

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**EFICACIA DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN  
SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS PARA EL MANTENIMIENTO  
Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS CON BAJO VOLUMEN  
DE TRÁNSITO EN LA REGIÓN PUNO - 2016**

PRESENTADO POR

Bach. APAZA PASTOR, Edwin Rene

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL

JULIACA -- PERÚ

2017

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ACTA DE TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

En Juliaca, siendo las 10:00 Hrs. del 21 de enero del 2017, bajo la presidencia del catedrático:

**Dr. VÍCTOR MANUEL LIMA CONDORI**

Se inició la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación correspondiente, para obtener el Título Profesional de **INGENIERO CIVIL**, bajo la modalidad de Sistema de Tesis (Resolución 3175-2003-R-UAP), en la que:

**APAZA PASTOR, EDWIN RENE**

Sustento la Tesis titulada:

**“EFICACIA DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS  
PARA MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS CON BAJO  
VOLUMEN DE TRANSITO EN LA REGIÓN PUNO 2016”**

Ante el Jurado integrado por los señores catedráticos:

**Dr. VÍCTOR MANUEL LIMA CONDORI**

(Presidente)

**Ing. GILMER SALAS MADERA**

(Miembro/Secretario)

**Ing. DANIEL QUISPE MAMANI**

(Miembro)

Sustentado el mismo, el graduando obtuvo el siguiente resultado:

PROBADO POR UNANIMIDAD

En fe de lo cual se asentó la presente Acta que firman el Señor Presidente y los demás miembros del Jurado.

  
.....  
**Ing. GILMER SALAS MADERA**  
Miembro/Secretario

  
.....  
**Ing. DANIEL QUISPE MAMANI**  
Miembro

  
.....  
**Dr. VÍCTOR MANUEL LIMA CONDORI**  
Presidente

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la oportunidad de vivir y permitirme llegar hasta este punto, por regalarme una familia maravillosa, además de brindarme su infinita bondad y amor.

A mi Padre Gerardo Apaza C, pilar fundamental de mi vida, digno ejemplo de trabajo constancia y amor que me brindó su apoyo incondicional en todo momento sin esperar nada a cambio, gracias porque siempre estuviste a mi lado.

A mi Hermana Teófila Apaza P, por haberme brindado todo el apoyo necesario para alcanzar mis metas y sueños, por haber estado en los buenos y malos momentos.

A mi Madre QEPD, gracias por enseñarme lo fuerte y noble que puede ser una mujer, este logro te lo dedico con todo el corazón.

**EDWIN RENE**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por haberme permitido concluir esta etapa de mi vida y así corresponder a los que confiaron en mí.

A la Universidad Alas Peruanas, a los Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por su apoyo incondicional.

A todas aquellas personas y amigos que directa e indirectamente han contribuido en la realización del presente proyecto de investigación.

**EDWIN RENE**

## RESUMEN

Los factores que tienen gran influencia en el estado de los pavimentos son las fallas o deterioros superficiales, dichos factores influyen en la vida útil de la vía así como, en el servicio que prestan al público, Independientemente del proceso de deterioro en toda estructura de pavimento, se deben iniciar labores de mantenimiento y rehabilitación de las mismas, prácticamente desde el inicio de su período de diseño, con el objeto de reducir el impacto que las diferentes fallas pueden afectar a la estructura, para evaluar las fallas existen distintas metodologías de evaluación superficial utilizadas en diversas realidades. El objetivo de este estudio fue Determinar la eficacia de los métodos de evaluación superficial de pavimentos para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno. Metodológicamente este estudio se orientó a evaluar mediante tres métodos de evaluación superficial de pavimentos (ESBVT, VIZIR y PCI) para evidenciar los deterioros y agrietamientos de la estructura de los pavimentos, se tuvo como unidad de análisis de investigación la vía asfaltada de Vilque – Mañazo – Tiquillaca, evaluándose como muestra 3 kilómetros que comprende desde 09+000 hasta 12+000. De los resultados del estudio de investigación se concluye que 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 de vías pavimentadas, los métodos de evaluación aplicados en este estudio son eficaces para evaluar el deterioro de los pavimentos, estos han permitido mostrar el estado de la vía. El método PCI es el método que evidencia mejor el estado de la vía, así mismo el método ESBVT presenta mejor confiabilidad en relación con el método VIZIR, con respecto a la evaluación de la condición superficial del pavimento en carreteras de bajo volumen de tránsito.

Palabras clave: Mantenimiento y conservación de carreteras, Métodos de evaluación superficial.

## ABSTRACT

Factors that have a great influence on the condition of the pavements are surface faults or deteriorations, these factors influence the useful life of the road as well as the service provided to the public, regardless of the deterioration process in any pavement structure, Maintenance and rehabilitation of the same must be started, practically from the beginning of its design period, in order to reduce the impact that the different faults can affect the structure, to evaluate the failures there are different methodologies of surface evaluation Used in different realities. The objective of this study was to determine the efficacy of surface pavement evaluation methods for the maintenance and conservation of high traffic roads in the Puno region. Methodologically, this study was oriented to evaluate, through three methods of surface evaluation of pavements (ESBVT, VIZIR and PCI) to evidence the deterioration and cracking of the pavement structure, we had as a unit of research analysis the asphalted road of Vilque - Mañazo - Tiquillaca, evaluated as sample 3 kilometers from 09 + 000 to 12 + 000. The results of the research study it is concluded that the knowledge of the conditions in which a pavement is found and its behavior over time are topics of vital importance for those responsible for the design, construction, conservation and operation of paved roads, The evaluation methods applied in this study are effective to evaluate the deterioration of the pavements, these have allowed to show the state of the road. The PCI method is the method that best demonstrates the state of the road, and the ESBVT method presents better reliability in relation to the VIZIR method, with respect to the evaluation of the surface condition of the pavement in roads with low traffic volume.

Keywords: Maintenance and conservation of roads, Methods of surface evaluation.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCION</b> .....	12
<b>CAPITULO I PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO</b> .....	13
<b>1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA</b> .....	13
<b>1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	15
1.2.1. Delimitación espacial.....	15
1.2.2. Delimitación temporal.....	15
1.2.3. Delimitación social.....	15
1.2.4. Delimitación conceptual.....	15
<b>1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	15
1.3.1. Problema general.....	15
1.3.2. Problemas específicos.....	16
<b>1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	16
1.4.1. Objetivo general.....	16
1.4.2. Objetivo específicos.....	16
<b>1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	17
1.5.1. Hipótesis general.....	17
1.5.2. Hipótesis específicos.....	17
<b>1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	18
1.6.1. Variable independiente.....	18
1.6.2. Variable dependiente.....	18
1.6.3. Operacionalizacion de variables.....	18
<b>1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	19
1.7.1. Tipo y nivel de investigación.....	19
1.7.2. Diseño y método de investigación.....	19
1.7.3. Población y muestra de la investigación.....	21
1.7.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
<b>1.8. JUSTIFICACIÓN</b> .....	22
<b>CAPITULO II MARCO TEORICO</b> .....	24
<b>2.1. ANTECEDENTES DELA INVESTIGACIÓN</b> .....	24
2.1.1. Estudios específicos.....	24
<b>2.2. BASES TEÓRICAS</b> .....	26

2.2.1. Generalidades .....	26
2.2.2. Pavimentos básicos.....	26
2.2.2.1. Tratamiento superficial .....	27
2.2.2.2. Tipos de tratamientos superficiales.....	28
2.2.2.3. Carretera Pavimentada .....	28
2.2.2.4. Carretera No Pavimentada .....	28
2.2.2.5. Pavimento de bajo costo .....	28
2.2.3. Evaluación de pavimentos .....	29
2.2.3.1. Condición del pavimento .....	30
2.2.4. Métodos de Evaluación Superficial .....	31
2.2.4.1. Índice de Condición del Pavimento (PCI) .....	32
2.2.4.2. Inspección Visual de Daños en (VIZIR) .....	34
2.2.4.3. Cálculo del Índice de deterioro superficial (Is) con el método ESBVT.....	43
2.2.5. Conservación y mantenimiento de carreteras.....	44
2.2.6. Fallas en pavimentos asfálticos .....	46
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	48
<b>CAPITULO III PROPUESTA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>53</b>
<b>3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE APLICACIÓN.....</b>	<b>53</b>
3.1.1. Generalidades .....	53
3.1.2. Área de estudio .....	54
3.1.3. Descripción del proyecto .....	54
3.1.4. Ubicación .....	55
3.1.5. Clima y geografía.....	55
3.1.6. Zonas de características homogéneas .....	56
3.1.7. Sección Representativa .....	56
3.1.8. Condiciones ambientales influyentes .....	58
<b>3.2. APLICACIÓN EN LA CARRETERA VILQUE MAÑAZO         TIQUILLACA.....</b>	<b>61</b>
3.2.1. Evaluación del estado de la vía .....	61
3.2.1.1. Evaluación Estructural .....	62
3.2.1.2. Evaluación de la Condición Superficial.....	62
3.2.1.3. Evaluación de la Adherencia.....	62

3.2.1.4. Evaluación Funcional del Pavimento .....	63
3.2.2. Rugosidad del pavimento.....	64
3.2.3. Serviciabilidad.....	66
3.2.4. Auscultación visual de fallas.....	71
3.2.4.1. Definición de fallas de pavimentos.....	72
3.2.4.2. Manifestaciones de deterioro de pavimentos básicos .....	72
3.2.5. Propuesta de técnicas para evaluación superficial de pavimentos.....	74
3.2.5.1. Planificación del trabajo de campo .....	75
3.2.5.2. Procedimiento para recolección de datos en el terreno .....	76
<b>CAPITULO IV PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>79</b>
<b>4.1. APLICACIÓN DE MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO .....</b>	<b>80</b>
4.1.1. Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	80
4.1.2. Inspección Visual de Daños en Carreteras (VIZIR).....	72
4.1.3. Evaluación de la condición superficial método ESBVT....	74
<b>4.2. RECOPIACIÓN Y DISCRIMINACIÓN DE DATOS DE CAMPO.....</b>	<b>87</b>
4.2.1. Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	88
4.2.2. Condición del Pavimento (VIZIR).....	88
4.2.3. Condición del Pavimento ESBVT .....	89
<b>4.3. CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>90</b>
<b>4.4. TAMAÑO Y ESPACIAMIENTO DE UNIDAD DE MUESTREO .....</b>	<b>90</b>
<b>4.5. REQUISITOS PARA OBTENER LOS ÍNDICES .....</b>	<b>94</b>
<b>4.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS Y PROPUESTA DE MÉTODO DE EVALUACIÓN .....</b>	<b>95</b>
4.6.1. Comparación de métodos PCI, ESBVT y VIZIR.....	96
<b>4.7. DELIMITACIÓN DE UNIDADES HOMOGÉNEAS POR DIFERENCIAS ACUMULADAS .....</b>	<b>100</b>
4.7.1. Diferencias acumuladas con método VIZIR.....	101
4.7.2. Diferencias acumuladas con método ESBVT.....	103

4.7.3. Diferencias acumuladas con método PCI.....	105
4.7.4 Presentación de resultados.....	108
<b>CONCLUSIONES</b> .....	120
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	122
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	124
<b>ANEXOS</b> .....	127

### LISTA DE TABLAS

Tabla II.1. Calificación de la condición del pavimento PCI
Tabla II.2. Método VIZIR degradación del tipo A
Tabla II.3. Método VIZIR degradación del tipo B
Tabla II.4. Niveles de gravedad de los deterioros del tipo A
Tabla II.5. Niveles de gravedad de los deterioros del tipo B
Tabla II.6. Calificación del Estado de la Superficie del Pavimento-VIZIR
Tabla II.7. Calificación del Estado de la Superficie del Pavimento-ESBVT
Tabla III.1. Rangos de calificación del IRI en algunos países
Tabla III.2. Rango de calificación del IRI en tramo seleccionado
Tabla III.3. Equivalencia entre Serviciabilidad y el IRI
Tabla III.4. Escala de calificación de serviciabilidad según AASHO
Tabla III.5. Equivalencia entre la Serviciabilidad y el IRI (Km 09+000 al 11+000)
Tabla III.6. Clasificación de los deterioros relevantes en pavimentos básicos
Tabla IV.1. Índice de Condición del Pavimento (Km 09+000 – 11+000)
Tabla IV.2. Índice de Condición del Pavimento (Km 11+000 – 12+000)
Tabla IV.3. Condición del Pavimento-VIZIR (Km 09+000 a 11+000)
Tabla IV.4. Condición del Pavimento-VIZIR (Km 11+000 a 12+000)
Tabla IV.5. Calificación con método ESBVT (Km. 09+000 al 11+000)
Tabla IV.6. Calificación con método ESBVT (Km.11+000 al Km. 12+000)
Tabla IV.7. Medidas de dispersión con método VIZIR
Tabla IV.8. Errores Sistemáticos
Tabla IV.9. Tamaño y espaciamiento muestral en los tres métodos
Tabla IV.10. Comparación de medidas de dispersión en tres métodos
Tabla IV.11. Comparación de evaluaciones de la condición superficial del pavimento
Tabla IV.12. Calificación del PCI considerando tres condiciones

- Tabla IV.13. Calificación con VIZIR, ESBVT y PCI (Km 09+000 al 11+000)
- Tabla IV.14. Calificación con VIZIR, ESBVT y PCI (Km 11+000 al 12+000)
- Tabla IV.15. Diferencias acumuladas con método VIZIR (Del Km 09+000 al 11+000)
- Tabla IV.16. Diferencias acumuladas con método VIZIR (Del Km 11+000 al 12+000)
- Tabla IV.17. Diferencias acumuladas con ESBVT (Del Km 09+000 al 11+000)
- Tabla IV.18. Diferencias acumuladas con ESBVT (Del Km 11+000 al 12+000)
- Tabla IV.19. Diferencias acumuladas con PCI (Del Km 09+000 al 11+000)
- Tabla IV.20. Diferencias acumuladas con PCI (Del Km 211+000 al 212+000)
- Tabla IV.21. Tramos homogéneos (Del Km 19+000 al Km 12+000)

## LISTA DE FIGURAS

- Figura I.1. Operacionalización de variables
- Figura II.1. Estructura del Pavimento Básico
- Figura II.2. Flujo grama para determinar el Índice deterioro Superficial (Is)
- Figura II.3. Diagrama de flujo para el cálculo del Is con método ESBVT
- Figura III.1. Tratamiento superficial con monocapa
- Figura III.2. Socavación en cuneta sin revestir que reduce la sección de la vía
- Figura III.3. Diagrama de Evaluación de Pavimentos
- Figura III.4. Diagrama de flujo del procedimiento de evaluación
- Figura III.5. Diagrama de flujo del procedimiento de evaluación
- Figura III.6. Planilla de recolección de datos de campo
- Figura IV.1. Variación del método PCI.
- Figura IV.2. Variación del índice de deterioro superficial VIZIR.
- Figura IV.3. Calificación con método ESBVT (Km.211+000 al Km. 212+000)
- Figura IV.4. Medidas de dispersión con método PCI
- Figura IV.5. Medidas de dispersión con método VIZIR
- Figura IV.6. Comparación de los métodos PCI, VIZIR y ESBVT
- Figura IV.7. Comparación de modelos de regresión entre PCI, VIZIR y ESBVT
- Figura IV.8. Sectorización de unidades homogéneas-VIZIR
- Figura IV.9. Sectorización de unidades homogéneas - ESBVT
- Figura IV.10. Sectorización de unidades homogéneas – PCI

## INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial es un componente de gran importancia dentro del patrimonio de una nación, considerando su vinculación directa con el desarrollo social y económico, pues permite la comunicación e interrelación entre centros poblados, así como el intercambio de bienes y servicios. El pavimento es una de las pocas estructuras civiles que tiene un período de diseño finito, por lo que su falla está prevista al término de ésta. Esto significa que durante el período de vida de una estructura de pavimento, la misma iniciará un proceso de deterioro tal que al final de su vida útil manifestará un conjunto de fallas que reducirán su calidad de rodaje y en definitiva incrementarán los costos de los usuarios y los costos de mantenimiento por parte de las instituciones responsables.

Independientemente del proceso de deterioro “natural” en toda estructura de pavimento, se deben iniciar labores de mantenimiento y rehabilitación de las mismas, prácticamente desde el inicio de su período de diseño, con el objeto de reducir el impacto que las diferentes fallas pueden afectar a la estructura y de esta manera optimizar los recursos disponibles para una eventual rehabilitación, sin necesidad de ejecutar trabajos de reconstrucción de la estructura.

