

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



### **UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

#### **PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

#### **MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

#### **TESIS:**

#### **EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CIUDAD DE DIUOS – CAJAMARCA EN ZONA ALTO ANDINA CON APLICACIÓN DEL MÉTODO ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL AÑO 2017**

Para optar el Grado Académico de

#### **MAESTRO EN CIENCIAS**

Presentada por:

Bachiller: **MARCO AURELIO CHUQUILÍN VIGO**

Asesor:

M.Cs.Ing. **SERGIO HUAMÁN SANGAY**

**CAJAMARCA, PERÚ**

**2019**

COPYRIGHT © 2019 by  
**MARCO AURELIO CHUQUILÍN VIGO**  
Todos los derechos reservados

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



### **UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

#### **PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

#### **MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

#### **TESIS APROBADA:**

#### **EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CIUDAD DE DIUOS – CAJAMARCA EN ZONA ALTO ANDINA CON APLICACIÓN DEL MÉTODO ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL AÑO 2017**

Para optar el Grado Académico de  
**MAESTRO EN CIENCIAS**

Presentada por:

Bachiller: **MARCO AURELIO CHUQUILÍN VIGO**

#### **JURADO EVALUADOR**

M.Cs. Sergio Manuel Huamán Sangay  
Asesor

Dr. José Francisco Huamán Vidaurre  
Jurado Evaluador

Dr. Gaspar Virilo Méndez Cruz  
Jurado Evaluador

M. Cs. José Luis Marchena Araujo  
Jurado Evaluador

**CAJAMARCA, PERÚ**

**2019**



**Escuela de Posgrado**  
CAJAMARCA - PERU

**PROGRAMA DE MESTRÍA EN CIENCIAS**  
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las *0.3 PM* horas del día miércoles 22 de mayo de dos mil diecinueve, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. JOSÉ FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE** y, **Dr. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ, M.Cs. JOSÉ LUIS MARCHENA ARAUJO**, y en calidad de Asesor el **M.Cs. SERGIO MANUEL HUAMÁN SANGAY**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada: **EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CIUDAD DE DIOS – CAJAMARCA EN ZONA ALTO ANDINA CON APLICACIÓN DEL MÉTODO ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EN EL AÑO 2017.**

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó *APROBAR* con la calificación de *DIECI OCHO* la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bach. en Ingeniería Civil MARCO AURELIO CHUQUILÍN VIGO**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN.**

Siendo las *0.5 PM* horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....  
**M.Cs. Sergio Manuel Huamán Sangay**  
Asesor

.....  
**Dr. José Francisco Huamán Vidaurre**  
Jurado Evaluador

.....  
**Dr. Gaspar Virilo Méndez Cruz**  
Jurado Evaluador

.....  
**M.Cs. José Luis Marchena Araujo**  
Jurado Evaluador

A: Dios, mis padres, hermanos, esposa y mis amadas hijas Andrea y Magnolia

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, y a cada uno de sus docentes que en el período de formación de la maestría impartieron sus mejores y más amplios conocimientos que han permitido el desarrollo del tema de investigación, de igual manera un agradecimiento sincero a la Concesionaria Vial Sierra Norte por permitir el desarrollo del proyecto en un tramo de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca y para finalizar un agradecimiento especial a los colegas y amigos que con su apoyo desinteresado permitieron de alguna forma la culminación de este proyecto.

Para comprender la seguridad no hay que enfrentarse a ella, sino incorporarla a uno  
mismo

Allan Watts

## ÍNDICE GENERAL

. CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.1.1. Contextualización. ....	1
1.1.2. Descripción del problema .....	3
1.1.3. Formulación del problema .....	6
1.1.3.1. Pregunta general .....	6
1.1.3.2. Preguntas auxiliares .....	6
1.2. Justificación e importancia.....	7
1.2.1. Justificación técnica-práctica .....	7
1.2.2. Justificación institucional y personal .....	7
1.3. Delimitación de la investigación.....	7
1.4. Objetivos .....	8
1.4.1. Objetivo general .....	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO .....	9
2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial .....	9
2.2. Marco doctrinal de las teorías particulares.....	12
2.2.1. Definición de pavimento. ....	12
2.2.2. Pavimento flexible.....	13
2.2.3. Tipos de Daños en pavimentos.....	13
2.2.4. Tipos de Intervención en Pavimentos Asfálticos.....	15
2.2.4.1. Tratamientos Previos.....	15
2.2.4.2. Restauración. ....	16
2.2.4.3. Refuerzo.....	17
2.2.4.4. Reciclado.....	17
2.2.4.5. Reconstrucción.....	18
2.3. Marco conceptual .....	18
2.4. Definición de términos básicos .....	21
CAPÍTULO III.....	33
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	33
3.1. Hipótesis.....	33
3.1.1. Hipótesis general.....	33



3.1.2.	Hipótesis específica.....	33
3.2.	Variables/categorías .....	33
3.2.1.	Variable única.....	33
3.3.	Operacionalización / categorización de los componentes de la hipótesis. ....	34
CAPÍTULO IV .....		35
MARCO METODOLÓGICO .....		35
4.1.	Ubicación geográfica .....	35
4.2.	Diseño de la Investigación .....	38
4.3.	Método de investigación .....	38
4.4.	Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación.....	39
4.4.1.	Población.....	39
4.4.2.	Muestra. ....	39
4.4.3.	Unidad de análisis. ....	41
4.4.4.	Unidad de observación. ....	41
4.5.	Técnicas e instrumentos de recopilación de información .....	42
4.5.1.	Técnicas. ....	42
4.5.2.	Instrumentos.....	43
4.5.3.	Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	43
4.5.3.1.	Procesamiento de datos. ....	43
4.5.3.2.	Análisis de Datos.....	44
4.5.3.3.	Etapa 1: Cálculo de los valores deducidos. ....	48
4.5.3.4.	Etapa 2: Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos.....	48
4.5.3.5.	Etapa 3: Cálculo del máximo Valor Deducido Corregido (CDV).....	49
4.5.3.6.	Etapa 4: Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI). ....	50
4.5.4.	Equipos, materiales, insumos, etc. ....	50
4.5.5.	Matriz de consistencia metodológica. ....	50
CAPÍTULO V .....		52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		52
5.1.	Presentación de resultados .....	52
5.1.1.	Unidad de muestreo. ....	52
5.1.2.	Población.....	53
5.1.3.	Tamaño de muestra.....	53
5.1.4.	Intervalo de muestreo.....	54
5.2.	Análisis, interpretación y discusión de resultados .....	68
5.3.	Contrastación de hipótesis.....	72

5.3.1.	Contrastación de hipótesis general.....	72
5.3.2.	Contrastación de hipótesis específica.....	76
CAPÍTULO VI.....		88
PROPUESTA.....		88
6.1.	Formulación de la propuesta para la solución del problema .....	88
6.1.1.	Tipos de Intervención propuesta.....	88
6.1.1.1.	Tratamientos Previos.....	91
6.1.1.2.	Restauración. ....	92
6.1.1.3.	Refuerzo.....	92
6.1.1.4.	Reciclado.....	92
6.1.1.5.	Reconstrucción.....	92
CONCLUSIONES .....		95
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS .....		98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		99
APENDICES.....		103
Apéndice 1.....		103
Cálculo manual del índice de condición del pavimento usando hojas Excel.....		103
Apéndice 2.....		111
Resultados de cálculo del índice de condición del pavimento usando programa UnalPCIA.....		111
Apéndice 3.....		112
Registro de daños existentes y PCI calculado para unidades de muestreo inventariadas en sector 1: progresiva 133+653 al 155+000 .....		112
Apéndice 4.....		117
Registro de daños existentes y PCI calculado para unidades de muestreo inventariadas en sector 2: progresiva 155+000 al 171+533 .....		117
Apéndice 5.....		121
Frecuencia de valores obtenidos del PCI en sector 1 .....		121
Apéndice 6.....		123
Frecuencia de valores obtenidos del PCI en sector 2 .....		123
Apéndice 7.....		125
Cuadro de cálculo de diferencias acumulativas aplicado a los valores del PCI obtenidos en el tramo en estudio .....		125
Apéndice 8.....		134
Matriz de mantenimiento y rehabilitación según metodología PCI aplicado a los daños más frecuentes del tramo en estudio .....		134
Apéndice 9.....		136

Costos unitarios de las partidas de reparación.....	136
Apéndice 10.....	140
Costos de alternativa de reparación para cada tipo de daño existente según metodología PCI en sector 1.....	140
Apéndice 11.....	142
Costos de alternativa de reparación para cada tipo de daño existente según metodología PCI en sector 2.....	142
ANEXOS.....	144
Anexo 1 .....	145
Plano del tramo en estudio .....	145
Anexo 2 .....	146
Curvas para obtener el valor deducido de los daños existentes según la metodología del PCI.....	146
Anexo 3 .....	155
Gráfica para determinar número máximo admisible de valores deducidos.....	155
Anexo4 .....	156
Gráfica para el cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV).....	156
Anexo5 .....	157
Indicadores anuales: Carretera longitudinal de la sierra – tramo 2.....	157
Anexo6 .....	158
Categorización del PCI vs. Tipo de mantenimiento .....	158
Anexo7 .....	159
Solución tabulada de la aproximación sucesiva de las diferencias acumuladas.....	159
Anexo 8 .....	160
Causa principal de los daños en la determinación del PCI.....	160
Anexo 9 .....	161
Evidencia de inexistencia de subdrenes y la necesidad de los mismos para su futura implementación sector 136+953 a 162+830 .....	161

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rango o intervalos de clasificación del PCI.....	19
Tabla 2: Operacionalización de variables.....	34
Tabla 3: Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.....	42
Tabla 4: Hoja de inspección por unidad de muestreo.....	43
Tabla 5: Clase y severidad de daños.....	44
Tabla 6: Hoja para obtención del máximo valor deducido corregido.....	50
Tabla 7: Matriz de consistencia.....	51
Tabla 8: Tipo y cantidad de daños en Sector 1.....	55
Tabla 9: Tipo y cantidad de daños en Sector 2.....	56
Tabla 10: Frecuencia del PCI según intervalos de clasificación en sector 1.....	57
Tabla 11: Frecuencia del PCI según intervalos de clasificación en sector 2.....	58
Tabla 12: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para Sector 1.....	72
Tabla 13: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para Sector 2.....	73
Tabla 14: Prueba de Chi-cuadrada para sector 1.....	74
Tabla 15: Prueba de Chi-cuadrada para sector 2.....	75
Tabla 16: Índice de condición del pavimento según clase de daño para sector 1.....	76
Tabla 17: Índice de condición del pavimento según clase de daño para sector 2.....	78
Tabla 18: Correlaciones para sector 1.....	79
Tabla 19: Resumen de modelo y estimaciones de parámetro.....	79
Tabla 20: Correlaciones para sector 2.....	80
Tabla 21: Resumen de modelo y estimaciones de parámetro.....	80
Tabla 23: Índice de condición del pavimento para severidad media para sector 1.....	83
Tabla 24: Índice de condición del pavimento para severidad alta para sector 1.....	84
Tabla 25: Índice de condición del pavimento para severidad baja para sector 2.....	85
Tabla 26: Índice de condición del pavimento para severidad media para sector 2.....	86
Tabla 27: Índice de condición del pavimento para severidad alta para sector 2.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del tramo en estudio en el departamento y en el país.....	36
Figura 2: Ubicación del tramo en estudio en la provincia .....	37
Figura 3: Ancho de superficie de rodadura asfáltica .....	52
Figura 4: Porcentaje de daños existentes en Sector 1 .....	55
Figura 5: Porcentaje de daños existentes en Sector 2 .....	56
Figura 6: Frecuencia del PCI según intervalos de clasificación en sector 1 .....	58
Figura 7: Frecuencia del PCI según intervalos de clasificación en sector 2 .....	59
Figura 8: Semejanza del Histograma de frecuencias del índice de condición del pavimento (PCI) con la curva normal en sector 1.....	60
Figura 9: Semejanza del Histograma de frecuencias del índice de condición del pavimento (PCI) con la curva normal en sector 2.....	60
Figura 10: Comportamiento de PCI según ubicación de unidades de muestreo de tramo en estudio .....	61
Figura 11: D1 .....daño piel de cocodrilo en severidad media (Muestra 5 km 133+653, sector 1).....	62
Figura 12: D1 .....daño piel de cocodrilo en severidad media (Muestra 761 km 162+078, sector 2) .....	62
Figura 13: D2.daño de exudación en severidad baja (Muestra 225 km 142+053, sector 1).....	63
Figura 14: D2..... daño de exudación en severidad media (Muestra 801 km 163+578, sector 2).....	63
Figura 15: D5daño de corrugación en severidad media (Muestra 133 km 138+603, sólo en sector 1).....	63
Figura 16: D6.....daño de depresión en severidad media (Muestra 445 km 150+303, sector 1).....	64
Figura 17: D6.....daño de depresión en severidad media (Muestra 641 km 157+578, sector 2).....	64
Figura 18: D10 daño grietas longitudinales transversales en severidad media (Muestra 125 km 138+303, sector 1) .....	64
Figura 19: D10 daño grietas longitudinales transversales en severidad media (Muestra 685 km 159+228, sector 2) .....	65
Figura 20: D11 daño de parcheo en severidad baja (Muestra 181 km 140+403, sector 1).....	65
Figura 21: D11 daño de parcheo en severidad baja (Muestra 861 km 165+828, sector 2).....	65
Figura 22: D13 daño de huecos en severidad media (Muestra 149 km 139+203, sector 1).....	66

Figura 23: D13 daño de huecos en severidad media (Muestra 781 km 162+828, sector 2).....	66
Figura 24: D15 daño de ahuellamiento en severidad media (Muestra 217 km 141+753, sector 1).....	66
Figura 25: D15 daño de ahuellamiento en Severidad media (Muestra 717 km 160+428, sector 2).....	67
Figura 26: D19 daño de meteorización en severidad media (Muestra 497 km 152+253, sector 1).....	67
Figura 27: D19 daño de meteorización en Severidad media (Muestra 753 km 161+778, S-2).....	67
Figura 28: Gráfica de valores observados y esperados .....	74
Figura 29: Gráfica de valores observados y esperados sector 2.....	75
Figura 30: Índice de condición del pavimento, según clase de daño en sector 1 .....	77
Figura 31: Índice de condición del pavimento, según clase de daño en sector 2 .....	78
Figura 32: Diagrama de dispersión y ajuste del Modelo de Regresión lineal. Sector 1.....	80
Figura 33: Diagrama de dispersión y ajuste del Modelo de Regresión lineal. Sector 2.....	81
Figura 34: Recuento de severidad baja de daños por condición del pavimento en sector 1.....	82
Figura 35: Recuento de severidad media de daños por condición del pavimento en sector 1.....	83
Figura 36: Recuento de severidad alta de daños por condición del pavimento en sector 1.....	84
Figura 37: Recuento de severidad baja de daños por condición del pavimento en sector 2.....	85
Figura 38: Recuento de severidad media de daños por condición del pavimento en sector 2.....	86
Figura 39: Recuento de severidad alta de daños por condición del pavimento en sector 2.....	87
Figura 40: Sectorización de unidades homogéneas por método de diferencias acumuladas aplicado al valor del PCI .....	89
Figura 41: Curva del valor deducido para daño Piel de cocodrilo.....	146
Figura 42: Curva del valor deducido para daño Exudación .....	147
Figura 43: Curva del valor deducido para daño Corrugación .....	148
Figura 44: Curva del valor deducido para daño Depresión .....	149
Figura 45: Curva del valor deducido para daño Grietas longitudinales y transversales.....	150
Figura 46: Curva del valor deducido para daño Parcheo .....	151
Figura 47: Curva del valor deducido para daño Huecos.....	152

Figura 48: Curva del valor deducido para daño Ahuellamiento .....	153
Figura 49: Curva del valor deducido para daño Meteorización.....	154

## GLOSARIO

*Pavement Condition Index*: Índice de condición del pavimento.

*American Society for Testing and Materials*: Sociedad Americana para pruebas y materiales.

*American Association of State Highway and Transportation Officials*: Asociación Americana de carreteras estatales y transporte.

Traducción de términos y frases en inglés utilizados en las figuras del anexo 02:

<i>Alligator Cracking</i> :	Piel de cocodrilo.
<i>Bleeding</i> :	Exudación.
<i>Block Cracking</i> :	Agrietamiento en bloque.
<i>Bumps and Sags</i> :	Abultamientos y hundimientos.
<i>Corrugation</i> :	Corrugación.
<i>Depression</i> :	Depresión.
<i>Edge Cracking</i> :	Grieta de borde.
<i>Joint Reflection Cracking</i> :	Grieta de reflexión de junta.
<i>Lane / Shoulder Drop Off</i> :	Desnivel carril /berma.
<i>Longitudinal &amp; Transversal Cracking</i> :	Grietas longitudinales y transversales.
<i>Patching &amp; Utility Patching</i> :	Parqueo y acometidas de servicios.
<i>Polished Aggregates</i> :	Pulimento de agregados.
<i>Potholes</i> :	Huecos.
<i>Railroad Crossing</i> :	Cruce de vía férrea.
<i>Rutting</i> :	Ahuellamiento.
<i>Shoving</i> :	Desplazamiento.
<i>Slippage Cracking</i> :	Grietas parabólicas o por deslizamiento.



<i>Swell:</i>	Hinchamiento.
<i>Weathering / Raveling:</i>	Meteorización / desprendimiento de agregados.
<i>Asphalt</i>	Asfalto.
<i>Distress Density - Percent</i>	Densidad de daño en porcentaje.
<i>Deduct value</i>	Valor deducido.

Traducción de frases en inglés utilizados en figura 50 del anexo 03:

<i>Adjustment of Number of Deduct Values:</i>	Ajuste del número de valores deducidos.
<i>No. Of Deduct Values:</i>	Número de valores deducidos.
<i>Highest Deduct Value:</i>	Valor deducido más alto.

Traducción de frases en inglés utilizados en figura 51 del anexo 4:

<i>Roads and parking lots: Asphalt:</i>	Caminos y zonas de estacionamiento: Asfalto.
<i>Total Deduct Value:</i>	Valor deducido total.
<i>Corrected DeductValue:</i>	Valor deducido corregido.

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la condición actual del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina, empleando la metodología del índice de condición del pavimento en un tramo con asfalto de longitud 37,88 km y ancho de calzada de 6,0 m, en su punto de inicio en km 133+653 tiene una altitud de 1 900 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), y en el punto más alto de tramo km 162+162 - sector abra el gavilán tiene una altitud de 3 220 m.s.n.m.. El tramo fue dividido en dos sectores, según la fecha de la última rehabilitación de la cual fue objeto el pavimento: el sector 1 entre la progresiva km 133+653 al km 155+000, rehabilitado en el año 2010 y el sector 2 entre el km 155+000 al km 171+533 rehabilitado en 2012. La inspección se realizó entre junio y julio de 2017; empleando el muestreo aleatorio sistemático se seleccionó: 143 unidades de muestreo para el sector 1 y 111 unidades para el sector 2, cada una de 37,5 m de largo por 6,0 m de ancho, hizo un área total registrada de 57 150 m<sup>2</sup>, en la cual a partir del tipo, severidad y cantidad de daños presentes se determinó en sector 1 que la condición del pavimento es regular con PCI de 49,34 y en sector 2 la condición del pavimento es bueno con PCI de 56,87; se obtuvo que la mayor presencia de daños es de meteorización, parcheo y ahuellamiento, y la causa más relevante para el decremento del valor del PCI, es la carencia de un sistema de drenaje paralelo a la vía que permita captar las aguas provenientes de los taludes de la carretera lo cual afecta directamente al pavimento; como propuesta a mediano plazo se deberá realizar trabajos de mantenimiento en la capa de rodadura asfáltica con un costo aproximado de S/. 325 156,50 por km de tramo dañado, complementariamente y en forma oportuna se deberá proyectar un sistema de drenaje y subdrenaje para prevenir un mayor deterioro de la vía, haciendo rentable la administración de los recursos invertidos en la carretera; además el presente estudio como referencia puede orientar en la determinación de la condición de otras vías, para su mantenimiento y ampliación de vida útil.

**PALABRAS CLAVE:** Condición, daños, pavimento, mantenimiento, oportuno, rentable.

## ABSTRACT

The objective of the study was to determine the current condition of the flexible pavement of the Ciudad de Dios - Cajamarca highway in the Andean highlands, using the pavement condition index (PCI) methodology in a section with asphalt of 37,88 km long and wide of road of 6.0 m, section that at its starting point at km 133 + 653 has an altitude of 1 900 meters above sea level, and at the highest point of section km 162 + 162 - sector open the sparrowhawk has an altitude of 3 220 m. The section was divided into two sectors, according to the date of the last rehabilitation of which the pavement was subject: sector 1 between the progressive km 133 + 653 to km 155 + 000, rehabilitated in 2010 and sector 2 between km 155 + 000 to km 171 + 533 rehabilitated in 2012. The inspection was carried out between June and July 2017; using systematic random sampling, we selected: 143 sampling units for sector 1 and 111 units for sector 2, each of 37,5 m long by 6,0 m wide, made a total recorded area of 57 150 m<sup>2</sup>, in which based on the type, severity and amount of damage present, it was determined in sector 1 that the condition of the pavement is regular with PCI of 49,34 and in sector 2 the condition of the pavement is good with PCI of 56,87; it was obtained that the greatest presence of damage is weathering, patching and rutting, and the most relevant cause for the decrease in the value of the PCI, is the lack of a drainage system parallel to the road that allows capturing the waters from the slopes of the road, which directly affects the pavement; as a medium-term proposal maintenance work should be carried out on the asphalt tread with an approximate cost of S /. 325 156,50 per km of damaged section, in addition and in a timely manner, a drainage and sub-drainage system must be designed to prevent further deterioration of the road, making the administration of the resources invested in the highway profitable; also the present study as a reference can guide in the determination of the condition of other routes, for its maintenance and extension of useful life.

**KEY WORDS:** Condition, damage, pavement, maintenance, timely, profitable.

## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

#### 1.1.1. Contextualización.

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. Díaz (2014, p. 07).

En el caso del Perú, según el documento Intervenciones en la red vial nacional (2016, p. 31) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones actualizado a diciembre de 2015, existían 26 400 km de red vial nacional de carreteras que unen la región de la costa con la región andina y la región de la selva, de la cual el 69,7% equivalente a 18 400 km están pavimentadas con asfalto.

Más reciente según el reporte red vial nacional oficial estado de la superficie de rodadura (2016, p. 1) del ministerio de transportes y comunicaciones actualizado a diciembre de 2016, existen 26 600 km de red vial nacional de carreteras de los cuales 19 680 km están pavimentadas, y específicamente detalla que de estas: 16 544 km se encuentran en buen estado, 2 640 se encuentran en regular estado y 498 en mal estado.

En el ámbito de nuestra región de Cajamarca una vía nacional muy importante eje de desarrollo que integra nuestras ciudades, es la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca enlace con importantes ciudades de la costa como son Trujillo, Chiclayo y Lima, la cual fue intervenida en su totalidad reemplazando la superficie de rodadura con pavimento asfáltico entre los años 2006 a 2012, a partir del año 2013 la vía reinicia su operación totalmente rehabilitada pero sometida a factores externos como son el tránsito vehicular y las variaciones del clima, producto de los cuales se evidencian daños en el pavimento,

Según Vásquez (2002, p. 2), el Índice de Condición del Pavimento (PCI) por sus siglas en inglés "*Pavement Condition Index* ", se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos flexibles y rígidos, dentro de los modelos de gestión vial disponibles en la actualidad.

De acuerdo a los antecedentes revisados la evaluación de la condición superficial de los pavimentos se viene realizando con el método PCI en países desarrollados tales como Estados Unidos, así también en países vecinos como Ecuador, Colombia y Chile entre otros, aplicado en su mayoría a pavimentos urbanos.

En nuestro país se han realizado evaluaciones de vías con el método PCI mayormente en pavimentos urbanos en localidades como Piura, Lima e inclusive en la vía de evitamiento de la ciudad de Cajamarca, y su aplicación del método PCI no está difundida a la evaluación de carreteras alto andinas, lo cual involucra un desconocimiento de su efectividad en este tipo de vías, en tal sentido hemos considerado importante determinar si con el método PCI es posible evaluar la condición del pavimento de la carretera que une Ciudad de Dios con la ciudad

de Cajamarca en zona alto andina, además de otros factores que se puedan determinar en la investigación.

Para realizar una intervención oportuna en la superficie de rodadura de un pavimento se debe realizar primero una evaluación superficial que determine la condición existente del pavimento, y según los daños que presenta se plantean las alternativas de recuperación y mantenimiento apropiadas; el método PCI indica las alternativas de reparación y mantenimiento convenientes.

En tal sentido consideramos importante evaluar la condición superficial del pavimento, específicamente en el tramo de vía ubicado en zona alto andina (según el boletín No.10 Estudio geodinámico de la cuenca del río Jequetepeque del año 1994, página 03 determina como zona andina aquella ubicada sobre los 2000 metros sobre el nivel del mar), y recomendar la acción correctiva apropiada en el mantenimiento de la vía que permita alcanzar su período de diseño.

#### 1.1.2. Descripción del problema

Según opinión de Gaitán (2010), en relación a la rehabilitación y entrada en operación en el año 2013 de la carretera Cajamarca – Ciudad de Dios, manifiesta su preocupación e indica que: ... esta carretera ha sido recortada entre 50 a 75 cm de ancho en promedio en relación al primer asfaltado hecho en la segunda mitad de los años 70, por el gobierno militar, cuando nuestro departamento era básicamente de una economía agraria y artesanal por donde transitaban camiones de 12 a 20 toneladas como máximo y buses de un solo piso y de 45 pasajeros y en tiempo de conectividad de Chiclayo y Trujillo de 7 a 8 horas aproximadamente en promedio. Hoy, habiendo transcurrido más de tres décadas y la realidad económica y social de Cajamarca, se ha transformado radicalmente

por la actividad minera y la movilidad poblacional intensa, con camiones de 50 a 60 toneladas y buses de dos pisos, resulta elemental por simple lógica la construcción de una carretera más amplia .... En tal sentido se hace evidente la preocupación de la población expuesta en el comentario periodístico precedente.

En las últimas intervenciones realizadas al pavimento: entre los años 2006 a 2008 se realizó su rehabilitación desde el km 0+000 al km 91+489 (Chilete); posteriormente según indica en su página web Graña Montero Ingenieros como empresa supervisora del mantenimiento de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca: Tramo II: Chilete – km 155+000, se intervino este tramo entre octubre de 2008 y junio de 2010, y como parte de los trabajos de mantenimiento se consideró la colocación de superficie de rodadura con mezcla asfáltica en caliente en dos capas de 2,5 cm de espesor cada una. Finalmente se verificó en la ayuda memoria de Provias Nacional correspondiente a intervenciones en la red vial nacional en el departamento de Cajamarca (2016, p. 25) que entre abril y octubre del año 2012 se cambió la superficie de rodadura en el tramo km 155+000 al km 173+800 por una carpeta asfáltica en caliente de 6,5 cm de espesor sobre una capa de base obtenida con el fresado de la carpeta asfáltica que existía más la adición de 10 cm de material granular.

A partir de una primera observación directa en el mes de agosto del año 2016, de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca, se evidencia un limitado ancho de vía en que el pavimento presenta daños superficiales por parcheo, pulimento de agregados, huecos, entre otros de menor presencia; la mayor parte de estos daños observados en el pavimento se ubican en la zona alto andina; sin embargo el reporte red vial nacional oficial estado de la superficie de rodadura (2016, p. 4) precisa que la vía en su totalidad se encuentra en buen estado, ante la

contradicción es objetivo del presente proyecto de investigación determinar la condición actual de la vía en zona alto andina.

En resumen la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca, fue intervenida en su totalidad renovando el pavimento asfáltico entre los años 2006 a 2012; a partir del año 2013 reinicia su operación completamente rehabilitada, desde el mes de Mayo del año 2014 fue entregada por un período de 25 años a la empresa privada como parte del contrato de concesión denominado Carretera longitudinal de la sierra tramo 2, sin embargo a la fecha se evidencian daños en la superficie de rodadura, por lo cual es objetivo general del presente estudio determinar la condición superficial del pavimento en el tramo ubicado en la zona alto andina de la vía, partiendo de la clase, cantidad y severidad de daños encontrados y proponerla medida correctiva apropiada y oportuna en el mantenimiento de la vía.

El tramo investigado se ubica entre las progresivas 133+653 a 171+533 de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina, tiene una longitud de 37,88 km y un ancho de vía promedio de 6,0 m, la sección de la vía cuenta parcialmente con cunetas de concreto de sección triangular para el drenaje de las aguas de lluvia; en el informe de desempeño del año 2017 (2018) presenta el cuadro de indicadores anuales para la carretera longitudinal de la sierra – tramo 2 (ver anexo 5) a la cual pertenece el tramo en estudio, ahí detalla el número de vehículos por unidad de peaje que han circulado por la vía anualmente, dividiendo este valor por 365, nos da el índice medio diario (IMD) que ha sido para el año 2015 de 2 133 vehículos diarios promedio, para el año 2016 de 2 094 vehículos diarios promedio y para el año 2017 de 454 vehículos diarios promedio, salvo el año 2017 en que el tráfico de vehículos registró una disminución debido a que el fenómeno del niño costero ocasionó daños en la vía,



afectando su transitabilidad; el promedio de tráfico está sobre los 2 000 vehículos diarios situándola como una carretera de primera clase, Manual de Carreteras: Diseño Geométrico ( 2018, p. 12)

### 1.1.3. Formulación del problema

#### 1.1.3.1. Pregunta general

¿Cuál es la condición actual del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca en zona alto andina?

#### 1.1.3.2. Preguntas auxiliares

1.1.3.2.1. ¿Cómo evaluar la condición del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina aplicando el método índice de condición del pavimento?

1.1.3.2.2. ¿Cuáles son las medidas correctivas que se pueden aplicar en el mantenimiento de la vía según la condición del pavimento?

Existe una preocupación en determinar la condición actual del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina, ello ha motivado realizar un estudio en la vía que permita conocer la afectación en daños en el pavimento y proponer las medidas correctivas convenientes para el mantenimiento de la vía.

## **1.2. Justificación e importancia**

### **1.2.1. Justificación técnica-práctica**

El pavimento flexible en buen estado o en una condición de regular a buena, permite una adecuada transmisión de cargas y por lo tanto un tránsito confortable de los vehículos y las personas que estos trasladan, conocer su condición en forma oportuna permite determinar las medidas correctivas aplicables para que la vía alcance un desempeño funcional y estructural adecuado, optimizando los costos de mantenimiento rutinario y extendiendo la vida útil de la vía.

### **1.2.2. Justificación institucional y personal**

La administración de las carreteras ya sea pública por parte del Estado o privada mediante concesiones debe incluir programas de evaluación periódica que permitan determinar la condición del pavimento durante su operación y las actividades correctivas oportunas para prolongar el período de vida útil del pavimento. La justificación personal es el conocimiento de metodologías de evaluación de la condición de pavimentos y su aplicación en carreteras pavimentadas como es el caso de aquellas ubicadas en zonas alto andinas que es parte de la red vial que integra nuestra región y/o país.

## **1.3. Delimitación de la investigación**

Los aspectos que desarrolla la presente investigación son la evaluación de pavimentos de tipo flexible con el objeto de determinar su condición a partir de la inspección superficial de daños y la propuesta de mantenimiento que elimine

los daños existentes mejorando la condición del pavimento, visualizando además otras causas probables que originan los daños. Las teorías que fundamentan la evaluación de daños y la propuesta de mejora a la condición encontrada están en: La norma americana *American society for testing and materials* (ASTM) 6433-07, la Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras y el Manual de carreteras – mantenimiento o conservación vial (2014).

#### **1.4. Objetivos**

##### 1.4.1. Objetivo general

Determinar la condición actual del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina, aplicando el método índice de condición del pavimento.

##### 1.4.2. Objetivos específicos

1.4.2.1. Obtener parámetros de evaluación como son: clase, severidad y cantidad de daños más frecuentes presentes en el pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina, con el método índice de condición del pavimento.

1.4.2.2. Proponer las medidas correctivas aplicables al pavimento según el tipo de daños más frecuentes en la superficie de rodadura del pavimento.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial

En el ámbito internacional estudios relacionados al proyecto han sido realizados entre otros por:

Díaz (2014), realizó en Colombia la evaluación comparativa del método PCI con otros métodos como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en pavimentos flexibles. En sus conclusiones indica que el método PCI resulta ser más estricto que otras metodologías... además en su forma de determinar el estado del pavimento da la opción de no incluir todas las secciones a evaluar mediante la aplicación de estadística.

Buitrago, et all (2011) realizó el análisis comparativo de dos metodologías de auscultación de pavimentos flexibles en las calles de la ciudad de Bogotá: El método PCI y la metodología Paver; de acuerdo a la evaluación realizada es posible definir que en condiciones prácticas de estimaciones y nivel de intervención, es mejor utilizar la metodología de auscultación del método PCI ya que considera áreas menores de intervención lo cual implica un ahorro en las inversiones por tipo de mantenimiento... . Además deja en sus conclusiones que aunque las metodologías son claras, es indispensable el criterio y experiencia del evaluador, lo cual puede concluir en diferentes apreciaciones de un solo tipo de daño.

Ceron (2006), realizó la evaluación y comparación del método PCI en forma paralela con otra metodología en una zona urbana de la localidad de Manizales, encontrando que el método PCI evalúa todos los daños que se pueden presentar en la superficie de rodadura, no excluye ninguno de ellos lo que la hace más completa con respecto a su comparada.

En el ámbito nacional estudios relacionados al proyecto han sido realizados entre otros por:

Para García (2016), recomienda un monitoreo continuo del PCI, que sirve para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se identifica con debida anticipación las necesidades de rehabilitación y mantenimiento de la ruta en estudio.

Para Rodríguez (2009), un método de evaluación del comportamiento del pavimento es el “Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos” (ASTM D6433-03) o mejor conocido como “Método PCI”; que por medio de inspecciones visuales determina el estado en que se encuentra una vía, dependiendo del tipo, cantidad y severidad de las fallas presentes.

Gutiérrez (2007), indica que; el método del PCI considera evaluar la totalidad del área superficial de la carretera en estudio permitiendo el procesamiento computarizado de las fallas y definiendo actividades de mantenimiento y rehabilitación.

En el ámbito local ha sido aplicado entre otros por:

Rabanal (2014), quien indica que empleando el método PCI es posible proponer un proyecto de conservación que resulte económicamente viable en el mediano plazo, considerando el costo de los trabajos y la efectividad (tiempo en que se detiene la degradación del pavimento) de los mismos.

En su resumen Pereda (2014), indica que la metodología del PCI consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando clase, severidad y cantidad de fallas encontradas. Con información de campo obtenida durante la auscultación vial, y siguiendo la metodología indicada en el PCI, se calcula un índice que cuantifica el estado en que se encuentra el pavimento analizado, es decir, señala si el pavimento está fallado, si es malo, muy malo, regular, si es bueno, muy bueno o excelente, experiencia que puede servir como ejemplo de aplicación del procedimiento de inspección ASTM D6433 (PCI) en nuestro medio y como referencia para los gobiernos locales.

En el mercado existen programas computarizados que facilitan el procesamiento y análisis de la información recopilada en el inventario de un sistema de gestión de pavimentos, así para la determinación del índice de condición del pavimento se utiliza el programa UnalPCIA, creado por el ingeniero Luis Ricardo Vásquez Varela de Ingepav; son herramientas que no sustituyen y más bien respaldan el criterio del especialista el cual considera factores más específicos de cada tramo de vía en evaluación.

## **2.2. Marco doctrinal de las teorías particulares.**

### 2.2.1. Definición de pavimento.

Según indica Rodríguez (2009) tanto en la definición como en la clasificación, de acuerdo a la Norma AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del usuario.

De acuerdo a la ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo. Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella. Debe proporcionar un servicio de calidad, de manera que influya positivamente en el estilo de vida de las personas.

Las diferentes capas de material seleccionado (carpeta, base, subbase y subrasante) que conforman el paquete estructural, reciben directamente las cargas de tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada. Es por ello que todo pavimento deberá presentar la resistencia adecuada para soportar los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua, así como abrasiones y punzonamientos (esfuerzos cortantes) producidos por el paso de personas o vehículos, la caída de objetos o la compresión de elementos que se apoyan sobre él.

Otras condiciones necesarias para garantizar el apropiado funcionamiento de un pavimento son el ancho de la vía; el trazo horizontal y vertical definido por el diseño geométrico; y la adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento, aún en condiciones húmedas.

#### 2.2.2. Pavimento flexible.

También llamado pavimento asfáltico, está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle, debajo de la carpeta, se encuentran la base granular y la capa de subbase, destinadas a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Finalmente está la subrasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas. El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.

#### 2.2.3. Tipos de Daños en pavimentos.

Según Buitrago (2009), en términos generales existen dos clases de daños y diferentes tipos de defectos asociados a cada clase de pavimento, estos son:

Estructural: Asociado con la capacidad del pavimento para soportar las cargas del tránsito. Son fallas graves que involucran a la base, subbase y en algunos casos hasta la subrasante. Estos deterioros afectan significativamente la capacidad para la cual fue diseñado el pavimento.



Funcional. Asociado con la seguridad, calidad y comodidad del viaje. Involucra directamente a la carpeta asfáltica la cual se ve afectada como superficie de rodadura.

Un pavimento que tiene defectos estructurales también tendrá defectos funcionales, mientras que un pavimento que tiene defectos funcionales puede ser estructuralmente sano. Cada clase de daño, funcional o estructural, a su vez tiene diferentes tipos de defectos. Durante la evaluación, cada clase de defecto debe ser identificado usando como mínimo tres factores: clase, severidad y calidad o extensión.

Según Rodríguez (2009), para pavimentos flexibles los daños que presenta pueden ser agrupados en cuatro grupos o categorías, los cuales a su vez comprenden daños más específicos:

a) Fisuras y grietas

- Piel de cocodrilo,
- Fisuras en bloque,
- Fisuras de borde,
- Fisuras de reflexión de junta,
- Fisuras longitudinales y transversales,
- Fisuras parabólicas o por deslizamiento,

b) Deformaciones superficiales

- Abultamiento y hundimientos,
- Corrugación,
- Depresión,

- Ahuellamiento,
- Desplazamiento,
- Hinchamiento.

c) Desintegración de pavimentos o desprendimientos

- Baches,
- Meteorización y desprendimiento de agregados.

d) Afloramientos y otras Daños.

- Exudación,
- Pulimento de agregados,
- Desnivel carril berma, y
- Parcheo.

Teniendo en cuenta su origen funcional o estructural los dos últimos grupos son producto de fallas funcionales y como tales se presentan en las capas superiores del pavimento. Los dos primeros dan indicios de fallas estructurales y se presentan en las capas inferiores del pavimento. Medina (2015).

#### 2.2.4. Tipos de Intervención en Pavimentos Asfálticos.

Según Díaz (2014), se pueden considerar los siguientes tipos de intervención:

##### 2.2.4.1. Tratamientos Previos.

Por lo general las actividades de restauración y refuerzo requieren actividades complementarias previas, las cuales permitirán garantizar el desempeño de la estructura a mediano y corto plazo. Algunos pavimentos cuando no se ejecuta la adecuada reparación previa tienen a reflejar las fisuras en la superficie de las

capas nuevas. A continuación se cita algunas de las actividades previas contempladas por la guía metodológica de rehabilitación de pavimentos asfálticos:

- . Sello de fisuras.
- . Parcheo y bacheo.
- . Capa de nivelación.
- . Fresado.

#### 2.2.4.2. Restauración.

Este tipo de actividades están enfocadas en solucionar una necesidad de tipo funcional, dependiendo de la actividad a desarrollar se obtendrán los siguientes beneficios por el desarrollo de estas actividades encontramos los siguientes:

- . Suministrar una nueva superficie de rodamiento.
- . Sellar áreas de fisuras.
- . Impermeabilizar la superficie.
- . Mejorar el drenaje superficial.
- . Mejorar la fricción superficial.
- . Reducir la tasa de degradación del pavimento.
- . Mejorar el aspecto de la calzada.
- . Reducir el ruido de la rodadura.
- . Proporcionar una diferencia visual entre la calzada y la berma.

Actividades de restauración:

- . Sello tipo niebla o riego en negro.

- . Sello de arena-asfalto.
- . Tratamiento superficial.
- . Lechada asfáltica.
- . Micro aglomerado en frío.
- . Sello del cabo (*Cape seal*).
- . Micro aglomerado en caliente.
- . Mezcla drenante.
- . Sobre capa delgada.

#### 2.2.4.3. Refuerzo.

Esta metodología consiste en instalar una capa superior de un espesor determinado mediante la cual se obtiene beneficios en cuanto a la capacidad estructural del pavimento (prolongando el periodo de diseño) y corrección de deficiencia superficial, para que la sobrecapa cumpla su función es indispensable escoger los materiales y espesores adecuados.

#### 2.2.4.4. Reciclado.

Esta metodología permite retirar el material, realizar un tratamiento y reutilizarlo obteniendo corrección de deficiencias superficiales y en el caso de combinar con otras metodologías aumentar la capacidad estructural del pavimento. Algunos de los tipos de reciclado se relacionan a continuación:

- . Reciclado en planta en caliente.
- . Reciclado en el sitio.
- . Reciclado superficial en caliente.
- . Reciclado en frío en el sitio.

- . Reciclado en frío con conglomerados hidráulicos.
- . Reciclado mixto en frío en el sitio.

#### 2.2.4.5. Reconstrucción.

Esta alternativa contempla el retiro y remplazo total o parcial de toda la estructura de pavimentos, siendo estas la que más costos representa, motivo por el cual se recomienda se utilice cuando el Índice de deterioro superficial sea alto, y la estructura no cuente con vida residual adicional. El tipo de reconstrucción básicamente depende del tipo de estructura existente, en el caso para pavimento de asfalto o tipo flexible sería Reconstrucción tipo flexible.

### 2.3. Marco conceptual

En la presente investigación el objeto de estudio es la condición actual del pavimento existente, la cual está definida por el PCI cuya determinación es resultado de un cálculo a partir de un inventario de daños presentes en el pavimento.

