



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**PROPUESTA DE REHABILITACIÓN PARA LA  
CONSERVACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA VÍA  
MO-602 DEL DISTRITO DE MOQUEGUA - 2022**

**PRESENTADA POR**

**BACHILLER YOMARA ESMERALDA ACOSTA VELASQUEZ**

**BACHILLER CARLOS ALBERTO ZAPANA BARRETO**

**ASESOR:**

**MGR. RUTH MERCEDES JINES CABEZAS**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**MOQUEGUA - PERÚ**

**2024**



# Universidad José Carlos Mariátegui

## CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, en calidad de Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, certifica que el trabajo de investigación (\_\_\_) / Tesis (x) / Trabajo de suficiencia profesional (\_\_\_) / Trabajo académico (\_\_\_), titulado “**PROPUESTA DE REHABILITACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA VÍA MO-602 DEL DISTRITO DE MOQUEGUA - 2022**” presentado por el(la) Bachiller **ACOSTA VELASQUEZ, YOMARA ESMERALDA y ZAPANA BARRETO, CARLOS ALBERTO** para obtener el grado académico (\_\_\_) o Título profesional (x) o Título de segunda especialidad (\_\_\_) de: **INGENIERO CIVIL**, y asesorado por el(la) **MGR. RUTH MERCEDES JINES CABEZAS**, designado como asesor con RESOLUCIÓN DE DECANATURA N°1343-2022-DFAIA-UJCM, fue sometido a revisión de similitud textual con el software TURNITIN, conforme a lo dispuesto en la normativa interna aplicable en la UJCM.

En tal sentido, se emite el presente certificado de originalidad, de acuerdo al siguiente detalle:

Programa académico	Aspirante(s)	Tesis	Porcentaje de similitud
Ingeniería Civil	Acosta Velasquez, Yomara Esmeralda  Zapana Barreto, Carlos Alberto	“PROPUESTA DE REHABILITACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA VÍA MO-602 DEL DISTRITO DE MOQUEGUA - 2022”	22 %  (09 de mayo de 2024)

El porcentaje de similitud del Trabajo de investigación es del **22 %**, que está por debajo del límite **PERMITIDO** por la UJCM, por lo que se considera apto para su publicación en el Repositorio Institucional de la UJCM.

Se emite el presente certificado de similitud con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención de grado académico o título profesional o título de segunda especialidad.

Moquegua, 09 de mayo de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Ph.D. EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO  
Jefe de la Unidad de Investigación

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
Página de jurado .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	iii
CONTENIDO .....	iv
CONTENIDO DE TABLAS .....	vii
CONTENIDO DE FIGURAS .....	ix
CONTENIDO DE ECUACIONES .....	xi
CONTENIDO DE APÉNDICES .....	xii
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	xix

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1	Descripción de la realidad del problema.....	1
1.2	Definición del problema .....	3
1.2.1	Problema general .....	3
1.2.2	Problemas específicos .....	3
1.3	Objetivos de la investigación .....	3
1.3.1	Objetivo general.....	3
1.3.2	Objetivos específicos .....	4
1.4	Justificación .....	4
1.5	Alcances y limitaciones .....	5

1.5.1	Alcances .....	5
1.5.2	Limitaciones .....	5
1.6	Variables .....	5
1.6.1	Operacionalización de variables .....	6
1.7	Hipótesis de la investigación .....	7
1.7.1	Hipótesis general.....	7
1.7.2	Hipótesis específicas .....	7

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1	Antecedentes de la investigación .....	8
2.1.1	Antecedentes internacionales .....	8
2.1.2	Antecedentes nacionales .....	9
2.1.3	Antecedentes locales .....	11
2.2	Bases teóricas .....	12
2.2.1	Pavimento .....	12
2.2.2	Evaluación de la carpeta asfáltica mediante el Método PCI.....	16
2.2.3	Fallas consideradas según el Método PCI .....	21
2.2.4	Rehabilitación del pavimento .....	27
2.3	Definición de términos.....	31

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

3.1	Tipo de la investigación .....	33
3.2	Diseño de la investigación .....	33
3.3	Población y muestra .....	34

3.3.1	Población.....	34
3.3.2	Muestra .....	34
3.4	Descripción de instrumentos para recolección de datos .....	38
3.4.1	Formato de Evaluación según el Método PCI .....	38
3.4.2	Plano de la zona de Intervención .....	39
3.4.3	AutoCAD .....	39
3.4.4	S10 .....	39

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1	Presentación de resultados .....	40
4.1.1	Evaluación Superficial de la carpeta asfáltica según el Método PCI.....	40
4.1.2	Soluciones propuestas .....	54
4.1.3	Presupuesto .....	57
4.2	Contrastación de hipótesis .....	57
4.3	Discusión de resultados.....	65

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones .....	70
5.2	Recomendaciones .....	71
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
	APÉNDICES .....	79
	MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	214

## CONTENIDO DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b>	Operacionalización de variables.....6
<b>Tabla 2</b>	Grado de severidad según cada tipo de Falla .....26
<b>Tabla 3</b>	Tipos de rehabilitación según el estado del Pavimento.....29
<b>Tabla 4</b>	Alternativas de rehabilitación según el tipo de falla .....30
<b>Tabla 5</b>	Determinación del número mínimo de unidades de muestra “n” ...36
<b>Tabla 6</b>	Determinación del intervalo de separación “i”.....37
<b>Tabla 7</b>	Distribución de unidades de muestra por calzada .....40
<b>Tabla 8</b>	Incidencia de fallas según el grado de severidad.....51
<b>Tabla 9</b>	Estado de la carpeta asfáltica en la calzada de salida.....52
<b>Tabla 10</b>	Estado de la carpeta asfáltica en la calzada de ingreso .....53
<b>Tabla 11</b>	Soluciones propuestas en la CS – UM-01 a UM-17.....54
<b>Tabla 12</b>	Soluciones propuestas en la CS – UM-18 a UM-34.....55
<b>Tabla 13</b>	Soluciones propuestas en la CI – UM-35 a UM-68 .....56
<b>Tabla 14</b>	Pie de Presupuesto de la Propuesta de Rehabilitación .....57
<b>Tabla 15</b>	Prueba de normalidad para valores según Clasificación PCI.....58
<b>Tabla 16</b>	Frecuencias para la Clasificación PCI – CS .....60
<b>Tabla 17</b>	Estadísticos de prueba para la Clasificación PCI – CS .....60
<b>Tabla 18</b>	Frecuencias para la Clasificación PCI – CI.....61
<b>Tabla 19</b>	Estadísticos de prueba para la Clasificación PCI – CI.....61
<b>Tabla 20</b>	Prueba de normalidad para soluciones propuestas .....62
<b>Tabla 21</b>	Frecuencias para soluciones propuestas .....63
<b>Tabla 22</b>	Estadísticos de prueba para soluciones propuestas .....63



## CONTENIDO DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b>	Sección típica del Pavimento asfáltico .....14
<b>Figura 2</b>	Sección típica del Pavimento rígido .....15
<b>Figura 3</b>	Rango de Clasificación según el Método PCI.....17
<b>Figura 4</b>	Curvas de Valor Deducido Corregido .....20
<b>Figura 5</b>	Ubicación de las muestras a evaluar.....35
<b>Figura 6</b>	Esquema de muestras seleccionadas .....37
<b>Figura 7</b>	Formato de Evaluación según el Método PCI.....38
<b>Figura 8</b>	Incidencia en piel de cocodrilo – CS .....41
<b>Figura 9</b>	Incidencia en fisura en bloque – CS .....42
<b>Figura 10</b>	Incidencia en fisura de borde - CS .....42
<b>Figura 11</b>	Incidencia en fisura longitudinal y transversal - CS.....43
<b>Figura 12</b>	Incidencia en parches - CS .....44
<b>Figura 13</b>	Incidencia en huecos - CS .....44
<b>Figura 14</b>	Incidencia en desprendimiento de agregados - CS.....45
<b>Figura 15</b>	Incidencia en piel de cocodrilo – CI.....46
<b>Figura 16</b>	Incidencia en fisura en bloque – CI.....46
<b>Figura 17</b>	Incidencia en Abultamientos y Hundimientos - CI .....47
<b>Figura 18</b>	Incidencia en depresión - CI.....48
<b>Figura 19</b>	Incidencia en fisura longitudinal y transversal - CI.....48
<b>Figura 20</b>	Incidencia en parches - CI .....49
<b>Figura 21</b>	Incidencia en pulimiento de agregados - CI.....50
<b>Figura 22</b>	Incidencia en huecos – CI.....50



## CONTENIDO DE ECUACIONES

	<b>Pág.</b>
<b>Ecuación 1</b> Número máximo permitido de valores deducidos.....	19
<b>Ecuación 2</b> Valor del Índice de condición del pavimento.....	21
<b>Ecuación 3</b> Número mínimo de muestras a inspeccionar.....	35
<b>Ecuación 4</b> Intervalo de separación de unidades de muestra .....	37

## CONTENIDO DE APÉNDICES

	<b>Pág.</b>
<b>Apéndice A</b> Curvas de Valor Deducido para cada tipo de falla.....	79
Figura A1 Piel de Cocodrilo.....	79
Figura A2 Exudación.....	79
Figura A3 Fisura en bloque .....	80
Figura A4 Abultamiento y Hundimientos .....	80
Figura A5 Corrugación.....	81
Figura A6 Depresión .....	81
Figura A7 Fisura de Borde .....	82
Figura A8 Fisura de reflexión de junta.....	82
Figura A9 Desnivel carril – berma .....	83
Figura A10 Fisuras Longitudinales y Transversales .....	83
Figura A11 Parches .....	84
Figura A12 Pulimiento de Agregados .....	84
Figura A13 Huecos.....	85
Figura A14 Cruce de vía férrea .....	85
Figura A15 Ahuellamiento .....	86
Figura A16 Desplazamiento .....	86
Figura A17 Fisura parabólica .....	87
Figura A18 Hinchamiento .....	87
Figura A19 Desprendimiento de agregados .....	88
<b>Apéndice B</b> Panel Fotográfico .....	89
Figura B1 EPP y herramientas utilizadas .....	89