Cabe destacar, que en el proceso de deterioro de una estructura de pavimento, en especial del pavimento flexible, el tránsito o solicitaciones de carga representa una de las principales variables que inducen la fatiga de la estructura.

Es por ello que en el presente trabajo de investigación se evaluará mediante las diferentes metodologías de evaluación de pavimentos a fin de determinar las fallas y deterioros en las vías de bajo volumen de tránsito destacando sus orígenes, magnitud y severidad, las metodologías de evaluación que se usará son el PCI, ESBVT y VIZIR que tienen uso reconocido a nivel internacional.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

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.

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.

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.

Los factores que tienen 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 ese contexto es necesario evaluar la eficacia de los distintos métodos de evaluación de pavimentos de bajo volumen de tránsito en la región Puno, ya que existe vías que presentan fallas en su estructura y por ende el servicio de estas es deficiente.

Con el propósito de abordar este fenómeno, se plantea el siguiente cuestionamiento que direcciona está presente investigación:

¿Cuál es la eficacia de los métodos de evaluación superficial de pavimentos para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno?

## **1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Delimitación espacial**

El presente trabajo investigación toma como delimitación espacial a toda la región Puno, y se consideró como muestra una vía representativa que presenta características de deterioro y fallas en su estructura.

### **1.2.2 Delimitación temporal**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo a partir de Julio del 2016 hasta enero del 2017, tiempo que permitió desarrollar y mostrar los resultados de la investigación.

### **1.2.3 Delimitación social/conductual**

La investigación se llevó a cabo en vías de la región Puno la misma que beneficia a toda la población de la región Puno, así mismo se tendrá como objeto de evaluación una vía en servicio que presenta deterioros y fallas.

### **1.2.4 Delimitación Conceptual**

Esta investigación abarca dos conceptos fundamentales como los métodos de evaluación superficial de pavimentos y mantenimiento y conservación de carreteras que direccionaran el presente trabajo de investigación.

## **1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Problema General**

¿Cuál es la eficacia de los métodos de evaluación superficial de pavimentos para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno?

### **1.3.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuál es la eficacia del método de evaluación superficial de pavimentos ESBVT para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito?
- ¿Cuál es la eficacia del método de evaluación superficial de pavimentos VIZIR para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito?
- ¿Cuál es la eficacia del método de evaluación superficial de pavimentos PCI para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito?

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la eficacia de los métodos de evaluación superficial de pavimentos para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Analizar la eficacia del método de evaluación superficial de pavimentos ESBVT para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.
- Analizar la eficacia del método de evaluación superficial de pavimentos VIZIR para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.
- Analizar la eficacia del método de evaluación superficial de pavimentos PCI para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.

## **1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Hipótesis general**

La aplicación de los métodos de evaluación de pavimentos básicos difieren significativamente y garantiza estrategias oportunas para la mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno.

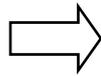
### **1.5.2. Hipótesis específico**

- El método de evaluación superficial de pavimentos ESBVT permite identificar los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.
- El método de evaluación superficial de pavimentos VIZIR permite identificar los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.
- El método de evaluación superficial de pavimentos PCI permite identificar los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.

## 1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.6.1 Variable independiente

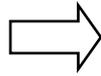
Variable independiente (X)



Método Evaluación superficial de pavimentos

### 1.6.2. Variable dependientes

Variable dependiente (Y)



Conservación y mantenimientos de carreteras

### 1.6.3 Operacionalización de Variables.

Figura. I.1.  
Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	DATO	INSTRUMENTO
Variable independiente (X) Método Evaluación de deterioro de pavimentos	VIZIR	Bueno Regular Malo	1-2 3-4 5-7	Bueno Regular
	ESBVT	Bueno Regular Malo	1-2 3-4 5-7	Bueno Regular Fichas de
	PCI	Excelente Muy Bueno Bueno Regular Malo Muy Malo Fallado	100 –85 85 – 70 70 – 55 55 – 40 40 – 25 25 – 10 10 – 0	Excelente Muy Bueno Bueno Regular Malo Muy Malo
Variable dependiente (Y) Mantenimiento y conservación	Agrietamientos	Fisura longitudinal por fatiga Fisura de piel de cocodrilo	m.l.  m2  m3	Fichas de evaluación
	Deformaciones	Depresiones o hundimientos (longitudinal y Trasversal) Bacheo y zanjas ahuellamiento		
	Desprendimientos	Perdida de agregados Perdida de película ligante		
	Afloramiento	Exudación		
	Otros deterioros	Escalonamiento entre calzadas y berma Erosión de las bermas		

Fuente: elaboración propia

## **1.7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.7.1. Tipo y nivel de Investigación**

#### **a) Tipo de investigación**

El presente estudio es de tipo explicativo, asume el enfoque cuantitativo, se recolectará los datos con instrumentos estandarizados (fichas de evaluación) y por el propósito de estudio es de tipo básico o fundamental está orientado a evaluar mediante tres métodos de evaluación (ESBVT, VIZIR y PCI) para evidenciar los deterioros y agrietamientos de la estructura de los pavimentos, por la naturaleza de estudio es no experimental, debido que el estudio es la aplicación de Métodos Evaluación de deterioros de pavimentos.

#### **b) Nivel de investigación**

Asimismo, de acuerdo a las características y profundidad del estudio corresponde al nivel de investigación aplicativo porque explicara los deterioros de los pavimentos en base a metodologías de evaluación y se pretende aplicar los resultados a situaciones reales donde se presenten problemas similares, para validar que la aplicación de los Método Evaluación de deterioro de pavimentos , se realizarán comparaciones de las diferentes metodologías y determinar cuál es la metodología adecuada que se debe asumir para la evaluación de vías en la región de Puno.

### **1.7.2. Diseños y métodos de Investigación**

#### **a) Diseño de investigación**

La presente es una investigación asume el diseño no experimental, transversal implica la aplicación del método evaluación de deterioro de pavimentos con la ayuda de una ficha de observación estructurada donde se determinara a través de las tres metodologías de evaluación y determinar las diferentes fallas

que se encuentran en la vías de bajo volumen de tránsito y se presenta las siguientes fases.

**FASE 1.** Fase preparatoria. En esta fase se plantea el plan de trabajo, en el cual se definen los objetivos y la hipótesis, como también se analiza las metodologías de evaluación ESBVT, VIZIR y PCI.

**FASE 2.** Recolección de la información. En esta etapa de la investigación se realizara una recopilación de información bibliográfica y de internet para adquirir los conocimientos relacionados, con las metodologías de evaluación de vías de bajo volumen de tránsito. Posteriormente se identificara la unidad de análisis, donde se tomara los datos en base a observación, esta recolección de datos se realizaran durante el periodo de 01 mes. Para lograr la recolección de datos se utilizará los siguientes instrumentos:

- Formatos de evaluación estandarizada (fichas).
- Recursos informáticos (Internet).
- Registro fotográfico apuntes perspectivas.
- Trabajo de campo (observación estructurada directa).
- Planos de obra vectorizados

**FASE 3.** Procesamiento y análisis de la información: En esta etapa se organizara e interpretara las fichas de observación. Con las variables obtenidas se procederá a la integración y búsqueda de los valores más representativos, con los cuales se lograra identificar las fallas o deterioros en las vías de bajo volumen de tránsito. Para la interpretación de datos se usara la estadística ANOVA a fin de determinar las comparaciones de las distintas metodologías de evaluación. Se empleará los siguientes medios de procesamiento y análisis.

- Autocad (software que se usara para vectorizar planos).
- Microsoft office Excel (software que se usara para el procesamiento de cuadros y tablas).
- Microsoft office Word. (software que se usara para la edición de textos).

- SPSS 11 (software que se usara para probar la hipótesis a través de tabulación de datos y distribución de frecuencias).

**FASE 4.** Fase propositiva. Se planteara y se recomendara la metodología de avaluación más adecuada para la región Puno, las cuales podrán ser de gran utilidad como nuevos insumos para la evaluación futura (por parte de instituciones y actores diversos) de proyectos de infraestructura vial de bajo volumen de tránsito.

#### **b) Método de investigación**

En la investigación se utilizara todo los pasos del método científico y como método general se utilizará el método deductivo por que se asume teorías (métodos de evaluación) para explicar los deterioros en las vías de bajo volumen de tránsito, así mismo tiempo recoger los resultados de cada aplicación para generalizar los resultados de la aplicación en la región Puno.

### **1.7.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **a) Población**

La población de estudio para la presente investigación son las vías de la región Puno, donde existe vías de bajo volumen de transito las cuales serán objeto de estudio para su análisis mediante las metodologías de evaluación ESBVT, VIZIR y PCI.

#### **b) Muestra**

La muestra que presenta la presente investigación es no probabilístico, porque el investigador asume como muestra una vía el cual se asume como objeto de estudio. Para el presente estudio de investigación se evaluara la vía asfaltada de Vilque – Mañazo - Tiquillaca.

#### 1.7.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

##### a) Técnicas

Las técnicas constituyen elementos de investigación más precisos, específicos y concretos de la investigación, a través de las técnicas operacionalizamos los diversos indicadores en la práctica para la presente investigación se usaron las siguientes técnicas.

***Técnica documental o bibliográfica.*** Nos ha permitido revisar la documentación de carácter teórico.

***Técnica de Fichas de Observación.*** Esta técnica ha permitido mostrar los resultados a través de la observación in situ en campo bajo estándares y protocolos que exige este tipo de técnicas.

***Técnica de la estadística.*** Los datos estadísticos obtenidos de campo, fueron cuantificados, luego sometido a un tratamiento estadístico, como elemento que ofrece mayor nivel de precisión y confiabilidad cuando se trata de medir los resultados.

##### b) Instrumentos

Los instrumentos que se ha utilizado en la presente investigación son fichas de observación, instrumentos de medición como: wincha, nivel de mano, nivel topográfico, registro fotográfico.

#### 1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

##### a) Justificación

La evaluación estructural de pavimentos consiste, en la determinación de los deterioros y fallas del sistema pavimento-subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y

cuantificar las necesidades de rehabilitación. Las necesidades de evaluar estructuralmente los pavimentos de una red aumentan a medida que se completa el diseño y la construcción de una red vial nacional o regional y consecuentemente aumenta la necesidad de su preservación y rehabilitación.

La alternativa presentada en este estudio es "no destructiva" y se basa en la evaluación bajo tres métodos aplicados a vías de bajo volumen de tránsito en la región Puno, el estudio se justifica ya que es importante conocer la realidad de las vías de bajo volumen de tránsito en la región Puno, esto permitirá tomar las medidas y acciones correctivas por parte de quienes estén encargados sobre el mantenimiento y conservación de vías.

## **b) Importancia**

La importancia de este estudio de investigación radica que la infraestructura vial es un agente determinante en el desarrollo social, económico y cultural de las diferentes regiones de nuestro país, es por eso que es importante considerar a nuestros pavimentos como el principal activo económico que posee la nación, en la actualidad el estado de las vías primarias y secundarias se encuentran por debajo de los niveles de competitividad requeridos por el medio, al lograr realizar la intervención en las vías nacionales se podría percibir el beneficio en la disminución de los costos de operación, adicionalmente de reactivar el desarrollo económico en regiones particulares.

## **c) Limitaciones**

La poca información existente sobre la aplicación de los métodos de evaluación PCI, ESBVT y VIZIR en la región Puno es una limitante, ya que no se tiene referencias sobre estudios anteriores en nuestro medio, así mismo para realizar este tipo de estudios se requiere la coordinación con las instituciones que tienen como cargo las vías, estos muestran poco interés por el tema.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. Estudios específicos**

Marrugo (2014), en su trabajo de investigación “Evaluación de la metodología VIZIR como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles” desarrolla satisfactoriamente la matriz de rehabilitación según la metodología VIZIR, encontrando similitudes significativas en cuanto conceptos y procedimientos propuestos en La Guía Metodológica de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos del INVIAS, cabe aclarar que esta matriz no tiene como fin remplazar la experiencia ni ensayos que se deben establecer en cada caso específico, en su alcance se presente como una guía para establecer las estrategias de rehabilitación según los resultados obtenidos en los formatos B-2, B-3 y B-4 de la Guía Metodológica para el diseño de Obras de Rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. Se establecieron los parámetros de auscultación de la metodología VIZIR en donde se categorizan los deterioros de los pavimentos asfálticos en tipo A caracterizando una condición estructural y tipo B los cuales caracterizan una condición funcional, según la gravedad y extensión se estableció la estrategia de intervención a ejecutar.

En la matriz de rehabilitación para la metodología VIZIR se establecen los tipos de reparaciones aconsejables para el deterioro causado sin embargo para efectos de una intervención integral en la matriz B se puede establecer una estrategia en donde se desarrollen más de una intervención dependiendo del tipo de tráfico y vida útil de diseño de la rehabilitación.

En la matriz de rehabilitación para la metodología VIZIR se establecen los tipos de reparaciones aconsejables para el deterioro causado sin embargo para efectos de una intervención integral en la matriz B se puede establecer una estrategia en donde se desarrollen más de una intervención dependiendo del tipo de tráfico y vida útil de diseño de la rehabilitación.

Apolinario (2001) en su trabajo “innovación del método VIZIR en estrategias de conservación y mantenimiento de carreteras con bajo volumen de tránsito” desarrolla 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.

Además el estudio 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 las vías.

## **2.2. BASES TEÓRICAS.**

### **2.2.1. 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.

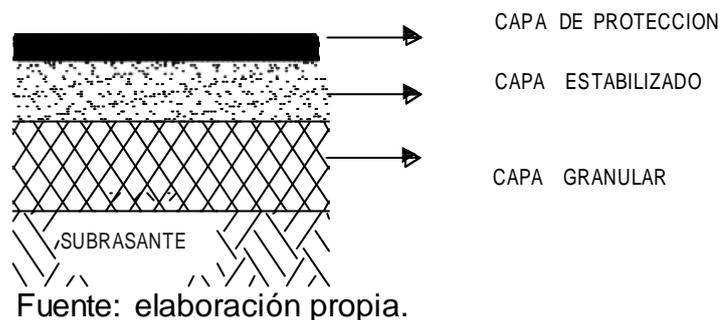
### **2.2.2. Pavimentos básicos**

Los pavimentos básicos constituyen el 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, con la finalidad de preservar las características, se utilizan capas sellantes que

impermeabilicen y brinden una superficie de deslizamiento, como los tratamientos superficiales.

La figura II.1 se muestra la estructura del pavimento básico usado en carreteras de bajo volumen de tránsito y por lo general el material granular que se indica está constituida por el mismo terreno.

Figura. II.1.  
Estructura del Pavimento Básico



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

#### 2.2.2.1. 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 como:

- Proveer una superficie económica y duradera para caminos con bases granulares que tienen tráficos ligeros y de mediano volumen.
- Prevenir la penetración superficial de agua en bases granulares y pavimentos viejos que han comenzado a desintegrarse con el tiempo.
- Proporcionar una capa de rodadura de pequeño espesor, como alta resistencia al desgaste, evitando la emisión de polvo.

- Proporcionar un revestimiento antideslizante, evitando la pérdida de material grueso y formación de baches.

#### **2.2.2.2. 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 gravilla.

#### **2.2.2.3. Carretera Pavimentada**

Las carreteras pavimentadas, tienen 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.

#### **2.2.2.4. 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.

#### **2.2.2.5. 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

### **2.2.3. Evaluación de pavimentos.**

La evaluación de un pavimento, corresponde a la acción de calificar y cuantificar las condiciones de fallas y deterioros 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.

#### **2.2.3.1. 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.

#### **2.2.4. 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.

El objetivo de la evaluación estructural es evaluar la capacidad de respuesta del paquete estructural frente a las sollicitaciones 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:

#### **2.2.4.1. 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 conservación.

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 135m<sup>2</sup> a 315 m<sup>2</sup>. 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.