La metodología PCI de evaluación de pavimentos fue desarrollada por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos en el año 1982, según lo indica U. Shah et al (2013, p. 333) y posteriormente ha sido publicado por la *American Society for Testing and Materials* (ASTM) como método de análisis y aplicación, que corresponde a la norma ASTM D6433 actualizada periódicamente.

Según Vásquez (2002), “el índice de condición del pavimento se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos flexibles, dentro de los modelos de gestión vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas...”. 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 tienen sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la tabla 1 se presentan los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 1: Rango o intervalos de clasificación del PCI

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

Fuente: INGEPAV (Ingeniería de Pavimentos). Vásquez Varela, Luis.

Según Buitrago et al (2011), como primera medida se hace la exploración visual en campo en la cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase,

severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Los daños que relaciona la metodología del PCI para pavimentos flexibles están catalogados a continuación:

- 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
- 15) Ahuellamiento
- 16) Desplazamiento
- 17) Grieta parabólica
- 18) Hinchamiento
- 19) Desprendimiento de agregados

La obtención del PCI se hace a partir de la información de daños tomada en campo, se basa en los valores deducidos de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad registradas.

## 2.4. Definición de términos básicos

Carretera: El Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial (2013) describe a la carretera como camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Así tenemos diversos tipos de carreteras; Por su función: Nacionales, Departamentales y Vecinales y por su tipo de estructura pueden ser: Afirmadas, sin afirmar, pavimentada o no pavimentadas.

Pavimento: El Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial (2013) describe al pavimento como una estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y superficie de rodadura.

Superficie de rodadura: El Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial (2013) describe a la superficie de rodadura como parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma. Es la parte superior expuesta de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible), de concreto (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.

Evaluación superficial: HOB Consultores (2015) en su página web describe que esta evaluación se realiza a partir de toma de imágenes en forma coordinada con la velocidad de circulación del vehículo, obteniendo un registro digital de imágenes de la superficie de pavimento en estudio. La información de imágenes



es procesada mediante diversas metodologías, permitiendo la clasificación del tipo, extensión y severidad de los deterioros superficiales existentes al momento de evaluar.

Arquetipo: La Real academia española (2017) define arquetipo como el modelo original y primario en un arte u otra cosa. Representación que se considera modelo de cualquier manifestación de la realidad.

Índice de condición del pavimento: Según Vásquez (2003), el PCI es un índice numérico que varía desde cero (0) para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. Según el valor determinado dentro de los rangos del PCI corresponde la descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Severidad: Condición o característica de severo, que dentro del ámbito científico se emplea cuando se trata de abordar procedimientos experimentales, según Buitrago (2011), indica el nivel de gravedad del daño; la mayoría de defectos pueden tener diversos grados de condición de severidad; los niveles de severidad dependen de los diferentes métodos de evaluación. La definición de los niveles es subjetiva, pero describen diferentes categorías de progresión de las clases de defectos, que a su vez están asociados con las necesidades de mantenimiento y/o rehabilitación.

Daños del pavimento: Según Buitrago (2011) se denomina falla o daño todo tipo de deterioro que se presenta en el pavimento y que pueda llegar a afectar la circulación cómoda y segura de los vehículos; estos daños informan sobre la condición y las posibles causas del mismo, a continuación se definen los daños listados en el ítem 2.3.

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 rodadura asfáltica 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. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0,60 m. Este agrietamiento ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que esté sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como “grietas en bloque”, el cual no es un daño debido a la acción de la carga. La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento. Se mide en metros cuadrados de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente

Exudación: La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo

contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie. Se mide en metros cuadrados de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.

**Agrietamiento en 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 3,0m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). 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 algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa). Se mide en metros cuadrados de área afectada. Generalmente, se presenta un solo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.

**Abultamientos y Hundimientos:** Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los hundimientos, pues estos últimos son causados por

pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen: Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento *Pórtland* con una sobrecarpeta de concreto asfáltico, expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo) e Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado “*tenting*”).

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones” (hinchamiento: *swelling*). Se miden en metros lineales. Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3,0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

Corrugación: La corrugación (también llamada “lavadero”) 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 combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3,0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación. Se mide en metros cuadrados de área afectada.

Depresión: 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 un “baño de pájaros” (*birdbath*). En el pavimento seco las

depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo. Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel. Se mide en metros cuadrados de área afectada.

Grieta de borde: Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0,30 y 0,60m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse). La grieta de borde se mide en metros lineales.

Grieta de reflexión de junta: Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento *pórtland*. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento *pórtland*, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños. La grieta de reflexión de junta se mide en metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15,0 m puede tener 3,0 m

de grietas de alta severidad y 12,0 m de baja severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.

Desnivel carril / berma: El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma. Se miden en metros lineales.

Grietas longitudinales y transversales: Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por: Una junta de carril del pavimento pobremente construida, contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura y una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento *pórtland*, pero no las juntas de pavimento de concreto. Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga. Las grietas longitudinales y transversales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse.

Parqueo y acometidas de servicios públicos: Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se

comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general se encuentra alguna rugosidad asociada con este daño. Los parches se miden en metros cuadrados de área afectada. Sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2,32 m<sup>2</sup> puede tener 0,9 m<sup>2</sup> de severidad media y 1,35 m<sup>2</sup> de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa).

**Pulimento de agregados:** Daño causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa. Se mide en metros cuadrados de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados.

**Huecos:** Son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0,90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior.

El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se alcanzó una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización. Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

Cruce de vía férrea: Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles. El área del cruce se mide en metros cuadrados de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.

Ahuellamiento: El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento. El ahuellamiento se mide en metros cuadrados de área afectada y su severidad es definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su



profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media.

**Desplazamiento:** El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por cargas de tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (*cutback* o emulsión). Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento *pórtland*. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento *pórtland* se incrementa causando el desplazamiento. Los desplazamientos se miden en metros cuadrados de área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches, no como un daño separado.

**Grietas parabólicas:** Las grietas parabólicas por deslizamiento (*slippage*) son grietas en forma de media luna creciente, producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada. El área asociada con una grieta parabólica se mide en metros cuadrados y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.

**Hinchamiento:** El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento. Una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3,0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial.

Usualmente este daño es causado por congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos. El hinchamiento se mide en metros cuadrados de área afectada.

Meteorización / desprendimiento de agregados: La meteorización y desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida de ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por cierto tipo de tránsito, como vehículo de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se considera como desprendimiento. La meteorización y el desprendimiento se miden en metros cuadrados de área afectada.

Drenaje de aguas subterráneas en carreteras: El manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos del Ministerio de transportes y comunicaciones en su página 103, precisa: Cuando las carreteras se localizan en terrenos con napa freática alta respecto de la subrasante proyectada del camino, sea por existir depósito natural de aguas cercanas o por corrientes subterráneas de agua; en tales casos será necesario diseñar un sistema de drenaje para deprimir el nivel de la napa freática existente con la finalidad de evitar que el agua afecte la estabilidad de las explanaciones y de la plataforma del camino. El sistema de drenaje subterráneo puede diseñarse utilizando drenes “tipo francés” a colocarse fuera de la plataforma del camino o subdrenes a localizarse en el interior de los terraplenes del camino.

El Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de transportes y comunicaciones, contiene el desarrollo detallado de conceptos y parámetros para el diseño del sistema de drenaje para las situaciones que pueden presentarse en un proyecto vial, el mismo que deberá ser utilizado para diseñar el sistema de drenaje.

Como ejemplo el tomo obras de arte y drenaje del expediente técnico rehabilitación y mejoramiento de la carretera Chamaya – Jaén – San Ignacio – Río Canchis, Tramo II: Km 60 (Tamborapa) – Río Canchis, en su ítem 6 página 3 de drenaje subterráneo indica que para drenar la presencia del agua subterránea con incidencia negativa a la estructura del pavimento, se establece la ejecución de dos tipos de subdrenes; el primero subdrén para pavimento ubicado al borde de la plataforma con el fin de drenar las aguas que discurren por las capas granulares con el fin de eliminarlas y el segundo un subdrén profundo con la finalidad de deprimir el nivel de la napa freática. En casos específicos este último cumplirá ambas funciones. En ambos casos, la pendiente longitudinal será paralela a la de la vía establecida con salidas independientes al talud inferior hacia los escurrideros proyectados en la salida de las alcantarillas. El subdrén será de altura variable con un mínimo de 0,60 m consistente de una estructura conformada por un tipo de tubería perforada de PVC de diámetro variable según su uso, rodeado de material filtrante y forrado con un geotextil no tejido de fibra continua. Su instalación se hará haciendo una zanja de ancho mínimo necesario que permita colocar en forma vertical a la estructura, y luego rellenar la zanja y compactarlo convenientemente.

### **CAPÍTULO III**

#### **PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

##### 3.1.1. Hipótesis general.

La condición actual del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina es regular.

##### 3.1.2. Hipótesis específica.

- a. Identificando los parámetros de evaluación como son: la clase, severidad y cantidad de daños que presenta la superficie de rodadura permite determinar la condición actual del pavimento.

#### **3.2. Variables/categorías**

##### 3.2.1. Variable única.

$Y_1$  es la condición del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina determinada con el método índice de condición del pavimento en el año 2017 a partir de evaluar la clase, severidad y cantidad de daños registrados en el inventario de la carretera.

### 3.3. Operacionalización / categorización de los componentes de la hipótesis.

Tabla 2: Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Dimensiones
<b>Única</b>			
Condición del pavimento	Medición cualitativa y cuantitativa de daños en estructura de superficie de pavimento	Parámetros de evaluación	Tipo de daño Severidad del daño (Escala de medición) Cantidad de daño (m <sup>2</sup> y/o m)
	Aplicación del método PCI	Cálculo del PCI	Cálculo del máximo valor deducido Cálculo del máximo valor deducido corregido Cálculo del PCI
	Condición del pavimento en el momento de la evaluación	Determinación de la condición	Identificación de PCI en rango de calificación

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO

### 4.1. Ubicación geográfica

El Registro Nacional de Carreteras (2013) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, según el clasificador de rutas del sistema nacional de Carreteras (SINAC) (2016) identifica a la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca como ruta PE- 08 que pertenece a la red vial nacional; geográficamente ésta vía une parte de los departamentos de La Libertad y Cajamarca, cuenta con una longitud de 177,40 km de vía pavimentada, la superficie de rodadura es de asfalto, con un ancho de calzada de 7,00 m incluido bermas y de dos carriles hasta el kilómetro 174+921.

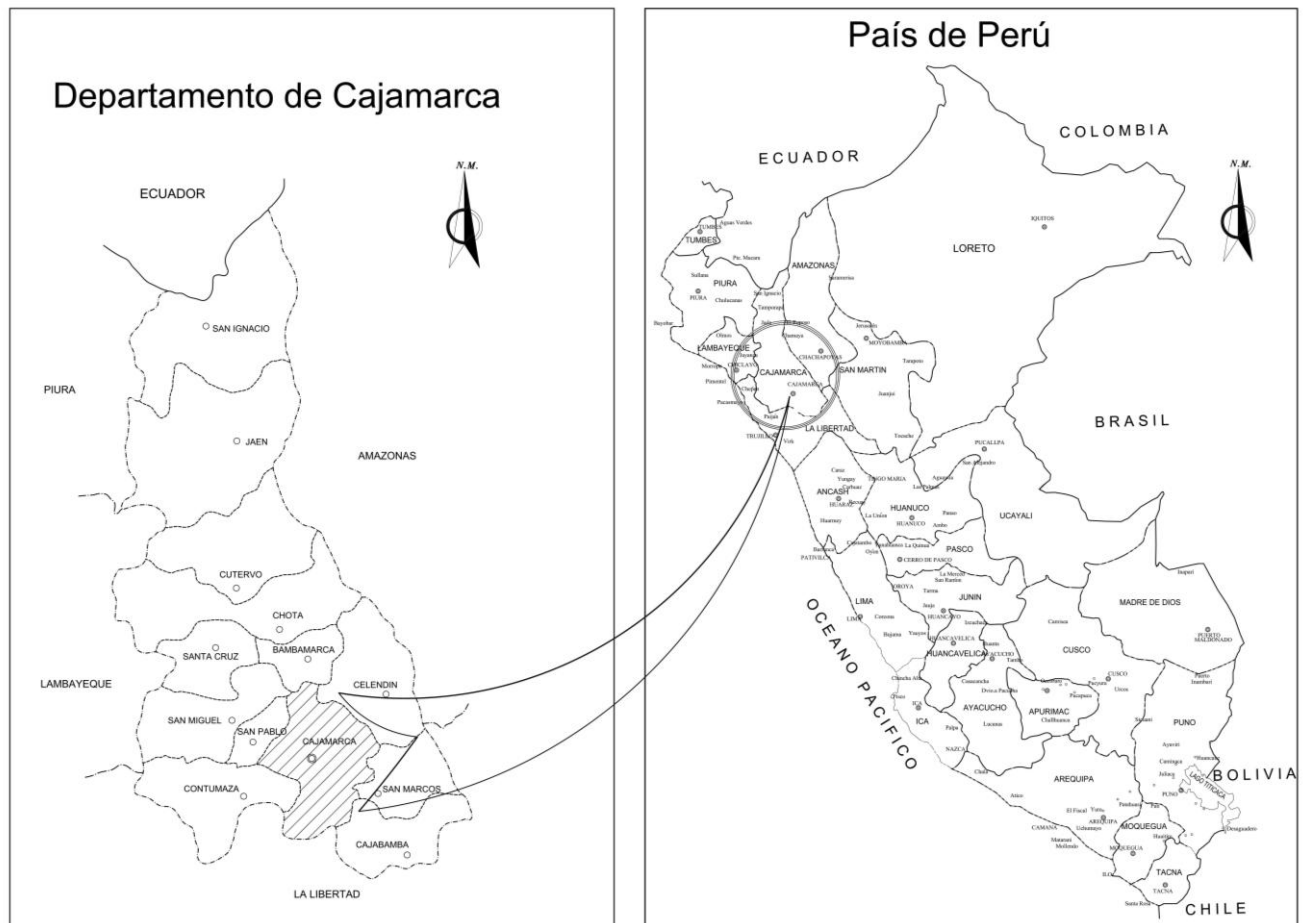
La presente investigación comprende un tramo de la ruta PE-08 entre las progresivas del km 133+653 al km 171+533 con una longitud de 37,88 km, ubicado en la zona alto andina de los distritos de San Juan y Cajamarca en la provincia de Cajamarca.

Las coordenadas geográficas del tramo en su inicio y final son:

Inicio - progresiva km 133+653: Coordenada Este 772801,02 m E, Coordenada Norte 9194847,64 m S y altitud 1900,38 m.s.n.m.

Fin - progresiva km 171+533: Coordenada Este 775496,71 m E, Coordenada Norte 9202375,23 m S y altitud 2983,85 m.s.n.m.

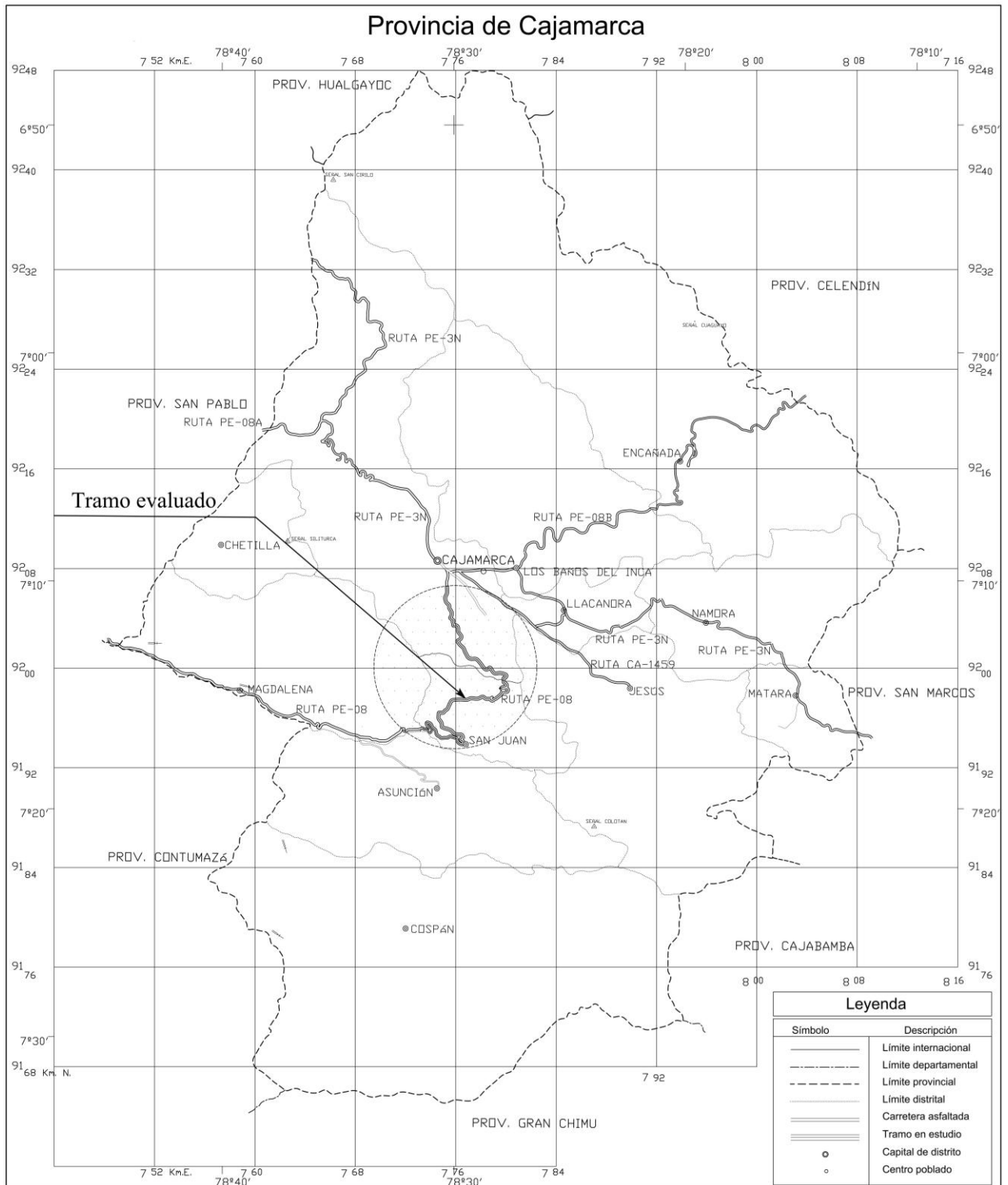
Figura 1: Ubicación del tramo en estudio en el departamento y en el país



Fuente: Dirección general de caminos y ferrocarriles, mapa vial, agosto de 2017

[http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/mapas\\_viales.html](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mapas_viales.html)

Figura 2: Ubicación del tramo en estudio en la provincia



Fuente: Dirección general de caminos y ferrocarriles, mapa vial, agosto de 2017

[http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/mapas\\_viales.html](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mapas_viales.html)



## **4.2. Diseño de la Investigación**

La investigación es transversal descriptiva pues se realizó en un lapso de tiempo; en el cual se tuvo como objetivo indagar la incidencia y los valores que manifiestan la variable indicada en la categorización de los componentes de la hipótesis. En el caso del proyecto se ha recolectado la información de campo recorriendo la vía durante 35 días desde el 9 de junio al 13 de julio del año 2017, registrando los daños que presenta la superficie de rodadura del pavimento, procesar esta información nos ha permitido obtener el PCI en cada unidad de muestreo seleccionada y en su conjunto con las unidades de muestreo obtener el PCI del tramo en estudio para plantear las medidas correctivas.

## **4.3. Método de investigación**

El método es deductivo en la etapa de muestreo donde se ha recolectado la información de campo, y es inductivo en la etapa de estimación de los parámetros poblacionales o características del pavimento en el tramo de estudio, es decir un proceso que en base a unidades muestrales se obtuvo indicadores de tipo, severidad y cantidad de los daños presentes en el pavimento y a partir de su análisis se obtuvo el PCI del tramo.

#### 4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

##### 4.4.1. Población.

La población está conformada por el área de todo el tramo de la vía evaluado, por tratarse de una carretera, su área en metros cuadrados se obtiene producto de su longitud por el ancho de vía.

##### 4.4.2. Muestra.

Considerando que se tiene una población muy grande pero finita y de características homogéneas, la muestra está conformada por áreas más pequeñas correspondiente a las unidades de muestreo en que se ha dividido la población y que permitió un ordenamiento y recolección de la información, para seleccionarlas se utilizó la técnica del muestreo aleatorio, así según Taboada (2013) para la determinación del tamaño de muestra se puede optar por realizar un muestreo aleatorio simple utilizando las fórmulas 1, 2 y 3:

$$n = \frac{NZ^2P.q}{E^2N+Z^2P.q} \quad \text{Fórmula 1}$$

En la condición cuando la población es finita o conocida, comprobamos la relación según la fórmula 2:

$$n_0 = \frac{n}{N} \leq 0,1 \quad \text{Fórmula 2}$$

Si  $n_0$  es mayor, el tamaño de muestra corregida se ajusta con la fórmula 3:

$$n_0 = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}} \quad \text{Fórmula 3}$$

Donde:  $n$  = tamaño de muestra.

$N$  = tamaño de la población.

$p$  = proporción de la población que posee la característica que se desea conocer, para el caso se asume  $p = 50\%$ .

$q = 1-p$ . proporción de la población que no posee la característica que se desea conocer.

$Z$  = desviación normal, para el caso se asume 1,96.

$E$  = error porcentual que varía de 1% a 5%, se asume 5%.

$n_0$  = tamaño de muestra corregida.

Considerando la naturaleza de la población, cuyas unidades de muestreo están ordenadas espacialmente, se aplicó el muestreo aleatorio sistemático. El tamaño de muestra de cada ordenamiento se determina de la siguiente manera:

$$n_i = n_0 \frac{N_i}{N} \quad \text{Fórmula 4}$$

Donde:  $n_i$  = tamaño de muestra del estrato  $i$ .

$N_i$  = tamaño de la población del estrato  $i$ .

$N$  = tamaño de la población total.

$n_0$  = Tamaño de muestra corregida total.

#### 4.4.3. Unidad de análisis.

En nuestro caso cada unidad de análisis corresponde a cada unidad de muestreo seleccionada, en la cual se hace el registro de daños según la metodología del PCI, la dimensión de cada unidad de muestreo está entre los rangos establecidos en la tabla 3.

Según Rodríguez (2009) una vez que el número de unidades de muestra a ser inspeccionadas esté definido, se calcula el intervalo de espaciamiento de las unidades utilizando el muestreo sistemático al azar. Las muestras deben ser igualmente espaciadas a lo largo de la vía seleccionando la primera muestra al azar. El intervalo del espaciamiento “*i*” o intervalo de muestreo de las unidades a ser muestreadas se calcula mediante la fórmula 5 redondeando el resultado al próximo número entero menor:

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Fórmula 5}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible o población en la sección.

n: Número de unidades de muestra a ser inspeccionadas o tamaño de muestra.

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

#### 4.4.4. Unidad de observación.

Es la superficie o área de rodadura del pavimento en cada unidad de muestreo. La metodología del PCI establece cuando las carreteras son de superficie de rodadura asfáltica y ancho menor de 7,30 m, el área de la unidad de muestreo

debe estar en el rango de 230 a +/- 93 m<sup>2</sup>. En la tabla 3 se presentan algunas relaciones ancho - longitud de calzada pavimentada.

Tabla 3: Longitudes de unidades de muestreo asfálticas

<b>Ancho de Calzada (m)</b>	<b>Longitud de la unidad de muestreo (m)</b>
5,0	46,0
5,5	41,8
6,0	38,3
6,5	35,4
7,3 (máximo)	31,5

Fuente: INGEPAV (Ingeniería de Pavimentos). Vásquez Varela, Luis.

#### **4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información**

##### **4.5.1. Técnicas.**

El trabajo de investigación requiere datos y para obtenerlos se utilizó la técnica de la medición directa, registrando los daños en cada unidad de muestreo seleccionada aleatoriamente; la estrategia para la recolección de los datos fue la observación a través de la percepción directa apoyada en instrumentos para la medición y materiales de verificación o medios de observación como son la fotografía que corresponden al tramo donde se desarrolla el estudio.

#### 4.5.2. Instrumentos.

Son aquellos objetos usados para medir como: Equipo de medición o wincha, odómetro o rueda con mecanismo para medir distancia, regla metálica y formato impreso para el registro de medición de daños según tabla 4 - hoja de inspección por unidad de muestreo dada por la metodología del PCI.

Tabla 4: Hoja de inspección por unidad de muestreo

HOJA DE INSPECCION DE LA CONDICIÓN PARA CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA POR UNIDAD DE MUESTREO									ESQUEMA		
RAMAL			SECCION			UNIDAD DE MUESTREO					
INSPECCIONADA POR			FECHA			ÁREA MUESTREO					
No. Daño											
1 Piel de cocodrilo			6 Depresión.			11 Parcheo.			16 Desplazamiento.		
2 Exudación.			7 Grieta de borde.			12 Pulimento de agregados.			17 Grieta parabólica (slippage)		
3 Agrietamiento en bloque.			8 Grieta de reflexión de junta.			13 Huecos.			18 Hinchamiento.		
4 Abultamientos y hundimientos.			9 Desnivel carril / berma.			14 Cruce de vía férrea.			19 Meteorización / Desprendimiento de agregados.		
5 Corrugación.			10 Grietas long y transversal.			15 Ahuellamiento.					
Daño Severidad	Cantidades parciales								Total	Densidad (%)	Valor Deducido

Fuente: Norma ASTM D6433-07

#### 4.5.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

##### 4.5.3.1. Procesamiento de datos.

Para procesar los datos se utilizó el software *excel* de *microsoft office*. Y el *software* estadístico *SPSS* para *windows* versión 24.

## 4.5.3.2. Análisis de Datos.

Para determinar los tipos de daños específicos que presenta el pavimento y la severidad de cada uno de ellos, Díaz (2014) elaboró una guía resumen descrita en la tabla 5 con los diecinueve (19) daños que la metodología PCI considera; este resumen procede de la norma ASTM D6433 y fue traducido al español en el manual de daños por Vásquez (2002); con esos criterios se registró en la tabla 4 los daños encontrados en campo para cada unidad de muestreo, información que permitió obtener la densidad por cada tipo de daño.

Tabla 5: Clase y severidad de daños

No.	Daño	Un.	SEVERIDAD	DESCRIPCION
1	<b>Piel de cocodrilo</b> Grietas de fatiga por cargas de tránsito	m <sup>2</sup>	BAJA	Grietas finas longitudinales de forma paralela con pocas o ninguna interconexión, sin descascaramientos a lo largo de las mismas
			MEDIA	Grietas con interconexión generando un patrón con un ligero descascaramiento.
			ALTA	Grietas bien definidas con desprendimientos de material en los bordes y en algún caso con movimientos independientes a la acción del tráfico.
2	<b>Exudación</b> Película por exceso de asfalto	m <sup>2</sup>	BAJA	Se hace visible durante unos pocos días del año y el asfalto no se pega a los zapatos o vehículos
			MEDIA	Se hace visible durante pocas semanas del año y el asfalto se pega a los zapatos o vehículos.
			ALTA	Se hace visible durante varias semanas del año, ha ocurrido de forma extensa y el asfalto se pega en gran cantidad a los zapatos o vehículos.
3	<b>Agrietamiento en Bloque</b> Grietas por ciclo térmico extremo en zonas no cargadas	m <sup>2</sup>	BAJA	Bloques definidos con grietas longitudinales y transversales de severidad baja
			MEDIA	Bloques definidos con grietas longitudinales y transversales de severidad media
			ALTA	Bloques definidos con grietas longitudinales y transversales de severidad alta.

4	<b>Abultamientos y Hundimientos</b> Pequeños desplazamientos arriba / abajo	m	BAJA	Originan una calidad de tránsito de baja severidad
			MEDIA	Originan una calidad de tránsito de media severidad.
			ALTA	Originan una calidad de tránsito de alta severidad.
5	<b>Corrugación</b> Serie de abultamientos a menos de 3.0 m entre sí	m <sup>2</sup>	BAJA	Originan una calidad de tránsito de baja severidad
			MEDIA	Originan una calidad de tránsito de media severidad.
			ALTA	Originan una calidad de tránsito de alta severidad.
6	<b>Depresión</b> Áreas localizadas con asentamiento	m <sup>2</sup>	BAJA	13,0 a 25,0 mm
			MEDIA	25,0 a 51,0 mm
			ALTA	Más de 51,0 mm
7	<b>Grieta de Borde</b> Deterioro del borde por tránsito y entrada de agua	m	BAJA	Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento
			MEDIA	Grietas medias con algo de fragmentación o desprendimiento
			ALTA	Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde
8	<b>Grieta de Reflexión de Juntas de PCCP</b> Existe un pavimento rígido debajo cuyas juntas se reflejan	m	BAJA	1. Grieta sin relleno de ancho menor de 10,0 mm 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria de material llenante).
			MEDIA	1. Grieta sin relleno con ancho entre 10,0 mm y 76,0 mm 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76,0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio 3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio
			ALTA	1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad 2. Grietas sin relleno de más de 76,0 mm 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada)
9	<b>Desnivel Carril / Berma</b> Erosión, asentamiento de la berma. Sobrecapas	m	BAJA	Diferencia de elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25,0 mm y 51,0 mm
			MEDIA	La diferencia está entre 51,0 mm y 102,0 mm
			ALTA	La diferencia en elevación es mayor a 102,0 mm
10	<b>Grietas Longitudinales y Transversales</b>	m	BAJA	1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10,0 mm 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).



	Incluyen reflexión de daños (no juntas) de losas subyacentes		MEDIA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grieta sin relleno de ancho entre 10,0 mm y 76,0 mm</li> <li>2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76,0 mm, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.</li> <li>3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas</li> </ol>
			ALTA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad</li> <li>2. Grietas sin relleno de más de 76,0 mm de ancho.</li> <li>3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas</li> </ol>
11	<b>Parcheo y Acometidas de Servicios</b> Área reparada o acometida de servicios públicos	m <sup>2</sup>	BAJA	El parche presenta una buena condición y la calidad de tránsito se califica como de baja severidad
			MEDIA	Parche moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media
			ALTA	El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad
12	<b>Pulimento de Agregados</b> Desgaste de agregados. Requiere otros ensayos.	m <sup>2</sup>	N/A	El grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de condición y contabilizado como defecto
13	<b>Huecos</b>  Hueco equivalente = 0.47 m <sup>2</sup>	un	BAJA	<p>Diámetro medio: 102 a 203 mm Profundidad máxima del hueco 12,7 a 25,4 mm y &gt;25,4 mm a 50,8 mm</p> <p>Diámetro medio: 203 a 457 mm Profundidad máxima del hueco 12,7 a 25,4 mm</p>
			MEDIA	<p>Diámetro medio: 102 a 203 mm Profundidad máxima del hueco &gt;50,8 mm</p> <p>Diámetro medio: 203 a 457 mm Profundidad máxima del hueco 12,7 a 25,4 mm y &gt; 25,4 mm a 50,8 mm</p> <p>Diámetro medio: 457 a 762 mm Profundidad máxima del hueco 12,7 a 25,4 mm</p>
			ALTA	Diámetro medio: 457 a 762 mm Profundidad máxima del hueco >25,4 mm a 50,8 mm y > 50,8 mm
14	<b>Cruce de Vía Férrea</b> Depresiones y abultamientos alrededor de los rieles	m <sup>2</sup>	BAJA	Cruce de vía férrea que produce calidad de tránsito de baja severidad.
			MEDIA	Cruce de vía férrea que produce calidad de tránsito de media severidad.
			ALTA	Cruce de vía férrea que produce calidad de tránsito de alta severidad
15	<b>Ahuellamiento</b> Depresión en las huellas de tránsito	m <sup>2</sup>	BAJA	6,0 mm a 13,0 mm
			MEDIA	> 13,0 mm a 25,0 mm
			ALTA	> 25,0 mm

16	<b>Desplazamiento</b> Movimiento longitudinal de la capa asfáltica por el tránsito	m <sup>2</sup>	BAJA	El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad
			MEDIA	El desplazamiento causa calidad de tránsito de media severidad
			ALTA	El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.
17	<b>Grieta Parabólica o Por Deslizamiento</b> Deslizamiento de la capa asfáltica sobre su base.	m <sup>2</sup>	BAJA	Ancho promedio de la grieta menor a 10,0 mm
			MEDIA	1. Ancho promedio de la grieta entre 10,0 mm y 38,0 mm 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en varios pedazos ajustados.
			ALTA	1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38,0 mm 2. El área alrededor de la grieta está fracturada y los pedazos son fácilmente removibles
18	<b>Hinchamiento</b> Pandeo hacia arriba > 3.0 m de longitud	m <sup>2</sup>	BAJA	Calidad de tránsito de baja severidad
			MEDIA	Calidad de tránsito de severidad media
			ALTA	Calidad de tránsito de severidad alta.
19	<b>Meteorización (Desgaste Superficial) / Desprendimiento de Agregado Grueso</b> Pérdida de asfalto y matriz fina. Oxidación/Pérdida de agregado grueso o grupos de agregado	m <sup>2</sup>	BAJA	Se inicia el desprendimiento de agregados o pérdida del ligante y la superficie empieza a deprimirse, en caso de derrame de aceite únicamente se observa la mancha
			MEDIA	Se ha perdido los agregados o el ligante y su textura es ligeramente rugosa y ahuecada, en el caso de derrame su superficie se vuelve suave penetrable con una moneda
			ALTA	Se ha perdido los agregados o el ligante en forma considerable su textura es rugosa y extremadamente ahuecada con diámetros menores a 10,0 mm de diámetro y 13,0 mm de profundidad, en caso de derrame de aceite el ligante asfáltico ha perdido su efecto y el agregado se encuentra suelto.

Fuente: Evaluación del método PCI como herramienta para toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles, Díaz (2014).

Más adelante se describen las etapas para el cálculo del PCI de las unidades de muestreo en carreteras con capa de rodadura asfáltica.

#### 4.5.3.3. Etapa 1: Cálculo de los valores deducidos.

Con el registro completo obtenido en campo con la medición de daños existentes para cada unidad de muestreo de acuerdo a su severidad según formato de la tabla 4, en gabinete se determinó la densidad de cada tipo de daño, dividiendo la cantidad de cada daño entre el área total de la unidad de muestreo expresado en porcentaje; seguidamente determinamos el valor deducido para cada tipo de daño, utilizando las curvas Valor deducido del daño y conociendo la densidad de la superficie dañada en el pavimento (eje X), se intercepta con la curva que representa la respectiva severidad (baja, media o alta) y se establece el valor deducido ( eje Y), en el anexo 2 se adjuntan en las figuras 41 a la 49 las curvas para obtener el valor deducido de cada daño existente en cada muestra en estudio.

#### 4.5.3.4. Etapa 2: Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos.

Seguidamente se realiza el cálculo del número máximo admisible de valores deducidos para lo cual existen dos (2) casos:

Caso 1: Si ninguno o tan solo uno de los valores deducidos utilizando las curvas es mayor que dos (2) se usa el valor deducido total y no el valor deducido corregido obtenido en la etapa 3. De lo contrario;

Caso 2: Deben ordenarse de mayor a menor los valores deducidos obtenidos en la etapa 1 y determinar el número máximo admisible de valores deducidos (m) de acuerdo a la fórmula 6 o recurrir a la figura 50 del anexo 3 para carreteras pavimentadas:

$$m_i = 1,00 + 9/98 * (100 - HDV_i) \leq 10 \quad \text{Fórmula 6}$$

Donde:

$m_i$  : Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo  $i$  (debe ser menor o igual a diez).

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

Este valor será el nuevo número de valores deducidos, inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que “ $m$ ” se utilizan todos los que se tengan.

#### 4.5.3.5. Etapa 3: Cálculo del máximo Valor Deducido Corregido (CDV).

Este valor se obtiene mediante un proceso iterativo y consiste en determinar el número de valores deducidos mayores que 2,0 que se denomina (cantidad de datos), luego se determina el valor deducido total que resulta de sumar todos los valores individuales y para obtener el máximo CDV se debe recurrir a la figura 51 del anexo 4, se debe repetir el procedimiento de tal forma que en cada iteración se reduzca a 2,0 el dato de menor valor de los que hayan superado el valor deducido de 2,0 (condición inicial o anterior) que junto al valor deducido total que no cambiara de valor (siempre será el valor inicial) se debe ingresar a la gráfica del anexo 3 y tomar el valor correspondiente de CDV registrándolo en el formato de la tabla 6. Una vez que el valor de  $q$  sea igual a 1 se detendrá la iteración. Una vez obtenidos todos los valores de CDV se tomará el mayor y este será el máximo valor deducido corregido.

#### 4.5.3.6. Etapa 4: Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI).

A partir de los valores deducidos corregidos se determinó el PCI. El valor del PCI para la unidad de muestreo se obtiene restando de 100 el máximo valor deducido corregido (CDV).

El cálculo del PCI, al utilizar la técnica del muestreo aleatorio, será el promedio de los índices de condición del pavimento de las muestras.

Tabla 6: Hoja para obtención del máximo valor deducido corregido

No.	Valores Deducidos								Total	q	Valor Deducido Corregido (CDV)

Fuente: Norma ASTM D6433-07

#### 4.5.4. Equipos, materiales, insumos, etc.

Vehículo de transporte (Automóvil), odómetro, wincha de 5,0 m, cámara fotográfica digital, regla metálica, chaleco reflectivo, entre otros.

#### 4.5.5. Matriz de consistencia metodológica.

Ver tabla7adjunta

Tabla 7: Matriz de consistencia

Evaluación del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina con aplicación del método índice de condición del pavimento en el año 2017								
Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable categórica	Dimensiones/ factores	Indicadores/ cualidades	Fuente o instrumento de recolección de datos	Metodología	Población y muestra
<b>Pregunta general</b>  ¿Cuál es la condición actual del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca en zona alto andina?	<b>Objetivo general</b>  Determinar la condición actual del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina	<b>Hipótesis general</b>  La condición actual del pavimento flexible en la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina es regular	Condición del pavimento	Rango de calificación	Cualitativo Regular 40 - 55	Registro de entrega	Metodología del índice de condición del pavimento (PCI)	Población 37,88 km en zona alto andina de carretera Ciudad de Dios - Cajamarca dividido en muestras de 37.5 m determinó una población total de 1010 unidades de pavimento
<b>Preguntas auxiliares</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>Variable categórica</b>	<b>Dimensiones/ factores</b>	<b>Indicadores/ cualidades</b>	<b>Fuente o instrumento de recolección de datos</b>		
¿Cómo evaluar condición del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina aplicando el método índice de condición del pavimento?	Obtener parámetros de evaluación en el pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina, con el método índice de condición del pavimento permite	Identificando los parámetros de evaluación como son: la clase, severidad y cantidad de daños que presenta la superficie de rodadura permite determinar la condición actual del pavimento	Condición del pavimento	Tipo de daño Severidad del daño Cantidad de daño	Parámetros de evaluación	Formato de Exploración de Daños		El pavimento fue rehabilitado por sectores en fechas diferentes, ello motivó dividir la población en 02 tamaños de muestra
				Cálculo de máximo valor deducido Cálculo de máximo valor deducido corregido Cálculo del PCI	Cálculo del PCI	Registro de entrega		
				Identificación de PCI en rango de calificación	Determinación de la condición	Registro de entrega		

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Presentación de resultados

##### 5.1.1. Unidad de muestreo.

Las dimensiones de la unidad de muestreo según registro de campo (ver figura 3), en este caso según el tipo de pavimento la vía en todo el tramo en estudio tiene superficie de rodadura asfáltica con ancho de calzada de 6,0 m (el cual no incluye bermas), entonces según la tabla 3 se adoptó una longitud de unidad de muestreo de 37,5 m, obteniendo un área por unidad de muestreo de 225 m<sup>2</sup>, valor dentro del rango de 230 a +/- 93 m<sup>2</sup> que indica la metodología PCI.

Figura 3: Ancho de superficie de rodadura asfáltica



Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2. Población.

Dividiendo la longitud del tramo en estudio de 37 879 m entre la longitud por unidad de muestreo de 37,5 m, se obtuvo una población total de 1 010 unidades de muestreo; debido a que la vía fue objeto de rehabilitación en diferentes fechas, se aplicó el criterio de tramos homogéneos, dividiéndola en dos (2) sectores: el sector 1 ubicado entre la progresiva km 133+653 al km 155+000, rehabilitado en el año 2010 y el sector 2 entre el km 155+000 al km 171+533 rehabilitado en el año 2012, en el anexo 1 plano del tramo en estudio, se aprecian ambos sectores.

El sector 1 tiene una longitud de 21 347 m, la unidad de muestreo tiene una longitud de 37,5 m, entonces el total de unidades de muestreo en sector 1 es  $N_1 = 21347 / 37,5 = 569$  unidades.

En el sector 2 tiene una longitud de 16 533 m, la unidad de muestreo tiene una longitud de 37,5 m, entonces el total de unidades de muestreo en sector 2 es  $N_2 = 16533 / 37,5 = 441$  unidades.

### 5.1.3. Tamaño de muestra.

Aplicando la fórmula 1 para los dos sectores, verificamos que no se cumple la condición de la fórmula 2, por lo tanto realizamos el ajuste respectivo con la fórmula 3 y determinamos el tamaño de muestra con la fórmula 4 para cada sector los cuales son:



Para el sector 1, el tamaño de muestra:  $n_1 = 122$  unidades.

Para el sector 2, el tamaño de muestra:  $n_2 = 95$  unidades.

#### 5.1.4. Intervalo de muestreo.

Aplicando la fórmula 5 se calculó el intervalo de muestreo, el valor obtenido se redondeó al próximo número entero menor, valor del intervalo de muestreo con el que finalmente se obtuvo el tamaño de muestra corregido para cada sector:

Sector 1, la razón es igual a:  $i_1 = \frac{569}{122} = 4,66$  este valor se redondea a 4, por lo tanto el tamaño de muestra corregido final  $n_1 = \frac{569}{4} = 143$  unidades.

Sector 2, la razón es igual a:  $i_2 = \frac{441}{95} = 4,64$  este valor se redondea a 4, por lo tanto el tamaño de muestra corregido final  $n_2 = \frac{441}{4} = 111$  unidades.

