

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“CORRELACIÓN DEL PCI MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA FORMA MANUAL Y LA FORMA CON EL SOFTWARE EVALPAV EN LA AV. PEDRO BELTRÁN, DISTRITO DE VENTANILLA, CALLAO, EN EL AÑO 2022”

Tesis optar al título profesional de:

**Ingeniera Civil**

**Autores:**

Romi Liz Castillo Angaspilco  
Cecilia Makishi Maeireizo

**Asesor:**

Mg. Ing. Rubén Kevin Manturano Chipana

<https://orcid.org/0000-0002-9685-2886>

Lima - Perú

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1	<b>EDMUNDO VERAU MIRANDA</b>	<b>116086</b>
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	N° CIP

Jurado 2	<b>JOSE LUIS NEYRA TORRES</b>	<b>79977</b>
	Nombre y Apellidos	N° CIP

Jurado 3	<b>NEICER CAMPOS VASQUEZ</b>	<b>132928</b>
	Nombre y Apellidos	N° CIP

---

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres, Carlos A. Castillo Dávila, Yolanda Angaspilco Fernández, Lorenzo Makishi Nakasone, Susana Maeireizo Maemori por su apoyo brindado antes, durante y después de nuestra etapa universitaria y a lo largo de nuestra carrera profesional. Por haber confiado en nuestra capacidad, por nuestro bienestar y sugerencias para poder sobresalir.

## AGRADECIMIENTO

Expresar nuestro mayor agradecimiento a nuestro asesor de tesis el Mg. Ing. Kevin Manturano quien gracias a su constante apoyo pudimos culminar nuestra tesis con éxito y también un especial agradecimiento al Mg. Ing. Neicer Campos Vásquez quien nos orientó en la parte estadística de la tesis, al Mg. Ing. Gerber Zavala Ascaño creador del software Evalpav en conjunto con el MTC quien, gracias a sus conocimientos y su apoyo pudimos absolver nuestras dudas y también al Ing. Luis Orihuela quien nos apoyó desde la Gerencia de Urbanismo e Infraestructura de la Municipalidad de Ventanilla.

## Tabla de contenido

<b>JURADO EVALUADOR.....</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>10</b>
<b>INDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>14</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>17</b>
1.1. Realidad Problemática.....	17
1.2. Antecedentes.....	21
1.2.1. Nacionales .....	21
1.2.2. Internacionales .....	33
1.3. Formulación del Problema.....	48
1.3.1. Problema General .....	48
1.3.2. Problemas Específicos.....	48
1.4. Objetivos.....	48
1.4.1. Objetivo General .....	48
1.4.2. Objetivos Específicos.....	48
1.5. Hipótesis .....	49

1.5.1. Hipótesis General.....	49
1.6. Justificación.....	49
1.7. Bases Teóricas.....	51
1.7.1. Definición de Pavimentos.....	51
1.7.2. Clasificación de los Pavimentos.....	51
1.7.3. Estructura de Pavimento Asfáltico.....	51
1.7.4. Fallas en los Pavimentos Asfálticos.....	55
1.7.5. Metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	73
1.7.6. Estadística Descriptiva.....	76
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....</b>	<b>82</b>
2.1. Tipo de Investigación.....	82
2.1.1. Enfoque.....	82
2.1.2. Diseño de Investigación.....	82
2.1.3. Alcance de la Investigación.....	83
2.2. Población y Muestra.....	83
2.2.1. Población.....	83
2.2.2. Muestra.....	83
2.3. Materiales, Instrumentos y Métodos.....	85
2.3.1. Materiales para la Recolección de Datos.....	85
2.3.2. Instrumentos para la Recolección de Datos.....	88
2.4. Técnicas e Instrumentos.....	90
2.4.1. Técnicas.....	90
2.4.2. Instrumentos para Análisis de Datos.....	91

2.5. Operacionalización de Variables.....	91
2.6. Procedimiento de Recolección de Datos en Campo .....	93
2.7. Procedimiento de Tratamiento y Análisis de Datos.....	98
2.7.1. <i>Tratamiento de Datos Mediante la Forma Manual:</i> .....	98
2.7.2. <i>Tratamiento de Datos con el Software Evalpav:</i> .....	101
2.7.3. <i>Tratamiento de datos mediante el uso de la estadística descriptiva</i> .....	111
2.8. Aspectos Éticos .....	114
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS.....</b>	<b>116</b>
3.1. Datos Generales .....	116
3.1.1. <i>Ubicación y Área de Estudio</i> .....	116
3.1.2. <i>Características del Área de Estudio</i> .....	117
3.2. Resultados Hallados de la Forma Manual.....	117
3.2.1. <i>Interpretación de Resultados Hallados de la Forma Manual</i> .....	121
3.3. Resultados Hallados con el Software Evalpav.....	122
3.3.1. <i>Interpretación de Resultados Hallados con el Software Evalpav</i> .....	127
3.4. Correlación General Mediante el Uso de la Estadística Descriptiva .....	128
3.4.1. <i>Resultados para la Calzada de Subida en Av. Pedro Beltrán</i> .....	128
3.4.2. <i>Interpretación de los Resultados en la Calzada de Subida en Av. Pedro Beltrán</i> .....	137
3.4.3. <i>Resultados para la Calzada de Bajada en Av. Pedro Beltrán</i> .....	139
3.4.4. <i>Interpretación de los Resultados en la Calzada de Bajada en Av. Pedro Beltrán</i> .....	148

3.5. Prueba de Hipótesis General .....	150
3.6. Respuesta a las Preguntas de Investigación .....	150
3.7. Respuesta a los Objetivos de Investigación .....	151
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>152</b>
4.1. Discusión.....	152
4.1.1. <i>Limitaciones</i> .....	152
4.1.2. <i>Interpretación Comparativa</i> .....	153
4.1.3. <i>Implicancias</i> .....	157
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>158</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>163</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>164</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Ecuación de Google Earth para la Predicción del Deterioro en Vías de la Ciudad de Valencia .....	42
<b>Tabla 2</b> Comparación entre PCI in situ, PCI teórico y PCI Google Earth .....	44
<b>Tabla 3</b> Operacionalización de Variables .....	92
<b>Tabla 4</b> Cálculo del PCI en forma manual en calzada de subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla .....	118
<b>Tabla 5</b> Cálculo del PCI en forma manual en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla.	120
<b>Tabla 6</b> Cálculo del PCI con el software Evalpav en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla .....	122
<b>Tabla 7</b> Cálculo del PCI con el software Evalpav en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla .....	124
<b>Tabla 8</b> Datos de valores de entrada en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla .....	128
<b>Tabla 9</b> Tabla de distribución de frecuencia y porcentaje de la correlación calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla .....	131
<b>Tabla 10</b> Valores de las medidas de tendencia central en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla.....	132
<b>Tabla 11</b> <i>Cálculo de la varianza en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla</i> .....	132
<b>Tabla 12</b> Valores de las medidas de dispersión en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla .....	134
<b>Tabla 13</b> Datos de valores de entrada en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla .....	139
<b>Tabla 14</b> Tabla de distribución de frecuencia y porcentaje de la correlación calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla .....	142
<b>Tabla 15</b> Valores de las medidas de tendencia central en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla.....	143
<b>Tabla 16</b> Cálculo de la varianza en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla.....	143
<b>Tabla 17</b> Valores de las medidas de dispersión en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla .....	145

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Comportamiento del pavimento frente a cargas de tránsito .....	55
<b>Figura 2</b>	Severidad alta de piel de cocodrilo.....	56
<b>Figura 3</b>	Severidad baja de exudación .....	57
<b>Figura 4</b>	Severidad baja de agrietamiento en bloque.....	58
<b>Figura 5</b>	Severidad media de abultamiento y hundimiento .....	59
<b>Figura 6</b>	Severidad media de corrugación .....	60
<b>Figura 7</b>	Severidad baja de depresión .....	61
<b>Figura 8</b>	Severidad media de grieta de borde .....	62
<b>Figura 9</b>	Severidad media de grieta de reflexión de junta .....	63
<b>Figura 10</b>	Severidad baja de desnivel carril /berma.....	63
<b>Figura 11</b>	Severidad media de grieta transversal .....	64
<b>Figura 12</b>	Severidad media de parcheo y acometidas de superficie de pavimento.....	65
<b>Figura 13</b>	Pulimento de agregados.....	66
<b>Figura 14</b>	Severidad baja de hueco .....	67
<b>Figura 15</b>	Severidad baja de cruce de vía férrea.....	68
<b>Figura 16</b>	Severidad baja de ahuellamiento .....	68
<b>Figura 17</b>	Severidad media de desplazamiento.....	69
<b>Figura 18</b>	Severidad media de grietas parabólicas.....	70
<b>Figura 19</b>	Severidad media de hinchamiento.....	71
<b>Figura 20</b>	Severidad media de desprendimiento de agregados.....	72
<b>Figura 21</b>	Severidad alta de meteorización.....	72
<b>Figura 22</b>	Camioneta usada en trabajo de campo .....	85
<b>Figura 23</b>	Conos para trabajo en campo .....	85
<b>Figura 24</b>	Spray blanco utilizado en campo.....	86
<b>Figura 25</b>	Pizarra pequeña para uso en campo .....	87
<b>Figura 26</b>	Epps usados en campo.....	87
<b>Figura 27</b>	Flexómetro usado en campo.....	88
<b>Figura 28</b>	Regla milimétrica usada en campo.....	89
<b>Figura 29</b>	Cinta métrica usada en campo.....	89

<b>Figura 30</b>	Nivel de mano usado en campo.....	90
<b>Figura 31</b>	Regla longitudinal usada en campo.....	90
<b>Figura 32</b>	Medición por Google Earth de la Av. Pedro Beltrán - Ventanilla .....	93
<b>Figura 33</b>	Cdra. 1 de la Av. Pedro Beltrán - Ventanilla.....	94
<b>Figura 34</b>	Autores de la tesis.....	94
<b>Figura 35</b>	Instrumentos de medición .....	95
<b>Figura 36</b>	Primer día tomando datos de campo .....	96
<b>Figura 37</b>	Toma de datos en campo del 2do, 3er y 4to día .....	96
<b>Figura 38</b>	Toma de datos en la hoja de registro.....	97
<b>Figura 39</b>	Parte superior donde se coloca información básica del proyecto de registro en Excel .....	98
<b>Figura 40</b>	Parte de la hoja de registro donde se colocan fórmulas en base a norma D6433-18	99
<b>Figura 41</b>	Parte de la hoja de registro donde se colocan los tipos de fallas.....	99
<b>Figura 42</b>	Parte de la hoja de registro donde se lleva a cabo el cálculo del PCI .....	100
<b>Figura 43</b>	Parte de la hoja de registro donde se realiza el cálculo del valor deducido corregido .....	101
<b>Figura 44</b>	Programa software Evalpav de GZA INFRAVIAL PERÚ.....	102
<b>Figura 45</b>	Nuevo proyecto en Software Evalpav .....	102
<b>Figura 46</b>	Llenado de datos en la ventana proyecto nuevo.....	103
<b>Figura 47</b>	Paso para abrir proyecto nuevo .....	103
<b>Figura 48</b>	Agregar tipo de sector en el software Evalpav.....	104
<b>Figura 49</b>	Llenado de información como el componente y observación.....	105
<b>Figura 50</b>	Agregar sección tipo de calzada en el software Evalpav .....	105
<b>Figura 51</b>	Llenado de sección carril en software Evalpav .....	106
<b>Figura 52</b>	Registro de datos de capo en hojas Excel.....	107
<b>Figura 53</b>	Importación de archivo Excel a software Evalpav .....	108
<b>Figura 54</b>	Resultado del cálculo del PCI de cada muestra Av. Pedro Beltrán - Ventanilla.....	109
<b>Figura 55</b>	Presentación del cálculo del PCI de cada muestra en formato del mismo software Evalpav .....	110
<b>Figura 56</b>	Modo resumen de presentación del cálculo de PCI de las todas las muestras con el software Evalpav.....	111

**Figura 57** Modelo de tabla de valores de entrada para la recolección de datos..... 112

**Figura 58** Modelo de tabla de frecuencia de datos ..... 113

**Figura 59** Modelo de histograma..... 113

**Figura 60** Asimetría ..... 114

**Figura 61** Ubicación y área de estudio..... 116

**Figura 62** Características del tramo estudiado..... 117

**Figura 63** Variación de la correlación de los datos de la muestra en calzada subida en Av. Pedro Beltrán - Ventanilla..... 130

**Figura 64** Correlación entre la F. Manual y la F. S. Evalpav en calzada subida ..... 131

**Figura 65** Gráfico de distribución sesgada a la derecha en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla..... 134

**Figura 66** Gráfica general de la correlación entre ambas formas en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla..... 136

**Figura 67** Variación de la correlación de los datos de la muestra en calzada bajada en Av. Pedro Beltrán - Ventanilla..... 141

**Figura 68** Correlación entre la F. Manual y la F. S. Evalpav en calzada bajada ..... 142

**Figura 69** Gráfico de distribución sesgada a la derecha en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla..... 145

**Figura 70** Gráfica general de la correlación entre ambas formas en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla..... 147

**Figura 71** Correlación del IRI medido vs IRI pronosticado por el modelo estocástico probabilístico..... 153

**Figura 72** Correlación del IRI medido vs IRI pronosticado por el modelo empírico ..... 154

**Figura 73** Determinación de la correlación Deflexiones vs PCI Tramo Ida..... 156

**Figura 74** Determinación de la Correlación Deflexiones vs PCI Tramo Vuelta ..... 156

<b>Figura 75</b>	Progresiva de 00+00.00 a 00+144.00 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	287
<b>Figura 76</b>	Progresiva de 00+144.00 a 00+252.00 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	288
<b>Figura 77</b>	Progresiva de 00+252.00 a 00+360.00 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	289
<b>Figura 78</b>	Progresiva de 00+360.00 a 00+468.00 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	290
<b>Figura 79</b>	Progresiva de 00+468.00 a 00+576.00 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	116
<b>Figura 80</b>	Progresiva de 00+576.00 a 00+684.00 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	292
<b>Figura 81</b>	Progresiva de 00+684.00 a 00+792.00 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	293
<b>Figura 82</b>	Progresiva de 00+792.00 a 00+900.00 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	294
<b>Figura 83</b>	Progresiva de 00+900.00 a 01+008.00 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	295
<b>Figura 84</b>	Progresiva de 01+008.00 a 01+116.00 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	296
<b>Figura 85</b>	Progresiva de 01+116.00 a 01+224.00 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	297
<b>Figura 86</b>	Progresiva de 01+224.00 a 01+332.00 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	298
<b>Figura 87</b>	Progresiva de 01+332.00 a 01+440.00 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	299
<b>Figura 88</b>	Progresiva de 01+440.00 a 01+512.00 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	300
<b>Figura 89</b>	Unidades de muestreo del 01 – 06 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	301
<b>Figura 90</b>	Unidades de muestreo del 07 – 11 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	302
<b>Figura 91</b>	Unidades de muestreo del 12 – 17 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	303
<b>Figura 92</b>	Unidades de muestreo del 18- 23 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	304
<b>Figura 93</b>	Unidades de muestreo del 24 – 29 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	306
<b>Figura 94</b>	Unidades de muestreo del 30 – 35 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	307
<b>Figura 95</b>	Unidades de muestreo del 36 – 42 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	309
<b>Figura 96</b>	Evaluación del Pavimento mediante la metodología PCI- medición de altura ahuellamiento Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	311
<b>Figura 97</b>	Evaluación del Pavimento mediante la metodología PCI- medición de altura de hueco Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	311
<b>Figura 98</b>	Unidades de muestreo del 18- 23 Tramo: Av. Pedro Beltrán .....	304

## INDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> Coeficiente de asimetría de Pearson en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla .....	135
<b>Ecuación 2</b> Coeficiente de asimetría de Pearson en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla .....	146

## RESUMEN

La presente investigación se da con la finalidad de aportar conocimiento a estudiantes, tesisistas y a toda la comunidad de ingeniería civil referente al uso de la metodología PCI en el estudio correlacional de la Av. Pedro Beltrán – Ventanilla Callao.

El objetivo general de esta investigación es determinar la correlación del PCI utilizando el software EVALPAV y el método del PCI de forma manual en la Av. Pedro Beltrán – distrito de Ventanilla Callao, en el año 2022. Se planteó una metodología con enfoque cuantitativo y diseño de investigación no experimental, transversal-correlacional. El principal resultado es que la calzada de bajada es la que menos daño tiene en el pavimento flexible respecto a la calzada de subida, esto se halló evaluando el PCI tanto en la forma manual como utilizando el software Evalpav y el principal resultado de la correlación entre ambas formas se determinó que en la programación del software Evalpav hay un margen de error en el cálculo de la curva de valor deducido, específicamente en la falla 15. De acuerdo con lo investigado, se concluyó que hay una correlación con un margen de error mínimo entre ambas formas y que la correlación es asimétrica positiva.

**PALABRAS CLAVES:** *metodología PCI, correlación, software Evalpav*

## ABSTRACT

This research is given with the purpose of providing knowledge to students, thesis students and the entire civil engineering community regarding the use of the PCI methodology in the correlational study of Av. Pedro Beltrán - Ventanilla Callao.

The general objective of this research is to determine the correlation of PCI using the EVALPAV software and the PCI method manually in Av. Pedro Beltrán - Ventanilla Callao district, in the year 2022. A methodology with a quantitative approach was proposed and non-experimental, transversal-correlational research design. The main result is that the downhill road is the one that has less damage to the flexible pavement compared to the uphill road, this was found by evaluating the PCI both manually and using the Evalpav software and the main result of the correlation between in both ways, it was determined that in the programming of the Evalpav software there is a margin of error in the calculation of the deduced value curve, specifically in fault 15. According to what was investigated, it was concluded that there is a correlation with a minimum margin of error between both forms and that the correlation is positive asymmetric.

**PALABRAS CLAVES:** *PCI methodology, correlation, Evalpav software*



## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

Las vías de transporte como las carreteras son una necesidad básica para toda población en crecimiento que quiera estar interconectada entre sí, debido a que influyen positivamente en el incremento del comercio, el turismo, el empleo, la calidad del transporte y son un pilar fundamental para poder lograr mejoras en el acceso a los servicios públicos y privados de primera necesidad que toda persona merece.

A nivel internacional, se puede resaltar que son pocos los países que están dentro del ranking por la calidad de sus vías, entre ellas tenemos a Singapur con 6.5, Países bajos con 6.4 y Suiza con 6.3 quienes ocupan los 3 primeros puestos, (The Global Economy, 2019, párrafo primero)

Por otro lado, uno de los países pioneros en la construcción de carreteras es China. Sus autopistas son una de las más notables a nivel mundial.

Según (Meng, 2021, párrafo primero),

En octubre de 1988, la autopista Shanghai-Jiading, la primera en China Continental se abrió oficialmente al tráfico. Con este hito se aceleró el desarrollo de la red de carreteras de China. Ahora, la extensión total de carreteras en China alcanza más de 160,000 kilómetros, con lo que ocupa el primer lugar en el mundo.

La carretera más concurrida es la autopista Beijing-Hong Kong-Macao, esta es la arteria más transitada del tráfico norte-sur en China que se extiende entre algunas de las áreas económicamente más desarrolladas de China.

La autopista Lianyungang-Khorgos se abrió al tráfico el 31 de diciembre de 2014 con una longitud total de 4395 km es la más larga de china y una importante arteria de tráfico a lo largo de la Franja y la Ruta.

En el Perú, la realidad de los proyectos en general depende mucho de las inversiones programadas anualmente por el MEF, esto con el fin de poder reducir las brechas que existen a nivel nacional en el sector transportes. Por otro lado, el principal problema radica en el manejo de direccionamiento de proyectos viales, debido a que priorizan más los proyectos de gran envergadura y los que se encuentran con inversión correspondiente de decreto de emergencia.

Según (Provías Nacional, 2021),

Con el fin de continuar ejecutando obras y servicios de infraestructura vial, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), a través de Provías Nacional, tiene proyectado para el año 2022 alcanzar el 86% de las carreteras nacionales no concesionadas, pavimentadas, así como la construcción e instalación de 84 puentes nacionales.

Es así que, se espera iniciar importantes obras de solución definitiva, entre las que figuran 48 kilómetros de la carretera Boca del Río– Tacna, la carretera Checca – Mazocruz con 73 kilómetros, la vía Evitamiento Juliaca que mejorará 33 km de la zona periurbana de Puno y el Acceso de 7.5 kilómetros del Aeropuerto de Chinchero en Cusco.

Asimismo, se espera iniciar la construcción de puentes definitivos como son Puente Santa Rosa, que tendrá una longitud de 160 metros y que conectará la nueva torre del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez con la Av. Santa Rosa en la Provincia Constitucional del Callao descongestionando las vías alternas y ofreciendo una ruta más moderna y eficiente.

Por otro lado, se iniciará la construcción del Puente Carrasquillo que tendrá 540 metros de longitud, un paquete de 11 puentes en Tambo grande, Piura, y el Puente Nación Ashaninka de 1,330 metros en la zona del Vraem de Junín.

Asimismo, como parte de la estrategia Proyecto Perú, el año 2022 se iniciará el mejoramiento y conservación por niveles de servicio de los corredores: Dv. Pimentel/Larán -Cochabamba-Chamana/Chota-Cutervo/Oyotún-Bolívar de 402 kilómetros en Cajamarca y La Libertad; y la carretera Sausacocha-Puente Huacrachuco/Tayabamba-Sihuas/Calemar-Pte Pallar de 615 kilómetros ubicada entre los departamentos de La Libertad y Ancash.

Además, como parte de programa de conservación se ejecutará el reciclado y recapeo de importantes carreteras, entre ellas, el Emp. Gambetta-Faucett-Morales Duárez-Santa Rosa-Emp. Gambetta de 9 km en el Callao; la carretera Santiago de Chuco-Shorey de 41 kilómetros en La Libertad y la vía Chachapoyas-Molinopampa-Rodriguez de Mendoza-Punta Carretera de 129 kilómetros entre Amazonas y San Martín.

En el país, la mayoría de las vías principales recién se construyeron en el siglo XX, teniendo como ejemplo la Carretera Central, que une varios departamentos del Perú y que es la vía principal que abastece en mayor cantidad de alimentos perecibles y no perecibles a la capital.

Según, (La importancia de la carretera central, 2016, p.3),

En términos técnicos, la Carretera Central es una vía bidireccional de una sola calzada, con solamente dos carriles en la mayor parte de la vía. Bajo estas características estaría diseñada para un tráfico de como máximo 4,000 vehículos por día, en base al Índice

Medio Diario Anual (IMDA). Sin embargo, de acuerdo a OSITRAN la concesionaria DEVIANDES reporta que en la Carretera Central hay un tráfico de aproximadamente 6,000 vehículos por día en el punto de Corcona.

De acuerdo con lo establecido por el MTC, en su Manual de Operaciones: Diseño Geométrico 1, la Carretera Central, al ser una vía que tiene un tráfico de entre 4,001 y 6,000 vehículos por día se clasifica como una Autopista de Segunda Clase y debe tener calzadas divididas donde cada calzada debe contener dos o más carriles, junto con un control parcial de accesos que proporcionen flujos vehiculares continuos.

Pero como todas las vías construidas deben de realizarse un mantenimiento periódico para que cumpla su tiempo de vida útil. El mantenimiento de las vías depende mucho del IMDA que se haya proyectado inicialmente en su construcción y por los factores externos que se den en el transcurso de su vida. Esto generalmente se realiza cada cierto tiempo para lograr que la vida del pavimento no sea corta y de esta manera se podría evitar accidentes y mejorar la transitabilidad del usuario. Para ello, antes de realizar un mantenimiento en una vía es preferible cuantificar el daño que se ha registrado a través de los años desde su ejecución, para luego hallar su clasificación mediante el índice de condición de pavimento o llamado también PCI.

Como concepto según (ASTM D6433, 2018), "el PCI es una calificación numérica de la condición del pavimento que va de 0 a 100 con 0 siendo la peor condición posible y 100 siendo la mejor condición posible".

El PCI se puede hallar de forma manual, sin embargo, gracias al uso de las computadoras, el Dr. Ing. Gerber J. Zavala Ascaño en conjunto con el MTC crearon un software que ha facilitado la obtención del PCI de las vías aquí en el Perú. Este software ha ayudado a realizar la

metodología en corto tiempo debido a que en el Estado no se estudia solo una vía sino varias vías que se deben verificar si es que se debe realizar el mantenimiento o no.

“La aplicación del Sistema de gestión de base de datos – EvalPav - para la evaluación de la condición superficial en el área de mantenimiento, mejoramiento y rehabilitación de pavimentos, permite optimizar la recopilación de datos de campo, procesamiento de la información en menor tiempo, calidad y grado de confiabilidad para facilitar el análisis mediante la interpretación de resultados y la proposición de alternativas de solución en el tiempo”

(Ascaño), párrafo primero

Se busca por medio de esta investigación hacer una correlación del PCI con la forma del software EVALPAV y de forma manual en la Av. Pedro Beltrán distrito de Ventanilla – Callao y con ello determinar si es positivo o no.

## **1.2. Antecedentes**

De todas las investigaciones encontradas acerca de la metodología del PCI, se van a considerar tesis nacionales e internacionales, en total 10 antecedentes.

### **1.2.1. Nacionales**

Bolaños (2015) en su tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, titulada “Identificación, diagnóstico y remediación de las patologías del pavimento flexible del Jr. Amalia Puga y la Av. de los Héroes - ciudad de Cajamarca - Departamento de Cajamarca” tiene como objetivo principal evaluar las patologías existentes del concreto asfáltico del Jr. Amalia Puga y la Av. de los Héroes para luego implementar un PCI de la zona y utilizar la mejor opción de remediación para estas y teniendo

como problema general la siguiente interrogación ¿En qué estado se encuentra el pavimento flexible del Jr. Amalia Puga y la Av. de los Héroes?

Los resultados obtenidos por número de fallas según tipo en los tres tramos estudiados nos dio un total de 263 fallas, de las cuales el ahuellamiento dio un total de 73, las fisuras longitudinales y transversales dio un total de 61, el agregado pulido dio un total de 50, los parches dio un total de 21, la peladura por intemperismo y desprendimiento de agregado dio un total de 21, la fisura de borde dio un total de 16, los baches dio un total de 10, el abultamiento y hundimiento dio un total de 7, la fisura parabólica por deslizamiento dio un total de 3 y piel de cocodrilo dio un total de 1.

Los resultados obtenidos por tipo de falla y severidad se tuvieron que el grado de severidad en mayor cantidad fue la severidad media.

Los resultados obtenidos por el tipo de fallas existentes en los tres tramos de estudiados se tuvo en porcentaje lo siguiente: el ahuellamiento dio un total de 27.76%, las fisuras longitudinales y transversales dio un total de 23.19%, el agregado pulido dio un total de 19.01%, los parches dio un total de 7.98%, la peladura por intemperismo y desprendimiento de agregado dio un total de 7.98%, la fisura de borde dio un total de 6.08%, los baches dio un total de 3.80%, el abultamiento y hundimiento dio un total de 2.66%, la fisura parabólica por deslizamiento dio un total de 1.14% y piel de cocodrilo dio un total de 0.38%.

De esta investigación se concluyó que el promedio PCI de los tres tramos estudiados es de 68.91 y es considerado según la tabla como bueno. Las patologías del concreto asfáltico estudiado indicaron que se tuvo 263 fallas, el nivel de severidad de las patologías del concreto asfáltico indicaron que en el tramo I predominó la severidad baja en las fallas encontradas, en el

tramo II predominó la severidad alta y en el tramo III predominó la severidad baja. Las medidas correctivas para un PCI bueno deben tener en cuenta lo siguiente: la limpieza de calzadas y cunetas, limpieza de las señales verticales, pintura de las señales de tránsito, sellado de fisuras, reemplazo de parches y bacheado en la superficial.

Según lo investigado en esta tesis, se puede precisar que el tesista ha respondido el problema general planteado ¿En qué estado se encuentra el pavimento flexible del Jr. Amalia Puga y la Av. de los Héroes?, mostrando en los resultados el promedio del PCI, las fallas encontradas, el nivel de severidad de la vía estudiada en Jr. Amalia Puga y la Av. de los Héroes - ciudad de Cajamarca.