Figura B2	Demarcación de progresivas @ 0+030 km .....	89
Figura B3	Identificación de la falla Piel de Cocodrilo.....	90
Figura B4	Identificación de la falla Fisuras en Bloque.....	90
Figura B5	Identificación de la falla Abultamientos y Hundimientos .....	91
Figura B6	Identificación de la falla Depresión .....	91
Figura B7	Identificación de la falla Fisuras de borde .....	92
Figura B8	Identificación de la falla Fisuras longitudinales y transversales...	92
Figura B9	Identificación de la falla Parches .....	93
Figura B10	Identificación de la falla Pulimiento de Agregados .....	93
Figura B11	Identificación de la falla Huecos.....	94
Figura B12	Identificación de la falla Desprendimiento de Agregados .....	94
<b>Apéndice C</b>	Hojas de registro según evaluación por el Método PCI.....	95
Figura C1	Unidad de muestra UM – 01 .....	95
Figura C2	Unidad de muestra UM – 02 .....	96
Figura C3	Unidad de muestra UM – 03 .....	98
Figura C4	Unidad de muestra UM – 04 .....	99
Figura C5	Unidad de muestra UM – 05 .....	100
Figura C6	Unidad de muestra UM – 06 .....	101
Figura C7	Unidad de muestra UM – 07 .....	102
Figura C8	Unidad de muestra UM – 08 .....	103
Figura C9	Unidad de muestra UM – 09 .....	105
Figura C10	Unidad de muestra UM – 10 .....	106
Figura C11	Unidad de muestra UM – 11 .....	107
Figura C12	Unidad de muestra UM – 12 .....	109

Figura C13	Unidad de muestra UM – 13 .....	110
Figura C14	Unidad de muestra UM – 14 .....	111
Figura C15	Unidad de muestra UM – 15 .....	113
Figura C16	Unidad de muestra UM – 16 .....	114
Figura C17	Unidad de muestra UM – 17 .....	115
Figura C18	Unidad de muestra UM – 18 .....	117
Figura C19	Unidad de muestra UM – 19 .....	118
Figura C20	Unidad de muestra UM – 20 .....	119
Figura C21	Unidad de muestra UM – 21 .....	121
Figura C22	Unidad de muestra UM – 22 .....	122
Figura C23	Unidad de muestra UM – 23 .....	123
Figura C24	Unidad de muestra UM – 24 .....	124
Figura C25	Unidad de muestra UM – 25 .....	125
Figura C26	Unidad de muestra UM – 26 .....	126
Figura C27	Unidad de muestra UM – 27 .....	127
Figura C28	Unidad de muestra UM – 28 .....	128
Figura C29	Unidad de muestra UM – 29 .....	129
Figura C30	Unidad de muestra UM – 30 .....	130
Figura C31	Unidad de muestra UM – 31 .....	131
Figura C32	Unidad de muestra UM – 32 .....	132
Figura C33	Unidad de muestra UM – 33 .....	133
Figura C34	Unidad de muestra UM – 34 .....	134
Figura C35	Unidad de muestra UM – 35 .....	135
Figura C36	Unidad de muestra UM – 36 .....	136

Figura C37	Unidad de muestra UM – 37 .....	137
Figura C38	Unidad de muestra UM – 38 .....	138
Figura C39	Unidad de muestra UM – 39 .....	139
Figura C40	Unidad de muestra UM – 40 .....	141
Figura C41	Unidad de muestra UM – 41 .....	142
Figura C42	Unidad de muestra UM – 42 .....	143
Figura C43	Unidad de muestra UM – 43 .....	144
Figura C44	Unidad de muestra UM – 44 .....	145
Figura C45	Unidad de muestra UM – 45 .....	146
Figura C46	Unidad de muestra UM – 46 .....	147
Figura C47	Unidad de muestra UM – 47 .....	149
Figura C48	Unidad de muestra UM – 48 .....	150
Figura C49	Unidad de muestra UM – 49 .....	151
Figura C50	Unidad de muestra UM – 50 .....	153
Figura C51	Unidad de muestra UM – 51 .....	154
Figura C52	Unidad de muestra UM – 52 .....	155
Figura C53	Unidad de muestra UM – 53 .....	157
Figura C54	Unidad de muestra UM – 54 .....	158
Figura C55	Unidad de muestra UM – 55 .....	159
Figura C56	Unidad de muestra UM – 56 .....	160
Figura C57	Unidad de muestra UM – 57 .....	162
Figura C58	Unidad de muestra UM – 58 .....	163
Figura C59	Unidad de muestra UM – 59 .....	164
Figura C60	Unidad de muestra UM – 60 .....	165

Figura C61	Unidad de muestra UM – 61 .....	166
Figura C62	Unidad de muestra UM – 62 .....	167
Figura C63	Unidad de muestra UM – 63 .....	168
Figura C64	Unidad de muestra UM – 64 .....	170
Figura C65	Unidad de muestra UM – 65 .....	171
Figura C66	Unidad de muestra UM – 66 .....	172
Figura C67	Unidad de muestra UM – 67 .....	173
Figura C68	Unidad de muestra UM – 68 .....	175
<b>Apéndice D</b>	Planos .....	176
Figura D1	Plano de Ubicación de la Vía MO-602 – PU-01 .....	176
Figura D2	Plano de Unidades de muestra en la Vía MO-602 - UM-01 .....	177
Figura D3	Plano de Unidades de muestra en la Vía MO-602 - UM-02 .....	178
Figura D4	Plano de Fallas de la Vía MO-602 - PF-01 .....	179
Figura D5	Plano de Fallas de la Vía MO-602 - PF-02 .....	180
Figura D6	Plano de Soluciones de la Vía MO-602 - PS-01 .....	181
Figura D7	Plano de Soluciones de la Vía MO-602 - PS-02 .....	182
<b>Apéndice E</b>	Metrados.....	183
<b>Apéndice F</b>	Cotizacione.....	189
Figura F1	Cotización de Asfalto MC-30 .....	189
Figura F2	Cotización de Alquiler de Maquinarias.....	190
<b>Apéndice G</b>	Presupuesto .....	191
<b>Apéndice H</b>	Análisis de Precios Unitarios .....	194
<b>Apéndice I</b>	Relación de Insumos .....	212

## RESUMEN

La conservación de las vías hoy en día es fundamental porque permite mejorar o restaurar las características para el cual fue diseñado, por ello, en esta investigación se tuvo como objetivo elaborar una propuesta de rehabilitación para la Vía MO-602, para ello se evaluó superficialmente 1 020m de carpeta asfáltica aplicando la metodología PCI que establece criterios de clasificación del estado en que se encuentra, y con ello plantear soluciones específicas para cada tipo de falla existente. Al realizar un muestro al azar se obtuvo que, las muestras mínimas necesarias a evaluar son 12 por cada calzada, sin embargo, se tomaron en cuenta las 34 unidades de muestra para cada calzada para obtener en un resultado acorde a la realidad. Asimismo, los resultados obtenidos para la calzada de salida muestran que tiene una clasificación de PCI pobre con un valor de 47,11 mientras que la calzada de ingreso tiene una clasificación de PCI satisfactorio con un valor de 81,26 lo que concluye que para poder conservar la vía es necesario realizar un mantenimiento rutinario al 50% de las fallas encontradas, y reconstrucción al 50% de las fallas restantes, para lo cual se elaboró un presupuesto que asciende a 1 349 866,74 soles para ejecutar dichas soluciones.

***Palabras clave:*** *Conservación vial, clasificación PCI, carpeta asfáltica, calzada, propuesta.*

## ABSTRACT

Conservation of roadways nowadays is crucial because it allows for the improvement or restoration of their intended characteristics. Therefore, the objective of this research was to develop a rehabilitation proposal for the MO-602 road. A surface evaluation of 1 020 meters of asphalt pavement was carried out using the PCI methodology, which establishes criteria for classifying the condition of the road. Based on this evaluation, specific solutions were proposed for each type of existing failure. Random sampling determined that a minimum of 12 samples per lane needed to be evaluated. However, 34 sample units were considered for each lane to obtain a more accurate result. The results obtained for the outgoing lane showed a poor PCI classification with a value of 47,11, while the incoming lane had a satisfactory PCI classification with a value of 81,26. This leads to the conclusion that in order to preserve the road, routine maintenance should address 50% of the identified failures, while the remaining 50% require reconstruction. A budget of 1 349 866,74 Peruvian soles was estimated for implementing these solutions.

**Keywords:** *Road conservation, PCI classification, asphalt-surfaced, road, approach.*

## INTRODUCCIÓN

Las vías son utilizadas para facilitar el desplazamiento de personas, de vehículos ligeros, pesados, entre otros, por ello ésta debe otorgar un nivel de servicio óptimo, es decir, se debe respetar y cumplir con todos los parámetros establecidos en los reglamentos peruanos, ya que con el transcurrir de los años, la capa de rodadura de las vías en general se ha visto afectada por su uso, cambios climáticos y por todos aquellos fenómenos o aspectos a la que se ve expuesta diariamente, implicando así la pérdida de sus propiedades iniciales; ante esto es necesario que las autoridades o entidades pertinentes, tengan un control adecuado del estado de la carpeta asfáltica de las vías para que se pueda definir cada cuanto es necesario realizar una intervención y de qué manera se podrá mejorar el estado de estas; ya que al dejar pasar más tiempo, el estado de la carpeta asfáltica de las vías empeorará perjudicando así los costos de mantenimiento o rehabilitación, puesto que a mayor tiempo sin una intervención el deterioro y el costo será mayor, debido a que las diferentes fallas en el pavimento se irán agravando más y más, hasta llegar al punto en que este no solo necesite una rehabilitación superficial o profunda de algún tramo de la vía, si no que necesite un cambio en su totalidad de la capa de rodadura e inclusive de la sub base.