Para la selección de las unidades de muestreo se usó la técnica de muestreo sistemático, la unidad de muestreo inicial se ubica en la progresiva 133+653, y según el intervalo de muestreo las consecutivas; en los apéndices 3 y 4 se detalla el registro de daños existentes para las muestras seleccionadas en los sectores 1 y 2, fecha en que se realizó, progresivas e identificadores correlativos.

A partir del registro de daños tabulado en los apéndices 3 y 4 se elaboró las tablas 8 y 9 para los sectores 1 y 2 respectivamente, en las cuales se presenta según el tipo y clase de daños existentes totalizados: la cantidad, severidad y porcentaje o densidad de daños. Las figuras 4 y 5 muestran los porcentajes de esos daños existentes para los sectores 1 y 2 respectivamente.

Tabla 8: Tipo y cantidad de daños en Sector 1

Código	Daño específico	Clase de daño	Cantidad (m <sup>2</sup> ) según severidad			Area subtotal	% con respecto de área total	% con respecto de área con daño
			Baja	Media	Alta			
D0	Sin daño aparente	No precisa	-	-	-	12 967,65	40,30%	0,00%
D1	Piel de cocodrilo	Estructural	-	21,5	-	21,50	0,07%	0,11%
D2	Exudación	Funcional	92,7	289,6	-	382,26	1,19%	1,99%
D5	Corrugación	Estructural	-	237,0	-	237,00	0,74%	1,23%
D6	Depresión	Estructural	-	21,9	7,3	29,23	0,09%	0,15%
D10	Grietas longitudinales transversales	Estructural	39,9	96,5	-	136,35	0,42%	0,71%
D11	Parqueo	Funcional	388,4	943,7	897,0	2 229,13	6,93%	11,61%
D13	Huecos	Funcional	1,3	19,3	31,9	52,48	0,16%	0,27%
D15	Ahuellamiento	Estructural	794,0	1 539,3	150,0	2 483,25	7,72%	12,93%
D19	Meteorización	Funcional	3 408,4	9 493,5	734,3	13 636,16	42,38%	70,99%
Area total evaluada			4 724,7	12 662,2	1 820,4	32 175,00	100,00%	100,00%

Figura 4: Porcentaje de daños existentes en Sector 1

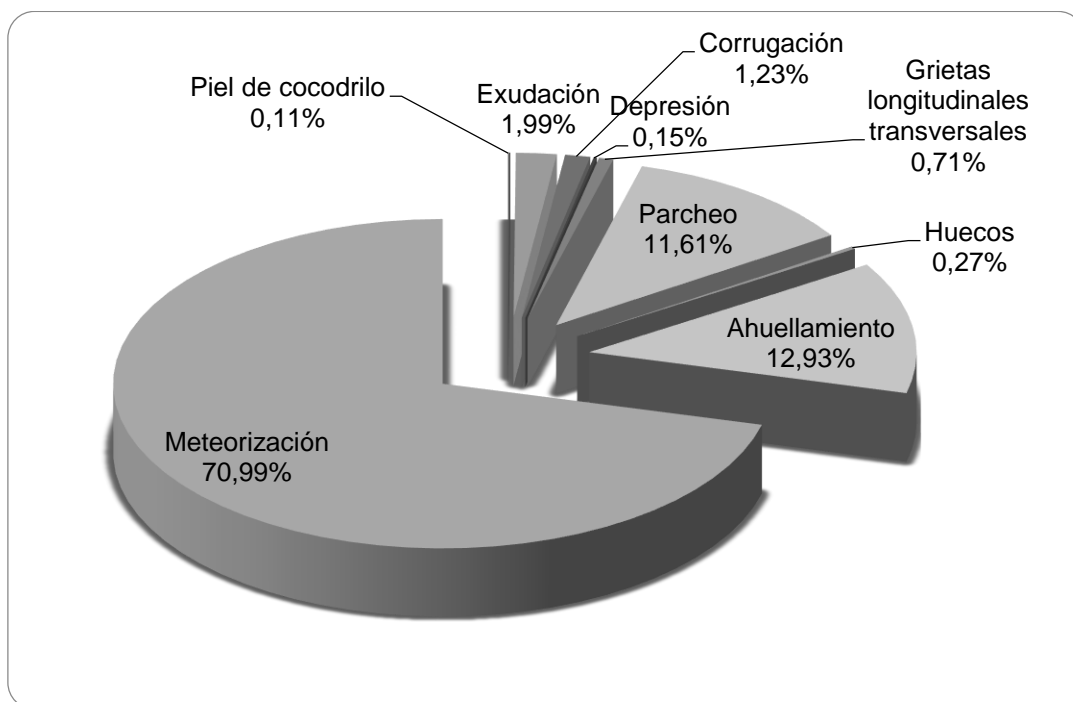
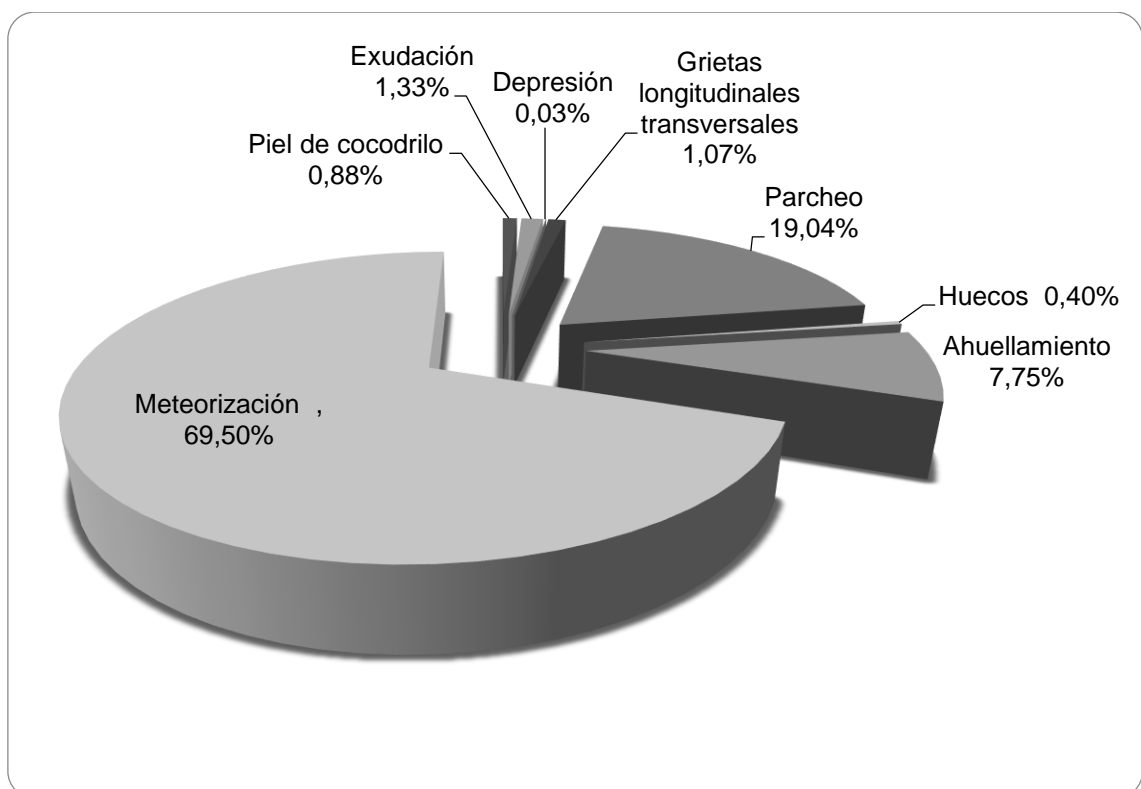


Tabla 9: Tipo y cantidad de daños en Sector 2

Código	Daño específico	Clase de daño	Cantidad (m <sup>2</sup> ) según severidad			Area subtotal	% con respecto o de área total	% con respecto de área con daño
			Baja	Media	Alta			
D0	Sin daño aparente	No precisa	-	-	-	14 409,24	57,7%	0,00%
D1	Piel de cocodrilo	Estructural	1,5	89,5	1.6	92,61	0,37%	0,88%
D2	Exudación	Funcional	-	139,9	-	139,91	0,56%	1,33%
D6	Depresión	Estructural	-	3,1	-	3,06	0,01%	0,03%
D10	Grietas longitudinales transversales	Estructural	7,2	105,7	-	112,85	0,45%	1,07%
D11	Parqueo	Funcional	575,2	1 391,9	42.3	2 009,42	8,05%	19,04%
D13	Huecos	Funcional	-	30,7	11,6	42,26	0,17%	0,40%
D15	Ahuellamiento	Estructural	415,4	402,6	-	817,99	3,28%	7,75%
D19	Meteorización	Funcional	3 282,2	3 356,3	696,2	7 334,61	29,38%	69,50%
Area total evaluada			4 281,4	5 519,6	751,7	24 961,94	100,0%	100,00%

Figura 5: Porcentaje de daños existentes en Sector 2



En las tablas 8 y 9 el % con respecto del área total corresponde al área de daño sobre el área total evaluada y el % con respecto de área con daño corresponde al área de daño sobre el área total con daños.

Debido al amplio número de unidades de muestreo: 143 unidades para el sector 1 y 111 unidades para el sector 2, se obtuvo el PCI usando el programa UnalPCIA; para verificación se procesó en forma detallada la muestra 001 en hoja Excel (Ver Apéndice 1) comparando los valores obtenidos en el programa UnalPCIA (Ver Apéndice 2) se corroboró que son similares. En la columna final de los apéndices 3 y 4 se incluye el PCI calculado con el programa UnalPCIA de las unidades de muestreo para los sectores 1 y 2 respectivamente.

Con los valores del PCI obtenidos se ha elaborado para los sectores 1 y 2 tablas y gráficos de frecuencia del PCI según sus intervalos de clasificación:

Tabla 10: Frecuencia del PCI según intervalos de clasificación en sector 1

<b>Intervalo del PCI</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
0 -10 (Dañado)	7	4,9
10-25 (Muy malo)	15	10,5
25-40(Malo)	34	23,8
40-55 (Regular)	25	17,5
55-70(Bueno)	37	25,9
70-85 (Muy bueno)	13	9,1
85-100 (Excelente)	12	8,4
Total	143	100

Figura 6: Frecuencia del PCI según intervalos de clasificación en sector 1

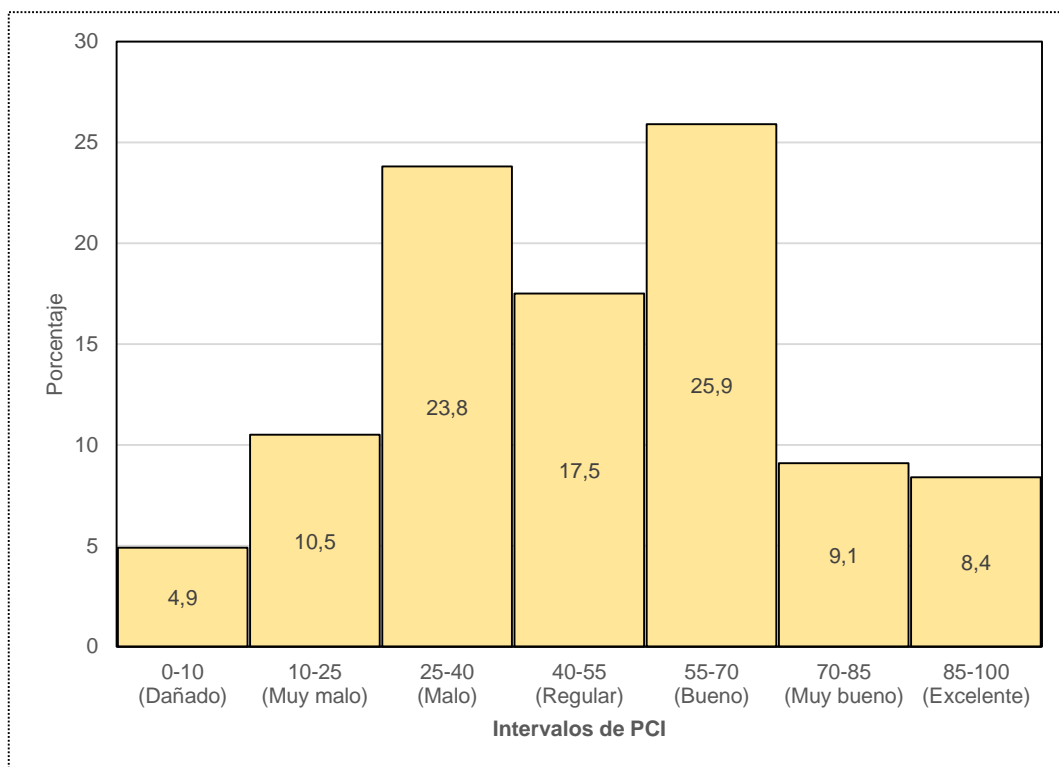
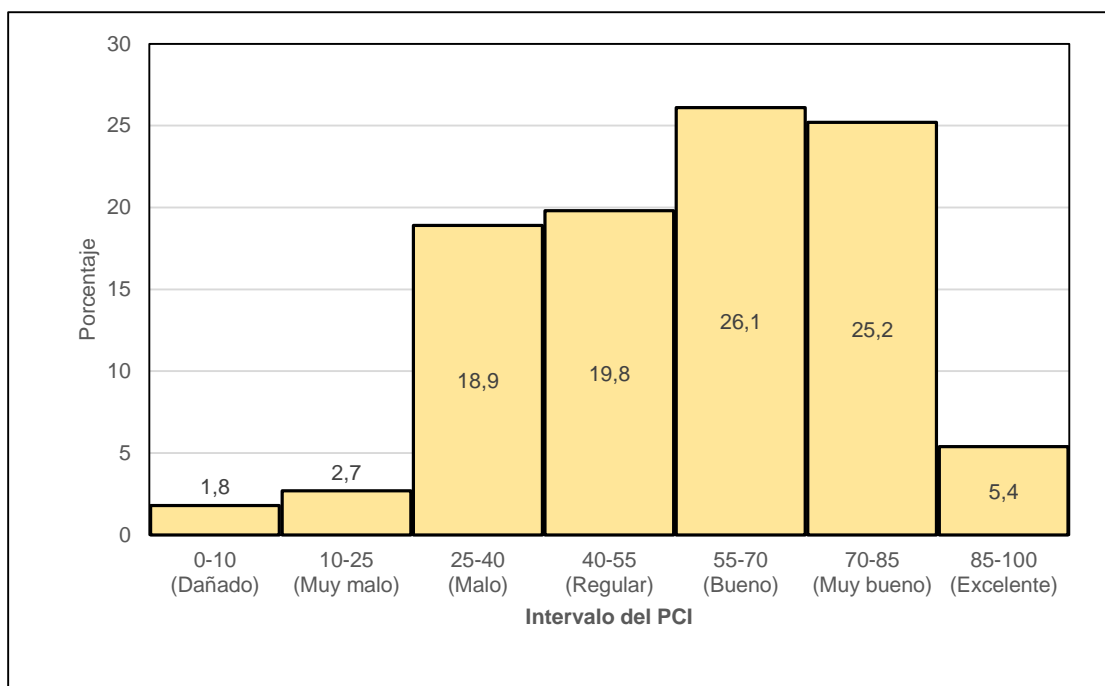


Tabla 11: Frecuencia del PCI según intervalos de clasificación en sector 2

Intervalo del PCI	Frecuencia	Porcentaje
0-10 (Dañado)	2	1,8
10-25 (Muy malo)	3	2,7
25-40 (Malo)	21	18,9
40-55 (Regular)	22	19,8
55-70 (Bueno)	29	26,1
70-85 (Muy bueno)	28	25,2
85-100 (Excelente)	6	5,4
Total	111	100,0

Figura 7: Frecuencia del PCI según intervalos de clasificación en sector 2



Así mismo con los valores del PCI obtenidos ordenados en forma ascendente (ver apéndice 5 y 6) se elaboró para los sectores 1 y 2 sus respectivos histogramas de frecuencia (ver figuras 8 y 9); el PCI de cada sector se obtuvo como promedio del PCI de las muestras inventariadas, su valor se aprecia en las figuras 8 y 9.

Figura 8: Semejanza del histograma de frecuencias del índice de condición del pavimento (PCI) con la curva normal en sector 1

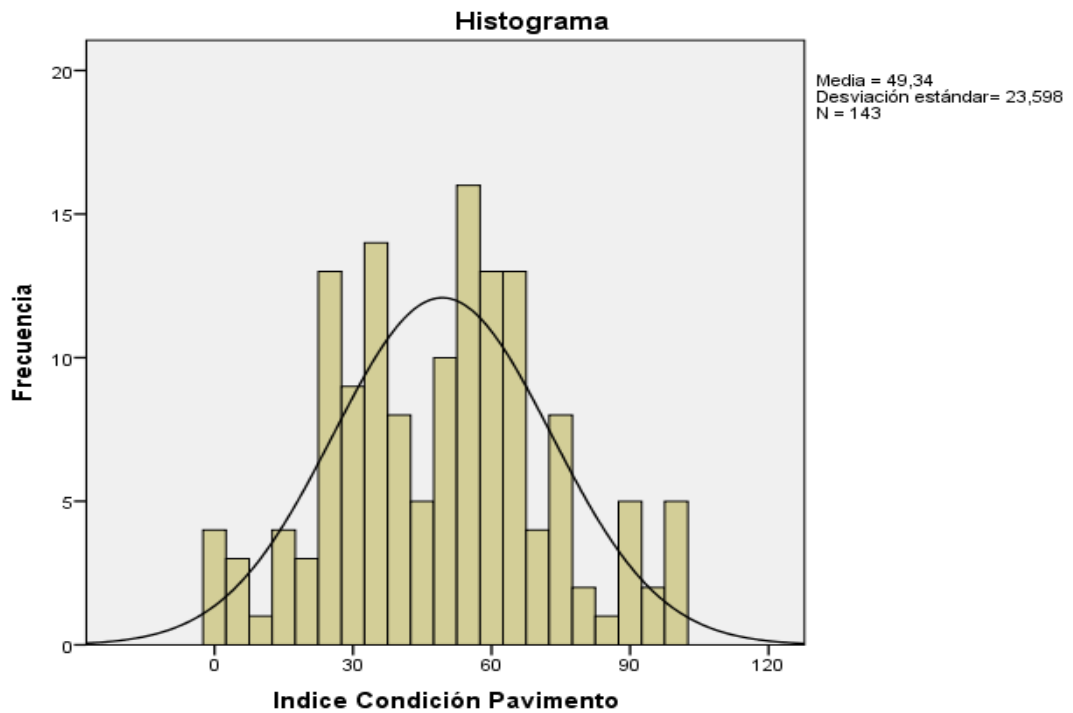
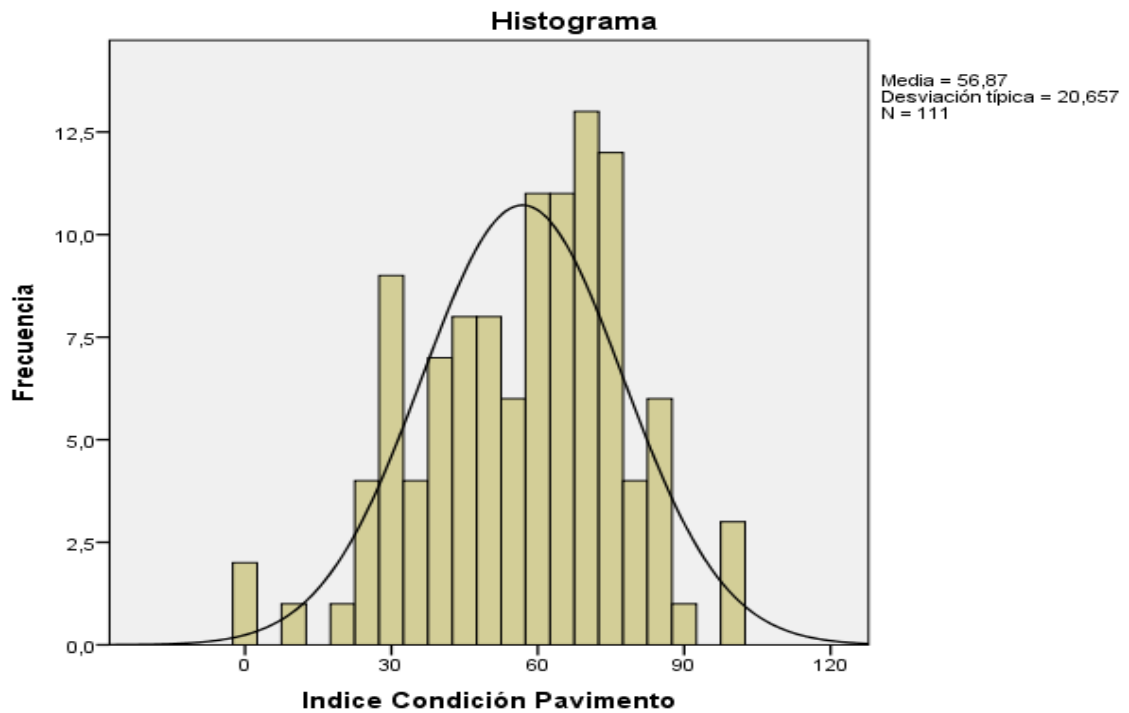


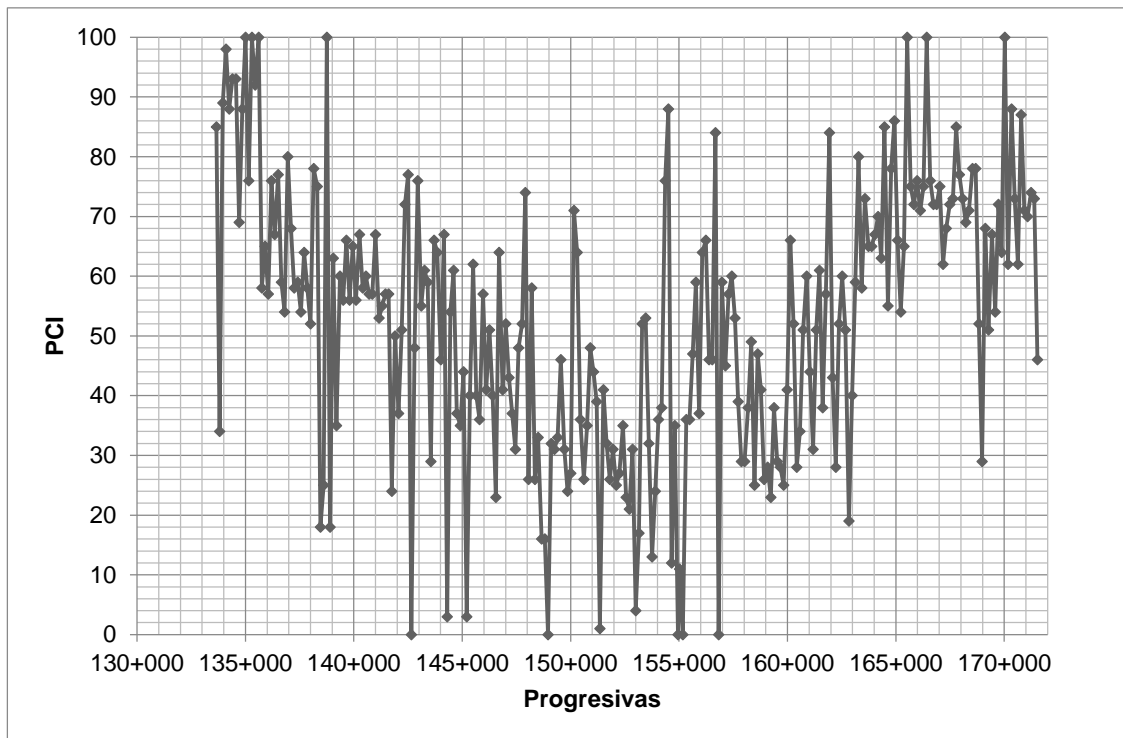
Figura 9: Semejanza del histograma de frecuencias del índice de condición del pavimento (PCI) con la curva normal en sector 2



En las figuras 8 y 9 se aprecia en los dos sectores la distribución del índice de condición del pavimento se asemejan a la distribución normal de probabilidades, que indica puede ser clasificada bajo las características de este modelo normal.

La figura 10 permite observar el comportamiento del PCI para las unidades de muestreo según la progresiva de ubicación en el desarrollo del tramo en estudio en forma consolidada para los sectores 1 y 2.

Figura 10: Comportamiento de PCI según ubicación de unidades de muestreo de tramo en estudio





En las fotos más adelante se observa algunos daños existentes los cuales se pueden verificar de acuerdo al registro detallado de los apéndices 4 y 5:

Figura 11: D1 daño piel de cocodrilo en severidad media (Muestra 5 - km 133+653, sector 1)



Figura 12: D1 daño piel de cocodrilo en severidad media (Muestra 761- km 162+078, sector 2)



Figura 13: D2 daño de exudación en severidad baja (Muestra 225 - km 142+053, sector 1)



Figura 14: D2 daño de exudación en severidad media (Muestra 801 - km 163+578, sector 2)



Figura 15: D5 daño de corrugación en severidad media (Muestra 133 - km 138+603, sólo en sector 1)



Figura 16: D6 daño de depresión en severidad media (Muestra 445 - km 150+303, sector 1)



Figura 17: D6 daño de depresión en severidad media (Muestra 641 - km 157+578, sector 2)



Figura 18: D10 daño grietas longitudinales transversales en severidad media (Muestra 125 - km 138+303, sector 1)

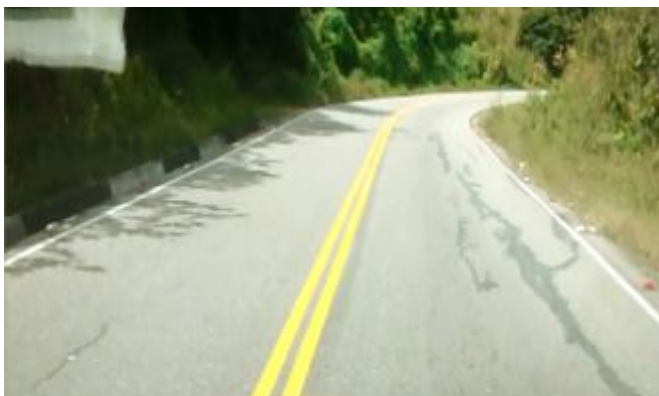


Figura 19: D10 daño grietas longitudinales transversales en severidad media (Muestra 685 - km 159+228, sector 2)



Figura 20: D11 daño de parcheo en severidad baja (Muestra 181 - km 140+403, sector 1)



Figura 21: D11 daño de parcheo en severidad baja (Muestra 861 - km 165+828, sector 2)



Figura 22: D13 daño de huecos en severidad media (Muestra 149 - km 139+203, sector 1)



Figura 23: D13 daño de huecos en severidad media (Muestra 781- km 162+828, sector 2)



Figura 24: D15 daño de ahuellamiento en severidad media (Muestra 217 - km 141+753, sector 1)



Figura 25: D15 daño de ahuellamiento en Severidad media (Muestra 717 - km 160+428, sector 2)

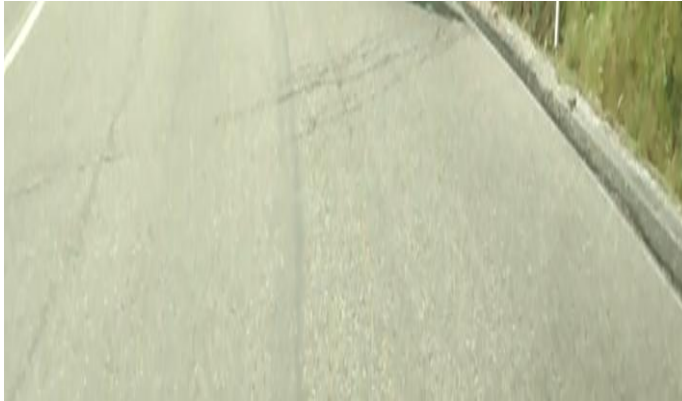


Figura 26: D19 daño de meteorización en severidad media (Muestra 497 - km 152+253, sector 1)



Figura 27: D19 daño de meteorización en Severidad media (Muestra 753 - km 161+778, S-2)



## 5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

En el presente estudio se evaluó un tramo de la vía identificada como ruta PE-08 parte de la red vial nacional de Perú y determinó la condición del pavimento utilizando la metodología del PCI; el tramo de carretera estudiado cuenta con capa de rodadura asfáltica de 6,0 m de ancho, tiene una longitud de 37,88 km y está ubicado en zona alto andina.

Para evaluar el tramo fue dividido en dos sectores, de acuerdo a la diferencia de fechas en su rehabilitación de la cual fue objeto el pavimento desde que fuera puesto en operación:

Sector 1: Desde la progresiva de inicio 133+653 hasta la progresiva 155+000 rehabilitado en el año 2010, y

Sector 2: desde la progresiva 155+000 hasta la progresiva final 171+533 rehabilitado en el año 2012.

Se utilizó la técnica de la medición directa para el registro de daños de las unidades de muestreo seleccionadas aleatoria y sistemáticamente, gracias a la opción de no incluir todas las secciones a evaluar mediante la aplicación de estadística

En el sector 1 se seleccionó y evaluó 143 unidades de muestreo de un total de 569 unidades en la que se dividió este sector (cada unidad de 37,5 m de largo por 6,0 m de ancho). En total ello representó un área evaluada de 32 175,00 metros cuadrados.

En el sector 2 se seleccionó y evaluó 111 unidades de muestreo de un total de 441 unidades en las que se dividió este sector (igualmente cada unidad de 37,5 m de largo por 6,0 m de ancho). En total ello representó un área evaluada de 24 961,94 metros cuadrados.

De acuerdo a la clasificación de daños: funcional y/o estructural y según los tipos específicos de daños encontrados, se tiene que:

En el sector 1 se registró un área con daños de 19 207,35 m<sup>2</sup>, de los cuales el mayor porcentaje de daños 70,99% es de clase funcional correspondiente a daño específico de meteorización, le siguen en orden descendente el daño de clase estructural con un 12,93% correspondiente a daño específico de ahuellamiento y a continuación uno de clase funcional con 11,61% correspondiente a daño específico de parcheo como los más representativos en el sector 1.

En el sector 2 se registró un área con daños de 10 552,70 m<sup>2</sup>, de los cuales el mayor porcentaje de daños 69,50% es de clase funcional correspondiente a daño específico de meteorización, le siguen en orden descendente uno de clase funcional con 19,04% correspondiente a daño específico de parcheo y a continuación el daño de clase estructural con un 7,75% correspondiente a daño específico de ahuellamiento como los más representativos en el sector 2.

En el sector 1 la severidad de los daños presentes está en un nivel medio, caso similar ocurre en el sector 2, sin embargo en este sector se observó un mayor porcentaje de daños de parcheo registrados en la recolección de información.



Los histogramas de frecuencia del PCI presentan una distribución normal de la información procesada, lo cual verifica la confiabilidad de los datos recolectados.

El registró de daños en cada una de las unidades de muestreo seleccionadas para los dos sectores se puede verificar en apéndices 3 y 4, debido a la gran cantidad de tipos específicos de daños que incluye la metodología PCI presentamos en el registro de muestras solo los daños específicos existentes y no aquellos daños que al momento del inventario aún no eran evidentes.

El valor del PCI obtenido para el sector 1 es de 49,34 ubicado en el intervalo de clasificación Regular y para el sector 2 es de 56.87 ubicado en el intervalo de clasificación Bueno.

Gutiérrez (2007, p. 66) elaboró una interpretación según el valor de PCI obtenido, ésto aplicado al presente estudio: en el sector 1 con un PCI de 49,34 y en el sector 2 con un PCI de 56.87, ambos PCI próximos al valor 55, aquí la interpretación indica que la condición del pavimento se ubica en el punto en que el pavimento requiere acciones de mantenimiento localizado para corregir fallas más fuertes, la condición de rodaje sigue siendo buena pero su deterioro comienza a aumentar.

De acuerdo a los resultados obtenidos los daños más frecuentes son de tipo funcionales (ver tablas 8 y 9 y figuras 4 y 5). En las zonas cuyo PCI es igual a cero (ver apéndices 3 y 4) no se deberá aplicar medidas de mantenimiento sino más bien retiro total de carpeta y reconstrucción de estructura de pavimento.

Desde el punto de vista de la Ingeniería es importante establecer las causas origen del daño en la vía, en tal sentido Gutiérrez (2007, p. 65) elaboró una tabla que relaciona la causa principal para cada tipo de daño del método PCI, esta tabla se presenta en el anexo 8; tabla que aplicada a la presente investigación para la mayor densidad de daños obtenida correspondiente a daño de meteorización, la causa principal de este daño es la calidad de materiales que integran la estructura del pavimento, materiales que en un principio pueden ser de buena calidad, pero se van degradando cuando como en este caso agua subterránea proveniente de afloramientos en los taludes de la carretera ingresa a la estructura del pavimento produciendo un efecto negativo deteriorándolo, en la presente investigación este fenómeno se da entre las progresivas 136+953 a 162+830, sector en donde se evidencia un mayor afectación al pavimento, consecuentemente aquí el PCI presenta valores más bajos debido a la falta de un sistema de subdrenaje continuo paralelo a la vía que elimine rápidamente las aguas de infiltración, la falta de subdrenes conlleva a la aparición de daños en el pavimento.

En el tramo indicado se verificó sólo existen dos (02) tramos de subdrenes en las progresivas 155+000 y 155+478 de 90 y 60 metros respectivamente, en los demás sectores con afloramientos de agua en los taludes, el agua discurre por la berma y/o escasas cunetas y se infiltra al terraplén originando daños al pavimento; en el anexo 9 se adjunta un panel fotográfico con las evidencias de inexistencia de subdrenes y la necesidad de los mismos para su futura implementación, caso contrario el daño de la vía será progresivo hasta el colapso del terraplén en sectores críticos.

### 5.3. Contrastación de hipótesis

#### 5.3.1. Contrastación de hipótesis general

Hipótesis general

La condición actual del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina es regular.

La variable (PCI) debe tener distribución normal, por lo tanto se determinó la prueba de bondad de ajuste del PCI a una distribución normal; ésta es una restricción teórica que se debe cumplir a fin de validar la bondad de ajuste.

#### Formulación de la hipótesis:

Ho: El PCI sigue una distribución normal

H1: El PCI no sigue una distribución normal

**Nivel de significación:**  $\alpha=0.05$

Estadística de prueba: Prueba de Kolmogorov - Smirnov.

Regla de decisión: Ho se rechaza si  $P > 0.05$ , caso contrario se acepta.

Tabla 12: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para Sector 1

Estadísticos		Valor obtenido
N		143
Parámetros normales a,b	Media	4,0979
	Desviación estándar	1,57585
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,150
	Positivo	0,149
	Negativo	-0,150
Estadístico de prueba		0,150
Significación asintótica (bilateral)		0,000

**Estadístico de Prueba =0.150 P=0.000**

Según los resultados: La distribución del PCI es normal.

Tabla 13: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para Sector 2

Estadísticos		Valor obtenido
N		111
Parámetros normales a,b	Media	4,6306
	Desviación estándar	1,35464
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0,175
	Positivo	0,120
	Negativo	-0,175
Estadístico de prueba		0,175
Significación asintótica (bilateral)		0,000

**Estadístico de Prueba =0.175      P=0.000**

Según los resultados: La distribución del PCI es normal

Se puede apreciar que la distribución del PCI es normal en ambos sectores.

### Formulación de la hipótesis

$H_0$ : La condición actual del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina aplicando el método PCI se presenta con igual frecuencia para todas las condiciones del pavimento.

$$P_1=P_2= \dots=P_7; \text{ Para todo } i=1,2, \dots,7$$

$H_1$ : La condición actual del pavimento flexible de la carretera Ciudad de Dios - Cajamarca en zona alto andina aplicando el método PCI No se presenta con igual frecuencia al menos para una condición del pavimento.

$$\exists i / P_i \neq P_j; \text{ para algún } i \neq j =1,2, \dots,7$$

### Nivel de significación

$$\alpha = 0,05$$

## Estadística de prueba

Prueba Chi-cuadrada de bondad de ajuste (una variable)

## Decisión

Si  $P < \alpha = 0,05$ ,  $H_0$  se Rechaza y se acepta  $H_1$

Según la prueba de hipótesis para los 2 sectores:

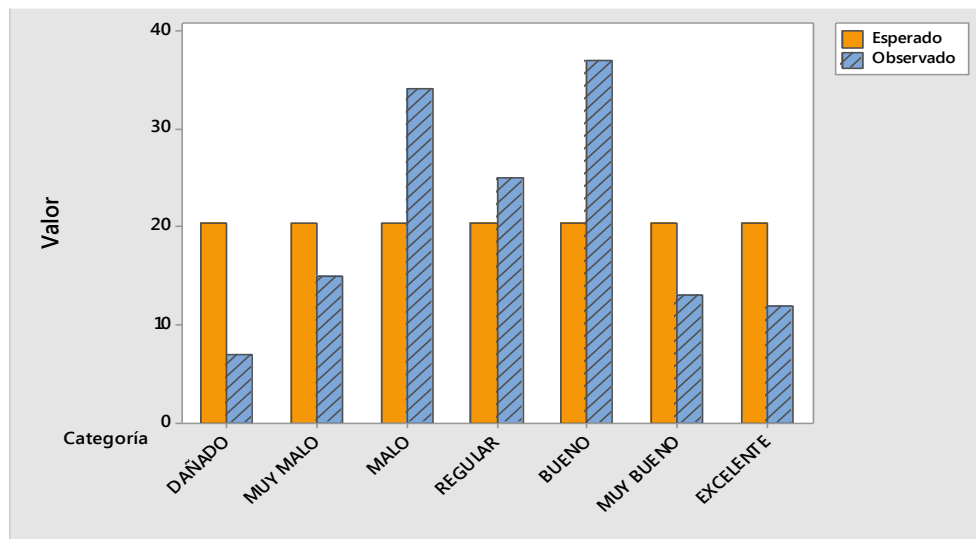
Tabla 14: Prueba de Chi-cuadrado para sector 1

Categorías	Observados	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a Chi-cuadrado
(Dañado)	7	0,142857	20,4286	8,8272
(Muy malo)	15	0,142857	20,4286	1,4426
(Malo)	34	0,142857	20,4286	9,0160
(Regular)	25	0,142857	20,4286	1,0230
(Bueno)	37	0,142857	20,4286	13,4426
(Muy bueno)	13	0,142857	20,4286	2,7013
(Excelente)	12	0,142857	20,4286	3,4775
N	GL	Chi-cuadrado	Valor p	
143	6	39,9301	0,000	

$\chi^2 = 39.9301$        $P=0.000$

Según los resultados: Aceptamos  $H_1$ , es decir, al menos una condición del pavimento diverge en frecuencia de las demás.

Figura 28: Gráfica de valores observados y esperados



Según la figura 28, se aprecia que las condiciones del pavimento de mayor frecuencia son: Bueno, regular y malo, es decir se verifica H1.

Tabla 15: Prueba de Chi-cuadrado para sector 2

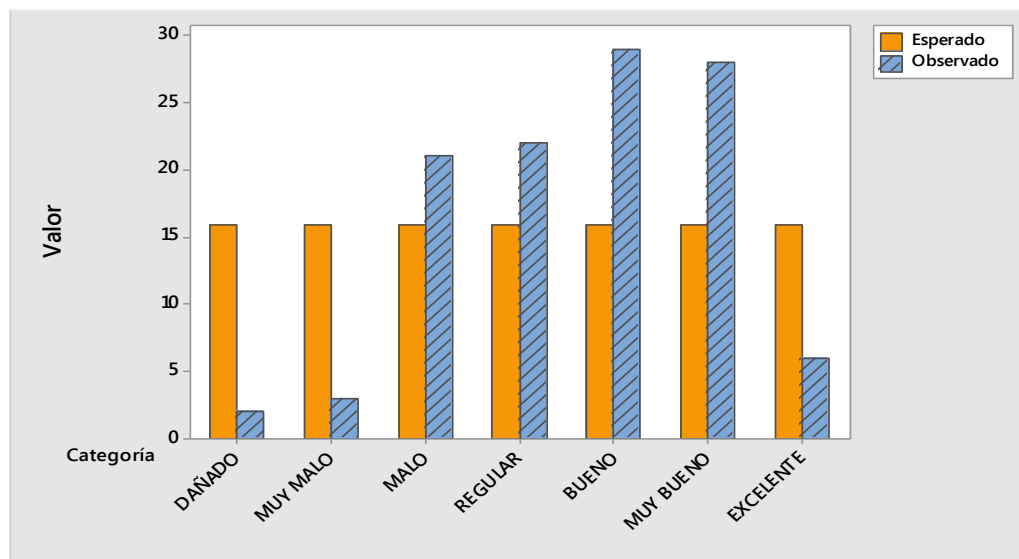
Categorías	Observados	Proporción de prueba	Esperado	Contribución a Chi-cuadrado
(Dañado)	2	0,142857	15,8571	12,1094
(Muy malo)	3	0,142857	15,8571	10,4247
(Malo)	21	0,142857	15,8571	1,6680
(Regular)	22	0,142857	15,8571	2,3797
(Bueno)	29	0,142857	15,8571	10,8932
(Muy bueno)	28	0,142857	15,8571	9,2986
(Excelente)	6	0,142857	15,8571	6,1274
N		GL	Chi-cuadrado	Valor p
111		6	52,9009	0,000

$$\chi^2 = 39.9301$$

$$P=0.000$$

Según los resultados: Aceptamos H1, es decir, al menos una condición del pavimento diverge en frecuencia de las demás.

Figura 29: Gráfica de valores observados y esperados sector 2



## Decisión

La condición del pavimento es intermedia, donde destaca malo, regular y bueno, según se observa en las gráficas, corroborado con la prueba de hipótesis alterna contrastado al 95% de confianza, puesto que en ambos sectores  $p=0,000 < \alpha = 0,05$ .

### 5.3.2. Contrastación de hipótesis específica

#### 5.3.2.1. La condición actual del pavimento depende de la clase y cantidad de daños que presenta la superficie de rodadura

Según la clase de daños que presenta la superficie del pavimento, tenemos cuatro categorías: Sin daño, funcional, estructural y estructural-funcional; para verificar la correlación con la condición del pavimento realizaremos mediante una tabla cruzada en los dos sectores.

