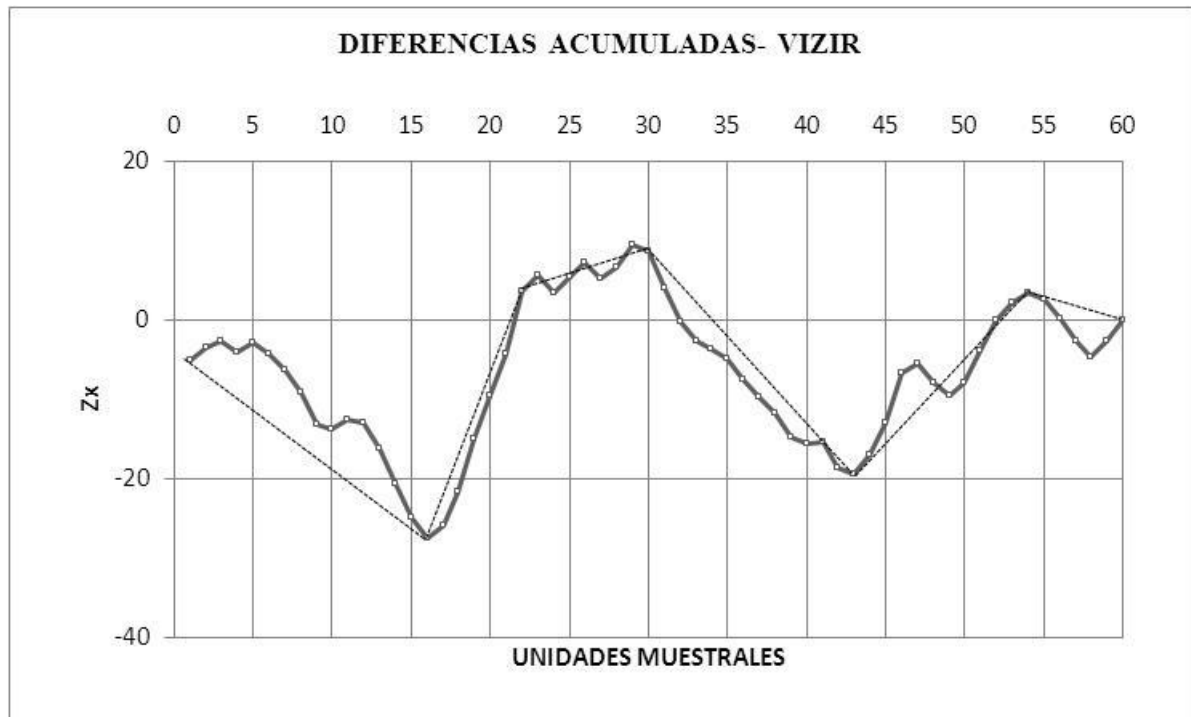


Figura 5.3. Sectorización de unidades homogéneas-VIZIR

5.4.2. Diferencias acumuladas con método ESBVT

Tabla 5.10. Diferencias acumuladas con ESBVT (Del Km 209+000 al 211+000)

DELIMITACIÓN UNIDADES HOMOGÉNEAS POR DIFERENCIAS ACUMULADAS -METODO ESBVT

Tramo	Área afectada	Área Promedio		Distancia del intervalo	Distancia acumulada	Área del Interv. Real	Área acumulada	Zx
1	79.5	79.5	39.75	0.05	0.05	3.975	3.975	-10.036
2	157.9	237.4	118.7	0.05	0.1	11.87	15.845	-12.177
3	82.5	240.4	120.2	0.05	0.15	12.02	27.865	-14.169
4	105	187.5	93.75	0.05	0.2	9.375	37.24	-18.805
5	149.5	254.5	127.25	0.05	0.25	12.725	49.965	-20.091
6	74.14	223.64	111.82	0.05	0.3	11.182	61.147	-22.920
7	125	199.14	99.57	0.05	0.35	9.957	71.104	-26.974
8	64	189	94.5	0.05	0.4	9.45	80.554	-31.535
9	79.75	143.75	71.875	0.05	0.45	7.1875	87.7415	-38.359
10	105.5	185.25	92.625	0.05	0.5	9.2625	97.004	-43.108
11	109	214.5	107.25	0.05	0.55	10.725	107.729	-46.394
12	131.62	240.62	120.31	0.05	0.6	12.031	119.76	-48.374
13	75.96	207.58	103.79	0.05	0.65	10.379	130.139	-52.006
14	54.5	130.46	65.23	0.05	0.7	6.523	136.662	-59.495
15	57	111.5	55.75	0.05	0.75	5.575	142.237	-67.931
16	114.5	171.5	85.75	0.05	0.8	8.575	150.812	-73.367
17	186.7	301.2	150.6	0.05	0.85	15.06	165.872	-72.318
18	120.3	307	153.5	0.05	0.9	15.35	181.222	-70.979
19	195	315.3	157.65	0.05	0.95	15.765	196.987	-69.225
20	108	303	151.5	0.05	1	15.15	212.137	-68.087
21	203.9	311.9	155.95	0.05	1.05	15.595	227.732	-66.503
22	148.5	352.4	176.2	0.05	1.1	17.62	245.352	-62.894
23	70	218.5	109.25	0.05	1.15	10.925	256.277	-65.980
24	77.5	147.5	73.75	0.05	1.2	7.375	263.652	-72.616
25	199.4	276.9	138.45	0.05	1.25	13.845	277.497	-72.783
26	161.4	360.8	180.4	0.05	1.3	18.04	295.537	-68.754
27	195.75	357.15	178.575	0.05	1.35	17.8575	313.3945	-64.907
28	273	468.75	234.375	0.05	1.4	23.4375	336.832	-55.481
29	133.8	406.8	203.4	0.05	1.45	20.34	357.172	-49.152
30	63.95	197.75	98.875	0.05	1.5	9.8875	367.0595	-53.276
31	45	108.95	54.475	0.05	1.55	5.4475	372.507	-61.840
32	96.5	141.5	70.75	0.05	1.6	7.075	379.582	-68.776
33	65.75	162.25	81.125	0.05	1.65	8.1125	387.6945	-74.675
34	111.75	177.5	88.75	0.05	1.7	8.875	396.5695	-79.811
35	87.95	199.7	99.85	0.05	1.75	9.985	406.5545	-83.837
36	82.5	170.45	85.225	0.05	1.8	8.5225	415.077	-89.326
37	99	181.5	90.75	0.05	1.85	9.075	424.152	-94.262
38	114.5	213.5	106.75	0.05	1.9	10.675	434.827	-97.598
39	89	203.5	101.75	0.05	1.95	10.175	445.002	-101.434
40	154	243	121.5	0.05	2	12.15	457.152	-103.295

Tabla 5.11. Diferencias acumuladas con ESBVT (Del Km 211+000 al 212+000)