De la hipótesis general planteada por el tesista como se puede denotar en las conclusiones descritas líneas arriba no se cumplió con lo dicho donde se decía que la vía del Jr. Amalia Puga y la Av. de los Héroes se encuentra deteriorada debido al variado clima, volumen y tipo de tráfico de la ciudad. La metodología PCI es la más realizada en el Perú ya que no demora mucho tiempo, el costo no es tan alto y se tienen menos errores a comparación de otras, por lo que se sugiere que las municipalidades realicen una evaluación de las avenidas principales de los últimos años debido a que el parque automotor ha ido creciendo progresivamente en estos últimos años.

Los antecedentes utilizados en la tesis tanto nacional, internacional como local deben tener mayor sustento ya que sólo indican el título de la tesis, autores y resultados no dando mayor detalle y estudio de la información a investigar previo a la elaboración de la tesis del autor. En las conclusiones no responden directamente a las hipótesis planteadas tanto general como específicas, sino que responden al objetivo general y específicos.

Medina & De la Cruz (2015) en su tesina de grado para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad Privada de Ciencias Aplicadas, titulada “Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI” tiene como objetivo principal determinar el índice de condición del pavimento del Jr. José Gálvez, con lo cual se podrá determinar si la vía está apta para brindar adecuadas condiciones para los usuarios y teniendo como problema general la siguiente interrogación ¿Cuál es la condición actual del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince y este brinda adecuadas condiciones para los usuarios?

Los resultados obtenidos de las dos secciones estudiadas tuvieron una condición regular, sin embargo, se necesita una intervención ya que están próxima a pasar a condición de malo. De acuerdo con el porcentaje de condición de pavimento de las unidades de muestra, la condición de malo tiene un 39%, seguido por la condición regular con un 26%, un 22% por la condición de bueno, las demás proporciones son menores al 5%.

De las fallas encontradas en las dos secciones estudiadas la que más predominó es la falla fisura en bloque, también se observó que existen grandes áreas parchadas debido al mantenimiento que realiza la municipalidad, y no se registraron fisuras de borde en el pavimento.

De esta investigación se concluyó que el estado de pavimento del Jr. José Gálvez es regular. La condición de pavimento malo es la que predominó en las dos secciones estudiadas del Jr. José Gálvez. Las fallas identificadas en la vía fueron: piel de cocodrilo, fisura en bloque, fisuras longitudinal y transversal, parches, agregado pulido, huecos, ahuellamiento, peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados. El costo calculado de mantenimiento y



rehabilitación del Jr. José Gálvez fue de 135534.27 soles, esto haría que la condición de pavimento pasara de regular a excelente y el ratio de costo es de 19.56 nuevos soles por m<sup>2</sup>.

Según lo investigado en esta tesina, se puede denotar que si se ha respondido el problema general planteado ¿Cuál es la condición actual del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince y este brinda adecuadas condiciones para los usuarios?, mostrando en los resultados que el pavimento está clasificado como regular y que está aún operativo. La hipótesis indica que la vía a estudiar se encuentra deteriorada con fallas y que permite buenas condiciones, sirviendo adecuadamente a los usuarios, esto nos indica que puede que la vía esté con fallas, pero aun así hay transitabilidad.

En lo referente al estudio de la tesina, se puede evidenciar que el autor ha realizado un buen trabajo de campo tomando la información de forma visual y colocarlo en las hojas de registro, no se tiene conocimiento que se haya realizado un mantenimiento en la zona según lo investigado en la página web de la OSCE por lo que las entidades deben poner mayor atención en la realización de mejoras en las vías de nuestra capital.

Los conceptos que se visualizan en la tesina tienen un orden correlativo lo cual hace que el lector pueda entender la investigación a realizar. Las conclusiones no están relacionadas a la hipótesis sino en parte a los objetivos planteados tanto general como específicos a excepción de la colocación de las fallas identificadas en la vía.

Coripuna & Huanacchiri, (2019) en su tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad San Martín de Porres, titulada “Evaluación del estado de conservación del pavimento, utilizando el método PCI con el software Evalpav, en las avenidas El Trébol, Venus y Manuel Gonzales Prada (Km 0+000 – 2+383) del distrito de Los Olivos” tiene como

objetivo principal determinar el estado de conservación del pavimento, utilizando el método del PCI con el Software Evalpav, en las avenidas El Trébol, Venus y Gonzales Prada en Los Olivos y teniendo como problema general la siguiente interrogación ¿Cómo determinar el estado de conservación del pavimento realizando una evaluación superficial del pavimento en las avenidas El Trébol, Venus y Gonzales Prada en Los Olivos?

Los resultados obtenidos para el tramo 1 (Av. El Trébol) dio 34, esto indica según la tabla PCI que el pavimento es malo, es el resultado del promedio de los 4 carriles que conforman el 1er tramo, tipo de intervención sería rehabilitación.

Los resultados obtenidos para el tramo 2 (Av. Venus) dio 8, esto indica según la tabla PCI que el pavimento está fallado, es el resultado del promedio de los 2 carriles que conforman el 2do tramo, tipo de intervención sería construcción.

Los resultados obtenidos para el tramo 3 (Av. Manuel Gonzales Prada) dio 32.15, esto indica según la tabla PCI que el pavimento es malo, es el resultado del promedio de los 4 carriles que conforman el 3er tramo, tipo de intervención sería rehabilitación.

Asimismo, se proyectó una serie de gráficos de fallas encontradas en la inspección visual: en este caso fueron de las 15 fallas: piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, abultamiento y hundimiento, depresión, grieta de borde, grietas longitudinales y transversales, parcheo, pulimento de agregados, huecos, ahuellamiento, desplazamiento, grieta parabólica, hinchamiento y desprendimiento de agregados.

De esta investigación se concluyó que, de acuerdo con las inspecciones visuales en las avenidas tomadas como muestra, con apoyo del software Evalpav se tuvo un resultado de 25, lo cual es considerado como pavimento muy malo. De la evaluación de las muestras se encontraron

15 clases de fallas, donde había 3 niveles de severidad y eran de diferentes extensiones. Al aplicar el método PCI con el software Evalpav se determinó que el primer tramo tiene un PCI de 34 y estado malo, el segundo tramo tiene un PCI de 8 y estado fallado y tercer tramo tiene un PCI de 32.15 y estado malo. Además, aplicando esta metodología se puede clasificar el estado de conservación del pavimento con el fin de realizar una intervención si fuera necesario.

Según lo investigado en esta tesis, se puede denotar que se realizó la inspección visual de campo en fichas manuales para luego pasarlo a un Excel y poder ingresar la data al software Evalpav. Se obtuvieron los resultados tal como se indican líneas arriba, junto a sus gráficos respectivos de acuerdo a las fallas encontradas en campo que fueron solamente 15 de las 19 tipificadas en norma. Se discutieron las hipótesis y se validaron si es que cumplían con lo planteado.

De la información revisada de esta tesis podemos mencionar que las conclusiones no solo fueron colocar los resultados sino interpretar el cumplimiento de las hipótesis planteadas, más el autor decidió colocar esta información en la discusión de resultados. El formato de cada universidad suele contemplar algunos lineamientos distintos entre sí.

Choque (2019) en su tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional del Altiplano titulada “Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial de pavimento flexible, tramo EMP.PE - 3S Atuncolla, 2017” tiene como objetivo principal evaluar y comparar la aplicación de los métodos PCI y el Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial del MTC en la carretera EMP.PE - 3S (DV. Atuncolla) - Atuncolla, 2017, y teniendo como problema general la siguiente interrogación ¿Cuál es el método más apropiado para la evaluación de pavimentos

flexibles, el Manual de Carreteras - Mantenimiento Vial del MTC o el PCI, aplicando en la vía de prueba Emp PE - 3S (DV. Atuncolla) - Atuncolla en los 9km?

Esta tesis tiene como hipótesis que el método del PCI es la más eficiente al evaluar y comparar la aplicación de los métodos PCI y el Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial del MTC en la carretera Emp. PE-3S (DV. Atuncolla)- Atuncolla. Como hipótesis específicas tiene que el estado del pavimento de la vía Emp. PE - 3S (DV. Atuncolla) - ATUNCOLLA, según el método del PCI es “Regular”, la evaluación del estado actual de la Vía Emp. PE-3S (DV. Atuncolla) - ATUNCOLLA, por el Manual de Carreteras-Mantenimiento o Conservación del MTC, es de Condición regular, y que, al comparar los dos métodos, el método del PCI es más fiable que el manual de mantenimiento del MTC.

Para nuestro resultado obtenido, para el carril derecho, huella derecha se tiene un  $IRI=3.55m/Km$  y para el carril izquierdo huella izquierda se tiene un  $IRI= 3.68m/Km$ , esto quiere decir, según la escala de IRI estamos con un pavimento antiguo con tendencia a pavimentos dañados. Para la calificación del estado de un pavimento a través del PSI o el Índice de Serviciabilidad donde indica que la satisfacción de los usuarios se manifiesta, fundamentalmente, por la calidad en que se encuentra la superficie de rodadura y los elementos que constituyen la seguridad vial.

El Present Serviciability Index o la serviciabilidad fue definida como la capacidad de un pavimento para servir al tránsito para el cual fue diseñado. Los pavimentos fueron calificados con notas cuyos valores extremos variaban desde 0, para un camino intransitable, hasta 5 para una superficie en perfectas condiciones (situación ideal), el cálculo de PSI está relacionado con

el IRI. Para nuestro caso el  $PSI = 2.5$ , y según la escala de PSI estamos en una calidad de servicio REGULAR.

Los resultados de esta tesis indican que realizando la evaluación en la carretera EMP.PE - 3S (DV. Atuncolla) - Atuncolla por el método PCI dio como resultado promedio de 29 por lo que es un pavimento malo, en el Manual de Carreteras - Mantenimiento Vial del MTC dio como resultado 789 considerado como pavimento regular. Para la comparación de estas dos metodologías se realizó la prueba t student donde se tuvo que unificar criterios transformando la escala de PCI de 7 a 3 categorías para hacer posible la comparación.

De esta investigación se concluyó que por la metodología PCI el resultado del estudio es malo con tendencia a muy malo. Por el Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial del MTC se obtuvo el valor de 789 considerado según la tabla como bueno. Las desventajas que se tienen en esta última metodología son en los niveles de gravedad ya que no tienen un nivel de puntaje en cada nivel de gravedad, también cuando se evalúa la vía cada 200 m sin que se especifique el área máxima a tomar debido al ancho que pueda tener la calzada, siendo esto muy extenso y resultado poco fiable.

Según lo investigado en esta tesis, se concluye que las características de tránsito de la vía de 9000 m de longitud indican que la transitabilidad de los diversos vehículos se dan entre las 7 y 8 am y 3 a 5 pm entre los días lunes y viernes lo que nos señala que la vía es transitada en su mayoría por vehículos pesados por lo que la longitud a evaluar (50 m) es adecuada. Además, se puede apreciar que hacen el correcto uso de la norma ASTM: D6433-07.

Por otro lado, se observa que para el levantamiento de las fallas utilizaron la norma ASTM: D6433-18, esto se ve reflejado en el formato que elaboraron propiamente para el cálculo

del PCI; también se ve el uso de una tabla para deducir los valores que brinda los ábacos de fallas de fisuras longitudinales y transversales y que además sirve para poder determinar el número máximo de valores deducidos (ecuación recomendable) y/o mediante una curva.

Asimismo, se observa que para el levantamiento de las fallas utilizaron el “Manual de Carreteras-Mantenimiento o Conservación Vial del MTC”, esto se ve reflejado en el formato que elaboraron propiamente para la recopilación de datos y el cálculo de calificación de condición del pavimento; también se ve el uso de una ecuación simplificada ponderada para calificar la condición.

Se aprecia que utilizaron el rugosímetro Merlín (evaluar índice de rugosidad IRI) para la recopilación de datos, lo que hace el trabajo de campo más práctico y eficaz para evitar la congestión vehicular en la vía. Según lo estudiado en esta tesis se puede distinguir que tiene una buena estructura, cumple con el método científico, las conclusiones tienen relación con las hipótesis planteadas, se realiza una comparación real entre estas dos metodologías observando las falencias de una. Sin embargo, la metodología PCI difiere de la hipótesis planteada inicialmente.

Bravo (2020) en su tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil en el año 2020 de la Universidad Ricardo Palma titulada “Evaluación superficial de pavimentos asfálticos mediante las metodologías del MTC Perú y PCI” tiene como objetivo principal evaluar y comparar las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos; y como objetivos específicos determinar la relación entre los tipos y nivel de severidad de las fallas de metodologías MTC PERU y PCI, determinar la relación del índice de condición superficial

del pavimento aplicando las metodologías MTC PERU y PCI, describir las ventajas y desventajas de las metodologías MTC PERU y PCI.

Como problema general se tiene la siguiente interrogante ¿Cómo evaluar y comparar las metodologías MTC PERU y PCI en la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos? y como problemas específicos las siguientes interrogantes ¿En qué medida los tipos y nivel de severidad de las fallas de las metodologías MTC PERU y PCI se relacionan?, ¿En qué medida los índices de condición superficial del pavimento de las metodologías MTC PERU y PCI se relacionan? y ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de las metodologías MTC PERU y PCI?

La tesis tiene como hipótesis evaluar y comparar las metodologías MTC PERÚ y PCI en la evaluación superficial de un pavimento asfáltico, la metodología PCI es más precisa en el rango del 80% a 85%. Una de las hipótesis específicas señala que un 60% a 65% de tipos y nivel de severidad de las fallas de las metodologías MTC PERÚ coincide con la metodología PCI. También menciona como segunda hipótesis específica, que el índice de condición superficial del pavimento aplicando las metodologías MTC PERÚ representa el 60% a 65% de la metodología PCI. Finalmente indica que aplicar la metodología MTC PERÚ es más simple y tiene ventajas de tiempo y formato que aplicar la metodología PCI.

Los resultados de esta tesis indican que las fallas encontradas bajo la metodología PCI fueron un total de 10, de las cuales son las grietas transversales y longitudinales, agrietamiento en bloque, piel de cocodrilo, parcheo y acometidas de servicio, peladura y desprendimiento de agregados, grieta de borde, huecos o baches, pulimiento de agregados, depresiones y abultamientos. Por otro lado, las fallas encontradas bajo la metodología MTC PERÚ fueron un

total de 07, piel de cocodrilo, fisuras longitudinales, fisuras transversales, reparaciones o parchados, peladura y desprendimientos, baches (huecos) y desnivel calzada berma.

De la presente investigación posterior a evaluar y comparar las metodologías MTC PERÚ y PCI en la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos, se puede concluir que habiéndose aplicado las metodologías a la vía muestral Av. Las Nazarenas, se obtuvo como resultado un PCI = 63 que lo clasifica en la escala como JUSTO (según el manual de pavement condition index) y que considera como acción correctiva la REHABILITACIÓN, y en el caso de la evaluación bajo la metodología del MTC PERÚ se obtuvo un estado de condición = 987.50 que lo clasifica en la escala como BUENO (según el manual de mantenimiento y conservación vial de MTC) y considera como acción correctiva la CONSERVACIÓN RUTINARIA.

Según lo analizado en esta tesis, habiendo evaluado la vía muestral bajo la metodología del PCI se puede concluir que la vía muestral av. Las nazarenas se encuentran en una condición de estado JUSTO el tipo de intervención a ejecutar es de REHABILITACIÓN y un posterior mantenimiento de la vía. También se evaluó con el método MTC PERÚ, la cual dio como resultado de un 987.5 de 100 lo que indica que se encuentra en un estado de condición BUENO.

Como resultados, se puede decir que la evaluación de los niveles de severidad según la tipología de fallas bajo la metodología PCI encontradas que están dentro del margen de Bajo (L), Medio (M) y Alto (H), y respecto a la metodología MTC PERU se encontraron fallas de gravedad del tipo (1), tipo (2) y tipo (3). Además, se logra demostrar la validez de la hipótesis ya que se realiza un cálculo estableciendo el % de fallas que coinciden entre ambas metodologías teniendo como base la metodología MTC PERU donde el % de coincidencia de fallas



metodología MTC PERU =  $(100 * 7 / 11) = 63.6\%$ , lo que demuestra que un 63.6% de las fallas y severidades de la metodología MTC PERU coinciden con las fallas de la metodología PCI.

Finalmente se debe tener en cuenta que si bien la aplicación de las metodologías MTC PERU y PCI constituyen una gran ayuda en la evaluación superficial de los pavimentos asfálticos, no solo con esta evaluación se determinará la acción de intervención debido que solo es una inspección visual, posteriormente se realizará según sea el caso otras evaluaciones destructivas y no destructivas con el fin de evaluar estructuralmente el estado del pavimento y finalmente tomar la decisión más adecuada por los especialistas.

### **1.2.2. Internacionales**

Vanegas (2012) en su tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad de los Andes - Colombia titulada “Análisis del pavement condition index (PCI) a partir del inventario de daños realizado por diferentes metodologías en pavimentos asfálticos” tiene como objetivo principal realizar un análisis de sensibilidad de la metodología Pavement Condition Index (PCI), en donde se tengan en cuenta los tres niveles de severidad y diferentes niveles de densidad, el tipo de daño en el pavimento que más afectan el índice de calificación PCI.

Como objetivos específicos tiene validar los resultados del inventario de daños obtenido por el capturador de imágenes, a partir de un inventario realizado de forma manual, aplicando el análisis de sensibilidad del PCI; y presentar las ventajas y desventajas del capturador de imágenes international cybernetics, siendo este un equipo de recolección de imágenes de alto rendimiento.

Los resultados según el objetivo principal de esta tesis nos muestra ciertas tablas donde dentro de cada unidad de muestreo se plantearon densidades de 1 hasta 50 por ciento para cada tipo de daño que presenta la metodología, suponiendo que una unidad de muestreo tiene solo un tipo de daño con una densidad y severidad. En cada daño se puede ver que a mayor densidad va disminuyendo el PCI no todos en la misma proporción, varía de acuerdo al tipo de daño y el tipo de severidad.

Los daños más importantes en severidad alta son: huecos, abultamientos y hundimientos, piel de cocodrilo y ahuellamiento, en severidad media los daños más importantes son: huecos, piel de cocodrilo, abultamiento, hundimiento y ahuellamiento, en severidad baja los daños más importantes son: piel de cocodrilo, ahuellamiento, grieta parabólica y huecos.

Los resultados de esta tesis de acuerdo con la realización de un inventario manual y automático (uso de capturador de imágenes), en ambos en el tramo 1 el valor promedio de PCI es de 50 considerada según tabla como regular y en el tramo 2 el valor promedio de PCI es de 39 considerada según tabla como malo. Los daños que tienen mayor similitud en ambas metodologías son los daños por fatiga como la piel de cocodrilo, fisuras en bloque, huecos, grietas parabólicas y parcheos.

De la investigación se concluyó que la metodología del PCI es un método sistemático e integral que evalúa la condición del pavimento con mayor detalle pero que a comparación del capturador de imágenes, éste último tiene ventajas como la rápida recolección de información, procesamiento simultáneo de la información, registro fotográfico panorámico del proyecto, imágenes georeferenciadas, corredor vial abscisado y la resolución que brinda el láser de escaneo de pavimento. Este equipo es más beneficioso cuando se trabaja en vías rurales como vías

nacionales por la interferencia del tráfico. También tiene desventajas como el costo del equipo y tiene un error de cálculo del índice en el daño de hinchamiento. En cuanto a los resultados estos son similares, no varían mucho.

De esta investigación se rescata que el capturador de imágenes facilita en gran parte cuando se quiere analizar vías rurales de largo tramo ya que con ello se puede ahorrar el tiempo del trabajo de campo y generar así el resultado más rápido. Esta tesis brinda una perspectiva diferente en cuanto a las metodologías usadas para conocer el estado del pavimento.

El capturador de imágenes es una opción de costo elevado a menos que se cuente con el presupuesto necesario para llevar a cabo el trabajo, además tiene algunas limitancias con respecto a la resolución de imágenes, el ancho que abarca el estudio de la muestra que es de 4m.

Ambos sistemas tanto manual como el capturador dan resultados similares, en el caso manual se necesita conocer muy bien la metodología PCI para realizarla y contar con odómetro, en el caso automático se necesita de inversión y de capacitación que normalmente a veces algunos municipios no cuentan con ello.

Rivas & Sierra (2016) en su tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad Católica de Colombia, titulada “Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+000 - PR 01+020 de la vía al llano (Dg 78 Bis Sur - Calle 84 Sur) en la UPZ Yomasa” tiene como objetivo principal analizar, evaluar y comparar la aplicación de las metodologías VIZIR y PCI en un pavimento flexible en el tramo PR 00+000 - PR 01+020 de la vía al llano (Dg 78 Bis Sur - Calle 84 Sur) en la UPZ Yomasa, teniendo como problema general la siguiente interrogación ¿Cuáles

son las ventajas y desventajas de las metodologías VIZIR y PCI aplicadas a una vía urbana en el ámbito colombiano?

Los resultados de esta tesis según la metodología PCI indica lo siguiente: Que de las 34 unidades de muestras el daño más representativo es el de pulimento de agregados con un 40.28% debido a que la zona tiene un mayor número de tráfico pesado, la piel de cocodrilo es el segundo daño con un 13.12% cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura y como tercer daño representativo es el parcheo con un 9.13% debiéndose a que esa zona fue reemplazada un área de pavimento por nuevo material. El valor promedio del PCI de las 34 muestras da como resultado 89 considerándose según la tabla como excelente.

Los resultados de esta tesis según la metodología VIZIR indica lo siguiente: Que de las 34 unidades de muestras el daño más representativo de tipo A son las grietas longitudinales con un 15.13%, producidas por fatiga, la piel de cocodrilo es el segundo daño tipo A con un 13.12% cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura y como tercer daño representativo es el parcheo con un 9.13%. El daño más representativo de tipo B es el pulimento de agregados con un 40.28%. El valor promedio de VIZIR de las 34 muestras da como resultado 2 considerándose según la tabla como bueno. Al no tener estas dos metodologías el mismo parámetro de clasificación se adoptó el valor VIZIR que fue de 2 al valor PCI que dio 83.33, este es un valor similar hallado usando PCI que fue de 89.

De la investigación se concluyó que, se obtuvo como resultado bueno por el método VIZIR cuyo valor fue 2 y excelente por el método PCI con valor 89, al estar en perfectas condiciones, no se realizará ninguna intervención. La metodología VIZIR es más sencilla ya que el grado de castigo es más práctico usando solo dos tipos: tipo A para daños funcionales y tipo B

para daños estructurales. La metodología PCI en cambio evalúa todos los daños del pavimento mientras que la metodología VIZIR se enfoca en los daños estructurales del pavimento catalogados en la tabla como tipo A.

Haciendo una comparación de las dos metodologías la más completa es la de PCI debido a que es más compleja ya que se realiza el estudio en todo el pavimento y toma más tiempo. La metodología VIZIR es más sencilla de realizar, la escala de clasificación sólo comprende 3 rangos, 1 a 2 para pavimentos en buen estado, 3 a 4 para pavimentos regulares y 5, 6 y 7 para pavimentos deficientes. El daño más representativo para ambas metodologías fue de pulimento de agregados con un 40.28%.

Según lo investigado en esta tesis se puede denotar que si se ha respondido la pregunta general ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de las metodologías VIZIR y PCI aplicadas a una vía urbana en el ámbito colombiano? donde el autor lo indica en sus resultados, siendo estos confirmados en las conclusiones.

Mucho se ha estudiado la metodología PCI, pero lo que resalta en esta tesis es la comparación con otra metodología francesa llamada VIZIR, la cual clasifica los pavimentos en dos tipos de daños, el tipo A a los daños estructurales y tipo B a los daños funcionales. Se rescata que la metodología VIZIR y la metodología PCI trabajan de forma diferente, los parámetros de clasificación no afectan en lo absoluto debido a que el resultado en VIZIR se convierte en porcentaje haciendo posible la comparación con PCI, el detalle está en que no se evalúa el pavimento de la misma forma por lo que el resultado final en el caso del PCI sería el más idóneo.

La tesis no contiene hipótesis como en la mayoría de las tesis nacionales estudiadas hasta el momento, por lo cual las conclusiones halladas en esta tesis fueron en base a los objetivos propuestos por el autor. En las conclusiones indica en la metodología VIZIR que el tipo A daños funcionales y tipo B daños estructurales, el autor cometió un error ya que tipo A son daños estructurales y tipo B son daños funcionales. De esta investigación se puede aprender mucho debido a que da más enfoque a dos de las metodologías más importantes a nivel global, conocimiento que aplicado al tramo estudiado nos da una visión de cómo es el tipo de evaluación de cada metodología.

Pachay (2017) en su proyecto de investigación de grado para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí - Ecuador, titulada “Evaluación de la condición del pavimento flexible vía de acceso a la parroquia La Unión (0+000 – 0+966) aplicando el método PCI” tiene como objetivo principal evaluar la condición del pavimento flexible en que se encuentra actualmente la vía de acceso a la parroquia La Unión de la ciudad de Jipijapa. Como objetivos específicos son realizar las medidas de cada una de las fallas localizadas en el área de estudio, identificar las fallas existentes según el método PCI y determinar el estado final del pavimento flexible de la vía de acceso a la parroquia La Unión.

En los resultados según el objetivo específico 1, se sacaron 33 muestras de las cuales se realizó todo el proceso de determinación para realizar las medidas de cada una de las fallas localizadas en el área de estudio. En la muestra 1A se halló la falla piel de cocodrilo de severidad alta. En los resultados según el objetivo específico 2, se identificó las fallas existentes mediante códigos según el método PCI en las hojas de registro. En los resultados según el objetivo específico 3, determinar el estado final del pavimento flexible de la vía de acceso a la parroquia La Unión el valor promedio del PCI fue de 30 considerado según tabla como malo.

De la investigación se concluyó que, de cada unidad de muestra de la inspección visual realizada en el tramo de la vía a la parroquia La Unión posee diferentes tipos de deterioros de acuerdo con su severidad. De las fichas de evaluación y registros del PCI las fallas más repetitivas son fatiga, baches, parches, meteorización, grietas longitudinales y ahuellamiento.

De esta investigación se puede decir que, la base de la tesis está en los objetivos, debido a que no tiene hipótesis, esto probablemente porque en el lineamiento de la universidad ecuatoriana así lo dictaba.

Toda evaluación acerca del PCI contiene los mismos pasos teniendo como diferencia solo la vía a estudiar y el tipo de pavimento en este caso el flexible, sin embargo, se debe tener más en cuenta el procedimiento. En análisis de datos y resultados, se debió hacer por separado para que se pueda entender con mayor claridad tanto los análisis de los datos realizados en campo como los resultados de la investigación o, que por cada objetivo se hubiera descrito con sus propias palabras lo mencionado en tablas.

Falta mayor orden en la elaboración de esta investigación, los subtítulos deben tener coherencia con lo descrito en su contenido para que el lector pueda comprender mejor lo que el investigador quiera dar a conocer.

Amaya & Rojas (2017) en su tesis titulada “Análisis comparativo entre metodologías VIZIR y PCI para la auscultación visual de pavimentos flexibles en la ciudad de Bogotá” tiene como objetivo principal analizar comparativamente entre las metodologías de auscultación visual VIZIR (Francia) y PCI (EE. UU), para un tramo vial, construido en pavimento flexible y ubicado en la ciudad de Bogotá D.C, con el fin de verificar cuál de las metodologías se ajusta mejor al estado real del pavimento.

Los resultados comparativos según el objetivo principal de esta tesis nos muestran que ambas metodologías indican que el carril 1 evaluado se encuentra clasificado en un estado regular, con PCI se obtuvo un valor promedio de 54 y con VIZIR se obtuvo un valor promedio de 3. Se menciona que cada una de las metodologías cuentan con diferentes criterios de clasificación y aunque sus porcentajes no sean los mismos, fueron suficientes para que ambas metodologías arrojaran la misma clasificación.