Por lo expuesto esta investigación tiene como propósito diagnosticar y elaborar una propuesta de rehabilitación para la conservación de la carpeta asfáltica en la Vía MO-602 del distrito de Moquegua y su importancia radica en que servirá como guía para la recuperación de la vía en estudio, ya que este trabajo permitirá identificar las fallas y soluciones en la carpeta asfáltica, con el fin de estimar un

presupuesto basado en alternativas de solución, para mejorar las condiciones de la carpeta asfáltica de la vía MO-602.

Se limitará a evaluar la vía MO-602 desde la progresiva Km. 0+000.00 hasta la progresiva Km. 1+020.00, en la cual se determinará el estado de la carpeta asfáltica en ambas calzadas de la vía, siguiendo los lineamientos de la metodología PCI, de esta manera se plasmará en planos, la ubicación, caracterización de cada falla, así como el tratamiento adecuado para cada una de estas.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Descripción de la realidad del problema**

Los pavimentos se degradan constantemente con el tiempo, por la exposición a diversos factores como el volumen de tráfico, clima y otros fenómenos que afectan significativamente al pavimento; por ello, tomar decisiones acerca del cuidado y la rehabilitación del pavimento es importante y a la vez representa un tema de discusión para las empresas dedicadas a la edificación y conservación de vías en todo el mundo; estas a su vez han desarrollado políticas y métodos para abordar este problema, con el fin de preservar la red vial, mediante la toma adecuada de decisiones, con respecto a su rehabilitación cuando sea necesario. Dichos procedimientos generalmente están restringidos por una variedad de razones, incluida la falta de datos, mano de obra, presupuesto y experiencia necesaria para realizar un trabajo eficaz. (Wotring, 1998, como se citó en Elhadidy et al., 2019)

Skrzypczak et al. (2018), evidencia que las tendencias de desarrollo aceleradas, nuevos materiales, soluciones y técnicas utilizadas en Polonia para la mejora de las infraestructuras viales deben tener en consideración el aumento

continuo del crecimiento del tráfico, la defensa del medio ambiente y el crecimiento equilibrado. Esto implica que debemos seguir actualizándonos en cada tema y buscar nuevas soluciones para la mejora de estos.

Un buen sistema de gestión de pavimentos debe incluir una evaluación fiel y necesaria del pavimento actual (PMS). Históricamente, se ha utilizado un examen visual del estado del pavimento, asimismo para cada uno de estos aspectos se debe clasificar la superficie e identificar las fallas predominantes para evaluar el deterioro de la superficie del pavimento (Elhadidy et al., 2019).

En el Perú, según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC,2021) a través de Provias Nacional, tiene como objetivo para el 2022 tener pavimentado el 86% de las vías nacionales no concesionadas, así como la construcción e instalación de 84 puentes nacionales. La región de Puno cuenta con un 22.33% referente a carreteras asfaltadas, así como con un 47.03% de carreteras afirmadas, un 2.30% de carreteras que no son afirmadas y un total de 28.34% de trochas carrozables; en Chimbote, se ha evidenciado que, el gobierno y las empresas privadas están estudiando la forma de mejorar la calidad del tránsito evaluando primero el estado actual de cada vía, para luego definir cuál sería la propuesta más adecuada (Chávez y Rondan, 2021). Estas evaluaciones sirven de mucho ya que, al mejorar el estado de la vía, los beneficios no solo se verían en la calidad del tránsito, si no en la condición del pavimento, vehículos, etc.

En el distrito de Moquegua, la vía MO-602 representa uno de los principales accesos a la ciudad, por lo tanto, Zapata (2019) afirma que su conservación es primordial tanto en el aspecto de su composición como para el crecimiento de las

distintas actividades. De tal manera el descuido de las autoridades pertinentes pone en riesgo su estado de conservación generando a su vez incomodidad y bajos estándares de confort en los usuarios.

## **1.2 Definición del problema**

### ***1.2.1 Problema general***

¿Cómo garantizar la conservación de la carpeta asfáltica en la Vía MO-602 del distrito de Moquegua - 2022?

### ***1.2.2 Problemas específicos***

- ¿Cuál es el estado de la carpeta asfáltica en la Vía MO-602 del distrito de Moquegua - 2022?
- ¿Qué solución se dará a cada falla existente en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua - 2022?
- ¿Cuál será el presupuesto necesario para que se pueda desarrollar las soluciones propuestas en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua - 2022?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### ***1.3.1 Objetivo general***

Elaborar una propuesta de rehabilitación para la conservación de la carpeta asfáltica en la Vía MO-602 del distrito de Moquegua - 2022.

### **1.3.2 *Objetivos específicos***

- Evaluar el estado de la carpeta asfáltica mediante el Método PCI en la Vía MO-602 del distrito de Moquegua - 2022.
- Proponer una solución a cada falla existente en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua - 2022.
- Determinar el presupuesto necesario para que se pueda desarrollar las soluciones propuestas en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua - 2022.

### **1.4 *Justificación***

Desde el punto de vista científico, el presente trabajo permitirá elaborar una propuesta de rehabilitación para la conservación de la carpeta asfáltica en la Vía MO-602 del distrito de Moquegua, utilizando el Método PCI para poder definir el estado de ésta y poder proponer soluciones que contribuyan a su mejora.

Desde el punto de vista temporal, el presente trabajo permitirá ahorrar tiempo a las autoridades municipales con respecto a la evaluación de las condiciones de la Vía MO-602, ya que, al realizar la evaluación de la carpeta asfáltica utilizando el Método PCI, podremos recolectar datos de aquellas fallas existentes, determinar la severidad y proponer soluciones adecuadas.

Desde el punto de vista social, el presente trabajo podrá ser usada por los profesionales y autoridades pertinentes, ya que se presentará una propuesta económica acorde a las soluciones planteadas, así mismo este trabajo servirá de referencia para poder definir el grado de severidad presente en la vía en estudio, permitiendo así que las autoridades tomen conciencia y se pueda realizar un

mantenimiento a corto plazo para la rehabilitación de la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.

## **1.5 Alcances y limitaciones**

### **1.5.1 Alcances**

El alcance de esta investigación comprende la aplicación de los lineamientos de la metodología PCI, cuyos parámetros a tomar en cuenta están regulados por la norma ASTM D6433 “Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys”, realizando así una evaluación superficial de 1020 metros de la capa de rodadura de la vía MO-602, identificando y clasificando las diversas clases de fallas que presenta el pavimento según su grado de severidad, de esta manera conocer el ESTADO en el que se encuentra la carpeta asfáltica y poder elaborar un presupuesto basado en soluciones propuestas para cada falla, que servirá de referencia para que la Vía MO-602, pueda recuperar en gran medida sus propiedades iniciales.

### **1.5.2 Limitaciones**

El presente estudio se limita a la evaluación de la vía MO-602 desde la progresiva Km. 0+000.00 hasta la progresiva Km. 1+020.00, en la cual se determinará el estado de la carpeta asfáltica en ambas calzadas de la vía y se elaborará una propuesta de rehabilitación solamente para este tramo de la Vía en mención.

## **1.6 Variables**

- Variable Independiente: Carpeta asfáltica
- Variable Dependiente: Rehabilitación

### 1.6.1 Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

Variable	Definición	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Unidad de medida	Instrumento de medición
Carpeta Asfáltica	Es el estrato superior de un pavimento asfáltico que brinda una superficie de rodadura que impide el paso de líquidos u otros agentes externos hacia los estratos inferiores, evitando de esta manera su pronto deterioro (Rodríguez, 2019).	Se verificará el estado de la Carpeta Asfáltica	Estado Actual de la Carpeta Asfáltica	• Evaluación Superficial de la Carpeta Asfáltica	Escala numérica (0-100)	Formato de Evaluación del Método PCI.
				• Plano de Identificación de Fallas	Adimensional	Plano de la zona de Intervención
Rehabilitación	Son aquellos procedimientos indispensables que lograrán corregir y devolver a su estado inicial la calidad de los componentes y el nivel de servicio de la vía (Yarango, 2014).	Se elaborará una propuesta económica en relación con la cantidad de soluciones.	Soluciones	• Plano de soluciones	Adimensional	AutoCAD
			Propuesta Económica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presupuesto Total</li> <li>• Presupuesto Desagregado</li> <li>• Análisis de Precios Unitarios</li> </ul>	Sol (S/.)	S10 Cotizaciones Relación de Insumos

## **1.7 Hipótesis de la investigación**

### ***1.7.1 Hipótesis general***

La propuesta de rehabilitación permitirá conservar la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.

### ***1.7.2 Hipótesis específicas***

- El estado de la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua tiene un deterioro del 50%.
- La propuesta de solución comprende un 25% de fallas que necesitan sellado de fisuras, 60% que necesitan parchados profundos y 15% que necesitan parchado superficial en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.
- El presupuesto necesario oscila entre 100 000,00 y 500 000,00 soles para desarrollar las soluciones propuestas en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

##### ***2.1.1 Antecedentes internacionales***

Según González (2018) en su tesis para optar el Título de Ingeniero Constructor “Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito”, cuyo objetivo se basa en el uso de nuevas metodologías de reparación en pavimentos asfálticos, basándose así en una investigación aplicada, analizando fallas por baches y por ahuellamiento en 700m<sup>2</sup> de pavimento, así mismo planteó procedimientos y presupuestos; teniendo como resultado para baches, la rehabilitación con respecto a todo el espesor con un total de \$17 860,790 y para la repavimentación con hormigón un total de \$24 539,396; y para ahuellamiento, la repavimentación con hormigón tuvo un presupuesto total de \$216 865,97 y para la renovación de capa asfáltica y sub base un costo total de \$117 707,497; llegando a la conclusión de que para baches la solución más económica es la rehabilitación con respecto al grosor y para ahuellamientos la reposición de capa asfáltica y sub base.