DELIMITACIÓN UNIDADES HOMOGÉNEAS POR DIFERENCIAS ACUMULADAS -METODO ESBVT

Tramo	Área afectada	Área Promedio		Distancia del intervalo	Distancia acumulada	Área del Interv. Real	Área acumulada	Zx
41	146.51	300.51	150.255	0.05	2.05	15.0255	472.1775	-102.281
42	63.27	209.78	104.89	0.05	2.1	10.489	482.6665	-105.803
43	141.73	205	102.5	0.05	2.15	10.25	492.9165	-109.564
44	134.11	275.84	137.92	0.05	2.2	13.792	506.7085	-109.784
45	177.44	311.55	155.775	0.05	2.25	15.5775	522.286	-108.217
46	220.33	397.77	198.885	0.05	2.3	19.8885	542.1745	-102.340
47	153.91	374.24	187.12	0.05	2.35	18.712	560.8865	-97.639
48	228.59	382.5	191.25	0.05	2.4	19.125	580.0115	-92.525
49	251.6	480.19	240.095	0.05	2.45	24.0095	604.021	-82.527
50	230.36	481.96	240.98	0.05	2.5	24.098	628.119	-72.440
51	249.75	480.11	240.055	0.05	2.55	24.0055	652.1245	-62.446
52	250.3	500.05	250.025	0.05	2.6	25.0025	677.127	-51.455
53	222.25	472.55	236.275	0.05	2.65	23.6275	700.7545	-41.838
54	189.11	411.36	205.68	0.05	2.7	20.568	721.3225	-35.281
55	198.68	387.79	193.895	0.05	2.75	19.3895	740.712	-29.903
56	233.1	431.78	215.89	0.05	2.8	21.589	762.301	-22.325
57	208	441.1	220.55	0.05	2.85	22.055	784.356	-14.281
58	211.9	419.9	209.95	0.05	2.9	20.995	805.351	-7.298
59	118.75	330.65	165.325	0.05	2.95	16.5325	821.8835	-4.776
60	257	375.75	187.875	0.05	3	18.7875	840.671	0.000

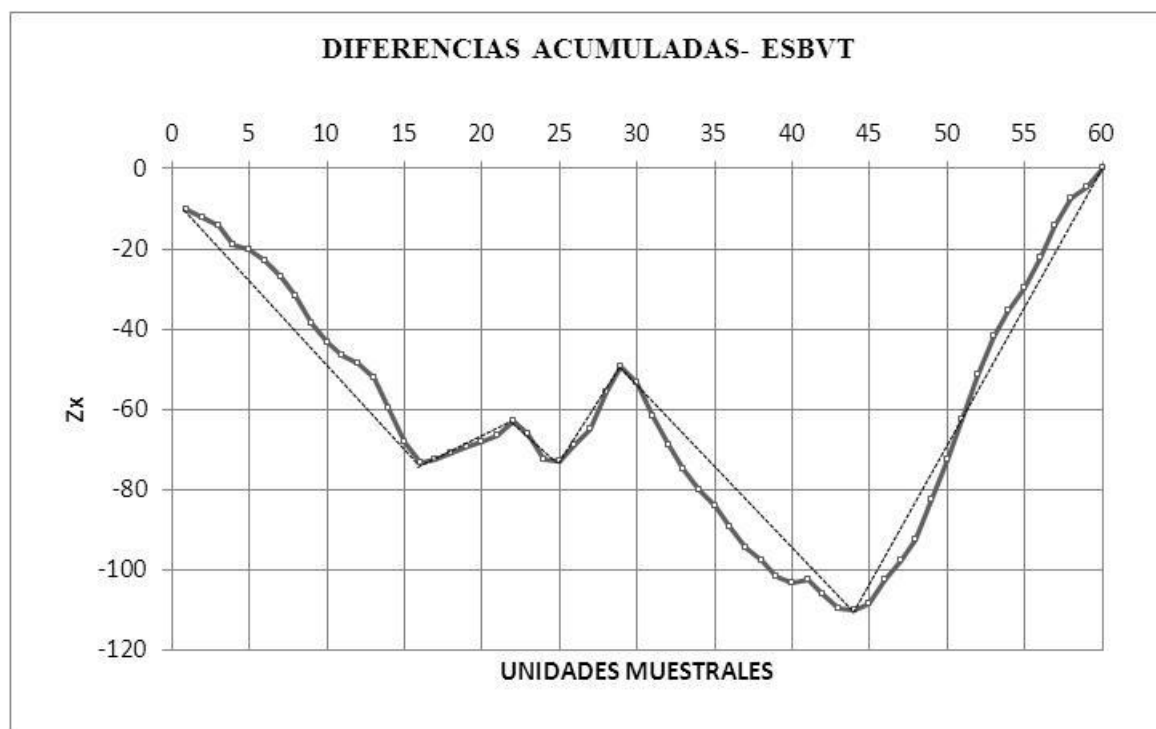


Figura 5.4. Sectorización de unidades homogéneas-ESBVT

5.4.3. Diferencias acumuladas con método PCI

Tabla 5.12. Diferencias acumuladas con PCI (Del Km 209+000 al 211+000)

DELIMITACIÓN UNIDADES HOMOGÉNEAS POR DIFERENCIAS ACUMULADAS -METODO PCI

Tramo	Área afectada	Area Promedio		Distancia del intervalo	Distancia acumulada	Área del Interv. Real	Área acumulada	Zx
1	137	137	68.5	0.05	0.05	6.85	6.85	-10.196
2	157.9	294.9	147.45	0.05	0.1	14.745	21.595	-12.498
3	140	297.9	148.95	0.05	0.15	14.895	36.49	-14.649
4	122.5	262.5	131.25	0.05	0.2	13.125	49.615	-18.570
5	149.5	272	136	0.05	0.25	13.6	63.215	-22.017
6	95.64	245.14	122.57	0.05	0.3	12.257	75.472	-26.806
7	145	240.64	120.32	0.05	0.35	12.032	87.504	-31.821
8	129	274	137	0.05	0.4	13.7	101.204	-35.167
9	109.75	238.75	119.375	0.05	0.45	11.9375	113.1415	-40.276
10	131.25	241	120.5	0.05	0.5	12.05	125.1915	-45.272
11	166	297.25	148.625	0.05	0.55	14.8625	140.054	-47.456
12	160.37	326.37	163.185	0.05	0.6	16.3185	156.3725	-48.184
13	137.07	297.44	148.72	0.05	0.65	14.872	171.2445	-50.358
14	139.1	276.17	138.085	0.05	0.7	13.8085	185.053	-53.596
15	139.5	278.6	139.3	0.05	0.75	13.93	198.983	-56.713
16	180	319.5	159.75	0.05	0.8	15.975	214.958	-57.784
17	186.7	366.7	183.35	0.05	0.85	18.335	233.293	-56.495
18	120.3	307	153.5	0.05	0.9	15.35	248.643	-58.192
19	317.5	437.8	218.9	0.05	0.95	21.89	270.533	-53.348
20	189.25	506.75	253.375	0.05	1	25.3375	295.8705	-45.057
21	207.4	396.65	198.325	0.05	1.05	19.8325	315.703	-42.271
22	148.5	355.9	177.95	0.05	1.1	17.795	333.498	-41.522
23	126.25	274.75	137.375	0.05	1.15	13.7375	347.2355	-44.831
24	130	256.25	128.125	0.05	1.2	12.8125	360.048	-49.065
25	203.4	333.4	166.7	0.05	1.25	16.67	376.718	-49.441
26	188.9	392.3	196.15	0.05	1.3	19.615	396.333	-46.873
27	254.5	443.4	221.7	0.05	1.35	22.17	418.503	-41.749
28	329.25	583.75	291.875	0.05	1.4	29.1875	447.6905	-29.608
29	153.8	483.05	241.525	0.05	1.45	24.1525	471.843	-22.502
30	105.33	259.13	129.565	0.05	1.5	12.9565	484.7995	-26.592
31	86.8	192.13	96.065	0.05	1.55	9.6065	494.406	-34.031
32	116.5	203.3	101.65	0.05	1.6	10.165	504.571	-40.913
33	65.75	182.25	91.125	0.05	1.65	9.1125	513.6835	-48.847
34	111.75	177.5	88.75	0.05	1.7	8.875	522.5585	-57.018
35	87.95	199.7	99.85	0.05	1.75	9.985	532.5435	-64.079
36	135	222.95	111.475	0.05	1.8	11.1475	543.691	-69.978
37	102.5	237.5	118.75	0.05	1.85	11.875	555.566	-75.150
38	145.5	248	124	0.05	1.9	12.4	567.966	-79.796
39	96.5	242	121	0.05	1.95	12.1	580.066	-84.742
40	176.4	272.9	136.45	0.05	2	13.645	593.711	-88.144