Tabla II.1.  
Calificación de la condición del pavimento PCI

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

**Fuente:** Procedimiento estándar PCI según 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.

#### **2.2.4.2. Inspección Visual de Daños en Carreteras (VIZIR)**

El método “Vision 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. 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 II.2.  
Método VIZIR 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 II.3.  
Método VIZIR degradación del tipo B

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Fisura longitudinal de junta de	FLJ	m
Fisura transversal de junta de	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	DM	m
Pérdida de la película de ligante	PL	m
Pérdida de agregados	PA	m
Descascaramiento	D	m <sup>2</sup>
Pulimento de agregados	PU	m
Exudación	EX	m
Afloramiento de mortero	AM	m
Afloramiento de agua	AA	m
Desintegración de los bordes del	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.

**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.

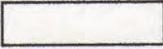
**Extensión.** Se refiere a la proporción del tramo evaluado que es afectada por un determinado tipo de deterioro. Esta proporción puede estar referida a longitud o área, dependiendo de la metodología de evaluación que se utilice y del tipo de deterioro identificado.

Tabla II.4.  
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 mm ≤ Flecha ≤ 40 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 II.5.  
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"> <li>Ancha (10 mm o más) sin desprendimiento</li> <li>o</li> <li>Fina ramificada</li> </ul>		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	< 5	> 10	5 a 10
	Dímetro (mm)	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	≤ 300	≤ 1000
Desprendimientos: <ul style="list-style-type: none"> <li>Perdida de pel cula de ligante</li> <li>Perdida de agregados</li> </ul>	Perdidas aisladas		Perdidas continuas		Perdidas generalizadas y muy marcadas	
Descascaramiento	Prof. (mm)	≤ 25	≤ 25	> 25	> 25	
	Area (m <sup>2</sup> )	≤ 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: <ul style="list-style-type: none"> <li>de mortero</li> <li>de agua</li> </ul>	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

### Flujograma para el cálculo del Índice de Deterioro Superficial

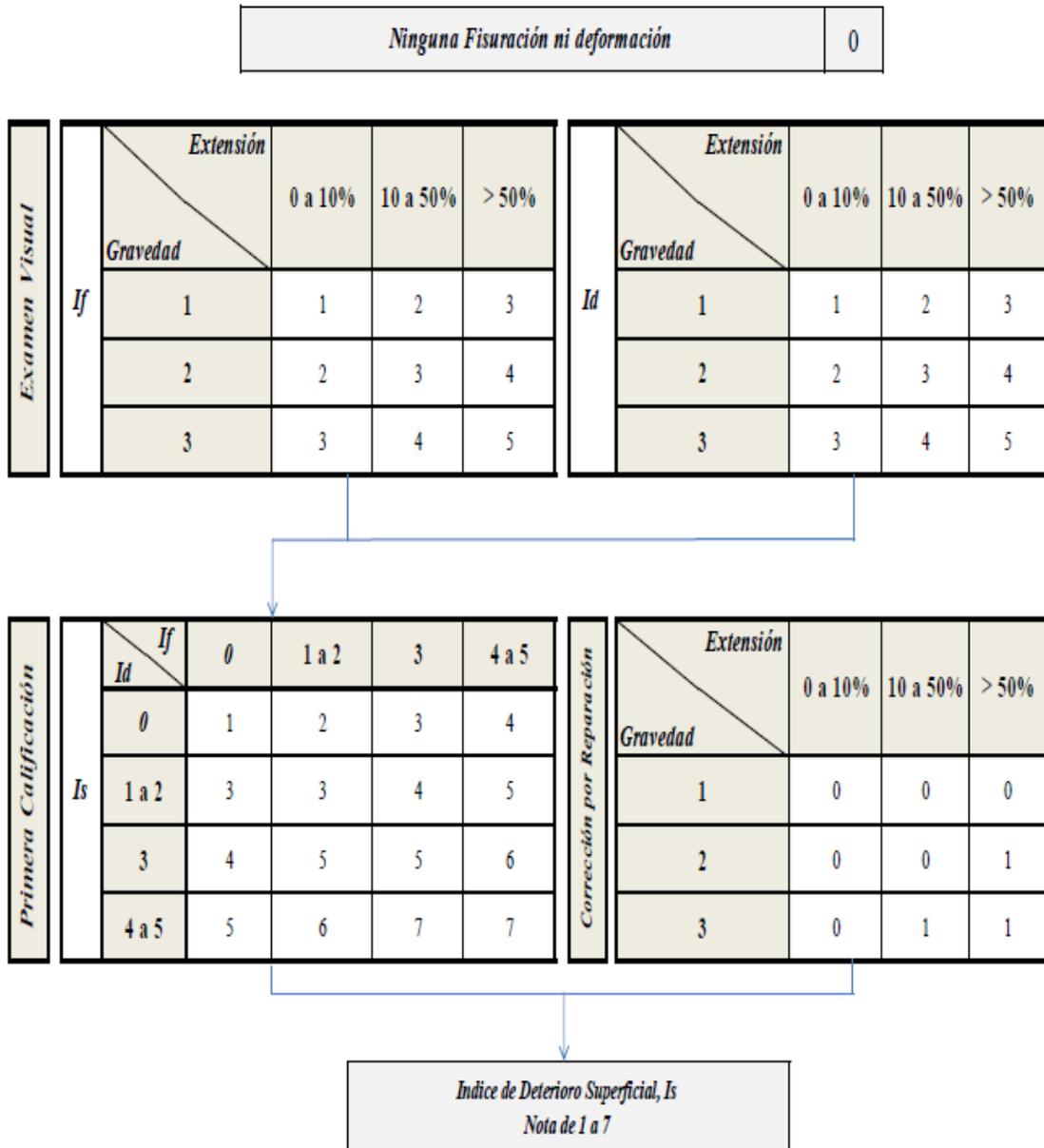
En la Figura II.2 se presenta un diagrama de flujo para el cálculo del índice de deterioro superficial (Is.):

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 II.2.**

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.

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 II.6  
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

**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.

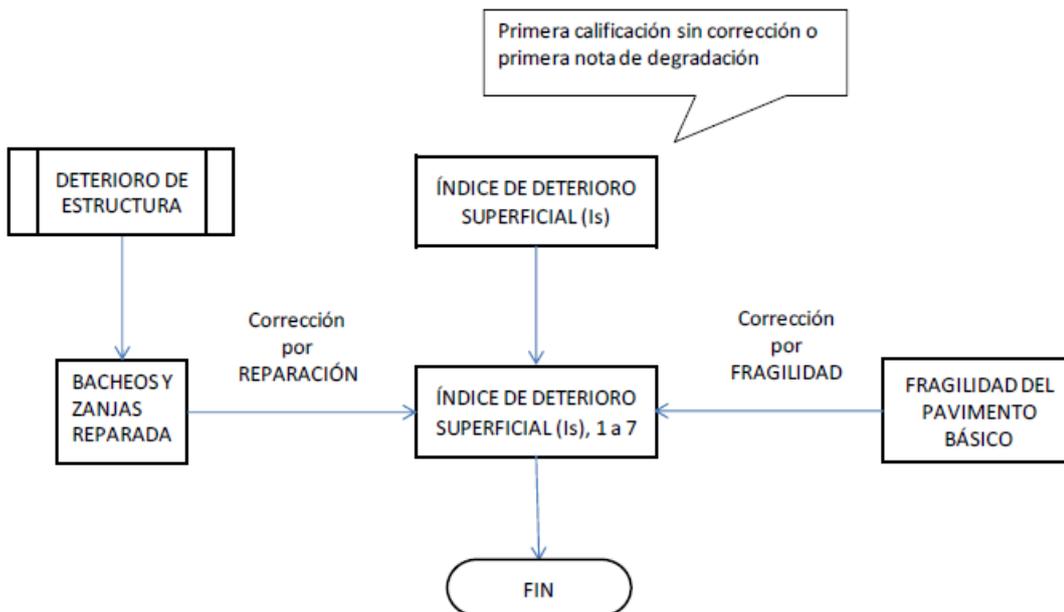
**Valores del “Is” 3 y 4.-** Representan pavimentos con fisuramientos de origen estructural y pocas o ninguna deformación, así como pavimentos sin fisuramientos pero con deformaciones de alguna importancia. Su estado superficial se considera regular y lo suficientemente degradado como para poner en marcha tratamientos de rehabilitación de mediana intensidad.

**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.

### 2.2.4.3. 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 (Ie) y del índice de superficie (Iu), 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, 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 Is. 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 siguiente se presenta un diagrama de flujo

Figura II.3..  
Diagrama de flujo para el cálculo del Is con método ESBVT



Fuente: Adaptación de Manual INVIAS

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 II.7..  
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).

## 2.2.5. Conservación y mantenimiento de carreteras

### a.- 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 tiempo.

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.

#### **b. 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.

#### **c. 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.

#### **d. 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.

## **2.2.6. Fallas en pavimentos asfálticos**

### **Causas del Surgimiento de las Fallas**

Durante la vida de servicio de un pavimento, causas de diverso origen afectan la condición de la superficie de rodamiento, lo cual compromete su función de ofrecer a los usuarios la posibilidad de un rodaje seguro, cómodo y económico. Entre las causas de falla de un pavimento se pueden mencionar:

1. Fin del período de diseño original y ausencia de acciones de rehabilitación mayor durante el mismo. En este caso la falla es la prevista o esperada.
2. Incremento del tránsito con respecto a las estimaciones del diseño de pavimento original.
3. Deficiencias en el proceso constructivo, bien en procesos como tal como en la calidad de los materiales empleados.
4. Diseño deficiente (errores en la estimación del tránsito o en la valoración de las propiedades de los materiales empleados).
5. Factores climáticos imprevistos (lluvias extraordinarias).
6. Insuficiencia de estructuras de drenaje superficial y/o subterráneo.
7. Insuficiencia o ausencia de mantenimiento y/o rehabilitación de pavimentos.

Dependiendo de su origen, las fallas pueden ser clasificadas como fallas funcionales (superficiales) o fallas estructurales. En el primer caso, el defecto se presenta o circunscribe a la superficie de la capa asfáltica y las acciones de reparación se dirigen a la corrección de la fricción (seguridad), o al restablecimiento de la rugosidad o regularidad (comodidad), lo cual se logra

con la colocación de capas asfálticas de bajo espesor que no contribuyen desde el punto de vista estructural.

Por su parte las fallas estructurales tienen su origen en defectos en una o más de las capas que conforman la estructura del pavimento, las cuales están destinadas a resistir y compartir los esfuerzos impuestos por el tráfico, de manera que a nivel de sub-rasante o suelo de fundación de pavimento lleguen los menores esfuerzos y lo más distribuido posible. En éstos casos la corrección de las fallas va dirigida al refuerzo de la estructura existente mediante la colocación de una capa cuyo espesor debe ser calculado en función de los requerimientos de las cargas de tráfico previstas en el período de tiempo previsto para la rehabilitación.

### **Tipos de fallas del pavimento asfáltico**

Los procesos de auscultación de la ingeniería de pavimentos catalogan los deterioros de la estructura considerando los agentes que podrían afectarla, agentes como el clima, el tránsito, materiales utilizados y el proceso constructivo, generan un consumo de la estructura, así mismo estos factores enmarcan la clasificación global del tipo de daño del pavimento dividida entre funcionales y estructurales. Reconocer el tipo de falla y la causa es la esencia para determinar la intervención adecuada en las estructuras de pavimentos.

### **Daños en la mezcla asfáltica**

- Exudación.
- Ahuellamiento.
- Meteorización/ desprendimiento de agregados.
- Huecos.

### **Capas subyacentes**

- Abultamientos y hundimientos.
- Corrugación.
- Depresión.

- Grieta de borde.
- Desnivel carril/berma.
- Grieta longitudinal y transversal.
- Ahuellamiento
- Hinchamiento

### **Constructivos**

- Exudación.
- Parcheo.
- Huecos.
- Meteorización/ desprendimiento de agregados.

### **Deterioro de la carpeta asfáltica (carga)**

- Piel de cocodrilo.
- Grieta longitudinal y transversal.
- Pulimento de agregados.
- Huecos.
- Desplazamiento.
- Grietas parabólicas (Slipagge)
- Meteorización/ desprendimiento de agregados.

### **Deterioro de la carpeta asfáltica (clima)**

- Agrietamiento en bloque.
- Grietas de reflexión de clima.

## **2.3. MARCO CONCEPTUAL.**

### **Falla Tipo Piel de cocodrilo**

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodamiento bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones

unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.

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

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante y reflectiva que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación puede ser originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sello asfáltico, bajo contenido de vacíos de aire en la mezcla. La exudación ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales, emerge y entonces se expande en la superficie del pavimento.

### **Falla Grietas de contracción (bloque)**

Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.30 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios. Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunos casos puede aparecer en áreas sin tránsito.

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

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues éstos últimos son causados por pavimentos inestables.

## **Falla Corrugaciones**

La corrugación (también llamada “sartenejas”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinado con una carpeta o una base inestable.

## **Falla Depresiones**

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma empozamientos. En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada.

## **Falla Grietas de borde**

Las grietas de borde son paralelas y generalmente están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m. del borde exterior del pavimento. Éste daño puede originarse por debilitamiento debido a condiciones climáticas de la base o de la subrasante en sectores próximos al borde del pavimento, por falta de soporte lateral o por terraplenes construidos con materiales expansivos. El deterioro de la falla de borde se acelera por el efecto de las cargas de tránsito. En algunos casos se puede llegar a producir pérdida del material por disgregación.

## **Tránsito (Tráfico).**

Los vehículos de todo tipo, con sus respectivas cargas, considerados aisladamente o en conjunto mientras utilizan cualquier vía.

### **Volumen de Tránsito.**

Número de vehículos que pasan por una sección dada de un canal o vía durante un período determinado.

### **Promedio Diario de Tránsito (PDT o TPDA).**

Volumen promedio de tránsito en veinticuatro (24) horas, obtenido al dividir el volumen total de un determinado período de tiempo, generalmente un (1) año, entre el número de días del mismo período.

### **Volumen de tránsito Actual.**

Es aquel que circularía por una vía si ésta fuera abierta al tránsito. En el caso de vías existentes, donde se cuenta con datos estadísticos, el tránsito actual se puede obtener proyectando para la fecha en consideración la tendencia de los registros históricos.

En el caso de vías que van a ser mejoradas, el tránsito actual estará compuesto por el existente antes de la mejora más el tránsito atraído de otras vías cercanas por las ventajas que ésta ofrece. En el caso de vías nuevas todo el tránsito será atraído.

### **Tasa de Crecimiento (TC).**

Es el incremento anual del volumen de tránsito en una vía, expresado en porcentaje. Se determina en base a los datos de las estaciones de conteo, extrapolando la tendencia de los datos estadísticos.

### **Proyección de Tránsito.**

El volumen de tránsito para un año cualquiera se determina empleando la siguiente ecuación:

$$PDT_n = PDT_o * (1+ TC)^n \quad \underline{(E-1)}$$

Donde:

$PDT_n$  = Volumen diario de vehículos para el año "n".

$PDT_o$  = Volumen diario de vehículos para el año inicial del período considerado.

TC = Tasa de Crecimiento para el período de años en análisis, expresada en forma decimal.

n = Número de años del período considerado.

### **Vehículos Livianos.**

Son todos los vehículos de dos ejes y cuatro ruedas, tales como: Automóviles, camionetas y camiones de dos ejes con ruedas traseras sencillas.

### **Vehículos Pesados.**

Son todos los autobuses y camiones, con no menos de seis ruedas y/o tres o mas ejes individuales (eje trasero con cuatro ruedas, en el caso de vehículos de dos ejes). Se clasifican de acuerdo a las diferentes categorías.

### **Período de Análisis.**

Se entiende como tal el número de años seleccionado para la comparación de las diversas alternativas de diseño; puede comprender varios períodos de diseño (diseño por etapas). Generalmente es de veinte (20) años para vías troncales y autopistas, aun cuando actualmente se está considerando un período de hasta treinta (30) años para autopistas urbanas.

### **Período de Diseño.**

Es el número de años para el cual se diseña específicamente el pavimento; generalmente varía entre los ocho (8) y veinte (20) años, dependiendo del tipo de vía. En casos excepcionales pudiera reducirse el periodo de diseño hasta un mínimo de cinco(5) años. Al final del Período de Diseño puede esperarse que el pavimento requiera una carpeta asfáltica de refuerzo para restaurar su capacidad de servicio.

## CAPITULO III

### PROPUESTA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE APLICACIÓN

##### 3.1.1. Generalidades

Conocedores del objetivo básico de los caminos de bajo volumen, como es de proporcionar accesibilidad a centros poblados 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-contruidos 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 de las metodologías 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.