Además, los resultados comparativos según el objetivo principal de esta tesis nos muestran que ambas metodologías indican que el carril 2 evaluado se encuentra clasificado en un estado bueno, con PCI se obtuvo un valor promedio de 64 y con VIZIR se obtuvo un valor promedio de 2. Se menciona que cada una de las metodologías cuentan con diferentes criterios de clasificación y aunque sus porcentajes no sean los mismos, fueron suficientes para que ambas metodologías arrojaran la misma clasificación.

También, los resultados comparativos según el objetivo principal de esta tesis nos muestran que ambas metodologías indican que el carril 3 evaluado se encuentra clasificado en un estado excelente y bueno, con PCI se obtuvo un valor promedio de 87 y con VIZIR se obtuvo un valor promedio de 1. Se menciona que cada una de las metodologías cuentan con diferentes criterios de clasificación y aunque sus porcentajes no sean los mismos, con diferentes metodologías arrojarán diferente clasificación.

De la misma manera se obtuvieron los resultados comparativos para el carril 4 y 5, donde se encuentra clasificado en un estado muy bueno y bueno, con PCI se obtuvo un valor promedio de 83 y con VIZIR se obtuvo un valor promedio de 1.



Los resultados de esta tesis de acuerdo con las metodologías PCI y VIZIR, que evalúan el estado de deterioro del pavimento tienen diferentes criterios de evaluación y clasificación. La metodología VIZIR establece dos tipos de daño, los daños tipo A que son estructurales y los daños tipo B que son funcionales, estos últimos no son tenidos en cuenta para el cálculo del índice superficial “Is”, mientras que la metodología PCI evalúa y tiene en cuenta todos los tipos de daños o fallas que pueda tener el pavimento para el cálculo del índice de condición del pavimento.

Por esto la metodología PCI califica con mayor dureza ciertos sectores del tramo vial estudiado, presentando una tendencia más variable en comparación de la metodología VIZIR que tiende a ser más estable a lo largo de las diferentes unidades de muestreo analizadas en los diferentes carriles del tramo vial estudiado. Cabe resaltar que la metodología PCI cuenta con un amplio rango de calificación a diferencia del rango de calificación de VIZIR que es reducido, por tal motivo la metodología PCI es más precisa.

De la investigación se concluyó que se obtuvo una clasificación promedio general para todo el tramo estudiado. Por la metodología PCI se obtuvo una clasificación excelente, mientras que por la metodología VIZIR se obtuvo una clasificación buena. Aunque éstas metodologías indican que el pavimento se encuentra en un buen estado, cabe resaltar que los carriles 1 y 2 que conforman la calzada lenta del tramo estudiado necesitan en su mayor parte mantenimiento y en algunos puntos de referencia una rehabilitación total, ya que por estos carriles transitan vehículos de carga pesada y pasajeros. Sin embargo, la serviciabilidad de la vía es buena ya que en gran parte de los puntos de referencia analizados se brinda una buena comodidad y seguridad para los usuarios.

De esta investigación se rescata que la metodología PCI es más completa y específica por tener en cuenta todos los daños que se presentan en el pavimento y tener un rango amplio de la calificación, por esto es más compleja para realizar los cálculos de clasificación de la estructura pavimento ya que es más detallada y necesita de las curvas de valores deducidos para determinar la severidad de los daños, por tanto su análisis y evaluación requiere de mayor tiempo.

Finalmente, la metodología VIZIR, resulta ser más sencilla para determinar la clasificación de la estructura de pavimento ya que solo tiene en cuenta los daños tipo A que son daños estructurales (Ahuellamientos, parches, grietas longitudinales y piel de cocodrilo) omitiendo los daños de tipo B (funcionales) lo cual permite realizar la evaluación, análisis y clasificación del pavimento en un menor tiempo.

Andrade (2019) en su tesis de maestría para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad Politécnica de Valencia - España, titulada “Mejora de la gestión del mantenimiento de pavimentos urbanos en la ciudad de Valencia a través de la predicción de su deterioro” tiene como objetivos conocer el estado del arte de los sistemas de gestión de pavimentos utilizados en el mundo, analizar el estado de las vías de la ciudad de Valencia (24 vías), categorizar el tráfico existente, ajustar los datos obtenidos a una curva de deterioro del índice de condición de pavimento a lo largo del tiempo y desarrollar una metodología para la predicción del deterioro.

Los resultados fueron los siguientes:

**Tabla 1**

*Ecuación de Google Earth para la Predicción del Deterioro en Vías de la Ciudad de Valencia*

Vías	Ecuación Google Earth
Av. Giorgeta	$PCI = -0,3428(edad)^2 - 0,4304(edad) + 90,168$
Ausías March	$PCI = -0,1649(edad)^2 - 1,9154(edad) + 89,96$

Vías	Ecuación Google Earth
Marqués del Turia	$PCI = 0,1166(edad)22 - 5,5096(edad) + 90,507$
General Avilés	$PCI = 0,0215(edad)22 - 3,4393(edad) + 90,099$
Pérez Galdós	$PCI = -0,0161(edad)22 - 3,3173(edad) + 90,205$
P.I. Antonio Ferrandis	$PCI = -0,6664(edad)22 + 0,4213(edad) + 88,706$
Av. de la Plata	$PCI = -0,4087(edad)22 - 0,0876(edad) + 89,315$
Eduardo Bosca	$PCI = 0,0238(edad)22 - 3,7865(edad) + 90,379$
Cardenal Benlloch	$PCI = -0,0327(edad)22 - 2,4612(edad) + 89,963$
Doctor Manuel Candela	$PCI = -0,2083(edad)22 - 0,547(edad) + 89,867$
Archiduque Carlos	$PCI = -0,1104(edad)22 - 1,5595(edad) + 90,008$
Clariano	$PCI = -0,3108(edad)22 - 0,0366(edad) + 89,999$
Jesús	$PCI = -0,2772(edad)22 - 0,6805(edad) + 90$
Ramon Llull	$PCI = -0,1305(Edad) 2 - 1,6621(Edad) + 89,207$
Tres Forques	$PCI = -0,2243(edad)22 - 2,0832(edad) + 90,37$
Uruguay	$PCI = -0,401(edad)22 + 1,1772(edad) + 89,848$
Carteros	$PCI = -0,183(edad)22 - 1,3094(edad) + 89,894$
Zapadores	$PCI = -0,2097(edad)22 - 1,1361(edad) + 89,658$
Alboraya	$PCI = -0,0115(edad)22 - 2,5346(edad) + 90,03$
Ayora	$PCI = 0,0142(edad)22 - 3,0704(edad) + 90,006$
Jaime Beltrán	$PCI = -0,1935(edad)22 - 0,2342(edad) + 90,003$
José Ma Haro	$PCI = -0,001(edad)22 - 3,0829(edad) + 90,219$
Cuenca	$PCI = -0,4725(edad)22 + 0,7823(edad) + 89,997$
Pintor Vilar	$PCI = -0,074(edad)22 - 1,2358(edad) + 89,999$

Fuente: Andrade (2019)

La comparación de los valores teóricos y modelo de Google Earth respecto a los datos reales tomados in situ 2018 son necesarios para verificar que el modelo de predicción es el correcto.

**Tabla 2**

*Comparación entre PCI in situ, PCI teórico y PCI Google Earth*

Vía	Edad	PCI in Situ	PCI Teórico	PCI Google Earth	Diferencia entre PCI Insitu y Teórico	Diferencia entre PCI Insitu y PCI Google Earth
Av. Giorgeta	0,00	90,00	90,00	90	0,00	0,00
Ausías March	15,42	26,08	31,55	21,21	5,47	4,87
Marqués del Turia	17,78	32,40	20,82	29,40	11,57	2,99
General Avilés	0,00	90,00	90,00	90,00	0,00	0,00
Pérez Galdós	12,31	47,09	48,46	46,93	1,38	0,15
P.I. Antonio Ferrandis	7,39	57,55	68,66	55,44	11,11	2,11
Av. de la Plata	12,33	30,74	51,05	26,14	20,31	4,60
Eduardo Bosca	12,10	47,06	51,60	48,05	4,54	0,98
Cardenal Benlloch	14,19	48,48	43,66	48,44	4,82	0,03
Doctor Manuel Candela	18,07	16,50	27,84	11,97	11,33	4,54
Archiduque Carlos	16,22	32,23	28,63	35,66	3,60	3,43
Clariano	1,08	88,21	86,12	89,60	2,08	1,39
Jesús	13,03	51,41	50,73	51,82	0,68	0,41
Ramon Llull	15,58	35,19	41,11	31,65	5,91	3,54
Tres Forques	12,42	33,25	49,69	29,86	16,44	3,38
Uruguay	0,00	90,00	90,00	90,00	0,00	0,00
Carteros	12,33	50,56	57,09	45,94	6,53	4,62
Zapadores	3,71	82,46	80,93	82,57	1,53	0,11
Alboraya	13,41	53,96	52,01	53,97	1,95	0,00
Ayora	1,00	87,27	86,70	86,95	0,58	0,32
Jaime Beltrán	18,20	23,72	36,07	21,65	12,34	2,08
José Ma Haro	18,50	27,91	30,27	32,86	2,37	4,95

---

Vía	Edad	PCI in Situ	PCI Teórico	PCI Google Earth	Diferencia entre PCI Insitu y Teórico	Diferencia entre PCI Insitu y PCI Google Earth
Cuenca	10,63	49,29	58,93	44,96	9,64	4,33
Pinto Vilar	5,42	81,08	79,31	81,12	1,77	0,04

---

Fuente: Andrade (2019)

Los valores indicados en verde son los que tuvieron menos errores respecto al PCI real in situ a junio de 2018, de las 24 muestras identificadas la mayoría corresponde a la ecuación propuesta de Google, a excepción de Jaime Beltrán. Por lo tanto, con esto se comprueba que el error de esta vía respecto al valor propuesto es menor al 5% por lo que se determina que la metodología es correcta.

Al realizar el estudio de las vías de la ciudad de Valencia en junio del 2018, se encontró que la vía Dr. Manuel Candela, Jaime Beltrán, Ausías March, José Ma Haro, Av. de la Plata, Archiduque Carlos, Marqués del Turia, Tres Forques y Ramón Llull se recomienda recapeo o reconstrucción. En las vías Eduardo Bosca, Pérez Galdós, Cardenal Benlloch, Cuenca, Carteros, Jesús, Alboraya y Antonio Ferrandis se recomienda parchar los baches y piel de cocodrilo y en las vías Pintor Vilar, Zapadores, Ayora, Clariano, Pe Av. Giorgeta, General Avilés y Uruguay se recomienda sellado de fisuras.

De la investigación se concluyó que, la representación de los valores del PCI en el pavimento en el tiempo es importante para poder predecir el deterioro. A partir de la curva teórica, se realizó una proyección hacia junio del año 2018, esto con el fin de mostrar la diferencia con el PCI real in situ, así como evaluar el error de estas curvas.

De las 24 muestras tomadas, 9 vías están por encima del 5% del error en el PCI. Las curvas planteadas con el análisis de las imágenes en Google Earth consiguen que el error respecto al estado in situ sean inferiores en un 5% por lo que esta propuesta es óptima para la predicción de deterioros. Esta metodología permitirá gestionar el mantenimiento de las vías y alargar su vida útil.

De esta tesis se rescata la profunda investigación que el autor ha hecho referente a nuevos métodos que se apoyan en la tecnología para poder predecir la condición del pavimento. La investigación acerca de estos métodos como los métodos de regresión, cadenas de Márkov, redes neuronales, HDM-4 entre otros, aportan en gran parte el conocimiento para lograr mejores formas de poder realizar el estudio del pavimento y con ello encontrar la que más se adecue en base al tiempo y costo.

Consideramos que al hacer la metodología PCI en base a curvas generadas a través de análisis de regresión con ayuda del Google Earth y compararlos con los valores teóricos respecto a los datos tomados reales in situ ha sido necesario para comprobar que el modelo de predicción utilizado es el más adecuado para este estudio.

Por último, la tesis no cuenta con hipótesis planteadas sino las conclusiones se basaron en los objetivos propuestos. Al explicar las metodologías existentes en la actualidad como PCI, PAVER y VIZIR colocando un cuadro donde indique las ventajas y desventajas da al lector la facilidad de poder visualizarlo con mayor rapidez.

### **1.3. Formulación del Problema**

#### ***1.3.1. Problema General***

¿Cuál es la correlación del PCI utilizando el software EVALPAV y el método del PCI de forma manual en la Av. Pedro Beltrán – distrito de Ventanilla - Callao, en el año 2022?

#### ***1.3.2. Problemas Específicos***

- ✓ ¿Cómo se hallan los resultados del PCI en el software EVALPAV?
- ✓ ¿Cómo se hallan los resultados del PCI en forma manual?
- ✓ ¿Cómo se determina la correlación entre los resultados del PCI en el software EVALPAV y en forma manual?

### **1.4. Objetivos**

#### ***1.4.1. Objetivo General***

Determinar la correlación del PCI utilizando el software EVALPAV y el método del PCI de forma manual en la Av. Pedro Beltrán – distrito de Ventanilla Callao, en el año 2022.

#### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- ✓ Hallar los resultados del PCI en el software EVALPAV.
- ✓ Hallar los resultados del PCI en forma manual.
- ✓ Determinar la correlación entre los resultados del PCI en el software EVALPAV y en forma manual



## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis General**

La correlación del PCI utilizando el software EVALPAV y el método del PCI de forma manual en la Av. Pedro Beltrán distrito de Ventanilla – Callao, en el año 2022 es positiva.

## **1.6. Justificación**

Los pavimentos flexibles de las principales vías en el Perú actualmente se encuentran con fallas comúnmente superficiales ya que la demanda del parque automotor ha ido creciendo progresivamente en estos últimos años según datos del MTC, esta situación probablemente es debido a que las municipalidades no realizan una evaluación situacional técnica de las avenidas principales de su distrito a corto plazo. Hoy en día se usan diferentes metodologías para poder determinar el PCI de una vía existente, entre ellas la metodología PCI de forma manual y la metodología PCI con software Evalpav son las más realizadas en el Perú según las investigaciones de expertos realizadas en los últimos años, ya que el proceso de recopilación de datos en campo es accesible y además los conocimientos y el uso de materiales y herramientas para el procedimiento de ambas metodologías son económicas ya que no es necesario el manejo o uso de equipos técnicos especiales y la información es accesible a través de la internet; sin embargo, en la metodología PCI manual se obtienen resultados con menos margen de error a comparación de otras metodologías.

La determinación de la correlación del PCI utilizando el software EVALPAV y el método del PCI de forma manual en la Av. Pedro Beltrán, pretende aportar a la Municipalidad Distrital de Ventanilla - Callao en el año 2022, los datos correlacionales para una futura evaluación situacional que beneficiará en la mejora de la accesibilidad peatonal y vehicular en la

zona. También, se verán beneficiados los profesionales especialistas en proyectos y consultorías que requieran la información técnica para fines profesionales. Por otro lado, también se verán beneficiados estudiantes, egresados, profesionales y especialistas en pavimentos viales que engloba la comunidad de Ingeniería Civil. Asimismo, aporta información enriquecedora al creador del Software Evalpav para la mejora y actualizaciones futuras del software; entidades involucradas en velar por la creación y capacitación de la información actual de las metodologías PCI, como lo es el MTC a nivel nacional y el ASTM International a nivel mundial.

La viabilidad para determinar la correlación del PCI utilizando el software EVALPAV y el método del PCI de forma manual en la Av. Pedro Beltrán, es positiva ya que hemos logrado determinar una correlación de un procedimiento del PCI con el software Evalpav y el procedimiento del PCI de forma manual, llegando a obtener una variación mínima que actualmente no se aprecia. La correlación es mínima si se llega a apreciar de manera manual, pero eso no repercute ahora en el análisis investigativo; sin embargo, sí se podría apreciar con mayor responsabilidad al momento de realizarse los metrados y presupuestos de las partidas que se requieran futuramente. Con esto se puede decir también que hemos determinado científicamente cuales son los problemas que conllevan no utilizar un software y utilizar un software. Finalmente, se llegó a determinar el análisis de la correlación con ciertas inconsistencias propias del estudio.

## 1.7. Bases Teóricas

### 1.7.1. *Definición de Pavimentos*

El pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos generados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodamiento. (MTC, 2013, p.23-24)

### 1.7.2. *Clasificación de los Pavimentos*

Los pavimentos se clasifican en: flexible y rígido, sin embargo, también existe el mixto o articulado.

**1.7.2.1. Pavimentos Flexibles o Asfálticos.** Es una estructura compuesta de varias capas de materiales granulares y asfálticos, cuya función es transmitir los esfuerzos de las cargas del tránsito a las terracerías (calles de tierra). A causa de una superficie de rodamiento uniforme, el pavimento tiende a resistir la acción del tráfico con un cierto nivel de deformación elástica sin romperse. (Choque, 2021, párrafo cuatro)

### 1.7.3. *Estructura de Pavimento Asfáltico*

Este trabajo de la presente tesis está referido a pavimentos asfálticos, por lo cual se explicará a detalle cada una de las capas que lo constituyen y el comportamiento que tiene frente a solicitudes externas.

Como se hace mención en el párrafo anterior, los pavimentos flexibles están constituidos por las siguientes capas: carpeta asfáltica, base, subbase y subrasante. A continuación, se explica a detalle cada uno de estos elementos.

#### ✓ **Superficie de rodamura**

La carpeta asfáltica es la capa que se coloca en la parte superior del paquete estructural, sobre la base, y es la que le proporciona la superficie de rodamiento a la vía.

Cumple la función de impermeabilizar la superficie evitando el ingreso de agua que podría saturar las capas inferiores. También evita la desintegración de las capas subyacentes y contribuye al resto de capas a soportar las cargas y distribuir los esfuerzos (cuando se construye con espesores mayores a 2.5 cm.).

La carpeta es elaborada con material pétreo seleccionado y un aglomerante que es el asfalto. Es de gran importancia conocer el contenido óptimo de asfalto a emplear, para garantizar que la carpeta resista las cargas a la que será sometida. Un exceso de asfalto en la mezcla puede provocar pérdida de estabilidad, e incluso hacer resbalosa la superficie.

Esta capa es la más expuesta al intemperismo y a los efectos abrasivos de los vehículos, por lo que necesita de mantenimientos periódicos para garantizar su adecuada performance. (Rodríguez, 2009)

✓ **Base**

Es la capa de pavimento ubicada debajo de la superficie de rodadura y tiene como función primordial soportar, distribuir y transmitir las cargas a la subbase, que se encuentra en la parte inferior.

La base puede estar constituida principalmente por material granular, como piedra triturada y mezcla natural de agregado y suelo; pero también puede estar conformada con cemento Portland, cal o materiales bituminosos, recibiendo el nombre de base estabilizada. Éstas deben tener la suficiente resistencia para recibir la carga de la

superficie y transmitirla hacia los niveles inferiores del paquete estructural. (Rodríguez, 2009)

✓ **Sub-base**

La sub-base se localiza en la parte inferior de la base, por encima de la subrasante. Es la capa de la estructura de pavimento destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas en la carpeta asfáltica.

Está conformada por materiales granulares, que le permiten trabajar como una capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, evitando fallas producidas por el hinchamiento del agua, causadas por el congelamiento, cuando se tienen bajas temperaturas. Además, la subbase controla los cambios de volumen y elasticidad del material de terreno de fundación, que serían dañinos para el pavimento. (Rodríguez, 2009)

✓ **Subrasante**

La subrasante es la capa de terreno que soporta el paquete estructural y que se extiende hasta una profundidad en la cual no influyen las cargas de tránsito.

Esta capa puede estar formada en corte o relleno, dependiendo de las características del suelo encontrado. Una vez compactada, debe tener las propiedades, secciones transversales y pendientes especificadas de la vía.

El espesor del pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de estabilidad, incompresibilidad y resistencia a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

El comportamiento estructural de un pavimento frente a cargas externas varía de acuerdo con las capas que lo constituyen. La principal diferencia entre

el comportamiento de pavimentos de pavimentos flexibles y rígidos es la forma cómo se reparten las cargas. Ver Figura 1

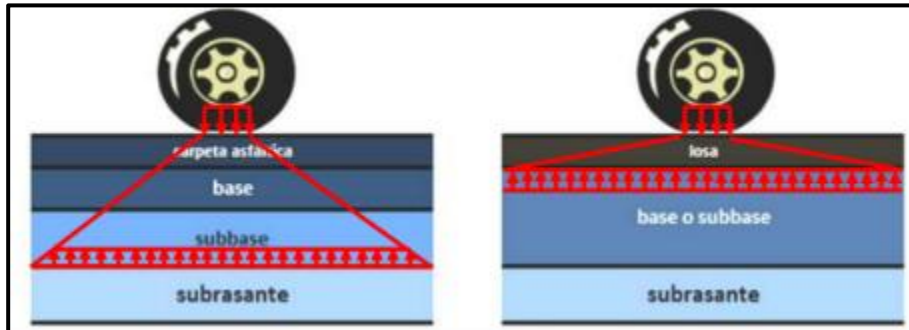
En un pavimento flexible, la distribución de la carga está determinada por las características del sistema de capas que lo conforman. Las capas de mejor calidad están cerca de la superficie donde las tensiones son mayores, y estas cargas se distribuyen de mayor a menor a medida que se va profundizando hacia los niveles inferiores.

En el caso de pavimentos rígidos, la losa es la capa que asume casi toda la carga. Las capas inferiores a la losa, en términos de resistencia, son despreciables.

En los pavimentos rígidos, las cargas se distribuyen uniformemente debido a la rigidez del concreto, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. En cambio, los pavimentos flexibles tienen menor rigidez, por eso se deforma más que el rígido y se producen tensiones mayores en la subrasante. (Rodríguez, 2009)

**Figura 1**

*Comportamiento del pavimento frente a cargas de tránsito*



*Nota:* Distribución de la carga en pavimentos flexibles (izquierda) y rígidos (derecha).

Fuente: (Rodríguez, 2009)

#### 1.7.4. Fallas en los Pavimentos Asfálticos

##### ✓ 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.

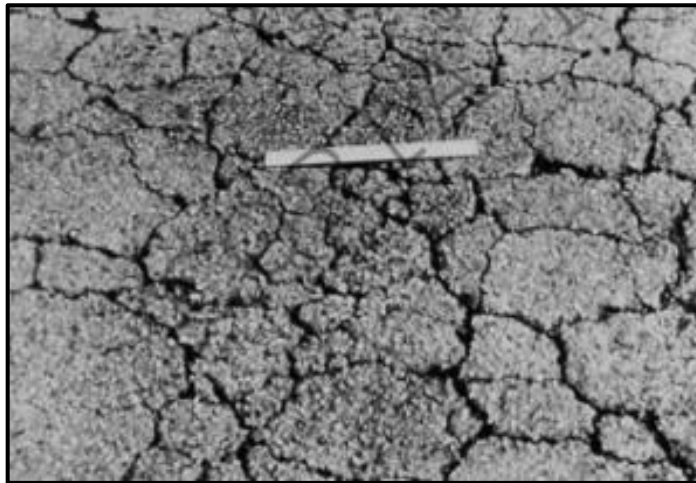
El agrietamiento de piel de cocodrilo ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que esté sujeta a cargas de tránsito en

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. (Vásquez, 2002)

## Figura 2

*Severidad alta de piel de cocodrilo*



Fuente: (ASTM D6433, 2018)

### ✓ 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.



### Figura 3

#### *Severidad baja de exudación*



Fuente: (ASTM D6433, 2018)

#### ✓ **Agrietamiento en bloque**

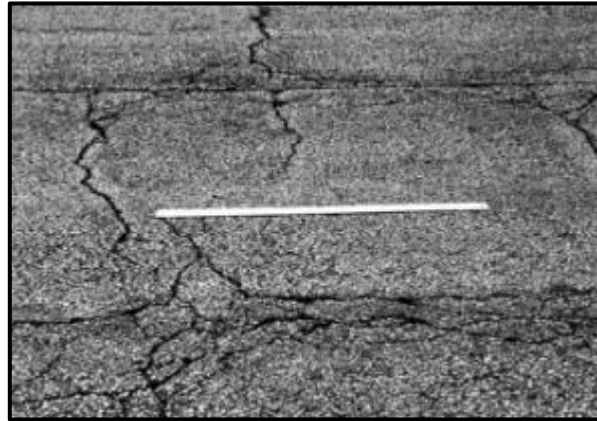
Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (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). (Vásquez, 2002)

#### **Figura 4**

*Severidad baja de agrietamiento en bloque*



Fuente: (ASTM D6433, 2018)

#### ✓ **Abultamiento y hundimiento**

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen:

1. Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobre carpeta de concreto asfáltico.
2. Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
3. 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). (Vásquez, 2002)

### Figura 5

*Severidad media de abultamiento y hundimiento*



Fuente: (ASTM D6433, 2018)

### ✓ **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. (Vásquez, 2002)

## Figura 6

### *Severidad media de corrugación*



Fuente: (ASTM D6433, 2018)

### ✓ **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” (bird bath). 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 hidropneumático.

Los hundimientos a diferencia de las depresiones son las caídas bruscas del nivel.