Tabla 5.13. Diferencias acumuladas con PCI (Del Km 211+000 al 212+000)

DELIMITACIÓN UNIDADES HOMOGÉNEAS POR DIFERENCIAS ACUMULADAS -METODO PCI

Tramo	Área afectada	Area Promedio		Distancia del intervalo	Distancia acumulada	Área del Interv. Real	Área acumulada	Zx
41	192.37	368.77	184.385	0.05	2.05	18.4385	612.1495	-86.752
42	64.52	256.89	128.445	0.05	2.1	12.8445	624.994	-90.953
43	155.53	220.05	110.025	0.05	2.15	11.0025	635.9965	-96.997
44	139.33	294.86	147.43	0.05	2.2	14.743	650.7395	-99.301
45	194.88	334.21	167.105	0.05	2.25	16.7105	667.45	-99.637
46	220.33	415.21	207.605	0.05	2.3	20.7605	688.2105	-95.922
47	153.91	374.24	187.12	0.05	2.35	18.712	706.9225	-94.257
48	246.09	400	200	0.05	2.4	20	726.9225	-91.303
49	286.6	532.69	266.345	0.05	2.45	26.6345	753.557	-81.715
50	272.86	559.46	279.73	0.05	2.5	27.973	781.53	-70.788
51	264.75	537.61	268.805	0.05	2.55	26.8805	808.4105	-60.954
52	280.3	545.05	272.525	0.05	2.6	27.2525	835.663	-50.748
53	276.75	557.05	278.525	0.05	2.65	27.8525	863.5155	-39.942
54	292.61	569.36	284.68	0.05	2.7	28.468	891.9835	-28.520
55	213.68	506.29	253.145	0.05	2.75	25.3145	917.298	-20.252
56	244.6	458.28	229.14	0.05	2.8	22.914	940.212	-14.385
57	208	452.6	226.3	0.05	2.85	22.63	962.842	-8.801
58	226.9	434.9	217.45	0.05	2.9	21.745	984.587	-4.102
59	118.75	345.65	172.825	0.05	2.95	17.2825	1001.8695	-3.866
60	299.5	418.25	209.125	0.05	3	20.9125	1022.782	0.000

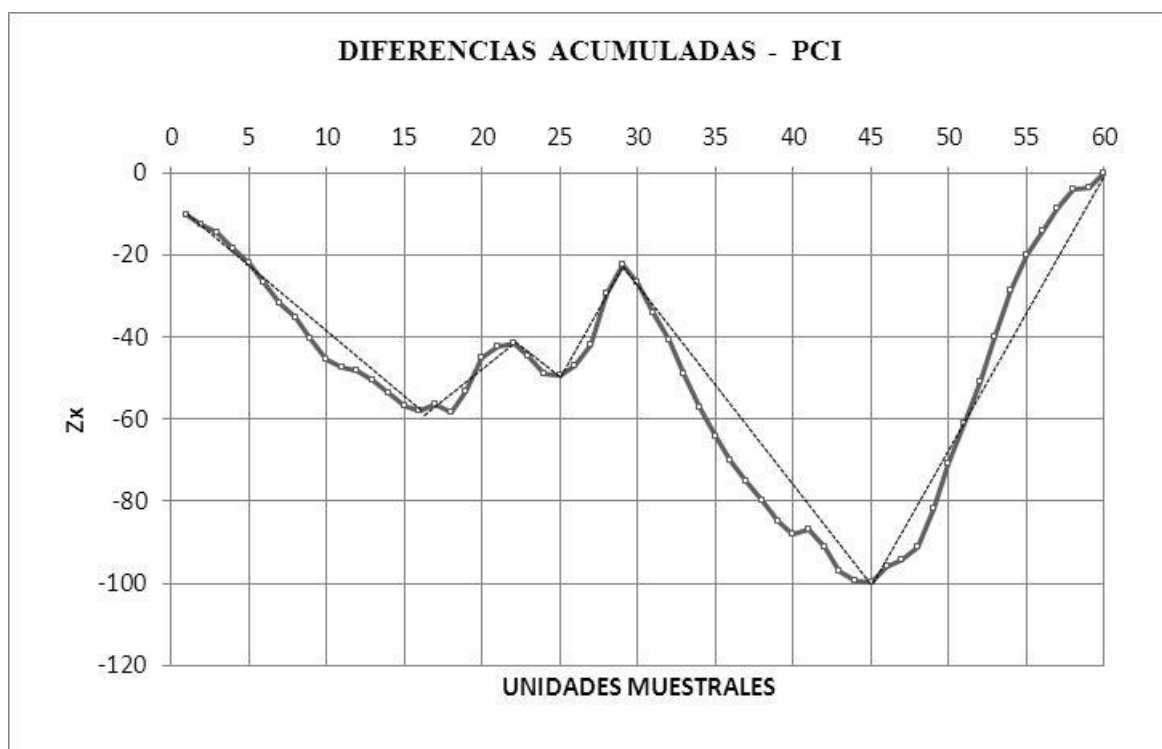


Figura 5.5. Sectorización de unidades homogéneas-PCI

En las sectorizaciones obtenidas a partir del inventario de daños, usando el método de diferencias acumuladas se obtienen seis tramos homogéneos que se presentan en la tabla 5.14.

Tabla 5.14. Tramos homogéneos (Del Km 219+000 al Km 212+000)

TRAMOS HOMOGÉNEOS	VIZIR		ESBVT		PCI	
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN
TRAMO 1	209+000	209+800	209+000	209+800	209+000	209+000
TRAMO 2	209+800	210+100	209+800	210+100	209+000	210+100
TRAMO 3	210+100	210+500	210+100	210+250	210+100	210+250
TRAMO 4	210+500	211+150	210+250	210+450	210+250	210+450
TRAMO 5	211+150	211+700	210+450	211+200	210+450	211+250
TRAMO 6	211+700	212+000	211+200	212+000	211+250	212+000

En el capítulo II, la figura 2.5 representa la tramificación de la vía, es decir la subdivisión de la carretera en base a aquellos parámetros que representan una cierta constancia en el tiempo (estructura, tránsito, clima, etc.). A partir de la información indicada en la tabla 5.14, se presenta la sectorización del tramo elegido de la carretera considerando las áreas de deterioros, se presenta seis tramos homogéneos donde el método PCI y ESBVT presenta similitud en la sectorización.

Considerando las características de las carreteras de bajo volumen de tránsito, es muy importante innovar metodologías que tienen como base la inspección visual que identifica cambios en la condición del pavimento, ayuda a determinar la capacidad estructural y mediante el uso de sistemas de Información Geográficos (SIG) se puede manejar grandes volúmenes de información que puede ser georeferenciada a un plano digital, facilitando la formulación de presupuesto para mantenimiento y rehabilitación con mayor precisión.

5.5 Catálogo de fallas en pavimentos básicos

Existen múltiples catálogos de daños que presentan metodologías, para establecer un diagnóstico sobre la patología de los pavimentos; algunos tienen sistemas de calificación cuantitativa del estado del pavimento permitiendo establecer índices.

La mayoría de los deterioros del pavimento evolucionan en su nivel de severidad convirtiéndose en otros de mayor importancia para los usuarios o para la estabilidad estructural del pavimento.

Las causas y efectos que interactúan sobre la estructura de los pavimentos originan daños que se van manifestando en forma gradual, por acción progresiva y continua sobre las superficies pavimentadas. En muchos casos esta situación, sumada a la ausencia de un sistema de administración de pavimentos moderno, generó una práctica de acción puntual de emergencia, no planificada e imprecisa en el tratamiento de las fallas.