Tabla 16: Índice de condición del pavimento según clase de daño para sector 1

Índice de condición del pavimento		Sin daño	Funcional	Estructural	Estructural-funcional	Total
Dañado	Nº	0	4	0	3	7
	%	0,0%	23,5%	0,0%	2,6%	4,9%
Muy malo	Nº	0	0	1	14	15
	%	0,0%	0,0%	16,7%	12,1%	10,5%
Malo	Nº	0	0	0	34	34
	%	0,0%	0,0%	0,0%	29,3%	23,8%
Regular	Nº	0	1	0	24	25
	%	0,0%	5,9%	0,0%	20,7%	17,5%
Bueno	Nº	0	6	2	29	37
	%	0,0%	35,3%	33,3%	25,0%	25,9%

Muy bueno	N°	0	2	1	10	13
	%	0,0%	11,8%	16,7%	8,6%	9,1%
Excelente	N°	4	4	2	2	12
	%	100,0%	23,5%	33,3%	1,7%	8,4%
Total	N°	4	17	6	116	143
	%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
D de Somers			Correlación de Spearman		Valor p	
-0,438			-0,318		0,003	

La variable índice de condición del pavimento (PCI) está correlacionada significativamente con la clase de daño, esto se puede corroborar con la prueba de hipótesis verificada al 95% de confianza y el gráfico de barras de la figura 30.

Figura 30: Índice de condición del pavimento, según clase de daño en sector 1

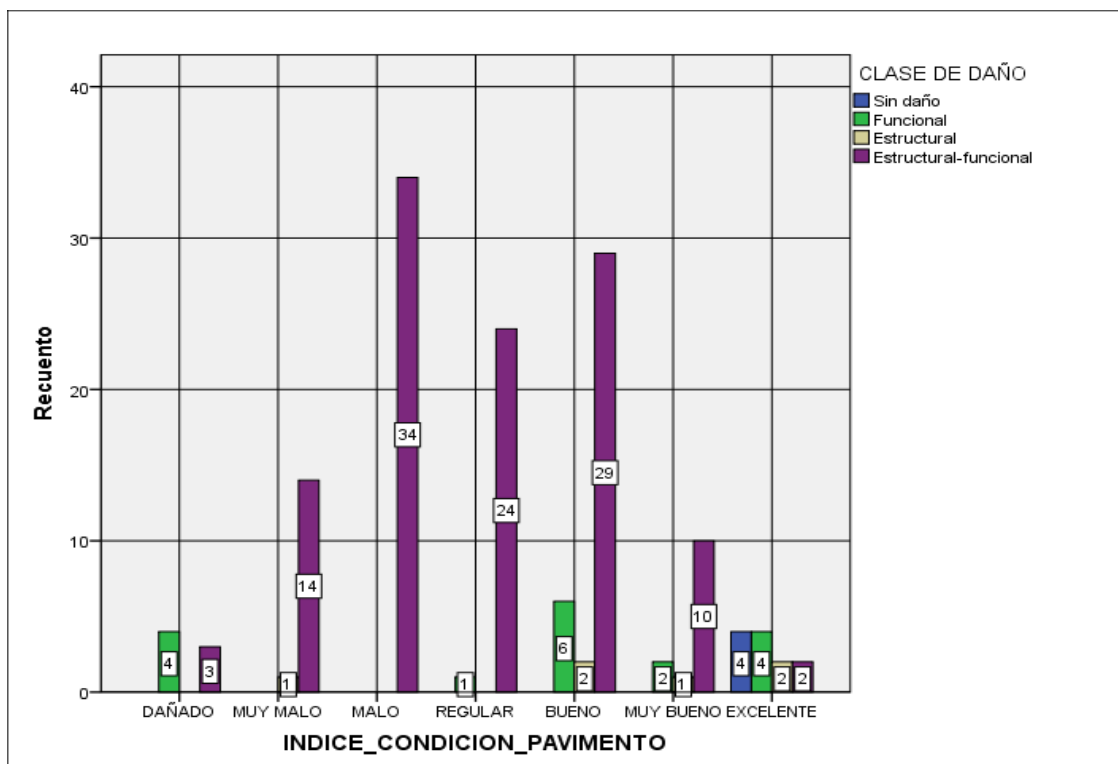


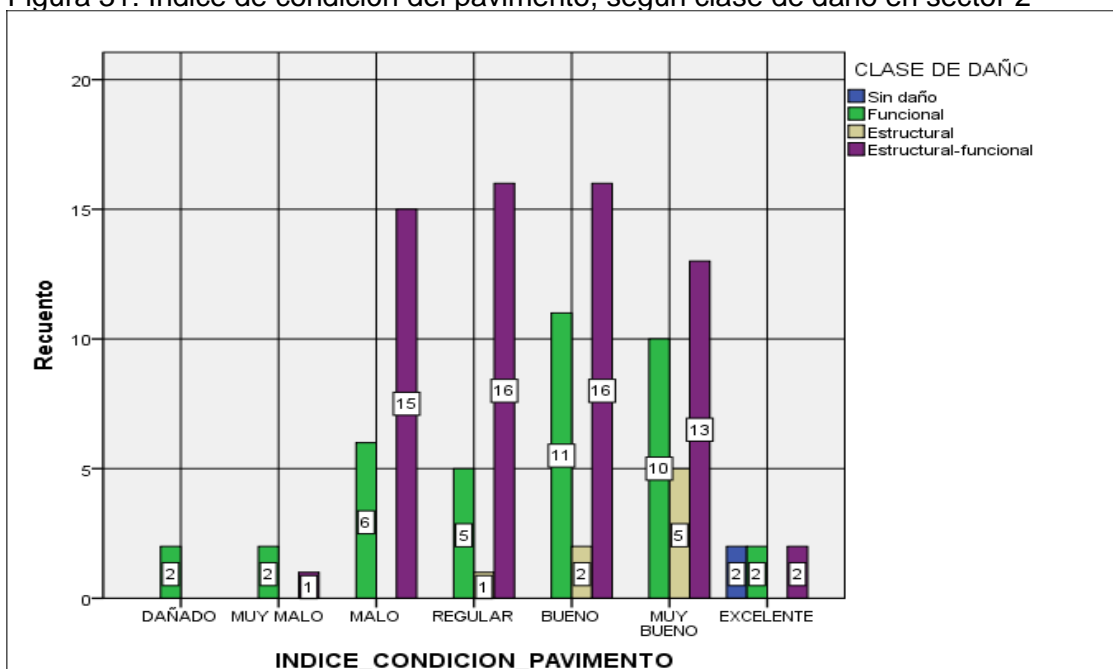


Tabla 17: Índice de condición del pavimento según clase de daño para sector 2

Índice de condición del pavimento		Sin daño	Funcional	Estructural	Estructural-funcional	Total
Dañado	N°	0	2	0	0	2
	%	0,0%	5,3%	0,0%	0,0%	1,8%
Muy malo	N°	0	2	0	1	3
	%	0,0%	5,3%	0,0%	1,6%	2,7%
Malo	N°	0	6	0	15	21
	%	0,0%	15,8%	0,0%	23,8%	18,9%
Regular	N°	0	5	1	16	22
	%	0,0%	13,2%	12,5%	25,4%	19,8%
Bueno	N°	0	11	2	16	29
	%	0,0%	28,9%	25,0%	25,4%	26,1%
Muy bueno	N°	0	10	5	13	28
	%	0,0%	26,3%	62,5%	20,6%	25,2%
Excelente	N°	2	2	0	2	6
	%	100,0%	5,3%	0,0%	3,2%	5,4%
Total	N°	2	38	8	63	111
	%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
D de Somers			Correlación de Spearman		Valor p	
-0,150			-0,142		0,154	

El índice de condición del pavimento (PCI) tiene relación significativa (95%) con la clase de daño. Esto se puede observar en el gráfico de barras de la figura 31.

Figura 31: Índice de condición del pavimento, según clase de daño en sector 2



Según la cantidad de daños que presenta la superficie del pavimento, contrastamos la hipótesis de correlación significativa entre el PCI (Y) con la cantidad de daños (X) para los dos sectores:

Sector 1:

Tabla 18: Correlaciones para sector 1

		PCI	Cantidad daños
Cantidad Daños	Correlación de Pearson	-0,745**	1
	Significación (bilateral)	0,000	
N		143	143

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Ajuste de curva

$$\text{PCI} = 80.228 - 0.226 \text{ CD.}$$

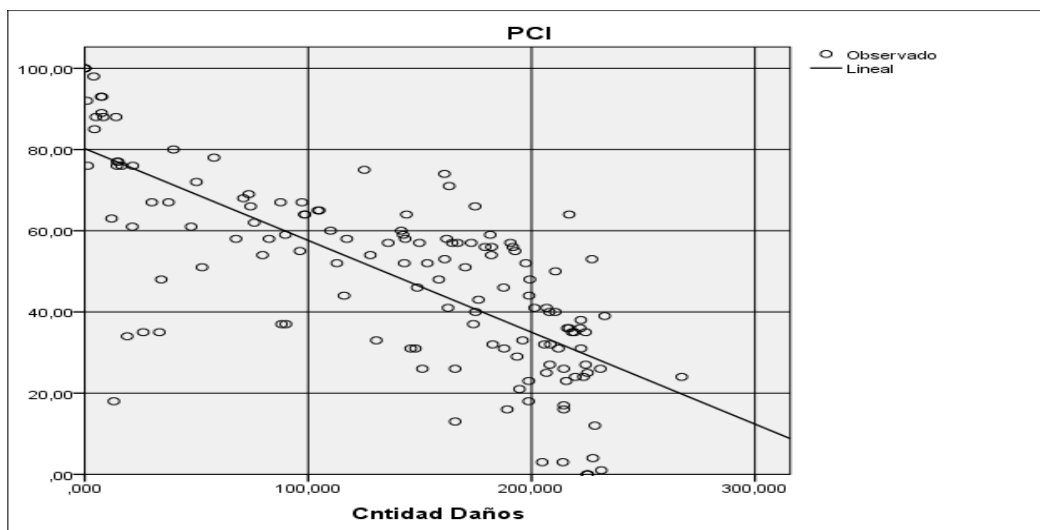
Tabla 19: Resumen de modelo y estimaciones de parámetro

Variable analizada: PCI

Ecuación	R cuadrado	Resumen del modelo				Nivel de Significación	Estimaciones de parámetro	
		F	gl1	gl2	Constante		b1	
Lineal	0,555	175,889	1	141	0,000	80,228	-0,226	

La correlación es con la cantidad de daño (CD)

Figura 32: Diagrama de dispersión y ajuste del modelo de regresión lineal. Sector 1



Sector 2:

Tabla 20: Correlaciones para sector 2

		PCI	Cantidad daños
Cantidad Daños	Correlación de Pearson	-0,584**	1
	Significación (bilateral)	0,000	
	N	111	111

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Ajuste de curva

$$PCI = 78.245 - 2.19 CD$$

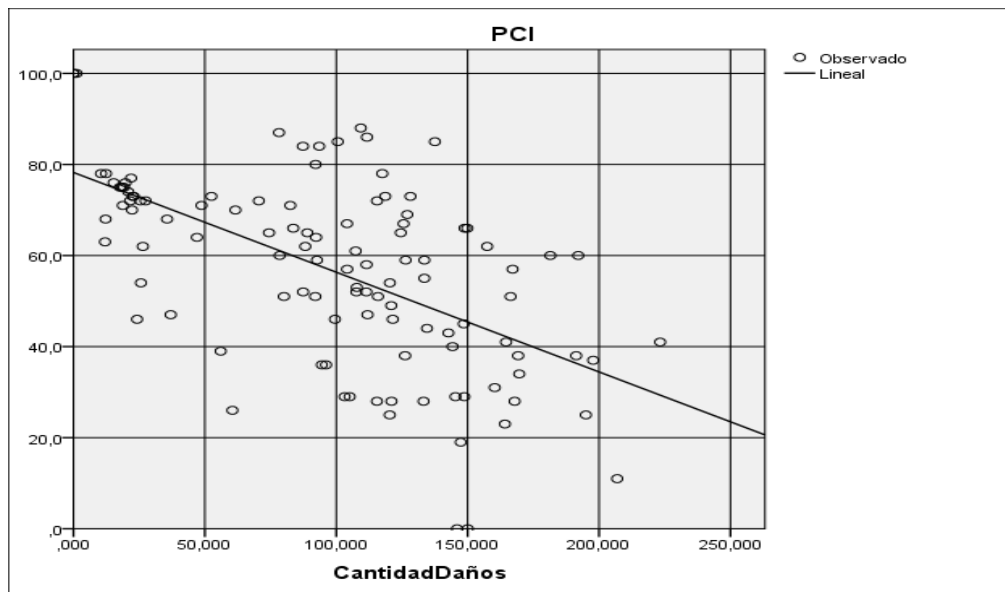
Tabla 21: Resumen de modelo y estimaciones de parámetro

Variable analizada: PCI

		Resumen del modelo				Nivel de Significac	Estimaciones de parámetro	
Ecuación	R cuadrado	F	gl1	gl2	ión	Constante	b1	
Lineal	0,341	56,361	1	109	0,000	78,245	-0,219	

La correlación es con la cantidad de daño (CD)

Figura 33: Diagrama de dispersión y ajuste del Modelo de Regresión lineal.  
Sector 2



5.3.2.2. La condición actual del pavimento depende de la severidad de los daños presentes en la superficie de rodadura

Según la severidad de los daños que presenta la superficie del pavimento, tenemos dos categorías: No presenta severidad y Si presenta severidad, según tres niveles de severidad: Bajo, medio y alto; verificamos su correlación con la condición del pavimento mediante una tabla cruzada en los dos sectores.

Tabla 22: Índice de condición del pavimento para severidad baja para sector 1

Índice de condición del pavimento		No	Si	Total
Dañado	Nº	6	1	7
	%	11,5%	1,1%	4,9%
Muy malo	Nº	10	5	15
	%	19,2%	5,5%	10,5%
Malo	Nº	17	17	34
	%	32,7%	18,7%	23,8%
Regular	Nº	3	22	25

	%	5,8%	24,2%	17,5%
Bueno	N°	7	30	37
	%	13,5%	33,0%	25,9%
Muy bueno	N°	3	10	13
	%	5,8%	11,0%	9,1%
Excelente	N°	6	6	12
	%	11,5%	6,6%	8,4%
Total	N°	52	91	143
	%	100,0%	100,0%	100,0%
X <sup>2</sup>		Correlación	Valor p	
29,287		0,412	0,000	

La variable (PCI) está correlacionada con la severidad de daño. Se puede corroborar en el gráfico de barras de la figura 34.

Figura 34: Recuento de severidad baja de daños por condición del pavimento en sector 1

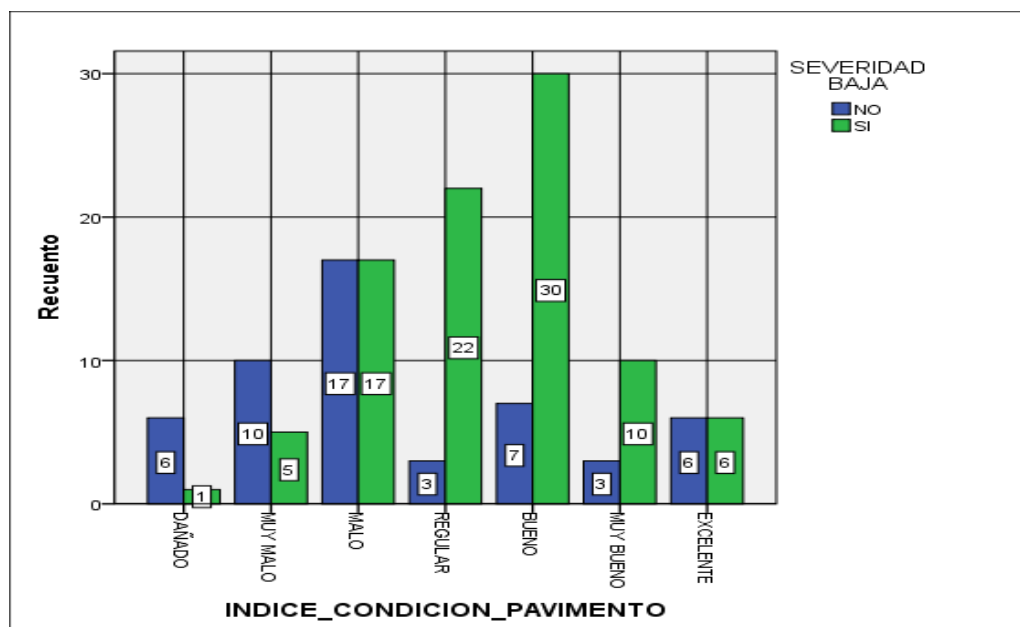


Tabla 23: Índice de condición del pavimento para severidad media para sector 1

Índice de condición del pavimento		No	Si	Total
Dañado	Nº	4	3	7
	%	22,2%	2,4%	4,9%
Muy malo	Nº	0	15	15
	%	0,0%	12,0%	10,5%
Malo	Nº	0	34	34
	%	0,0%	27,2%	23,8%
Regular	Nº	1	24	25
	%	5,6%	19,2%	17,5%
Bueno	Nº	1	36	37
	%	5,6%	28,8%	25,9%
Muy bueno	Nº	4	9	13
	%	22,2%	7,2%	9,1%
Excelente	Nº	8	4	12
	%	44,4%	3,2%	8,4%
Total	Nº	18	125	143
	%	100,0%	100,0%	100,0%
X <sup>2</sup>		Correlación		Valor p
60,448		0,545		0,000

La variable (PCI) está correlacionada con la severidad de daño. Se puede corroborar en el gráfico de barras de la figura 35.

Figura 35: Recuento de severidad media de daños por condición del pavimento en sector 1

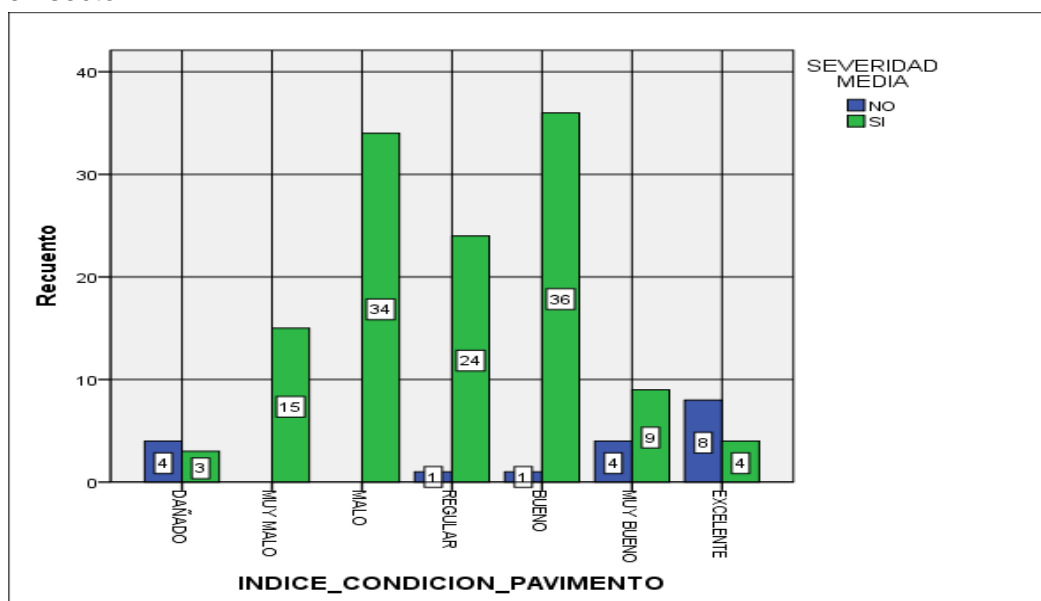


Tabla 24: Índice de condición del pavimento para severidad alta para sector 1

Índice de condición del pavimento		No	Si	Total
Dañado	Nº	0	7	7
	%	0,0%	22,6%	4,9%
Muy malo	Nº	5	10	15
	%	4,5%	32,3%	10,5%
Malo	Nº	25	9	34
	%	22,3%	29,0%	23,8%
Regular	Nº	21	4	25
	%	18,8%	12,9%	17,5%
Bueno	Nº	37	0	37
	%	33,0%	0,0%	25,9%
Muy bueno	Nº	12	1	13
	%	10,7%	3,2%	9,1%
Excelente	Nº	12	0	12
	%	10,7%	0,0%	8,4%
Total	Nº	112	31	143
	%	100,0%	100,0%	100,0%
X <sup>2</sup>		Correlación	Valor p	
59,166		0,541	0,000	

La variable (PCI) está correlacionada con la severidad de daño. Se puede corroborar en el gráfico de barras de la figura 36.

Figura 36: Recuento de severidad alta de daños por condición del pavimento en sector 1

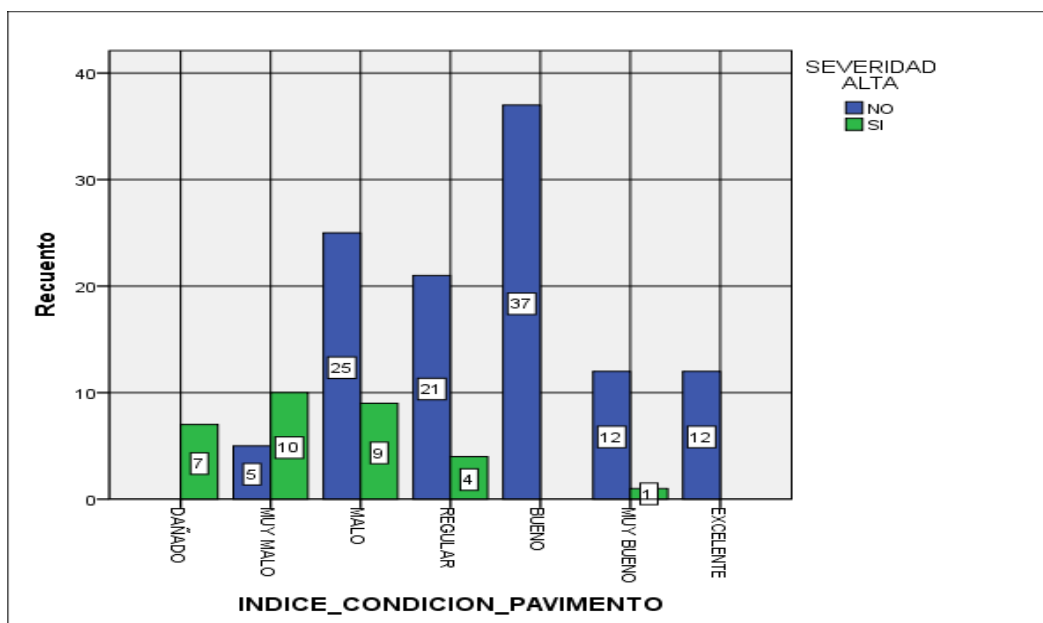


Tabla 25: Índice de condición del pavimento para severidad baja para sector 2

Índice de condición del pavimento		No	Si	Total
Dañado	Nº	1	1	2
	%	2,3%	1,1%	1,8%
Muy malo	Nº	3	0	3
	%	7,0%	0,0%	2,7%
Malo	Nº	17	4	21
	%	39,5%	5,9%	18,9%
Regular	Nº	12	10	22
	%	27,9%	14,7%	19,8%
Bueno	Nº	5	24	29
	%	11,6%	35,3%	26,1%
Muy bueno	Nº	3	25	28
	%	7,0%	36,8%	25,2%
Excelente	Nº	2	4	6
	%	4,7%	5,9%	5,4%
Total	Nº	43	68	111
	%	100,0%	100,0%	100,0%
X <sup>2</sup>		Correlación	Valor p	
37,923		0,505	0,000	

La variable (PCI) está correlacionada con la severidad de daño. Se puede corroborar en el gráfico de barras de la figura 37.

Figura 37: Recuento de severidad baja de daños por condición del pavimento en sector 2

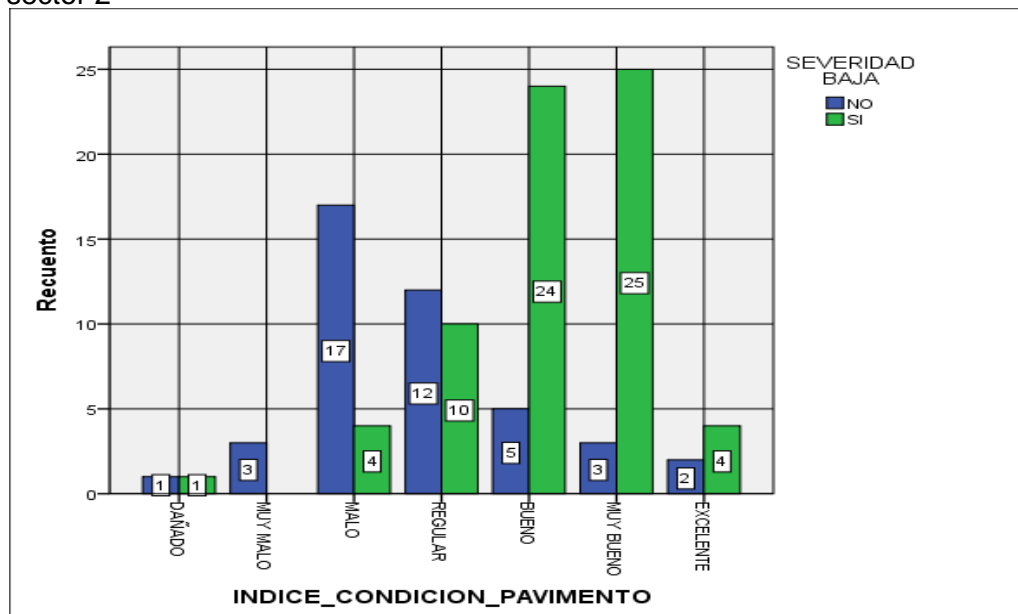




Tabla 26: Índice de condición del pavimento para severidad media para sector 2

Índice de condición del pavimento		No	Si	Total
Dañado	Nº	1	1	2
	%	3,8%	1,2%	1,8%
Muy malo	Nº	0	3	3
	%	0,0%	3,5%	2,7%
Malo	Nº	0	21	21
	%	0,0%	24,7%	18,9%
Regular	Nº	0	22	22
	%	0,0%	25,9%	19,8%
Bueno	Nº	2	27	29
	%	7,7%	31,8%	26,1%
Muy bueno	Nº	18	10	28
	%	69,2%	11,8%	25,2%
Excelente	Nº	5	1	6
	%	19,2%	1,2%	5,4%
Total	Nº	26	85	111
	%	100,0%	100,0%	100,0%
X <sup>2</sup>		Correlación		Valor p
57,345		0,548		0,000

La variable (PCI) está correlacionada con la severidad de daño. Esto se puede corroborar en el gráfico de barras de la figura 38.

Figura 38: Recuento de severidad media de daños por condición del pavimento en sector 2

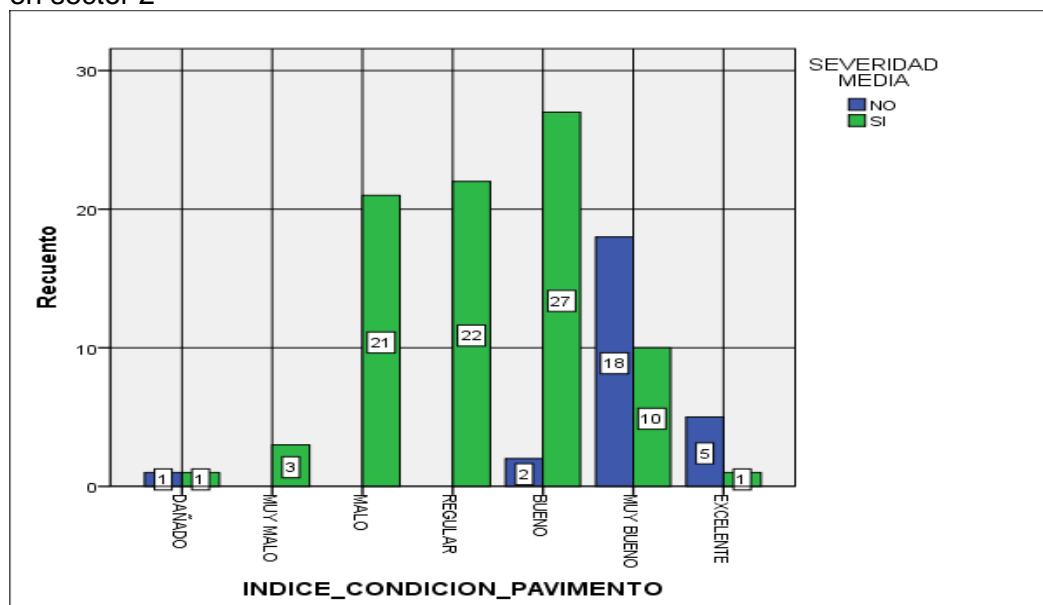
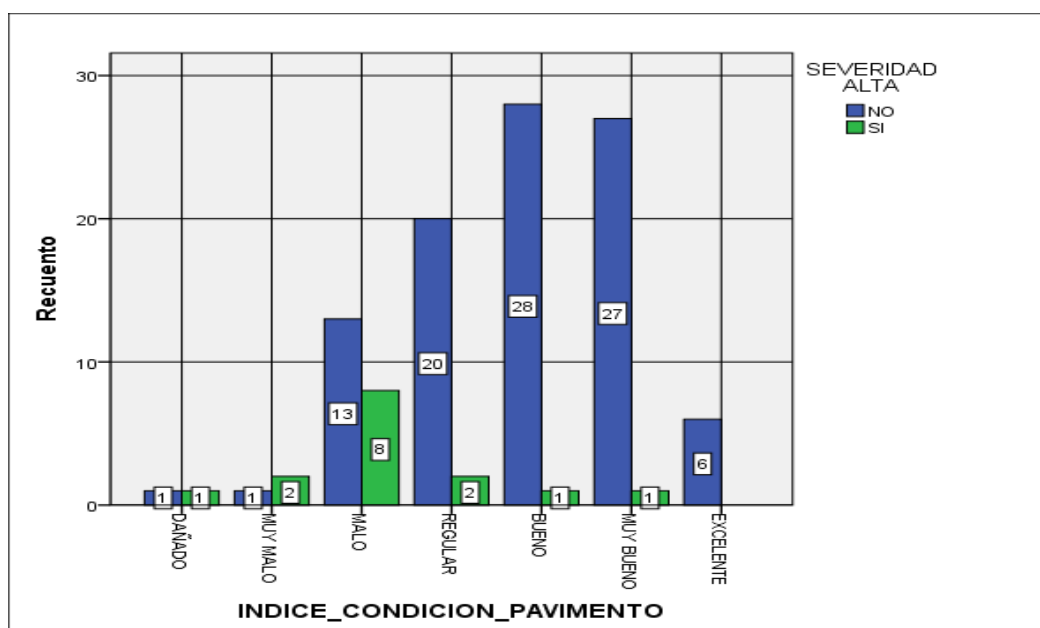


Tabla 27: Índice de condición del pavimento para severidad alta para sector 2

Índice de condición del pavimento		No	Si	Total
Dañado	Nº	1	1	2
	%	1,0%	6,7%	1,8%
Muy malo	Nº	1	2	3
	%	1,0%	13,3%	2,7%
Malo	Nº	13	8	21
	%	13,5%	53,3%	18,9%
Regular	Nº	20	2	22
	%	20,8%	13,3%	19,8%
Bueno	Nº	28	1	29
	%	29,2%	6,7%	26,1%
Muy bueno	Nº	27	1	28
	%	28,1%	6,7%	25,2%
Excelente	Nº	6	0	6
	%	6,3%	0,0%	5,4%
Total	Nº	96	15	111
	%	100,0%	100,0%	100,0%
X2		Correlación	Valor p	
26,575		0,440	0,000	

La variable índice de condición del pavimento (PCI) está correlacionada con la severidad de daño. Se puede corroborar en el gráfico de barras de la figura 39.

Figura 39: Recuento de severidad alta de daños por condición del pavimento en sector 2



## CAPÍTULO VI PROPUESTA

### 6.1. Formulación de la propuesta para la solución del problema

#### 6.1.1. Tipos de Intervención propuesta.

Habiendo realizado el inventario de daños y cuantificado aquellos existentes en el tramo de vía estudiado, se calculó el PCI o condición del pavimento de cada sector, para determinar las zonas a intervenir utilizamos el método de diferencias acumulativas para delimitación de unidades homogéneas (extraído del anexo E de la guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras), aplicado al PCI calculado.

El método permite establecer de una manera objetiva mediante procedimientos analíticos y realizando un dibujo que muestra el comportamiento de la variable medida a lo largo del proyecto, específicamente el procedimiento, de tipo estadístico, se basa en el hecho matemático simple de que 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 proyecto, los límites de los tramos homogéneos ocurren en los puntos donde la pendiente de la línea que representa la variación de  $Z_x$ , cambia de signo (ver anexo 7).

En el apéndice 7 se ha calculado las diferencias acumulativas  $Z_x$  aplicado al PCI obtenido en cada muestra evaluada, graficado ese valor según las progresivas del tramo en estudio, en la figura 40 se observa la sectorización de las unidades

homogéneas caracterizadas como tales aquellas con la misma pendiente. Los límites de los sectores homogéneos se ubican en los cambios de pendiente, y son los siguientes:

Subtramo 1: Progresiva 133+653 a progresiva 136+953: 3 300 metros

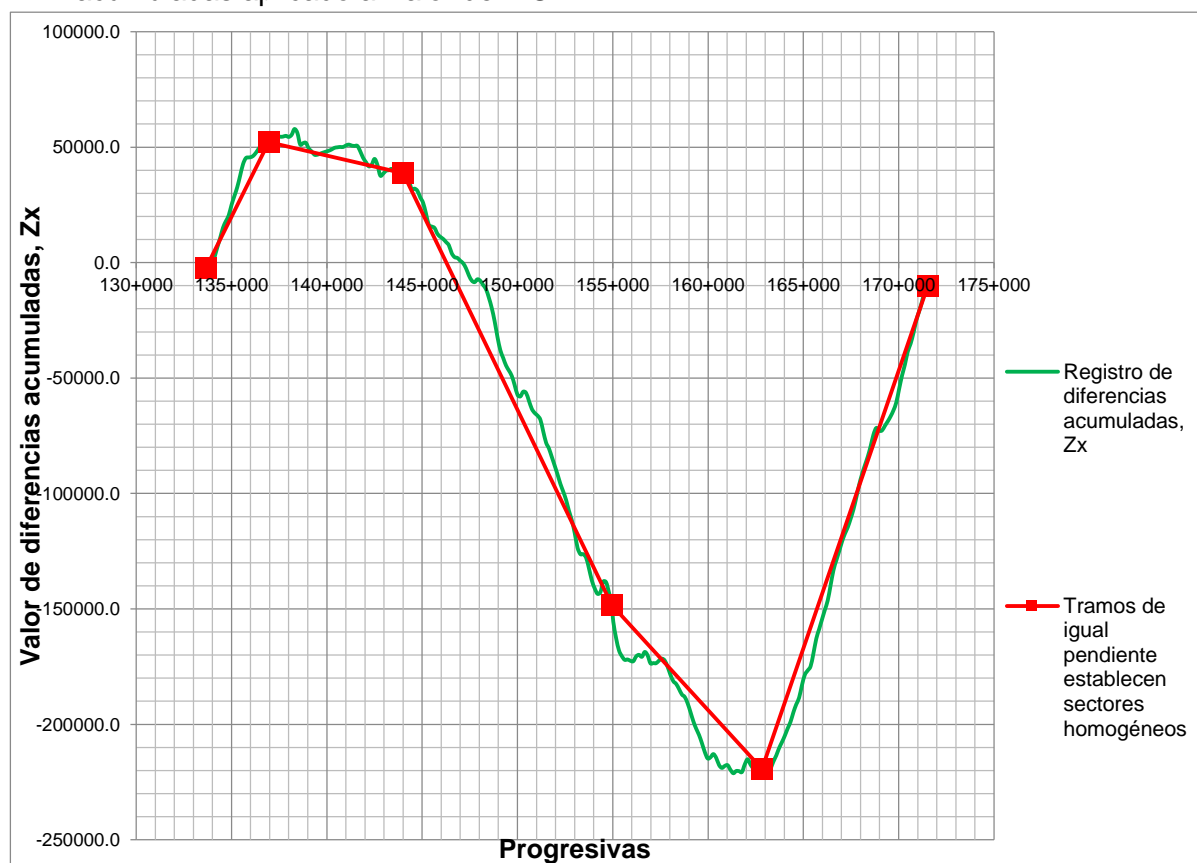
Subtramo 2: Progresiva 136+953 a progresiva 144+003: 7 050 metros

Subtramo 3: Progresiva 144+003 a progresiva 155+000: 10 997 metros

Subtramo 4: Progresiva 155+000 a progresiva 162+830: 7 830 metros

Subtramo 5: Progresiva 162+830 a progresiva 171+533: 8 703 metros

Figura 40: Sectorización de unidades homogéneas por método de diferencias acumuladas aplicado al valor del PCI



anexo 6 correspondiente a categorización del PCI vs. Tipo de mantenimiento:

Subtramo 1: Progresiva 133+653 a progresiva 136+953: Longitud 3 300 metros

PCI ascendente con valor promedio 78, PCI mínimo 34, PCI máximo 100.

La categoría de acción indica mantenimiento correctivo menor, pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo.

Subtramo 2: Progresiva 136+953 a progresiva 144+003: Longitud 7 050 metros

PCI descendente con valor promedio 56, PCI mínimo 18, PCI máximo 100.

La categoría de acción indica mantenimiento correctivo mayor o intensivo, pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo: Condición dudosa entonces mantenimiento correctivo mayor, sellado de superficie y reencarpetado delgado.

Subtramo 3: Progresiva 144+003 a progresiva 155+000: Longitud 10 997 metros

PCI descendente con valor promedio 38, PCI mínimo 1, PCI máximo 88.

La categoría de acción indica rehabilitación y refuerzo estructural, pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles.

Subtramo 4: Progresiva 155+000 a progresiva 162+830: Longitud 7 830 metros

PCI descendente con valor promedio 44, PCI mínimo 11, PCI máximo 84, en pavimentos que presenten de 40 a 55 es mejor que se dejen deteriorar a condiciones de rehabilitación mayor, sin embargo se asumirá como pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles

Subtramo 5: Progresiva 162+830 a progresiva 171+533: Longitud 8 703 metros

PCI ascendente con valor promedio 70, PCI mínimo 29, PCI máximo 100, la categoría de acción indica mantenimiento correctivo menor, pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo.

Considerando que en general en cada subtramo de acuerdo a la categorización del PCI obtenido vs. el tipo de mantenimiento requerido, indica presencia de fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo; en el apéndice 8 se ha elaborado según aquellos daños que con mayor frecuencia se presenta en el estudio, las técnicas de reparación de acuerdo a la metodología PCI que se aplicarán para el tratamiento de cada tipo específico de daño y a su nivel de severidad.

#### 6.1.1.1. Tratamientos Previos

De acuerdo a la mayor densidad de daños la matriz de mantenimiento y rehabilitación de la metodología PCI según Díaz (2014), indica que las labores de reparación incluyen:

Para la meteorización:

- . Fresado parcial de la carpeta existente.
- . Capa de nivelación.

Para el ahuellamiento:

- . Parcheo superficial.
- . Fresado.

Para el parcheo

- . Parcheo y bacheo.

Para las grietas

- . Sello de fisuras.

#### 6.1.1.2. Restauración.

- . Lechada asfáltica.
- . Sello de arena-asfalto.

#### 6.1.1.3. Refuerzo

Para el caso de la meteorización y el ahuellamiento, el tratamiento consiste en instalar una capa superior de espesor determinado estimado en 7.5 cm para incrementar la capacidad estructural del pavimento (prolongando el periodo de diseño) y corrección de deficiencia superficial, para que la sobrecapa cumpla su función es indispensable escoger los materiales y espesores adecuados.

#### 6.1.1.4. Reciclado.

No es conveniente el reciclado de material proveniente de la carpeta retirada por los elevados costos que implica la distancia de transporte. En tal sentido este material será dispuesto a botaderos específicos coordinados por el concesionario y el organismo supervisor.

#### 6.1.1.5. Reconstrucción.

En zonas cuyo PCI es igual a cero y no cuentan con vida residual adicional se prevé el retiro total de carpeta y remplazo de estructura de pavimento. Específicamente aquellas ubicadas en las siguientes progresivas:

138+050

139+150

140+500

142+750

149+000

154+980

155+380

En la figura 10 se puede corroborar el PCI obtenido en la ubicación de los puntos arriba detallado que los ubica en el nivel de dañado o colapsado.

En el alcance del contrato de concesión de la Carretera Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios-Cajamarca-Chiple, Cajamarca-Trujillo y Dv. Chilete-Empalme PE-3N, páginas 166 a 173 como parte del manual para relevamiento de niveles de servicio se encuentra la componente superficie de rodadura y presenta una relación de daños o defectos previstos a tratar en la superficie de rodadura como son: Huecos, fisuras por fatiga, parches, ahuellamiento, exudación y hundimiento. Hemos verificado que esa es la mayor frecuencia de daños además de la meteorización los cuales han sido registrados en el inventario realizado como parte del presente estudio.



Adjunto incluimos la propuesta de costo para el tratamiento y reparación del tramo en estudio en los dos sectores que se ha dividido según la cantidad y tipo de daños más frecuentes que se han registrado y evaluado, en el apéndice 9 se presentan los costos unitarios de las partidas de reparación, calculados con los precios vigentes a la fecha de la evaluación extraídos de la revista Costos (2017), estos costos se han aplicado en la alternativa de reparación para cada tipo de daño existente según la metodología PCI, determinando los siguientes montos totales de reparación de daños por sectores (ver apéndices 10 y 11):

Sector 1: Costo total de reparación de área con daños existentes a agosto de 2017 asciende a la suma a costo directo de S/. 1 743 651,50 (Un millón setecientos cuarenta y tres mil seiscientos cincuenta y uno con 73/100 soles), esto representa un estimado de S/. 325 156,50 (Trescientos veinticinco mil ciento cincuenta y seis con 50/100 soles) por km de sector dañado.