### **3.1.2. Área de estudio**

El área de estudio seleccionada para la aplicación de diversos métodos de evaluación superficial pertenece a la carretera Vilque – Mañazo - Tiquillaca., que se encuentra ubicado en las provincias de Puno y San Román de la Región Puno, 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.

### **3.1.3. Descripción del Proyecto**

El proyecto del servicio de conservación del corredor vial Vilque – Mañazo - Tiquillaca a nivel de solución básica, forma parte del Programa Nacional de Vías, 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.

#### **3.1.4. Ubicación**

La carretera Vilque – Mañazo - Tiquillaca se encuentra ubicado en el departamento de Puno, entre las provincias de Puno y San Román, teniendo como coordenada geográfica de origen 70°21' Longitud Oeste y 15°02' Latitud y coordenada geográfica final 71°18' Longitud Oeste y 14°05' Latitud Sur. Entre las cadenas occidental y oriental de los andes del sur con una altitud de 3,900 hasta los 4000 msnm., al lado Nor - Oeste del Lago Titicaca y la vertiente del Pacífico, hacia el Oeste de América del Sur, en los Andes Meridionales del Perú

#### **3.1.5 Clima y Geografía**

##### **Clima**

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.

## **Geografía**

La geografía del lugar es accidentada; en este sector se encuentran terrazas que son empleadas para el cultivo. Existe también quebradas, todas las superficies de los cerros son pétreas, rocallosas, reseca y completamente desprovistas de condiciones naturales para la agricultura, por falta de agua en algunas zonas.

### **3.1.6. 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 tiempo como son: Estructura, tránsito, clima y deflexiones promedio.

La condición de homogeneidad se inicia considerando la similitud de la naturaleza física del territorio, las características de la carretera (tratamiento superficial bituminoso o sellos asfálticos) y la demanda de usuarios (clase de carretera).

### **3.1.7. Sección Representativa**

El tramo seleccionado para la evaluación superficial se encuentra ubicado entre la progresiva de inicio Km 09+000 y progresiva final Km 12+000, 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.

## 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

## 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 Figura III.1, se ilustra el tratamiento superficial con monocapa, que fue realizado con asfalto RC250 con un rendimiento de 0.31 Gln/m<sup>2</sup> y agregados de diámetro 3/8" con un rendimiento de 0.015 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

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).

Figura III 1.  
Tratamiento superficial con monocapa



Fuente: Elaboración propia

### **3.1.8. 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 aun 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.

## Hidrología y Drenaje

De acuerdo a la información analizada se observa que el régimen hidrológico de la zona de estudio corresponde a un clima lluvioso, con precipitación en todas las estaciones del año. Referente a las obras de drenaje del sector evaluado, existen alcantarillas que se encuentran en mal 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.

Figura III 2  
Socavación en cuneta sin revestir que reduce la sección de la vía



Fuente: Elaboración propia

## 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.

## 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.

### **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.

### **3.2. APLICACIÓN EN LA CARRETERA VILQUE MAÑAZO TIQUILLACA**

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 apartado, se realiza la aplicación de diversas metodologías de evaluación visual de la condición superficial del pavimento, indicados en el capítulo II, en el tramo elegido que comprende desde la progresiva Km 09+000 al Km 12+000, en la carretera de Vilque Mañazo Tiquillaca.

#### **3.2.1. 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.

### **3.2.1.1. 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 mecanísticos. 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.

### **3.2.1.2. 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.

### **3.2.1.3. 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.

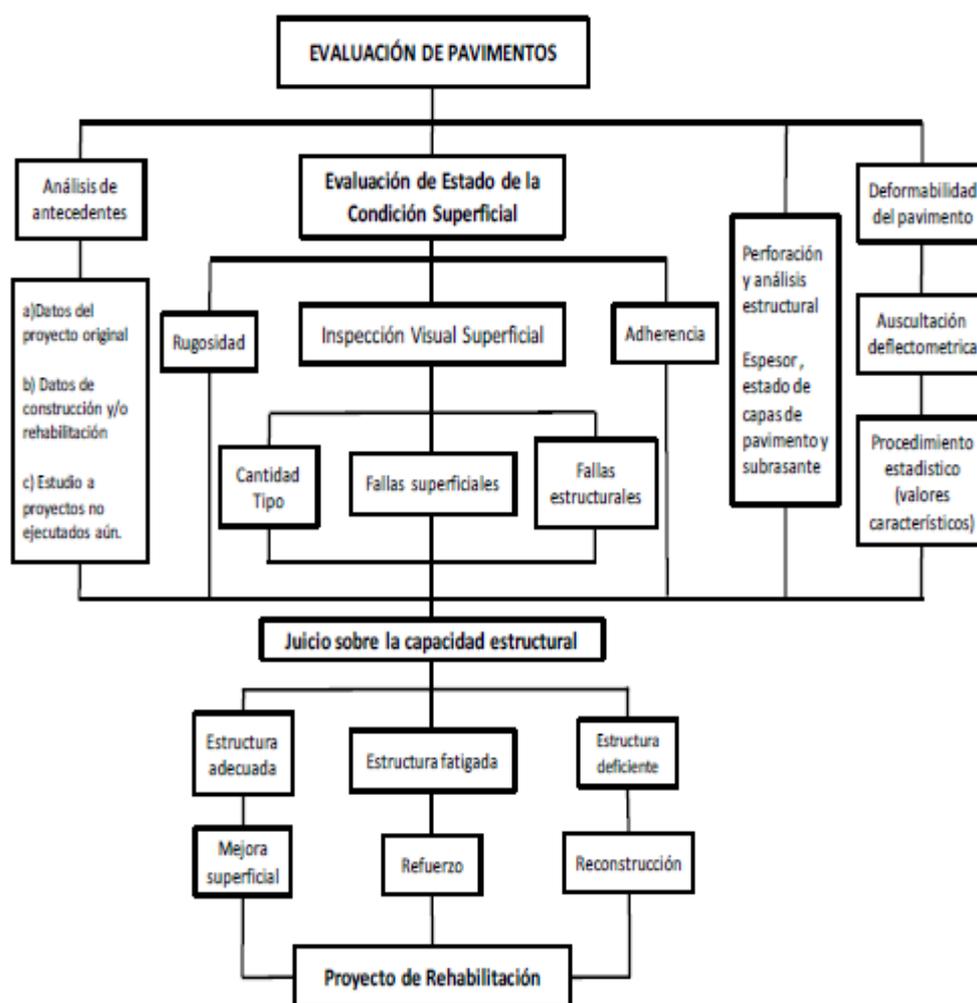
#### **3.2.1.4. Evaluación Funcional del Pavimento.**

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 Serviciability 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 III.3, 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 III 3.  
Diagrama de Evaluación de Pavimentos



Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2. 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.

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

En la tabla III.1, 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 III.1.  
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 III.2, 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 III.2.  
Rango de calificación del IRI en tramo seleccionado

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

Fuente: Elaboración propia

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 Solminihac, 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.

### **3.2.3. 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 término 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 término 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.<sup>1</sup>

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:

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

Dónde:

R= Rugosidad en IRI

PSI= Índice de Serviciabilidad Presente

Tabla III.3.  
Equivalencia entre Serviciabilidad y el IRI

<b>Serviciabilidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Rugosidad</b>
<b>p</b>		<b>IRI</b>
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)

En la tabla anterior 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 III.4  
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 III.4.

Con la relación de equivalencia indicada en la tabla III.5, se presenta un resumen de la equivalencia entre la serviciabilidad y el IRI.

Tabla III.5.  
Equivalencia entre la Serviciabilidad y el IRI (Km 09+000 al 11+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

### **3.2.4. 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 los capítulos anteriores 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:

#### **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 mas minuciosos. Generalmente esta tarea se realiza sobre un vehículo conduciendo a baja velocidad abarcando toda la longitud de la vía.

#### **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.

#### **3.2.4.1. 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.

#### **3.2.4.2. 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 III.6 se presentan una clasificación de los diferentes deterioros relevantes en los pavimentos básicos observados en la carretera en evaluación.

Tabla III.6.  
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

Fuente: Elaboración propia

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.

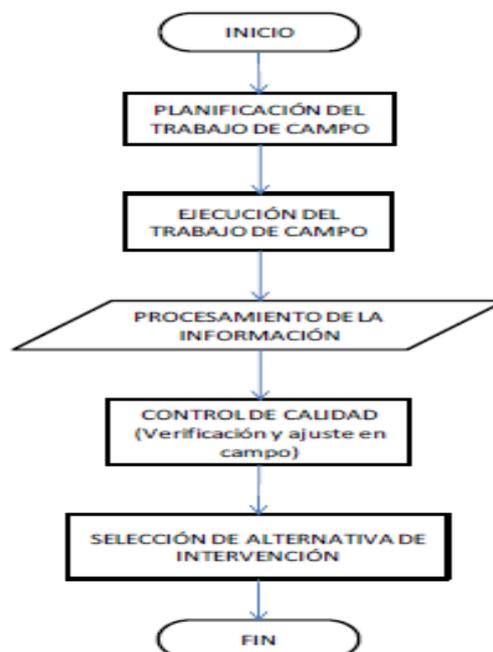
Las fallas o daños se identifican por la apariencia o aspecto del área deteriorada, buscando que el término usado genere una imagen fácilmente identificable.

### 3.2.5 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 III.4  
Diagrama de flujo del procedimiento de evaluación



Fuente: Elaboración propia

### 3.2.5.1. 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:

1. 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.
2. Proporciona la información cuantitativa requerida para la evaluación en gabinete de las cantidades, índices de deterioro, frecuencias, estado de la vía.
3. 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.

1.

Figura III.5  
Diagrama de flujo del procedimiento de evaluación



Fuente: Elaboración propia

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.  
2.
- 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.  
3.
- 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.

### **3.2.5.2. 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 III.6, 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 "Is" de una manera adecuada.

Figura III.6.  
Planilla de recolección de datos de campo

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	XXXX		2 22.5			3 27.5				2 8.61				
Ahuellamiento				1 5.28										
Pérdida de agregados	o o o o				1 15					1 15				
Pérdida de la película de ligante	PL													
Huecos	o													
Exudación	////													
Escalonamiento entre calzada y berma	└┘							1 8.425						
Erosión de las bermas	EB													
Desintegración de los bordes del pavimento	DB													
Fisura de borde														

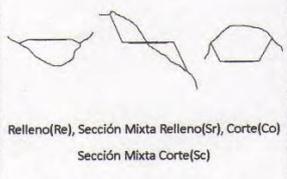
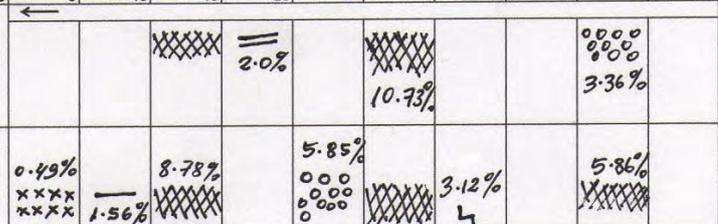
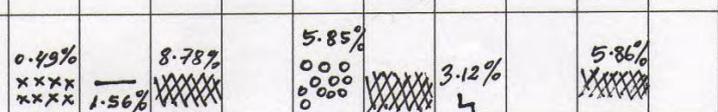
  

| SECCIÓN DE VÍA | Re/Sr-Co/Co | Sr |
|----------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                |             | Sr |

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

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

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO IV

### PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

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”

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 se realizara la comparación con el método VIZIR, PCI y el método ESBVT que identifica en forma global las patologías que evidencia el estado de la vía.

#### **4.1. 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 09+000 al Km 12+000, en la cual se consideró 60 tramos, cada uno de ellos de 50 m de longitud medidos en el eje de la carretera.

##### **4.1.1. Índice de Condición del Pavimento (PCI).**

En la tabla IV.1, IV.2 y figura IV.1 se presenta el índice de condición del pavimento y 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.

Tabla IV. 1  
Índice de Condición del Pavimento (Km 09+000 – 11+000)

Tramo	PROGRESIVAS		ANCHO DE VÍA(m)		PCI	
	inicio	fin	inicio	fin	PCI	Calificación
1	09+000	09+050	6.3	6.3	34.25	Malo
2	09+050	09+100	6.3	6.3	42.04	Regular
3	09+100	09+150	6.3	5.5	21.76	Muy Malo
4	09+150	09+200	5.5	5.5	22.56	Muy Malo
5	09+200	09+250	5.5	5.6	45.57	Regular
6	09+250	09+300	5.6	6.3	60.19	Bueno
7	09+300	09+350	6.3	5.6	45.73	Regular
8	09+350	09+400	5.6	5.5	35.09	Malo
9	09+400	09+450	5.5	5.15	25.29	Malo
10	09+450	09+500	5.15	5.1	19.2	Muy Malo
11	09+500	09+550	5.1	5.4	17.47	Muy Malo
12	09+550	09+600	5.4	4.45	24.02	Muy Malo
13	09+600	09+650	4.45	5.8	26.59	Malo
14	09+650	09+700	5.8	4.7	46.64	Regular
15	09+700	09+750	4.7	4.7	32.68	Malo
16	09+750	09+800	4.7	5.3	10.54	Muy Malo
17	09+800	09+850	5.3	5.2	17.21	Muy Malo
18	09+850	09+900	5.2	4.9	28.65	Malo
19	09+900	09+950	4.9	5	5.32	Fallado
20	09+950	10+000	5	5.1	9.05	Fallado
21	10+000	10+050	5.1	5.2	14.92	Muy Malo
22	10+050	10+100	5.2	4.8	27.84	Malo
23	10+100	10+150	4.8	5.3	24.5	Muy Malo
24	10+150	10+200	5.3	5.1	11.17	Muy Malo
25	10+200	10+250	5.1	6.2	37.02	Malo
26	10+250	10+300	6.2	5.1	11.63	Muy Malo
27	10+300	10+350	5.1	5.5	23.44	Muy Malo
28	10+350	10+400	5.5	4.2	5.77	Fallado
29	10+400	10+450	4.2	4.7	35.45	Malo
30	10+450	10+500	4.7	4.8	46.92	Regular
31	10+500	10+550	4.8	4.5	46.31	Regular
32	10+550	10+600	4.5	4.2	22.63	Muy Malo
33	10+600	10+650	4.2	4.3	58.73	Bueno
34	10+650	10+700	4.3	3.95	40.83	Regular
35	10+700	10+750	3.95	3.8	54.12	Regular
36	10+750	10+800	3.8	4	7.54	Fallado
37	10+800	10+850	4	3.9	42.51	Regular
38	10+850	10+900	3.9	5.5	29.42	Malo
39	10+900	10+950	5.5	4.7	60.45	Bueno
40	10+950	11+000	4.7	4.8	16.42	Muy Malo

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV.2  
Índice de Condición del Pavimento (Km 11+000 – 12+000)

Tramo	PROGRESIVAS		ANCHO DE VÍA(m)		PCI	
	inicio	fin	inicio	fin	PCI	Calificación
41	11+000	11+050	4.8	4.9	19.04	Muy Malo
42	11+050	11+100	4.9	5	59.18	Bueno
43	11+100	11+150	5	5.1	24.72	Muy Malo
44	11+150	11+200	5.1	5.1	32.36	Malo
45	11+200	11+250	5.1	4.7	8.49	Fallado
46	11+250	11+300	4.7	4.8	22.57	Muy Malo
47	11+300	11+350	4.8	4.6	37.33	Malo
48	11+350	11+400	4.6	5.1	44.3	Regular
49	11+400	11+450	5.1	4	14.98	Muy Malo
50	11+450	11+500	4	4.9	23.54	Muy Malo
51	11+500	11+550	4.9	4.2	31.22	Malo
52	11+550	11+600	4.2	4	19.1	Muy Malo
53	11+600	11+650	4	4.5	23.03	Muy Malo
54	11+650	11+700	4.5	4.8	5.94	Fallado
55	11+700	11+750	4.8	3.9	32.1	Malo
56	11+750	11+800	3.9	3.6	21.17	Muy Malo
57	11+800	11+850	3.6	3.3	64.02	Bueno
58	11+850	11+900	3.3	3.5	21.5	Muy Malo
59	11+900	11+950	3.5	4.5	18	Muy Malo
60	11+950	12+000	4.5	3.5	17.6	Muy Malo