El catálogo que se presenta en el Anexo N°02, tiene como objetivo la clasificación y cuantificación de los daños de carreteras con pavimento básico de bajo volumen de tránsito. Para cada tipo de falla, se definen tres niveles de severidad.

Para la evaluación de la condición superficial del pavimento básico de BVT, se elaboró el catálogo con una serie de fotos de deterioros representativos de la superficie de rodadura observados en la zona del proyecto, que comprende la carretera de Cañete a Chupaca, con la finalidad de ilustrar las deficiencias de los pavimentos básicos que permitirá realizar la clasificación respectiva según sus niveles de severidad, además para fijar los tratamientos técnicamente adecuados, para el restablecimiento de las condiciones normales de transitabilidad.

La elaboración del catálogo tiene como origen el correspondiente al método VIZIR, la cual procede del catálogo de daños de la Administración Francesa, además se complementa con el procedimiento estándar de la ASTM D6433-03, con el catálogo de pavimentos flexibles del Consejo de directores de carreteras de Iberia e Iberoamerica, con el Manual Centro Americano de Mantenimiento de Carreteras y con las Normas y Manuales del Subsistema de Inventario calificado del MTC, con la finalidad de aplicar a la evaluación de los pavimentos de bajo volumen de tránsito. Donde los daños están relacionados generalmente con obras de mantenimiento periódico.

DETERIORO	DE ESTRUCTURA
Código: BZR	BACHEO Y ZANJAS REPARADAS
DESCRIPCION	Áreas donde se realizó la remoción y reemplazo de base estabilizada, por material similar. Una reparación reciente enmascara un problema, reparaciones frecuentes lo confirman. Las reparaciones están destinadas a mitigar los defectos del pavimento básico, por lo general de manera provisional.
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL	
SEVERIDAD	<p>Severidad 1: Reparación o bacheo para daños superficiales</p> <p>Severidad 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado</p> <p>Severidad 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.</p>
EVALUACION	<p>Puede medirse alternativamente:</p> <p>a) Contando el número de reparaciones o bacheo con niveles de severidad baja, moderada y alta, registrando estos separadamente</p> <p>b) Computando estos en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente las áreas, según su nivel de severidad.</p>
CAUSAS COMUNES	Daños superficiales (tratamiento superficial). Fundaciones y capas inferiores inestables. Espesores insuficientes. Defectos constructivos. Fisuras, piel de cocodrilo, etc. No remediada a tiempo. Por lo general la intervención involucra capas subyacentes mediante "bacheo".

Figura 5.6. Catálogo de fallas en pavimentos básicos (ver anexo N°02)

Los daños que se ilustran en el catálogo del Anexo N°02 están clasificados de acuerdo a la clasificación de los deterioros en cuatro categorías: Agrietamientos, Deformaciones, Desprendimientos, afloramientos y otros deterioros; categorización dentro de la cual se distribuyen 14 fallas típicas observadas que corresponden a las carreteras de BVT.; luego se analiza y registra la falla según sus características propias, describiendo sus manifestaciones y/o defectos sobre los pavimentos, indicando las probables causas del deterioro con la finalidad de tomar las previsiones y correcciones que son necesarios. Seguidamente se determina y califica la falla según sus niveles de severidad en nivel 1,2 y 3 (bajo, moderado y Alto), según su densidad o extensión del deterioro observado.

Tabla 5.15 Resumen del Catálogo de fallas del pavimento básico- Deterioro de Estructura

DETERIORO DE ESTRUCTURA	
Código: FLF	Tipo: FISURA LONGITUDINAL POR FATIGA
Severidad: 1 : Fisura fina de ancho (< 3 mm.), en la huella del transito 2: Grieta abiertas y/o ramificadas de ancho (> 3 mm.), sin pérdida de material. 3: Grieta abiertas y/o ramificadas de ancho (> 3 mm.), con perdida ocasional y/o generalizada de material.	
Código: FPC	Tipo: FISURA PIEL DE COCODRILO
Severidad: 1: Formación de mallas grandes (>50 cm), con fisuras finas, sin pérdida de material. 2: Presencia de mallas más densas (<50 cm), con pérdida ocasional de material, desprendimiento y huecos en formación. 3: Presencia de mallas densas con grietas muy abiertas y fragmentos separados (<20 cm), con perdida ocasional y/o generalizada de material.	
Código: DL y DT	Tipo: DEPRESIONES O HUNDIMIENTOS LONGITUDINALES y TRANSVERSALES
Severidad: 1 : Profundidad (< 2 cm.) 2: Profundidad entre 2 cm y 4cm. 3: Profundidad mayor o igual a 4 cm.	
Código: BZR	Tipo: BACHEO Y ZANJAS REPARADAS
Severidad: 1 : Reparación o bacheo para daños superficiales 2 : Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado 3 : Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.	
Código: AH	Tipo: AHUELLAMIENTO
Severidad: 1: Profundidad promedio (< 10 mm.) 2: Profundidad promedio entre 10 y 25 mm. 3: Profundidad (> 25 mm.)	

Tabla 5.16 Resumen del Catálogo de Fallas del Pavimento Básico - Deterioro de superficie

DETERIORO DE SUPERFICIE	
Código: PA	Tipo: PERDIDA DE AGREGADOS
Severidad: 1: Pérdidas aisladas del tratamiento superficial (TS) sin desprendimiento en la base estabilizada. 2: Perdida continua del TS sin desprendimiento en la base estabilizada o puntual con desprendimiento en la base estabilizada. 3: Perdida generalizada del TS con desprendimiento de agregados en la base estabilizada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores de 10 cm., profundidad menores a 15 mm.	
Código: PL	Tipo: PERDIDA DE LA PELICULA DEL LIGANTE
Severidad: 1: Pérdidas aisladas del agregado fino y/o ligante del tratamiento superficial (TS) 2: Perdida continua de agregados pétreos y/o ligante. Superficie abierta y rugosa. 3: Perdida generalizada de agregados pétreos gruesos y finos, textura muy rugosa, cavidades de menos de 10 mm de profundidad.	
Código: H	Tipo: HUECOS
Severidad: 1 : Diámetro mayor de 10 cm., menor de 20cm., con profundidad de 1.5 cm. a 5 cm. Diámetro entre 20 y 50 cm., con profundidad de 1.5 cm a 2.5 cm. 2: Diámetro mayor de 10 cm., menor de 20cm, con profundidad mayor que 5 cm. Diámetro entre 20cm. y 50 cm., con profundidad mayor de 2.5 cm. Diámetro mayor de 50cm., con profundidad entre 1.5 cm. a 2.5 cm. 3: Diámetro mayor de 50 cm., con profundidad mayor de 2.5 cm.	
Código: EX	Tipo: EXUDACION
Severidad: 1 : Formación puntual en un área específica y es percibida solo durante algunos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o llantas de los vehículos 2 : Se presenta continua en las huellas de canalización del tránsito. La superficie es pegajosa a los zapatos y las llantas de los vehículos en días cálidos. 3 : Presencia de una cantidad significativa de asfalto libre en las huellas y en diversas áreas de la superficie del pavimento. La superficie se observa viscosa. La superficie es pegajosa a los zapatos y las llantas de los vehículos en días cálidos.	
Código: ECB	Tipo: ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y BERMA
Severidad: 1: La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es > 25 mm y < 50 mm. 2: La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es > 50 mm y < 100 mm. 3: La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es > 100 mm.	
Código: EB	Tipo: EROSION DE LAS BERMAS
Severidad: 1: Formación de daños puntuales en la berma (huecos, erosión incipiente) 2: Presencia de daños en menos del 30% de la longitud 3: Daños en más del 30% de la longitud. Erosión extrema que pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios.	
Código: DB	Tipo: DESINTEGRACION DE LOS BORDES DEL PAVIMENTO
Severidad: 1: Inicio de la desintegración, en sectores localizados.se observan canales de erosión en las bermas. 2: La calzada ha sido afectada con pérdidas de agregados en los bordes, sin llegar a la desintegración total en un ancho de 50 cm o más. 3: Erosión extrema con desintegración total de los bordes, el borde resulta serpenteante, reduciendo el	

ancho de la calzada.	
Código: FB	Tipo: FISURA DE BORDE
Severidad: 1: Grietas de ancho menor a 6mm. 2: Grietas anchas mayor o igual a 6mm, sin desprendimientos 3: Grietas anchas mayor o igual que 6mm, con desprendimientos	

5.5.1 Identificación de Fallas

Los diferentes modos y tipos de falla se describen en función de su severidad, frecuencia y localización, de esta forma se tendrá una herramienta importante a la hora de fijar la estrategia de rehabilitación.