(Vásquez, 2002)

## Figura 7

### *Severidad baja de depresión*



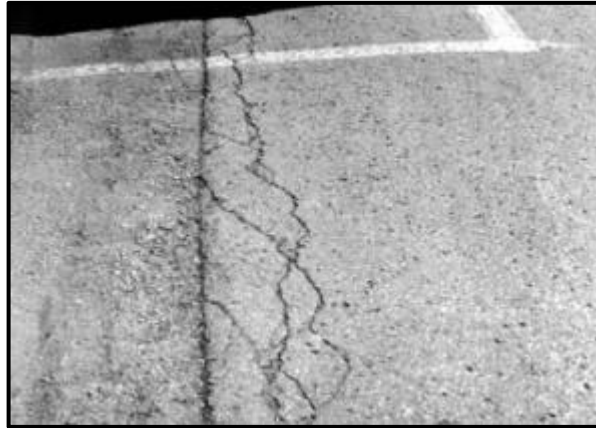
Fuente: (ASTM D6433, 2018)

### ✓ **Grieta de borde**

Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. 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). (Vásquez, 2002)

## Figura 8

### *Severidad media de grieta de borde*



Fuente: (ASTM D6433, 2018)

#### ✓ **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.

(Vásquez, 2002)

## Figura 9

*Severidad media de grieta de reflexión de junta*



Fuente: (ASTM D6433, 2018)

### ✓ **Desnivel carril berma**

El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobre carpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma. (Vásquez, 2002)

## Figura 10

*Severidad baja de desnivel carril /berma*



Fuente: (ASTM D6433, 2018)

### ✓ **Grietas longitudinales y transversales**

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.
3. 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. (Vásquez, 2002)

### **Figura 11**

*Severidad media de grieta transversal*



Fuente: (ASTM D6433, 2018)



✓ **Parqueo y acometidas de superficie de pavimento**

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 está asociada con este daño. (Vásquez, 2002)

**Figura 12**

*Severidad media de parcheo y acometidas de superficie de pavimento*



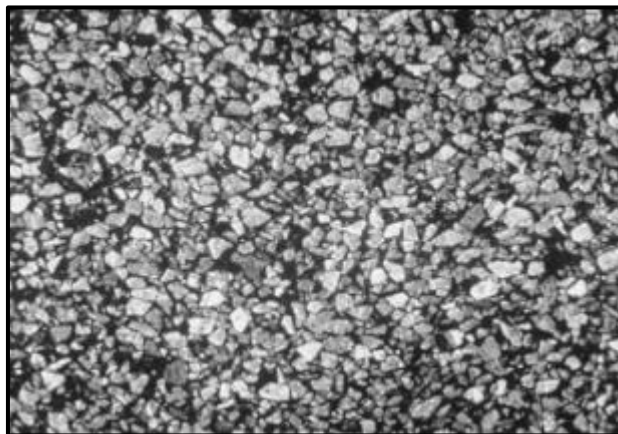
Fuente: (ASTM D6433, 2018)

✓ **Pulimento de agregados**

Este daño es 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. (Vásquez, 2002)

**Figura 13**

*Pulimento de agregados*



Fuente: (ASTM D6433, 2018)

✓ **Huecos**

Los 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 ha alcanzado 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. (Vásquez, 2002)

**Figura 14**

*Severidad baja de hueco*



Fuente: (ASTM D6433, 2018)

✓ **Cruce de vía férrea**

Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles. (Vásquez, 2002)

### **Figura 15**

*Severidad baja de cruce de vía férrea*



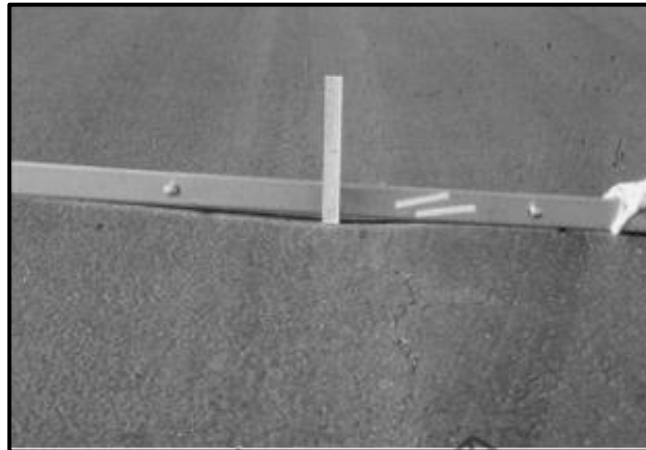
Fuente: (ASTM D6433, 2018)

### ✓ **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. (Vásquez, 2002)

### **Figura 16**

*Severidad baja de ahuellamiento*



Fuente: (ASTM D6433, 2018)

### ✓ **Desplazamiento**

El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del 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. (Vásquez, 2002)

### **Figura 17**

*Severidad media de desplazamiento*



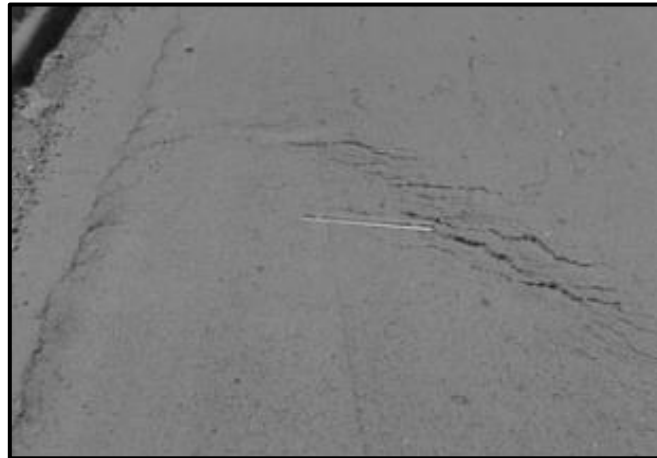
Fuente: (ASTM D6433, 2018)

### ✓ **Grietas parabólicas**

Las grietas parabólicas por deslizamiento (slippage) son grietas en forma de media luna creciente. Son 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. (Vásquez, 2002)

### **Figura 18**

*Severidad media de grietas parabólicas*



Fuente: (ASTM D6433, 2018)

✓ **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 el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos. (Vásquez, 2002)

**Figura 19**

*Severidad media de hinchamiento*



Fuente: (Rodríguez, 2009)

✓ **Desprendimiento de agregados**

Es el desprendimiento de partículas agregado grueso, puede deberse a una insuficiencia de ligante asfáltico, mala calidad de la mezcla, compactación insuficiente, segregación o peladura.

Niveles de gravedad de mezcla densa: Como se usa aquí, “agregado grueso” se refiere al tamaño predominante del agregado grueso de la mezcla asfáltica y “grupos de agregados” se refiere a cuando más de una pieza de agregado grueso falta. (Vásquez, 2002)

### **Figura 20**

*Severidad media de desprendimiento de agregados*



Fuente: (ASTM D6433, 2018)

### ✓ **Meteorización**

Es el desgaste del asfalto ligante y matriz de agregado fino. (Vásquez, 2002)

### **Figura 21**

*Severidad alta de meteorización*





Fuente: (ASTM D6433,

2018)

### ***1.7.5. Metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI)***

**1.7.5.1. Reseña Histórica.** Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los EE. UU. y ejecutado por los Ingenieros Mohamed y Shahin, Michael I. Darter y Starr D. Kohn, con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

El manual del Pavement Condition Index (PCI), para pavimentos de aeropuertos, carreteras y estacionamientos ha sido aceptado y adoptado, como procedimiento estandarizado, por diversas agencias como: el department of Defense (U.S. Air Force 1981 y U.S Army 1982), la Federal Aviation Administration (FAA 1982), la American Public Work Association (APWA 1984) y demás agencias.

La edición ASTM D6433-07 (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos). Fue aprobada el 01 de diciembre del 2007 y publicada en enero del 2008.

En 1982 la Federal Aviation Administration FAA, a través de su Circular AC 150/5380-6 el 03 de diciembre del 2012, denominada Guidelines and

Procedures for Maintenance for Airport Pavement, recomendó este método, teniendo amplio uso en los aeropuertos de EE UU. (Bravo ,2020, p. 51-52)

**1.7.5.2. Norma ASTM D6433-18.** Esta norma es la penúltima publicada, siendo la primera la ASTM D6433-99 y la última o sea actual la ASTM D6433-20. Desde su publicación se han actualizado como por ejemplo el número de fallas, el rango de medidas a considerar en la severidad de cada falla, etc.

**1.7.5.3. Índice de Condición de Pavimento (PCI).** El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido “para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad (cantidad)” (Rodríguez, 2009, p27).

#### **1.7.5.4. Unidades de Muestreo**

**1.7.5.4.1. Cálculo del PCI de las Unidades de Muestreo.** Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas. (Vásquez, 2002, p. 6)

#### **Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura Asfáltica**

##### **Etapas 1. Cálculo de los Valores Deducidos:**

1. a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
1. b. Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es

la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

1. c. Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas "Valor Deducido del Daño" que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado. (Vásquez, 2002, p. 6)

## **Etapa 2.** Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos

(m)

2. a. Si ninguno o tan sólo uno de los "Valores Deducidos" es mayor que 2, se usa el "Valor Deducido Total" en lugar del mayor "Valor Deducido Corregido", CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.

2. b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

2. c. Determine el "Número Máximo Admisible de Valores Deducidos" (m), utilizando la Ecuación 3:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$$

*Nota:* Carreteras pavimentadas Fuente: (Vásquez, 2002, p. 6)

Donde:

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

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

2. d. El número de valores individuales deducidos se reduce a  $m$ , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que  $m$  se utilizan todos los que se tengan. (Vásquez, 2002, p. 6-7)

### **Etapa 3.** Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

3. a. Determine el número de valores deducidos,  $q$ , mayores que 2.0.
3. b. Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.
3. c. Determine el CDV con  $q$  y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
3. d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que  $q$  sea igual a 1.
3. e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

**Etapa 4.** Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa3. (Vásquez, 2002, p. 7)

#### **1.7.6. Estadística Descriptiva**

Es la parte de la estadística que permite analizar todo un conjunto de datos, de los cuales se extraen conclusiones valederas, únicamente para ese conjunto. Para realizar este análisis se procede a la recolección y representación de la información obtenida. Como ejemplo de estas estadísticas podemos citar a aquellas que se obtienen generalmente en los deportes, en los rendimientos académicos de los estudiantes de una determinada

materia, en los negocios al determinar las ventas obtenidas mensualmente en un determinado año por una empresa en particular. (Salazar & Del Castillo, 2018, p.14)

### **1.7.6.1. Variables Estadísticas**

#### **✓ Variable Cualitativa**

Las variables cualitativas se refieren a características o cualidades que no pueden ser medidas con números. Podemos distinguir dos tipos: (Salazar & Del Castillo, 2018, p.16)

##### **Nominal**

Una variable cualitativa nominal presenta modalidades no numéricas que no admiten un criterio de orden. (Salazar & Del Castillo, 2018, p.16)

##### **Ordinal**

Una variable cualitativa ordinal presenta modalidades no numéricas en las que existe un orden. (Salazar & Del Castillo, 2018, p.16)

#### **✓ Variable Cuantitativa**

Una variable cuantitativa es la que se expresa mediante un número por tanto se pueden realizar operaciones aritméticas con ella. Podemos distinguir dos tipos: (Salazar & Del Castillo, 2018, p.17)

##### **Discreta**

Una variable discreta es aquella que toma valores aislados, es decir no admite valores intermedios entre dos valores específicos. (Salazar & Del Castillo, 2018, p.17)

##### **Continua**

Una variable continua es aquella que puede tomar valores comprendidos entre dos números. (Salazar & Del Castillo, 2018, p.17)

**1.7.6.2. Distribución de Frecuencia de Datos.** Una distribución de frecuencias es un conjunto de puntuaciones respecto de una variable ordenadas en sus respectivas categorías y generalmente se presenta como una tabla.

Las distribuciones de frecuencias pueden completarse agregando los porcentajes de casos en cada categoría, los porcentajes válidos (excluyendo los valores perdidos) y los porcentajes acumulados (porcentaje de lo que se va acumulando en cada categoría, desde la más baja hasta la más alta). (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.282)

### **1.7.6.3. Medidas de Tendencia Central.**

✓ **Moda**

Según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014) “la moda es la categoría o puntuación que ocurre con mayor frecuencia”. (p.286)

✓ **Media**

La media es tal vez la medida de tendencia central más utilizada y puede definirse como el promedio aritmético de una distribución. Se simboliza como  $\bar{X}$ , y es la suma de todos los valores dividida entre el número de casos. Es una medida solamente aplicable a mediciones por intervalos o de razón. Carece de sentido para variables medidas en un nivel nominal u ordinal. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.287)

✓ **Mediana**

La mediana es el valor que divide la distribución por la mitad. Esto es, la mitad de los casos caen por debajo de la mediana y la otra mitad se ubica por encima de ésta. La

mediana refleja la posición intermedia de la distribución. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.286)

#### 1.7.6.4. Medidas de Dispersión

##### ✓ **Varianza**

La varianza es la desviación estándar elevada al cuadrado y se simboliza como  $s^2$ . Es un concepto estadístico muy importante, ya que la mayoría de las pruebas cuantitativas se fundamentan en él. Diversos métodos estadísticos parten de la descomposición de la varianza. Sin embargo, con fines descriptivos se utiliza preferentemente la desviación estándar. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.288)

##### ✓ **Desviación estándar**

La desviación estándar o característica es el promedio de desviación de las puntuaciones con respecto a la media. Esta medida se expresa en las unidades originales de medición de la distribución. Se interpreta en relación con la media. Cuanto mayor sea la dispersión de los datos alrededor de la media, mayor será la desviación estándar. Se simboliza como:  $s$  o la sigma minúscula, o bien mediante la abreviatura DE. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.288)

**1.7.6.5. Asimetría en una Distribución.** La asimetría es una estadística necesaria para conocer cuánto se parece nuestra distribución a una distribución teórica llamada curva normal (la cual se representa también en la figura 10.9) y constituye un indicador del lado de la curva donde se agrupan las frecuencias. Si es cero (asimetría = 0), la curva o distribución es simétrica. Cuando es positiva, quiere decir que hay más valores agrupados hacia la izquierda de la curva (por debajo de la media). Cuando es negativa, significa que los valores tienden a agruparse hacia la derecha de la curva (por encima de la media). (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.290)

**1.7.6.6. Coeficiente de Asimetría de Pearson.** La asimetría del modo de Pearson, también llamado *primer coeficiente de asimetría de Pearson* es una forma de determinar la asimetría de una distribución.

La media, la moda y la mediana se pueden usar para determinar si tiene una distribución sesgada positiva o negativamente.

- ✓ Si la media es mayor que la moda, la distribución tiene un sesgo positivo.
- ✓ Si la media es menor que la moda, la distribución tiene un sesgo negativo.
- ✓ Si la media es mayor que la mediana, la distribución tiene un sesgo positivo.
- ✓ Si la media es menor que la mediana, la distribución tiene un sesgo negativo. (Benites, 2021)



### 1.7.6.7. Definición de Correlación.

La correlación es una medida de la relación (covariación) lineal entre dos variables cuantitativas continuas (x, y). La manera más sencilla de saber si dos variables están correlacionadas es determinar si co-varían (varían conjuntamente). Es importante hacer notar que esta covariación no implica necesariamente causalidad, la correlación puede ser fortuita, como en el caso clásico de la correlación entre el número de venta de helados e incendios, debido al efecto de una tercera variable, la temperatura ambiental. (Vinuesa, 2016)

(Vinuesa, 2016) nos indica que la correlación es en esencia una medida normalizada de asociación o covariación lineal entre dos variables. Esta medida o índice de correlación  $r$  puede variar entre  $-1$  y  $+1$ , ambos extremos indicando correlaciones perfectas, negativa y positiva respectivamente. Un valor de  $r = 0$  indica que no existe relación lineal entre las dos variables. Una correlación positiva indica que ambas variables varían en el mismo sentido. Una correlación negativa significa que ambas variables varían en sentidos opuestos. Lo interesante del índice de correlación es que  $r$  es en sí mismo una medida del tamaño del efecto, que suele interpretarse de la siguiente manera:

correlación despreciable:  $r < |0.1|$

correlación baja:  $|0.1| < r \leq |0.3|$

correlación mediana:  $|0.3| < r \leq |0.5|$

correlación fuerte o alta:  $r > |0.5|$

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de Investigación

#### 2.1.1. Enfoque

El tipo de investigación es de enfoque cuantitativo por que los datos que se necesitan corresponden a la variable dependiente correlación del PCI y las variables independientes: PCI de la forma manual y PCI con el software Evalpav que son variables numéricas o sea que se pueden medir.

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.4-5)

#### 2.1.2. Diseño de Investigación

La investigación es de tipo no experimental-transversal-correlacional.

El diseño no experimental se define como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo

que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural para analizarlos. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.152)

Los diseños de investigación transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.154)

### ***2.1.3. Alcance de la Investigación***

El estudio correlacional tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.93)

Lo que se quiere determinar en esta tesis es la correlación del PCI entre la forma con el software Evalpav y la forma manual.

## **2.2. Población y Muestra**

### ***2.2.1. Población***

La población para la presente investigación son todas las vías de pavimento flexible de Lima y Callao.

(Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), señala que “una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”. (p.174).

### ***2.2.2. Muestra***

La muestra para la presente investigación será 1.512 km de la vía principal llamada Av. Pedro Beltrán de pavimento flexible (calzada de subida y bajada) ubicado en el distrito de Ventanilla-Callao. Este tipo de muestreo es no probabilístico, siendo escogido según a conveniencia. Con base en las investigaciones anteriores se decidió tomar sólo una muestra.

(Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), señala “la muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (p.175).

Las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización. Se utilizan en diversas investigaciones cuantitativas y cualitativas. Por el momento comentaremos que seleccionan individuos o casos “típicos” sin intentar que sean estadísticamente representativos de una población determinada. Por ello, para fines deductivos-cuantitativos, cuando la generalización o extrapolación de resultados hacia la población es una finalidad en sí misma, las muestras dirigidas implican algunas desventajas. La primera es que, al no ser probabilísticas, no es posible calcular con precisión el error estándar, es decir, no podemos determinar con qué nivel de confianza hacemos una estimación. Esto es un inconveniente si consideramos que la estadística inferencial se basa en la teoría de la probabilidad, por lo que las pruebas estadísticas en muestras no probabilísticas tienen un valor limitado a la muestra en sí, mas no a la población. Es decir, los datos no pueden generalizarse a ésta. En las muestras de este tipo, la elección de los casos no depende de que todos tengan la misma posibilidad de ser elegidos, sino de la decisión de un investigador o grupo de personas que recolectan los datos. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.189-190)

La ventaja de una muestra no probabilística —desde la visión cuantitativa— es su utilidad para determinados diseños de estudio que requieren no tanto una “representatividad” de elementos de una población, sino una cuidadosa y controlada

elección de casos con ciertas características especificadas previamente en el planteamiento del problema. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.190)

## 2.3. Materiales, Instrumentos y Métodos

### 2.3.1. Materiales para la Recolección de Datos

- ✓ **Camioneta 4x4:** Vehículo utilizado para movilización y para contrarrestar el pase vehicular en la avenida Pedro Beltrán en Ventanilla – Callao.

**Figura 22**

*Camioneta usada en trabajo de campo*



Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Conos de tránsito de 70 cm:** Elementos de seguridad que permitieron dividir la calzada en dos para realizar la observación de cada muestra.

**Figura 23**

*Conos para trabajo en campo*



Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Spray blanco:** Material utilizado para la señalización del número de muestras.

#### **Figura 24**

*Spray blanco utilizado en campo*



Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Pizarra de 0.30 m x 0.40 m con plumones y mota:** Material utilizado para colocar los datos de ubicación y señalización de las fallas.

## Figura 25

*Pizarra pequeña para uso en campo*

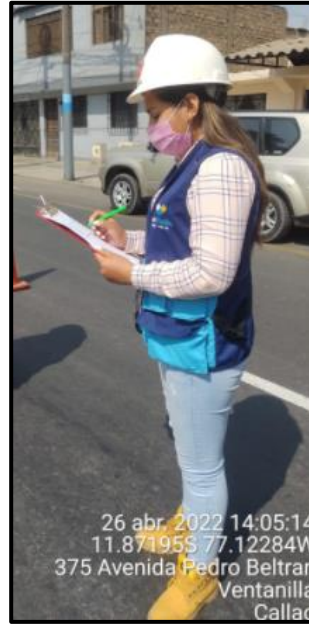


Fuente: Elaboración propia

- ✓ **EPPS (Casco, chaleco reflectivo y zapatos punta acero):** Materiales para la seguridad de los testistas.

## Figura 26

*Epps usados en campo*



Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2. Instrumentos para la Recolección de Datos

- ✓ **Flexómetro (5 m):** Instrumento de medición utilizado para medir las fallas en campo.

**Figura 27**

*Flexómetro usado en campo*



Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Regla milimétrica:** Instrumento de medición utilizado para medir la altura de las fallas como ahuellamiento y desniveles.



**Figura 28**

*Regla milimétrica usada en campo*



Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Cinta métrica de 50 m:** Instrumento de medición utilizado para medir la longitud de cada muestra, las coordenadas “x” y “y” de cada falla y hacer las mediciones de las fallas en campo. **Figura 29**

*Cinta métrica usada en campo*



Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Nivel de mano:** Instrumento de medición utilizado para determinar las fallas como deflexión en el ahuellamiento mediante la nivelación de burbuja.

**Figura 30**

*Nivel de mano usado en campo*



Fuente: Elaboración propia

- ✓ **Regla longitudinal de 2m:** Instrumento de medición utilizado para verificar las fallas como deflexión en el ahuellamiento.

**Figura 31**

*Regla longitudinal usada en campo*



Fuente: Elaboración propia

## 2.4. Técnicas e Instrumentos

### 2.4.1. Técnicas

- ✓ **Observación:** Inspección visual en campo donde se delimitará y se hallará las fallas en la vía a analizar.

- ✓ **Prueba:** Procedimiento del cual por medio del uso de herramientas o análisis se determina un resultado, ejemplo el software Evalpav.
- ✓ **Análisis documental:** Teoría operacional

#### ***2.4.2. Instrumentos para Análisis de Datos***

- ✓ **Fotografías:** Toma de imágenes durante la recolección de datos en campo.
- ✓ **Hojas de registro en Excel:** Instrumento utilizado como apoyo para el registro de las fallas de cada muestra en toda la vía a analizar.
- ✓ **Software Evalpav:** Programa creado por el MTC y el Ing. Gerber Zavala especializado para determinar la condición del pavimento y su debida intervención.

#### **2.5. Operacionalización de Variables**

**Tabla 3**

*Operacionalización de Variables*

	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Variable Independiente 1	PCI de forma manual	Consiste en la realización del PCI realizando solamente la observación visual de las fallas en las muestras a estudiar para luego llenar los datos de campo en un formato llamado hoja de registro siguiendo los pasos que indica la norma ASTM D6433-18.	Índice de Condición del Pavimento (PCI)	Cálculo del PCI en forma manual	Hoja de registro de datos
				Condición del pavimento	Wincha, cinta métrica, regla de aluminio y regla milimétrica.
Variable Independiente 2	PCI con el software Evalpav	Consiste en la realización del PCI teniendo los datos de campo, introducirlos al software y que nos arroje los resultados.	Índice de Condición del Pavimento (PCI)	Cálculo del PCI mediante software Evalpav	Software Evalpav
				Condición del pavimento	Wincha, cinta métrica, regla de aluminio y regla milimétrica
Variable Dependiente	Correlación del PCI	Consiste en la comparación de dos variables si es que tienen una correlación entre ellas, puede salir positiva, negativa o nula.	Correlación modal	Correlación positiva, negativa o nula	Software Excel

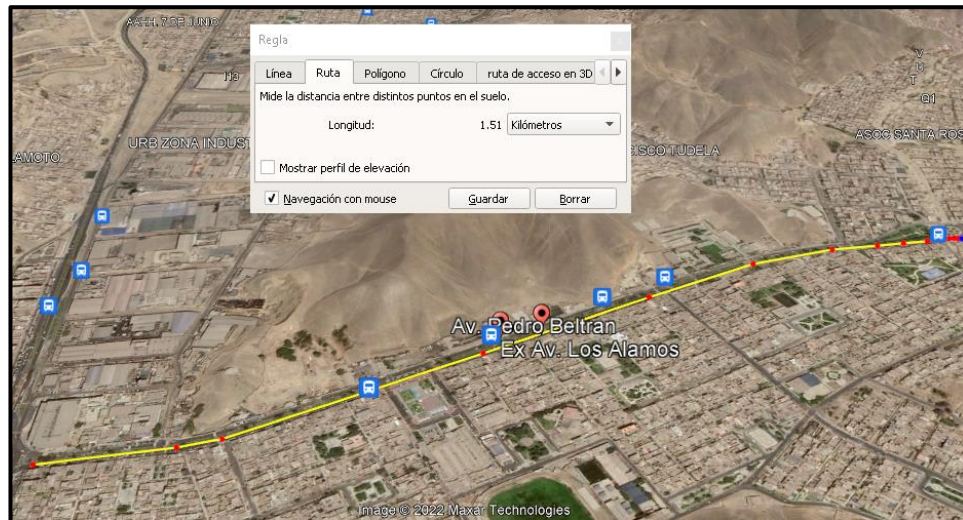
Fuente: Elaboración Propia

## 2.6. Procedimiento de Recolección de Datos en Campo

En primer lugar, realizamos el reconocimiento virtual de la Av. Pedro Beltrán Ventanilla-Callao a través de la herramienta Google Earth, en donde se visualizó las zonas aledañas y se realizó una medición virtual para poder obtener mejor referencia de la exactitud de la longitud total de muestra de la vía a analizar.

**Figura 32**

*Medición por Google Earth de la Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*



Fuente: Google Earth

En segundo lugar, realizamos el reconocimiento insitu de la Av. Pedro Beltrán Ventanilla-Callao, en donde se pudo observar el nivel de tráfico que existe en la zona y se planteó un croquis para determinar cuál sería el punto inicial y final. También se pudo definir los elementos adicionales como la ayuda de tres personas y un vehículo, en este caso camioneta 4x4, que fueron necesarios para poder realizar el trabajo de campo de manera efectiva y sin afectar el pase vehicular que existe en la zona.

### Figura 33

*Cdra. 1 de la Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*



Fuente: Elaboración propia

Las personas que tomaron la recolección de datos fueron los autores de esta investigación: Romi Liz Castillo Angaspilco y Cecilia Makishi Maeireizo.

### Figura 34

*Autores de la tesis*



Fuente: Elaboración propia





**Figura 36**

*Primer día tomando datos de campo*



Fuente: Elaboración propia

En el segundo, tercer y cuarto día recolectamos los datos de las fallas empezando por la calzada de subida (líneas rojas), tomando como punto inicial la progresiva final de este tramo y bajamos progresivamente hasta llegar a la calzada inicial de subida; luego, continuamos con la calzada de bajada (líneas amarillas) desde el punto inicial hasta el punto final, es decir se tomaron todas las muestras de la vía sin intervalos.

**Figura 37**

*Toma de datos en campo del 2do, 3er y 4to día*



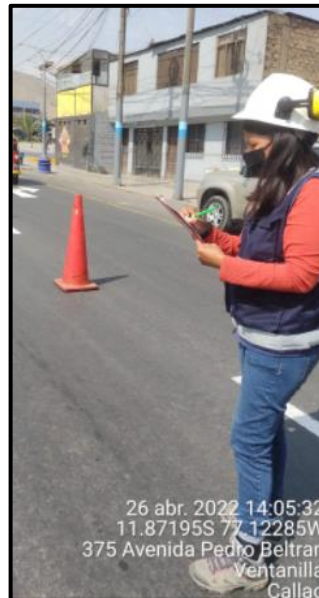


Fuente: Google Earth

Se recopilaron los datos en las hojas de registro de acuerdo a lo que se requirió en campo como son: progresiva inicial, progresiva final, tipo de daño, tipo de severidad, coordenada x, coordenada y, longitud y ancho.

### **Figura 38**

*Toma de datos en la hoja de registro*



Fuente: Elaboración propia

Se tomaron los datos de campo, los cuales fueron trabajados en gabinete de forma manual y por medio del software Evalpav.

**Observación:** Para poder realizar el trabajo en corto tiempo, hicimos una proyección de acuerdo al tiempo de duración que tomó en observar las fallas de cada muestra en el 2do día de trabajo, con lo que se pudo agilizar y mejorar los tiempos para con ello lograr terminar el trabajo de campo al 4to día.


## 2.7. Procedimiento de Tratamiento y Análisis de Datos

### 2.7.1. Tratamiento de Datos Mediante la Forma Manual:

1. En la parte superior de la hoja de registro colocamos la información relevante de cada muestra. Como por ejemplo: la ubicación de la vía a analizar, la fecha en la que se tomaron los datos en campo, quienes realizaron el llenado del registro, la colocación de la progresiva inicial y final de cada muestra, la calzada si es de subida o bajada, el número de unidad de muestra y el área de muestra que en este ejemplo teniendo como ancho de calzada 6.3 m y longitud de muestra 36 nos da 226.80 m<sup>2</sup>, área que cumple con la norma ASTM D6433-18 que indica que debe estar en el intervalo de  $225 \pm 90$  m<sup>2</sup>.

#### Figura 39

*Parte superior donde se coloca información básica del proyecto*

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI			
	LUGAR: AV. PEDRO BELTRAN - VENTANILLA CALLAO	SECCION: PROG.00+00.00 - 00+36.00	CALZADA: SUBIDA
	FECHA: 01-07-2022	UNIDAD DE MUESTREO: U-001	
	REALIZADO POR: ROMI CASTILLO Y CECILIA MAKISHI	ÁREA DE LA UNIDAD DE MUESTRA:	226.80

Fuente: Elaboración propia

2. Luego, señalamos los tipos de fallas de acuerdo a norma, el diagrama de muestra (indicando el ancho de calzada y longitud de la muestra), el cuadro con sus respectivos niveles de severidad y datos relevantes de la norma.

**Figura 40**

Parte de la hoja de registro donde se colocan fórmulas en base a norma D6433-18

TIPOS DE FALLAS					DIAGRAMA DE MUESTRA	
1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Carrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde			8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel carril / berma 10. Grietas longitudinales y transversales 11. Parcheo y sacamielidas de servicios públicos 12. Pulimento de agregados 13. Huecos 14. Cruce de vía férrea		15. Anuellamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 20. Meteorización	
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA	INTERV. DE UNI DE M.	NUMERO MAXIMO DE VD	
Low	Baja	L	$n = Ns^2 / ((e^2/4)(N - 1) + s^2)$	$i = N/n$	$m = 1 + (9/98) \sqrt{100 \sim HDV} \leq 10$	
Medium	Media	M				
High	Alta	H				

Fuente: Elaboración propia

- Después, se ingresaron las fallas encontradas en cada muestra en la hoja de registro, teniendo en consideración la cantidad y nivel de severidad respectivo, luego realizamos la sumatoria final de cada tipo de falla en la celda de su severidad.