Fuente: Elaboración propia

Figura IV.1  
Variación del método PCI



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2 Inspección Visual de Daños en Carreteras (VIZIR)

Tabla IV. 3  
Condición del Pavimento-VIZIR (Km 09+000 a 11+000)

Tramo	PROGRESIVAS		ANCHO DE VÍA(m)		VIZIR	
	inicio	fin	inicio	fin	Is	Calificación
1	09+000	09+050	6.3	6.3	4	Regular
2	09+050	09+100	6.3	6.3	3	Regular
3	09+100	09+150	6.3	5.5	2	Bueno
4	09+150	09+200	5.5	5.5	2	Bueno
5	09+200	09+250	5.5	5.6	3	Regular
6	09+250	09+300	5.6	6.3	3	Regular
7	09+300	09+350	6.3	5.6	1	Bueno
8	09+350	09+400	5.6	5.5	1	Bueno
9	09+400	09+450	5.5	5.15	4	Regular
10	09+450	09+500	5.15	5.1	4	Regular
11	09+500	09+550	5.1	5.4	4	Regular
12	09+550	09+600	5.4	4.45	2	Bueno
13	09+600	09+650	4.45	5.8	4	Regular
14	09+650	09+700	5.8	4.7	2	Bueno
15	09+700	09+750	4.7	4.7	3	Regular
16	09+750	09+800	4.7	5.3	3	Regular
17	09+800	09+850	5.3	5.2	4	Regular
18	09+850	09+900	5.2	4.9	3	Regular
19	09+900	09+950	4.9	5	4	Regular
20	09+950	10+000	5	5.1	3	Regular
21	10+000	10+050	5.1	5.2	3	Regular
22	10+050	10+100	5.2	4.8	3	Regular
23	10+100	10+150	4.8	5.3	3	Regular
24	10+150	10+200	5.3	5.1	3	Regular
25	10+200	10+250	5.1	6.2	3	Regular
26	10+250	10+300	6.2	5.1	3	Regular
27	10+300	10+350	5.1	5.5	3	Regular
28	10+350	10+400	5.5	4.2	4	Regular
29	10+400	10+450	4.2	4.7	3	Regular
30	10+450	10+500	4.7	4.8	3	Regular
31	10+500	10+550	4.8	4.5	2	Buena
32	10+550	10+600	4.5	4.2	3	Regular
33	10+600	10+650	4.2	4.3	3	Regular
34	10+650	10+700	4.3	3.95	3	Regular
35	10+700	10+750	3.95	3.8	4	Regular
36	10+750	10+800	3.8	4	4	Regular
37	10+800	10+850	4	3.9	3	Regular
38	10+850	10+900	3.9	5.5	3	Regular
39	10+900	10+950	5.5	4.7	3	Regular
40	10+950	11+000	4.7	4.8	3	Regular

Tabla IV.4  
Condición del Pavimento-VIZIR (Km 11+000 a 12+000)

Tramo	PROGRESIVAS		ANCHO DE VÍA(m)		VIZIR	
	inicio	fin	inicio	fin	Is	Calificación
41	11+000	11+050	4.8	4.9	3	Regular
42	11+050	11+100	4.9	5	3	Regular
43	11+100	11+150	5	5.1	3	Regular
44	11+150	11+200	5.1	5.1	2	Buena
45	11+200	11+250	5.1	4.7	3	Regular
46	11+250	11+300	4.7	4.8	3	Regular
47	11+300	11+350	4.8	4.6	3	Regular
48	11+350	11+400	4.6	5.1	3	Regular
49	11+400	11+450	5.1	4	5	Malo
50	11+450	11+500	4	4.9	3	Regular
51	11+500	11+550	4.9	4.2	3	Regular
52	11+550	11+600	4.2	4	3	Regular
53	11+600	11+650	4	4.5	3	Regular
54	11+650	11+700	4.5	4.8	5	Malo
55	11+700	11+750	4.8	3.9	3	Regular
56	11+750	11+800	3.9	3.6	4	Regular
57	11+800	11+850	3.6	3.3	3	Regular
58	11+850	11+900	3.3	3.5	3	Regular
59	11+900	11+950	3.5	4.5	2	Buena
60	11+950	12+000	4.5	3.5	4	Regular

Fuente: elaboración Propia

Figura IV.2  
Variación del índice de deterioro superficial VIZIR



Fuente: elaboración Propia

#### 4.1.3 Evaluación de la condición superficial método ESBVT

Tabla IV.5  
Calificación con método ESBVT (Km. 09+000 al 11+000)

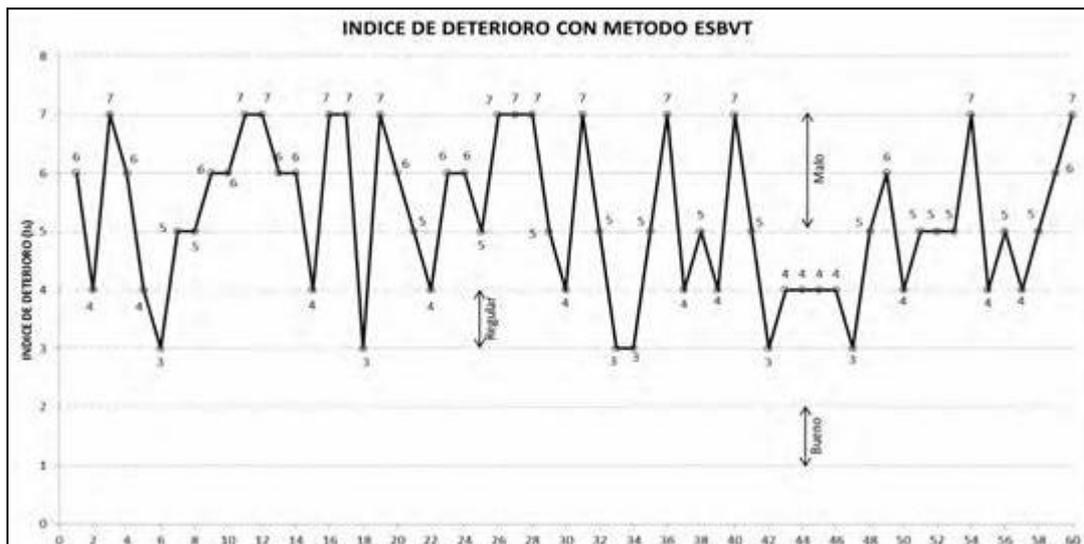
Tramo	PROGRESIVAS		ANCHO DE VÍA(m)		ESBVT	
	inicio	fin	inicio	fin	Is	Calificación
1	09+000	09+050	6.3	6.3	6	Malo
2	09+050	09+100	6.3	6.3	4	Regular
3	09+100	09+150	6.3	5.5	7	Malo
4	09+150	09+200	5.5	5.5	6	Malo
5	09+200	09+250	5.5	5.6	4	Regular
6	09+250	09+300	5.6	6.3	3	Regular
7	09+300	09+350	6.3	5.6	5	Malo
8	09+350	09+400	5.6	5.5	5	Malo
9	09+400	09+450	5.5	5.15	6	Malo
10	09+450	09+500	5.15	5.1	6	Malo
11	09+500	09+550	5.1	5.4	7	Malo
12	09+550	09+600	5.4	4.45	7	Malo
13	09+600	09+650	4.45	5.8	6	Malo
14	09+650	09+700	5.8	4.7	6	Malo
15	09+700	09+750	4.7	4.7	4	Regular
16	09+750	09+800	4.7	5.3	7	Malo
17	09+800	09+850	5.3	5.2	7	Malo
18	09+850	09+900	5.2	4.9	3	Regular
19	09+900	09+950	4.9	5	7	Malo
20	09+950	10+000	5	5.1	6	Malo
21	10+000	10+050	5.1	5.2	5	Malo
22	10+050	10+100	5.2	4.8	4	Regular
23	10+100	10+150	4.8	5.3	6	Malo
24	10+150	10+200	5.3	5.1	6	Malo
25	10+200	10+250	5.1	6.2	5	Malo
26	10+250	10+300	6.2	5.1	7	Malo
27	10+300	10+350	5.1	5.5	7	Malo
28	10+350	10+400	5.5	4.2	7	Malo
29	10+400	10+450	4.2	4.7	5	Malo
30	10+450	10+500	4.7	4.8	4	Regular
31	10+500	10+550	4.8	4.5	7	Malo
32	10+550	10+600	4.5	4.2	5	Malo
33	10+600	10+650	4.2	4.3	3	Regular
34	10+650	10+700	4.3	3.95	3	Regular
35	10+700	10+750	3.95	3.8	5	Malo
36	10+750	10+800	3.8	4	7	Malo
37	10+800	10+850	4	3.9	4	Regular
38	10+850	10+900	3.9	5.5	5	Malo
39	10+900	10+950	5.5	4.7	4	Regular
40	10+950	11+000	4.7	4.8	7	Malo

Tabla IV.6  
Calificación con método ESBVT (Km.11+000 al Km. 12+000)

Tramo	PROGRESIVAS		ANCHO DE VÍA(m)		ESBVT	
	inicio	fin	inicio	fin	Is	Calificación
41	11+000	11+050	4.8	4.9	5	Malo
42	11+050	11+100	4.9	5	3	Regular
43	11+100	11+150	5	5.1	4	Regular
44	11+150	11+200	5.1	5.1	4	Regular
45	11+200	11+250	5.1	4.7	4	Regular
46	11+250	11+300	4.7	4.8	4	Regular
47	11+300	11+350	4.8	4.6	3	Regular
48	11+350	11+400	4.6	5.1	5	Malo
49	11+400	11+450	5.1	4	6	Malo
50	11+450	11+500	4	4.9	4	Regular
51	11+500	11+550	4.9	4.2	5	Malo
52	11+550	11+600	4.2	4	5	Malo
53	11+600	11+650	4	4.5	5	Malo
54	11+650	11+700	4.5	4.8	7	Malo
55	11+700	11+750	4.8	3.9	4	Regular
56	11+750	11+800	3.9	3.6	5	Malo
57	11+800	11+850	3.6	3.3	4	Regular
58	11+850	11+900	3.3	3.5	5	Malo
59	11+900	11+950	3.5	4.5	6	Malo
60	11+950	12+000	4.5	3.5	7	Malo

Fuente: Elaboración propia

Figura IV.3  
Calificación con método ESBVT (Km.211+000 al Km. 212+000)



Fuente: Elaboración propia

## **4.2. 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).

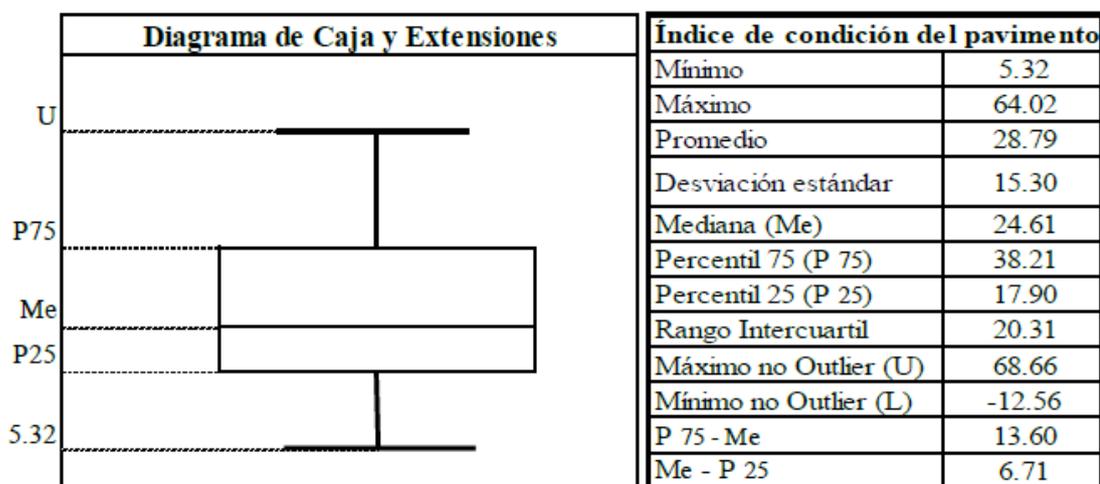
Diagrama de caja: La grafica para reflejar propiedades y describir la forma como se distribuyen los datos es la gráfica de caja (“box plots”) que se basa generalmente en la mediana (en algunos casos en la media), los cuartiles y valores extremos. La caja representa el rango intercuartil que encierra 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(P25) , Q2 (Me), Q3 (P75), y sobre la existencia de valores atípicos y la simetría de la distribución.

#### 4.2.1. Índice de Condición del Pavimento (PCI)

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

Figura IV.4  
Medidas de dispersión con método PCI



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. Condición del Pavimento (VIZIR)

Tabla IV.7.  
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

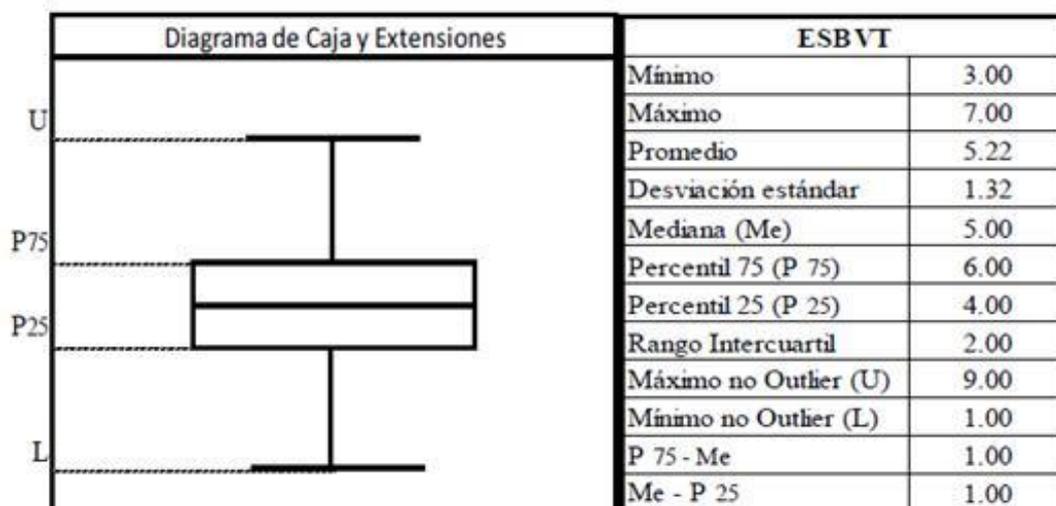
Fuente: Elaboración propia

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

#### 4.2.3. Condición del Pavimento (ESBVT)

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).

Figura IV.5  
Medidas de dispersión con método VIZIR



Fuente: Elaboración Propia

### 4.3. Confiabilidad de los resultados

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

Tabla IV.8  
Errores Sistemáticos

<b>PROBLEMA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>METODO PARA PREVENIR / RESOLVER</b>
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

Fuente: elaboración propia

### 4.4 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 α/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 09+000 al Km 12+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 09+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 IV.8 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 IV.9  
Tamaño y espaciamiento muestral en los tres métodos

n	Tramo I=5	PROGRESIVAS		VIZIR	ESBVT	PCI
		INICIO	FIN			
1	3	09+100	09+150	2	7	21.76
2	8	09+350	09+400	1	5	35.09
3	13	09+600	09+650	4	6	26.59
4	18	09+850	09+900	3	3	28.65
5	23	10+100	10+150	3	6	24.5
6	28	10+350	10+400	4	7	5.77
7	33	10+600	10+650	3	3	58.73
8	38	10+850	10+900	3	5	29.42
9	43	11+100	11+150	3	4	24.72
10	48	11+350	11+400	3	5	44.3
11	53	11+600	11+650	3	5	23.03
12	58	11+850	11+900	3	5	21.5

Fuente: Elaboración propia

En la tabla IV.9 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.

Tabla IV.10.  
Comparación de medidas de dispersión en tres métodos

<b>VIZIR CON N=60</b>		<b>VIZIR CON n=12</b>	
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

<b>ESBVT CON N=60</b>		<b>ESBVT CON n=12</b>	
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

<b>PCI CON N=60</b>		<b>PCI CON n=12</b>	
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

Fuente. Elaboración propia.

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.

#### **4.5. 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.

#### 4.6 Análisis de resultados obtenidos y propuesta de método de evaluación

En la tabla IV.10 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.