Es muy importante establecer la extensión y severidad de los daños existentes para determinar las estrategias o medidas correctivas que eliminen la causa o causas que generaron la situación y formular una solución duradera y económica.

La falla se registra en planilla con su progresiva y, para los casos que correspondan, la superficie generada por ellas. Se tendrá de todas las fallas o situaciones especiales una base de fotos convenientemente identificadas, como antecedentes. Todo se lleva a un plano en donde se tendrá la visión general del estado de la vía. Con esta forma de trabajo, se van identificando sectores con soluciones similares y encontrando la solución a adoptar que involucre a las distintas tipologías de fallas.

En el tramo evaluado se presentaron las siguientes fallas o deterioros superficiales:

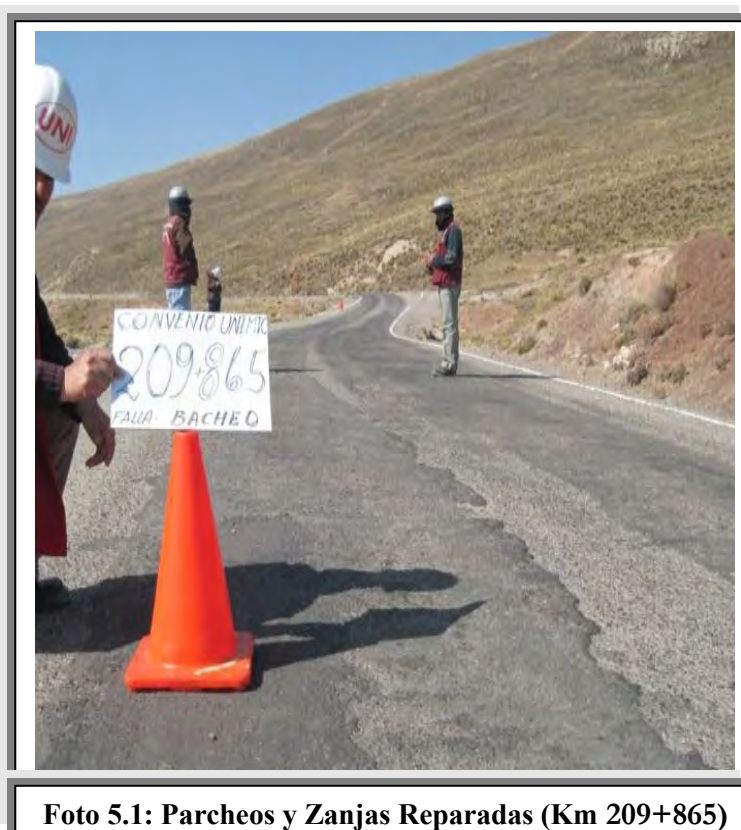


Foto 5.1: Parcheos y Zanjas Reparadas (Km 209+865)



Foto 5.2: Ahuellamiento y Zanjas Reparadas

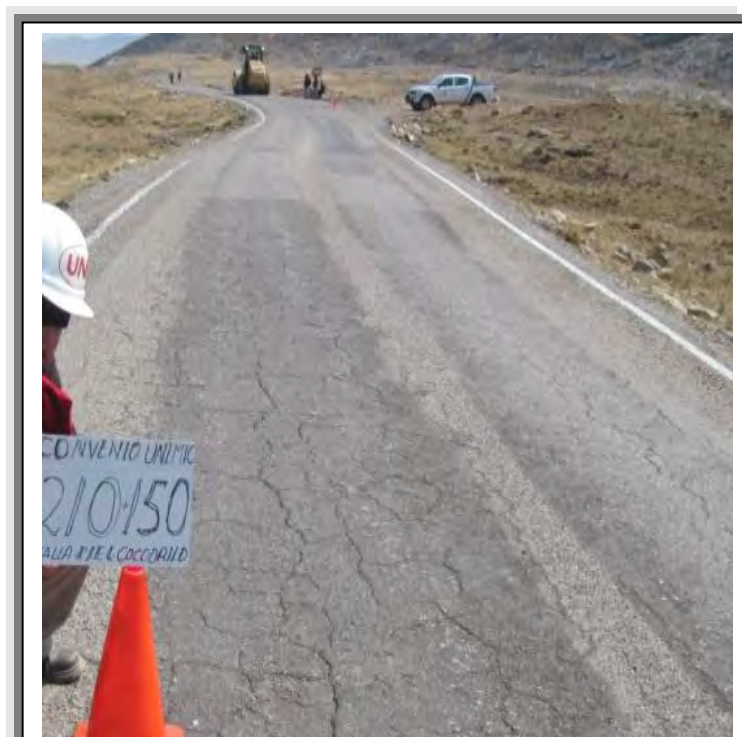


Foto 5.3: Falla tipo “piel de cocodrilo”

Los pavimentos básicos se deterioran a lo largo del tiempo naturalmente por factores climáticos (temperatura, humedad) y sollicitaciones de tráfico a la cual son sometidos; sin embargo los pavimentos asfálticos presentan un deterioro más lento al inicio de su vida útil.

Las actividades de mantenimiento y rehabilitación tienen como propósito corregir los defectos de los pavimentos, a fin de proteger los revestimientos y proporcionar a los usuarios una superficie de rodamiento confortable, segura e económica.

En la figura 5.7 se presenta la relación de las actividades de mantenimiento y rehabilitación dentro de un sistema de gestión de pavimento (SGP), y su implícita relación con la evaluación de la condición del pavimento y el reflejo económico que cada estrategia puede representar.