**Figura 41**

Parte de la hoja de registro donde se colocan los tipos de fallas

		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES											
		10		15		19							
		Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.	Cant.	Sev.
		1.80	L	14.4	L	1.44	H						
		0.40	L										
		0.50	L										
		0.70	L										
		0.80	L										
TOTAL	BAJA (L)	4.20		14.40									
	MEDIA (M)												
	ALTA (H)					1.44							

Fuente: Elaboración propia

- Para realizar el cálculo del PCI, tenemos que tener en cuenta que el número de valores deducidos sea >2, también identificar el valor deducido más alto ya

que este dato nos va a servir para hallar el número máximo de valores deducidos.

Luego, trasladamos los datos hallados en el numeral 3 (Tipo de daño, Severidad y Total) y se procede a hallar la densidad y el valor deducido según norma ASTM D6433-18, y estos datos obtenidos tienen que estar acorde a lo señalado al inicio de este párrafo.

### Figura 42

Parte de la hoja de registro donde se lleva a cabo el cálculo del PCI

CÁLCULO DEL PCI						
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	Valor deducido	Número de valores	
10	L	4.20	1.85%	0	Número de valores deducidos >2q	2
15	L	14.40	6.35%	22		
19	H	1.44	0.63%	14	Valor deducido más alto	22
					Número máximo de VD (m)	8.2

Fuente: Elaboración propia

- Una vez obtenido los valores deducidos de cada falla, se realiza el cálculo de valor deducido corregido, teniendo como principal dato el número máximo de valor deducido, colocando esa información en la hoja de registro de mayor valor deducido a menor valor deducido, realizamos la sumatoria de valor deducido total y de forma descendente numeramos el valor q, con esa información por medio de la curva de valor deducido total hallamos el VDC. Finalmente, obtenemos el Max VDC para con ello ingresarlo en la fórmula y obtener así el valor de PCI, que nos indica la condición del pavimento.

**Figura 43**

*Parte de la hoja de registro donde se realiza el cálculo del valor deducido corregido*

CÁLCULO DE VALOR DEDUCIDO CORREGIDO											
NRO	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC	
1	22	2.8						24.8	9	0.00	
2	22	2						24	8	0.00	
3	22	2						24	7	0.00	
4	22	2						24	6	0.00	
5	22	2						24	5	0.00	
6	22	2						24	4	0.00	
7	22	2						24	3	12.00	
8	22	2						24	2	17.00	
9	22	2						24	1	24.00	
									Max. VDC	24.00	
INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)								$PCI = 100 - Max. VDC$			
								$PCI =$		76.00	
CONDICION DE PAVIMENTO								MUY BUENO			

Fuente: Elaboración propia

6. Asimismo, llenamos las 42 hojas de registro de subida y 42 hojas de registro de bajada respectivamente.

### 2.7.2. Tratamiento de Datos con el Software Evalpav:

1. En primer lugar, realizamos la descarga del software Evalpav por medio de la carpeta brindada por GZA Infravial, empresa del Ing. Gerber Zavala creador en conjunto con el MTC del programa

**Figura 44**

*Programa software Evalpav de GZA INFRAVIAL PERÚ*

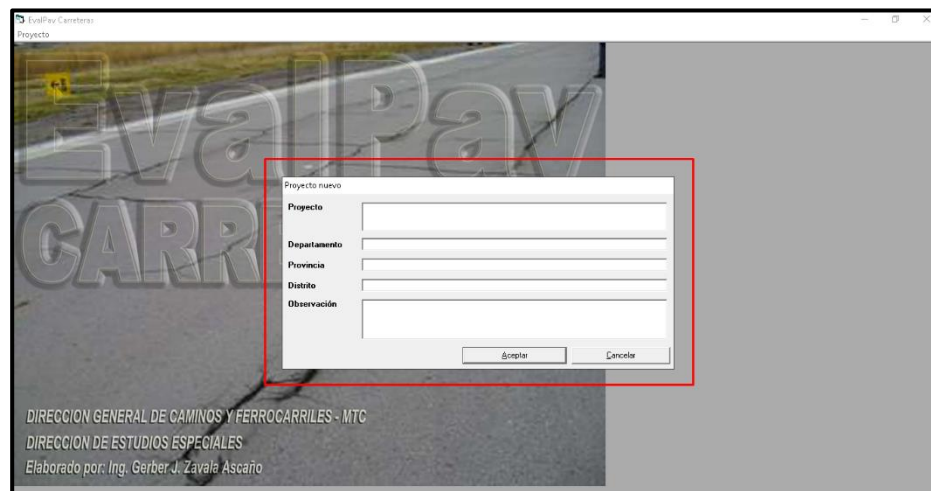
Nombre ↓	Propietario	Última modificación	Tamaño de archivo
02. Evaluacion superficial.rar	GZA INFRAVIAL PERÚ	27 nov 2021 GZA INFRAVIAL ...	11,2 MB
02. EvalPavRig.rar	GZA INFRAVIAL PERÚ	9 dic 2021 GZA INFRAVIAL P...	136 kB

Fuente: Elaboración propia

- Una vez abierto el programa ubicamos la pestaña proyecto, se hizo clic y nos abrió una nueva ventana donde se procedió con el ingreso de los datos creando así un nuevo proyecto.

**Figura 45**

*Nuevo proyecto en Software Evalpav*

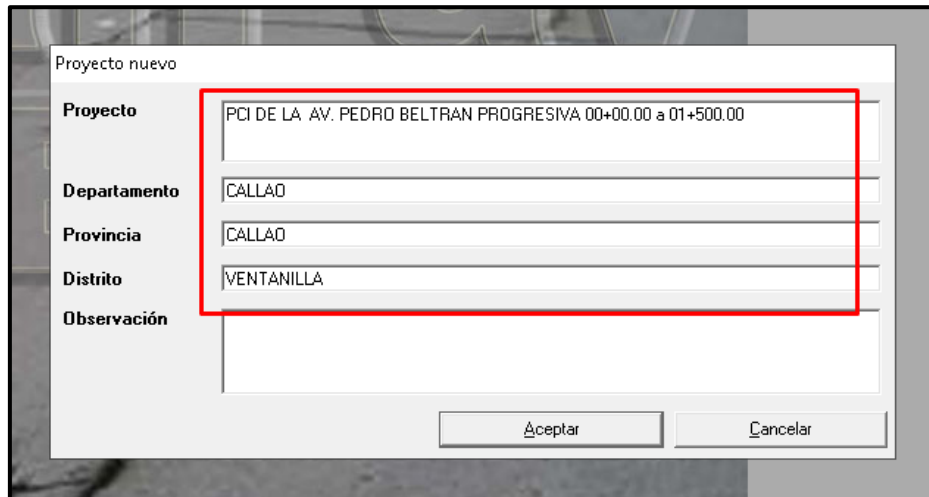


Fuente: Elaboración propia

3. Empezamos a llenar los datos del nuevo proyecto, colocándole el nombre y su ubicación, luego de ello se dio clic en aceptar.

**Figura 46**

*Llenado de datos en la ventana proyecto nuevo*




Fuente: Elaboración propia

4. Después de ello, volvimos a hacer clic en la pestaña proyecto, luego clic en botón abrir, se buscó el proyecto creado y se dio aceptar. Para luego hacer clic en pestaña evaluación, clic en condición superficial de los pavimentos y concreto asfáltico.

**Figura 47**

*Paso para abrir proyecto nuevo*



Fuente: Elaboración propia

5. Inmediatamente después que abrimos el proyecto, el programa indicó que se deben colocar los sectores, por ello como en el proyecto se consideró calzada de subida y bajada de la Av. Pedro Beltrán, colocamos lo siguiente:

SECTOR 1: KM. 00+00.00 - KM. 01+512.00 (BAJADA)

SECTOR 2: KM. 00+00.00 - KM. 01+512.00 (SUBIDA)

6. Para agregar esta información al programa, hicimos clic en el ícono agregar componente y abrió una nueva ventana.

**Figura 48**

*Agregar tipo de sector en el software Evalpav*

EvalPav: PCI DE LA AV. PEDRO BELTRAN PROGRESIVA 00+00.00 a 01+500.00  
 Proyecto Evaluación Datos Imprimir

Evaluación de Pavimentos de Superficie Asfáltica - Método PCI (ASTM D 6433)

Sector   Carril  ...

Unidad de muestra  Area de muestra (m²)   
 Progresiva inicial  Progresiva final   
 Inspeccionado por   
 Fecha  Muestra adicional   
 m  VRC  PCI

**Daños**

1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de vía ferrea
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril/berma	15. Ahuellamiento
4. Abultamientos y hundimientos	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento
5. Corrugación	11. Parcheo	17. Grieta parabólica (slippage)
6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Hinchamiento
		19. Desprendimientos de agregados

TIPO	SEVERIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	TOTAL	DENSIDAD	VR

Fuente: Elaboración propia



7. En esa nueva ventana agregamos los sectores indicados en el numeral 5 y en observación colocamos a dichos sectores como carpeta asfáltica.

**Figura 49**

*Llenado de información como el componente y observación*

COMPONENTE	OBSERVACION
KM. 00+00.00 - KM. 01+500.00 (BAJADA)	Carpeta asfáltica
KM. 00+00.00 - KM. 01+500.00 (SUBIDA)	Carpeta asfáltica

Fuente: Elaboración propia

8. Después, hicimos clic en el ícono agregar sección y nos abrió una nueva ventana.

**Figura 50**

*Agregar sección tipo de calzada en el software Evalpav*

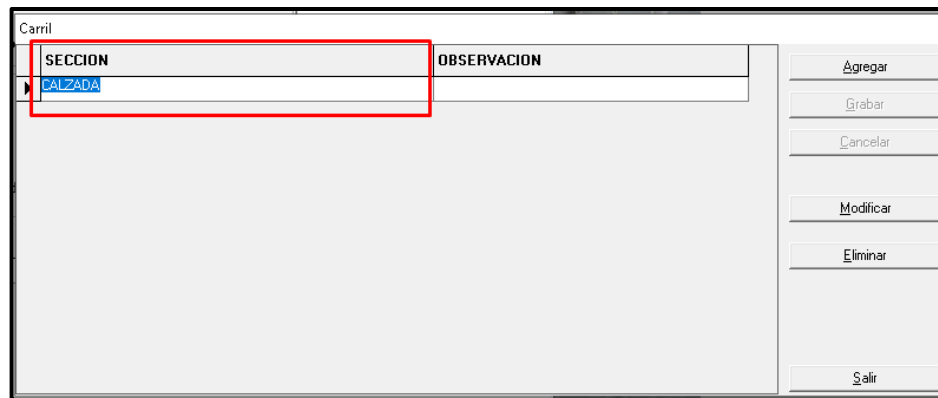
TIPO	SEVERIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	TOTAL	DENSIDAD	VR

Fuente: Elaboración propia

9. En esa nueva ventana colocamos la sección como calzada debido a que se está tomando todo el ancho de la vía como calzada de 6.3 m y no como carril derecho e izquierdo.

### Figura 51

*Llenado de sección carril en software Evalpav*



SECCION	OBSERVACION
CALZADA	

Fuente: Elaboración propia

10. Una vez llenado esos datos tanto de sectores como de carril grabamos el proceso para luego ingresar los datos hallados campo que previamente se registraron en dos hojas de datos en Excel (una para subida y otra para bajada).

**Figura 52**

*Registro de datos de capo en hojas Excel*

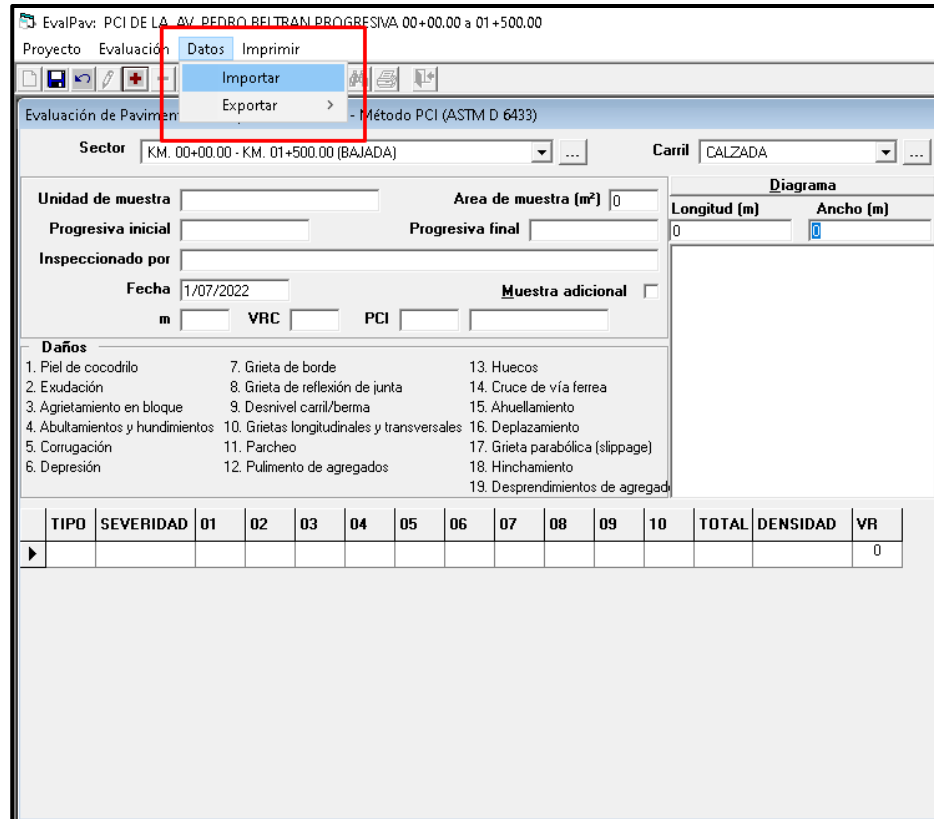
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Daño	Severidad	X	Y	Ancho	Longitud	Ancho de Fisura (mm)	Observación	Carril	Ancho Carril	Inspeccionado
1													
2	0.00	36.00	10	L	0.7	16.0	0.0	1.8	1			6.3	Romi C. y Cecilia M.
3	0.00	36.00	10	L	0.5	13.3	0.0	0.4	1			6.3	Romi C. y Cecilia M.
4	0.00	36.00	10	L	0.5	13.5	0.0	0.5	2			6.3	Romi C. y Cecilia M.
5	0.00	36.00	10	L	0.5	13.8	0.0	0.7	3			6.3	Romi C. y Cecilia M.
6	0.00	36.00	10	L	0.0	0.0	0.0	0.8	3			6.3	Romi C. y Cecilia M.
7	0.00	36.00	19	H	0.8	0.0	1.6	0.9				6.3	Romi C. y Cecilia M.
8	0.00	36.00	15	L	3.2	0.0	0.4	36.0	7			6.3	Romi C. y Cecilia M.
9	36.00	72.00			0.0	0.0	0.0	0.0				6.3	Romi C. y Cecilia M.
10	72.00	108.00	15	L	3.4	0.0	0.8	36.0	6			6.3	Romi C. y Cecilia M.
11	108.00	144.00	10	L	0.7	0.4	0.0	1.5	2			6.3	Romi C. y Cecilia M.
12	108.00	144.00	15	L	0.0	0.0	0.4	36.0	6			6.3	Romi C. y Cecilia M.
13	108.00	144.00	15	L	3.2	0.0	0.3	36.0	6			6.3	Romi C. y Cecilia M.
14	144.00	180.00	13	M	6.3	7.3	0.4	0.3	70			6.3	Romi C. y Cecilia M.
15	180.00	216.00	11	L	5.9	33.6	0.6	0.9				6.3	Romi C. y Cecilia M.
16	180.00	216.00	13	L	5.3	31.8	0.1	0.2	30			6.3	Romi C. y Cecilia M.
17	216.00	252.00			0.0	0.0	0.0	0.0				6.3	Romi C. y Cecilia M.
18	252.00	288.00			0.0	0.0	0.0	0.0				6.3	Romi C. y Cecilia M.
19	288.00	324.00	15	L	4.2	0.0	0.5	36.0	9			6.3	Romi C. y Cecilia M.
20	324.00	360.00			0.0	0.0	0.0	0.0				6.3	Romi C. y Cecilia M.
21	360.00	396.00	11	L	5.5	19.3	1.0	1.0				6.3	Romi C. y Cecilia M.
22	396.00	432.00			0.0	0.0	0.0	0.0				6.3	Romi C. y Cecilia M.
23	432.00	468.00	10	L	2.2	29.0	0.0	0.4	2			6.3	Romi C. y Cecilia M.
24	432.00	468.00	10	L	2.1	29.0	0.0	0.8	2			6.3	Romi C. y Cecilia M.

Fuente: Elaboración propia

- Para la importación de las hojas de datos en Excel, verificamos desde un inicio que los datos estuvieran bien colocados y que estuvieran en formato xls., para así evitar errores al momento de la importación. Luego de ello, hicimos clic en la pestaña datos, después clic en importar. Posteriormente, abrimos una ventana donde se ingresó el archivo xls.

**Figura 53**

*Importación de archivo Excel a software Evalpav*

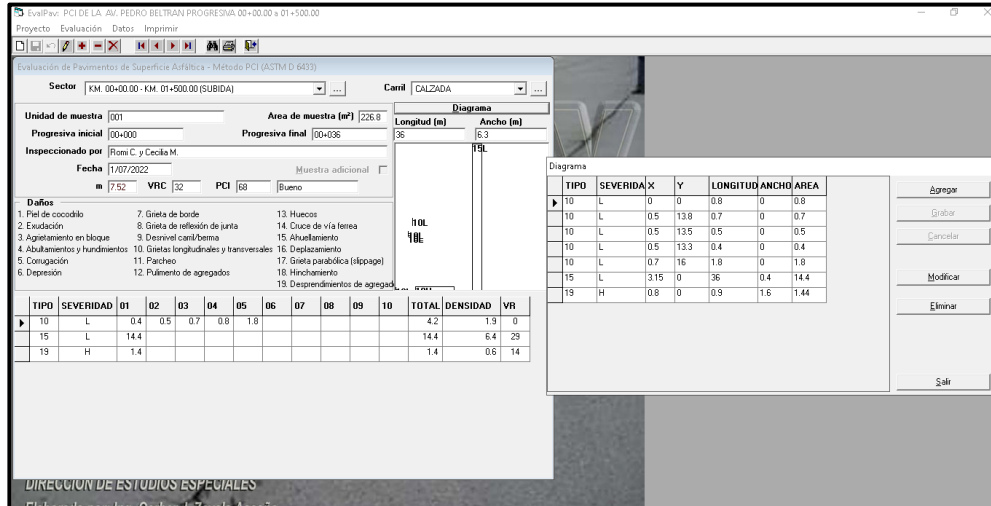


Fuente: Elaboración propia

12. Luego de realizar lo anterior, salió un cuadro de diálogo, seleccionamos la hoja que contiene los datos y dimos clic en aceptar, se hizo así para cada uno de los sectores (subida y bajada). Posteriormente, salió un mensaje que decía “espere un momento por favor se están importando los datos”
13. Después de ello, obtuvimos los resultados de cada sector con sus respectivas fallas, considerando para cada sector 42 unidades de muestras, iguales a las hojas de Excel.

**Figura 54**

*Resultado del cálculo del PCI de cada muestra Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*



Fuente: Elaboración propia

14. Para la obtención de hoja de datos, tuvimos que hacer clic en la pestaña imprimir, luego clic en reportes y seleccionamos hoja de datos, en ella visualizamos cada muestra desde la número 1 hasta la número 42, con todos los datos que aparecen en el programa.

### Figura 55

*Presentación del cálculo del PCI de cada muestra en formato del mismo software Evalpav*

**PCI DE LA AV. PEDRO BELTRAN PROGRESIVA 00+00.00 a 01+500.00**

MÉTODO ESTÁNDAR DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA ASTM D 6433 (2003)																											
SECCION		PROGRESIVA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">           10.1            10.1            10.1         </div>																					
KM. 00+00.00 - KM. 01+500.00 (BA/ADVA)		km 00+00		012																							
CARRIL CALZADA		PROGRESIVA FINAL		AREA DE MUESTREO																							
INSPECCIONADO POR		km 00+468		228.8 m²																							
Romel C. y Cecilia M.				FECHA		01 - Julio - 2022																					
DAÑOS																											
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">1. Falt de cohesión</td> <td style="width: 33%;">7. Grietas de bode</td> <td style="width: 33%;">13. Huecos</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>8. Grietas de reflexión de juntas</td> <td>14. Cruce de vía tema</td> </tr> <tr> <td>3. Agrietamiento en bloque</td> <td>9. Desnivel camil /berma</td> <td>15. Ahusamiento</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamientos y hundimientos</td> <td>10. Grietas longitudinales y transversales</td> <td>16. Desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugación</td> <td>11. Parcheo</td> <td>17. Grietas parabólicas (slippage)</td> </tr> <tr> <td>6. Depresión</td> <td>12. Pulimento de agregados</td> <td>18. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>19. Desprendimiento de agregados</td> </tr> </table>							1. Falt de cohesión	7. Grietas de bode	13. Huecos	2. Exudación	8. Grietas de reflexión de juntas	14. Cruce de vía tema	3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel camil /berma	15. Ahusamiento	4. Abultamientos y hundimientos	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento	5. Corrugación	11. Parcheo	17. Grietas parabólicas (slippage)	6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Hinchamiento			19. Desprendimiento de agregados
1. Falt de cohesión	7. Grietas de bode	13. Huecos																									
2. Exudación	8. Grietas de reflexión de juntas	14. Cruce de vía tema																									
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel camil /berma	15. Ahusamiento																									
4. Abultamientos y hundimientos	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento																									
5. Corrugación	11. Parcheo	17. Grietas parabólicas (slippage)																									
6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Hinchamiento																									
		19. Desprendimiento de agregados																									
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO																		
15	L	4.0					4.0	1.8	15.0																		
19	M	3.0	6.0				8.0	3.5	12.0																		

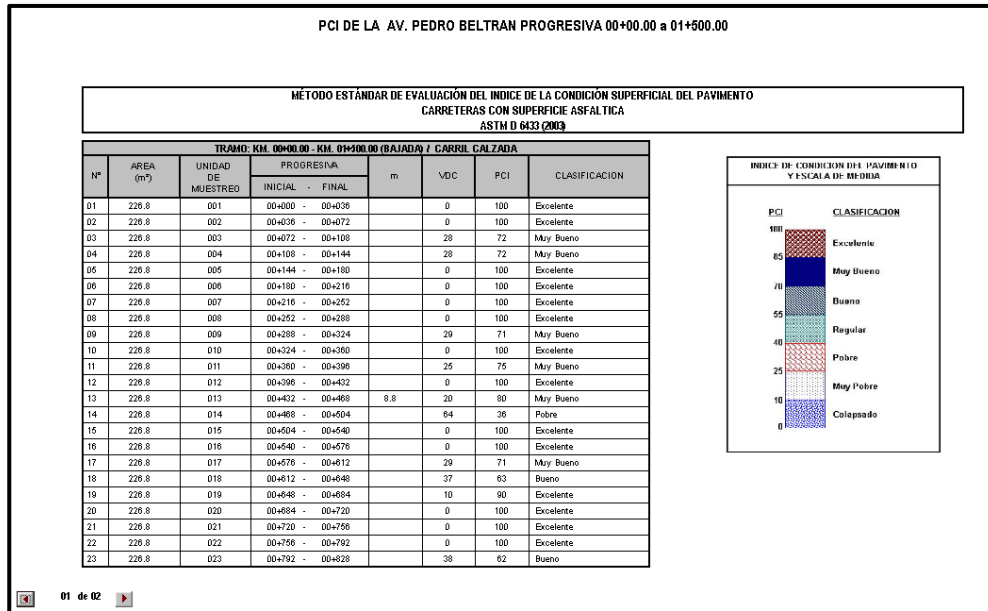
13 de 42

Fuente: Elaboración propia

15. Para la obtención del resumen, tuvimos que hacer clic en pestaña imprimir, luego clic en reportes y se seleccionó resumen, en ella visualizamos todas las unidades de muestra con su respectiva clasificación, así como el PCI promedio de toda la vía para cada sector.

**Figura 56**

*Modo resumen de presentación del cálculo de PCI de las todas las muestras con el software Evalpav*



Fuente: Elaboración propia

### 2.7.3. Tratamiento de datos mediante el uso de la estadística descriptiva

#### *Pasos previos*

1. Realizamos la **recolección de datos**, es decir los datos hallados en campo se colocaron en una tabla de contingencia como la figura 57, pero considerando las 42 muestras como es en nuestro caso.

**Figura 57**

*Modelo de tabla de valores de entrada para la recolección de datos*

N	Nombres	Apellidos	Edad	Ciudad de Nacimiento	Ciudad de Residencia	Numero de Hermanos	Numero de Hijos
1	Tobías	Triviño Marín	50	Villeta	Facatativá	5	3
2	Leidy Johan	Moreno Motoa	25	Bogotá	Bogotá	2	0
3	Gloria	López Talero	25	Bogotá	Bogotá	0	0
4	Gloria	Domínguez Porras	29	Fusagasugá	Bogotá	6	0
5	Geraldine	Bermúdez Martínez	22	Bogotá	Bogotá	1	0
6	Lady Yamile	Reina Restrepo	29	Bogotá	Green Bay (Si)	1	1
7	Johnny	Macana Garnica	29	Barbosa	Sopo	4	0
8	Wilson Hernán	Novoa Figueroa	49	Arbeláez (Cundinamarca)	Bogotá	1	1
9	María	Velandia Pimiento	44	Mogotes (Santander)	Bogotá	2	2
10	María	Gómez	18	pasto-Nariño	Tenjo-Cundinamarca	2	0
11	Paola	Gaitán Silva	28	Bogotá	Bogotá	5	0
12	Yesenia	Prieto García	27	Bogotá	Bogotá	3	0
13	Luz	Reyes Giraldo	27	Bogotá	Bogotá	1	0
14	Álvaro	Castellanos Cervera	29	Cali	Cali	3	1
15	Josué	Zea	36	Medellín	Cali	4	2
16	Eduardo	Bernal	35	Cali	Chía	0	0
17	Lida	Valencia	32	Medellín	Bogotá	1	0
18	Mónica	Patiño	26	Cali	Medellín	2	2
19	Carlos	Barajas	31	Bogotá	Bogotá	4	3
20	Caleb	Cardona	35	Bogotá	Medellín	3	3
21	Miguel	Díaz	27	Medellín	Bogotá	3	1
22	Marcela	Pérez	34	Manizales	Fusagasugá	1	4
23	Daniel	Pinto	21	Bogotá	Bogotá	3	0
24	Martin	García	23	Cali	Chía	2	0

Fuente: YouTube

- De esa tabla, *identificamos las variables según el tipo que corresponde*, es decir cada columna tiene una clasificación dada, que pueden ser: cualitativa ordinal cuando se habla de orden o de posición y no de un valor numérico, cualitativa nominal cuando permite la identificación de un valor, pero no permite una jerarquización, cuantitativa discreto cuando son valores enteros y cuantitativa continuo cuando pueden ser valores reales.
- Se *organiza y ordena los datos* mediante la distribución de una tabla de frecuencia como en la figura 58, indicando también el porcentaje de cada dato.



**Figura 58**

*Modelo de tabla de frecuencia de datos*

N° In	Límites de intervalo		Límites de intervalo		Frecuencias absolutas		Frecuencias relativa	
	Lim Inf	Lim Sup	Lim Inf	Lim Sup	F <sub>a</sub>	F <sub>ac</sub>	F <sub>r</sub>	F <sub>rc</sub>
1	15,00	20,00	>=15	<20	4	4	6,67%	6,67%
2	20,00	25,00	>=20	<25	10	14	16,67%	23,33%
3	25,00	30,00	>=25	<30	17	31	28,33%	51,67%
4	30,00	35,00	>=30	<35	13	44	21,67%	73,33%
5	35,00	40,00	>=35	<40	8	52	13,33%	86,67%
6	40,00	45,00	>=40	<45	4	56	6,67%	93,33%
7	45,00	50,00	>=45	<51	4	60	6,67%	100,00%
					60		100,00%	

Fuente: YouTube

- Con la información recabada de la tabla de distribución de frecuencias se grafica un histograma como el de la figura 59.