Sector 2: Costo total de reparación de área con daños existentes a agosto de 2017 asciende a la suma a costo directo de S/. 710 377,01 (Setecientos diez mil trescientos setenta y siete con 1/100 soles), esto representa un estimado de S/. 170 750,43 (Ciento setenta mil setecientos cincuenta con 43/100 soles) por km de sector dañado.

## CONCLUSIONES

En el presente estudio de evaluación de la condición del pavimento flexible con la metodología del PCI de un tramo de la vía que conforma la red vial nacional del país de Perú identificada como ruta PE-08 ubicada en zona alto andina, según los resultados, análisis, interpretación y discusión ha llegado a las siguientes conclusiones:

El valor del PCI promedio obtenido para el sector 1 es de 49,34 ubicado en el intervalo de clasificación Regular, esto determina que la condición del pavimento en el sector 1 es Regular y para el sector 2 el valor del PCI es de 56.87 ubicado en el intervalo de clasificación Bueno, esto determina que la condición del pavimento en el sector 2 es Bueno.

De acuerdo a los parámetros evaluados: clase de daños que pueden ser funcional o estructural, según los tipos específicos y cantidad de daños más frecuentes y la severidad de los mismos, se tiene que:

En el sector 1 según su frecuencia el mayor porcentaje de daño es de clase funcional específicamente de meteorización representando un 70,99% del área con daño o 42,38% del área total evaluada del sector 1 igual a 13 636,16 m<sup>2</sup> (ver tabla 8 y su gráfica correspondiente).

En el sector 2 según su frecuencia el mayor porcentaje de daño es de clase funcional específico de meteorización representando un 69,50% del área con daño o 29.38% del área total evaluada del sector 2 igual a 7 334,61 m<sup>2</sup> (ver tabla 9 y su gráfica correspondiente).

De acuerdo al parámetro evaluado severidad de daños se tiene que en el sector 1 la severidad promedio de los daños presentes está en un nivel medio, caso similar ocurre en el sector 2, cabe indicar que en sector 1 se registró un mayor porcentaje de daños de parcheo en severidad alta en la recolección de información.

Se ha verificado con un 95% de confianza en las diversas condiciones de pavimento evaluadas, las que fueron observadas con mayor frecuencia son: Malo, regular y bueno; comportamiento similar en ambos sectores de estudio (tabla 14 y tabla 15).

Se ha contrastado con un 95% de confianza que el PCI depende significativamente de la clase y cantidad de daños en ambos sectores bajo estudio (tabla 16 y tabla 17).

Se ha contrastado con un 95% de confianza que la condición del pavimento PCI, depende significativamente de la severidad de los daños en ambos sectores bajo estudio (tablas 22 a 27).

De acuerdo al valor del PCI obtenido por sectores la condición del pavimento se ubica en el punto en que el pavimento requiere acciones de mantenimiento localizado para corregir fallas más fuertes, la condición de rodaje sigue siendo buena pero su deterioro comienza a aumentar.

En forma específica el costo estimado de reparación del área con daños asciende a costo directo a las sumas de S/. 1 743 651, 73 para el sector 1 y a S/. 710 377, 01 para el sector 2. Considerando que el sector 1 es 2 años más antiguo que el sector 2 desde la última rehabilitación de que fueran objeto, vemos que el costo de reparación es considerablemente mucho más alto en el sector 01 con respecto al

sector 2, en tal sentido fue importante contar con un registro histórico de intervenciones en el pavimento que permitió sectorizarlos en forma homogénea para realizar su evaluación en forma específica optimizando los costos de recuperación de la vía.

A partir de la inspección en campo y fundamentado en los resultados de los valores de PCI obtenidos corroborados en las figuras 10 y 40, podemos establecer que según los sectores la causa más relevante para el decremento del valor del PCI, es la carencia de un sistema de drenaje paralelo a la vía que permita captar las aguas de provenientes de los taludes de la carretera, ello motiva su infiltración y la aparición constante de áreas con daños en sectores específicos del pavimento.

En conclusión en forma general el valor del PCI si bien depende significativamente de la clase, cantidad y severidad de los daños que el pavimento presenta en un momento dado, si la condición es evaluada en períodos más largos los daños se agudizan, en tal sentido los tramos analizados deben ser evaluados en períodos apropiados de tiempo máximo anualmente y sectorizando el pavimento a partir de un registro de intervenciones, de modo que los trabajos de mantenimiento sean programados y aplicados oportunamente.

## RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- La última rehabilitación del pavimento se realizó en el año 2012 y la presente evaluación se realizó en el año 2017, se sugiere la evaluación se realice anualmente y según el registro de daños, se puede tomar más pronto las medidas correctivas, si la evaluación de la condición del pavimento no es continua, la evidencia de deterioros es tardía y más costosa su recuperación debido a que el pavimento presenta más daños; en tal sentido resulta conveniente aplicar a carreteras rurales la evaluación de su condición con el método PCI anualmente y a una etapa intermedia con vida remanente para la capa de rodadura, ello permitirá intervenciones a un costo menor. Para fines de rehabilitación cuantificar el registro de todas las unidades de muestreo.
- Para el control y conveniente evacuación de las aguas de infiltración próximas a la carretera en estudio implementar un sistema de subdrenes como elemento integrante del pavimento que evite su deterioro prematuro y progresivo.
- Establecer un sistema de gestión de pavimentos acorde al pensamiento moderno, implica realizar un control periódico de la condición del pavimento para contar con una base de datos histórica con la que mediante modelos matemáticos y probabilísticos se estime el comportamiento del pavimento en función al tiempo. Según Sotil (2014 p. 18) las entidades dedicadas a la gestión de pavimentos buscan preservar y optimizar el presupuesto disponible tratando de entender el comportamiento de su infraestructura y por eso, invierten en la acumulación de datos históricos, para su posterior análisis y uso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D6433-07, 2007. Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys [Práctica estándar para carreteras y estacionamientos estudios de índice de condiciones del pavimento].ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007.Subcomité E17.41 en pruebas de pavimento, evaluación y métodos de gestión. Edición aprobada 1 de diciembre 2007, Publicada enero 2008. 48 p

Barriga – Dall’Orto S.A. Ingenieros Consultores. 2003. Elaboración del Expediente técnico Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Chamaya – Jaén – San Ignacio – Río Canchis, Tramo II: Km 60 (Tamborapa) – Río Canchis. Proyecto especial de rehabilitación de infraestructura de transportes (PERT). Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

Boletín No.10: Estudio geodinámico de la cuenca del río Jequetepeque.1994. REPUBLICA DEL PERU. Ministerio de Energía y Minas. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección General de Geología. [Cajamarca]: INGEMMET, 1994. 168 p. Disponible en: <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/handle/minam/210>

BUITRAGO, J., CANO, D. 2011. Análisis comparativo de metodologías de auscultación de pavimentos flexibles. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá: 2011.

CERON, Viviana. 2006. Evaluación y comparación de metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de vía en pavimento flexible y rígido de la vía: Museo Quimbaya – Crq Armenia Quindío (PR 00+000 – PR 02+600). Universidad Nacional de Colombia. Manizales: 2006.

Contrato de Concesión, Carretera Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios–Cajamarca-Chiple, Cajamarca-Trujillo y Dv. Chilete-Emp. PE-3N, OSITRAN. Actualizada: 2014. [Fecha de consulta: 04diciembre 2016]. Disponible en: [https://www.ositran.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/Contrato-de-Concesio%CC%81n\\_Longitudinal-de-la-Sierra-T-2.pdf](https://www.ositran.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/Contrato-de-Concesio%CC%81n_Longitudinal-de-la-Sierra-T-2.pdf)

COSTOS construcción, arquitectura e ingeniería. Lima, Perú, (281) 2017.

Decreto Supremo N°034-2008-MTC. 2015. Aprueba Reglamento nacional de gestión de infraestructura vial. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Disponible en [https://www.mtc.gob.pe/normas\\_legales/normas\\_legales.html](https://www.mtc.gob.pe/normas_legales/normas_legales.html). Actualizado al 26 de febrero de 2015.

Decreto Supremo N°011-2016-MTC. 2016. Aprueba actualización del Clasificador de Rutas . Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Disponible en [https://www.mtc.gob.pe/normas\\_legales/normas\\_legales.html](https://www.mtc.gob.pe/normas_legales/normas_legales.html). Actualizado al 24 de julio de 2016.

DIAZ, Gonzalo. 2016. Evaluación y rehabilitación de la ruta nacional PE-1N en el tramo del km 409+270 al km 416+000 Nepeña – Chimbote a nivel de inversión en el departamento de Ancash 2016. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo: 2016.

DIAZ, Juan. 2014. Evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá: 2014.

GAITAN, Evelio. 2010. Carretera Cajamarca - Ciudad de Dios. Panorama Cajamarquino [en línea]. Cajamarca, 28 de abril de 2010. [Fecha de consulta: 27 noviembre 2016]. Sección Opinión. Disponible en: <http://www.panoramacajamarquino.com/noticia/carretera.cajamarca.%e2%80%93ciudad-de-dios>.

Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras [en línea]. Instituto Nacional de Vías Invias. Actualizada: 2008. [Fecha de consulta: 04 octubre 2018]. Disponible en: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/986-guia-metodologica-para-el-diseño-de-obras-de-rehabilitación-de-pavimentos-asfálticos-de-carreteras>

GUTIERREZ, José. 2007. Modelación geotécnica de pavimentos flexibles con fines de análisis y diseño en el Perú. Universidad nacional de Ingeniería. Lima 2007.

Graña y Montero Ingenieros S.A. Proyectos. Infraestructura. 2014. Supervisión del Mantenimiento de la Carretera Ciudad de Dios – Cajamarca: Tramo II: Chilete – Cajamarca [en línea]. Actualizada: 2014 [Fecha de consulta: 05 setiembre 2016]. Disponible en: [http://www.gmisa.com.pe/py\\_infraestructura.aspx](http://www.gmisa.com.pe/py_infraestructura.aspx)

HOB CONSULTORES S.A. Proyectos y Servicios. 2015 [en línea]. Actualizada: 2015. [Fecha de consulta: 05 setiembre 2016]. Disponible en: <http://www.hobconsultores.com/index.php/proyectos-y-servicios/evaluación-de-pavimentos/evaluación-superficial/>

Intervenciones en la Red Vial Nacional. 2016 [en línea]. REPUBLICA DEL PERU. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Provías Nacional. Actualizada: 2015. [Fecha de consulta: 18 octubre 2017]. Disponible en: [http://www.proviasnac.gob.pe/Archivos/file/RVN%20presentacion/RVN\\_PERU\\_RTT\\_201601%20\(20160311\).pdf](http://www.proviasnac.gob.pe/Archivos/file/RVN%20presentacion/RVN_PERU_RTT_201601%20(20160311).pdf)

Informe de desempeño 2017, longitudinal de la sierra tramo 2: Ciudad de Dios – Cajamarca – Chiple – Cajamarca – Trujillo – Dv. Chilete – Emp. PE3N [en línea]. Gerencia de regulación y estudios económicos, OSITRAN. Actualizada: 2018. [Fecha de consulta: 11 setiembre 2018]. Disponible en: <https://www.ositran.gob.pe/carreteras/longitudinal-de-la-sierra-tramo-2-ciudad-de-dios-cajamarca-chiple-cajamarca-trujillo-dv-chilete-emp-pe.html#informes-de-desempe%C3%B1o>

LEGUIA, P., PACHECO, H. 2016. Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Graú (Huacho-Huaura-Lima). Universidad San Martín de Porres. Lima: 2016.

Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial. 2014 [en línea]. REPUBLICA DEL PERU. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Viceministerio de Transportes. Actualizada Versión 24 abril de 2014. [Fecha de consulta: 05 setiembre 2016]. Disponible en:

[http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Carreteras%20Conservacion%20Vial%20a%20marzo%202014\\_digit\\_original\\_def.pdf](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Carreteras%20Conservacion%20Vial%20a%20marzo%202014_digit_original_def.pdf)

Manual de Carreteras: Diseño Geométrico.2018. REPUBLICA DEL PERU. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. [Lima]: MTC, 2018. 285 p. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf)

MEDINA, A., DE LA CRUZ, M. 2015. Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método PCI. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima: 2015.

PEREDA, Cinthia. 2014. Índice de condición de pavimento de la carretera Cajamarca – La Colpa. Cajamarca - 2014. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca: 2014.

Real Academia española. Diccionarios [en línea]. Actualizada: 2017 [Fecha de consulta: 27octubre 2017]. Disponible en: <http://www.rae.es>

Red Vial Nacional Oficial Estado de la Superficie de Rodadura a diciembre 2016. 2016 [en línea]. REPUBLICA DEL PERU. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Provías Nacional. Actualizada: 2016. [Fecha de consulta: 18 octubre 2017]. Disponible en: <http://www.proviasnac.gob.pe/frmConservacion.aspx?idmenu=120>

Registro Nacional de Carreteras. 2013 [en línea]. REPUBLICA DEL PERU. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Sistema Nacional de Carreteras. Actualizada: 2013. [Fecha de consulta: 07abril 2017]. Disponible en: [http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/documentos/RVN\\_DS012\\_2013.pdf](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/documentos/RVN_DS012_2013.pdf)

Resolución Directoral N°018-2013-MTC/14. 2015. Aprueba glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Actualizado al 26 de febrero de 2015. [Fecha de consulta: 06 enero 2017 ]. Disponible en [http://www.mtc.gob.pe/normas\\_legales/normas\\_legales.html](http://www.mtc.gob.pe/normas_legales/normas_legales.html).

Resolución DirectoralN°05-2013-MTC/14. 2013. Aprueba sección Suelos y Pavimentos del manual de carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Actualizado al 18 de febrero de 2013. [Fecha de consulta: 08 setiembre 2016]. Disponible en [http://www.mtc.gob.pe/normas\\_legales/normas\\_legales.html](http://www.mtc.gob.pe/normas_legales/normas_legales.html).

RODRIGUEZ, Edgar. 2009. Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis Montero, Distrito de Castilla. Universidad de Piura. Piura: 2009.

RABANAL, Jaime. 2014. Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Cajamarca - 2014. Universidad Privada del Norte. Cajamarca: 2014.



SOTIL, Andrés. 2014. Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales. Revista Infraestructura Vial [en línea]. Octubre 2014, vol 16.[Fecha de consulta: 17octubre 2017], p.p. 13-24. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/14582>

TABOADA N., Martín. 2013. Metodología de la investigación científica. 1era ed., Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo. Abril 2013. Capítulo X, Diseño de Investigación, p. 233-273

U.SHAH, Yogesh. et all. 2013. Development of Overall Pavement Condition Index for Urban Road Network [Desarrollo del índice de condición global del pavimento para la red urbana de carreteras]. Procedia [en línea]. Diciembre 2013, vol 104. [Fecha de consulta: 06 Abril 2017], pp.332-341. Disponible en:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813045175#bbib0060>

VASQUEZ, Luis. 2006. Manual pavement condition index (PCI) [índice de condición del pavimento] para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Manizales: ingepav, 2006. 102 p.

**APENDICES**

**Apéndice 1**

Cálculo manual del índice de condición del pavimento usando hojas Excel

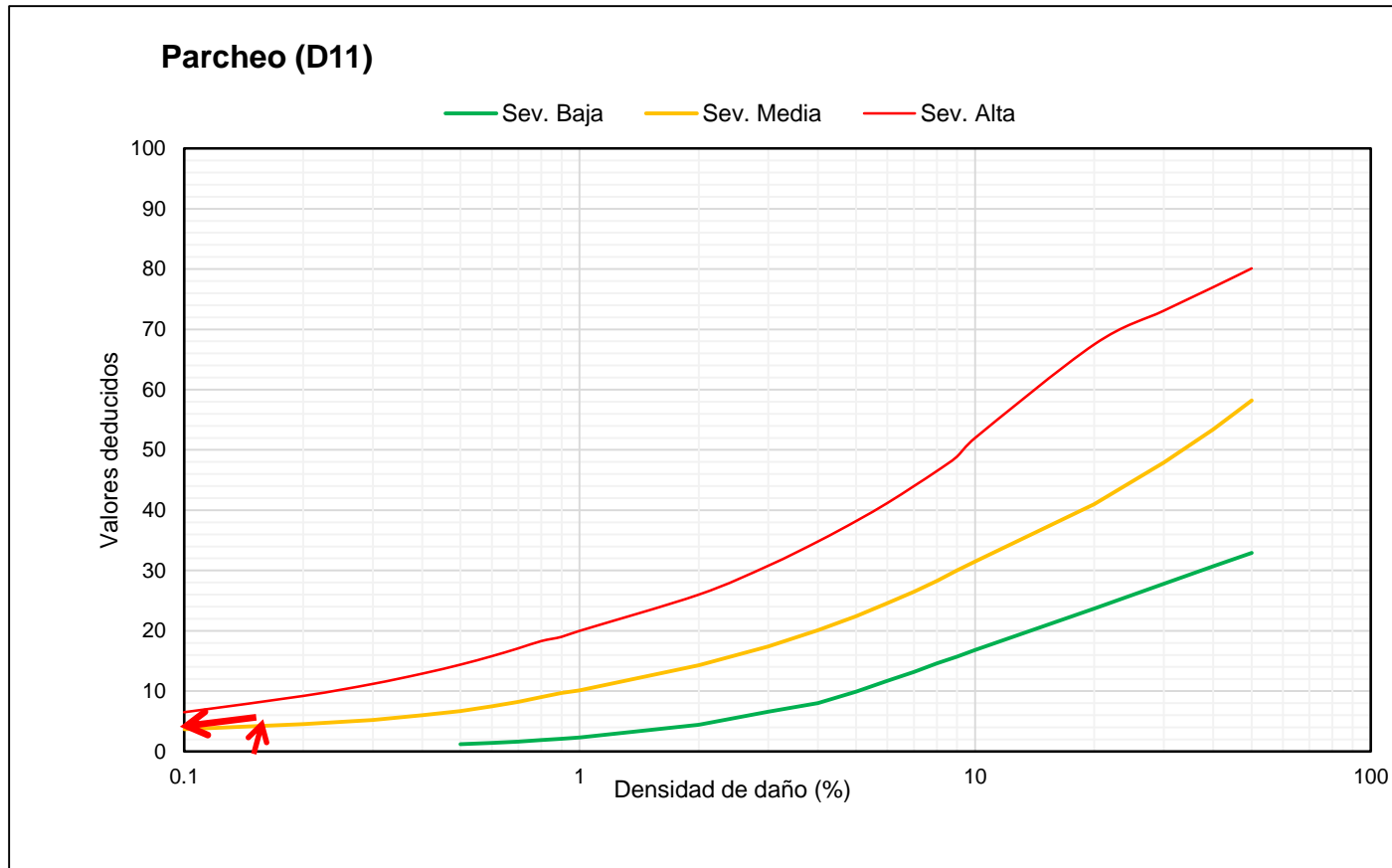
**Tabla 4: Hoja de inspección por unidad de muestreo**

HOJA DE INSPECCION DE LA CONDICIÓN PARA CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA POR UNIDAD DE MUESTREO								ESQUEMA 37,5 m																																																																				
<table border="1"> <tr> <td>RAMAL PE-8</td> <td>SECCION 1</td> <td colspan="6">UNIDAD DE MUESTREO 1</td> </tr> <tr> <td>INSPECCIONADA POR MACH</td> <td>FECHA 09/06/2017</td> <td colspan="6">ÁREA MUESTREO 225</td> </tr> </table>								RAMAL PE-8	SECCION 1	UNIDAD DE MUESTREO 1						INSPECCIONADA POR MACH	FECHA 09/06/2017	ÁREA MUESTREO 225																																																										
RAMAL PE-8	SECCION 1	UNIDAD DE MUESTREO 1																																																																										
INSPECCIONADA POR MACH	FECHA 09/06/2017	ÁREA MUESTREO 225																																																																										
<table border="0"> <tr> <td>No. Daño</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 Piel de cocodrilo</td> <td></td> <td>6 Depresión.</td> <td></td> <td>11 Parcheo.</td> <td></td> <td>16 Desplazamiento.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 Exudación.</td> <td></td> <td>7 Grieta de borde.</td> <td></td> <td>12 Pulimento de agregados</td> <td></td> <td>17 Grieta parabólica (slippage)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3 Agrietamiento en bloque.</td> <td></td> <td>8 Grieta de reflexión de junta.</td> <td></td> <td>13 Huecos.</td> <td></td> <td>18 Hinchamiento.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4 Abultamientos y hundimientos.</td> <td></td> <td>9 Desnivel carril / berma.</td> <td></td> <td>14 Cruce de vía férrea.</td> <td></td> <td>19 Meteorización /</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5 Corrugación.</td> <td></td> <td>10 Grietas long. y transversal.</td> <td></td> <td>15 Ahuellamiento.</td> <td></td> <td>Desprendimiento de agregados.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>											No. Daño											1 Piel de cocodrilo		6 Depresión.		11 Parcheo.		16 Desplazamiento.					2 Exudación.		7 Grieta de borde.		12 Pulimento de agregados		17 Grieta parabólica (slippage)					3 Agrietamiento en bloque.		8 Grieta de reflexión de junta.		13 Huecos.		18 Hinchamiento.					4 Abultamientos y hundimientos.		9 Desnivel carril / berma.		14 Cruce de vía férrea.		19 Meteorización /					5 Corrugación.		10 Grietas long. y transversal.		15 Ahuellamiento.		Desprendimiento de agregados.				
No. Daño																																																																												
1 Piel de cocodrilo		6 Depresión.		11 Parcheo.		16 Desplazamiento.																																																																						
2 Exudación.		7 Grieta de borde.		12 Pulimento de agregados		17 Grieta parabólica (slippage)																																																																						
3 Agrietamiento en bloque.		8 Grieta de reflexión de junta.		13 Huecos.		18 Hinchamiento.																																																																						
4 Abultamientos y hundimientos.		9 Desnivel carril / berma.		14 Cruce de vía férrea.		19 Meteorización /																																																																						
5 Corrugación.		10 Grietas long. y transversal.		15 Ahuellamiento.		Desprendimiento de agregados.																																																																						
<b>Daño Severidad</b>	<b>Cantidades parciales</b>							<b>Total</b>	<b>Densidad (%)</b>	<b>Valor Deducido</b>																																																																		
11 / M	0.35							0.35	0.16%	4																																																																		
13 / B	1							1	0.44%	10																																																																		
6 / M	3							3	1.33%	9																																																																		

Para hallar la densidad dividimos el metrado total de cada tipo de daño según su severidad entre el total del área de la muestra. Por ejemplo para la primera falla tenemos un total de metrado de 0.35 m2 entre el área 225 m2 tenemos 0,16 %, de igual manera calculamos para los otros daños específicos.

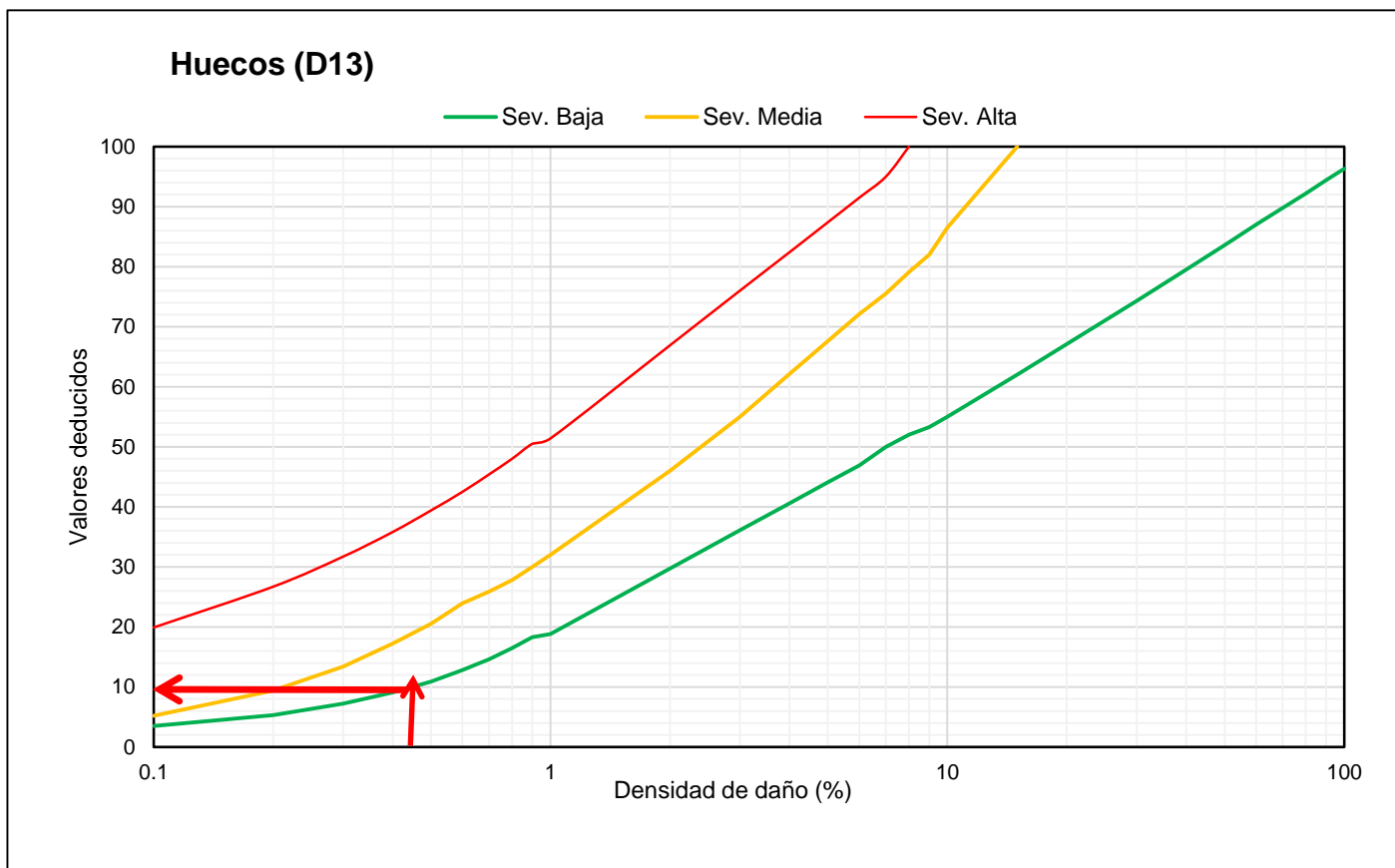
Para hallar el valor deducido de la primera falla hacemos uso de la curva de valor deducido para asfalto correspondiente a parcheo, la cual se encuentra en el anexo 2 figura 46. Ingresamos a la gráfica con la densidad 0,16 % para el nivel de severidad medio obteniendo como valor deducido 4; de igual manera obtenemos en sus respectivas curvas el valor deducido para los otros daños específicos.

En figura 46:



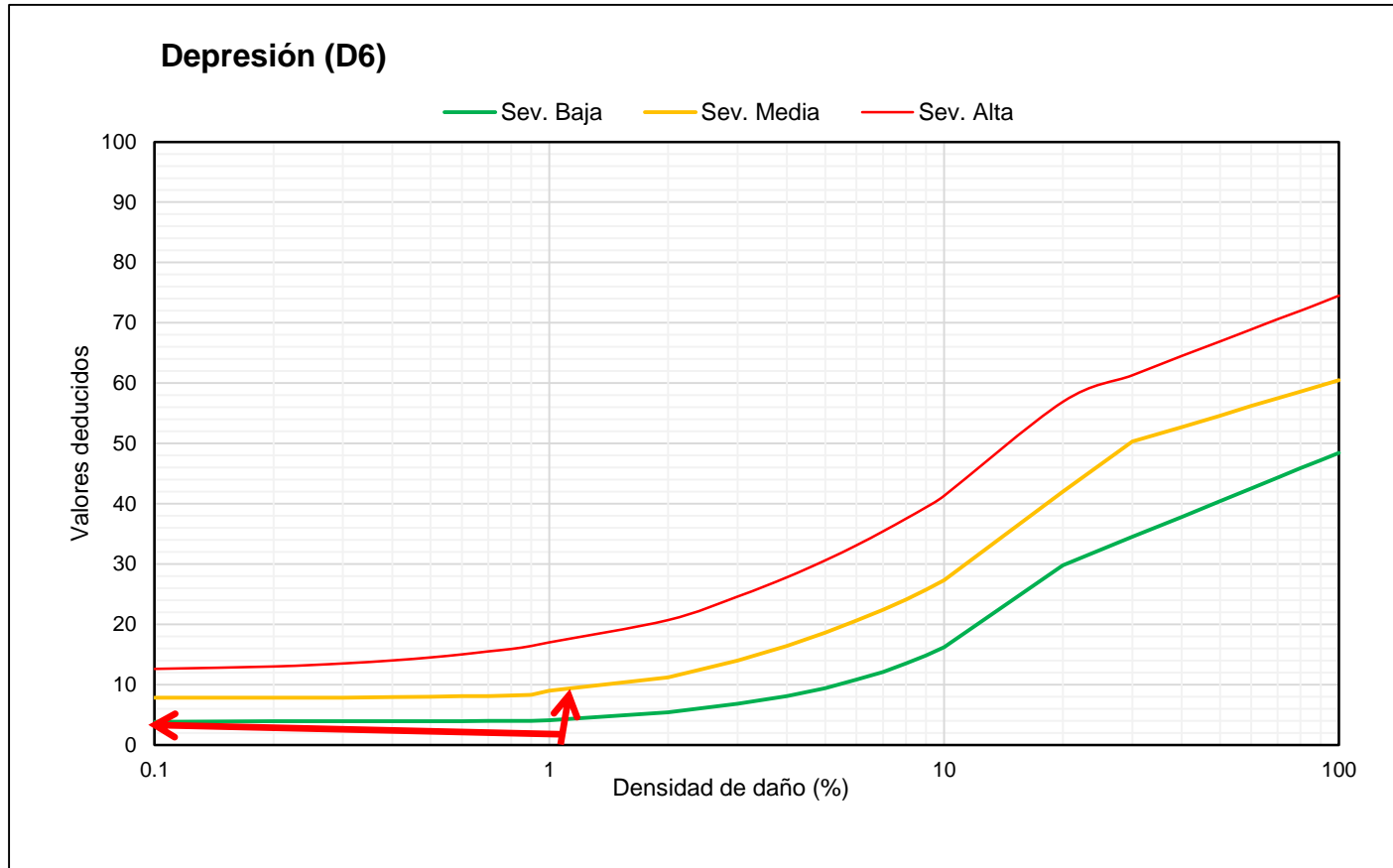
VD= 4

En figura 47:



VD= 10

En figura 44:



En la tabla 4 se identificó los daños ubicados en la unidad de muestreo respectiva en la severidad que le corresponde de acuerdo con la tabla 5. Ya obtenido el mayor valor deducido de la tabla 4 (HDV = 10), determinamos el número máximo de valores deducido usando la fórmula 6:

Fórmula 6:  $m_i = 1,00 + 9/98 * (100 - HDV_i) \leq 10$ , entonces  $m = 9,265$

Como se dispone de menos valores deducidos que la cantidad que indica m, se utilizan todos los que se tiene, estos valores se ingresan en fila a la tabla 6

**Tabla 6: Hoja obtención del máximo valor deducido corregido.**

No.	Valores Deducidos							Total	q	Valor Deducido Corregido (CDV)
1	10	6	4					20	3	9
2	10	6	2					18	2	12
3	9	2	2					13	1	14

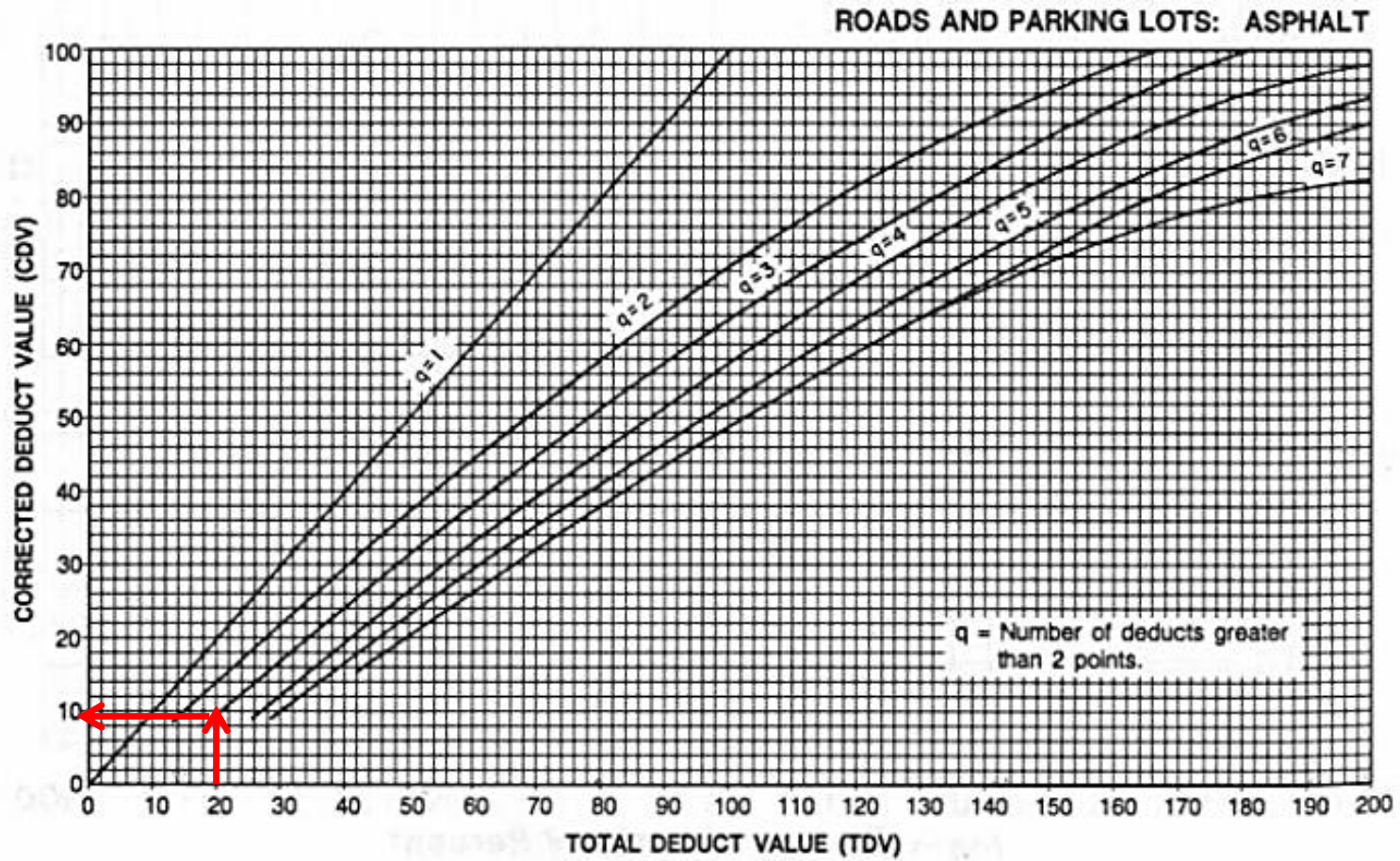
Fuente: Procedimiento estándar para la inspección del PCI Norma ASTM D6433-07

Como todos los valores deducidos son mayores que 2 ( ver tabla 6, fila 1), entonces se procede a iterar para obtener el valor deducido corregido, para esto ingresamos al anexo 4 usando el valor deducido total y q ( número de valores deducidos mayores que 2) hasta que el valor de q = 1, para ello en cada iteración reemplazamos el menor valor deducido por 2

Primera Iteración:

Anexo 4:

Gráfica para el cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV)

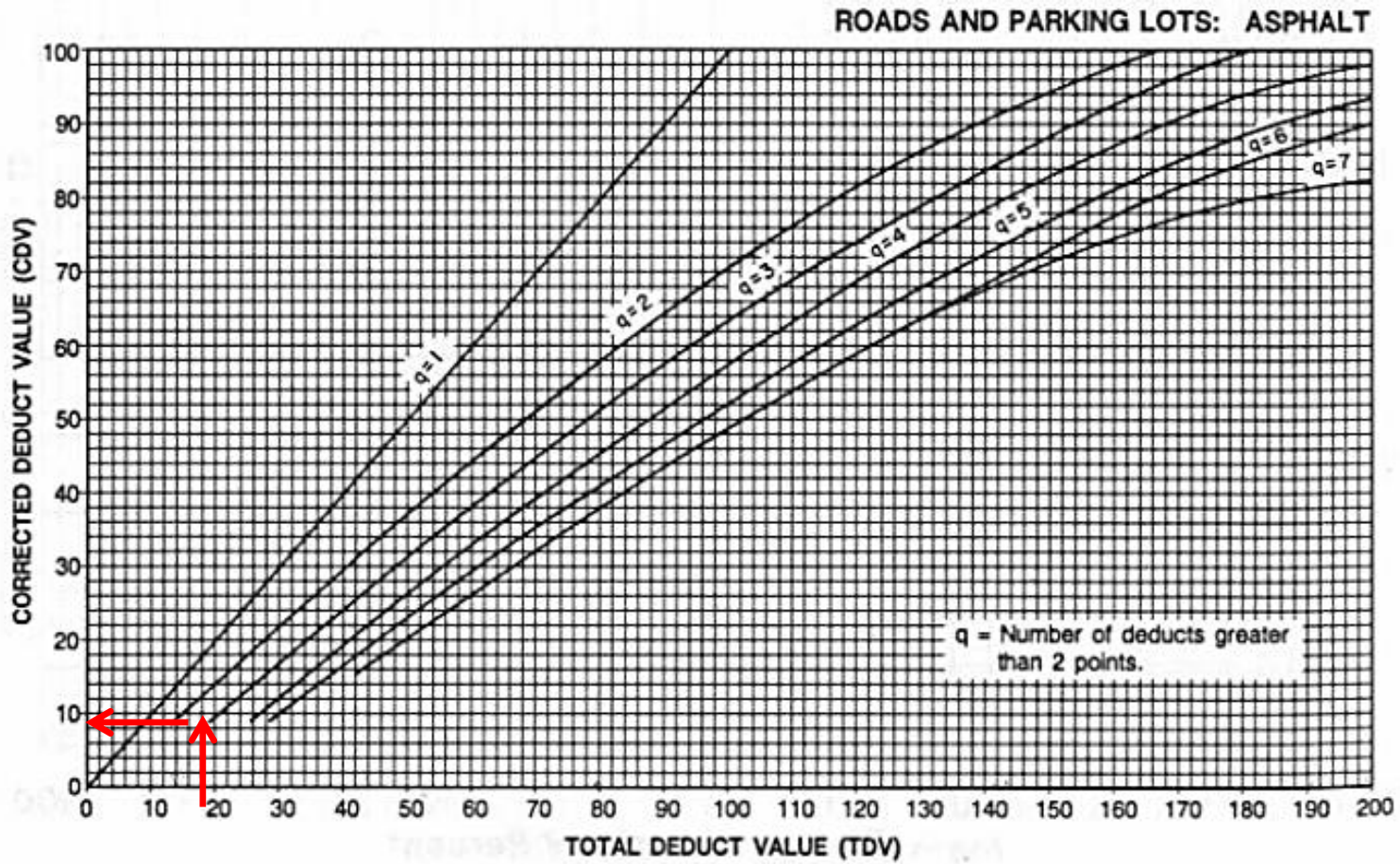


CDV= 9

Segunda Iteración:

Anexo 4:

Gráfica para el cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV)

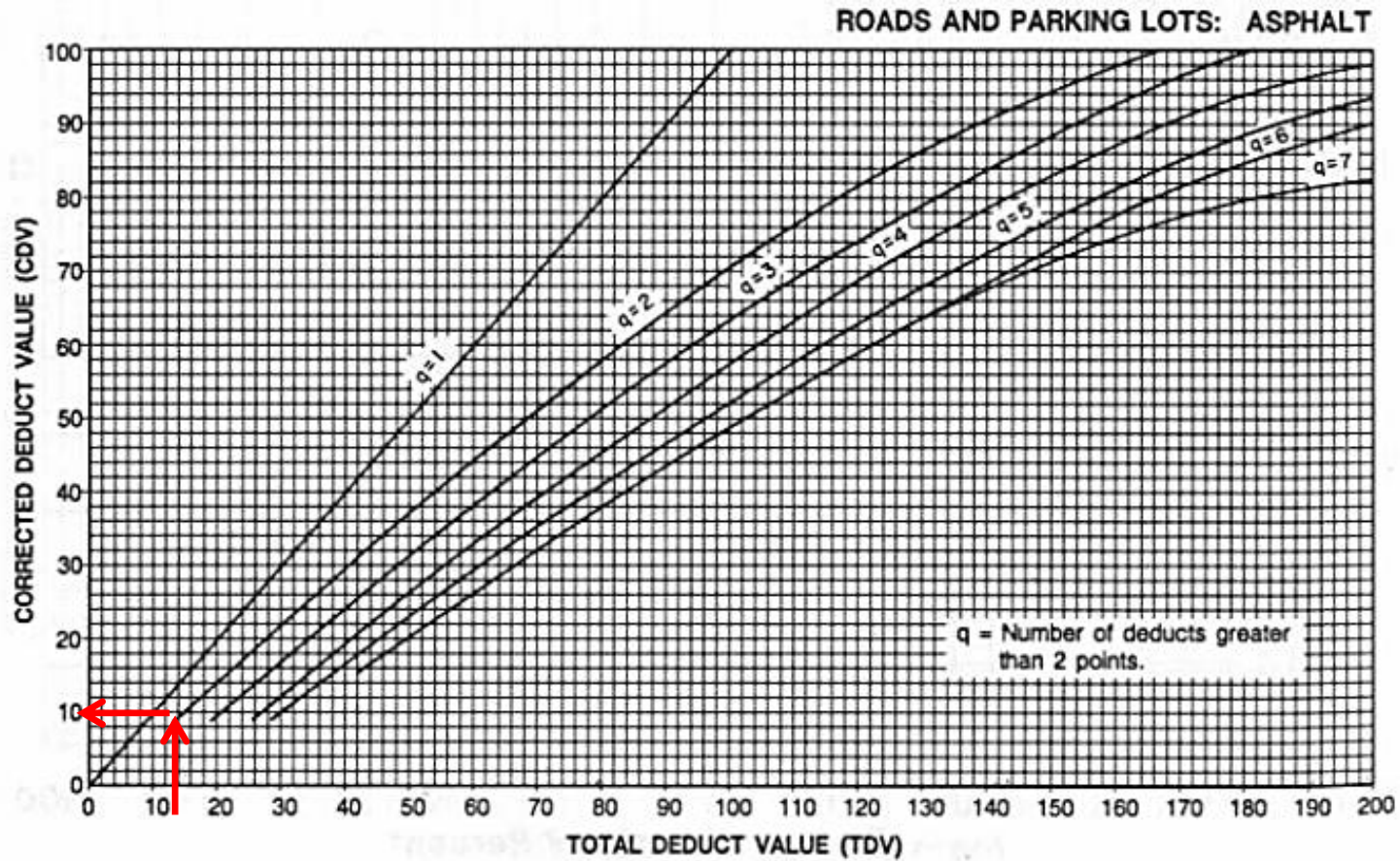


CDV=12



Tercera Iteración:

Anexo 4: Gráfica para el cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV)



Por lo tanto:  
entonces

Máximo	
CDV=	14
PCI 1 =	86

## Apéndice 2

Resultados de cálculo del índice de condición del pavimento usando programa UnalPCIA

PROCESADOR AUTOMÁTICO DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL PAVEMENT CONDITION INDEX					
Por: Luis Ricardo Vásquez Varela					
Pavimentos asfálticos					
=====					
Archivo	:	Sector 1			
Código vía	:	1			
Fecha inspección	:	09/06/2017			
Abscisa inicial	:	Km 133+653.00			
Abscisa final	:	Km 133+690.50			
Unidad	:	001			
Área unidad -m <sup>2</sup>	:	225.00			
=====					
Daño	(severidad)	unidad	Cantidad	Densidad(%)	Valor deducido
=====					
06.Depresión	(M)	m <sup>2</sup>	3,00	1,33	8,9
11.Parcheo-acometida	(M)	m <sup>2</sup>	0,35	0,16	4,1
13.Huecos	(L)	un	1,00	0,44	9.9
=====					
Número de deducidos: 3					
=====					
Daño	Severidad	Valor deducido			
=====					
13.Huecos	(L)	9,9			
06.Depresión	(M)	8,9			
11.Parcheo-acometida	(M)	4,1			
Valor deducido más alto		:	9,9		
Número admisible de deducidos (asfalto - carreteras) m= 9,28					
=====					
Se concluye PCI Sección			: 85 (Muy bueno)		

### Apéndice 3

Registro de daños existentes y PCI calculado para unidades de muestreo inventariadas en sector 1: progresiva 133+653 al 155+000

Sector 1		Unidad de Muestreo																												
Fecha	Prog. Inicio (km)	No.	DL1	DM1	DH1	DL2	DM2	DH2	DL5	DM5	DH5	DL6	DM6	DH6	DL10	DM10	DH10	DL11	DM11	DH11	DL13	DM13	DH13	DL15	DM15	DH15	DL19	DM19	DH19	PCI
09/06/2017	133,653	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0,35	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	85
09/06/2017	133,803	5	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	34
09/06/2017	133,953	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89
09/06/2017	134,103	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98
09/06/2017	134,253	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
09/06/2017	134,403	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93
09/06/2017	134,553	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93
09/06/2017	134,703	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0	69
09/06/2017	134,853	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
09/06/2017	135,003	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
09/06/2017	135,153	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,34	0	0	0	0	0	0	0	76
09/06/2017	135,303	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
09/06/2017	135,453	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
09/06/2017	135,603	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
09/06/2017	135,753	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	72	0	58
09/06/2017	135,903	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	65
09/06/2017	136,053	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	57
09/06/2017	136,203	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	10,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
09/06/2017	136,353	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
09/06/2017	136,503	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	9,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
09/06/2017	136,653	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0,53	0	0	0	0	0	132	0	59	
09/06/2017	136,803	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,3	0	0	0	1,53	0	0	0	0	0	120	0	54
09/06/2017	136,953	89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	24,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
15/06/2017	137,103	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	68	
15/06/2017	137,253	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	126	0	58	
15/06/2017	137,403	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,5	0	0	0	0	0	0	0	0	156	0	59	
15/06/2017	137,553	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	108	0	54	

Sector 1	Unidad de Muestreo																														
	Fecha	Prog. Inicio (km)	No.	DL1	DM1	DH1	DL2	DM2	DH2	DL5	DM5	DH5	DL6	DM6	DH6	DL10	DM10	DH10	DL11	DM11	DH11	DL13	DM13	DH13	DL15	DM15	DH15	DL19	DM19	DH19	PCI
15/06/2017	137,703	109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	34,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	64
15/06/2017	137,853	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	4	0	0	0	1,7	0	0	0	0	0	54	0	58
15/06/2017	138,003	117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	2,48	0	0	0	1,87	0	0	0	0	0	104	0	52	
15/06/2017	138,153	121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	4,85	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	78	
15/06/2017	138,303	125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	3,14	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	75	
15/06/2017	138,453	129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	7,64	0	0	1,04	0	0	0	0	0	0	180	0	18
15/06/2017	138,603	133	0	0	0	0	0	0	0	0	225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
15/06/2017	138,753	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
15/06/2017	138,903	141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
15/06/2017	139,053	145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	63
15/06/2017	139,203	149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,5	0	0	0	0	0	0,75	0	0	0	5,91	0	0	12	0	0	0	0	35
15/06/2017	139,353	153	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	5,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	0	60	
15/06/2017	139,503	157	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	30,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	56	
15/06/2017	139,653	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	5,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	66	
15/06/2017	139,803	165	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170	0	56	
15/06/2017	139,953	169	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104	0	65	
15/06/2017	140,103	173	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	4,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175	0	56	
15/06/2017	140,253	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	67	
15/06/2017	140,403	181	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	42,45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	58	
15/06/2017	140,553	185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,5	0	0	8,52	0	0	0	0	0	0	0	0	95	0	60	
15/06/2017	140,703	189	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	57	
15/06/2017	140,853	193	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	10,8	0	0	0	0	0	0	0	0	118	0	57	
16/06/2017	141,003	197	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	67	
16/06/2017	141,153	201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	215	0	53	
16/06/2017	141,303	205	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	187,5	0	55	
16/06/2017	141,453	209	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	6,9	0	0	0	0	0	0	0	0	148	0	57	
16/06/2017	141,603	213	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2,55	0	0	0	0	0	0	0	0	185	0	57	
16/06/2017	141,753	217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	1,2	0	0	1	0	0	74	0	0	185	0	24	
16/06/2017	141,903	221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	13,68	0	0	0	0	0	0	0	0	185	0	50	
16/06/2017	142,053	225	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30,6	0	0	0	0	0	37,5	0	0	0	0	37	

Sector 1	Unidad de Muestreo																															
	Fecha	Prog. Inicio (km)	No.	DL1	DM1	DH1	DL2	DM2	DH2	DL5	DM5	DH5	DL6	DM6	DH6	DL10	DM10	DH10	DL11	DM11	DH11	DL13	DM13	DH13	DL15	DM15	DH15	DL19	DM19	DH19	PCI	
16/06/2017	142,203	229	0	0	0	23,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,4	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	51	
16/06/2017	142,353	233	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	30	0	0	72	
16/06/2017	142,503	237	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	77		
16/06/2017	142,653	241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16/06/2017	142,803	245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,72	0	0	0	12,5	0	0	0	0	0	48	
16/06/2017	142,953	249	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,92	0	0	0	0	12,5	0	0	0	0	0	76	
16/06/2017	143,103	253	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	18,3	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	55	
16/06/2017	143,253	257	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,75	0	0	0,53	0	0	0	0	0	0	0	61	
16/06/2017	143,403	261	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	18,75	0	0	0	60	0	59		
16/06/2017	143,553	265	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	2	0	0	0	10,75	0	0	0	0	28,75	0	0	0	140	0	29	
16/06/2017	143,703	269	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	7,2	0	0	0	0	12,5	0	0	150	0	0	66	
16/06/2017	143,853	273	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	7,36	0	0	0	0	25	0	0	60	0	0	64	
16/06/2017	144,003	277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	4	4	0	0	0	75	0	0	100	0	0	46	
16/06/2017	144,153	281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37,5	0	0	0	0	0	67		
16/06/2017	144,303	285	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	20	0	0	0	150	3	
16/06/2017	144,453	289	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1,6	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	54	
16/06/2017	144,603	293	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,1	0	0	0	0	37,5	0	0	0	0	0	61	
16/06/2017	144,753	297	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	50	0	0	0	0	12,5	0	0	0	0	7,5	37	
16/06/2017	144,903	301	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	19,4	0	0	0	1	0	10	0	0	0	0	35	
22/06/2017	145,053	305	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4	0	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0	0	37,5	0	75	0	0	44	
22/06/2017	145,203	309	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29,5	0	0	12,77	0	0	0	0	0	162,5	3	
22/06/2017	145,353	313	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,4	0	0	0	0	56,25	0	150	0	0	0	40	
22/06/2017	145,503	317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,8	0	0,32	0	0	18,75	0	0	45	0	0	62	
22/06/2017	145,653	321	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,7	0	0	0	0	56,25	0	150	0	0	0	40	
22/06/2017	145,803	325	0	0	0	0	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,5	0	0	0,26	0	0	56,25	0	150	0	0	0	36
22/06/2017	145,953	329	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,3	0	0	0	0	37,5	0	0	100	0	0	57	
22/06/2017	146,103	333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	1,28	0	60	0	0	125	0	0	41	
22/06/2017	146,253	337	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0,3	0	37,5	0	0	112,5	0	0	51	
22/06/2017	146,403	341	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,45	0	0	0	0	0	43,2	0	0	0	0	56,25	0	0	75	0	0	40	
22/06/2017	146,553	345	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,5	0	0	0	0	56,25	0	0	120	0	0	23	

Sector 1	Unidad de Muestreo																														
	Fecha	Prog. Inicio (km)	No.	DL1	DM1	DH1	DL2	DM2	DH2	DL5	DM5	DH5	DL6	DM6	DH6	DL10	DM10	DH10	DL11	DM11	DH11	DL13	DM13	DH13	DL15	DM15	DH15	DL19	DM19	DH19	PCI
22/06/2017	146,703	349	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,8	0	0	0	0	18,75	0	0	191,3	0	0	64
22/06/2017	146,853	353	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,1	0	0	0	0	0	45	0	112,5	0	0	41
22/06/2017	147,003	357	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	18,75	0	131,3	0	0	52	
22/06/2017	147,153	361	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	131,3	0	0	43	
22/06/2017	147,303	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,45	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	60	0	112,5	0	0	37	
22/06/2017	147,453	369	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0	120	0	24	0	0	31	
22/06/2017	147,603	373	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,5	0	0	0	0	27	0	120	0	0	48	
22/06/2017	147,753	377	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	22,5	0	112,5	0	0	52	
22/06/2017	147,903	381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	8	0	0	150	0	0	74	
22/06/2017	148,053	385	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,8	0	0	0	0	56,25	0	0	168,75	0	0	26
22/06/2017	148,203	389	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	30	0	0	75	0	0	58	
22/06/2017	148,353	393	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	8	0	0	0	0	26,25	0	0	112,5	0	0	26	
22/06/2017	148,503	397	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	5,5	0	0	0	0	37,5	0	0	150	0	0	33	
22/06/2017	148,653	401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	3,1	0	0	0	0	0	75	0	105	0	0	16	
22/06/2017	148,803	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0,4	0	0	0	0	0	75	0	135	0	0	16	
22/06/2017	148,953	409	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23/06/2017	149,103	413	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,1	0	0	0	0	22,5	0	0	150	0	0	32	
23/06/2017	149,253	417	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,1	0	0	0	0	13,5	0	0	187,5	0	0	31	
23/06/2017	149,403	421	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	0	0	0	0	12,2	0	0	0,51	0	0	15	0	0	100	0	0	33
23/06/2017	149,553	425	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	0	0	0	0	0	36	0	110	0	0	46	
23/06/2017	149,703	429	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	19,7	0	0	0	0	15	0	0	150	0	0	31	
23/06/2017	149,853	433	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	9	0	0	191,25	0	0	24	
23/06/2017	150,003	437	0	0	0	0	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	19,1	0	0	0	0	26,25	0	0	150	0	0	27	
23/06/2017	150,153	441	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,5	0	0	140,6	0	0	71	
23/06/2017	150,303	445	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	0	3	0	0	15,6	0	0	0	0	4,5	0	0	120	0	0	64	
23/06/2017	150,453	449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,3	0	0	0	0	24	0	0	187,5	0	0	36	
23/06/2017	150,603	453	0	0	0	0	3,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,1	0	0	0	0	22,5	0	0	160	0	0	26	
23/06/2017	150,753	457	0	0	0	0	9,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,08	0	0	0	0	22,5	0	0	191,25	0	0	35	
23/06/2017	150,903	461	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,2	0	0	0	0	6	0	0	0	180	0	0	48
23/06/2017	151,053	465	0	0	0	0	11,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,8	0	0	0	0	12	0	0	0	162,5	0	0	44

Sector 1		Unidad de Muestreo																													
Fecha	Prog. Inicio (km)	No.	DL1	DM1	DH1	DL2	DM2	DH2	DL5	DM5	DH5	DL6	DM6	DH6	DL10	DM10	DH10	DL11	DM11	DH11	DL13	DM13	DH13	DL15	DM15	DH15	DL19	DM19	DH19	PCI	
23/06/2017	151,203	469	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	13,2	0	0	0	0	18	0	0	0	187,5	0	39
23/06/2017	151,353	473	0	0	0	0	11,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,6	0	0	11,06	0	27	0	0	0	164,3	1	
23/06/2017	151,503	477	0	0	0	0	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	11,25	0	0	187,5	0	41	
23/06/2017	151,653	481	0	0	0	0	3,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,4	0	0	0	0	0	27,5	0	0	168,75	0	32	
23/06/2017	151,803	485	0	0	0	0	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,1	3	0	0	0	0	22,5	0	0	100	0	26	
23/06/2017	151,953	489	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,3	3,24	0	0	0	0	12	0	0	120	0	31	
23/06/2017	152,103	493	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,5	2,4	0	0	0	0	33,75	0	0	150	0	25	
23/06/2017	152,253	497	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,2	0	0	0	0	15	0	0	195	0	27	
23/06/2017	152,403	501	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,1	0	0	0	0	0	0	22,5	0	0	187,5	0	35	
23/06/2017	152,553	505	0	0	0	3,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,3	0	13,4	0	0	0	0	15	0	0	180	0	23	
23/06/2017	152,703	509	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,1	12	0	0	0	0	22,5	0	0	150	0	21	
23/06/2017	152,853	513	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0	5,6	0	0	0	0	0	42	0	0	159,4	0	31	
29/06/2017	153,003	517	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	10,5	0	0	3,95	0	22,5	0	0	162,5	0	4	
29/06/2017	153,153	521	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37,4	2,4	0	0	1,08	0	5	0	0	162,5	0	17	
29/06/2017	153,303	525	0	0	0	3,8	0	0	0	0	0	0	0	2,4	0	0	0	0	11,2	0	0	0	0	30	0	0	150	0	0	52	
29/06/2017	153,453	529	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2,1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	12	0	140	0	0	53	
29/06/2017	153,603	533	0	1,5	0	7,5	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	28	0	0	0	0	0	33,75	0	125	0	0	32	
29/06/2017	153,753	537	0	0	0	0	18,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	30	0	0	20	70	13	
29/06/2017	153,903	541	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,6	0	0	0	0	0	45	0	0	150	0	24	
29/06/2017	154,053	545	0	0	0	0	5,63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	8,4	0	0	0	11,25	0	0	0	189,38	0	36	
29/06/2017	154,203	549	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,2	1,1	0	0	0	22,5	0	0	0	183,75	0	38	
29/06/2017	154,353	553	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	2,52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	
29/06/2017	154,503	557	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2,32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	
29/06/2017	154,653	561	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28,8	39	0	0	0	18	0	0	0	137,5	0	12	
29/06/2017	154,803	565	0	0	0	0	5,625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	22,5	0	0	187,5	0	35	
29/06/2017	154,953	569	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total			0	21,5	0	92,7	289,6	0	0	237	0	0	21,93	7,3	133	321,5	0	388,4	943,7	897	1,32	19,3	31,86	794	1539,3	150	3408	9493,5	734,3		

## Apéndice 4

Registro de daños existentes y PCI calculado para unidades de muestreo inventariadas en sector 2: progresiva 155+000 al 171+533

Sector 2	Unidad de Muestreo																											
Fecha	Prog. Inicio (km)	No.	DL1	DM1	DH1	DL2	DM2	DH2	DL6	DM6	DH6	DL10	DM10	DH10	DL11	DM11	DH11	DL13	DM13	DH13	DL15	DM15	DH15	DL19	DM19	DH19	PCI	
29/06/2017	155,028	573	0	0	0	0	22,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1,91	1,49	0	0	0	0	0	180	11	
29/06/2017	155,178	577	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	0	0	0	23,15	0	0	0	0	120	0	0	
29/06/2017	155,328	581	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,1	33	0	0	0	0	0	12	0	0	30	0	36	
29/06/2017	155,478	585	0	1,5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	36	
29/06/2017	155,628	589	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70,9	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	47	
29/06/2017	155,778	593	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38,4	0	0	0	0	0	0	0	0	88	0	0	59
29/06/2017	155,928	597	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83,75	0	0	0	0	0	0	0	0	114	0	37	
29/06/2017	156,078	601	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	64	
29/06/2017	156,228	605	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,84	0	0	0	0	18	0	0	125	0	0	66	
29/06/2017	156,378	609	0	7,2	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	
29/06/2017	156,528	613	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	0	0	0	0	0	0	0	37,5	0	0	46	
29/06/2017	156,678	617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,52	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	84	
29/06/2017	156,828	621	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	
29/06/2017	156,978	625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	59	
06/07/2017	157,128	629	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48,5	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	45	
06/07/2017	157,278	633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44,15	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	57	
06/07/2017	157,428	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,95	0	0	0	0	0	0	0	0	62,5	0	60	
06/07/2017	157,578	641	0	0	0	0	0	0	0	1,8	0	0	15	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	53	
06/07/2017	157,728	645	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	19	0	0	1,02	0	0	24	0	0	0	0	39	
06/07/2017	157,878	649	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	24,48	0	0	0	0	0	18,75	0	0	87,5	0	29	
06/07/2017	158,028	653	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	10,34	0	0	0	0	0	45	0	0	70	0	29	
06/07/2017	158,178	657	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	10,2	8	0	0	0	0	0	0	0	80	0	38	
06/07/2017	158,328	661	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	34,67	0	0	0	0	0	0	0	0	81,25	0	49	
06/07/2017	158,478	665	0	0	0	0	0	0	0	1,256	0	0	6	0	0	10,6	0	0	0,7446	0	0	0	0	0	0	101,8	25	
06/07/2017	158,628	669	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	9	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	
06/07/2017	158,778	673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	45,6	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	41	
06/07/2017	158,928	677	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30,3	0	0	3,191	0	0	0	0	0	0	27	26	



Sector 2	Unidad de Muestreo																											
	Fecha	Prog. Inicio (km)	No.	DL1	DM1	DH1	DL2	DM2	DH2	DL6	DM6	DH6	DL10	DM10	DH10	DL11	DM11	DH11	DL13	DM13	DH13	DL15	DM15	DH15	DL19	DM19	DH19	PCI
06/07/2017	159,078	681	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	8,4	0	0	10,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99	28
06/07/2017	159,228	685	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37,5	0	0	73,6	0	0	3,063	0	0	0	0	0	0	50	0	23
06/07/2017	159,378	689	0	0	0	0	7,5	0	0	0	0	0	13	0	0	60,8	0	0	0	0	0	0	0	0	110	0	38	
06/07/2017	159,528	693	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	1,08	0	0	2,042	0	0	0	0	0	0	90	29	
06/07/2017	159,678	697	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	4,7	0	0	5,149	0	0	0	0	0	90	9,6	28	
06/07/2017	159,828	701	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	45	25
06/07/2017	159,978	705	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	41,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175	0	41
06/07/2017	160,128	709	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,85	0	0	0	0	0	0	0	0	125	0	0	66
06/07/2017	160,278	713	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26,5	0	52
06/07/2017	160,428	717	0	0	1,62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,766	0	0	28	0	0	137,5	0	28	
06/07/2017	160,578	721	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	40,87	0	0	1,755	0	0	0	0	0	120	0	34	
06/07/2017	160,728	725	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31,88	0	0	0	0	0	0	0	0	84	0	51	
06/07/2017	160,878	729	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62,2	14,25	0	0	0	0	0	0	0	0	105	0	0	60
06/07/2017	161,028	733	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	112,5	0	44
06/07/2017	161,178	737	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,7	0	0	0	0	0	0	21,6	0	0	118	0	31
06/07/2017	161,328	741	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,1	0	0	0	0	0	0	0	24	0	45	0	0	51
06/07/2017	161,478	745	0	0	0	0	2,1	0	0	0	0	0	0	0	48,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0	61
06/07/2017	161,628	749	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40,15	0	0	1,06	0	0	0	0	0	0	128	0	38
06/07/2017	161,778	753	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	5,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154	0	57
06/07/2017	161,928	757	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73,5	0	0	84
06/07/2017	162,078	761	0	7,08	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	32,1	0	0	0	0	0	0	0	0	82,5	0	0	43
06/07/2017	162,228	765	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	2,005	0	0	0	0	0	0	90	0	28
06/07/2017	162,378	769	0	4,05	0	0	0	0	0	0	0	0	14,4	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	52
06/07/2017	162,528	773	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	59,35	0	0	0	1,22	0	0	0	0	0	121,5	0	0	60
06/07/2017	162,678	777	0	16,24	0	0	0	0	0	0	0	0	6,5	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109,6	0	0	51
06/07/2017	162,828	781	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,86	0	0	0	0	0	0	0	142,5	19
06/07/2017	162,978	785	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,5	0	0	29,54	0	0	1,215	0	0	0	0	0	0	105	0	40
07/07/2017	163,128	789	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	3,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	0	0	59
07/07/2017	163,278	793	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,265	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85,5	0	1,36	80
07/07/2017	163,428	797	0	0,88	0	0	0	0	0	0	0	0	25,5	0	1,148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	0	0	58

Sector 2	Unidad de Muestreo																											
	Fecha	Prog. Inicio (km)	No.	DL1	DM1	DH1	DL2	DM2	DH2	DL6	DM6	DH6	DL10	DM10	DH10	DL11	DM11	DH11	DL13	DM13	DH13	DL15	DM15	DH15	DL19	DM19	DH19	PCI
07/07/2017	163,578	801	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	4,2	0	4,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50,4	0	0	73
07/07/2017	163,728	805	0	0	0	0	10,4	0	0	0	0	0	0	0	3,57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	65	
07/07/2017	163,878	809	0	0	0	0	1,413	0	0	0	0	0	0	0	5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67,5	0	65	
07/07/2017	164,028	813	0	5,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0	67	
07/07/2017	164,178	817	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57,5	0	70	
07/07/2017	164,328	821	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	63	
07/07/2017	164,478	825	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	85	
07/07/2017	164,628	829	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	129	0	55
07/07/2017	164,778	833	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	78	
07/07/2017	164,928	837	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,675	0	0	0	0	0	0	0	0	0	106	0	86	
07/07/2017	165,078	841	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,37	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	73,5	0	66	
07/07/2017	165,228	845	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,65	0	0	0	54	
07/07/2017	165,378	849	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,04	0	0	0	0	0	0	0	7,5	0	112	0	65	
07/07/2017	165,528	853	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
07/07/2017	165,678	857	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,5	0	0	0	0	0	0	0,6809	0	6,5	0	0	0	0	75	
07/07/2017	165,828	861	0	2,1	0	0	0	0	0	0	0	0	16,4	0	3,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	
07/07/2017	165,978	865	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	0	0	0	0	0	0	12,5	0	0	0	0	76	
07/07/2017	166,128	869	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,5	0	0	60	0	71	
07/07/2017	166,278	873	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19,2	0	0	0	0	75	
07/07/2017	166,428	877	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	
07/07/2017	166,578	881	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	1,8	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	76	
07/07/2017	166,728	885	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,65	0	0	0	0	0	0	19,8	0	0	0	0	72	
07/07/2017	166,878	889	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	94,5	0	72	
07/07/2017	167,028	893	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,53	0	0	0	0	75	
07/07/2017	167,178	897	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6,9	0	0	0	0	0	24,5	0	0	120	0	62	
07/07/2017	167,328	901	0	3,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	0	0	0	0	0	0	6,3	0	0	0	0	68	
07/07/2017	167,478	905	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	0	0	0	0	0	0	20,65	0	0	0	0	72	
07/07/2017	167,628	909	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,5	0	0	0	0	73	
07/07/2017	167,778	913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	0	85	
07/07/2017	167,928	917	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,91	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	77	

Sector 2		Unidad de Muestreo																									
Fecha	Prog. Inicio (km)	No.	DL1	DM1	DH1	DL2	DM2	DH2	DL6	DM6	DH6	DL10	DM10	DH10	DL11	DM11	DH11	DL13	DM13	DH13	DL15	DM15	DH15	DL19	DM19	DH19	PCI
07/07/2017	168,078	921	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52,5	0	73
07/07/2017	168,228	925	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,31	0	0	0	8,7	0	0	116	0	0	69
07/07/2017	168,378	929	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,75	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	71
07/07/2017	168,528	933	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	10,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78
07/07/2017	168,678	937	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78
07/07/2017	168,828	941	0	13,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	78	0	0	52
07/07/2017	168,978	945	0	13,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,24	0	0	0	0	0	0	24,75	0	0	65	0	29
13/07/2017	169,128	949	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	25,13	0	0	0	0	0	68
13/07/2017	169,278	953	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	77,5	0	51
13/07/2017	169,428	957	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	8,5	12,6	0	0	0	0	5	0	0	75	0	0	67
13/07/2017	169,578	961	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	37,9	0	0	0	0	16	0	0	65	0	0	54
13/07/2017	169,728	965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,03	0	0	0	0	0	0	0	0	55,5	0	0	72
13/07/2017	169,878	969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	9,6	0	82,5	0	0	64
13/07/2017	170,028	973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,85	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
13/07/2017	170,178	977	0	4,32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,83	0	0	0	0	0	14,25	0	0	0	0	0	62
13/07/2017	170,328	981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109,4	0	0	88
13/07/2017	170,478	985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,765	0	0	0	0	0	15,25	0	0	107,2	0	0	73
13/07/2017	170,628	989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,7	0	0	0	77,5	0	62
13/07/2017	170,778	993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4	0	0,24	0	0	0	0	0	0	0	75,6	0	0	87	
13/07/2017	170,928	997	0	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,77	0	0	0	0	0	8,64	0	0	37,5	0	0	71
13/07/2017	171,078	1001	0	1,75	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	6,55	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	70
13/07/2017	171,228	1005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,85	0	0	0	0	0	74
13/07/2017	171,378	1009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,88	0	0	0	0	0	73
13/07/2017	171,528	1013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,52	0	0	79	0	46
	Total		1,5	89,49	1,62	0,0	139,9	0	0	3,056	0	23,85	352,3	0	575,2	1392	42,31	0	30,682	24,64	415,4	402,62	0	3282	3356,3	696,2	

## Apéndice 5

### Frecuencia de valores obtenidos del PCI en sector 1

Valor PCI obtenido	Frecuencia	Porcentaje
0	3	2,1
1	1	0,7
3	2	1,4
4	1	0,7
12	1	0,7
13	1	0,7
16	2	1,4
17	1	0,7
18	2	1,4
21	1	0,7
23	2	1,4
24	3	2,1
25	2	1,4
26	4	2,8
27	2	1,4
29	1	0,7
31	5	3,5

Valor PCI obtenido	Frecuencia	Porcentaje
32	3	2,1
33	2	1,4
34	1	0,7
35	5	3,5
36	3	2,1
37	3	2,1
38	1	0,7
39	1	0,7
40	3	2,1
41	3	2,1
43	1	0,7
44	2	1,4
46	2	1,4
48	3	2,1
50	1	0,7
51	2	1,4
52	4	2,8

Valor PCI obtenido	Frecuencia	Porcentaje
53	2	1,4
54	3	2,1
55	2	1,4
56	3	2,1
57	6	4,2
58	5	3,5
59	3	2,1
60	2	1,4
61	2	1,4
62	1	0,7
63	1	0,7
64	4	2,8
65	2	1,4
66	2	1,4
67	4	2,8
68	1	0,7
69	1	0,7

Valor PCI obtenido	Frecuencia	Porcentaje
71	1	0,7
72	1	0,7
74	1	0,7
75	1	0,7
76	4	2,8
77	2	1,4
78	1	0,7
80	1	0,7
85	1	0,7
88	3	2,1
89	1	0,7
92	1	0,7
93	2	1,4
98	1	0,7
100	4	2,8
Total	143	100,0

## Apéndice 6

### Frecuencia de valores obtenidos del PCI en sector 2

Valor PCI obtenido	Frecuencia	Porcentaje
0	2	1,8
11	1	0,9
19	1	0,9
23	1	0,9
25	2	1,8
26	1	0,9
28	4	3,6
29	4	3,6
31	1	0,9
34	1	0,9
36	2	1,8
37	1	0,9
38	3	2,7
39	1	0,9
40	1	0,9
41	2	1,8
43	1	0,9

Valor PCI obtenido	Frecuencia	Porcentaje
44	1	0,9
45	1	0,9
46	3	2,7
47	2	1,8
49	1	0,9
51	4	3,6
52	3	2,7
53	1	0,9
54	2	1,8
55	1	0,9
57	2	1,8
58	1	0,9
59	3	2,7
60	3	2,7
61	1	0,9
62	3	2,7
63	1	0,9

Valor PCI obtenido	Frecuencia	Porcentaje
64	2	1,8
65	3	2,7
66	3	2,7
67	2	1,8
68	2	1,8
69	1	0,9
70	2	1,8
71	3	2,7
72	5	4,5
73	5	4,5
74	1	0,9
75	3	2,7
76	2	1,8
77	1	0,9
78	3	2,7
80	1	0,9
84	2	1,8

Valor PCI obtenido	Frecuencia	Porcentaje
85	2	1,8
86	1	0,9
87	1	0,9
88	1	0,9
100	3	2,7
Total	111	100,0

## Apéndice 7

Cuadro de cálculo de diferencias acumulativas aplicado a los valores del PCI obtenidos en el tramo en estudio

1 = 5	3	2	4	3	6	7	8	9
Progresiva (km)	No.	Valor PCI	Distancia del intervalo	Número de intervalo	Valor Rpta. Promedio	Area intervalo real	Area acumulada	Zx
133,653	1	85	0,15	1	42,5	5680,3	5680,3	-2389,8
133,803	5	34	0,15	2	59,5	7961,3	13641,5	-2498,5
133,953	9	89	0,15	3	61,5	8238,1	21879,6	-2330,4
134,103	13	98	0,15	4	93,5	12538,6	34418,3	2138,2
134,253	17	88	0,15	5	93,0	12485,5	46903,8	6553,7
134,403	21	93	0,15	6	90,5	12163,5	59067,3	10647,1
134,553	25	93	0,15	7	93,0	12513,4	71580,7	15090,5
134,703	29	69	0,15	8	81,0	10910,9	82491,6	17931,5
134,853	33	88	0,15	9	78,5	10586,0	93077,6	20447,4
135,003	37	100	0,15	10	94,0	12690,3	105767,9	25067,7
135,153	41	76	0,15	11	88,0	11893,5	117661,4	28891,1
135,303	45	100	0,15	12	88,0	11906,7	129568,0	32727,8
135,453	49	92	0,15	13	96,0	13003,5	142571,5	37661,2
135,603	53	100	0,15	14	96,0	13017,9	155589,4	42609,1
135,753	57	58	0,15	15	79,0	10724,5	166313,9	45263,6
135,903	61	65	0,15	16	61,5	8358,0	174671,9	45551,6
136,053	65	57	0,15	17	61,0	8299,2	182971,1	45780,8
136,203	69	76	0,15	18	66,5	9057,5	192028,6	46768,3
136,353	73	67	0,15	19	71,5	9749,2	201777,9	48447,5
136,503	77	77	0,15	20	72,0	9828,2	211606,1	50205,7
136,653	81	59	0,15	21	68,0	9292,4	220898,5	51428,0
136,803	85	54	0,15	22	56,5	7729,4	228627,9	51087,4



1 = 5	3	2	4	3	6	7	8	9
Progresiva (km)	No.	Valor PCI	Distancia del intervalo	Número de intervalo	Valor Rpta. Promedio	Area intervalo real	Area acumulada	Zx
136,953	89	80	0,15	23	67,0	9175,9	237803,7	52193,2
137,103	93	68	0,15	24	74,0	10145,6	247949,3	54268,8
137,253	97	58	0,15	25	63,0	8646,9	256596,3	54845,7
137,403	101	59	0,15	26	58,5	8038,1	264634,4	54813,8
137,553	105	54	0,15	27	56,5	7771,7	272406,1	54515,5
137,703	109	64	0,15	28	59,0	8124,5	280530,6	54570,0
137,853	113	58	0,15	29	61,0	8409,0	288939,6	54909,0
138,003	117	52	0,15	30	55,0	7590,2	296529,8	54429,1
138,153	121	78	0,15	31	65,0	8979,9	305509,7	55339,1
138,303	125	75	0,15	32	76,5	10580,2	316089,9	57849,2
138,453	129	18	0,15	33	46,5	6438,1	322528,0	56217,3
138,603	133	25	0,15	34	21,5	2980,0	325507,9	51127,2
138,753	137	100	0,15	35	62,5	8672,1	334180,0	51729,2
138,903	141	18	0,15	36	59,0	8195,3	342375,3	51854,5
139,053	145	63	0,15	37	40,5	5631,6	348006,9	49416,1
139,203	149	35	0,15	38	49,0	6820,9	354827,9	48167,0
139,353	153	60	0,15	39	47,5	6619,3	361447,1	46716,3
139,503	157	56	0,15	40	58,0	8091,2	369538,3	46737,4
139,653	161	66	0,15	41	61,0	8518,8	378057,1	47186,3
139,803	165	56	0,15	42	61,0	8528,0	386585,1	47644,2
139,953	169	65	0,15	43	60,5	8467,2	395052,3	48041,4
140,103	173	56	0,15	44	60,5	8476,2	403528,5	48447,6
140,253	177	67	0,15	45	61,5	8625,6	412154,1	49003,1
140,403	181	58	0,15	46	62,5	8775,2	420929,3	49708,3
140,553	185	60	0,15	47	59,0	8292,6	429221,9	49930,9
140,703	189	57	0,15	48	58,5	8231,1	437453,0	50092,0
140,853	193	57	0,15	49	57,0	8028,6	445481,6	50050,6
141,003	197	67	0,15	50	62,0	8742,2	454223,8	50722,7
141,153	201	53	0,15	51	60,0	8469,2	462693,0	51121,9

1 = 5	3	2	4	3	6	7	8	9
Progresiva (km)	No.	Valor PCI	Distancia del intervalo	Número de intervalo	Valor Rpta. Promedio	Area intervalo real	Area acumulada	Zx
141,303	205	55	0,15	52	54,0	7630,4	470323,4	50682,2
141,453	209	57	0,15	53	56,0	7921,4	478244,7	50533,6
141,603	213	57	0,15	54	57,0	8071,4	486316,1	50534,9
141,753	217	24	0,15	55	40,5	5741,0	492057,1	48205,9
141,903	221	50	0,15	56	37,0	5250,4	497307,5	45386,3
142,053	225	37	0,15	57	43,5	6179,3	503486,8	43495,6
142,203	229	51	0,15	58	44,0	6256,9	509743,7	41682,5
142,353	233	72	0,15	59	61,5	8754,7	518498,5	42367,2
142,503	237	77	0,15	60	74,5	10616,5	529114,9	44913,6
142,653	241	0	0,15	61	38,5	5492,1	534607,1	42335,7
142,803	245	48	0,15	62	24,0	3427,3	538034,3	37693,0
142,953	249	76	0,15	63	62,0	8863,1	546897,4	38486,1
143,103	253	55	0,15	64	65,5	9373,2	556270,7	39789,3
143,253	257	61	0,15	65	58,0	8308,7	564579,3	40027,9
143,403	261	59	0,15	66	60,0	8604,2	573183,5	40562,1
143,553	265	29	0,15	67	44,0	6316,3	579499,9	38808,4
143,703	269	66	0,15	68	47,5	6825,9	586325,8	37564,3
143,853	273	64	0,15	69	65,0	9350,4	595676,2	38844,7
144,003	277	46	0,15	70	55,0	7920,2	603596,4	38694,8
144,153	281	67	0,15	71	56,5	8144,6	611741,0	38769,5
144,303	285	3	0,15	72	35,0	5050,6	616791,6	35750,1
144,453	289	54	0,15	73	28,5	4116,9	620908,5	31796,9
144,603	293	61	0,15	74	57,5	8314,7	629223,2	32041,6
144,753	297	37	0,15	75	49,0	7092,9	636316,1	31064,5
144,903	301	35	0,15	76	36,0	5216,5	641532,6	28211,0
145,053	305	44	0,15	77	39,5	5729,6	647262,2	25870,5
145,203	309	3	0,15	78	23,5	3412,3	650674,5	21212,8
145,353	313	40	0,15	79	21,5	3125,1	653799,6	16267,8
145,503	317	62	0,15	80	51,0	7420,7	661220,2	15618,5

1 = 5	3	2	4	3	6	7	8	9
Progresiva (km)	No.	Valor PCI	Distancia del intervalo	Número de intervalo	Valor Rpta. Promedio	Area intervalo real	Area acumulada	Zx
145,653	321	40	0,15	81	51,0	7428,3	668648,5	14976,8
145,803	325	36	0,15	82	38,0	5540,5	674189,0	12447,2
145,953	329	57	0,15	83	46,5	6786,8	680975,8	11164,0
146,103	333	41	0,15	84	49,0	7159,0	688134,9	10253,1
146,253	337	51	0,15	85	46,0	6727,6	694862,5	8910,7
146,403	341	40	0,15	86	45,5	6661,3	701523,9	7502,0
146,553	345	23	0,15	87	31,5	4616,4	706140,3	4048,4
146,703	349	64	0,15	88	43,5	6381,6	712521,9	2360,0
146,853	353	41	0,15	89	52,5	7709,8	720231,6	1999,7
147,003	357	52	0,15	90	46,5	6835,6	727067,3	765,3
147,153	361	43	0,15	91	47,5	6989,8	734057,0	-314,9
147,303	365	37	0,15	92	40,0	5892,1	739949,2	-2492,8
147,453	369	31	0,15	93	34,0	5013,4	744962,6	-5549,4
147,603	373	48	0,15	94	39,5	5830,3	750792,9	-7789,1
147,753	377	52	0,15	95	50,0	7387,7	758180,5	-8471,5
147,903	381	74	0,15	96	63,0	9317,9	767498,4	-7223,6
148,053	385	26	0,15	97	50,0	7402,7	774901,1	-7891,0
148,203	389	58	0,15	98	42,0	6224,5	781125,6	-9736,5
148,353	393	26	0,15	99	42,0	6230,8	787356,4	-11575,7
148,503	397	33	0,15	100	29,5	4380,8	791737,3	-15264,9
148,653	401	16	0,15	101	24,5	3642,0	795379,3	-19692,9
148,803	405	16	0,15	102	16,0	2380,8	797760,1	-25382,1
148,953	409	0	0,15	103	8,0	1191,6	798951,7	-32260,5
149,103	413	32	0,15	104	16,0	2385,6	801337,4	-37944,9
149,253	417	31	0,15	105	31,5	4701,5	806038,9	-41313,4
149,403	421	33	0,15	106	32,0	4780,9	810819,8	-44602,5
149,553	425	46	0,15	107	39,5	5907,3	816727,1	-46765,2
149,703	429	31	0,15	108	38,5	5763,6	822490,7	-49071,7
149,853	433	24	0,15	109	27,5	4121,0	826611,6	-53020,7

1 = 5	3	2	4	3	6	7	8	9
Progresiva (km)	No.	Valor PCI	Distancia del intervalo	Número de intervalo	Valor Rpta. Promedio	Area intervalo real	Area acumulada	Zx
150,003	437	27	0,15	110	25,5	3825,1	830436,7	-57265,7
150,153	441	71	0,15	111	49,0	7357,5	837794,2	-57978,2
150,303	445	64	0,15	112	67,5	10145,5	847939,6	-55902,8
150,453	449	36	0,15	113	50,0	7522,7	855462,3	-56450,1
150,603	453	26	0,15	114	31,0	4668,7	860131,0	-59851,5
150,753	457	35	0,15	115	30,5	4598,0	864729,0	-63323,5
150,903	461	48	0,15	116	41,5	6262,5	870991,4	-65131,1
151,053	465	44	0,15	117	46,0	6948,4	877939,9	-66252,7
151,203	469	39	0,15	118	41,5	6274,9	884214,8	-68047,8
151,353	473	1	0,15	119	20,0	3027,1	887241,9	-73090,7
151,503	477	41	0,15	120	21,0	3181,6	890423,4	-77979,2
151,653	481	32	0,15	121	36,5	5535,3	895958,7	-80513,9
151,803	485	26	0,15	122	29,0	4402,3	900361,0	-84181,6
151,953	489	31	0,15	123	28,5	4330,7	904691,7	-87921,0
152,103	493	25	0,15	124	28,0	4258,9	908950,6	-91732,1
152,253	497	27	0,15	125	26,0	3958,6	912909,2	-95843,5
152,403	501	35	0,15	126	31,0	4724,5	917633,7	-99189,1
152,553	505	23	0,15	127	29,0	4424,0	922057,7	-102835,1
152,703	509	21	0,15	128	22,0	3359,5	925417,2	-107545,6
152,853	513	31	0,15	129	26,0	3974,2	929391,3	-111641,5
153,003	517	4	0,15	130	17,5	2677,6	932068,9	-117033,9
153,153	521	17	0,15	131	10,5	1608,1	933677,0	-123495,8
153,303	525	52	0,15	132	34,5	5289,0	938965,9	-126276,9
153,453	529	53	0,15	133	52,5	8056,3	947022,2	-126290,6
153,603	533	32	0,15	134	42,5	6528,1	953550,4	-127832,5
153,753	537	13	0,15	135	22,5	3459,4	957009,8	-132443,1
153,903	541	24	0,15	136	18,5	2847,2	959857,0	-137665,9
154,053	545	36	0,15	137	30,0	4621,6	964478,6	-141114,4
154,203	549	38	0,15	138	37,0	5705,5	970184,1	-143478,9