Schlichin et al. (2018) en su artículo titulado “Evaluation and Maintenance of Road Damage In Sidotopo Surabaya Road Using Pavement Condition Index (PCI) Method” donde tuvieron como fin definir el daño de la carretera Sidotopo Surabaya usando el método PCI, para ello se dividió la vía en tres tramos (I, II y III). La investigación es de tipo aplicada y de diseño no experimental, donde se utilizó como herramientas las guías de recolección de datos. Los resultados obtenidos para el tramo I y II indican un valor PCI de 40, y para el tramo III de 38, además las fallas predominantes son desnivelaciones con 35% y piel de cocodrilo con 32%. Por último, concluye que la vía necesita una intervención urgente para mejorar las condiciones de transitabilidad.

Pallasco (2018) en su disertación para obtener el título de Ingeniero Civil titulada “Evaluación y propuesta de mantenimiento del pavimento flexible de la Avenida Quevedo en Santo Domingo de los Tsáchilas” tiene como fin estudiar el estado del asfalto en la vía Quevedo con el procedimiento de la observación visual manual, empleando el sistema PAVER, evaluando la funcionalidad y estructura del pavimento. El enfoque es cualitativo como instrumentos la guía de observación de campo. El pavimento se encuentra en mal estado, pero su capacidad estructural se mantiene en buenas condiciones, a su vez su evaluación concluye en la proposición de un tipo de mantenimiento a nivel económico, técnico y funcional para alargar su vida útil.

### ***2.1.2 Antecedentes nacionales***

Chuyes (2021) en su estudio para optar el título profesional de ingeniero civil titulada “Evaluación del pavimento flexible aplicando las metodologías PCI y

VIZIR para la rehabilitación de la Av. Ramón Castilla, distrito de Marcavelica-Piura” donde tiene como objetivo estudiar el estado del pavimento utilizando las metodologías PCI y VIZIR. La investigación es aplicada y de diseño no experimental, utilizando como instrumentos formatos de recolección de datos. Los resultados para PCI muestran que los valores de las unidades de muestreo oscilan de 38 a 69 con un promedio de 54,33, para el método VIZIR los resultados oscilan entre uno a cuatro con un promedio de 2,58. La investigación finaliza en que el estado del pavimento es regular.

Correa y Del Carpio (2019) en su tesis para optar el título de Ingeniero civil titulada “Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura” cuyo fin fue inspeccionar de acuerdo a la metodología PCI y analizar la mejor alternativa de intervención, para esto se procedió a sectorizar la zona de trabajo. La investigación es de tipo aplicada y de diseño no experimental, donde se utilizó como herramientas las guías de recopilación de datos. Los resultados obtenidos para el sector uno es un valor de PCI igual a 38, para el sector dos es de 68 y para el sector 3 es de 83. Finalmente se concluye que el sector uno la intervención apropiada es una rehabilitación, en el sector dos y tres un mantenimiento rutinario.

Tacza y Rodríguez (2018) en su tesis para optar el título de ingeniero civil titulada “Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado” donde tiene como fin plantear soluciones para aumentar el estado actual del pavimento del carril segregado del corredor Javier Prado. La investigación es de tipo aplicada y de

diseño no experimental, usando como instrumentos las guías de recopilación de información según la norma PCI. Los resultados indican valores de PCI para las unidades de muestreo que oscilan entre 14 y 100, con un promedio ponderado en función de sus áreas de 57, las fallas con mayor incidencia son grietas de piel de cocodrilo con un 20% y grietas longitudinales y transversales en 18%. Finalmente se concluye que el pavimento presenta un estado regular y según la curva de deterioro se encuentra en la zona óptima de rehabilitación, por tanto, se realizó una propuesta.

### ***2.1.3 Antecedentes locales***

Zela (2021) en su tesis titulada “Evaluación superficial del pavimento flexible para el mantenimiento de la Av. Santa Fortunata del C.P.M. San Antonio, distrito de Moquegua” donde tuvo como fin estudiar y examinar la capa superficial del pavimento de la vía Av. Santa Fortunata desde el cruce con Av. San Antonio de Padua hasta el cruce con la calle DREMO. La investigación es de tipo aplicada y de diseño no experimental, utilizando formatos de recolección de datos como herramientas. Se obtuvo como resultado un valor de PCI de 34,69 y las fallas con mayor incidencia son desprendimiento de agregados y parches acumulando un total de 92.2%. Finalmente se concluye que la vía se encuentra en mal estado y se recomienda su pronta intervención.

Zapata (2020) en su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil titulada “Diagnóstico de pavimentos flexibles en las vías arteriales de la ciudad de Moquegua, 2019” cuyo fin es evaluar tanto estructural como superficialmente el pavimento de la ciudad de Moquegua, específicamente en la avenida Manuel

Camilo de la Torre, para lo cual se dividió en dos tramos (I y II), así mismo para la evaluación estructural se utilizó el estudio de deflexiones usando la viga Benkelman y para la evaluación superficial el método de Índice de Condición de Pavimento (PCI). La investigación es de tipo aplicada y de diseño no experimental, donde se utilizó como herramientas guías de recolección de datos. Los resultados respecto a la evaluación estructural indican una buena condición en los tramos evaluados I y II con deflexiones promedio menores a la deflexión admisible, y para la evaluación superficial se encontró que la falla predominante son las fisuras longitudinales y transversales, así como el desprendimiento de agregados, sin embargo, mantiene una buena condición. Finalmente se concluye que el comportamiento estructural de la vía es adecuado y mantiene una adecuada condición superficial.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Pavimento**

El MTC (2018) por medio del “Glosario de Términos” de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial, define al pavimento como un conjunto de estratos diseñados para sostener y repartir de manera uniforme las cargas provenientes de las ruedas de los automóviles aumentando de esta manera la estabilidad y confort para una buena transitabilidad, así mismo el pavimento puede estar constituido por estratos como la subbase, base y superficie de rodadura.

**Características.** El pavimento asfáltico según “Pavimentos Flexibles” (2013) se caracteriza por:

- Amoldarse a las fuerzas derivadas de los vehículos y cambios de temperatura.

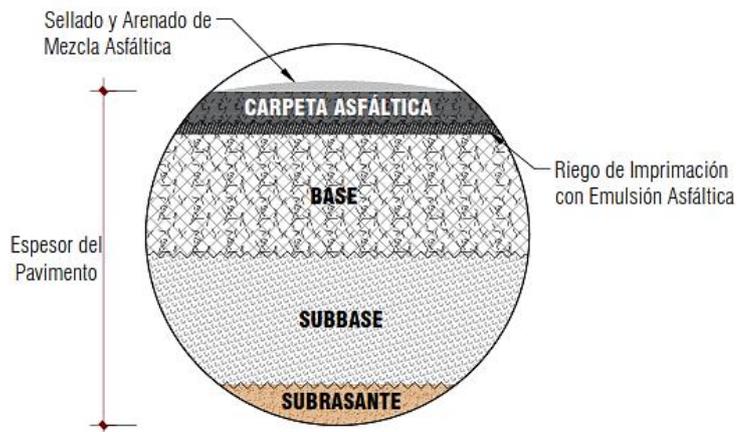
- Estar compuesto por estratos cuya capacidad de soporte va aumentando a medida que se va colocando, es decir los estratos superiores están diseñados con materiales seleccionados de excelente calidad y resistencia.
- Tener un período de duración que oscila entre los 10 a 15 años.
- Mostrar una superficie asfáltica compuesta por una serie de materiales que sellan de manera uniforme poros existentes impidiendo de esta manera el paso de cualquier fluido hacia los estratos inferiores.

**Tipos de pavimentos.** El MTC (2014) en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos, cataloga tres diferentes tipos de pavimentos según el material que lo conforma, estos son los siguientes:

***Pavimento asfáltico.*** Es una estructura conformada principalmente por agregados pétreos y materiales bituminosos en el estrato superior, mientras que en los estratos de subbase y base se encuentra compuesto por agregados. El estrato superior debe soportar cargas provenientes de vehículos o maquinarias que circulan por encima, para que a través de los estratos inferiores se pueda transmitir hacia el suelo.

**Figura 1**

*Sección típica del Pavimento asfáltico*



*Nota:* Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP, 2015)

***Pavimento semirrígido.*** Es una estructura conformada por un estrato de rodadura asfáltica y un estrato de base tratada con asfalto, cemento o cal. Esta combinación de materiales aporta propiedades positivas, permitiendo así la mejora de la resistencia y durabilidad del pavimento, así mismo proporciona una calidad de rodadura óptima.

***Pavimento rígido.*** Compuesto por una losa de concreto simple con juntas, concreto con refuerzo constante o concreto reforzado con juntas y un estrato de base granular. Este tipo de pavimento es muy fuerte y duradero, ya que está diseñado para poder soportar cargas pesadas con mayor eficacia, pero se caracteriza por ser el pavimento de mayor valor económico entre los diferentes tipos que existen por su proceso constructivo y por su mantenimiento.

**Figura 2**

*Sección típica del Pavimento rígido*



*Nota:* SNIP (2015)

### **Componentes del pavimento asfáltico.**

*Carpeta asfáltica.* Es el estrato superior de un pavimento asfáltico que brinda una superficie de rodadura que impide el paso de líquidos u otros agentes externos hacia los estratos inferiores, evitando de esta manera su pronto deterioro; este estrato está diseñado para recibir cargas provenientes de los vehículos de manera eficaz dando así mayor estabilidad al pavimento (Rodríguez, 2019).