**Figura 59**

*Modelo de histograma*



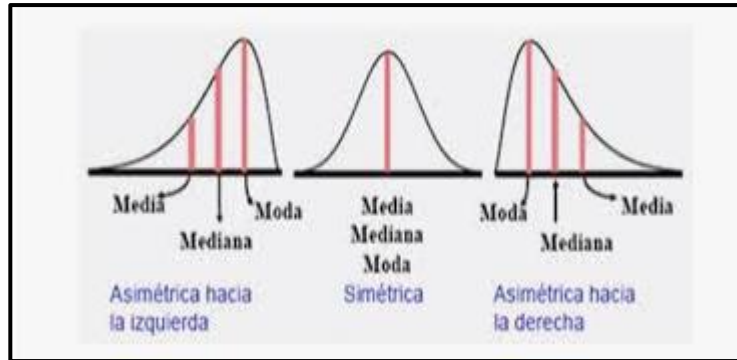
Fuente: Google imágenes

- Se halla la media, la mediana y la moda con la información dada líneas arriba.
- Se halla la varianza y la desviación estándar con la información dada líneas arriba.

7. Con la información hallada de la media, mediana y moda se determina la asimetría de los datos.

**Figura 60**

*Asimetría*



Fuente: Google imágenes

8. También podemos hallar el coeficiente de asimetría de Pearson, dato que indica si los datos son simétricos o asimétricos a la derecha o a la izquierda.
9. Luego, se realiza la gráfica general de la correlación entre ambas formas.
10. Finalmente, se realiza la interpretación de los resultados del proceso estadístico

## 2.8. Aspectos Éticos

La investigación se dio recolectando información de otras fuentes como libros, tesis nacionales e internacionales, citando según la norma APA 7ma edición. Esto se dio con el fin de poder evitar el plagio en la presente tesis;

La información brindada en esta tesis se realizó utilizando la norma internacional ASTM D6433-18 para software Evalpav y para el trabajo manual usando Excel, respaldando que los resultados sean fidedignos y demostrables;

Los ingenieros deben promover y defender la integridad, el honor y la dignidad de su profesión, contribuyendo con su conducta a que el consenso público se forme y mantenga un

cabal sentido de respeto hacia ella y sus miembros, basado en la honestidad e integridad con que la misma se desempeña. Por consiguiente, deben ser honestos e imparciales. Sirviendo con fidelidad al público, a sus empleadores y a sus clientes, deben esforzarse por incrementar el prestigio, la calidad y la idoneidad de la ingeniería y deben apoyar a sus instituciones profesionales y académicas. (CIP, 2011, art.6)

Los órganos de gobierno del Colegio de Ingenieros del Perú tienen la obligación y el deber de asegurar bajo responsabilidad la instalación de los órganos deontológicos. Los Consejos Departamentales tienen la obligación de seguir o iniciar los procesos judiciales contra las personas que cometan delito al ejercer ilegalmente la profesión de la ingeniería en su jurisdicción. Los miembros de los Tribunales que en razón de su fallo fueran denunciados judicialmente serán defendidos legalmente por el CIP, asumiendo éste, las costas y costos de los procesos. (CIP, 2011, art.7)

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

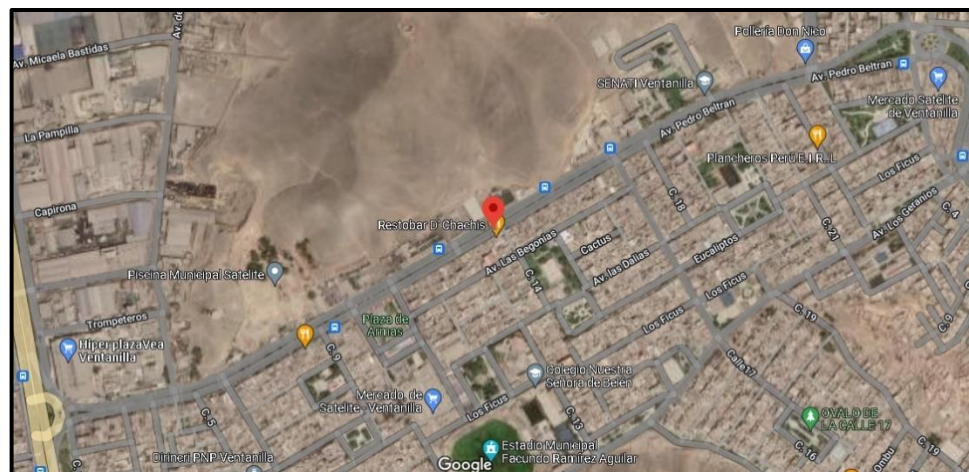
### 3.1. Datos Generales

#### 3.1.1. Ubicación y Área de Estudio

La zona de estudio seleccionada se encuentra localizada en el distrito de Ventanilla, provincia y departamento del Callao, específicamente en la Av. Pedro Beltrán. El tramo de estudio se inicia desde la cdra. 1 de la Av. Pedro Beltrán (referencia Plaza Vea) considerando 1.512 km hasta el óvalo.

**Figura 61**

*Ubicación y área de estudio*



Fuente: Google Maps

Según lo señala el (INEI, 2018), el distrito de Ventanilla cuenta con 315 mil 600 habitantes (31,7%). En el periodo intercensal 2007-2017, se observa que la tasa de crecimiento es mayor en el distrito de Ventanilla, con un aumento de la población de 13,6%. (p-24)

La Avenida Pedro Beltrán se delimita de la siguiente manera:

Por el Norte: con viviendas y comercio

Por el Oeste: con la Av. Néstor Gambetta

Por el Este: con la Av. Ventanilla Alta

Por el Sur: con viviendas y comercio

El área en estudio abarca sólo la Urb. Ciudad Satélite en el distrito de Ventanilla.

### 3.1.2. Características del Área de Estudio

La Av. Pedro Beltrán está conformada por una berma central, dos bermas laterales, dos calzadas (una de subida y otra de bajada), cada calzada está formada por dos carriles de un mismo sentido y tiene un ancho de 6.30 m. Se pudo observar superficialmente que la zona a estudiar presentaba fallas, cortes transversales en la calzada, así como acometidas y parcheo.

**Figura 62**

*Características del tramo estudiado*



Fuente: Google Maps

## 3.2. Resultados Hallados de la Forma Manual

A continuación, detallamos los resultados obtenidos de la forma manual realizado en la Av. Pedro Beltrán – Ventanilla Callao desde el 00+00.00 km a 01+512.00 km.

- ✓ Ancho de calzada: 6.30 m
- ✓ Longitud total de la vía: 1.512 km
- ✓ Cantidad de unidades de muestra: 42 muestras de subida y 42 muestras de bajada
- ✓ Longitud muestral: 36 m
- ✓ Área de la muestra: 226.80 m<sup>2</sup>

Las 42 muestras de ambos tramos hacen un total de 1512 m, se considera la toma de todas las muestras de la vía a analizar con el fin de obtener un resultado más exacto, por lo que no se sigue el procedimiento estándar indicado en la norma ASTM D6433-18.

Luego de ello, se realizaron los pasos indicados en el “procedimiento de tratamiento y análisis de datos” para luego obtener los siguientes resultados:

**Tabla 4**

*Cálculo del PCI en forma manual en calzada de subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*

PROGRESIVA	Nº MUESTRA	CALZADA	PCI
00+00.00 - 00+36.00	1	Subida	76
00+36.00 - 00+72.00	2	Subida	100
00+72.00 - 00+108.00	3	Subida	71
00+108.00 - 00+144.00	4	Subida	72
00+144.00 - 00+180.00	5	Subida	82
00+180.00 - 00+216.00	6	Subida	89
00+216.00 - 00+252.00	7	Subida	100
00+252.00 - 00+288.00	8	Subida	100
00+288.00 - 00+324.00	9	Subida	75
00+324.00 - 00+360.00	10	Subida	100
00+360.00 - 00+396.00	11	Subida	100
00+396.00 - 00+432.00	12	Subida	100
00+432.00 - 00+468.00	13	Subida	87

<b>PROGRESIVA</b>	<b>N° MUESTRA</b>	<b>CALZADA</b>	<b>PCI</b>
00+468.00 - 00+504.00	14	Subida	82
00+504.00 - 00+540.00	15	Subida	77
00+540.00 - 00+576.00	16	Subida	100
00+576.00 - 00+612.00	17	Subida	100
00+612.00 - 00+648.00	18	Subida	79
00+648.00 - 00+684.00	19	Subida	62
00+684.00 - 00+720.00	20	Subida	60
00+720.00 - 00+756.00	21	Subida	62
00+756.00 - 00+792.00	22	Subida	45
00+792.00 - 00+828.00	23	Subida	53
00+828.00 - 00+864.00	24	Subida	54
00+864.00 - 00+900.00	25	Subida	63
00+900.00 - 00+936.00	26	Subida	69
00+936.00 - 00+972.00	27	Subida	100
00+972.00 - 01+008.00	28	Subida	54
01+008.00 - 01+044.00	29	Subida	52
01+044.00 - 01+080.00	30	Subida	60
01+080.00 - 01+116.00	31	Subida	76
01+116.00 - 01+152.00	32	Subida	84
01+152.00 - 01+188.00	33	Subida	78
01+188.00 - 01+224.00	34	Subida	100
01+224.00 - 01+260.00	35	Subida	76
01+260.00 - 01+296.00	36	Subida	76
01+296.00 - 01+332.00	37	Subida	86
01+332.00 - 01+368.00	38	Subida	70
01+368.00 - 01+404.00	39	Subida	62
01+404.00 - 01+440.00	40	Subida	100
01+440.00 - 01+476.00	41	Subida	100
01+476.00 - 01+512.00	42	Subida	89
		<b>Promedio</b>	<b>79</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 5**

*Cálculo del PCI en forma manual en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*

<b>PROGRESIVA</b>	<b>Nº MUESTRA</b>	<b>CALZADA</b>	<b>PCI</b>
00+00.00 - 00+36.00	1	Bajada	100
00+36.00 - 00+72.00	2	Bajada	100
00+72.00 - 00+108.00	3	Bajada	72
00+108.00 - 00+144.00	4	Bajada	72
00+144.00 - 00+180.00	5	Bajada	100
00+180.00 - 00+216.00	6	Bajada	100
00+216.00 - 00+252.00	7	Bajada	100
00+252.00 - 00+288.00	8	Bajada	100
00+288.00 - 00+324.00	9	Bajada	78
00+324.00 - 00+360.00	10	Bajada	100
00+360.00 - 00+396.00	11	Bajada	74
00+396.00 - 00+432.00	12	Bajada	100
00+432.00 - 00+468.00	13	Bajada	86
00+468.00 - 00+504.00	14	Bajada	37
00+504.00 - 00+540.00	15	Bajada	100
00+540.00 - 00+576.00	16	Bajada	100
00+576.00 - 00+612.00	17	Bajada	75
00+612.00 - 00+648.00	18	Bajada	64
00+648.00 - 00+684.00	19	Bajada	90
00+684.00 - 00+720.00	20	Bajada	100
00+720.00 - 00+756.00	21	Bajada	100
00+756.00 - 00+792.00	22	Bajada	100
00+792.00 - 00+828.00	23	Bajada	63
00+828.00 - 00+864.00	24	Bajada	100
00+864.00 - 00+900.00	25	Bajada	63
00+900.00 - 00+936.00	26	Bajada	100
00+936.00 - 00+972.00	27	Bajada	100
00+972.00 - 01+008.00	28	Bajada	100



PROGRESIVA	N° MUESTRA	CALZADA	PCI
01+008.00 - 01+044.00	29	Bajada	78
01+044.00 - 01+080.00	30	Bajada	82
01+080.00 - 01+116.00	31	Bajada	100
01+116.00 - 01+152.00	32	Bajada	28
01+152.00 - 01+188.00	33	Bajada	86
01+188.00 - 01+224.00	34	Bajada	92
01+224.00 - 01+260.00	35	Bajada	91
01+260.00 - 01+296.00	36	Bajada	90
01+296.00 - 01+332.00	37	Bajada	77
01+332.00 - 01+368.00	38	Bajada	76
01+368.00 - 01+404.00	39	Bajada	100
01+404.00 - 01+440.00	40	Bajada	68
01+440.00 - 01+476.00	41	Bajada	100
01+476.00 - 01+512.00	42	Bajada	52
		<b>Promedio</b>	<b>86</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.1. Interpretación de Resultados Hallados de la Forma Manual

En la tabla 4 nos indica que el promedio del PCI de la calzada de subida es de 79, es decir “MUY BUENO”, mientras que en la tabla 5 nos indica que el promedio del PCI de la calzada de bajada es de 86, es decir “EXCELENTE”. Según las muestras estudiadas, en la calzada de subida sólo 12 muestras tienen valor de 100 en comparación con la calzada de bajada que son de 20 muestras, esto nos indica que la calzada de bajada es la que menos daño tiene en el pavimento flexible respecto a la calzada de subida.

### 3.3. Resultados Hallados con el Software Evalpav

Se realizaron los pasos indicados en el “procedimiento de tratamiento y análisis de datos” para luego obtener los siguientes resultados:

**Tabla 6**

*Cálculo del PCI con el software Evalpav en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*

<b>N</b>	<b>AREA (m2)</b>	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>	<b>PROGRESIVA</b>	<b>CALZADA</b>	<b>PCI</b>
1	226.80	1	00+00.00 - 00+36.00	Subida	68
2	226.80	2	00+36.00 - 00+72.00	Subida	100
3	226.80	3	00+72.00 - 00+108.00	Subida	72
4	226.80	4	00+108.00 - 00+144.00	Subida	72
5	226.80	5	00+144.00 - 00+180.00	Subida	82
6	226.80	6	00+180.00 - 00+216.00	Subida	89
7	226.80	7	00+216.00 - 00+252.00	Subida	100
8	226.80	8	00+252.00 - 00+288.00	Subida	100
9	226.80	9	00+288.00 - 00+324.00	Subida	71
10	226.80	10	00+324.00 - 00+360.00	Subida	100
11	226.80	11	00+360.00 - 00+396.00	Subida	99
12	226.80	12	00+396.00 - 00+432.00	Subida	100
13	226.80	13	00+432.00 - 00+468.00	Subida	84
14	226.80	14	00+468.00 - 00+504.00	Subida	70

<b>N</b>	<b>AREA (m2)</b>	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>	<b>PROGRESIVA</b>	<b>CALZADA</b>	<b>PCI</b>
15	226.80	15	00+504.00 - 00+540.00	Subida	77
16	226.80	16	00+540.00 - 00+576.00	Subida	98
17	226.80	17	00+576.00 - 00+612.00	Subida	100
18	226.80	18	00+612.00 - 00+648.00	Subida	73
19	226.80	19	00+648.00 - 00+684.00	Subida	62
20	226.80	20	00+684.00 - 00+720.00	Subida	51
21	226.80	21	00+720.00 - 00+756.00	Subida	61
22	226.80	22	00+756.00 - 00+792.00	Subida	46
23	226.80	23	00+792.00 - 00+828.00	Subida	46
24	226.80	24	00+828.00 - 00+864.00	Subida	54
25	226.80	25	00+864.00 - 00+900.00	Subida	63
26	226.80	26	00+900.00 - 00+936.00	Subida	65
27	226.80	27	00+936.00 - 00+972.00	Subida	96
28	226.80	28	00+972.00 - 01+008.00	Subida	52
29	226.80	29	01+008.00 - 01+044.00	Subida	52
30	226.80	30	01+044.00 - 01+080.00	Subida	61
31	226.80	31	01+080.00 - 01+116.00	Subida	69
32	226.80	32	01+116.00 - 01+152.00	Subida	82
33	226.80	33	01+152.00 - 01+188.00	Subida	71
34	226.80	34	01+188.00 - 01+224.00	Subida	98
35	226.80	35	01+224.00 - 01+260.00	Subida	69
36	226.80	36	01+260.00 - 01+296.00	Subida	75

N	AREA (m2)	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA	CALZADA	PCI
37	226.80	37	01+296.00 - 01+332.00	Subida	82
38	226.80	38	01+332.00 - 01+368.00	Subida	70
39	226.80	39	01+368.00 - 01+404.00	Subida	60
40	226.80	40	01+404.00 - 01+440.00	Subida	99
41	226.80	41	01+440.00 - 01+476.00	Subida	100
42	226.80	42	01+476.00 - 01+512.00	Subida	89
<b>Promedio</b>					<b>77</b>

Fuente: Elaboración Propia

### Tabla 7

*Cálculo del PCI con el software Evalpav en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*

N	AREA (m2)	UNIDAD DE MUESTREO	PROGRESIVA	CALZADA	PCI
1	226.80	1	00+00.00 - 00+36.00	Bajada	100
2	226.80	2	00+36.00 - 00+72.00	Bajada	100
3	226.80	3	00+72.00 - 00+108.00	Bajada	72
4	226.80	4	00+108.00 - 00+144.00	Bajada	72
5	226.80	5	00+144.00 - 00+180.00	Bajada	100
6	226.80	6	00+180.00 - 00+216.00	Bajada	100

<b>N</b>	<b>AREA (m2)</b>	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>	<b>PROGRESIVA</b>	<b>CALZADA</b>	<b>PCI</b>
7	226.80	7	00+216.00 - 00+252.00	Bajada	100
8	226.80	8	00+252.00 - 00+288.00	Bajada	100
9	226.80	9	00+288.00 - 00+324.00	Bajada	71
10	226.80	10	00+324.00 - 00+360.00	Bajada	100
11	226.80	11	00+360.00 - 00+396.00	Bajada	75
12	226.80	12	00+396.00 - 00+432.00	Bajada	100
13	226.80	13	00+432.00 - 00+468.00	Bajada	80
14	226.80	14	00+468.00 - 00+504.00	Bajada	36
15	226.80	15	00+504.00 - 00+540.00	Bajada	100
16	226.80	16	00+540.00 - 00+576.00	Bajada	100
17	226.80	17	00+576.00 - 00+612.00	Bajada	71
18	226.80	18	00+612.00 - 00+648.00	Bajada	63
19	226.80	19	00+648.00 - 00+684.00	Bajada	90
20	226.80	20	00+684.00 - 00+720.00	Bajada	100
21	226.80	21	00+720.00 - 00+756.00	Bajada	100
22	226.80	22	00+756.00 - 00+792.00	Bajada	100
23	226.80	23	00+792.00 - 00+828.00	Bajada	62
24	226.80	24	00+828.00 - 00+864.00	Bajada	100
25	226.80	25	00+864.00 - 00+900.00	Bajada	62
26	226.80	26	00+900.00 - 00+936.00	Bajada	100
27	226.80	27	00+936.00 - 00+972.00	Bajada	100
28	226.80	28	00+972.00 - 01+008.00	Bajada	100

<b>N</b>	<b>AREA (m2)</b>	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>	<b>PROGRESIVA</b>	<b>CALZADA</b>	<b>PCI</b>
29	226.80	29	01+008.00 - 01+044.00	Bajada	71
30	226.80	30	01+044.00 - 01+080.00	Bajada	83
31	226.80	31	01+080.00 - 01+116.00	Bajada	100
32	226.80	32	01+116.00 - 01+152.00	Bajada	27
33	226.80	33	01+152.00 - 01+188.00	Bajada	86
34	226.80	34	01+188.00 - 01+224.00	Bajada	92
35	226.80	35	01+224.00 - 01+260.00	Bajada	90
36	226.80	36	01+260.00 - 01+296.00	Bajada	89
37	226.80	37	01+296.00 - 01+332.00	Bajada	71
38	226.80	38	01+332.00 - 01+368.00	Bajada	73
39	226.80	39	01+368.00 - 01+404.00	Bajada	100
40	226.80	40	01+404.00 - 01+440.00	Bajada	65
41	226.80	41	01+440.00 - 01+476.00	Bajada	100
42	226.80	42	01+476.00 - 01+512.00	Bajada	51
				<b>Promedio</b>	<b>85</b>

Fuente: Elaboración Propia

### ***3.3.1. Interpretación de Resultados Hallados con el Software Evalpav***

En la tabla 6 nos indica que el promedio del PCI de la calzada de subida es de 77, es decir “MUY BUENO”, mientras que en la tabla 7 nos indica que el promedio del PCI de la calzada de bajada es de 85, es decir “MUY BUENO”. Según las muestras estudiadas, en la calzada de subida sólo 7 muestras tienen valor de 100 en comparación con la calzada de bajada que son de 20 muestras, esto nos indica que la calzada de bajada es la que menos daño tiene en el pavimento flexible respecto a la calzada de subida.

### 3.4. Correlación General Mediante el Uso de la Estadística Descriptiva

#### 3.4.1. Resultados para la Calzada de Subida en Av. Pedro Beltrán

Se realizaron los pasos indicados en el “procedimiento de tratamiento y análisis de datos” para luego obtener los siguientes resultados:

**Tabla 8**

*Datos de valores de entrada en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*

N° MUESTRA	PROGRESIVA	CALZADA	PCI manual	PCI Evalpav	Correlación
1	00+00.00 - 00+36.00	Subida	76	68	8
2	00+36.00 - 00+72.00	Subida	100	100	0
3	00+72.00 - 00+108.00	Subida	71	72	-1
4	00+108.00 - 00+144.00	Subida	72	72	0
5	00+144.00 - 00+180.00	Subida	82	82	0
6	00+180.00 - 00+216.00	Subida	89	89	0
7	00+216.00 - 00+252.00	Subida	100	100	0
8	00+252.00 - 00+288.00	Subida	100	100	0
9	00+288.00 - 00+324.00	Subida	75	71	4
10	00+324.00 - 00+360.00	Subida	100	100	0
11	00+360.00 - 00+396.00	Subida	100	99	1
12	00+396.00 - 00+432.00	Subida	100	100	0
13	00+432.00 - 00+468.00	Subida	87	84	3
14	00+468.00 - 00+504.00	Subida	82	70	12
15	00+504.00 - 00+540.00	Subida	77	77	0
16	00+540.00 - 00+576.00	Subida	100	98	2
17	00+576.00 - 00+612.00	Subida	100	100	0
18	00+612.00 - 00+648.00	Subida	79	73	6
19	00+648.00 - 00+684.00	Subida	62	62	0
20	00+684.00 - 00+720.00	Subida	60	51	9
21	00+720.00 - 00+756.00	Subida	62	61	1
22	00+756.00 - 00+792.00	Subida	45	46	-1



N° MUESTRA	PROGRESIVA	CALZADA	PCI manual	PCI Evalpav	Correlación
23	00+792.00 - 00+828.00	Subida	53	46	7
24	00+828.00 - 00+864.00	Subida	54	54	0
25	00+864.00 - 00+900.00	Subida	63	63	0
26	00+900.00 - 00+936.00	Subida	69	65	4
27	00+936.00 - 00+972.00	Subida	100	96	4
28	00+972.00 - 01+008.00	Subida	54	52	2
29	01+008.00 - 01+044.00	Subida	52	52	0
30	01+044.00 - 01+080.00	Subida	60	61	-1
31	01+080.00 - 01+116.00	Subida	76	69	7
32	01+116.00 - 01+152.00	Subida	84	82	2
33	01+152.00 - 01+188.00	Subida	78	71	7
34	01+188.00 - 01+224.00	Subida	100	98	2
35	01+224.00 - 01+260.00	Subida	76	69	7
36	01+260.00 - 01+296.00	Subida	76	75	1
37	01+296.00 - 01+332.00	Subida	86	82	4
38	01+332.00 - 01+368.00	Subida	70	70	0
39	01+368.00 - 01+404.00	Subida	62	60	2
40	01+404.00 - 01+440.00	Subida	100	99	1
41	01+440.00 - 01+476.00	Subida	100	100	0
42	01+476.00 - 01+512.00	Subida	89	89	0

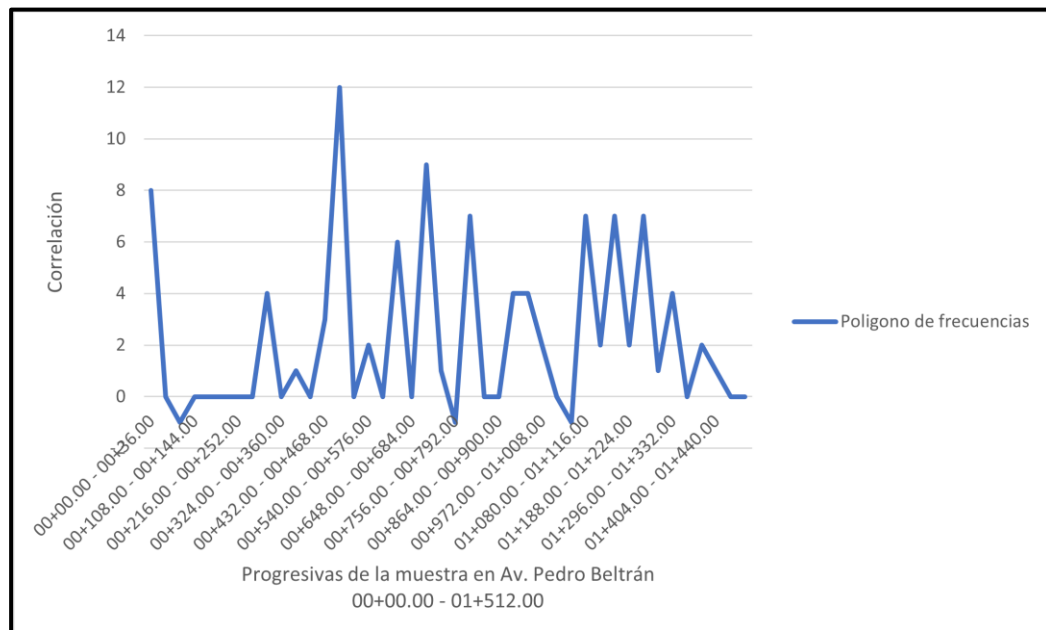
*Nota:* Es el promedio de los datos hallados del PCI en la forma manual y con el software Evalpav y la correlación respectiva. Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 8, presentamos la información de las 42 muestras de la calzada de subida de la Av. Pedro Beltrán, donde podemos indicar lo siguiente: “N° muestra” es una variable cuantitativa continua, “progresiva” es una variable cuantitativa continua, “calzada” es una variable cualitativa nominal, “PCI manual” es una variable cuantitativa discreta, “PCI Evalpav” es una variable

cuantitativa discreta y “correlación” es una variable cuantitativa discreta. Además, en la figura 63 podemos observar el grado de variación que existe en la correlación hallada.

**Figura 63**

*Variación de la correlación de los datos de la muestra en calzada subida en Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*



Fuente: Elaboración Propia.

### ***Distribución de frecuencia de datos***

En la siguiente tabla 9, se va a analizar la frecuencia en la que se repite el valor de la correlación entre la forma manual y la forma con el software Evalpav incluyendo su respectivo porcentaje, podemos deducir de la tabla que “correlación” es una variable cuantitativa discreta, “frecuencia” es una variable cuantitativa discreta y “porcentaje” es una variable cuantitativa continua, asimismo en la figura 64 ordena la información mediante un histograma para realizar un análisis más específico y obtener los resultados para su respectiva interpretación.