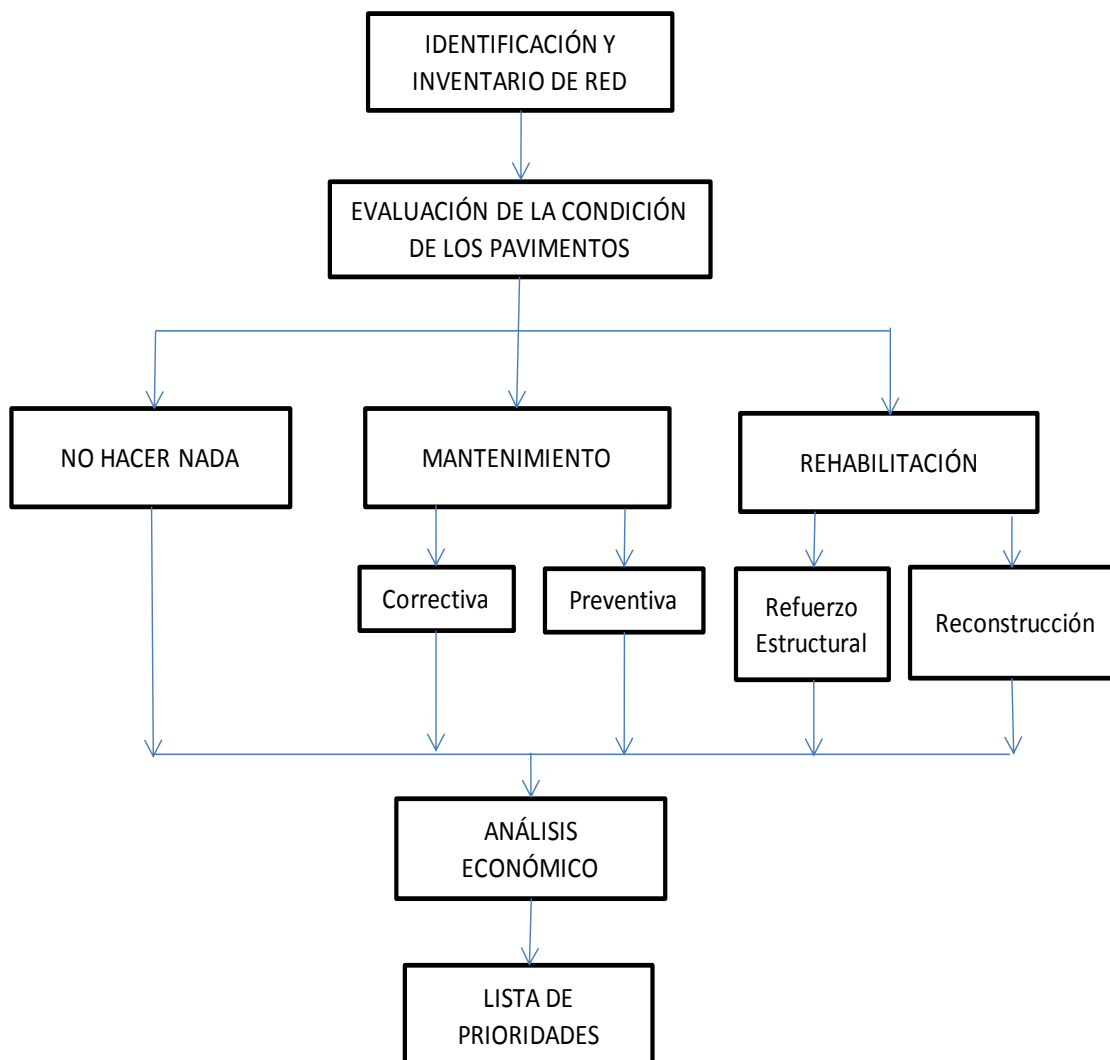


Figura 5.7. Relación de actividades de Mantenimiento y Rehabilitación

(Fuente: MAPC-1986 apud FERNANDES JR., ODA e ZERBINI-1999)

Las carreteras se proyectan y construyen para determinado período de vida útil u horizonte de proyecto en servicio, para una determinada cantidad de años. Al concluir estos, la carretera se debe reparar para aumentar su vida útil, si las condiciones lo ameritan o rehacer.

5.6 Propuesta de técnicas para evaluación superficial de pavimentos

Considerando que el hombre recibe la mayor parte de la información del mundo exterior mediante “cono visual”, además la inmensa mayoría de experimentos y ensayos realizados sobre materiales nos proporcionan sus resultados en última instancia, en forma óptica. Esta información es, generalmente indirecta.

La vista puede proporcionarnos información de primera mano inalcanzable con otros medios como es la percepción del color, de la forma, la definición de la imagen, la sensación del relieve. Otras características del ojo humano: vista + capacidad mental (interpretación) + intuición.

Sin embargo debe quedar claro que hay una diferencia radical entre VER y MIRAR. Para ver, es preciso no solo mirar, sino mirar adecuadamente conforme a una técnica específica donde el evaluador o personal que realiza labores de relevamiento de la información de campo, debe contar con abundante conocimiento sobre el comportamiento del pavimento y los agentes influyentes en el deterioro de la misma, con la cual se garantizara guiar la interpretación visual en los muchos casos en que sea ambigua.

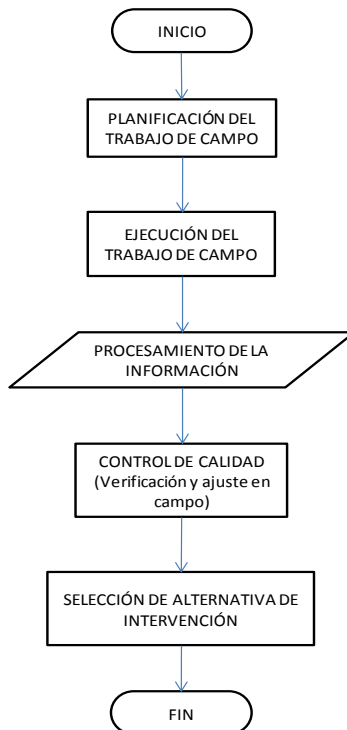


Figura 5.8 : Diagrama de flujo del procedimiento de evaluación Fuente (Elaboración Propia)

En la figura 5.8. se presenta un diagrama de flujo que resume el procedimiento para realizar la evaluación de la condición superficial del pavimento aplicando el método ESBVT.

5.6.1 Planificación del trabajo de campo.

En esta fase primordial, se planifica las actividades necesarias que se debe realizar en campo.

La recolección de información brinda tres importantes propósitos para el proceso de evaluación y estudio de los deterioros superficiales que se presentan en una carretera:

- Brinda información cualitativa requerida para determinar los tipos de deterioro encontrados en la vía y clasificarlos según la metodología ESBVT, en deterioros de estructura y de superficie.
- Proporciona la información cuantitativa requerida para la evaluación en gabinete de las cantidades, índices de deterioro, frecuencias, estado de la vía.
- Permite realizar comparaciones y correlaciones del estado de la vía con otros parámetros medidos en el estudio de rehabilitación y mantenimiento de carreteras, como el Índice de Rugosidad IRI, Deflexiones, etc.



Figura 5.9. Planificación del trabajo de campo

Todos los datos que se obtengan deberán ser analizados de manera cuidadosa y sistemática. Los procedimientos para ello, variarán de un pavimento a otro, dependiendo de los hallazgos durante el proceso de recolección de la información.

La obtención de datos producto del estudio de fallas del tramo estudiado tiene como objetivos:

- a) Delimitar zonas de diferente comportamiento a lo largo del proyecto.
- b) La inspección periódica de la superficie del pavimento brinda datos sobre la progresión de los daños, aplicables a los modelos de administración del mantenimiento.
- c) Los diversos tipos de fallas suelen estar relacionados con determinados mecanismos de deterioro. Aquellos que básicamente están asociados a la acción de las cargas del tránsito, exigen trabajos de rehabilitación con fortalecimiento estructural, en tanto que los asociados a los materiales y el clima deben enfrentarse,

ante todo, buscando remediar las causas de dichas deficiencias o minimizando el impacto sobre el comportamiento del pavimento. Es evidente, sin embargo, que algunos problemas muy severos motivados en los materiales o aspectos ambientales, pueden exigir la reconstrucción del pavimento.

d) Por último el resultado del inventario visual es la base de una programación idónea de los trabajos posteriores de evaluación destructiva y no destructiva de la calzada

5.6.2 Procedimiento para recolección de datos en el terreno

Existen diversos métodos en la etapa del inventario de los deterioros de los pavimentos, pero el principio de registro es similar, y corresponde a la calificación de cada muestra, según los catálogos de defectos superficiales de cada uno de ellos.

Dadas las limitaciones que implica el registro en papel de los defectos, especialmente en tramos de muestreo largo, han llevado a que diversas agencias viales automaticen el proceso, mediante el uso de computadores portátiles en donde es posible agilizar el registro.

Generalmente se usa el método visual en las carreteras en la etapa de elaboración de los estudios para la rehabilitación de sus pavimentos.