Multinsa (s.f.) indica que, para que la carpeta asfáltica de un pavimento cumpla con los requerimientos de calidad necesarios y con un rendimiento óptimo debe caracterizarse por:

- Tener una buena resistencia estructural y capacidad de repartir cargas adecuadamente sin presentar deformaciones.
- Tener un período de vida útil sin mantenimientos que oscila entre los seis a 10 años, esto gracias a una cuidadosa selección de materiales de calidad.
- Resistir de manera eficaz a las variaciones de temperatura.
- Prevenir deslizamientos a causa de las lluvias.

**Base.** Rodríguez (2019) sostiene que la base de un pavimento asfáltico es aquel estrato conformado por material granular cuidadosamente seleccionado y compactado del 95% al 100% de ser necesario, ya que este estrato soporta en mayor medida las cargas de vehículos y las transfiere a la subbase y al suelo de soporte.

**Subbase.** Compuesto por material granular regular cuyo volumen es superior al material utilizado en la conformación de la base, con el propósito de impedir que los componentes de la base se combinen con la subbase; este estrato debe proporcionar resistencia ante las posibles deformaciones que se puedan producir en la subbase, así como el ascenso del agua (Rodríguez, 2019).

**Subrasante.** Corresponde al terreno natural que resistirá la sección del pavimento asfáltico en toda su longitud establecida, para esto antes se debe realizar trabajos de corte, relleno y compactación (SNIP, 2015).

### ***2.2.2 Evaluación de la carpeta asfáltica mediante el Método PCI***

Según la American Society for Testing and Materials (ASTM International, 2018) a través del Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys, para poder realizar estudios visuales de manera superficial con el fin de determinar el tipo y la severidad del deterioro en el que se encuentra el pavimento emite la norma ASTM D6433 en la cual describe el método del índice de Condición del Pavimento (PCI) desarrollado por el Cuerpo de ingenieros del Ejército de EE.UU.; asimismo este método otorga al pavimento una clasificación numérica que varía de 0 a 100, (0 significa que el tramo a evaluar se encuentra en un estado de deterioro mientras que 100 significa que se encuentra en óptimas condiciones); esta clasificación se basa en la identificación de las diferentes fallas

encontradas en la superficie del tramo a evaluar, por ello es importante ya que después de haber realizado la inspección y haber calculado el valor del PCI se podrá determinar las necesidades y prioridades de mantenimiento y rehabilitación.

**Figura 3**

*Rango de Clasificación según el Método PCI*

PCI	Rango de Clasificación	Colores Sugeridos
100	Bueno	Verde Oscuro
85	Satisfactorio	Verde Claro
70	Regular	Amarillo
55	Pobre	Rojo Claro
40	Muy Pobre	Rojo Medio
25	Grave	Rojo Oscuro
10	Deteriorado	Gris Oscuro
0		

*Nota:* ASTM International (2018)

**Herramientas.** Las herramientas necesarias para poder realizar una correcta evaluación de acuerdo con la norma ASTM D6433 son los siguientes:

**Formato de evaluación.** En estas hojas se anotan los datos recopilados durante la evaluación superficial a la vía de estudio, para ello es importante recalcar que se debe anotar datos como la fecha, ubicación, tipo y grado de severidad de las fallas encontradas, denominación, área de la unidad de muestreo, entre otras. El formato de evaluación a utilizar se muestra en la Figura 7.

**Cinta Métrica o Rueda de odómetro manual.** Será utilizado para poder medir las dimensiones de las fallas encontradas, así como las coordenadas en la que se encuentra esta.

**Regla.** Utilizada para poder medir la profundidad de las diferentes fallas en caso sea necesario.

**Procedimiento para la evaluación de la vía.** Antes de proceder a realizar la evaluación de la vía en estudio que en este caso cuenta con dos calzadas, se debe dividir de manera uniforme cada calzada de manera individual, para luego seleccionar el número mínimo de unidades de muestra a inspeccionar “n”, este procedimiento se detalla en el capítulo 3, título 3.3.2; definidas las unidades de muestra se procede a registrar en el formato de evaluación datos importantes e indispensables como fecha de la evaluación, evaluador, denominación, área, progresiva inicial y final de la unidad de muestra; al inspeccionar la unidad de muestra se debe anotar el número asociado al tipo de falla y su respectivo grado de severidad que varía entre LEVE, MEDIO Y ALTO, asimismo se debe anotar la ubicación y medidas de las fallas encontradas, este procedimiento de evaluación se realiza para cada una de las unidades de muestra a inspeccionar.

**Procedimiento para poder calcular el valor de PCI.** Según la ASTM International (2018) por medio del Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys sostiene que los pasos para poder determinar el valor del PCI son los siguientes:

**Primer paso: Obtener valores deducidos “VD”.** Cancapa (2020) indica que el valor deducido es el grado de importancia que la falla aporta dentro de la muestra que se ha inspeccionado. (8m28s).

Para poder determinar el valor deducido tras haber inspeccionado las diferentes unidades de muestra en ambas calzadas, se debe calcular el total de las

sumas parciales para cada tipo de falla y severidad, estas sumas totales deberán ser divididas entre el área de la muestra evaluada y multiplicadas por 100 para obtener el porcentaje de densidad que representa cada tipo de falla en la unidad de muestra; asimismo en los gráficos de “curvas de valor deducido” se prolonga una línea vertical en el valor del porcentaje de densidad intersecando con la curva del grado de severidad que corresponda, proyectando una línea horizontal hacia el valor deducido para cada uno de los tipos de falla. Las curvas de valor deducido para cada falla se encuentran en el Apéndice A.

**Segundo paso: Cálculo del Número máximo permitido de Valores deducidos “m”.** Antes de calcular este valor se debe identificar el número de valores deducidos mayores a dos “q”, en caso no haya ningún valor o solo uno, ya no será necesario corregir los valores deducidos, por ende, la suma total de los valores deducidos será el valor del índice de condición del pavimento, de lo contrario será necesario corregir los valores deducidos y por ende calcular “m”.

En la Ecuación 1 se reemplaza el máximo valor deducido obtenido verificando que “m” sea menor o igual a 10, si se cuenta con menos cantidad de valores deducidos se usarán todos.

$$m = 1 + (9/98)(100 - MVD) \leq 10 \dots\dots\dots [Ecuación 1]$$

Donde:

m = número máximo permitido de valores deducidos.

MVD= máximo valor deducido.

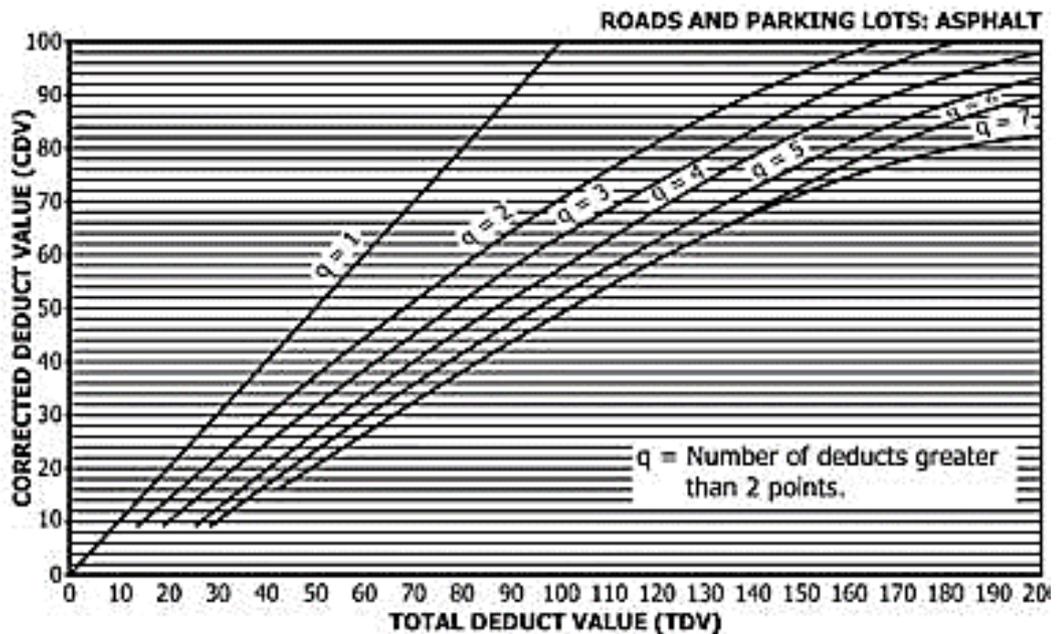
**Tercer paso: Obtener el Valor Deducido Corregido “VDC”.** Los valores deducidos identificados mayores a dos se ordenan de manera descendente en la

primera fila, en caso de que “m” no sea un número entero, la parte decimal se multiplica por el último valor deducido

Los valores de “q” se ordenan de mayor a menor, sabiendo que “q” es el número total de valores deducidos identificados mayores a dos; en la segunda fila se copia los mismos valores deducidos reduciendo a dos el último valor deducido y en las siguiente fila se copia todos los valores de la fila anterior reduciendo nuevamente el valor deducido superior a dos, este proceso se realiza hasta que el valor de “q” sea uno, para obtener el valor deducido total “VDT” se suma todos los valores deducidos de cada fila y en las “curvas de valor deducido corregido” se prolonga una línea vertical en el “VDT” intersecando con la curva del valor de “q” que corresponda, proyectando una línea horizontal hacia el valor deducido corregido “VDC”.