**Tabla 9**

*Tabla de distribución de frecuencia y porcentaje de la correlación calzada subida Av. Pedro*

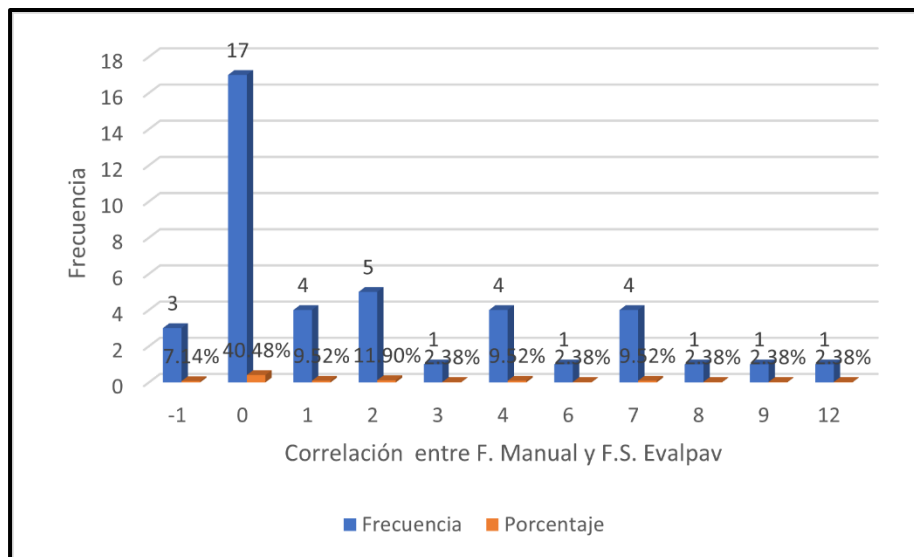
*Beltrán - Ventanilla*

Correlación	Frecuencia	Porcentaje
-1	3	7.14%
0	17	40.48%
1	4	9.52%
2	5	11.90%
3	1	2.38%
4	4	9.52%
6	1	2.38%
7	4	9.52%
8	1	2.38%
9	1	2.38%
12	1	2.38%
Total	42	100.00%

*Nota:* La tabla de frecuencia se realizó con esos datos para obtener un histograma. Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 64**

*Correlación entre la F. Manual y la F. S. Evalpav en calzada subida*



Fuente: Elaboración Propia.

### *Medidas de tendencia central*

**Tabla 10**

*Valores de las medidas de tendencia central en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*

<b>Medidas de tendencia central</b>	<b>Valores</b>
Media	2.21
Mediana	1
Moda	0

Fuente: Elaboración Propia

### *Medidas de dispersión*

**Tabla 11**

*Cálculo de la varianza en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*

<b>Correlación</b>	<b><math>(x_i - \bar{X})^2</math></b>
8	33.47
0	4.90
-1	10.33
0	4.90
0	4.90
0	4.90
0	4.90
0	4.90
4	3.19
0	4.90
1	1.47
0	4.90

Correlación	$(x_i - \bar{X})^2$
3	0.62
12	95.76
0	4.90
2	0.05
0	4.90
6	14.33
0	4.90
9	46.05
1	1.47
-1	10.33
7	22.90
0	4.90
0	4.90
4	3.19
4	3.19
2	0.05
0	4.90
-1	10.33
7	22.90
2	0.05
7	22.90
2	0.05
7	22.90
1	1.47
4	3.19
0	4.90
2	0.05
1	1.47
0	4.90
0	4.90

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 12**

*Valores de las medidas de dispersión en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*

Medidas de Dispersión	Valores
Varianza	9.88
Desviación estándar	3.14

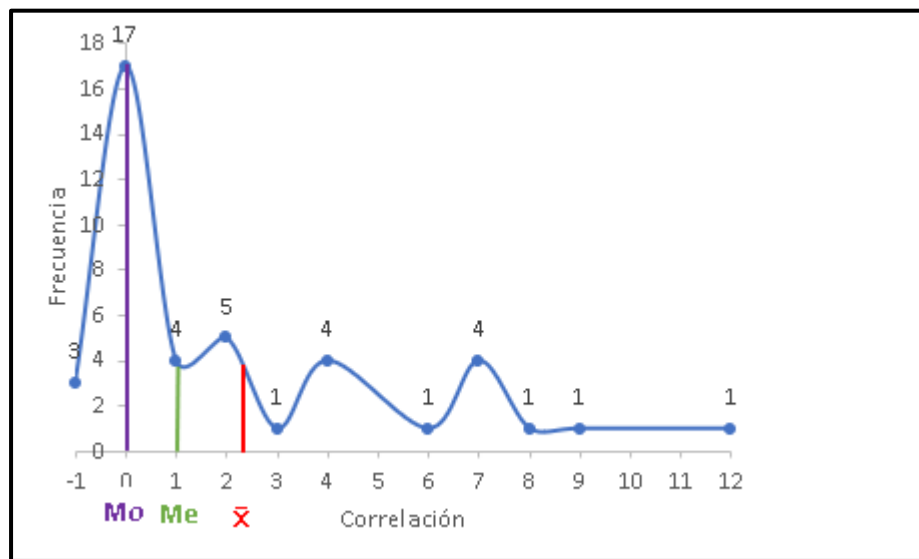
Fuente: Elaboración Propia

**Asimetría de una distribución**

**Figura 65**

*Gráfico de distribución sesgada a la derecha en calzada subida Av.*

*Pedro Beltrán - Ventanilla*



Fuente: Elaboración Propia

### *Coefficiente de Asimetría de Pearson*

Por medio de lo hallado en la tabla 10 y 12 y teniendo en cuenta que la asimetría en base a la moda se halla por medio de la siguiente ecuación, podemos determinar el siguiente resultado:

#### **Ecuación 1**

*Coefficiente de asimetría de Pearson en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*

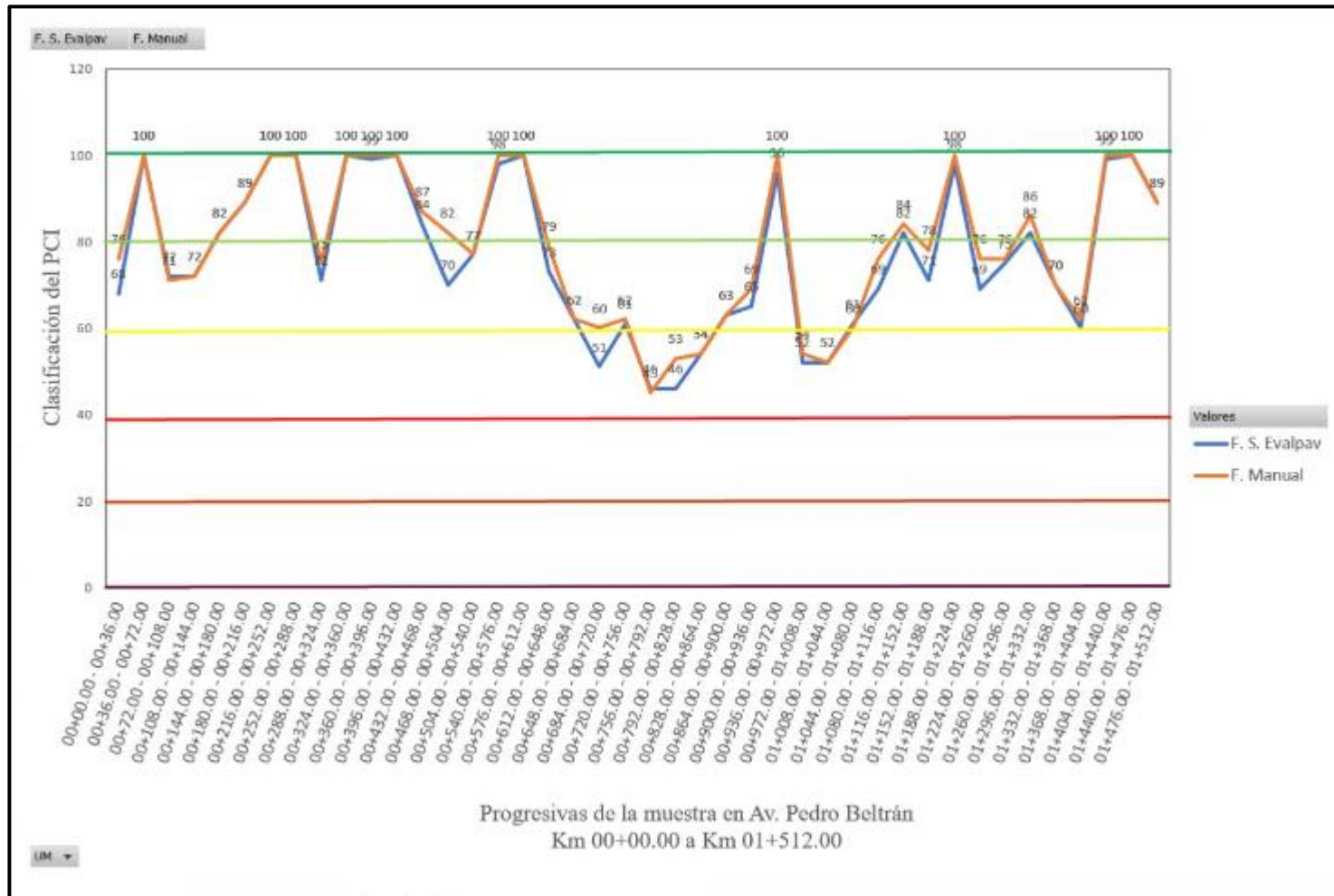
$$A_s(Mo) = \frac{\bar{x} - M_o}{S}$$

$$A_s(Mo) = \frac{2.21 - 0}{3.14}$$

$$A_s(Mo) = \mathbf{0.70}$$

**Figura 66**

*Gráfica general de la correlación entre ambas formas en calzada subida Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*



Fuente: Elaboración Propia



### ***3.4.2. Interpretación de los Resultados en la Calzada de Subida en Av. Pedro Beltrán***

#### ***Distribución de frecuencia de datos***

Mediante la tabla 9 y la figura 64, se puede determinar que el valor “0” tiene una frecuencia de 17 que viene a ser del 40.48% del total de la muestra, este dato nos indica que no hubo variación en la correlación entre la forma manual y la forma con el software Evalpav en las muestras indicadas.

Por otro lado el mayor valor que se registra en la correlación es de “12”, según el procedimiento entre la forma manual y la forma con el software Evalpav, el valor deducido de la falla 15 en la primera es de “18” mientras en la segunda es de “30”, esto significa que en la programación del software Evalpav hay un grado de error en cuanto a la curva de valor deducido, a modo complementario fuera del alcance de la tesis, se puede mencionar que esto podría incurrir en un estudio real entre la toma de decisión entre hacer un simple recapeo en la vía o hacer una reposición de pavimento total a futuro lo que conlleva a generar mayores metrados y presupuesto.

#### ***Medidas de tendencia central***

En la tabla 10 obtuvimos los datos de las medidas de tendencia central, los cuales fueron:

Media: 2.21; indica el promedio de todos los datos de la tabla

Mediana: 1; indica el número intermedio entre los datos agrupados

Moda: 0; indica el valor que más se repite de nuestra tabla de frecuencia

#### ***Medidas de dispersión***

En la tabla 11 realizamos el cálculo de la varianza para obtener la desviación estándar.

En la tabla 12, obtuvimos los datos de medidas de dispersión, los cuales fueron:

Varianza: 9.88

Desviación estándar: 3.14; dato necesario para poder obtener el coeficiente de asimetría de Pearson.

### *Asimetría de una distribución*

En la figura 65, se indica que el valor de la media es mayor que la mediana y ésta a su vez mayor a la moda, por lo que se determina que la distribución es asimétrica a la derecha.

### *Coefficiente de asimetría de Pearson*

El valor dado es de 0.70 por lo que es una asimetría positiva.

### *Gráfica general de la correlación entre ambas formas*

Por medio de la figura 66 podemos determinar que la variación del PCI entre la forma manual y la forma con el software Evalpav es mínima, aunque siguen el mismo procedimiento, lo único que varía es el cálculo que se desarrolla en la forma manual y ésta difiere con lo hallado con el software Evalpav debido a la desactualización del mismo software.

Para una mayor eficiencia; en cuanto se analicen un gran número de vías, el uso del software Evalpav es la mejor opción, sin embargo, se tiene que tener presente que el software Evalpav requiere una actualización.

Podemos indicar que existe un margen de error que es el 2.97% de las 42 muestras de calzada subida.

### 3.4.3. Resultados para la Calzada de Bajada en Av. Pedro Beltrán

Se realizaron los pasos indicados en el “procedimiento de tratamiento y análisis de datos” para luego obtener los siguientes resultados:

**Tabla 13**

*Datos de valores de entrada en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*

N° MUESTRA	PROGRESIVA	CALZADA	PCI manual	PCI Evalpav	Correlación
1	00+00.00 - 00+36.00	Bajada	100	100	0
2	00+36.00 - 00+72.00	Bajada	100	100	0
3	00+72.00 - 00+108.00	Bajada	72	72	0
4	00+108.00 - 00+144.00	Bajada	72	72	0
5	00+144.00 - 00+180.00	Bajada	100	100	0
6	00+180.00 - 00+216.00	Bajada	100	100	0
7	00+216.00 - 00+252.00	Bajada	100	100	0
8	00+252.00 - 00+288.00	Bajada	100	100	0
9	00+288.00 - 00+324.00	Bajada	78	71	7
10	00+324.00 - 00+360.00	Bajada	100	100	0
11	00+360.00 - 00+396.00	Bajada	74	75	-1
12	00+396.00 - 00+432.00	Bajada	100	100	0
13	00+432.00 - 00+468.00	Bajada	86	80	6
14	00+468.00 - 00+504.00	Bajada	37	36	1
15	00+504.00 - 00+540.00	Bajada	100	100	0
16	00+540.00 - 00+576.00	Bajada	100	100	0
17	00+576.00 - 00+612.00	Bajada	75	71	4
18	00+612.00 - 00+648.00	Bajada	64	63	1
19	00+648.00 - 00+684.00	Bajada	90	90	0
20	00+684.00 - 00+720.00	Bajada	100	100	0
21	00+720.00 - 00+756.00	Bajada	100	100	0
22	00+756.00 - 00+792.00	Bajada	100	100	0
23	00+792.00 - 00+828.00	Bajada	63	62	1
24	00+828.00 - 00+864.00	Bajada	100	100	0

<b>N° MUESTRA</b>	<b>PROGRESIVA</b>	<b>CALZADA</b>	<b>PCI manual</b>	<b>PCI Evalpav</b>	<b>Correlación</b>
25	00+864.00 - 00+900.00	Bajada	63	62	1
26	00+900.00 - 00+936.00	Bajada	100	100	0
27	00+936.00 - 00+972.00	Bajada	100	100	0
28	00+972.00 - 01+008.00	Bajada	100	100	0
29	01+008.00 - 01+044.00	Bajada	78	71	7
30	01+044.00 - 01+080.00	Bajada	82	83	-1
31	01+080.00 - 01+116.00	Bajada	100	100	0
32	01+116.00 - 01+152.00	Bajada	28	27	1
33	01+152.00 - 01+188.00	Bajada	86	86	0
34	01+188.00 - 01+224.00	Bajada	92	92	0
35	01+224.00 - 01+260.00	Bajada	91	90	1
36	01+260.00 - 01+296.00	Bajada	90	89	1
37	01+296.00 - 01+332.00	Bajada	77	71	6
38	01+332.00 - 01+368.00	Bajada	76	73	3
39	01+368.00 - 01+404.00	Bajada	100	100	0
40	01+404.00 - 01+440.00	Bajada	68	65	3
41	01+440.00 - 01+476.00	Bajada	100	100	0
42	01+476.00 - 01+512.00	Bajada	52	51	1

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 13, presentamos la información de las 42 muestras de la calzada de bajada de la Av. Pedro Beltrán, donde podemos indicar lo siguiente: “N° muestra” es una variable cuantitativa continua, “progresiva” es una variable cuantitativa continua, “calzada” es una variable cualitativa nominal, “PCI manual” es una variable cuantitativa discreta, “PCI Evalpav” es una variable cuantitativa discreta y “correlación” es una variable cuantitativa discreta. Asimismo, en la figura 67 podemos observar el grado de variabilidad que existe en la correlación hallada.

**Figura 67**

*Variación de la correlación de los datos de la muestra en calzada bajada en Av.*

*Pedro Beltrán - Ventanilla*



Fuente: Elaboración propia

### ***Distribución de frecuencia de datos***

En la siguiente tabla 14, se va a analizar la frecuencia en la que se repite el valor de la correlación entre la forma manual y la forma con el software Evalpav incluyendo su respectivo porcentaje, podemos deducir de la tabla que “correlación” es una variable cuantitativa discreta, “frecuencia” es una variable cuantitativa discreta y “porcentaje” es una variable cuantitativa continua, asimismo en la figura 68 ordena la información mediante un histograma para realizar un análisis más específico y obtener los resultados para su respectiva interpretación.

**Tabla 14**

*Tabla de distribución de frecuencia y porcentaje de la correlación calzada bajada Av. Pedro*

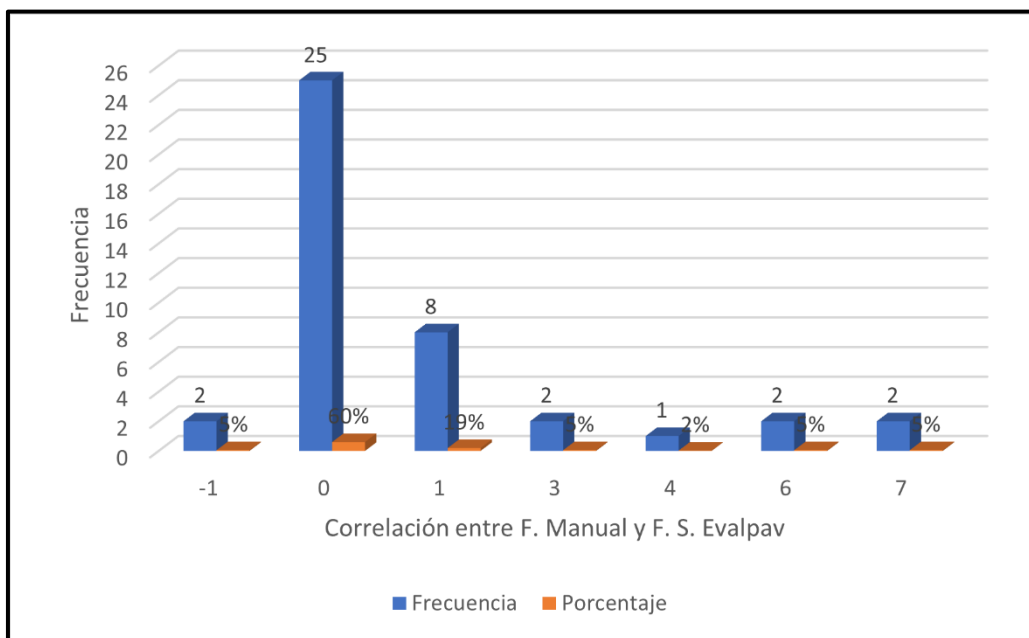
*Beltrán - Ventanilla*

Correlación	Frecuencia	Porcentaje
-1	2	5.00%
0	25	60.00%
1	8	19.00%
3	2	5.00%
4	1	2.00%
6	2	5.00%
7	2	5.00%
Total	42	100.00%

*Nota:* La tabla de frecuencia se realizó con esos datos para obtener un histograma. Fuente: Elaboración Propia

**Figura 68**

*Correlación entre la F. Manual y la F. S. Evalpav en calzada bajada*



Fuente: Elaboración Propia

*Medidas de tendencia central*

**Tabla 15**

*Valores de las medidas de tendencia central en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*

<b>Medidas de tendencia central</b>	<b>Valores</b>
Media	1
Mediana	0
Moda	0

Fuente: Elaboración Propia

*Medidas de dispersión*

**Tabla 16**

*Cálculo de la varianza en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*

<b>Correlación</b>	<b><math>(x_i - \bar{X})^2</math></b>
0	1
0	1
0	1
0	1
0	1
0	1
0	1
0	1
0	1
7	36
0	1
-1	4
0	1
6	25

Correlación	$(x_i - \bar{X})^2$
1	0
0	1
0	1
4	9
1	0
0	1
0	1
0	1
0	1
1	0
0	1
1	0
0	1
0	1
0	1
7	36
-1	4
0	1
1	0
0	1
0	1
1	0
1	0
6	25
3	4
0	1
3	4
0	1
1	0

Fuente: Elaboración Propia



**Tabla 17**

*Valores de las medidas de dispersión en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*

<b>Medidas de Dispersión</b>	<b>Valores</b>
Varianza	4.10
Desviación estándar	2.02

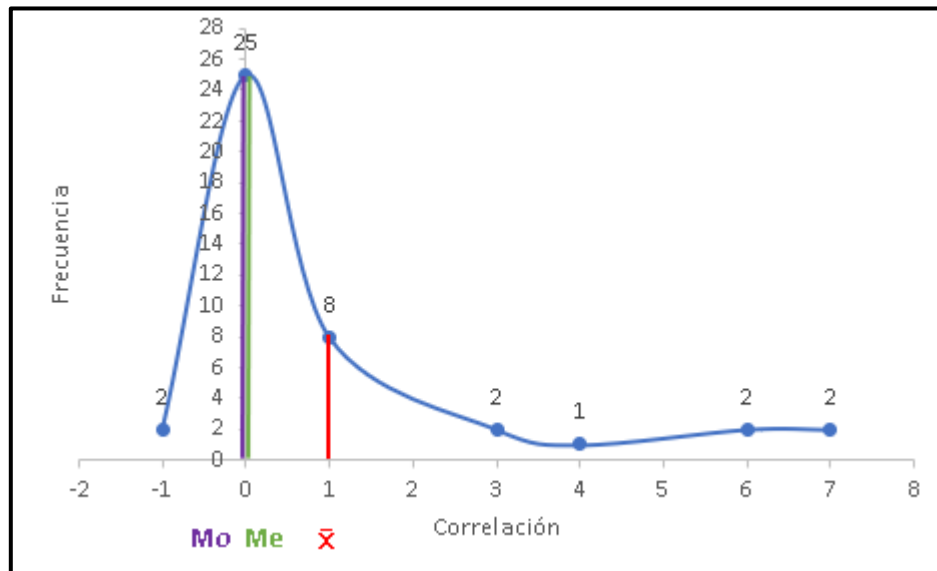
Fuente: Elaboración Propia

**Asimetría de una distribución**

**Figura 69**

*Gráfico de distribución sesgada a la derecha en calzada bajada Av.*

*Pedro Beltrán - Ventanilla*



Fuente: Elaboración Propia

### *Coefficiente de Asimetría de Pearson*

Por medio de lo hallado en la tabla 15 y 17 y teniendo en cuenta que la asimetría en base a la moda se halla por medio de la siguiente ecuación, podemos determinar el siguiente resultado:

#### **Ecuación 2**

*Coefficiente de asimetría de Pearson en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*

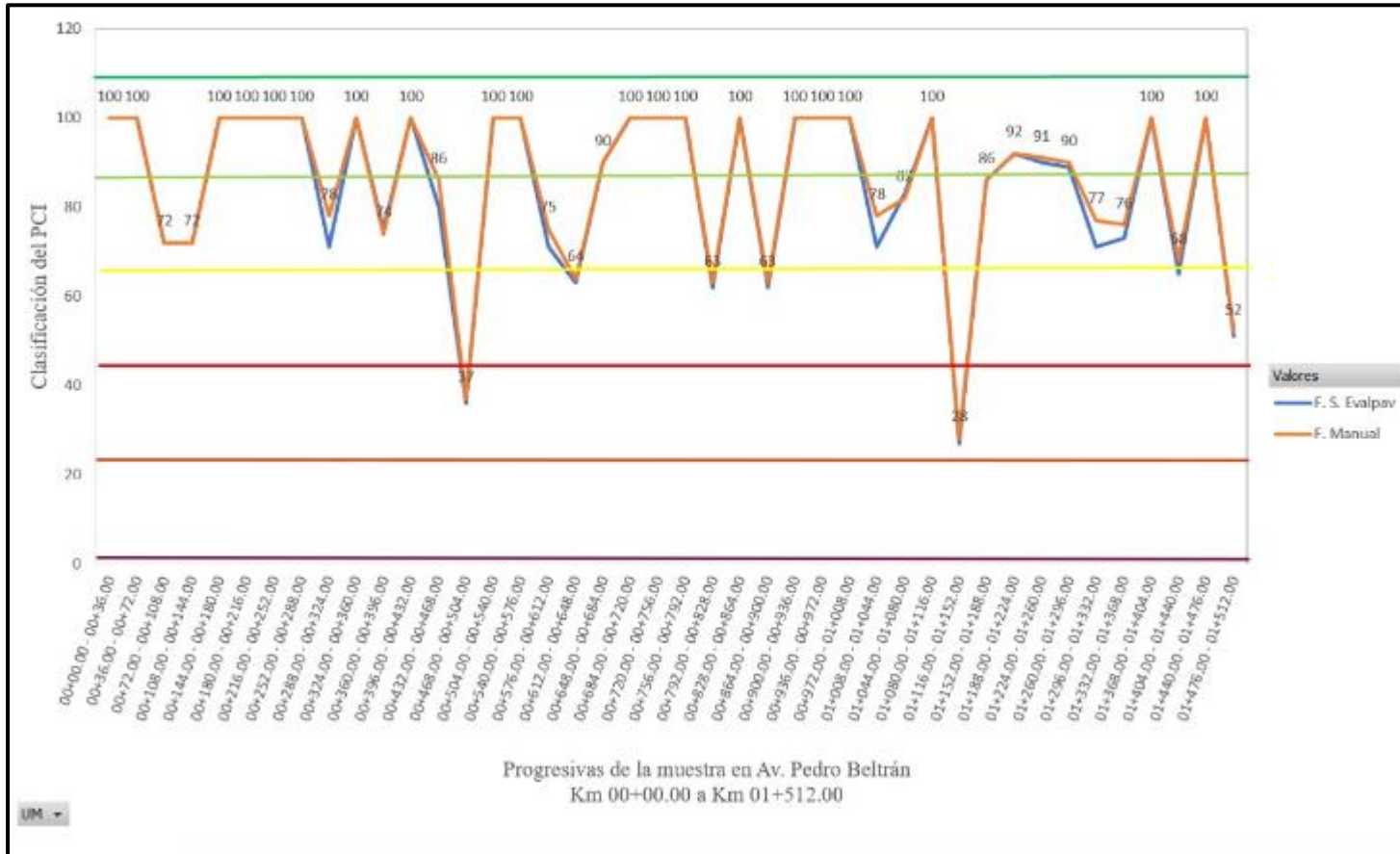
$$A_s(Mo) = \frac{\bar{x} - M_o}{S}$$

$$A_s(Mo) = \frac{1 - 0}{2.02}$$

$$A_s(Mo) = \mathbf{0.50}$$

**Figura 70**

*Gráfica general de la correlación entre ambas formas en calzada bajada Av. Pedro Beltrán - Ventanilla*



Fuente: Elaboración Propia

### ***3.4.4. Interpretación de los Resultados en la Calzada de Bajada en Av. Pedro Beltrán***

#### ***Distribución de frecuencia de datos***

Mediante la tabla 14 y la figura 68, se puede determinar que el valor “0” tiene una frecuencia de 25 que viene a ser del 60% del total de la muestra, este dato nos indica que no hubo variación en la correlación entre la forma manual y la forma con el software Evalpav en las muestras indicadas.

Por otro lado el mayor valor que se registra en la correlación es de “7”, según el procedimiento entre la forma manual y la forma con el software Evalpav, el valor deducido de la falla 15 en la primera es de “22” mientras en la segunda es de “29”, esto significa que en la programación del software Evalpav hay un grado de error en cuanto a la curva de valor deducido, a modo complementario fuera del alcance de la tesis, se puede mencionar que esto podría incurrir en un estudio real entre la toma de decisión entre hacer un simple recapeo en la vía o hacer una reposición de pavimento total a futuro lo que conlleva a generar mayores metros y presupuesto.

#### ***Medidas de tendencia central***

En la tabla 15 obtuvimos los datos de las medidas de tendencia central, los cuales fueron:

Media: 1; indica el promedio de todos los datos de la tabla

Mediana:0; indica el número intermedio entre los datos agrupados

Moda:0; indica el valor que más se repite de nuestra tabla de frecuencia

#### ***Medidas de dispersión***

En la tabla 16 realizamos el cálculo de la varianza para obtener la desviación estándar.

En la tabla 17, obtuvimos los datos de medidas de dispersión, los cuales fueron:

Varianza: 4.10

Desviación estándar: 2.02; dato necesario para poder obtener el coeficiente de asimetría de Pearson.

### ***Asimetría de una distribución***

En la figura 69 al ser el valor de la media mayor que la mediana y ésta igual a la moda, se determina que la distribución es asimétrica a la derecha.