Tabla IV.11  
Comparación de evaluaciones de la condición superficial del pavimento

MÉTODO	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (valor y calificación)					
	09+000 09+500	09+500 10+000	10+000 10+500	10+500 11+000	11+000 11+500	11+500 12+000
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 Regul
ESBVT	5.2 Malo	6 Malo	5.6 Malo	5 Malo	4.2 Regular	5.3 Malo

Fuente: elaboración propia

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”.

#### **4.6.1. Comparación de métodos PCI, ESBVT y VIZIR**

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 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 IV.11, usada en diversos Manuales de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles.

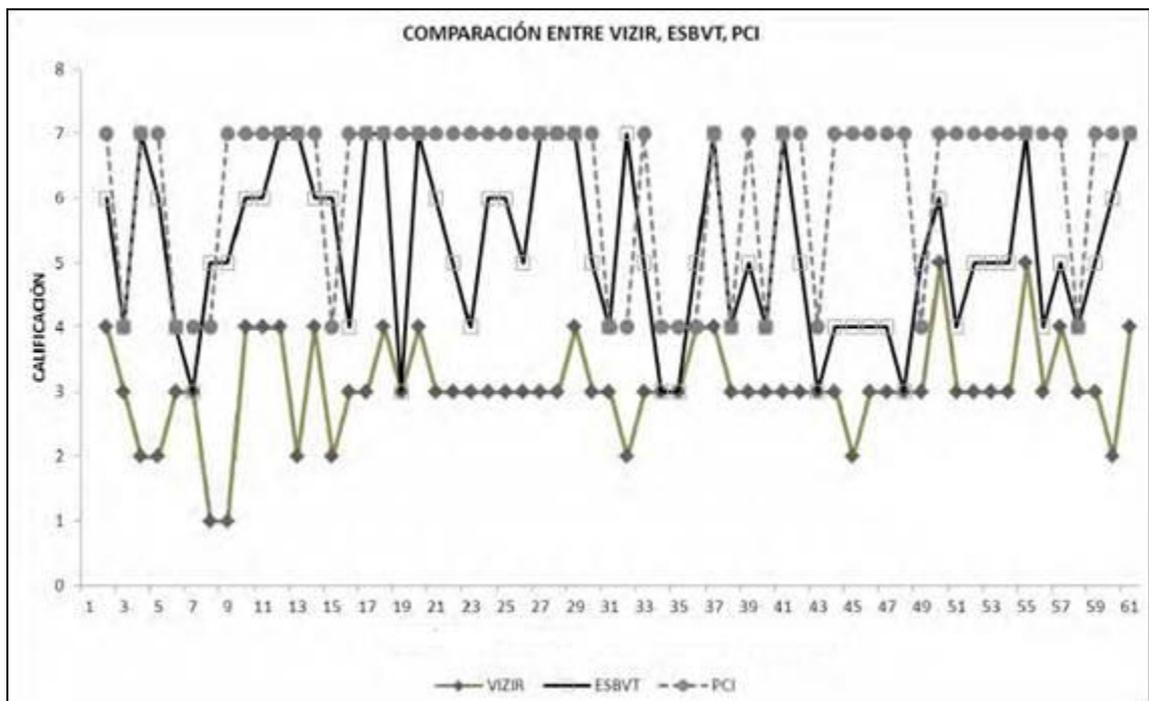
Con las calificaciones indicadas en la tabla IV.11 usando tres escalas de evaluación del PCI se puede realizar una mejor comparación grafica con el método VIZIR y ESBVT, debido a que estos métodos también tienen tres rangos de calificación.

Tabla IV.12  
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

Fuente: elaboración propia

Figura IV.6.  
Comparación de los métodos PCI, VIZIR y ESBVT



Fuente: Elaboración propia

La figura IV.6, 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 IV.12 y tabla IV.13 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 IV.13.  
Calificación con VIZIR, ESBVT y PCI (Km 09+000 al 11+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

Fuente: Elaboración propia

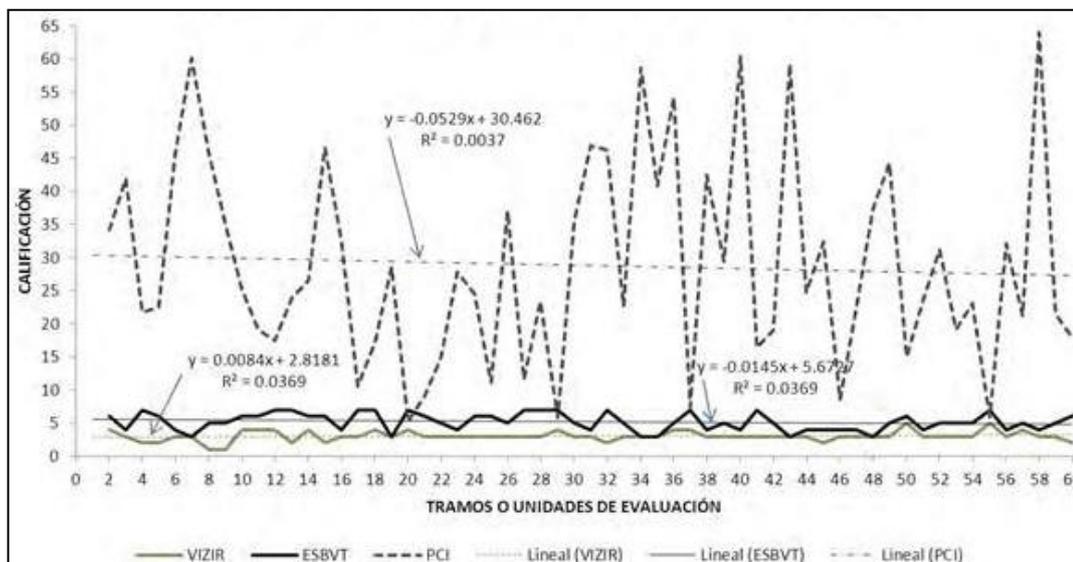
Tabla IV.14.  
Calificación con VIZIR, ESBVT y PCI (Km 11+000 al 12+000)

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

Fuente: Elaboración propia

En las tablas anteriores 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 IV.7.  
Comparación de modelos de regresión entre PCI, VIZIR y ESBVT



Fuente: Elaboración propia

La figura IV.7, 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 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.

#### **4.7. 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.

#### 4.7.1. Diferencias acumuladas con método VIZIR

Tabla IV.15  
Diferencias acumuladas con método VIZIR (Del Km 09+000 al 11+000)

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

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.16.  
Diferencias acumuladas con método VIZIR (Del Km 11+000 al 12+000)

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

Fuente: Elaboración propia

Figura IV.8.  
Sectorización de unidades homogéneas-VIZIR



Fuente: Elaboración propia

#### 4.7.2. Diferencias acumuladas con método ESBVT

Tabla IV.17.  
Diferencias acumuladas con ESBVT (Del Km 09+000 al 11+000)

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

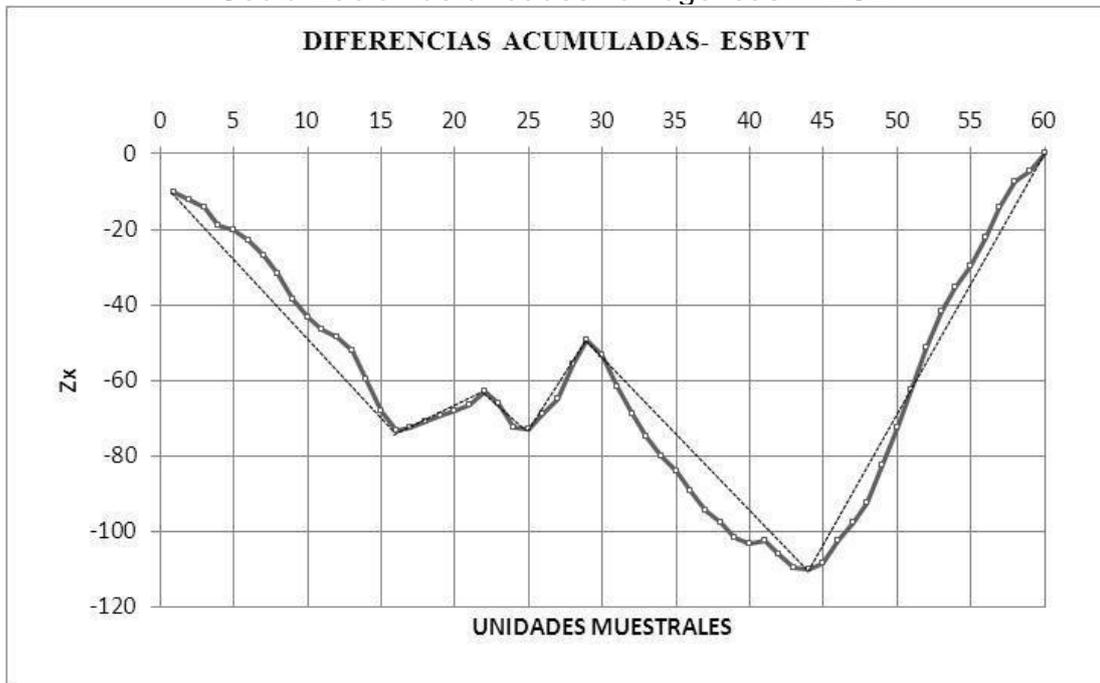
Fuente: Elaboración propia

Tabla IV.18.  
Diferencias acumuladas con ESBVT (Del Km 11+000 al 12+000)

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

Fuente: Elaboración propia

Figura IV.9  
Sectorización de unidades homogéneas - ESBVT



Fuente: Elaboración propia

#### 4.7.3. Diferencias acumuladas con método PCI

Tabla IV.19  
Diferencias acumuladas con PCI (Del Km 09+000 al 11+000)

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

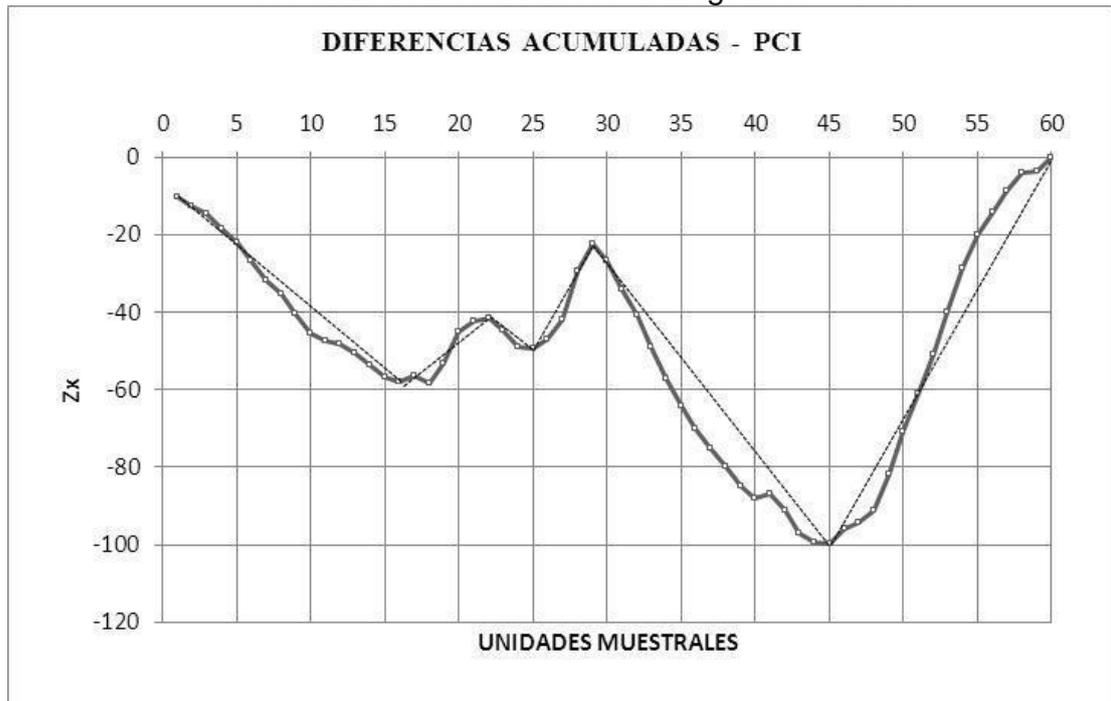
Fuente: Elaboración propia

Tabla IV.20  
Diferencias acumuladas con PCI (Del Km 211+000 al 212+000)

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

Fuente: Elaboración propia

Figura IV.10  
Sectorización de unidades homogéneas - PCI



Fuente: Elaboración propia

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 IV.20

Tabla IV.21.  
Tramos homogéneos (Del Km 19+000 al Km 12+000)

TRAMOS HOMOGÉNEOS	VIZIR		ESBVT		PCI	
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN
TRAMO 1	09+000	09+800	09+000	09+800	09+000	09+800
TRAMO 2	09+800	10+100	09+800	10+100	09+800	10+100
TRAMO 3	10+100	10+500	10+100	10+250	10+100	10+250
TRAMO 4	10+500	11+150	10+250	10+450	10+250	10+450
TRAMO 5	11+150	11+700	10+450	11+200	10+450	11+250
TRAMO 6	11+700	12+000	11+200	12+000	11+250	12+000

A partir de la información indicada en la tabla IV.20, 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 geo referenciada a un plano digital, facilitando la formulación de presupuesto para mantenimiento y rehabilitación con mayor precisión.

#### 4.7.4 Presentación de resultados

En el presente capítulo se presenta las tablas y gráficos estadísticos, referente a los diferentes métodos de evaluación superficial de pavimentos para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno - 2016, cuyo procesamiento de datos se ha hecho haciendo uso del paquete estadístico del SPSS y Microsoft Excel.

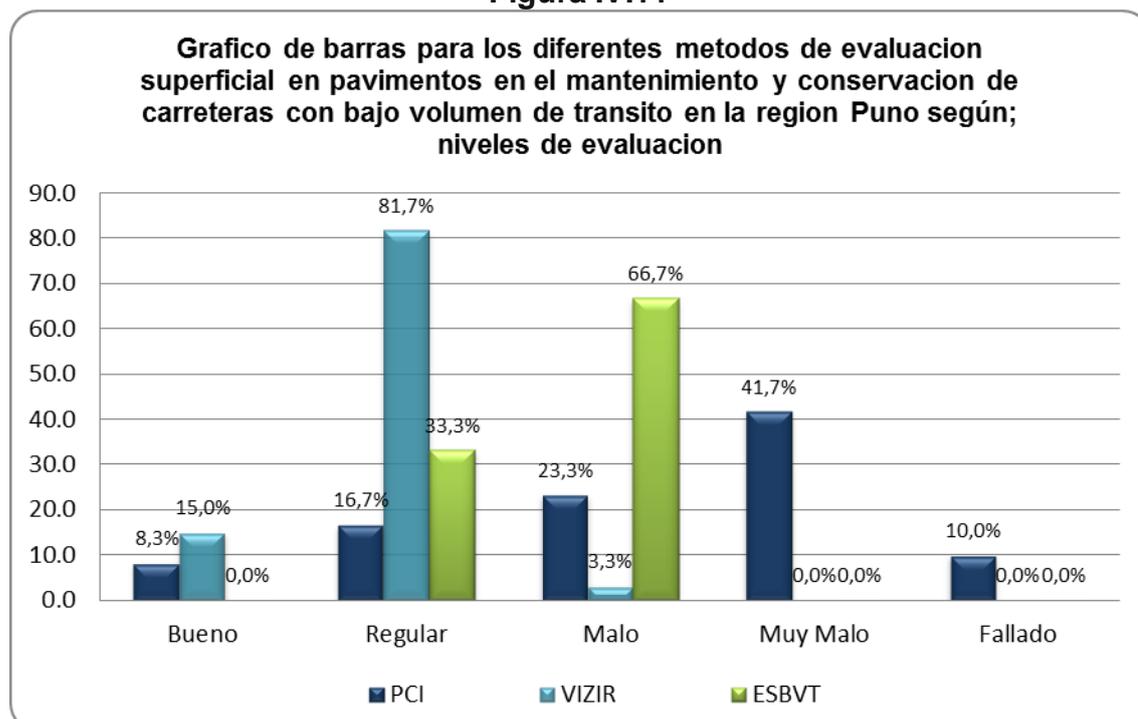
**Tabla IV.22.**

**Distribución de frecuencias para los diferentes métodos de evaluación superficial en pavimentos en el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno según; niveles de evaluación**

Escala de Calificación	PCI		VIZIR		ESBVT	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
Bueno	5	8,3	9	15,0	0	0,0
Regular	10	16,7	49	81,7	20	33,3
Malo	14	23,3	2	3,3	40	66,7
Muy Malo	25	41,7	0	0,0	0	0,0
Fallado	6	10,0	0	0,0	0	0,0
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100,0</b>	<b>60</b>	<b>100,0</b>	<b>60</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Ficha de observación

**Figura IV.11**



## Interpretación

En la tabla N° IV.22 y figura N° IV.11, nos representan la comparación de los diferentes métodos de evaluación superficial en pavimentos en el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno que presentan y detallan: las muestras que presentan la evaluación del tramo en estudio según el método de PCI indica de bueno 8.3%; mientras se muestran de regular un 16.7%; de malo se presentan en un 23.3%; también se observa de muy malo en un 41.7% y de fallado el 10%. Para el método VIZIR se observa en el nivel bueno del 15%; para la escala de regular en un 81.7% y de malo en un 3.3%: en el método de ESBVT se presentan en el nivel regular con un 33.3% y en el nivel de malo con un 66.7%. Podemos concluir el método que mejor realiza la evaluación superficial en pavimentos es el de PCI.