1 = 5	3	2	4	3	6	7	8	9
Progresiva (km)	No.	Valor PCI	Distancia del intervalo	Número de intervalo	Valor Rpta. Promedio	Area intervalo real	Area acumulada	Zx
154,353	553	76	0,15	139	57,0	8798,1	978982,2	-142750,8
154,503	557	88	0,15	140	82,0	12669,2	991651,5	-138151,6
154,653	561	12	0,15	141	50,0	7732,7	999384,1	-138488,9
154,803	565	35	0,15	142	23,5	3637,9	1003022,0	-142921,1
154,953	569	0	0,15	143	17,5	2711,7	1005733,7	-148279,4
155,028	573	11	0,15	144	5,5	852,7	1006586,3	-155496,8
155,178	577	0	0,15	145	5,5	853,5	1007439,8	-162713,3
155,328	581	36	0,15	146	18,0	2795,9	1010235,7	-167987,5
155,478	585	36	0,15	147	36,0	5597,2	1015832,9	-170460,3
155,628	589	47	0,15	148	41,5	6458,6	1022291,5	-172071,7
155,778	593	59	0,15	149	53,0	8256,2	1030547,7	-171885,5
155,928	597	37	0,15	150	48,0	7484,5	1038032,3	-172471,0
156,078	601	64	0,15	151	50,5	7881,9	1045914,2	-172659,1
156,228	605	66	0,15	152	65,0	10154,8	1056069,0	-170574,3
156,378	609	46	0,15	153	56,0	8757,2	1064826,2	-169887,1
156,528	613	46	0,15	154	46,0	7200,3	1072026,5	-170756,9
156,678	617	84	0,15	155	65,0	10184,1	1082210,5	-168642,8
156,828	621	0	0,15	156	42,0	6586,8	1088797,3	-170126,1
156,978	625	59	0,15	157	29,5	4630,9	1093428,2	-173565,2
157,128	629	45	0,15	158	52,0	8170,7	1101598,8	-173464,6
157,278	633	57	0,15	159	51,0	8021,2	1109620,0	-173513,4
157,428	637	60	0,15	160	58,5	9209,5	1118829,5	-172373,9
157,578	641	53	0,15	161	56,5	8903,2	1127732,7	-171540,8
157,728	645	39	0,15	162	46,0	7255,5	1134988,2	-172355,3
157,878	649	29	0,15	163	34,0	5367,9	1140356,0	-175057,5
158,028	653	29	0,15	164	29,0	4582,8	1144938,8	-178544,7
158,178	657	38	0,15	165	33,5	5299,0	1150237,8	-181315,8
158,328	661	49	0,15	166	43,5	6887,3	1157125,1	-182498,5
158,478	665	25	0,15	167	37,0	5863,7	1162988,8	-184704,8

1 = 5	3	2	4	3	6	7	8	9
Progresiva (km)	No.	Valor PCI	Distancia del intervalo	Número de intervalo	Valor Rpta. Promedio	Area intervalo real	Area acumulada	Zx
158,628	669	47	0,15	168	36,0	5710,6	1168699,4	-187064,3
158,778	673	41	0,15	169	44,0	6986,2	1175685,6	-188148,0
158,928	677	26	0,15	170	33,5	5324,1	1181009,7	-190894,0
159,078	681	28	0,15	171	27,0	4295,1	1185304,8	-194668,9
159,228	685	23	0,15	172	25,5	4060,3	1189365,1	-198678,6
159,378	689	38	0,15	173	30,5	4861,0	1194226,1	-201887,6
159,528	693	29	0,15	174	33,5	5344,2	1199570,3	-204613,4
159,678	697	28	0,15	175	28,5	4550,8	1204121,2	-208132,6
159,828	701	25	0,15	176	26,5	4235,4	1208356,6	-211967,2
159,978	705	41	0,15	177	33,0	5279,3	1213635,9	-214758,0
160,128	709	66	0,15	178	53,5	8566,8	1222202,7	-214261,1
160,278	713	52	0,15	179	59,0	9456,4	1231659,1	-212874,8
160,428	717	28	0,15	180	40,0	6417,1	1238076,2	-214527,7
160,578	721	34	0,15	181	31,0	4977,9	1243054,2	-217619,8
160,728	725	51	0,15	182	42,5	6830,9	1249885,1	-218858,8
160,878	729	60	0,15	183	55,5	8928,7	1258813,8	-218000,1
161,028	733	44	0,15	184	52,0	8373,5	1267187,3	-217696,7
161,178	737	31	0,15	185	37,5	6044,2	1273231,5	-219722,5
161,328	741	51	0,15	186	41,0	6614,4	1279845,9	-221178,1
161,478	745	61	0,15	187	56,0	9042,8	1288888,7	-220205,4
161,628	749	38	0,15	188	49,5	8000,6	1296889,3	-220274,8
161,778	753	57	0,15	189	47,5	7684,5	1304573,7	-220660,4
161,928	757	84	0,15	190	70,5	11415,9	1315989,6	-217314,5
162,078	761	43	0,15	191	63,5	10292,0	1326281,6	-215092,5
162,228	765	28	0,15	192	35,5	5759,1	1332040,7	-217403,5
162,378	769	52	0,15	193	40,0	6495,1	1338535,8	-218978,4
162,528	773	60	0,15	194	56,0	9101,6	1347637,4	-217946,8
162,678	777	51	0,15	195	55,5	9028,6	1356666,0	-216988,2
162,828	781	19	0,15	196	35,0	5699,0	1362365,0	-219359,3

1 = 5	3	2	4	3	6	7	8	9
Progresiva (km)	No.	Valor PCI	Distancia del intervalo	Número de intervalo	Valor Rpta. Promedio	Area intervalo real	Area acumulada	Zx
162,978	785	40	0,15	197	29,5	4807,9	1367172,8	-222621,4
163,128	789	59	0,15	198	49,5	8074,8	1375247,7	-222616,6
163,278	793	80	0,15	199	69,5	11347,8	1386595,5	-219338,8
163,428	797	58	0,15	200	69,0	11276,5	1397872,0	-216132,3
163,578	801	73	0,15	201	65,5	10714,4	1408586,4	-213488,0
163,728	805	65	0,15	202	69,0	11297,2	1419883,6	-210260,8
163,878	809	65	0,15	203	65,0	10652,1	1430535,7	-207678,7
164,028	813	67	0,15	204	66,0	10825,8	1441361,5	-204922,9
164,178	817	70	0,15	205	68,5	11246,2	1452607,7	-201746,7
164,328	821	63	0,15	206	66,5	10927,8	1463535,5	-198888,9
164,478	825	85	0,15	207	74,0	12171,4	1475706,9	-194787,6
164,628	829	55	0,15	208	70,0	11524,0	1487230,9	-191333,6
164,778	833	78	0,15	209	66,5	10957,7	1498188,6	-188445,9
164,928	837	86	0,15	210	82,0	13524,1	1511712,7	-182991,8
165,078	841	66	0,15	211	76,0	12545,9	1524258,6	-178515,9
165,228	845	54	0,15	212	60,0	9913,7	1534172,3	-176672,3
165,378	849	65	0,15	213	59,5	9840,0	1544012,3	-174902,3
165,528	853	100	0,15	214	82,5	13656,1	1557668,4	-169316,3
165,678	857	75	0,15	215	87,5	14496,8	1572165,2	-162889,5
165,828	861	72	0,15	216	73,5	12188,4	1584353,5	-158771,1
165,978	865	76	0,15	217	74,0	12282,4	1596635,9	-154558,8
166,128	869	71	0,15	218	73,5	12210,4	1608846,3	-150418,4
166,278	873	75	0,15	219	73,0	12138,3	1620984,6	-146350,1
166,428	877	100	0,15	220	87,5	14562,5	1635547,1	-139857,7
166,578	881	76	0,15	221	88,0	14658,9	1650205,9	-133268,8
166,728	885	72	0,15	222	74,0	12337,9	1662543,8	-129001,0
166,878	889	72	0,15	223	72,0	12015,2	1674559,0	-125055,8
167,028	893	75	0,15	224	73,5	12276,6	1686835,6	-120849,3
167,178	897	62	0,15	225	68,5	11451,7	1698287,3	-117467,6

Progresiva (km)	No.	Valor PCI	Distancia del intervalo	Número de intervalo	Valor Rpta. Promedio	Area intervalo real	Area acumulada	Zx
167,328	901	68	0,15	226	65,0	10876,3	1709163,6	-114661,3
167,478	905	72	0,15	227	70,0	11723,5	1720887,0	-111007,9
167,628	909	73	0,15	228	72,5	12153,0	1733040,1	-106924,9
167,778	913	85	0,15	229	79,0	13254,5	1746294,5	-101740,4
167,928	917	77	0,15	230	81,0	13602,2	1759896,7	-96208,3
168,078	921	73	0,15	231	75,0	12605,9	1772502,6	-91672,4
168,228	925	69	0,15	232	71,0	11944,2	1784446,7	-87798,3
168,378	929	71	0,15	233	70,0	11786,5	1796233,2	-84081,8
168,528	933	78	0,15	234	74,5	12555,3	1808788,5	-79596,5
168,678	937	78	0,15	235	78,0	13156,9	1821945,4	-74509,7
168,828	941	52	0,15	236	65,0	10973,8	1832919,2	-71605,9
168,978	945	29	0,15	237	40,5	6843,6	1839762,9	-72832,3
169,128	949	68	0,15	238	48,5	8202,7	1847965,6	-72699,6
169,278	953	51	0,15	239	59,5	10072,0	1858037,6	-70697,6
169,428	957	67	0,15	240	59,0	9996,3	1868033,9	-68771,3
169,578	961	54	0,15	241	60,5	10259,5	1878293,3	-66581,9
169,728	965	72	0,15	242	63,0	10692,9	1888986,2	-63959,0
169,878	969	64	0,15	243	68,0	11551,7	1900537,9	-60477,4
170,028	973	100	0,15	244	82,0	13942,3	1914480,2	-54605,1
170,178	977	62	0,15	245	81,0	13784,4	1928264,6	-48890,7
170,328	981	88	0,15	246	75,0	12774,6	1941039,2	-44186,1
170,478	985	73	0,15	247	80,5	13723,5	1954762,7	-38532,7
170,628	989	62	0,15	248	67,5	11517,4	1966280,1	-35085,3
170,778	993	87	0,15	249	74,5	12723,0	1979003,0	-30432,3
170,928	997	71	0,15	250	79,0	13503,3	1992506,3	-24999,1
171,078	1001	70	0,15	251	70,5	12061,0	2004567,3	-21008,1
171,228	1005	74	0,15	252	72,0	12328,4	2016895,8	-16749,7
171,378	1009	73	0,15	253	73,5	12596,3	2029492,0	-12223,4
171,528	1013	46	0,15	254	59,5	10205,9	2039698,0	-10087,5
						2039698,0		



### Apéndice 8

Matriz de mantenimiento y rehabilitación según metodología PCI aplicado a los daños más frecuentes del tramo en estudio

Item	Tipo de daño	Un.	Severidad	Reparación
1	Piel de cocodrilo  Grietas de fatiga por cargas de tránsito	m <sup>2</sup>	Baja	No se hace nada, sello superficial, sobrecarpeta
			Media	Parqueo parcial o en toda la profundidad (full depth) sobre carpeta, reconstrucción
			Alta	Parqueo parcial o en toda la profundidad (full depth) sobre carpeta, reconstrucción
2	Exudación  Película por exceso de asfalto	m <sup>2</sup>	Baja	No se hace nada
			Media	Se aplica arena / agregados y cilindrado
			Alta	Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario)
5	Corrugación  Serie de abultamientos a menos de 3.0 m entre sí	m <sup>2</sup>	Baja	No se hace nada.
			Media	Reconstrucción
			Alta	Reconstrucción
6	Depresión  Áreas localizadas con asentamiento	m <sup>2</sup>	Baja	No se hace nada.
			Media	Parqueo superficial, parcial o profundo.
			Alta	Parqueo superficial, parcial o profundo.
10	Grietas Longitudinales y Transversales  Incluyen reflexión de daños (no juntas) de losas subyacentes	m	Baja	No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3,0 mm
			Media	Sellado de grietas
			Alta	Sellado de grietas. Parqueo parcial

11	Parcheo y Acometidas de Servicios	m <sup>2</sup>	Baja	No se hace nada
	Área reparada o acometida de servicios públicos		Media	No se hace nada. Sustitución del parche
			Alta	Sustitución del parche
13	Huecos	un	Baja	No se hace nada
	Hueco equivalente = 0.47 m <sup>2</sup>		Media	Parcheo superficial o profundo
			Alta	Parcheo profundo
15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>	Baja	No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta
	Depresión en las huellas de tránsito		Media	Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta
			Alta	Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta
19	Meteorización (Desgaste Superficial) / Desprendimiento de Agregado Grueso	m <sup>2</sup>	Baja	No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial
	Pérdida de asfalto y matriz fina. Oxidación./Pérdida de agregado grueso o grupos de agregado		Media	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta./Parcheo parcial
			Alta	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción./Parcheo parcial

## Apéndice 9

### Costos unitarios de las partidas de reparación

#### Trabajos de mantenimiento y rehabilitación de pavimento flexible en caliente

Fecha presupuesto **25/08/2017**

Partida	Rendimiento	<b>Base granular para bacheo en pavimento e=0,20 m</b>	<b>800,0000</b>			Costo unitario directo por m2	<b>16,72</b>
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>		<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>							
Oficial		hh	1,0000	0,0100		17,63	0,18
Peón		hh	3,0000	0,0300		15,89	0,48
							<b>0,66</b>
<b>Materiales</b>							
Material granular		m3		0,2500		45,84	11,46
							<b>11,46</b>
<b>Equipos</b>							
Herramientas manuales		%mo		3,0000		0,66	0,02
Rodillo vib, liso autop, 101-135 Hp 10-12 Tn		hm	1,0000	0,0100		153,06	1,53
Motoniveladora 125 Hp		hm	1,0000	0,0100		163,87	1,64
Camión cisterna 4x2 agua 122 Hp 200 gl		hm	1,0000	0,0100		141,36	1,41
							<b>4,60</b>

Partida	Rendimiento	<b>Sellado de fisuras moderadas</b>	<b>500,0000</b>			Costo unitario directo por m	<b>8,20</b>
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>		<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>							
Operario		hh	4,0000	0,0640		21,58	1,38
Oficial		hh	1,0000	0,0160		17,63	0,28
Peón		hh	2,0000	0,0320		15,89	0,51
							<b>2,17</b>
<b>Materiales</b>							
Sellador elastomérico para fisuras		kg		0,0538		16,90	0,91
							<b>0,91</b>
<b>Equipos</b>							
Herramientas manuales		%mo		3,0000		2,17	0,07
Compresora neumática 250 - 330 PCM - 87 Hp		hm	1,0000	0,0160		76,22	1,22
Camioneta pick up 1ton,		hm	2,0000	0,0320		44,78	1,43
Sellador de fisuras		hm	1,0000	0,0160		150,00	2,40
							<b>5,12</b>

Partida	Rendimiento	<b>Sellado de fisuras leves</b>	<b>600,0000</b>			Costo unitario directo por m	<b>6,27</b>
<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>		<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>Mano de Obra</b>							
Operario		hh	4,0000	0,0533		21,58	1,15
Oficial		hh	1,0000	0,0133		17,63	0,23
Peón		hh	2,0000	0,0267		15,89	0,42
							<b>1,80</b>
<b>Materiales</b>							
Sellador elastomérico para fisuras		kg		0,0125		16,90	0,21

0,21

**Equipos**

Herramientas manuales	%mo		3,0000	1,80	0,05
Compresora neumática 250 - 330 PCM - 87 Hp	hm	1,0000	0,0133	76,22	1,01
Camioneta pick up 1ton,	hm	2,0000	0,0267	44,78	1,20
Sellador de fisuras	hm	1,0000	0,0133	150,00	2,00
					<b>4,26</b>

**Trabajos de mantenimiento y rehabilitación de pavimento flexible en caliente**Fecha presupuesto **25/08/2017**

Partida		<b>Sellado de fisuras severas</b>			
	Rendimiento	<b>m/DIA</b>	<b>400,0000</b>	Costo unitario directo por m	<b>10,72</b>

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>					
Operario	hh	4,0000	0,0800	21,58	1,73
Oficial	hh	1,0000	0,0200	17,63	0,35
Peón	hh	2,0000	0,0400	15,89	0,64
					<b>2,72</b>
<b>Materiales</b>					
Sellador elastomérico para fisuras	kg		0,0950	16,90	1,61
					<b>1,61</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%mo		3,0000	2,72	0,08
Compresora neumática 250 - 330 PCM - 87 Hp	hm	1,0000	0,0200	76,22	1,52
Camioneta pick up 1ton,	hm	2,0000	0,0400	44,78	1,79
Sellador de fisuras	hm	1,0000	0,0200	150,00	3,00
					<b>6,39</b>

Partida		<b>Eliminación de material excedente a botadero distancia 10 km</b>			
	Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>300,0000</b>	Costo unitario directo por m3	<b>27,39</b>

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>					
Oficial	hh	1,0000	0,0267	17,63	0,47
Peón	hh	4,0000	0,1067	15,89	1,70
					<b>2,17</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%mo		5,0000	2,17	0,11
Cargador sobre llantas de 160-195 Hp 3,5 yd3	hm	1,0000	0,0267	203,62	5,44
Camión volquete de 15 m3	hm	3,0000	0,0800	245,84	19,67
					<b>25,22</b>

Partida		<b>Demolición de pavimento asfáltico en parches de pavimento (m2)</b>			
	Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>250,0000</b>	Costo unitario directo por m2	<b>7,76</b>

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>					
Operario	hh	1,0000	0,0320	21,58	0,69
Oficial	hh	1,0000	0,0320	17,63	0,56
Peón	hh	2,0000	0,0640	15,89	1,02
					<b>2,27</b>

**Equipos**

Herramientas manuales	%mo		4,0000	2,27	0,09
Martillo neumático de 29 kg	hm	2,0000	0,0640	8,10	0,52
Compresora neumática 250 - 330 PCM - 87 Hp	hm	2,0000	0,0640	76,22	4,88
					<b>5,49</b>

Partida		<b>Fresado de carpeta asfáltica existente deteriorada</b>			
	Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>150,0000</b>	Costo unitario directo por m2	<b>71,12</b>

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>					
Operario	hh	1,0000	0,0533	21,58	1,15
Peón	hh	4,0000	0,2133	15,89	3,39
					<b>4,54</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%mo		5,0000	4,54	0,23
Camión volquete de 8 m3	hm	2,0000	0,1067	195,45	20,85
Fresadora 565 Hp	hm	1,0000	0,0533	853,60	45,50
					<b>66,58</b>

Partida		<b>Imprimación asfáltica</b>			
	Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>4,000,0000</b>	Costo unitario directo por m2	<b>2,66</b>

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>					
Operario	hh	1,0000	0,0020	21,58	0,04
Oficial	hh	2,0000	0,0040	17,63	0,07
Peón	hh	2,0000	0,0040	15,89	0,06
					<b>0,17</b>
<b>Materiales</b>					
Kerosene industrial	gal		0,0800	9,80	0,78
Asfalto RC-250	gal		0,3200	4,24	1,36
					<b>2,14</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%mo		3,0000	0,17	0,01
Camión imprimador 6X2 178-210 Hp 1,800 gl	hm	1,0000	0,0020	119,58	0,24
Barredora mecánica 10-20 HP 7 Pies longitud	hm	1,0000	0,0020	48,67	0,10
					<b>0,35</b>

Partida		<b>Riego de liga c/cocina asfáltica 320 gal</b>			
	Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>1,600,0000</b>	Costo unitario directo por m2	<b>3,12</b>

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>					
Operario	hh	1,0000	0,0050	21,58	0,11
Oficial	hh	2,0000	0,0100	17,63	0,18
Peón	hh	2,0000	0,0100	15,89	0,16
					<b>0,45</b>
<b>Materiales</b>					
Asfalto RC-250	gal		0,1200	4,24	0,51
					<b>0,51</b>
<b>Equipos</b>					

Herramientas manuales	%mo		3,0000	0,45	0,01
Rodillo neumático autopropulsado 5,5 - 20 ton	hm	1,0000	0,0050	131,18	0,66
Tractor de tiro de 80 Hp	hm	1,0000	0,0050	73,82	0,37
Camión imprimador 6X2 178-210 Hp 1,800 gl	hm	1,0000	0,0050	119,58	0,60
Barredora mecánica 10-20 HP 7 Pies longitud	hm	1,0000	0,0050	48,67	0,24
Cocina de asfalto 320 gl	hm	1,0000	0,0050	56,82	0,28
					<b>2,16</b>

Partida		<b>Sello asfáltico</b>			
	Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>1,600,0000</b>	Costo unitario directo por m2	<b>5,71</b>

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>					
Operario	hh	1,0000	0,0050	21,58	0,11
Oficial	hh	1,0000	0,0050	17,63	0,09
Peón	hh	10,0000	0,0500	15,89	0,79
					<b>0,99</b>
<b>Materiales</b>					
Asfalto RC-250	gal		0,5000	4,24	2,12
Arena seleccionada	m3		0,0150	45,84	0,69
					<b>2,81</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%mo		3,0000	0,99	0,03
Rodillo neumático autopropulsado 5,5 - 20 ton	hm	1,0000	0,0050	131,18	0,66
Compresora neumática 250 - 330 PCM - 87 Hp	hm	1,0000	0,0050	76,22	0,38
Camión imprimador 6X2 178-210 Hp 1,800 gl	hm	1,0000	0,0050	119,58	0,60
Barredora mecánica 10-20 HP 7 Pies longitud	hm	1,0000	0,0050	48,67	0,24
					<b>1,91</b>

Partida		<b>Carpeta asfáltica en caliente e= 3"</b>			
	Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>800,0000</b>	Costo unitario directo por m2	<b>44,27</b>

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>					
Operario	hh	2,0000	0,0200	21,58	0,43
Oficial	hh	2,0000	0,0200	17,63	0,35
Peón	hh	8,0000	0,0800	15,89	1,27
					<b>2,05</b>
<b>Materiales</b>					
Mezcla asfáltica	m3		0,0975	374,83	36,55
					<b>36,55</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%mo		5,0000	2,05	0,10
Rodillo neumático autopropulsado 5,5 - 20 ton	hm	1,0000	0,0100	131,18	1,31
Rodillo tándem estático 8-10 ton	hm	1,0000	0,0100	153,06	1,53
Pavimentadora sobre orugas 224 Hp	hm	1,0000	0,0100	273,32	2,73
					<b>5,67</b>

## Apéndice 10

### Costos de alternativa de reparación para cada tipo de daño existente según metodología PCI en sector 1

Descripción	Severidad	Und.	Área total acum. (m2)	Demolición (m2)		Fresado (m2)		Eliminación (m3)		Base Granular e=20 cm (m2)		Sello fisuras leves (m)		Sello fisuras moderadas (m)		Imprimación (m2)		Riego de liga (m2)		Carpeta asfáltica e=3" (m2)		Sello asfáltico (m2)		
				C.U.	S/. 7,76	C.U.	S/. 71,12	C.U.	S/. 27,39	C.U.	S/. 16,72	C.U.	S/. 6,27	C.U.	S/. 8,20	C.U.	S/. 2,66	C.U.	S/. 3,12	C.U.	S/. 44,27	C.U.	S/. 5,71	
D0: Sin daño	Sin daño	m2	12 967,65																					
D1: Piel de cocodrilo	Baja	m2	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	Aplica	.	
	Media		21,5	Aplica	166,84	.	.	Aplica	55,21	.	.	.	.	.	.	Aplica	57,19	.	.	Aplica	951,81	Aplica	122,77	
	Alta		.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	
D2: Exudación	Baja	m2	92,7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	529,32	
	Media		289,56	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	1 653,36
	Alta		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	.
D5: Corrugación	Baja	m2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
	Media		237	Aplica	1 839,12	.	.	Aplica	2 231,43	Aplica	3 962,64	.	.	.	.	.	Aplica	630,42	.	.	Aplica	10 491,99	Aplica	1 353,27
	Alta		.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	.	.	.	.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	
D6: Depresión	Baja	m2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
	Media		21,3	Aplica	170,18	.	.	Aplica	56,31	.	.	.	.	.	.	Aplica	58,33	.	.	Aplica	970,84	Aplica	125,22	
	Alta		7,3	Aplica	56,65	.	.	Aplica	68,73	Aplica	122,06	.	.	.	.	Aplica	19,42	.	.	Aplica	323,17	Aplica	41,68	
D10: Grietas longitudinales transversales	Baja	m	39,9	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	250,17	.	.	.	.	Aplica	124,49	.	.	Aplica	227,83	
	Media		96,45	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	790,89	.	.	.	Aplica	300,92	.	.	Aplica	550,73	
	Alta		.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	.	.	.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.		
D11: Parcheo	Baja	m2	388,44	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
	Media		943,71	Aplica	7 323,19	.	.	Aplica	2 423,27	.	.	.	.	.	.	Aplica	2 510,27	.	.	Aplica	41 778,04	Aplica	5 388,58	
	Alta		896,98	Aplica	6 960,56	.	.	Aplica	2 303,28	.	.	.	.	.	.	Aplica	2 385,97	.	.	Aplica	39 709,3	Aplica	5 121,76	
D13: Huecos	Baja	Und	1,32	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
	Media		19,3	Aplica	149,77	.	.	Aplica	49,56	.	.	.	.	.	Aplica	51,34	.	.	Aplica	854,41	Aplica	110,2		
	Alta		31,86	Aplica	247,23	.	.	Aplica	299,97	Aplica	532,7	.	.	.	Aplica	84,75	.	.	Aplica	1 410,44	Aplica	181,92		
D15: Ahuellamiento	Baja	m2	794	.	.	Aplica	56 469,28	Aplica	2 038,84	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	2 477,28	Aplica	35 150,38	Aplica	4 533,74	
	Media		1 539,25	.	.	Aplica	109 471,46	Aplica	3 952,51	.	.	.	.	.	.	Aplica	4 802,46	Aplica	68 142,6	Aplica	8 789,12			

	Alta		150	Aplica	1 164	.	.	Aplica	1 412,3	Aplica	2 508	.	.	.	.	Aplica	399	.	.	Aplica	6 640,5	Aplica	856,5
D19: Meteorización	Baja	m2	3 408,38	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	19 461,82	
	Media		9 493,53	.	.	Aplica	675 179,85	Aplica	377,61	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplic a	29 619,81	Aplica	420 278,57	Aplica	54 208,06
	Alta		734,25	Aplica	5 697,78	.	.	Aplica	6 913,19	Aplica	12 276,66	.	.	.	.	.	Aplica	1 953,11	.	.	Aplica	32 505,25	Aplica
Área total evaluada ( m2)			32 175,0		S/. 23 775,32		S/. 841 120,59		S/. 46 182,20		S/. 19 402,06		S/. 250,17		S/. 790,89		S/. 8 149,79		S/. 37 324,97		S/. 659 207,30		S/. 1 743 651,73
Longitud total de vía de 6 m de ancho evaluada ( m)			5 362,5																			Costo total Sector 1	S/. 1 743 651,73
																					Costo x kilómetro	S/. 325 156,50	



## Apéndice 11

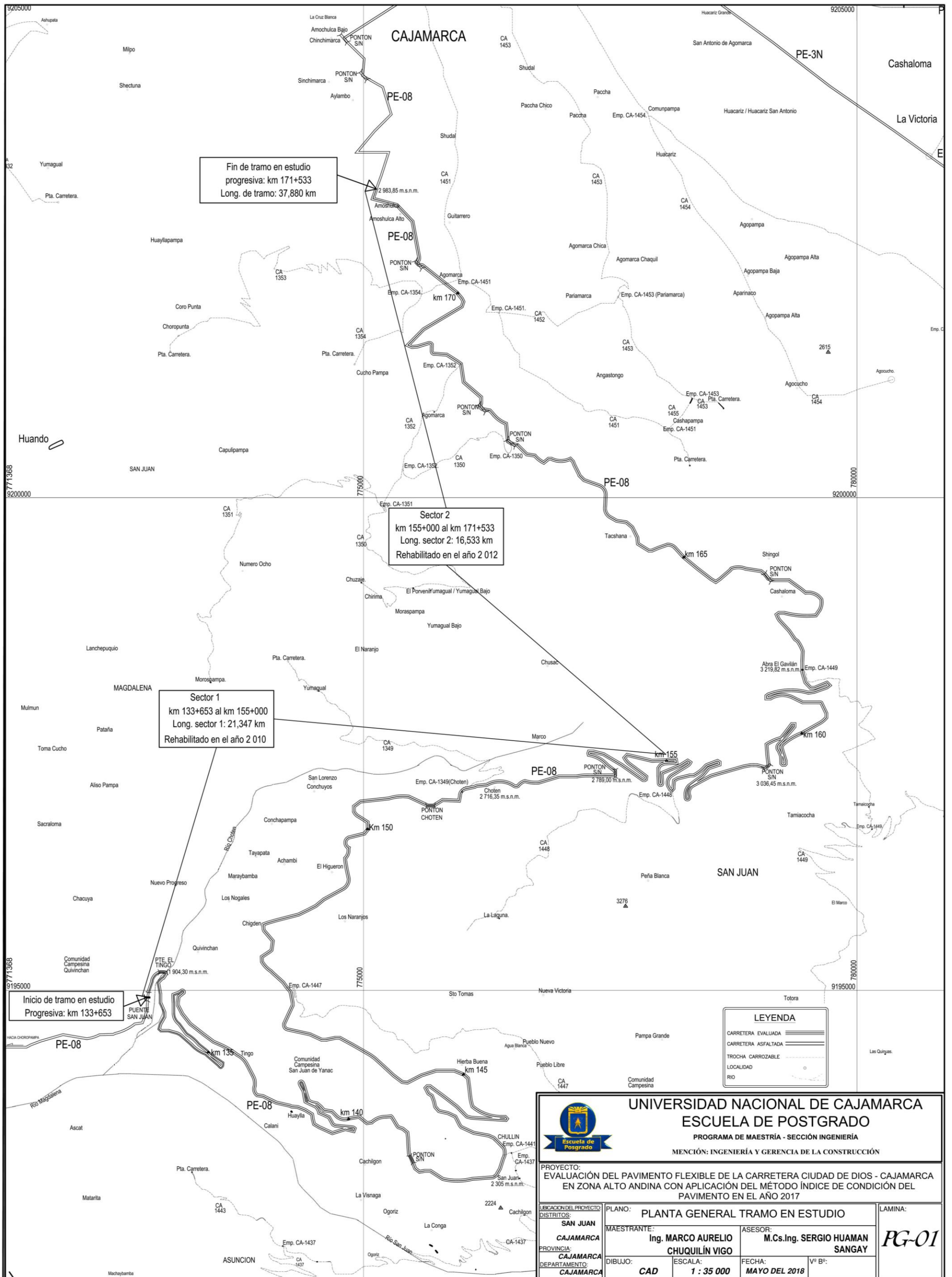
### Costos de alternativa de reparación para cada tipo de daño existente según metodología PCI en sector 2

Descripción	Severidad	Und.	Área total acum. (m2)	Demolición (m2)		Fresado (m2)		Eliminación (m3)		Base Granular e=20 cm (m2)		Sello fisuras leves (m)		Sello fisuras moderadas (m)		Imprimación (m2)		Riego de liga (m2)		Carpeta asfáltica e=3" (m2)		Sello asfáltico (m2)	
				C.U.	S/. 7,76	C.U.	S/. 71,12	C.U.	S/. 27,39	C. U.	S/. 16,72	C. U.	S/. 6,27	C. U.	S/. 8,20	C. U.	S/. 2,66	C.U.	S/. 3,12	C. U.	S/. 44,27	C.U.	S/. 5,71
D0: Sin daño	Sin daño	m2	14 409,24																				
D1: Piel de cocodrilo	Baja	m2	1,5	.	.	Aplica	106,68	Aplica	41,09	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	4,68	Aplica	66,41	Aplica	8,57	
	Media		89,49	Aplica	694,44	.	.	Aplica	229,79	.	.	.	.	.	Aplica	238,04	.	.	Aplica	3 961,72	Aplica	510,99	
	Alta		1,62	Aplica	12,57	.	.	Aplica	44,37	.	.	.	.	.	Aplica	4,31	.	.	Aplica	71,72	Aplica	9,25	
D2: Exudación	Baja	m2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	.
	Media		139,91	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	798,9
	Alta		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	.
D5: Corrugación	Baja	m2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Media		.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	.	.	.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	
	Alta		.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	.	.	.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	
D6: Depresión	Baja	m2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Media		3,06	Aplica	23,71	.	.	Aplica	7,85	.	.	.	.	.	Aplica	8,13	.	.	Aplica	135,29	Aplica	17,45	
	Alta		.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	.	.	.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	
D10: Grietas longitudinales transversales	Baja	m	7,16	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	44,86	.	.	.	.	Aplica	22,32	.	.	Aplica	40,86
	Media		105,69	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	866,66	.	.	Aplica	329,75	.	.	Aplica	603,49
	Alta		.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	.	.	.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	
D11: Parcheo	Baja	m2	575,21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Media		1 391,9	Aplica	10 801,14	.	.	Aplica	3 574,14	.	.	.	.	.	Aplica	3 702,45	.	.	Aplica	61 619,41	Aplica	7 947,75	
	Alta		42,31	Aplica	328,33	.	.	Aplica	108,64	.	.	.	.	.	Aplica	112,54	.	.	Aplica	1 873,06	Aplica	241,59	
D13: Huecos	Baja	Und	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Media		30,68	Aplica	238,09	.	.	Aplica	78,78	.	.	.	.	.	Aplica	81,61	.	.	Aplica	1 358,27	Aplica	175,19	
	Alta		11,58	Aplica	89,87	.	.	Aplica	109,04	Aplica	193,63	.	.	.	Aplica	30,8	.	.	Aplica	512,68	Aplica	66,13	
D15: Ahuellamiento	Baja	m2	415,37	.	.	Aplica	29 540,76	Aplica	1 066,58	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	1 295,94	Aplica	18 388,21	Aplica	2 371,73	

	Media		402,62	.	.	Aplica	28 634,33	Aplica	1 033,85	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	1 256,17	Apli ca	17 823,99	Aplic a	2 298,96	
	Alta		.	Aplica	.	.	.	Aplica	.	Apli ca	.	.	.	.	.	.	Aplica	.	Aplica	.	Aplica	.	
D19: Meteorización	Baja	m2	3 282,15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	18 741,08	
	Media		3 356,25	.	.	Aplica	238 696,5	Aplica	8 618,22	.	.	.	.	.	.	.	.	Aplica	10 471,5	Aplica	148 581,19	Aplica	19 164,19
	Alta		696,21	Aplica	5 402,59	.	.	Aplica	6 555,03	Apli ca	11 640,63	.	.	.	.	.	Aplica	1 851,92	Aplica	30 821,22	Aplica	3 975,36	
Área total evaluada ( m2)			24 961,94		S/. 17 590,74		S/. 296 978,27		S/. 21 467,39		S/. 11 834,26		S/. 44,86		S/. 866,66		S/. 6 029,82		S/. 13 380,37		S/. 285 213,16		S/. 56 971,48
Longitud total de vía de 6 m de ancho evaluada ( m)			4 160,32																		Costo total Sector 2	S/. 710 377,01	
																					Costo x kilómetro	S/. 170 750,43	

**ANEXOS**

**Anexo 1**  
Plano del tramo en estudio



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA - SECCIÓN INGENIERÍA  
MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:  
EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CIUDAD DE DIOS - CAJAMARCA  
EN ZONA ALTO ANDINA CON APLICACIÓN DEL MÉTODO ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL  
PAVIMENTO EN EL AÑO 2017

UBICACION DEL PROYECTO: DISTRITOS: <b>SAN JUAN</b>	PLANO: <b>PLANTA GENERAL TRAMO EN ESTUDIO</b>	LAMINA: <b>PG-01</b>
PROVINCIA: <b>CAJAMARCA</b>	MAESTRANTE: <b>Ing. MARCO AURELIO CHUQUILÍN VIGO</b>	ASESOR: <b>M.Cs. Ing. SERGIO HUAMAN SANGAY</b>
DEPARTAMENTO: <b>CAJAMARCA</b>	DIBUJO: <b>CAD</b>	ESCALA: <b>1 : 35 000</b>
		FECHA: <b>MAYO DEL 2018</b>

Fuente: Registro nacional de carreteras (2013) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

## Anexo 2

Curvas para obtener el valor deducido de los daños existentes según la metodología del PCI