### ***Coefficiente de asimetría de Pearson***

El valor dado es de 0.50 por lo que es una asimetría positiva.

### ***Gráfica general de la correlación entre ambas formas***

Por medio de la figura 70 podemos determinar que la variación del PCI entre la forma manual y la forma con el software Evalpav es mínima aunque siguen el mismo procedimiento, lo único que varía es el cálculo que se desarrolla en la forma manual y ésta difiere con lo hallado con el software Evalpav debido a la desactualización del mismo software.

Para una mayor eficiencia en cuanto se analicen un gran número de vías, el uso del software Evalpav es la mejor opción, sin embargo, se tiene que tener presente que el software Evalpav requiere una actualización.

Podemos indicar que existe un margen de error que es el 1.40% de las 42 muestras.

### 3.5. Prueba de Hipótesis General

De acuerdo con la hipótesis planteada en esta investigación “La correlación del PCI de forma manual y con el software EVALPAV en la Av. Pedro Beltrán distrito de Ventanilla – Callao, en el año 2022 es positiva”

Se determinó que si existe correlación del PCI entre la forma manual y el software Evalpav y que confirma según lo dicho en esta investigación que la correlación es “positiva”.

### 3.6. Respuesta a las Preguntas de Investigación

✓ Problema general

¿Cuál es la correlación del PCI utilizando el software EVALPAV y el método del PCI de forma manual en la Av. Pedro Beltrán – distrito de Ventanilla - Callao, en el año 2022?

Se determinó que si existe correlación del PCI de forma manual con el software Evalpav, por medio de la estadística descriptiva pudimos obtener un histograma donde se demuestra la correlación de las variables determinando que es asimétrica a la derecha positiva.

✓ Problemas específicos

¿Cómo se hallan los resultados del PCI en el software EVALPAV?

Para hallar los resultados se siguieron los pasos indicados en el apartado 2.7.2. Tratamiento de datos con el software Evalpav.

¿Cómo se hallan los resultados del PCI en forma manual?

Para hallar los resultados se siguieron los pasos indicados en el apartado 2.7.1. Tratamiento de datos mediante la forma manual.

¿Cómo se determina la correlación entre los resultados del PCI en el software EVALPAV y en forma manual?

Se determinó siguiendo los pasos del apartado 2.7.3. Tratamiento de datos mediante el uso de la estadística descriptiva.

### **3.7. Respuesta a los Objetivos de Investigación**

✓ Objetivo general

Este trabajo de investigación cumplió con el objetivo general que fue determinar la correlación del PCI utilizando el software EVALPAV y el método del PCI de forma manual en la Av. Pedro Beltrán – Ventanilla Callao, en el año 2022.

✓ Objetivos específicos

Se cumplió con el primer objetivo específico que fue hallar los resultados del PCI en el software EVALPAV.

Se cumplió con el segundo objetivo específico que fue hallar los resultados del PCI en forma manual.

Se cumplió con el tercer objetivo específico que fue determinar la correlación entre los resultados del PCI en el software EVALPAV y los resultados del PCI de forma manual.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

#### 4.1.1. Limitaciones

- ✓ Hemos presentado dificultad debido a que no se dedicó un mayor tiempo en la realización de la tesis debido a que hemos estado laborando.
- ✓ Contamos con un plazo limitado para realizar esta tesis de máximo 8 meses.
- ✓ Contamos con un fondo económico limitado por lo que no se ha podido extender mucho la investigación en cuanto a la utilización de equipos y ensayos sofisticados.
- ✓ En la investigación no usamos el odómetro debido a nuestro fondo económico limitado por lo que recurrimos al uso de la cinta métrica de 50 m en su lugar.
- ✓ Escasa información encontrada de estudios similares referente a la correlación.
- ✓ Debido a que una parte de la zona a estudiar había tráfico se tuvo que recurrir al uso de una camioneta 4x4 para así evitar accidentes.
- ✓ La investigación se limita a obtener el resultado del PCI en los sectores de subida y bajada de la Av. Pedro Beltrán en Ventanilla Callao bajo la forma manual y con el software Evalpav y la correlación entre sus variables independientes sin considerar la intervención al pavimento que se realiza al obtener el PCI.
- ✓ Se tomaron sólo 42 muestras de la vía Av. Pedro Beltrán (subida y bajada) debido a la peligrosidad vista de la zona.

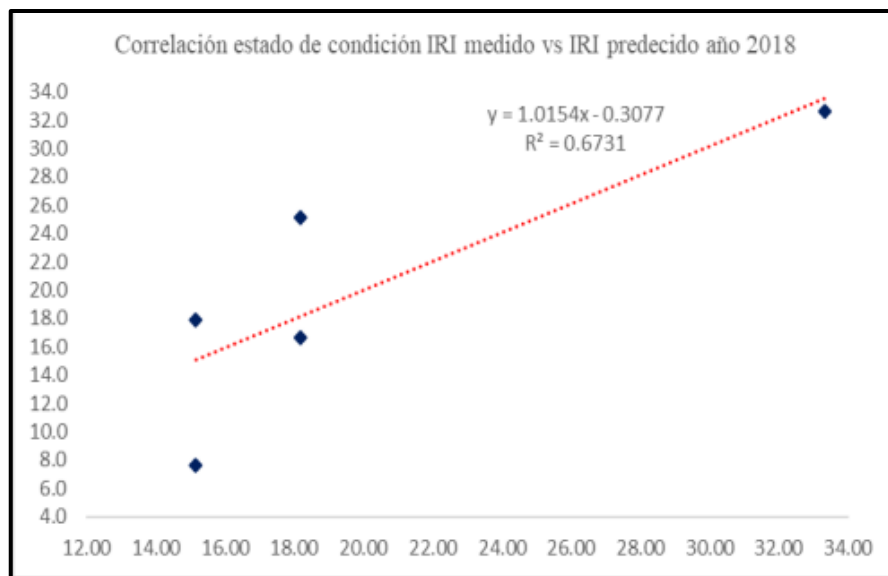


#### 4.1.2. Interpretación Comparativa

En la tesis presentada por Ríos De la Cruz (2019) titulada “Modelos de deterioro del pavimento y su correlación con las evaluaciones funcionales de los años 2010-2016, en la carretera Inambari – Azángaro” y teniendo como hipótesis general el desarrollo de modelos de deterioro estocástico-probabilístico y empírico, en función a mediciones del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de los años 2010 al 2016 en la carretera Inambari – Azángaro, presentan buena correlación para predecir el deterioro funcional del pavimento flexible por lo que se obtuvieron los siguientes resultados:

**Figura 71**

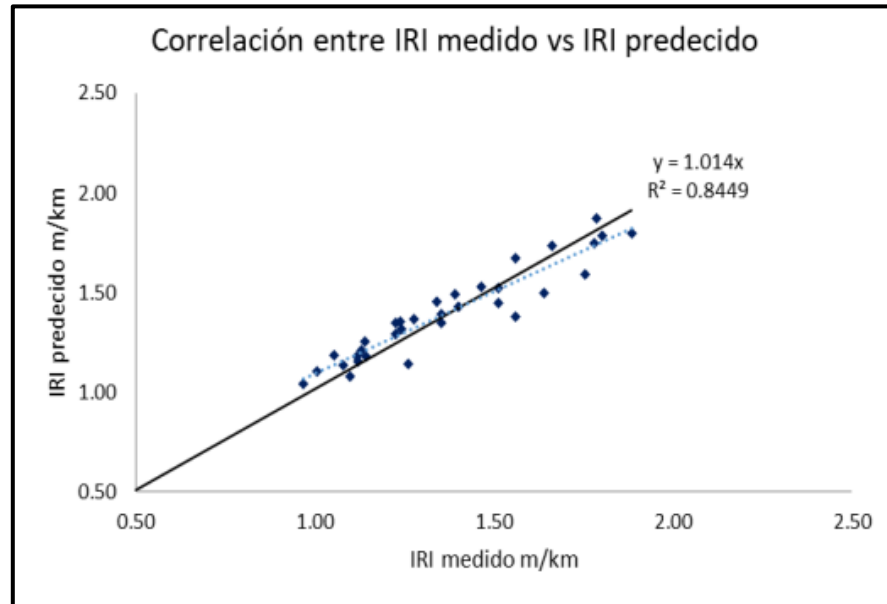
*Correlación del IRI medido vs IRI pronosticado por el modelo estocástico probabilístico*



Fuente: Ríos De la Cruz (2019)

**Figura 72**

*Correlación del IRI medido vs IRI pronosticado por el modelo empírico*



Fuente: Ríos De la Cruz (2019)

Los valores del IRI pronosticados para el año 2018 por los modelos de deterioro estocástico probabilístico y empírico, desarrollados en función a las mediciones de los años 2010, 2012, 2015 y 2016, son comparados con los valores de las mediciones de campo realizado en el año 2018.

Según la figura 71, el modelo estocástico probabilístico tiene una ecuación  $y=1.0154x-0.3077$  con una correlación de 0.6731, considerado así como positivo moderado, asimismo presenta un buen resultado y permite validar los pronósticos de deterioro obtenidos para un periodo de análisis de 20 años.

Según la figura 72, el modelo empírico tiene una ecuación  $y=1.014x$  con una correlación de 0.8449, considerado así como positivo fuerte, asimismo presenta un buen estado para los 17

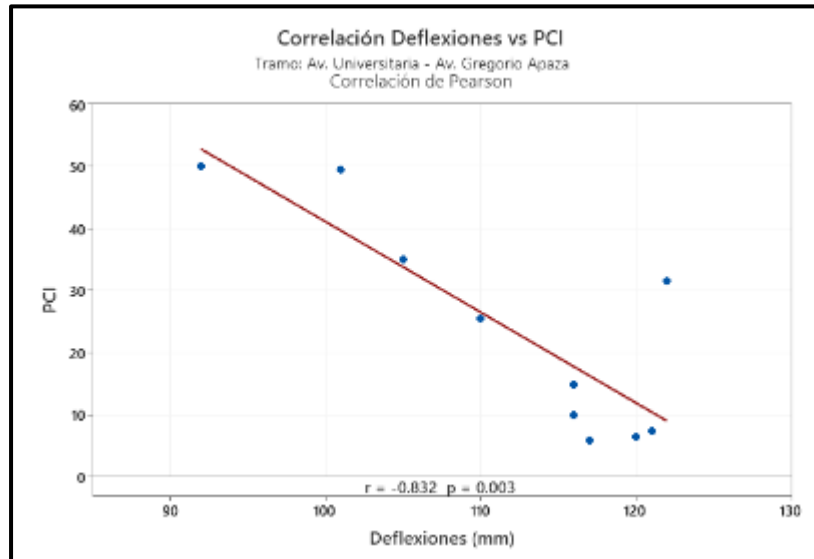
años pronosticados. Estos resultados confirman y aprueban la hipótesis general y las hipótesis específicas.

Los resultados obtenidos en nuestra investigación presentan similitudes con lo del autor citado, debido a que el autor señala que en ambos modelos existe correlación, en el caso del modelo estocástico probabilístico, su correlación es positivo moderado y por otro lado en el modelo empírico su correlación es positivo fuerte, en cambio en nuestra investigación existe correlación entre ambas formas y el resultado es positivo.

En la tesis presentada por Fernández (2021) titulada “Correlación del estado de conservación funcional y estructural del pavimento flexible de la Av. Metropolitana, tramo (ida y vuelta): Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza, en el distrito de Comas, ciudad de Lima, en el año 2019” y teniendo como hipótesis general que existe una correlación entre el estado de conservación funcional (PCI) frente al estado de conservación estructural (deflexiones), mientras que, no existe una correlación entre el estado de conservación funcional (IRI) frente al estado de conservación estructural (deflexiones) en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza en el distrito de Comas, Ciudad de Lima en el año 2019, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Figura 73**

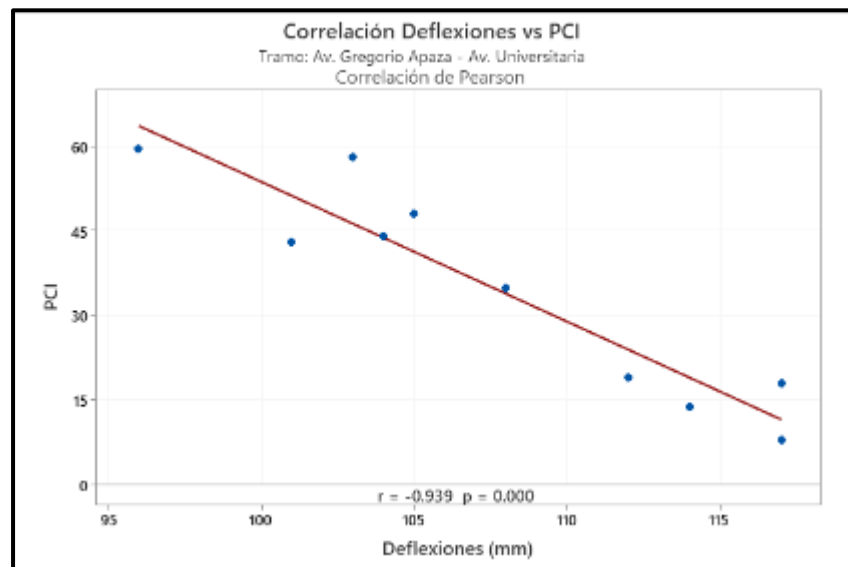
*Determinación de la correlación Deflexiones vs PCI Tramo Ida*



*Nota.* Parámetros en muestras cada 100 metros para determinar una posible correlación, por Fernández (2021)

**Figura 74**

*Determinación de la Correlación Deflexiones vs PCI Tramo Vuelta*



*Nota:* Parámetros en muestras cada 100 metros para determinar una posible correlación, por Fernández (2021)

Según la Figura 73, el autor obtuvo un coeficiente “R” de Pearson de  $-0.832$ , quiere decir que existe correlación y esta sería una correlación negativa considerable además debido a la dirección de la recta y puntos dispersos sería una correlación inversamente proporcional.

Según la Figura 74, el autor obtuvo un coeficiente “R” de Pearson de  $-0.939$ , quiere decir que existe correlación y esta sería una correlación negativa muy fuerte, es decir mientras la variable X (Deflexiones) aumente, la variable Y (PCI) disminuye y viceversa, por lo que también se afirma que es inversamente proporcional.

Los resultados obtenidos en nuestra investigación presentan coincidencias con lo del autor citado, sólo con los parámetros establecidos en su hipótesis general (Deflexiones vs PCI), ésta indica que si existe correlación pero a diferencia del autor la correlación obtenida en nuestro trabajo es positiva y directamente proporcional, mientras que el del autor es negativa e inversamente proporcional. Por otro lado, la correlación utilizada por el autor es inferencial mientras que el de nuestro trabajo de investigación es descriptiva.

#### ***4.1.3. Implicancias***

Este trabajo de investigación permitirá conocer la correlación que existe al hallar el PCI de forma manual como a través del software Evalpav en la Av. Pedro Beltrán – Ventanilla-Callao (calzada de subida y bajada). En lo práctico, esta investigación contribuirá a ampliar el conocimiento académico, debido a que la información bibliográfica encontrada ha sido escasa acerca del software Evalpav, con ello se logrará tener un precedente académico. Esta investigación buscará proporcionar información que será útil a los creadores del software Evalpav, así como detectar las observaciones que permitan conocer para la mejora en la actualización del programa.

## CONCLUSIONES

En base a la investigación estudiada en esta tesis en donde se nos solicita determinar la correlación del PCI utilizando el software EVALPAV y el método del PCI de forma manual en la Av. Pedro Beltrán – distrito de Ventanilla Callao, en el año 2022, se concluye lo siguiente:

- ✓ De las 20 fallas indicadas en la norma ASTM D6433-18, en nuestra muestra de la Av. Pedro Beltrán-Ventanilla Callao (calzada subida y bajada) se encontraron: piel de cocodrilo, abultamiento y hundimiento, corrugación, desnivel carril/berma, grietas longitudinales y transversales, parcheo, huecos, ahuellamiento, grieta parabólica, hinchamiento y desprendimiento de agregados.
- ✓ Según la clasificación del PCI para la calzada de subida y de forma manual se tuvo lo siguiente: 16 muestras obtuvieron la clasificación de “Excelente”, 13 muestras obtuvieron la clasificación de “Muy Bueno”, 8 muestras obtuvieron la clasificación de “Bueno” y 5 muestras obtuvieron la clasificación de “Regular”.
- ✓ Según la clasificación del PCI para la calzada de bajada y de forma manual se tuvo lo siguiente: 26 muestras obtuvieron la clasificación de “Excelente”, 9 muestras obtuvieron la clasificación de “Muy Bueno”, 4 muestras obtuvieron la clasificación de “Bueno”, 1 muestra obtuvo la clasificación de “Regular” y 2 muestras obtuvieron la clasificación de “Pobre”.
- ✓ Según la clasificación del PCI para la calzada de subida y con el software Evalpav se tuvo lo siguiente: 14 muestras obtuvieron la clasificación de “Excelente”, 11 muestras obtuvieron la clasificación de “Muy Bueno”, 11 muestras obtuvieron la clasificación de “Bueno” y 6 muestras obtuvieron la clasificación de “Regular”.

- ✓ Según la clasificación del PCI para la calzada de bajada y con el software Evalpav se tuvo lo siguiente: 25 muestras obtuvieron la clasificación de “Excelente”, 10 muestras obtuvieron la clasificación de “Muy Bueno”, 4 muestras obtuvieron la clasificación de “Bueno”, 1 muestra obtuvo la clasificación de “Regular” y 2 muestras obtuvieron la clasificación de “Pobre”.
- ✓ El PCI promedio hallado para la calzada de subida de la Av. Pedro Beltrán-Ventanilla Callao desarrollado de la forma manual fue de 79 clasificado esto como “Muy bueno” y para la calzada de bajada fue de 86 clasificado esto como “Excelente”.
- ✓ El PCI promedio hallado para la calzada de subida de la Av. Pedro Beltrán-Ventanilla Callao desarrollado con el software Evalpav fue de 77 clasificado esto como “Muy bueno” y para la calzada de bajada fue de 85 clasificado esto como “Muy bueno”.
- ✓ Para la calzada de subida en la Av. Pedro Beltrán-Ventanilla Callao tuvimos como resultado las medidas de tendencia central siguientes: la moda 0, la media 2.21 y la mediana 1.
- ✓ Para la calzada de bajada en la Av. Pedro Beltrán-Ventanilla Callao tuvimos como resultado las medidas de tendencia central siguientes: la moda 0, la media 1 y la mediana 0.
- ✓ Se puede concluir que hay ciertas observaciones que hemos podido comprobar al hallar el PCI en forma manual y con el software Evalpav, para ello en ambas se requieren la visualización y auscultación en campo del pavimento. Para desarrollar la forma manual se requiere el uso de mayor tiempo en el ingreso de los datos a la hoja de registro y en su posterior cálculo para hallar el PCI de cada muestra; en cambio, en el software Evalpav se ingresa los datos de campo a un Excel para luego importarlo y nos indique los

resultados; sin embargo, estos datos ingresados tienen una particularidad ya que deben estar adecuadamente ingresados sino puede ocurrir que el software no lo detecte y no se obtengan los datos. En la forma manual se utiliza la norma D6433-18 en la cual se registran 20 fallas, en cambio en el software Evalpav se utiliza la norma D6433-03 y se registran 19 fallas (en esta investigación la 20va falla no existe).

- ✓ Se puede concluir con respecto a la correlación en la calzada de subida que:

En la distribución de frecuencia de datos el valor “0” tiene una frecuencia de 17 que viene a ser del 40.48% del total de la muestra, con ello se determina que no hay variación en esas muestras. Además el mayor valor que se registra en la correlación es de “12” esto significa que en la programación del software Evalpav hay un grado de error en cuanto a la curva de valor deducido, a modo complementario fuera del alcance de la tesis, se puede mencionar que esto podría incurrir en un estudio real entre la toma de decisión entre hacer un simple recapeo en la vía o hacer una reposición de pavimento total a futuro lo que conlleva a generar mayores metrados y presupuesto.

En medidas de tendencia central: la media es de 2.21, la mediana es de 1 y la moda es 0

En medidas de dispersión: la varianza es de 4.10 y la desviación estándar es de 2.02

En asimetría de una distribución que es asimétrica a la derecha.

En coeficiente de asimetría de Pearson es de 0.70 o sea es asimétrica positiva.

Existe un margen de error que es el 2.97% de las 42 muestras de calzada subida.



- ✓ Se puede concluir con respecto a la correlación en la calzada de bajada que:

En la distribución de frecuencia de datos el valor “0” tiene una frecuencia de 25 que viene a ser del 60% del total de la muestra, con ello se determina que no hay variación en esas muestras. Además el mayor valor que se registra en la correlación es de “7” esto significa que en la programación del software Evalpav hay un grado de error en cuanto a la curva de valor deducido, a modo complementario fuera del alcance de la tesis, se puede mencionar que esto podría incurrir en un estudio real entre la toma de decisión entre hacer un simple recapeo en la vía o hacer una reposición de pavimento total a futuro lo que conlleva a generar mayores metrados y presupuesto.

En medidas de tendencia central: la media es de 1, la mediana es 0 y la moda es 0.

En medidas de dispersión: la varianza es de 9.88 y la desviación estándar es de 3.14.

En asimetría de una distribución que es asimétrica a la derecha.

En coeficiente de asimetría de Pearson es de 0.50 o sea es asimétrica positiva.

Existe un margen de error que es el 1.40% de las 42 muestras de calzada subida.

- ✓ En esta investigación se ha demostrado la hipótesis general planteada al inicio donde nos indica que “La correlación del PCI de forma manual y con el software EVALPAV en la Av. Pedro Beltrán distrito de Ventanilla – Callao, en el año 2022 es positiva” por lo que podemos afirmar que si existe correlación del PCI entre la forma manual y el software Evalpav y que confirma según lo dicho en esta investigación que la correlación es “positiva”, por lo que se aprueba la hipótesis planteada.

- ✓ En esta investigación se logró cumplir con el objetivo general que fue determinar la correlación del PCI utilizando el software EVALPAV y el método del PCI de forma manual en la Av. Pedro Beltrán – Ventanilla Callao, en el año 2022.
- ✓ En esta investigación se logró cumplir con el objetivo específico N° 1 que fue hallar los resultados del PCI en el software EVALPAV.
- ✓ En esta investigación se logró cumplir con el objetivo específico N° 2 que fue hallar los resultados del PCI en forma manual.
- ✓ En esta investigación se logró cumplir con el objetivo específico N° 3 que fue determinar la correlación entre los resultados del PCI en el software EVALPAV y los resultados del PCI de forma manual.
- ✓ Para determinar la correlación entre variables es necesario una distribución de datos al inicio para poder obtener una correlación lo más real posible.

## RECOMENDACIONES

- ✓ La metodología del PCI es muy amplia por lo que recomendamos profundizar el análisis de dicha metodología.
- ✓ Para la realización de las mediciones en campo, recomendamos utilizar como instrumento el odómetro manual debido a su practicidad en comparación con la cinta métrica.
- ✓ Con respecto al software Evalpav, recomendamos que se realice una actualización completa incluyendo en la programación a la norma más actual la D6433-20.
- ✓ Recomendamos para los futuros estudios de medición del PCI de la Av. Pedro Beltrán tener en consideración la fecha en la que se tomaron los datos en campo de esta investigación, debido a que al paso del tiempo el estado de conservación del pavimento cambia y pueden surgir otras fallas.
- ✓ Para la Av. Pedro Beltrán, recomendamos tener acciones de rehabilitación, prevención y mantenimiento en ambas calzadas, para ello, la entidad pública encargada responsable es la Municipalidad Distrital de Ventanilla que será la que priorizará dentro de sus proyectos en la programación de obras o plan de desarrollo urbano y tendrá que establecer las acciones correctivas que este trabajo recomienda.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaya Camargo, A. F., & Rojas Guavita, E. E. (2017). *Análisis comparativo entre metodologías VIZIR y PCI para la auscultación visual de pavimentos flexibles en la ciudad de Bogotá* [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/11634/4566>
- Andrade Valle, A. I. (2019). *Mejora de la gestión del mantenimiento de pavimentos urbanos en la ciudad de Valencia a través de la predicción de su deterioro* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10251/115994>
- Ascaño, I. G. (s.f.). *Manual de usuario de Evalpav-software para evaluación de pavimentos en carreteras y aeropuertos de superficie asfáltica, y carreteras no pavimentadas*.
- ASTM D6433. (2018). EE.UU.
- Benites, L. (28 de Octubre de 2021). *Statologos*. <https://statologos.com/asimetria-del-modo-de-pearson/>
- Bolaños Tauma, J. (2015). *Identificación, diagnóstico y remediación de las patologías del pavimento flexible del Jr. Amalia Puga y la Av. de los Héroes - ciudad de Cajamarca - Departamento de Cajamarca* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/486>
- Bravo Reyes, M. (2020). *Evaluación superficial de pavimentos asfálticos mediante las metodologías del MTC Perú y PCI* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3895>
- Choque Palacios, J. A. (2019). *Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial de pavimento flexible, Tramo Emp.Pe-3s - Atuncolla, 2017* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9908>
- Choque, E. (7 de Abril de 2021). *Vías PUCP*. [Entrada Blog]: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/viaspucp/2021/04/07/pavimentos-rigidos-y->



- Meng, Y. (2021). *CGTN news*. <https://news.cgtn.com/news/2021-05-01/Amazing-Roads-Get-to-know-China-s-most-exceptional-expressways-ZT8FK9IEsE/index.html>
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras del Perú, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en su sección suelos y pavimentos [Versión PDF]*. [https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Manual\\_Suelos\\_Pavimentos.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Manual_Suelos_Pavimentos.pdf)
- MTC. (s.f.). *Manual de usuario de Evalpav-software para evaluación de pavimentos en carreteras y aeropuertos de superficie asfáltica, y carreteras no pavimentadas*. Lima.
- Pachay Parrales, I. S. (2017). *Evaluación de la condición del pavimento flexible vía de acceso a la parroquia La Unión (0+000 – 0+966) aplicando el método PCI [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del sur de Manabí]*. Repositorio institucional. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/929>
- Provías Nacional. (10 de Enero de 2021). *Provías Nacional*. <https://www.pvn.gob.pe/noticias/alcazaremos-el-86-de-vias-pavimentadas-en-la-rvn-este-ano/#:~:text=Con%20el%20fin%20de%20continuar,e%20instalaci%C3%B3n%20de%2084%20puentes>
- Ríos De la Cruz, I. (2019). *Modelos de deterioro del pavimento y su correlación con las evaluaciones funcionales de los años 2010-2016, en la carretera Inambari – Azángaro [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma]*. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2557>
- Rivas Quintero, A. F., & Sierra Díaz, C. C. (2016). *Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+000 – PR 01+020 de la vía al llano (dg 78 bis sur – calle 84 sur) en la UPZ Yomasa [Tesis de pregrado, U. Católica de Colombia]*. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10983/13987>
- Rodríguez Velásquez, E. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]*. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/11042/1350>

- Salazar P, C., & Del Castillo G, S. (2018). *Fundamentos básicos de estadística [Versión PDF]*.  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13720/3/Fundamentos%20B%C3%A1sicos%20de%20Estad%C3%ADstica-Libro.pdf>
- The Global Economy. (2019). *The Global Economy.com*.  
[https://es.theglobaleconomy.com/rankings/roads\\_quality/](https://es.theglobaleconomy.com/rankings/roads_quality/)
- Vanegas Miranda, J. D. (2012). *Análisis del Pavement Condition Index (PCI) a partir del inventario de daños realizado por diferentes metodologías en pavimentos asfálticos [Tesis de pregrado, Universidad de Los Andes]*. Repositorio institucional.  
<http://hdl.handle.net/1992/24978>
- Vásquez Varela, L. R. (2002). *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos de concreto en carreteras [versión PDF]*. Manizales.
- Vinuesa, P. (2016). *Tema 8: Correlación: teoría y práctica [Versión PDF]*.  
[https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8\\_correlacion.pdf](https://www.ccg.unam.mx/~vinuesa/R4biosciences/docs/Tema8_correlacion.pdf)