**Figura 4**

*Curvas de Valor Deducido Corregido*



Nota: ASTM International (2018)

**Cuarto paso: Cálculo del valor de PCI.** Se identifica el máximo valor deducido corregido “MVDC”, para obtener el valor del PCI de la unidad de muestra y reemplazarlo en la Ecuación 2.

$$PCI = 100 - MVDC \dots\dots\dots [Ecuación 2]$$

Donde:

PCI = valor del Índice de condición del pavimento.

MVDC = máximo valor deducido corregido.

Con el valor del PCI obtenido se podrá identificar el estado de la unidad de muestra de acuerdo con el Rango de Clasificación según el Método PCI.

**Quinto paso: Cálculo del valor de PCI Total.** Se obtiene promediando los valores de PCI de cada unidad de muestra evaluada identificando así el estado de cada calzada de la vía.

### 2.2.3 Fallas consideradas según el Método PCI

**Tipos de Falla.** Para evaluar una vía usando el método PCI se debe identificar los 19 diferentes tipos de fallas que el método considera, por eso se realizará la descripción de estas fallas según la ASTM International (2018) a través del Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys.

**Piel de cocodrilo.** Se caracteriza por formar pequeñas fisuras entrelazadas entre sí distribuyéndose inicialmente en la carpeta asfáltica como fisuras verticales en paralelo, y que por efecto del peso de los diferentes vehículos estas fisuras se

unen de tal manera que simulan aberturas irregulares desarrollando un patrón semejante a la piel de cocodrilo.

Si esta falla presenta dos o tres grados de severidad en una misma porción del área de la muestra, se debe registrar cada una por separado si es que se puede dividir, de lo contrario se registra el grado de severidad más alto.

**Exudación.** Se presenta sobre la superficie de la carpeta asfáltica como una capa viscosa brillante provocado por dosis exageradas de asfalto en su composición, uso desmesurado de sellador asfáltico, porcentaje de vacíos de aire deficiente o una mezcla de estos, ya que el asfalto al estar sometido a climas con temperaturas altas ocupa los vacíos de la composición esparciéndose peligrosa e irreversiblemente sobre la superficie de rodadura.

Si se identifica esta falla en la carpeta asfáltica no se debe registrar el desprendimiento de agregados.

**Fisuras en bloque.** Se caracteriza por formar ramificaciones considerables de manera rectangular sobre la carpeta asfáltica cuya longitud horizontal y vertical varía desde los 30cm hasta los tres metros; originadas por la compresión de la mezcla asfáltica y variación de temperatura lo que significa que la carpeta asfáltica se ha rigidizado de manera severa.

**Abultamientos y Hundimientos.** Los abultamientos se definen como pequeñas protuberancias sobre la superficie de la carpeta asfáltica causados por la impregnación y acopio de restos en fisuras en combinación con cargas provenientes de vehículos, mientras que los hundimientos son pequeñas abolladuras presentes en la superficie de la carpeta asfáltica.

***Corrugación.*** Representa una sucesión de ondas estrechamente separadas de manera uniforme y perpendicular al tráfico cuya separación es menor a tres metros, originada por una compactación deficiente en la base del pavimento en combinación con las cargas de tráfico.

***Depresión.*** Se caracteriza por formar en la carpeta asfáltica una curva cuya profundidad en el centro es mayor que en la de los bordes; para poder identificar esta falla se debe observar si la carpeta asfáltica presenta manchas derivadas de lluvia cuando está seco, o si se producen charcos cuando llueve. El descenso vertical de la subrasante causa este tipo de deterioro.

***Fisura de borde.*** Es una hendidura vertical que se encuentra dentro de los 30 a 50cm adyacentes al margen externo de la carpeta asfáltica, provocada por el debilitamiento de la base o subrasante o por factores climáticos.

***Fisura de reflexión de junta.*** Este tipo de fisuras solo se presenta cuando el pavimento asfáltico es colocado sobre pavimento rígido, ya que al haber cambios de temperatura bruscos producen un desplazamiento de partículas en las losas de concreto provocando la fragmentación longitudinal y transversal de la carpeta asfáltica.

***Desnivel carril - berma.*** Se caracteriza por presentar una diferencia de altura entre el margen de la carpeta asfáltica y la berma, debido al desgaste y desplazamiento descendente de la berma o por el mal ajuste del nivel de la calzada sobre la berma.

***Fisuras longitudinales y transversales.*** Las fisuras longitudinales son hendiduras verticales paralelas al sentido del carril, mientras que las fisuras

transversales son hendiduras horizontales perpendiculares al sentido de la calzada, este tipo de fisuras generalmente se deben al descenso de temperaturas, endurecimiento o contracción de la carpeta asfáltica.

***Parches.*** Son aquellas superficies de carpeta asfáltica restauradas anteriormente en algún mantenimiento para poder solucionar algunos deterioros, asimismo incluye los parches hechos durante la colocación de buzones de desagüe. Estos parches sin embargo son imperfectos que se deben registrar a la hora de realizar la evaluación sin considerar su estado o su comportamiento.

***Pulimiento de agregados.*** Se presenta en la superficie del pavimento cuando empieza a desgastarse la carpeta asfáltica, es decir en esta ya no hay la suficiente rugosidad que permita la adhesión de las ruedas al asfalto, por ende, puede provocar deslizamientos de vehículos y un sinnúmero de accidentes.

***Huecos.*** Se manifiestan en forma de pequeños hoyos cóncavos con orillas rugosas, ovaladas o verticales en la superficie de la carpeta asfáltica, cuyo diámetro no excede a los 750 mm, originados en su mayoría por la carga de vehículos cuando la carpeta asfáltica se encuentra mojada.

***Cruce de vía férrea.*** Se presenta cerca de los contornos de la vía férrea, en forma de abolladuras o bultos.

***Ahuellamiento.*** Se caracteriza por formar deformaciones cóncavas pequeñas localizadas por debajo del trayecto constante de las ruedas de vehículos, ya que precisamente la carga proveniente del tránsito e imperfecciones en alguna de las capas del pavimento lo origina.

Correa y Del Carpio (2019) consideran que para poder registrar la falla de ahuellamiento la longitud no debe ser menor a seis metros.

***Desplazamiento.*** Se manifiesta a lo largo de la superficie de la carpeta asfáltica formando un desnivel abrupto provocado por el empuje del pavimento debido a cargas de tráfico; por emulsión asfáltica líquida voluble o por el empuje proveniente de losas de concreto adyacentes.

***Fisura parabólica.*** Son hendiduras curvas cuya trayectoria se da de manera perpendicular al sentido del tráfico, se originan cuando las ruedas de los vehículos giran o frenan de manera imprevista causando alteraciones o deslizamientos en la superficie de la carpeta asfáltica, así mismo pueden producirse cuando existe una mala adherencia entre la colocación de dos o más capas de emulsión asfáltica.

***Hinchamiento.*** Se caracteriza por presentar pequeños relieves de manera sucesiva en la superficie de la carpeta asfáltica cuya longitud es considerable y excede los tres metros; suelen aparecer a su alrededor y se originan cuando el suelo se expande o por el descenso de temperaturas.

***Desprendimiento de agregados.*** Como su nombre lo indica este tipo de falla se caracteriza por presentar material grueso suelto sobre la superficie de la carpeta asfáltica, esto debido a la falta de aglomerantes asfálticos, uso de componentes de pésima calidad o por aplicar un proceso constructivo deficiente a la hora de distribuir las diferentes capas que componen el pavimento.

**Grados de severidad.** Es necesario identificar de manera adecuada el grado de severidad de cada falla por ello en la Tabla 2, se muestran parámetros que nos ayudarán a facilitar este proceso.

**Tabla 2**

*Grado de severidad según cada tipo de Falla*

Falla (N°)	Und.	Parámetros	Grados de severidad		
			Leve (L)	Medio (M)	Alto (H)
Piel de cocodrilo (1)	m <sup>2</sup>	Espesor de fisuras (mm)	$e < 10$	$10 < e < 30$	$e > 30$
		Fisuras entrelazadas	Pocas	Ligeramente	Bien definidas
		Tamaño de Abertura (m)	$a > 0.5$	$0.3 < a < 0.5$	$a < 0.3$
		Desprendimiento de material	No	Ligeramente	Abundante
Exudación (2)	m <sup>2</sup>	Tiempo de visibilidad al año	Pocos días	Pocas semanas	Varias semanas
		Adhesión de asfalto en ruedas	No	Si	Cantidad considerable
Fisuras en bloque (3)	m <sup>2</sup>	Espesor (mm)	$e < 10$	$10 \leq e < 75$	$e > 75$
Abultamientos y hundimientos (4)	m <sup>2</sup>	Balaceo de vehículos	Menor	Molesto	Incómodo
Corrugación (5)	m <sup>2</sup>	Meneo del vehículo	Ligero	Molesto	Incómodo
Depresión (6)	m <sup>2</sup>	Prof. máx. (mm)	$13 < p < 25$	$25 < p < 50$	$p > 50$
		Espesor (mm)	$e < 10$	$10 \leq e < 75$	$e > 75$
Fisura de borde (7)	m	Desprendimiento de material	No	Ligeramente	Abundante
		Fisura de reflexión de junta (8)	Espesor de fisuras con y sin relleno (mm)	$e < 10$	$10 \leq e < 75$
Desnivel carril – berma (9)	m	Diferencia de altura (mm)	$25 < h < 50$	$50 < h < 100$	$h > 100$
Fisuras long. y transversales (10)	m	Espesor de fisuras (mm)	$e < 10$	$10 \leq e < 75$	$e > 75$
Parches (11)	m <sup>2</sup>	Estado del parche	Bueno	Dañado	Muy dañado
Pulimiento de agregados (12)	m <sup>2</sup>	-	No se define su severidad; para registrar esta falla su deterioro debe ser notario		
Huecos (13)	und	Diámetro < 750mm	Profundidad (mm)		
		$100 < d < 200$	$13 < p < 50$	$p > 50$	-
		$200 < d < 450$	$13 < p < 25$	$25 < p > 50$	-
		$450 < d < 750$	-	$13 < p < 25$	$25 < p > 50$
		Diámetro > 750mm	-	Área / 0,5m <sup>2</sup>	
			$p \leq 25\text{mm}$	$p > 25\text{mm}$	
Cruce de vía férrea (14)	m <sup>2</sup>	Calidad de viaje	Buena	Aceptable	Incómodo
Ahuellamiento (15)	m <sup>2</sup>	Profundidad media (mm)	$6 < p < 13$	$13 < p < 25$	$p > 25$
Desplazamiento (16)	m <sup>2</sup>	Calidad de viaje	Buena	Aceptable	Incómodo
Fisura parabólica (17)	m <sup>2</sup>	Espesor (mm)	$e < 10$	$10 \leq e < 40$	$e > 40$
		Área adyacente	Buen estado	Cuarateada	Muy dañada
Hinchamiento (18)	m <sup>2</sup>	Calidad de viaje	Buena	Aceptable	Incómodo
Despren. de agregados (19)	m <sup>2</sup>	Cantidad de agregado	Escasa	Muy notorio	Buena cantidad