Figura 41: Curva del valor deducido para daño Piel de cocodrilo

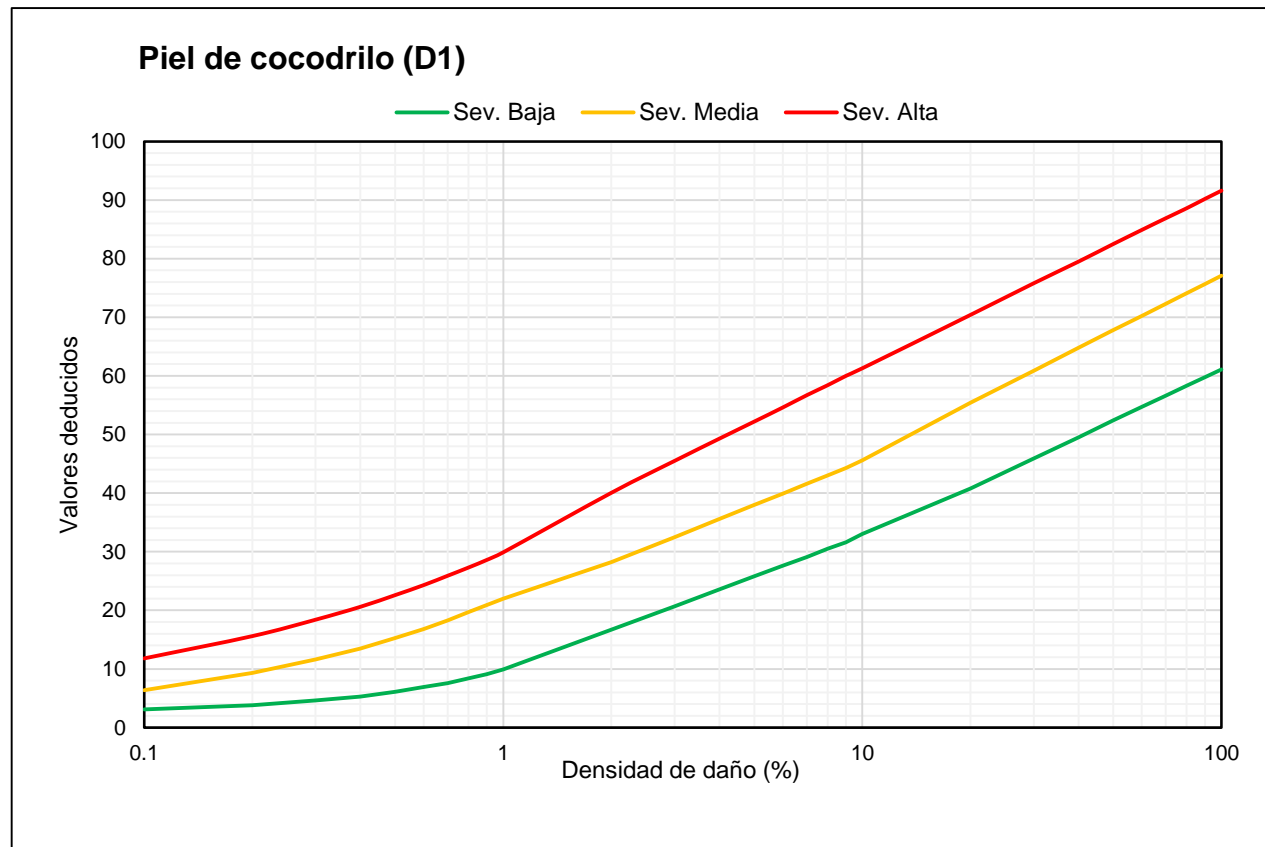


Figura 42: Curva del valor deducido para daño Exudación

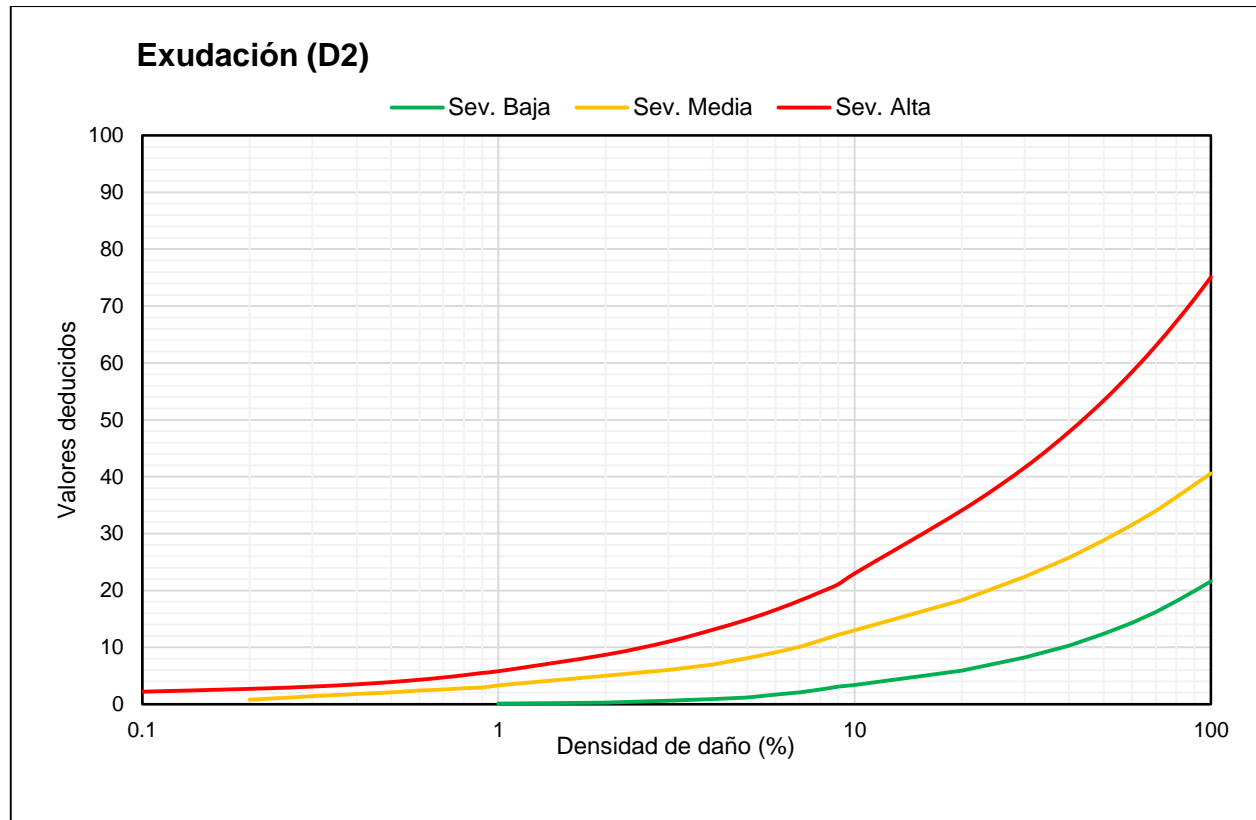


Figura 43: Curva del valor deducido para daño Corrugación

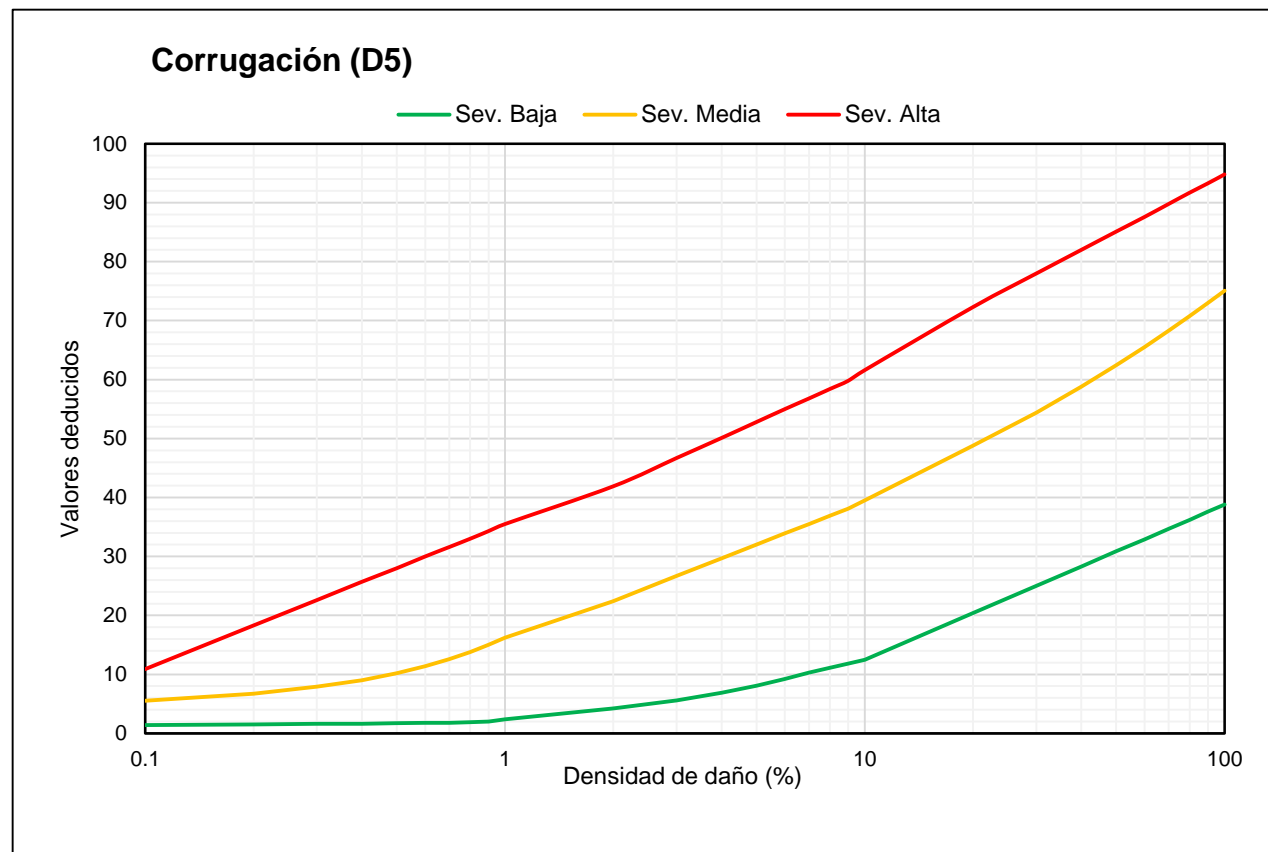


Figura 44: Curva del valor deducido para daño Depresión

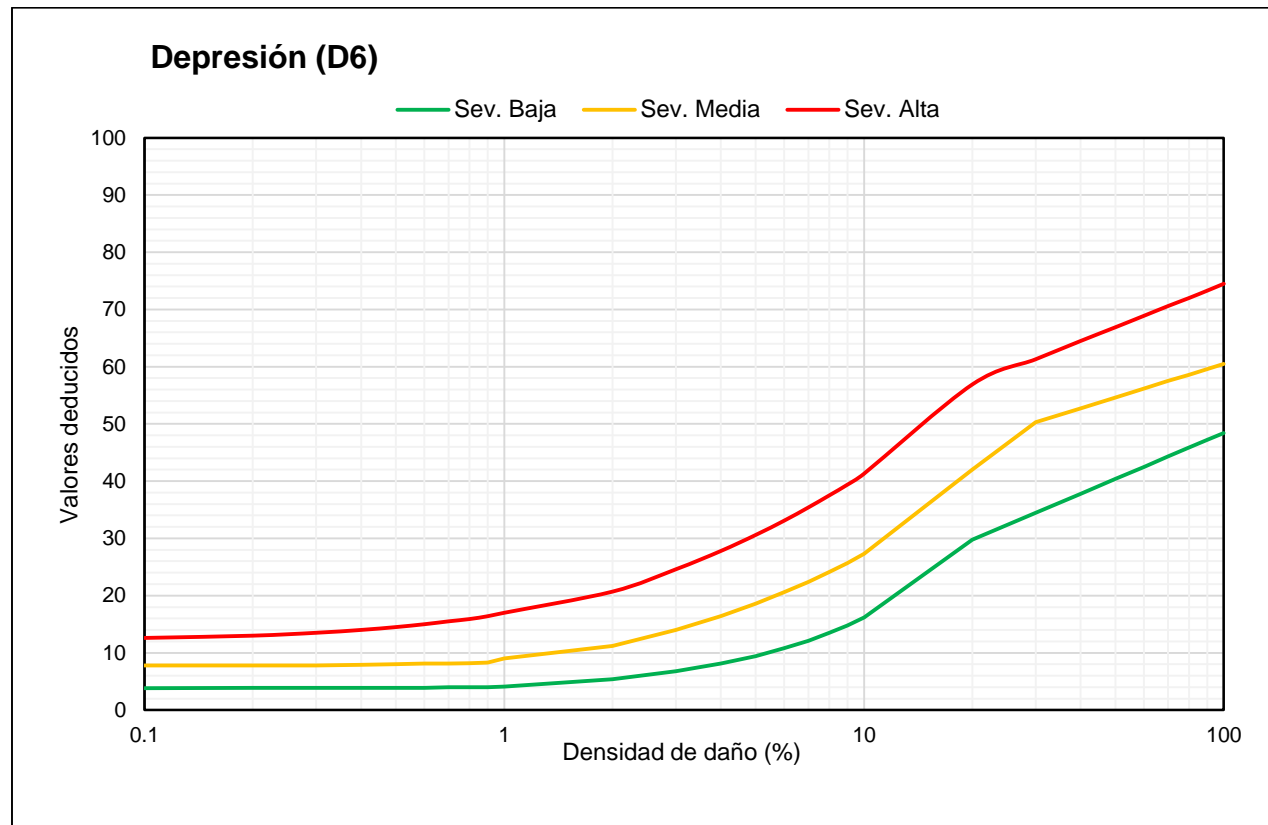




Figura45: Curva del valor deducido para daño Grietas longitudinales y transversales

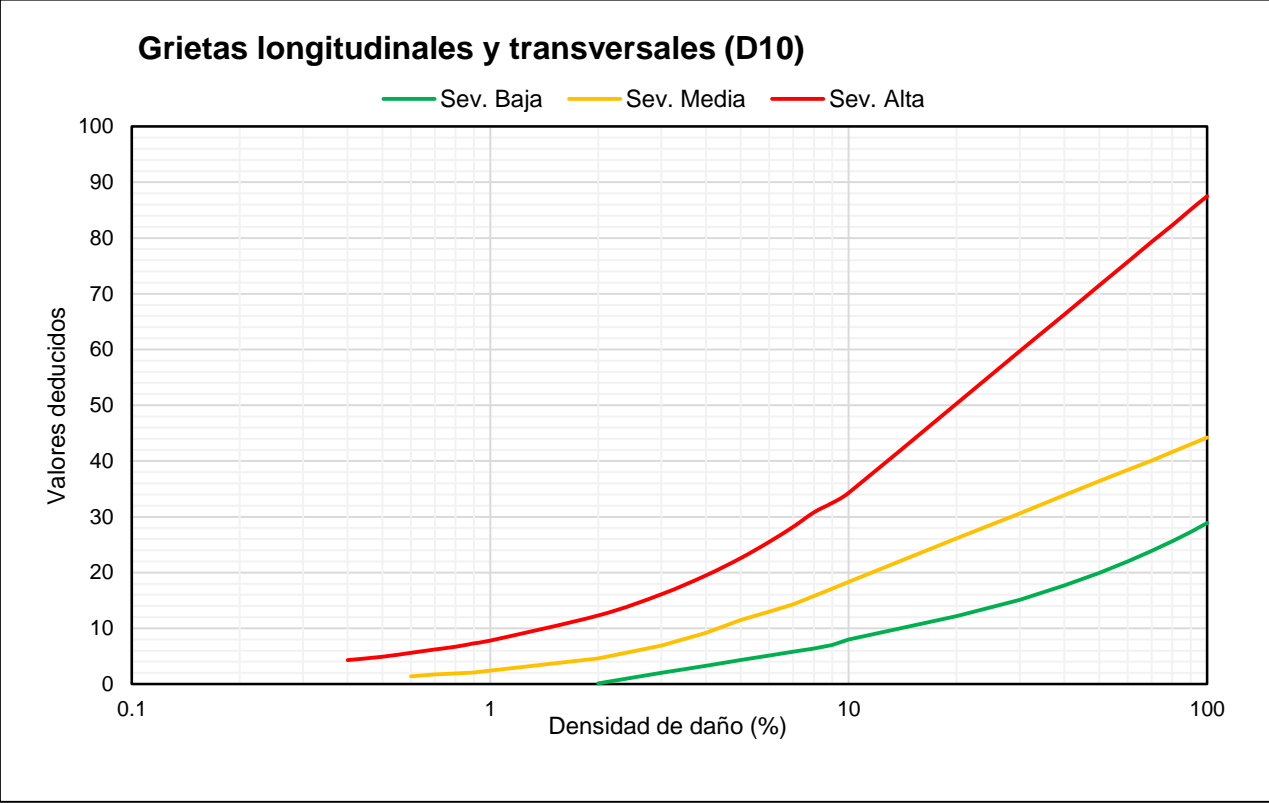


Figura 46: Curva del valor deducido para daño Parcheo

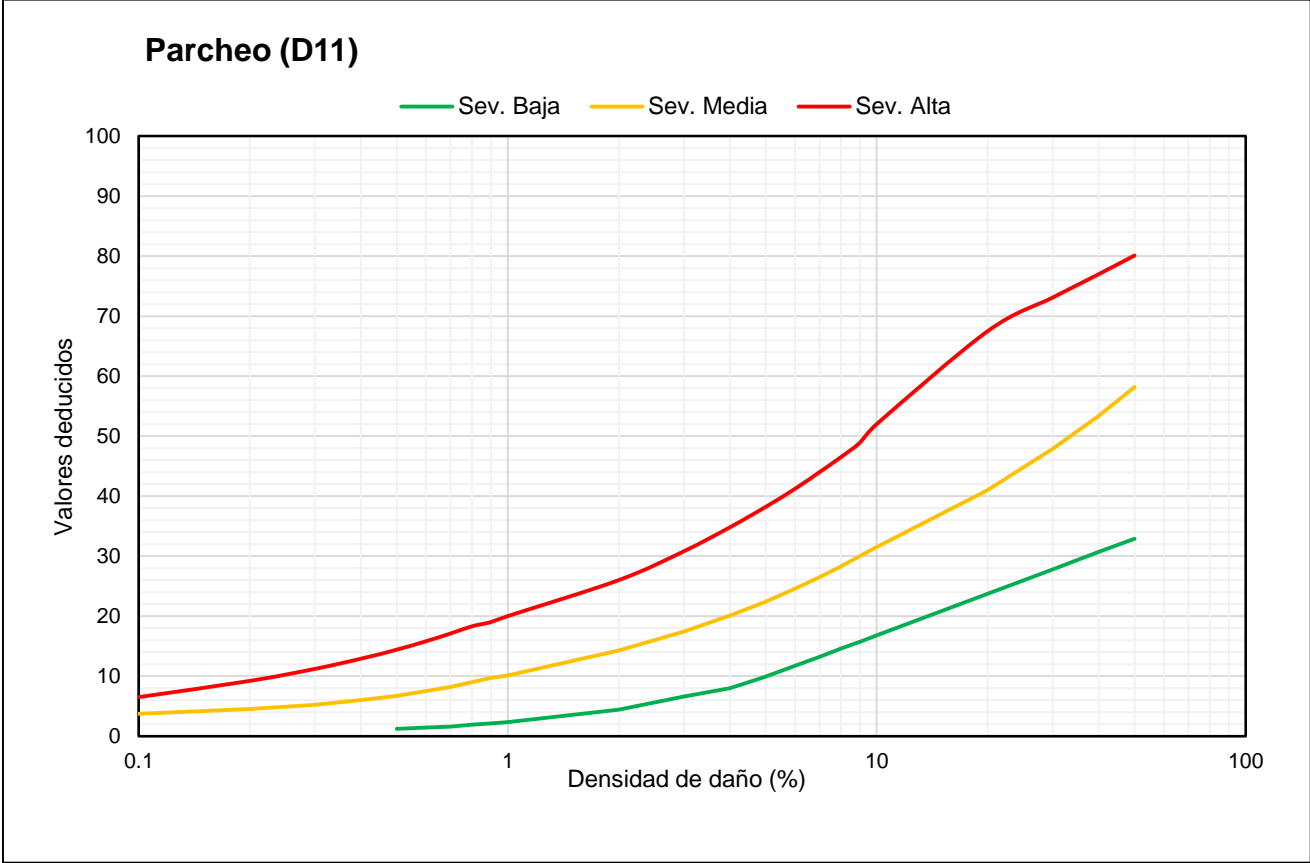


Figura 47: Curva del valor deducido para daño Huecos

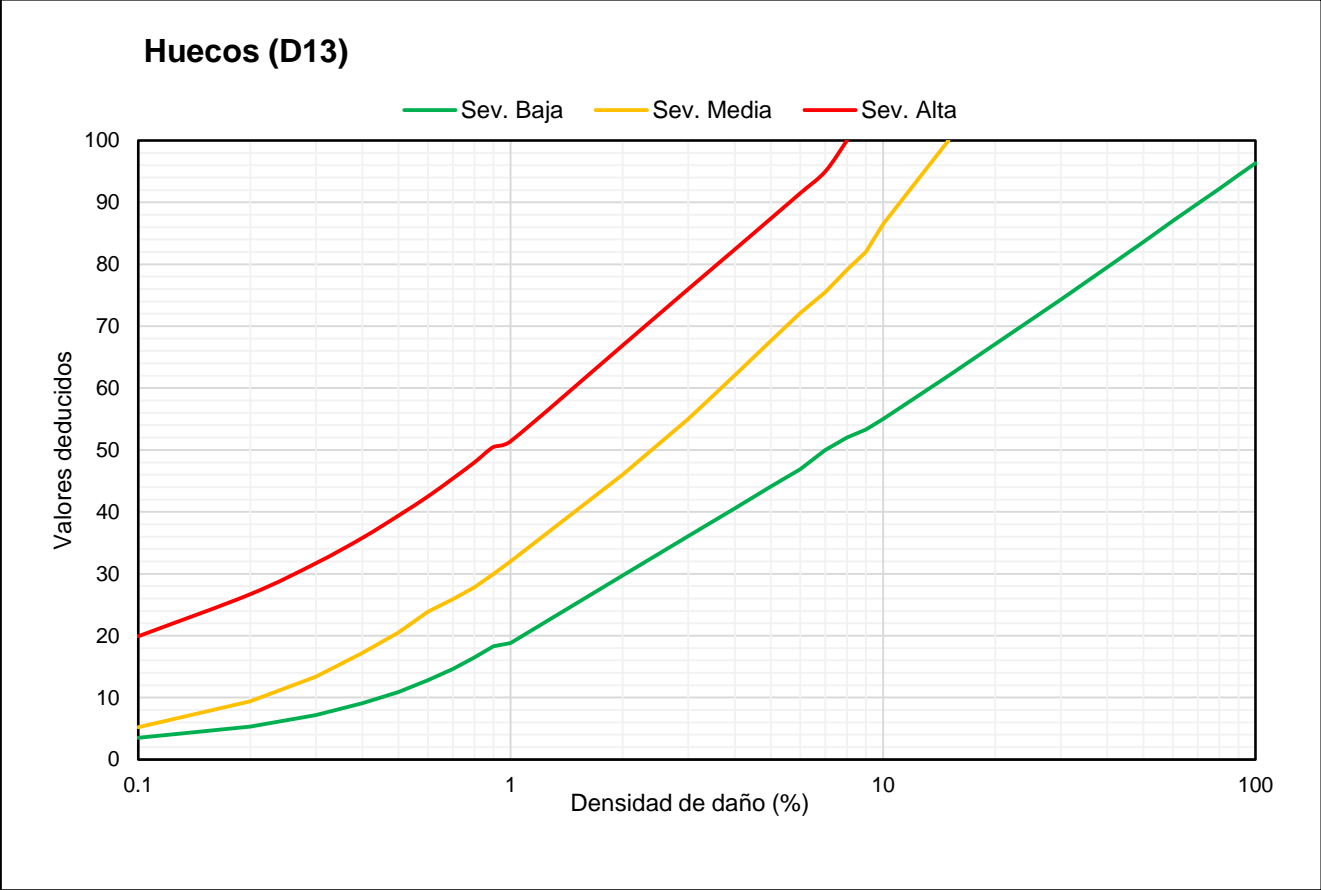


Figura 48: Curva del valor deducido para daño Ahuellamiento

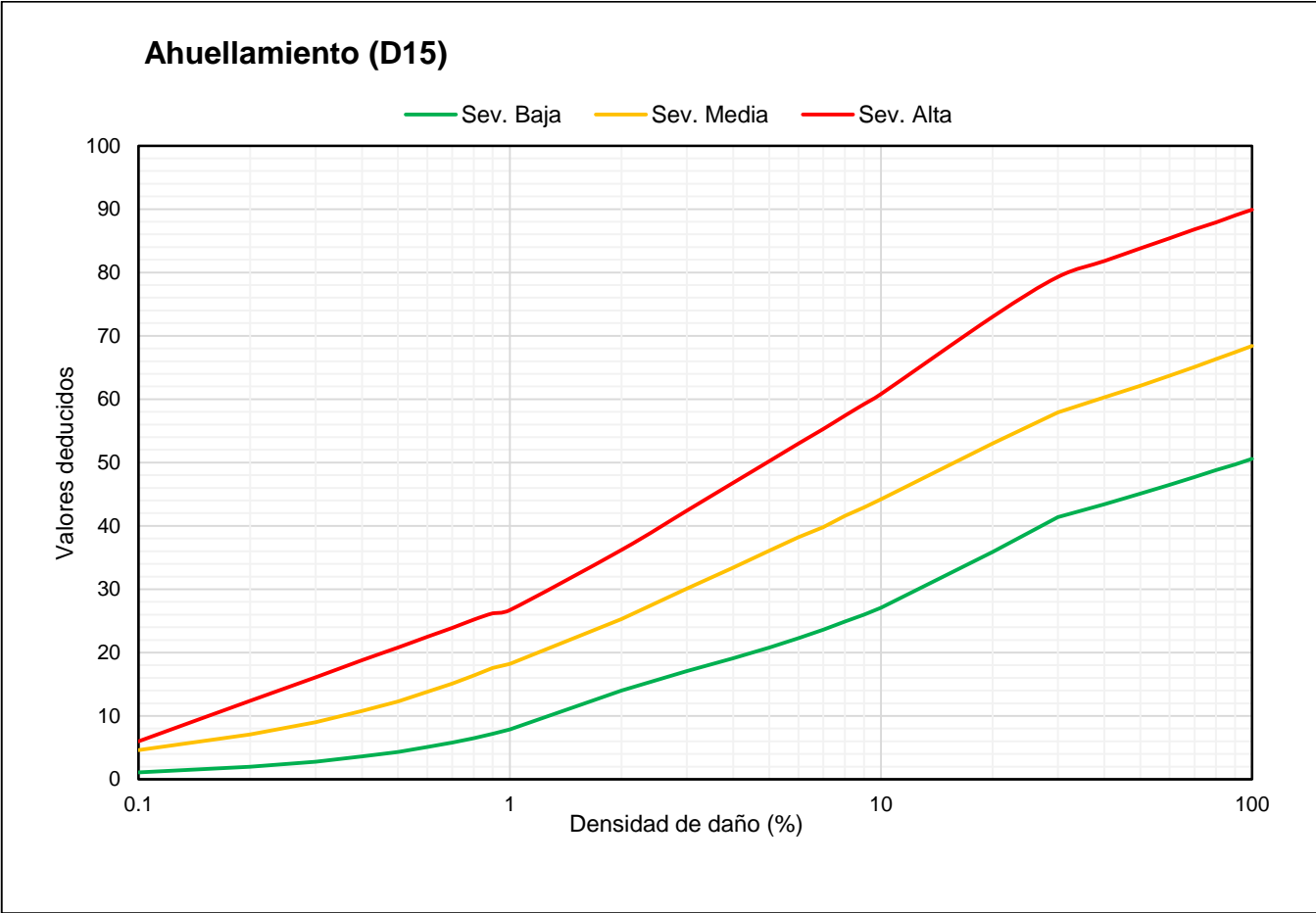
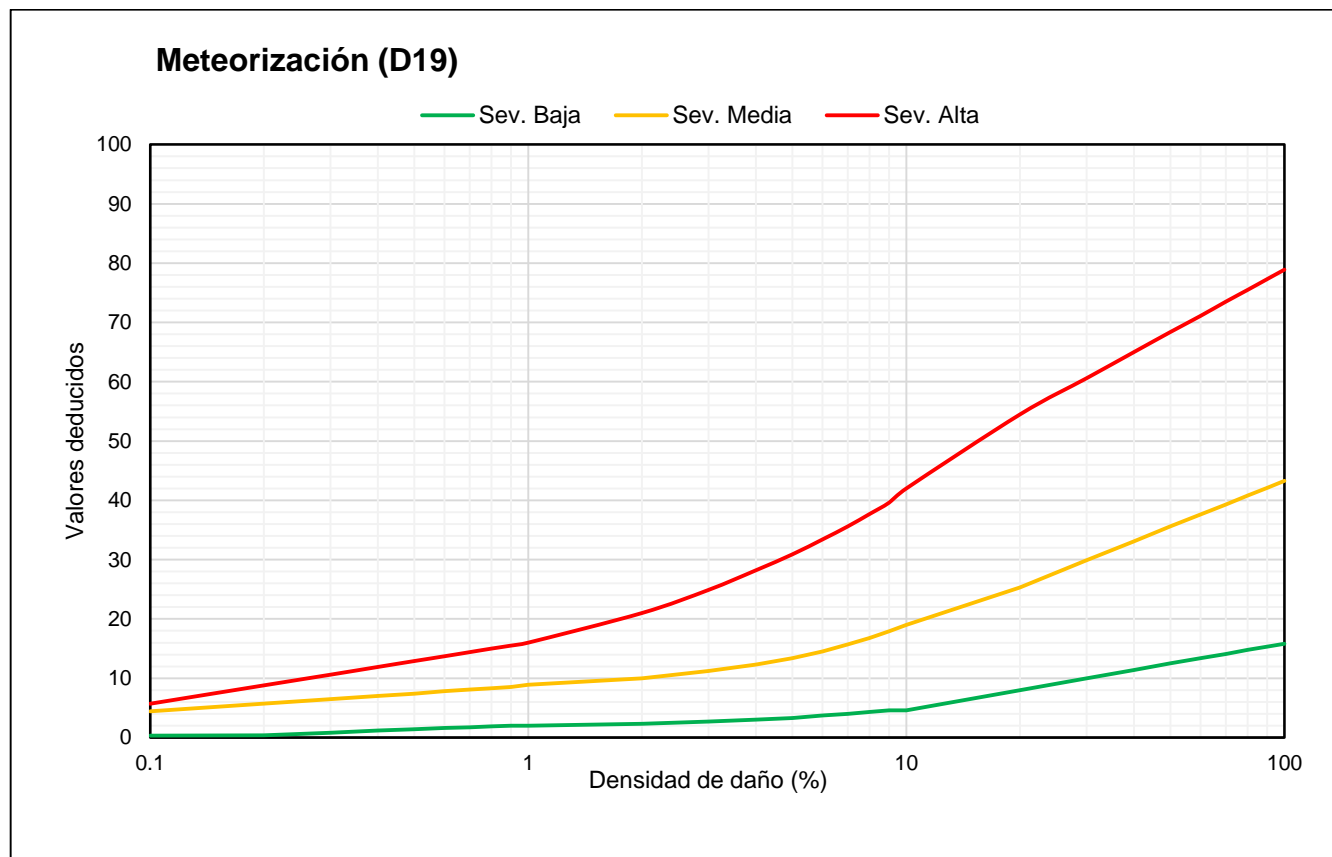


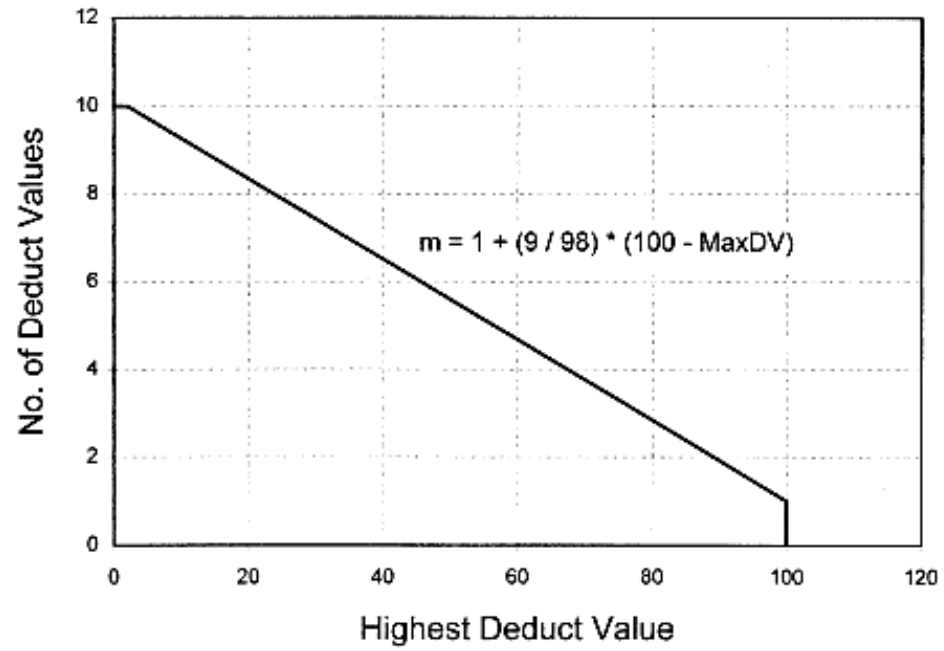
Figura 49: Curva del valor deducido para daño Meteorización



### Anexo 3

Gráfica para determinar número máximo admisible de valores deducidos

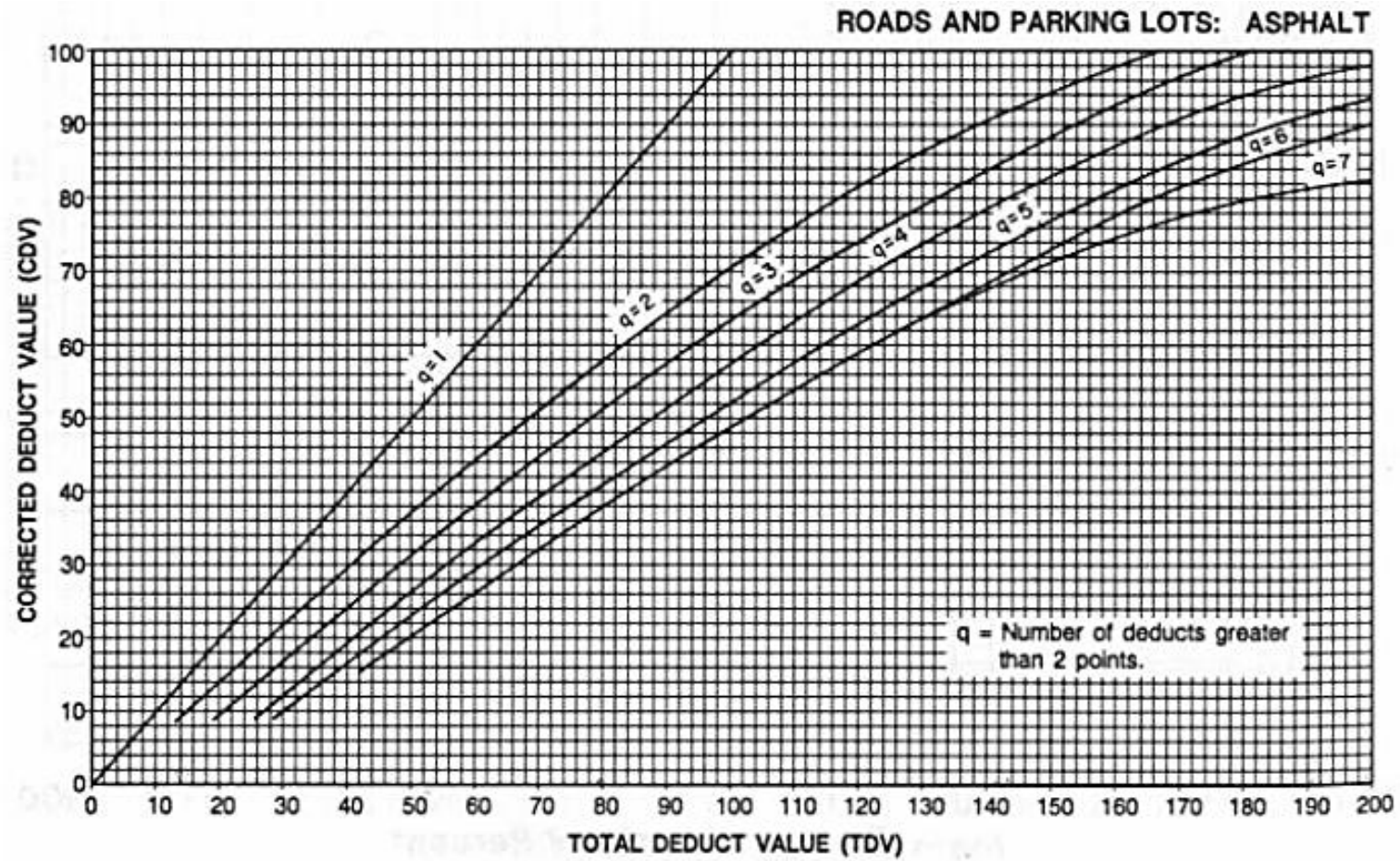
## Adjustment of Number of Deduct Values



Fuente: Norma ASTM D64433-07

### Anexo4

Gráfica para el cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV)



Fuente: Norma ASTM D64433-07

### Anexo5

Indicadores anuales: Carretera longitudinal de la sierra – tramo 2

<b>Concesionario:</b>	<b>CONVIAL SIERRA NORTE S.A.</b>				
<b>Modalidad:</b>	<b>COFINANCIADA</b>				
<b>Periodo:</b>	<b>2014-2017</b>				
<b>a) Tráfico</b>					
	<b>UNIDAD</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Número de Vehículos</b>					
Total Ligeros	Vehículos	421 654	1338 592	1459 648	670 768
Total Pesados	Vehículos	231 764	701 714	681 228	297 358
<b>Número de Ejes Cobrables</b>					
Total Ligeros	Ejes	421 654	1338 592	1459 648	670 768
Total Pesados	Ejes	819 002	2424 564	2223 748	900 120
<b>Número de Vehículos por Unidad de Peaje</b>					
Ciudad de Dios	Vehículos	246 890	778 578	764 302	165 870
Ligeros	Vehículos	137 780	458 224	484 428	098 336
Pesados	Vehículos	109 110	320 354	279 874	067 534
<b>Número de Ejes por Unidad de Peaje</b>					
Ciudad de Dios	Ejes	640 356	1916 526	1698 782	402 682
Ligeros	Ejes	137 780	458 224	484 428	098 336
Pesados	Ejes	502 576	1458 302	1214 354	304 346

Fuente: CONVIAL Sierra Norte S.A.

Elaboración: Gerencia de regulación y estudio económicos OSITRAN



### Anexo6

#### Categorización del PCI vs. Tipo de mantenimiento

Rango de índice de estado	Categoría de acción	Descripción
100 a 85	<b>Excelente</b> Mantenimiento Preventivo o Mínimo	Pavimento en condición muy buena; no requiere acciones de mantenimiento correctivo inmediatas; ocasionalmente pueden requerir acciones de mantenimiento mínimo preventivo
85 a 70	<b>Muy Bueno</b> Mantenimiento Correctivo Menor	Pavimento en condición buena, con fallas incipientes que requieren acciones de mantenimiento correctivas inmediatas y/o en el corto plazo
70 a 55	<b>Bueno</b> Mantenimiento Correctivo Mayor o Intensivo	Pavimento en condición dudosa o regular, con fallas evidentes que requieren acciones de mantenimiento correctivo frecuentes y probablemente una rehabilitación a mediano plazo: 1. Condición dudosa mantenimiento correctivo mayor. 2. Sellado de superficie. 3. Re-encarpetado delgado.
40 a 25	<b>Pobre</b> Rehabilitación - Refuerzo Estructural	Pavimento en condición deficiente con fallas en proceso de generación, que requieren una rehabilitación en el corto plazo para evitar la generalización de daños irreversibles
< 25	<b>Muy Pobre y Colapsado</b> Rehabilitación - Reconstrucción	Pavimento en condición muy deficiente, con fallas severas generalizadas que requieren una rehabilitación mayor, probablemente con alto porcentaje de reconstrucción, en el corto plazo

Fuente: Sotil, A. (2014) Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales

### Anexo7

Solución tabulada de la aproximación sucesiva de las diferencias acumuladas

(1) Estacion (KM)	(2) Valor de Respuesta del pavimento (r <sub>i</sub> )	(3) Numero de Intervalo (n)	(4) Distancia del intervalo (Δx <sub>i</sub> )	(5) Distancia acumulada (ΣΔx <sub>i</sub> )	(6) Valor de respuesta Promedio ( $\bar{r}_i$ )	(7) Area del Intervalo Real (a <sub>i</sub> )	(8) Area Acumulada (Σa <sub>i</sub> )	(9) Z <sub>x</sub> Z <sub>x</sub> = (8) - F*(5)
1	r <sub>1</sub>	1	Δx <sub>1</sub>	Δx <sub>1</sub>	$\bar{r}_1 = r_1$	$a_1 = \bar{r}_1 \cdot \Delta x_1$	a <sub>1</sub>	Z <sub>x1</sub> = a <sub>1</sub> - F*Δx <sub>1</sub>
2	r <sub>2</sub>	2	Δx <sub>2</sub>	Δx <sub>1</sub> + Δx <sub>2</sub>	$\bar{r}_2 = (r_1+r_2) / 2$	$a_2 = \bar{r}_2 \cdot \Delta x_2$	a <sub>1</sub> + a <sub>2</sub>	Z <sub>x2</sub> = (a <sub>1</sub> + a <sub>2</sub> ) - F*(Δx <sub>1</sub> + Δx <sub>2</sub> )
3	r <sub>3</sub>	3	Δx <sub>3</sub>	Δx <sub>1</sub> + Δx <sub>2</sub> + Δx <sub>3</sub>	$\bar{r}_3 = (r_2+r_3) / 2$	$a_3 = \bar{r}_3 \cdot \Delta x_3$	a <sub>1</sub> + a <sub>2</sub> + a <sub>3</sub>	⋮
L <sub>p</sub>	r <sub>n</sub>	N <sub>t</sub>	Δx <sub>nt</sub>	Δx <sub>1</sub> + ⋯ + Δx <sub>nt</sub>	$\bar{r}_{nt} = (r_{n-1}+r_n) / 2$	$a_{nt} = \bar{r}_{nt} \cdot \Delta x_{nt}$	a <sub>1</sub> + ⋯ + a <sub>nt</sub>	Z <sub>xnt</sub> = (a <sub>1</sub> + ⋯ + a <sub>nt</sub> ) - F*(Δx <sub>1</sub> + ⋯ + Δx <sub>nt</sub> )

$$A_t = \sum_{i=1}^{nt} a_i$$

$$F = A_t / L_p$$

Fuente: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras - Anexo E

## Anexo 8

Causa principal de los daños en la determinación del PCI

No.	Tipo de daño específico	Und	Causa principal		
			Tráfico	Clima	Materiales
1	Piel de cocodrilo	m2	X		
2	Exudación	m2		X	X
3	Agrietamiento en bloque	m2		X	X
4	Abultamientos y hundimientos	m		X	X
5	Corrugación	m2		X	X
6	Depresión	m2		X	X
7	Grieta borde	m		X	X
8	Grieta de reflexión de junta	m		X	X
9	Desnivel carril berma	m		X	X
10	Grietas longitudinales transversales	m		X	X
11	Parqueo	m2	X		
12	Pulimento de agregados	m2	X		
13	Huecos	No.	X		
14	Cruce vía férrea	m2			
15	Ahuellamiento	m2	X		
16	Desplazamiento	m2		X	X
17	Grieta parabólica	m2		X	X
18	Hinchamiento	m2			X
19	Meteorización	m2			X

Fuente: GUTIERREZ, José. 2007. P. 65

## Anexo 9

Evidencia de inexistencia de subdrenes y la necesidad de los mismos para su futura implementación sector 136+953 a 162+830

Vista km 154+400 – Presencia de agua en cuneta y berma



Vista km 154+200 – Agua en talud





Vista km 154+200 -- Presencia de agua en cuneta y berma



Vista km 154+060 – No existe subdren

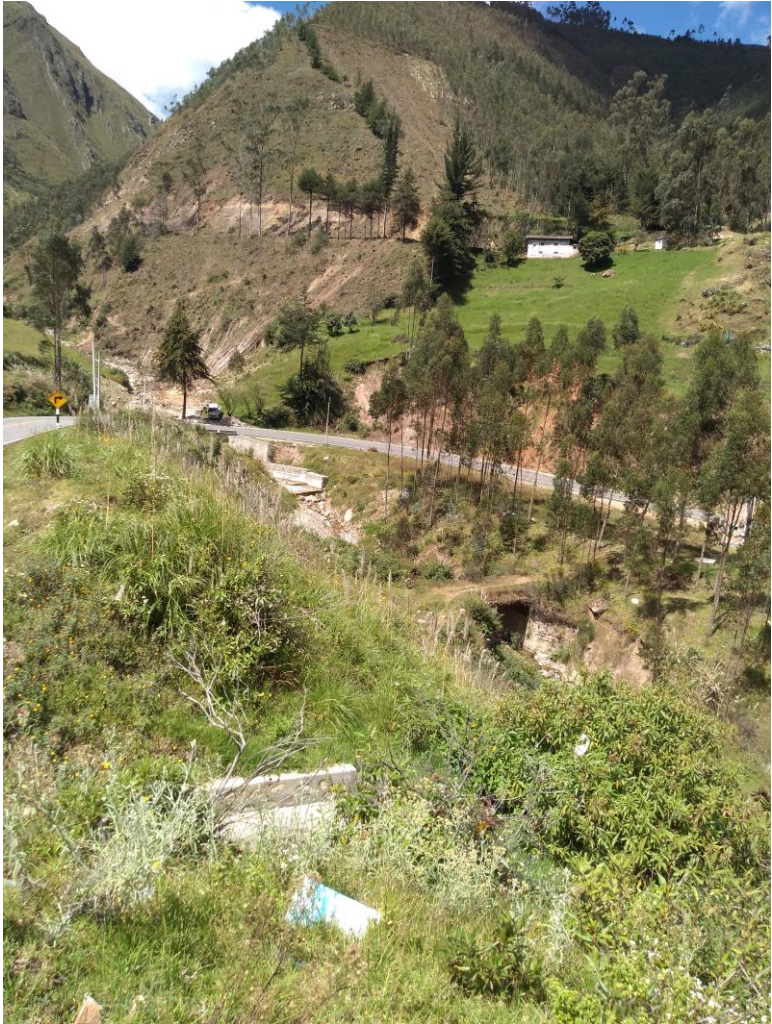




Vista km 153+274 – Evidencia de agua de infiltración



Vista km 153+000 – Zona agrícola sobre talud de carretera





Vista km 152+473 – No existe subdren presencia de humedad y daños en el pavimento





Vista km 150+055 – No existe subdren presencia de humedad. Vista km 149+400 – No existe subdren, presencia de humedad