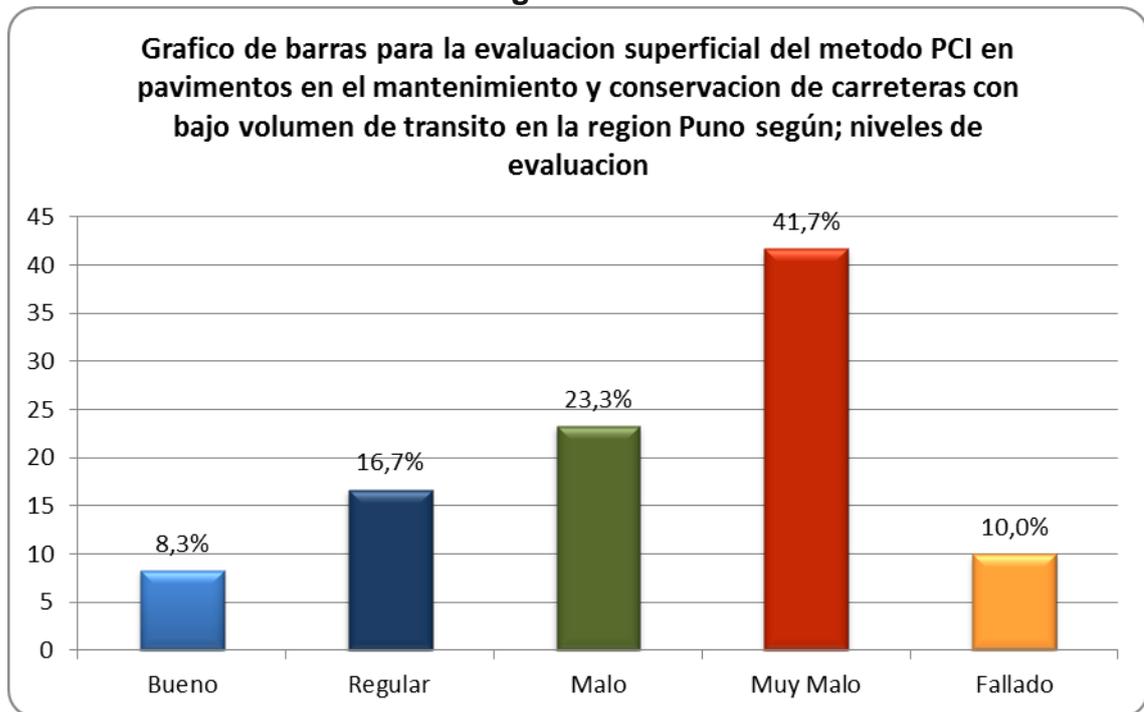
**Tabla IV.23.**

**Distribución de frecuencias para la evaluación superficial del método PCI en pavimentos en el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno según; niveles de evaluación**

<b>Niveles</b>	<b>Frec.</b>	<b>%</b>
Bueno	5	8,3
Regular	10	16,7
Malo	14	23,3
Muy Malo	25	41,7
Fallado	6	10,0
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100</b>

Fuente: Ficha de observación

**Figura IV.12.**



### Interpretación

En la tabla N° IV.23 y figura N° IV.12, nos representan la evaluación superficial en pavimentos en el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno, utilizando el método de PCI que presentan y detallan: las muestras que presentan la evaluación del tramo en estudio indica de bueno 8.3%; mientras se muestran del nivel regular un 16.7%; de malo se presentan en un 23.3%; también se observa de muy malo en un 41.7% y de fallado el 10%. Podemos concluir el método de evaluación del PCI presenta niveles de peritaje entre malo, muy malo y fallado.

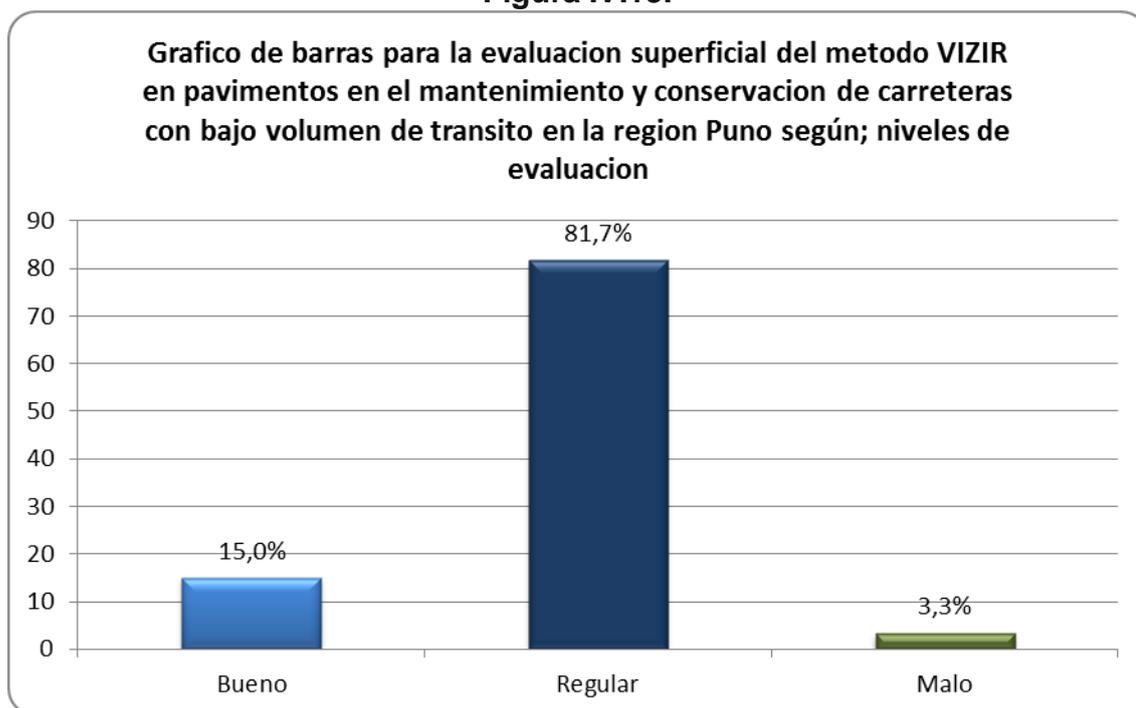
**Tabla IV.24.**

**Distribución de frecuencias para la evaluación superficial del método VIZIR en pavimentos en el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno según; niveles de evaluación**

Niveles	Frec.	%
Bueno	9	15
Regular	49	81,7
Malo	2	3,3
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100</b>

Fuente: Ficha de observación

**Figura IV.13.**



### **Interpretación**

En la tabla N° IV.24. y figura N° IV.13, nos representan la evaluación superficial en pavimentos en el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno, utilizando el método de VIZIR que presentan y detallan: las muestras que presentan la evaluación del tramo en estudio indica de bueno 15.0%; mientras se muestran del nivel regular un 81.7%; de malo se presentan en un 3.3%. Podemos concluir el método de evaluación del VIZIR, en la mayoría del tramo presenta niveles de apreciación de estudio de regular y malo.

entre regular y malo.

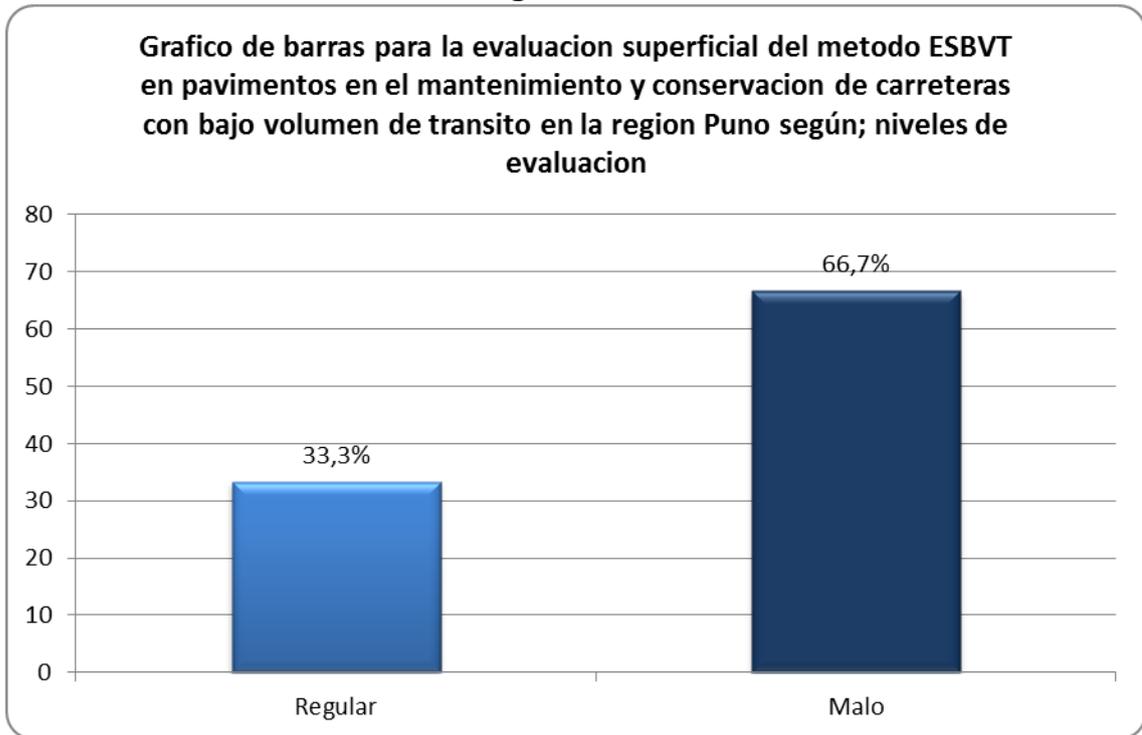
**Tabla IV.25.**

**Distribución de frecuencias para la evaluación superficial del método EXBVT en pavimentos en el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno según; niveles de evaluación**

Niveles	Frec.	%
Regular	20	33,3
Malo	40	66,7
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100</b>

Fuente: Ficha de observación

**Figura IV.14.**



### **Interpretación**

En la tabla N° IV.25 y figura N° IV.14, nos representan la evaluación superficial en pavimentos en el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno, utilizando el método de ESBVT que presentan y detallan: las muestras que presentan la evaluación del tramo en estudio indica de regular 33.3%; mientras se muestran del nivel malo un 66.7%. Podemos concluir el método de evaluación del ESBVT, en la mayoría del tramo presenta niveles de estimación de estudio de malo.

### **Prueba de Hipótesis General**

#### **1. Hipótesis**

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** La aplicación de los métodos de evaluación de pavimentos básicos no difieren significativamente y garantiza estrategias oportunas para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno.

**Hipótesis alterna (H<sub>1</sub>):** La aplicación de los métodos de evaluación de pavimentos básicos difieren significativamente y garantiza estrategias oportunas para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno.

## 2. Nivel de significación

$$\alpha = 0.05$$

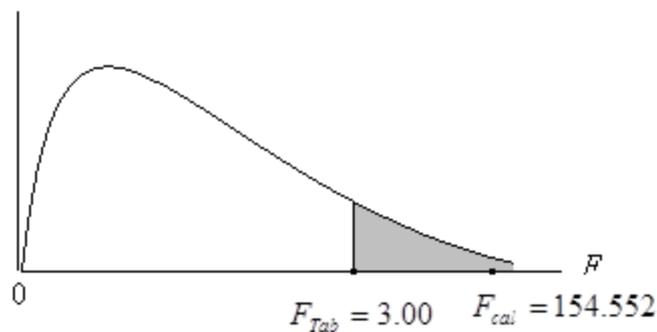
## 3. Estadístico de Prueba

$$F = \frac{CMT}{CME} \text{ Que se distribuye según } F(k-1, n-k)$$

## 4. Región Crítica

Para  $\alpha = 0.05$ , en la tabla F se encuentra el valor crítico de la prueba:

$$F_{0.95,2,176} = 3.00$$



## 5. Cálculos

**Tabla IV.26.**

**Análisis de Varianza para los métodos de evaluación de pavimentos básicos en el mantenimiento y conservación de carreteras en la región Puno**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Fc
Bloques (Tramo)	1	45,575	45,575	,577
Tratamientos (Métodos)	2	24430,260	12215,130	154,552
Error Experimental	176	13910,289	79,036	
Total	179	38386,124		

ns  
\*\*

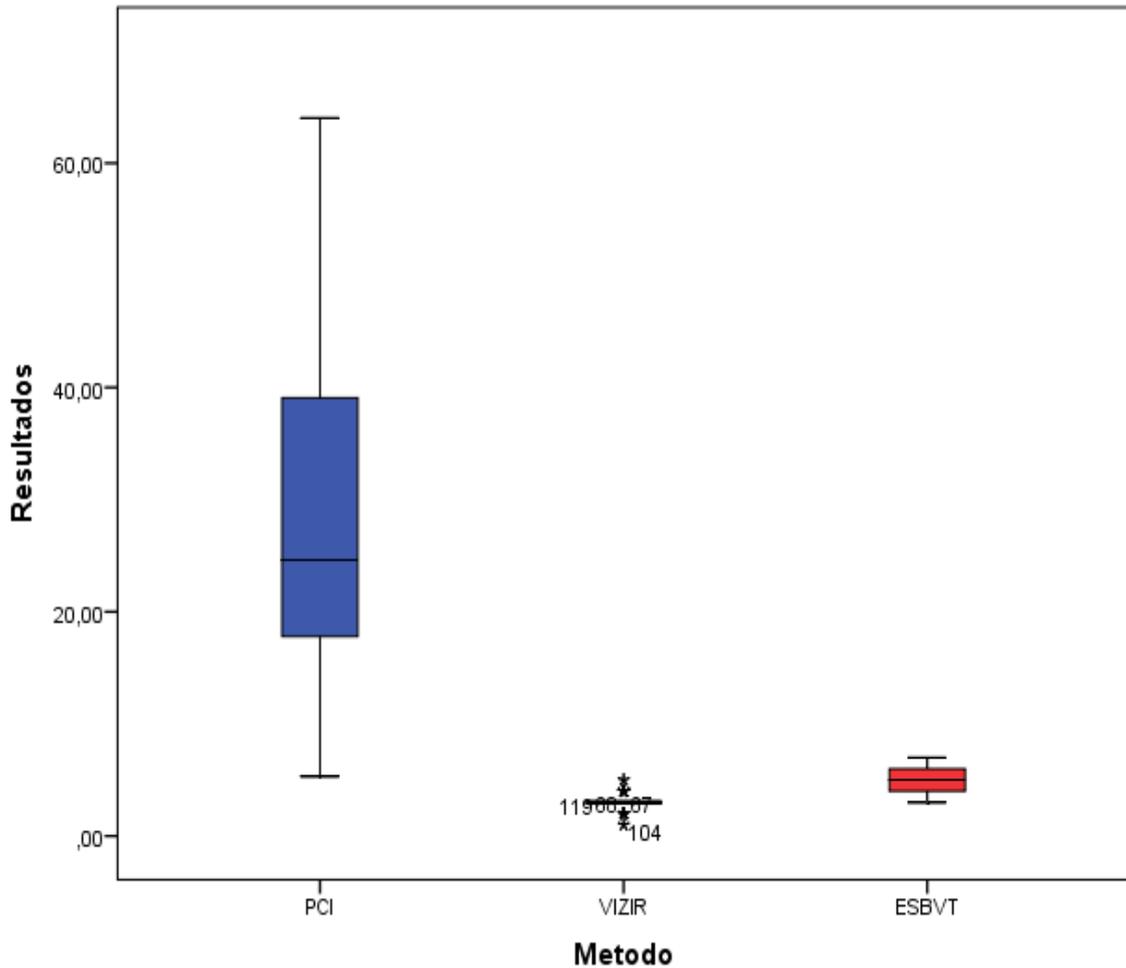
**INTERPRETACION.-** A un nivel de significación de 0.05 que las evidencias muestrales indican que al menos un puntaje promedio de los diferentes métodos de evaluación de pavimentos, durante el proceso de peritaje, difiere significativamente entre los demás tratamientos.