Nota: Leguía y Pacheco (2016)

#### **2.2.4 Rehabilitación del pavimento**

Restrepo y Stephens (2015) sostienen que:

Para poder definir el tipo de rehabilitación necesario para un pavimento, se debe tener en cuenta el capital destinado para este tipo de mejora y definir en qué estado se encuentra el pavimento mediante evaluaciones iniciales que permitirán conocer si es que la vía presenta deterioros superficiales o estructurales, por lo general se decide realizar mantenimientos rutinarios de bajo costo que conlleven a mejorar el estado de las diferentes infraestructuras viales y así poder proyectar en un largo período un tipo de rehabilitación adecuado; sin embargo, es necesario no postergar la evaluación y la ejecución de un mantenimiento rutinario, ya que si una vía no recibe mantenimiento con el paso del tiempo paulatinamente se irá dañando estructuralmente.

##### **Tipos de rehabilitación en pavimentos asfálticos.**

***Mantenimiento rutinario.*** Se manifiesta a través de una serie de trabajos pequeños, continuos y constantes destinados a la conservación de la vía, para que de esta manera el estado del pavimento pueda mantenerse en condiciones adecuadas con respecto al tiempo de vida útil para el que fue diseñado (HOB, 2018).

El MTC (2016) a través del Manual de carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, sostiene que las alternativas para poder solucionar los deterioros presentes en la carpeta asfáltica dentro de un mantenimiento rutinario son las siguientes:

- Limpieza general

- Sellado de fisuras
- Parchado superficial
- Parchado profundo

***Mantenimiento periódico.*** Se manifiesta a través de una serie de trabajos preventivos, renovadores y puntuales que ayudarán a la mejora de las condiciones de la vía extendiendo de esta manera su tiempo de vida útil (HOB, 2018).

El MTC (2016) en el Manual de carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, afirma que las alternativas para poder solucionar los deterioros presentes en el pavimento dentro de un mantenimiento periódico son las siguientes:

- Riegos asfálticos
- Colocación o reposición de capas asfálticas
- Corte superficial, parcial o total de la carpeta asfáltica
- Imprimación de bermas para su nivelación

***Restauración.*** Son aquellos procedimientos indispensables que lograrán corregir y devolver a su estado inicial la calidad de los componentes y el nivel de servicio de la vía (Yarango, 2014).

Yarango (2014) menciona que se puede utilizar los siguientes tipos de restauración en el pavimento:

- Restauración superficial, utilizada solo para solucionar deterioros presentes en los 10 cm superiores del pavimento, vinculados con el tiempo de vida útil, calidad y presencia de fisuras en la carpeta asfáltica. Como alternativa se tiene la colocación de agregado asfáltico en frío o en caliente sobre la superficie de la carpeta asfáltica cuyo espesor debe

ser menor a 3.5 cm, así mismo en el caso de que se necesite aumentar la resistencia de soporte ante cargas, se debe realizar trabajos de corte y conformación de material granular seleccionado.

- Restauración estructural, utilizada para solucionar deterioros estructurales que mejorarán las condiciones del pavimento en un largo tiempo.

**Reconstrucción.** Yarango (2014) sostiene que la reconstrucción de una vía está ligada a la remoción del pavimento deteriorado para su respectiva reposición y colocación de todos los estratos que conforman un pavimento, para ello es importante contar con la información necesaria para que se pueda realizar un diseño, selección de materiales y planificación adecuada.

**Tabla 3**

*Tipos de rehabilitación según el estado del Pavimento*

Rango de Clasificación según el Método PCI		Tipos de Rehabilitación
86 a 100	Bueno	Mantenimiento Rutinario
71 a 85	Satisfactorio	
56 a 70	Regular	Mantenimiento Periódico
41 a 55	Pobre	
26 a 40	Muy pobre	Restauración
11 a 25	Grave	Reconstrucción
0 a 10	Deteriorado	

*Nota:* Correa y Del Carpio (2019)

**Alternativas de rehabilitación.** En la Tabla 4 se propone una serie de alternativas que ayudarán a decidir de manera adecuada según el grado de severidad de cada falla descrita en el Método PCI.

**Tabla 4***Alternativas de rehabilitación según el tipo de falla*

N°	Falla	Grados de severidad		
		Leve (L)	Medio (M)	Alto (H)
1	Piel de cocodrilo	Parchado superficial		Parchado profundo
2	Exudación	Ninguna	Uso de agregado y arena compactada	Uso de agregado y arena compactada precalentada
3	Fisuras en bloque	Sellado de fisuras, ancho mayor a tres milímetros.	Parchado superficial	Parchado profundo
4	Abultamientos y hundimientos	Ninguna	Parchado superficial	Parchado profundo
5	Corrugación	Ninguna	Reconstrucción	
6	Depresión	Ninguna	Parchado superficial	Parchado profundo
7	Fisura de borde	Sellado de fisuras, ancho mayor a tres milímetros.	Parchado superficial	Parchado profundo
8	Fisura de reflexión de junta	Sellado de fisuras, ancho mayor a tres milímetros.	Parchado superficial	Parchado profundo
9	Desnivel carril – berma	Nivelación de bermas		
10	Fisuras longitudinales y transversales	Sellado de fisuras, ancho mayor a tres milímetros	Sellado de fisuras	Parchado superficial
11	Parches	Ninguna	Parchado superficial	Parchado profundo
12	Pulimiento de agregados	Ninguna	Parchado superficial	Parchado profundo
13	Huecos	Parchado superficial	Parchado profundo	
14	Cruce de vía férrea	Ninguna	Parchado superficial	Reconstrucción del cruce
15	Ahuellamiento	Ninguna	Parchado superficial	Parchado profundo
16	Desplazamiento	Ninguna	Parchado superficial	Parchado profundo
17	Fisura parabólica	Sellado de fisuras, ancho mayor a tres milímetros.	Parchado superficial	Parchado profundo
18	Hinchamiento	Ninguna	Reconstrucción	
19	Desprendimiento de agregados	Parchado superficial	Parchado profundo	Reconstrucción

*Nota:* Rodríguez (2019)

### **2.3 Definición de términos**

#### ***Deterioro de pavimento***

Es aquella imperfección que se manifiesta de manera clara en la capa de rodadura producto de la circulación de todo tipo de vehículos, clima y desgaste de componentes propios de este (Grupo Bitafal, 2020).

#### ***Concesión de carreteras***

Es un convenio a futuro que involucra al sector público y privado, este garantiza la construcción de la nueva vía y la prestación de beneficios a la población que transite por esta vía (VISE, 2018).

#### ***Carretera afirmada***

El MTC (2018) por medio del “Glosario de Términos” de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial plantea que es aquella vía compuesta por algún o varios niveles de partículas compactadas y seleccionadas en su capa de rodamiento.

#### ***Afirmado***

Se caracteriza por resistir fuerzas provenientes del peso de vehículos en circulación, está compuesta por partículas finas y gruesas cuidadosamente clasificadas y compactadas, conformando así una capa de rodadura uniforme (SNIP, 2015).

#### ***Imprimación asfáltica***

Es aquel proceso en el que se vierte una mezcla bituminosa sobre el terreno previamente compactado (IngeCivil, 2018).

### ***Rugosidad del pavimento***

Son aquellas deformaciones verticales presentes sobre la vía que perjudican el desplazamiento óptimo de vehículos y del tránsito (Laboratorio Vial, s.f.).

### ***Conservación del pavimento***

El MTC (2016) en el Manual de carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, define la conservación vial como un conjunto de actividades que se realizan en las vías de manera periódica para prevenir daños que puedan agravar el estado de estas.

### ***Presupuesto***

Es la estimación del costo real que se requiere para realizar actividades en un periodo de tiempo en el cual se especifica el valor de los recursos y los materiales a utilizar (PlanRadar, 2022).

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1 Tipo de la investigación**

La presente investigación es de tipo proyectiva. Según Hurtado (2016) la investigación de tipo proyectiva se caracteriza por tratar de ofrecer alternativas frente a sucesos identificados a través de un proceso de indagación previo. Por ende, en esta investigación se planteará soluciones según las fallas y el estado de la carpeta asfáltica que se evaluará previamente haciendo uso de las disposiciones recomendadas por el manual ASTM D6433 “Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys”.

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, ya que permitirá recopilar y analizar datos con respecto al grado de severidad de las fallas existentes en la Vía MO-602, para luego proponer soluciones con respecto al valor del PCI calculado para cada calzada.