Con la finalidad de facilitar la recolección de la información correspondiente al inventario de los deterioros del pavimento, el procesamiento y su posterior análisis, se presenta para el registro de los deterioros en campo en la figura 5.10, la planilla de recolección de datos de campo para la evaluación superficial con el método ESBVT, el cual incluye una parte para el registro de los datos y otra parte para la representación gráfica de los deterioros, con lo cual se podrá tener una visión clara del comportamiento que presenta el pavimento a nivel superficial; de igual forma, la información registrada puede ser utilizada en el procesamiento y en el diagnóstico de los deterioros presentes en el pavimento básico.

El procedimiento para la recolección de datos involucra un recorrido a pie, realizando la inspección visual del estado del pavimento, paralelamente al cual se deberá realizar el llenado de la planilla de recolección de datos de campo, el registro gráfico en este formato se deberá realizar mediante un croquis, con las simbologías correspondientes a cada tipo de defecto superficial que se indica en el formato.

Para adelantar este proceso de registro se deberán tener en cuenta los criterios de medición que se presentan a continuación, así como, las pautas para el llenado adecuado de los formatos estandarizados con los datos necesarios para la correcta definición del estado global del pavimento.

Los reportes sobre los deterioros que se presenten en los pavimentos, deberán servir para determinar el Índice de Deterioro superficial “*I_s*” de una manera adecuada.

PLANILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EVALUACIÓN SUPERFICIAL CON EL MÉTODO ESBVT

Carretera CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - CHUPACA
 Tipo de Pavimento TRAT. SUP. MONOCAPA (TSM)
 TRAMO DE CARRETERA (Km) 209+600 - 209+650 Fecha: 26/08/11
 ANCHO DE VÍA (M) Inicio: 4.45 Fin: 5.80 Operador: E. APOYNARIO M.

NOMBRE DEL DETERIORO	SIMBOLO	RELEVAMIENTO DE FALLAS													
		5m	10	15	20	25	30	35	40	45	50m				
Fisuras longitudinales por fatiga			2 4												
Fisuras piel de cocodrilo		1 1.26													
Depresiones o hundimientos longitudinales															
Depresiones o hundimientos transversales															
Bacheos y zanjas reparadas			2 22.5				3 27.5			2 8.61					
Ahuellamiento					1 52.8										
Pérdida de agregados						1 15					1 15				
Pérdida de la película de ligante	PL														
Huecos															
Exudación															
Escalonamiento entre calzada y berma									1 8.125						
Erosión de las bermas	EB														
Desintegración de los bordes del pavimento	DB														
Fisura de borde															

SECCIÓN DE VÍA	Re/Sr-Sc/Co	Sr	Sr	Sr	Sr	Sr	Sr	Sr	Sr	Sr	Sr

CORRECCIÓN POR FRAGILIDAD		Em	Em	Em	Em	Em	Em	Em	Em	Em	Em
Estabilidad de Taludes (Bajo, Moderado, Alto)	Eb/Em/Ea										
Cap.de contribución a la fragilidad del Pavimento básico	CFpb	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

LEYENDA	REPRESENTACIÓN PLANIMÉTRICA										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
<p>SECCIÓN DE VÍA:</p> <p>Relleno(Re), Sección Mixta Relleno(Sr), Corte(Co) Sección Mixta Corte(Sc)</p> <p>REGISTRO DE DETERIOROS</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">SEVERIDAD (1, 2, 3)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">AREA (M2)</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>SEVERIDAD (1, 2, 3)</td> <td>AREA (M2)</td> <td>PROF. (MM.)</td> </tr> </table>	SEVERIDAD (1, 2, 3)		AREA (M2)		SEVERIDAD (1, 2, 3)	AREA (M2)	PROF. (MM.)	<p>CARRIL IZQUIERDO</p>	<p>CARRIL DERECHO</p>		
SEVERIDAD (1, 2, 3)											
AREA (M2)											
SEVERIDAD (1, 2, 3)	AREA (M2)	PROF. (MM.)									
OBSERVACIONES:											

Figura 5.10. Planilla de recolección de datos de campo
Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. El conocimiento de las condiciones en que se encuentra un pavimento y de su comportamiento a través del tiempo, son tópicos de vital importancia para los responsables del diseño, construcción, conservación y operación; sin embargo es fundamental para los usuarios por que está relacionado con la seguridad y economía del transporte, razón por la cual es importante contar con métodos de evaluación de la condición superficial del pavimento, como el que se propone ESBVT, que constituye una base para la toma de decisiones en la conservación de los caminos de bajo volumen de tránsito, a partir de una inspección visual de los pavimentos básicos.
2. El método VIZIR es un buen indicador de la condición superficial del pavimento; sin embargo aplicado a pavimentos básicos, califica con bajo índice de deterioro, lo que significa que el pavimento sería intervenido cuando ya está muy deteriorado, donde los costos de mantenimiento y rehabilitación son más elevados. Con la finalidad de definir oportunamente los límites a partir de los cuales se debe materializar alguna acción de conservación del pavimento básico, se propone el método denominado “Evaluación de la condición superficial del pavimento en carreteras de bajo volumen de tránsito” ESBVT.
3. En la evaluación de la condición superficial de la carretera pavimentada con el método VIZIR, considera únicamente los daños de primera categoría a la cual se le asocian las obras de rehabilitación de alto costo. En el caso de carreteras con pavimento básico de bajo volumen de tránsito, existe una mayor cantidad de daños denominados de segunda categoría que de primera categoría, por estar relacionado generalmente con obras de mantenimiento periódico, estos antecedentes originaron el nacimiento del método ESBVT, donde se considera todos los tipos de deterioros que afectan el pavimento básico, basada en el método VIZIR.
4. En el tramo seleccionado desde la progresiva Km 209+000 al Km 212+000, referente al área total de los deterioros para la evaluación de la condición superficial del pavimento, se concluye que el método VIZIR, califica considerando solo el 58.35% del área deteriorada, donde considera la suma de tres tipos de defectos (Fisuras, Deformaciones y Reparaciones), en cambio con el método ESBVT, considera el 100% de los deterioros clasificados como deterioro de Estructura(Agrietamientos, Deformaciones) y deterioros de Superficie (Desprendimientos, Afloramientos y otros deterioros), observándose una diferencia significativa que influye en la calificación final del tramo evaluado.
5. Comparando los métodos VIZIR, PCI y ESBVT, referente al tratamiento de dos tipos de deterioros: Ahuellamiento (de estructura) y Huecos (de superficie), se observa que el método VIZIR no castiga la presencia de huecos en la vía, pero los ahuellamientos es castigada fuertemente, en el método PCI el número de huecos es muy significativo para la evaluación y el ahuellamiento es calificado de forma moderada, en el método ESBVT se castiga la presencia de huecos y ahuellamientos en la vía.