Sin embargo el análisis de varianza no permite determinar cuál de los tratamientos es el que difiere estadísticamente entre ellos; lo que implica que no muestra que método tiene el mayor puntaje promedio durante el proceso de evaluación. Para tal efecto se debe realizar una prueba de comparaciones múltiples de medias.

**Tabla IV.27.**  
**Diferencia de Medias para el**  
**Puntaje Promedio de los métodos de evaluación de pavimentos**  
**básicos en el mantenimiento y conservación de carreteras en la**  
**región Puno**

<b>Duncan</b>	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Método</b>
A	28,7943	60	PCI
B	5,2167	60	ESBVT
B	3,0833	60	VIZIR

Figura IV.15.



Por lo tanto se concluye que con un nivel de significancia de 0.05 podemos afirmar que el puntaje promedio de los diferentes métodos de evaluación los métodos de evaluación de pavimentos en el mantenimiento y conservación de carreteras tiene diferencias estadísticas y difieren significativamente entre los diferentes métodos de evaluación y por lo tanto el método que mas aporta al presente trabajo de investigación es: PCI (Índice de Condición del Pavimento) tal como se muestra en la tabla de diferencia de medias y el diagrama de cajas.

**6. Decisión.-** A un nivel de significación del 5%  $F_{cal} = 154.552$  cae en la región de rechazo, debemos rechazar la Hipótesis Nula y aceptamos la hipótesis alterna y concluimos que los puntajes promedio de la aplicación de los diferentes métodos de evaluación de pavimentos

básicos difiere significativamente y garantiza estrategias oportunas para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno.

### Prueba de hipótesis Específica uno

#### 1. Hipótesis

**Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):** El método de evaluación superficial de pavimentos PCI permite identificar significativamente los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.

**Hipótesis Alternativa (H<sub>1</sub>):** El método de evaluación superficial de pavimentos PCI permite identificar significativamente los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.

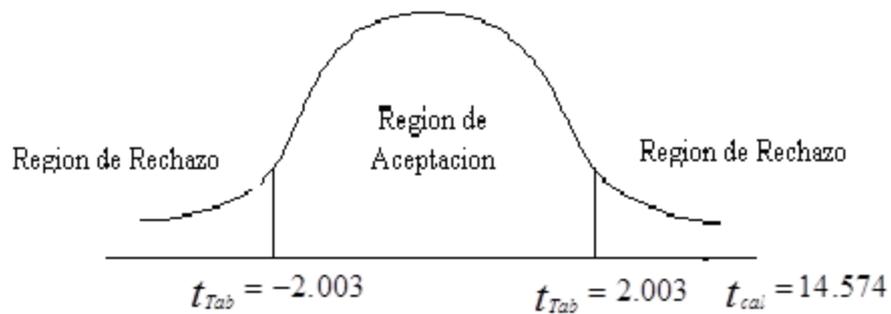
#### 2. Nivel de significancia

$\alpha=0.05$

#### 3. Estadístico de prueba

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

#### 4. Región crítica



#### 5. Cálculos

**Tabla IV.28.**  
Prueba de muestra única

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
PCI	14,574	59	,000	28,79433	24,8408	32,7479

#### 6. Conclusión

Como la  $t_{cal} = 14.574$  cae en la región de rechazo entonces se rechaza la  $H_0$ , se puede concluir que el método de evaluación superficial de pavimentos PCI identifica significativamente los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito. A nivel de significancia del 5%.

### Prueba de hipótesis Específica dos

#### 1. Hipótesis

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** El método de evaluación superficial de pavimentos VIZIR permite identificar significativamente los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.

**Hipótesis Alterna ( $H_1$ ):** El método de evaluación superficial de pavimentos VIZIR permite identificar significativamente los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.

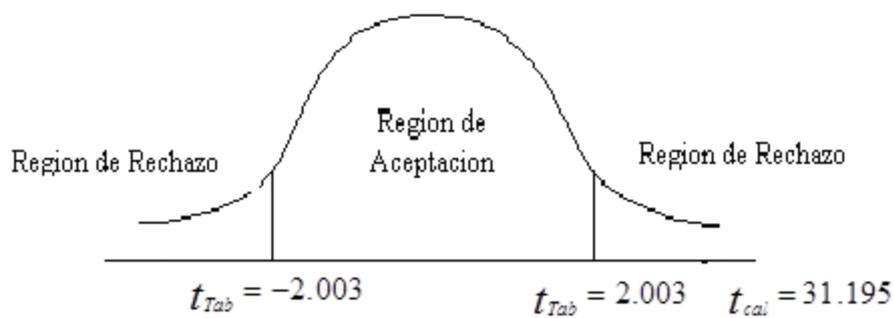
#### 2. Nivel de significancia

$\alpha = 0.05$

#### 3. Estadístico de prueba

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

#### 4. Región crítica



#### 5. Cálculos

**Tabla IV.29.**  
**Prueba de muestra única**

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
VIZIR	31,195	59	,000	3,08333	2,8856	3,2811

## 6. Conclusión

Como la  $t_{cal} = 31.195$  cae en la región de rechazo entonces se rechaza la  $H_0$ , se puede concluir que el método de evaluación superficial de pavimentos VIZIR identifica significativamente los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito. A nivel de significancia del 5%.

## Prueba de hipótesis Específica tres

### 1. Hipótesis

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** El método de evaluación superficial de pavimentos ESBVT permite identificar significativamente los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.

**Hipótesis Alterna ( $H_1$ ):** El método de evaluación superficial de pavimentos ESBVT permite identificar significativamente los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.

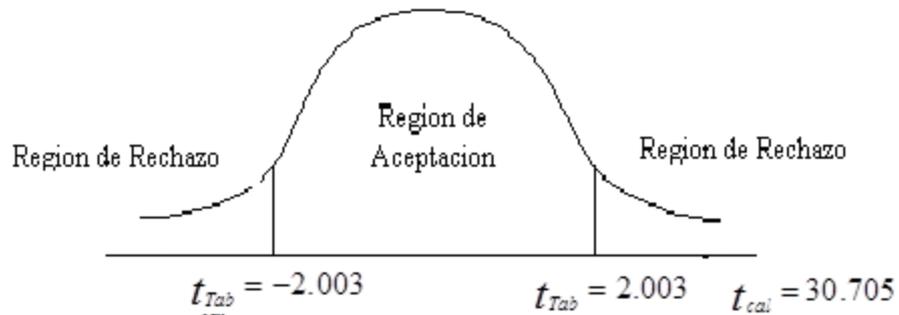
### 2. Nivel de significancia

$\alpha=0.05$

### 3. Estadístico de prueba

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

#### 4. Región crítica



#### 5. Cálculos

**Tabla IV.30.**  
Prueba de muestra única

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
ESBVT	30,705	59	,000	5,21667	4,8767	5,5566

#### 6. Conclusión

Como la  $t_{cal} = 30.705$  cae en la región de rechazo entonces se rechaza la  $H_0$ , se puede concluir que el método de evaluación superficial de pavimentos ESBVT identifica significativamente los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito. A nivel de significancia del 5%.

## CONCLUSIONES

Tras haber desarrollado la evaluación de la vía objeto de estudio podemos llegar a las siguientes conclusiones:

**Primero:** 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; razón por la cual es importante evaluar los pavimentos de bajo volumen de tránsito, los métodos de evaluación aplicados son eficaces para la toma de decisiones sobre el mantenimiento, sin embargo se debe precisar que el método PCI es el que mejor precisión tiene sobre la situación del pavimento, el método ESBVT en segundo orden y el método VIZIR en tercer orden..

**Segundo:** 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), lo que permitió identificar en la calificación final del tramo evaluado. 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.

**Tercero:** 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.

**Cuarto:** El método de evaluación de la condición superficial de pavimentos más difundido en el medio es el PCI, 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.

## RECOMENDACIONES

A continuación se proporcionan algunas recomendaciones que podrían ser tomadas en cuenta:

**Primero:** 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.

**Segundo:** 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.

**Tercero:** 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.

**Cuarto:** 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**

- AASHTO, (1992), Guía para “Diseño de Estructuras de Pavimentos”, Comité Ejecutivo.
- ASTM D6433- American Society for Testing and Materials, (2003), “Procedimiento Estándar para la inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos”
- Chang Albitres C., Bustos M.,(2007), curso internacional “Evaluación económica de Proyectos Viales”, Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima
- Chang Albitres C., Bustos M.,(2007), Evaluación, Diseño, Construcción, Gestión “Pavimentos un enfoque al futuro”, Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima
- Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, (2002), Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, volumen N°11, México
- 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.
- DNIT, (2003), Departamento Nacional de Infraestructura de Transporte. Evaluación objetiva de Superficies de Pavimentos Flexibles y Semirigidos–PRO 006, Rio de Janeiro
- DNIT, (2003), Departamento Nacional de Infraestructura de Transporte. Términos de defectos en Pavimentos Flexibles y Semirigidos–PRO 005, Rio de Janeiro

- 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
- INVIAS, Instituto Nacional de Vías, (2002), "Guía Metodológica Para El Diseño De Obras De Rehabilitación De Pavimentos Asfálticos De Carreteras". Colombia.
- Kraemer C., Pardillo J.M., Rocci S., Romana M., Sánchez V.(2004), Ingeniería de Carreteras Vol. II. Mc. Graw Hill. España.
- Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, (2010), Secretaria de Integración Económica Centroamericana SIECA.
- Menéndez Acurio J.R.,(2009), "Ingeniería de Pavimentos", materiales, Diseño y Conservación, Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima.
- 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.
- 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.
- MTC.,(2006), Manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial departamental no pavimentada. Lima.
- MTC.,(2008), Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima.
- MTC, Glosario de Términos de uso frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial, aprobado con R.M.N°660-2008-MTC/02.Lima.

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.

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.

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.

Solminihaq Tampier, Hernán. (2001), "Gestión de infraestructura vial", Edición N°2. Universidad Católica de Chile. Santiago.

Tenorio Mananay Armando, (2005) "Modelos de Predicción de Deterioro de Pavimentos", Tesis UNI-FIC. Lima.

Visconti, Tobias, (2000), "O Sistema Gerencial de Pavimentos", Departamento Nacional de Estradas de Rodagem Instituto de Pesquisas Rodoviaras Divisao de Apoio Tecnológico- DNER. Brasil

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.

Wisconsin Transportation Information Center, 2002, "Manual PASER, Sealcoat". Edit. WisDOT. Wisconsin

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. New York.

## **ANEXOS**

### **Anexo 1**

#### **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>Problema General</b> ¿Cuál es la eficacia de los métodos de evaluación superficial de pavimentos para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno?</p> <p><b>Problemas Específicos</b> ¿Cuál es la eficacia del método Evaluación superficial de pavimentos ESBVT para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito?</p> <p>¿Cuál es la eficacia del método Evaluación superficial de pavimentos VIZIR para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito?</p> <p>¿Cuál es la eficacia del método Evaluación superficial de pavimentos VIZIR para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Determinar la eficacia de los métodos de evaluación superficial de pavimentos para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> Analizar los métodos de evaluación superficial de pavimentos ESBVT para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.</p> <p>Analizar la eficacia del método Evaluación superficial de pavimentos VIZIR para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.</p> <p>Analizar la eficacia del método Evaluación superficial de pavimentos VIZIR para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> La aplicación de los métodos de evaluación de pavimentos básicos difieren significativamente y garantiza estrategias oportunas para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito en la región Puno.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b> El método Evaluación superficial de pavimentos ESBVT permite identificar los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.</p> <p>El método Evaluación superficial de pavimentos VIZIR permite identificar los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.</p> <p>EL método Evaluación superficial de pavimentos PCI permite identificar los deterioros para el mantenimiento y conservación de carreteras con bajo volumen de tránsito.</p>	<p>Variable independiente (X) Método Evaluación de deterioro de pavimentos</p> <p>Variable dependiente (Y) Mantenimiento o conservación</p>	<p>VIZIR</p> <p>ESBVT</p> <p>PCI</p> <p>Agrietamientos</p> <p>Deformaciones</p> <p>Desprendimientos</p> <p>Afloramiento</p> <p>Otros deterioros</p>	<p>Bueno Regular Malo</p> <p>Bueno Regular Malo</p> <p>Excelente Muy Bueno Bueno Regular Malo Muy Malo Fallado</p> <p>Fisura longitudinal por fatiga Fisura de piel de cocodrilo</p> <p>Depresiones o hundimientos (longitudinal y Trasversal) Bacheo y zanjas reparadas ahuellamiento</p> <p>Perdida de agregados Perdida de película ligante Huecos</p> <p>Exudación Escalonamiento entre calzadas y berma Erosión de las bermas Desintegración de los bordes Fisura de bordes</p>	<p><b>TIPO:</b> Cuantitativa, aplicado, causal</p> <p><b>NIVEL:</b> Explicativo, analítico</p> <p><b>DISEÑO:</b> No Experimental</p> <p><b>MÉTODO:</b> Deductivo-inductivo</p> <p><b>POBLACIÓN:</b> La población está constituido por vías de la región Puno</p> <p><b>MUESTRA:</b> La muestra está constituida por la vía Vlique Tiquillaca mañazo</p> <p><b>TÉCNICAS:</b> Observación</p> <p><b>INSTRUMENTOS:</b> Fichas De Observación estructurada</p> <p><b>PROCEDIMIENTOS:</b> Varianza, Anova</p>

**Anexo 2**

**FICHAS DE OBSERVACIÓN**

## FICHA DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTO SUPERFICIAL

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	XXXX XXXX	1 1.26												
Depresiones o hundimientos longitudinales	>>>													
Depresiones o hundimientos transversales	(((													
Bacheos y zanjas reparadas	XXXXXX		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-Co	Sr									

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

LEYENDA	REPRESENTACIÓN PLANIMETRICA														
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50				
<p><b>SECCIÓN DE VÍA :</b></p> <p>Relleno(Re), Sección Mixta Relleno(Sr), Corte(Co) Sección Mixta Corte(Sc)</p> <p><b>REGISTRO DE DETERIOROS</b></p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr><td>SEVERIDAD (1, 2, 3)</td></tr> <tr><td>AREA (M2)</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr><td>SEVERIDAD (1, 2, 3)</td></tr> <tr><td>AREA (M2)</td></tr> <tr><td>PROF. (MM.)</td></tr> </table>	SEVERIDAD (1, 2, 3)	AREA (M2)	SEVERIDAD (1, 2, 3)	AREA (M2)	PROF. (MM.)	←			XXXXXX 2.0%			XXXXXX 10.73%			○○○○ 3.36%
	SEVERIDAD (1, 2, 3)														
AREA (M2)															
SEVERIDAD (1, 2, 3)															
AREA (M2)															
PROF. (MM.)															
→	0.49% XXXXX XXXXX	1.56%	8.78% XXXXXX		5.85% ○○○○		3.12% L XXXXXX			5.86% XXXXXX					
<b>OBSERVACIONES :</b>															

**Anexo 3**

**REGISTRO FOTOGRÁFICO**

	
<p>Fallas piel de cocodrilo</p>	<p>Derrumbes</p>
	
<p>huecos</p>	<p>Derrumbes</p>
	
<p>Estado de la cuneta de tierra</p>	<p>Sección de la vía</p>

	
Medición sección de la vía	Medición de los huecos
	
Medición de las fallas	Medición de las fallas
	
Registro de datos	Registro de cunetas