6. Si bien es cierto que el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) es un buen indicador de la condición del camino ya que sintetiza de buena forma los deterioros mayores que sufre un pavimento; sin embargo es indispensable realizar una evaluación visual de la condición superficial del pavimento para investigar cuál es el principal deterioro que está afectando la rugosidad del tramo, razón por la cual se presenta como alternativa para la evaluación de la condición superficial del pavimento, el método ESBVT que refleja las características superficiales del pavimento básico y de esta manera podemos programar en forma racional una estrategia de conservación.
7. El método de evaluación de la condición superficial de pavimentos más difundido en el medio es el PCI, pero el MTC con la finalidad introducir una nueva alternativa de evaluación presento un Proyecto del Sistema de Gestión de Carreteras, en la cual considera el catalogo para pavimentos flexibles procedentes del método VIZIR; sin embargo a la fecha solo continua vigente el método PCI, posiblemente por falta de mayor difusión de los alcances del método VIZIR, la cual es parte del objetivo del trabajo desarrollado.
8. Las fallas definidas por el método del PCI, sí se adaptan a este tipo de carreteras, sus descripciones se ajustan en su mayoría a las fallas que se encuentran en estos tipos de superficie, razón por la cual, el catálogo de los deterioros usado para la aplicación del método ESBVT coincide en la mayoría, además los resultados de la evaluación de la condición superficial del pavimento de BVT, se ajustan mejor a los resultados obtenidos con el método PCI.
9. En el tramo seleccionado de la carretera Cañete – Chupaca, desde la progresiva Km 209+000 al Km 212+000, de acuerdo a los datos de campo y la evaluación de la condición superficial del pavimento, aplicando cada una de los métodos adoptadas se obtiene como resultado las siguientes calificaciones : El método DNIT califica como pésimo, el método de México califica de Regular a Malo, según PASER califica como Pobre, con el método norteamericano PCI califica como Malo, con el método francés VIZIR califica como Regular y con el método propuesto ESBVT se califica como Malo. La mayoría de los métodos califican como candidato a “Refuerzo estructural” o “Reconstrucción”, es decir califican el tramo como Malo, la cual es equivalente a un deficiente estado superficial que exige la ejecución de trabajos de rehabilitación.
10. Analizando los métodos: VIZIR, PCI y el método propuesto por medio de las diferencias acumuladas podemos concluir que existe leves diferencias al sectorizar los tramos homogéneos entre el método PCI y el ESBVT.

RECOMENDACIONES

1. La variedad de los materiales componentes del pavimento básico y la gran heterogeneidad de las características de los materiales incluso dentro de un mismo tramo, además de la dificultad técnica y económica de contar con variables de entrada precisas (como el tránsito o la pluviometría mensual), hacen que las estrategias de mantenimiento y conservación de las carreteras de bajo volumen de tránsito BVT, esté centrado en una respuesta a la condición del camino, más que en una modelación y una planificación a largo plazo de las actividades a ejecutar, como se realiza con los caminos pavimentados. Es por esta razón que se recomienda realizar las evaluaciones superficiales del pavimento de carreteras de BVT, con determinada frecuencia para verificar el cumplimiento de la serviciabilidad de la vía.
2. Las vías de bajo volumen de tránsito son un bien público y son elementos esenciales de integración territorial, de comunicación y, en especial, de inclusión social, como un derecho básico, razón por lo que se recomienda establecer lineamientos que promuevan la recopilación y consolidación de información dentro de un sistema georeferenciado, sobre la red de BVT (inventario, condición y desempeño); información que puede ser utilizada en los procesos de gestión.
3. Se recomienda ampliar los trabajos de investigación, referente a la aplicación de otros métodos de evaluación de la condición superficial de pavimentos en carreteras de bajo volumen de tránsito, donde se usan otros tipos de tratamientos superficiales, con la finalidad de contar en nuestro medio con alternativas para la evaluación de los pavimentos básicos.
4. Finalmente, debido a una mejor confiabilidad del método ESBVT en relación con el método VIZIR, con respecto a la evaluación de la condición superficial del pavimento en carreteras de bajo volumen de tránsito, se recomienda que se difunda como herramienta de gestión, en estrategias de mantenimiento y conservación de pavimentos básicos, por la facilidad y precisión de los resultados al aplicar el método.

BIBLIOGRAFÍA

1. AASHTO, (1992), Guía para “Diseño de Estructuras de Pavimentos”, Comité Ejecutivo.
2. ASTM D6433- American Society for Testing and Materials, (2003), “Procedimiento Estándar para la inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos”
3. Chang Albitres C., Bustos M.,(2007), curso internacional “Evaluación económica de Proyectos Viales”, Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima
4. Chang Albitres C., Bustos M.,(2007), Evaluación, Diseño, Construcción, Gestión “Pavimentos un enfoque al futuro”, Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima
5. Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, (2002), Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, volumen N°11, México
6. Danieleski, M. L., (2004) “Propuesta de Metodología para la evaluación superficial de pavimentos urbanos: Aplicación a redes viales de Porto Alegre”. Tesis (Maestría Profesional en Ingeniería). Porto Alegre
7. DNIT, (2003), Departamento Nacional de Infraestructura de Transporte. Evaluación objetiva de Superficies de Pavimentos Flexibles y Semirígidos–PRO 006, Rio de Janeiro
8. DNIT, (2003), Departamento Nacional de Infraestructura de Transporte. Términos de defectos en Pavimentos Flexibles y Semirígidos–PRO 005, Rio de Janeiro
9. Gutiérrez Lázares J.W. (2007), “Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú”, Tesis de Maestría FIC-UNI. Lima
10. INVIAS, Instituto Nacional de Vías, (2002), “Guía Metodológica Para El Diseño De Obras De Rehabilitación De Pavimentos Asfálticos De Carreteras”. Colombia.
11. Kraemer C., Pardillo J.M., Rocci S., Romana M., Sánchez V.(2004), Ingeniería de Carreteras Vol. II. Mc. Graw Hill. España.
12. Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, (2010), Secretaria de Integración Económica Centroamericana SIECA.
13. Menéndez Acurio J.R.,(2009), “Ingeniería de Pavimentos”, materiales, Diseño y Conservación, Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima
14. MTC, (2001), Proyecto Sistema de Gestión de Carreteras, Normas y Manuales técnicos Subsistema de Inventario Calificado Volumen 3: Anexo 3 a 12, Asociación BCEOM – OIST, Lima

15. MTC.,(2005),“Estudios de Pre Inversión a nivel de Factibilidad Proyecto Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Cañete – Huancayo, Ruta 22. Tramo: Lunahuaná – Dv. Yauyos Chupaca. Lima
16. MTC.,(2006), Manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial departamental no pavimentada. Lima
17. MTC.,(2008), Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima
18. MTC, Glosario de Términos de uso frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial, aprobado con R.M.N°660-2008-MTC/02.Lima
19. Pinilla valencia, Julián A., (2007), “Auscultación, Calificación Del Estado Superficial Y Evaluación Económica De La Carretera Sector Puente De La Libertad – Maltería Desde El K0+000 Hasta El K6+000”, tesis Universidad nacional de Colombia, Colombia.
20. Porto Prestes, Marilez, (2001), “Métodos de Evaluación Visual de Pavimentos Flexibles – Estudio Comparativo”, Universidad Federal de Rio Grande de Escuela de Ingeniería, Tesis de Maestría. Porto Alegre
21. SEDESOL, Secretaria de Desarrollo Social, Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas, “Manual de Elaboración del Inventario del Estado Funcional de Pavimentos”, Tomo VI. México
22. Solminihac Tampier, Hernán. (2001),”Gestión de infraestructura vial”, Edición N°2. Universidad Católica de Chile. Santiago
23. Tenorio Mananay Armando,(2005) “Modelos de Predicción de Deterioro de Pavimentos”, Tesis UNI-FIC. Lima
24. Visconti, Tobias, (2000),“O Sistema Gerencial de Pavimentos”, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem Instituto de Pesquisas Rodoviaras Divisao de Apoio Tecnológico- DNER. Brasil
25. Vizir, (1996), “Método con ayuda de computador para la estimación de necesidades en el mantenimiento de una red carretera”, Laboratorio Central de Puentes y Carreteras (LPCP), París.
26. Wisconsin Transportation Information Center, 2002,”Manual PASER”, Asphalt Roads. Edit. WisDOT. Wisconsin
27. Wisconsin Transportation Information Center, 2002,” Manual PASER, Sealcoat”. Edit. WisDOT. Wisconsin
28. YEOMANS, W.C. (1986). Visual impact assessment: Changes in natural and rural environment. In Smardon, R.C., Palmer, J.E. and Felleman, J.P. (Eds.). Foundation for visual project analysis. John Wiley and Sons, New York.