#### **3.2 Diseño de la investigación**

La presente investigación es de diseño no Experimental Transversal. Según Arias y Covinos (2021) en una investigación de Diseño no Experimental transversal no se

debe alterar el estado de las variables en estudio mediante experimentos, asimismo la recolección de datos se realiza una sola vez, por lo tanto, en esta investigación, se evaluará la carpeta asfáltica de la vía MO-602 sin alterar su estado actual.

La presente investigación es de nivel descriptivo, ya que según Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018, tiene como principal propósito especificar las características de una determinada población, objeto de estudio o cualquier fenómeno.

### **3.3 Población y muestra**

#### **3.3.1 Población**

Según Arias (2012), la población se caracteriza por ser un grupo reducido o incalculable de componentes cuyas particularidades son semejantes. Por ello la población de esta investigación corresponde a pavimentos flexibles con mezcla asfáltica en caliente de la ciudad de Moquegua.

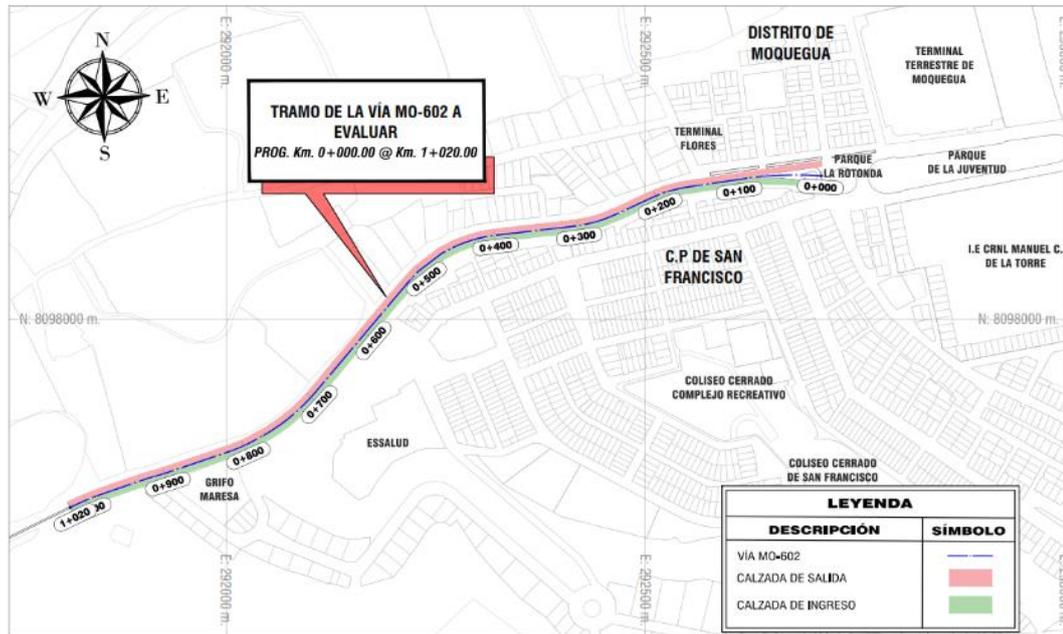
#### **3.3.2 Muestra**

La muestra corresponde a la vía MO-602 de la progresiva 0+000.00 km hasta la progresiva 1+020.00 km, la cual consta de dos calzadas, la calzada de ingreso y la calzada de salida de la ciudad de Moquegua.

El muestreo será del tipo probabilístico al azar sistemático, dado que Arias (2012), establece que la elección de una unidad de muestra está relacionada con una variable continua. Por eso la selección de unidades de muestreo se realizará siguiendo los lineamientos de la norma ASTM D6433.

**Figura 5**

*Ubicación de las muestras a evaluar*



La ASTM International (2018) en el Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys explica que, para definir la muestra según el Método PCI, el tramo de pavimento a evaluar debe estar uniformemente dividido en áreas de  $225 \pm 90 \text{ m}^2$ , así mismo el número mínimo de unidades de muestra “n” a inspeccionar dentro de un tramo de pavimento debe proporcionar una estimación estadísticamente adecuada del 95% de confianza del PCI, por lo tanto “n” se debe redondear al siguiente número entero más alto y se calcula usando la Ecuación 3.

$$n = Ns^2 / ((e^2/4)(N - 1) + s^2) \dots \dots \dots \text{[Ecuación 3]}$$

Donde:

n = número mínimo de unidades de muestra a inspeccionar.

N= número total de unidades de muestra en el tramo de pavimento.

s = desviación estándar del PCI.

e = error admisible en el cálculo del PCI ( $\pm 5$ ).

Para poder determinar la longitud de las muestras a evaluar, se tomará en cuenta el estado de la vía en estudio y su factibilidad, por ello mediante una inspección visual y considerando que la longitud no sea lo suficientemente pequeña ni muy grande, se determinó que sería adecuado dividir la vía en muestras de 30m, esta longitud se aplicará en ambas calzadas.

**Tabla 5**

*Determinación del número mínimo de unidades de muestra “n”*

Descripción	Unidad	Calzada de Ingreso	Calzada de Salida
Longitud de Vía $\rightarrow L$	m	1 020	1 020
Ancho de calzada $\rightarrow A$	m	6,70	6,50
Longitud de muestra a evaluar $\rightarrow Lm$	m	30	30
Área de la muestra $\rightarrow A * Lm$	m <sup>2</sup>	201	195
Rango de área aceptable	m <sup>2</sup>	315 > 201 > 135	315 > 195 > 135
Número total de muestras $\rightarrow L / Lm$		34	34
Desviación estándar del PCI		10	10
Error Admisible		$\pm 5$	$\pm 5$
<b>Número Mínimo de unidades de muestra</b>	und	11,10 = 12	11,10 = 12

*Nota:* Desviación estándar del PCI para Pavimentos flexibles = 10

La ASTM International (2018) por medio del Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys plantea que para determinar el intervalo de separación “i” entre las muestras a inspeccionar se utilizará el muestreo aleatorio sistemático, el cual consiste en separar por igual cada valor de

“i” en todo el tramo del pavimento, eligiendo la primera muestra al azar, así mismo se debe redondear al siguiente entero más bajo utilizando la Ecuación 4:

$$i = N / n \dots\dots\dots [Ecuación 4]$$

Donde:

i = intervalo de separación de unidades de muestra.

N= número total de unidades de muestra en el tramo de pavimento.

n = número mínimo de unidades de muestra a inspeccionar.

**Tabla 6**

*Determinación del intervalo de separación “i”*

Descripción	Calzada de Ingreso	Calzada de Salida
Número total de muestras	34	34
Número Mínimo de unidades de muestra	12	12
<b>Intervalo de separación de unidades de muestra</b>	2,83 = 2	2,83 = 2

**Figura 6**

*Esquema de muestras seleccionadas*

0 a 30m	30 a 60m	60 a 90m	90 a 120m	120 a 150m	150 a 180m
180 a 210m	210 a 240m	240 a 270m	270 a 300m	300 a 330m	330 a 360m
360 a 390m	390 a 420m	420 a 450m	450 a 480m	480 a 510m	510 a 540m
540 a 570m	570 a 600m	600 a 630m	630 a 660m	660 a 690m	690 a 720m
720 a 750m	750 a 780m	780 a 810m	810 a 840m	840 a 870m	870 a 900m
900 a 930m	930 a 960m	960 a 990m	990 a 1020m		

Para poder estimar soluciones con respecto al estado de la vía, será necesario evaluar todas las muestras ya que al calcular el valor del PCI promedio para cada calzada, se podrá elaborar una propuesta de rehabilitación adecuada.



#### **3.4.2 *Plano de la zona de Intervención***

Se utilizará el plano catastral de la Zona, integrando en este las fallas encontradas y soluciones propuestas según el grado de gravedad de cada una de estas.

#### **3.4.3 *AutoCAD***

Programa digital que nos servirá para la elaboración de bosquejos, planos y esquemas necesarios para esta investigación.

#### **3.4.4 *S10***

Programa computarizado que facilita la inserción y creación de presupuestos.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Presentación de resultados

##### 4.1.1 Evaluación Superficial de la carpeta asfáltica según el Método PCI

Para la evaluación superficial de la carpeta asfáltica de la vía MO-602, se ha considerado ambas calzadas, calzada de salida (CS) y calzada de ingreso (CI), cuyas unidades de muestra se distribuyen según la Tabla 7.

Asimismo, cada unidad de muestra tiene una longitud de 30m cuya distribución se ha representado mediante planos que se muestran en la Figura D2 y Figura D3.

**Tabla 7**

*Distribución de unidades de muestra por calzada*

Calzada	Unidades de muestra
Calzada de salida Ancho de calzada = 6,50m	UM-01, UM-02, UM-03, UM-04, UM-05, UM-06, UM-07, UM-08, UM-09, UM-10, UM-11, UM-12, UM-13, UM-14, UM-15, UM-16, UM-17, UM-18, UM-19, UM-20, UM-21, UM-22, UM-23, UM-24, UM-25, UM-26, UM-27, UM-28, UM-29, UM-30, UM-31, UM-32, UM-33, UM-34.
Calzada de ingreso Ancho de calzada = 6,70m	UM-35, UM-36, UM-37, UM-38, UM-39, UM-40, UM-41, UM-42, UM-43, UM-44, UM-45, UM-46, UM-47, UM-48, UM-49, UM-50, UM-51, UM-52, UM-53, UM-54, UM-55, UM-56, UM-57, UM-58, UM-59, UM-60, UM-61, UM-62, UM-63, UM-64, UM-65, UM-66, UM-67, UM-68.

**Incidencia de fallas.** Para cada tipo de falla se ha elaborado una gráfica recopilando los datos por su grado de severidad e influencia que representa en cada unidad de muestra evaluada para cada calzada, de acuerdo con las hojas de registro presentes en el Apéndice C, la ubicación y dimensiones de cada falla se ha plasmado en los planos que se muestran en la Figura D4 y Figura D5.

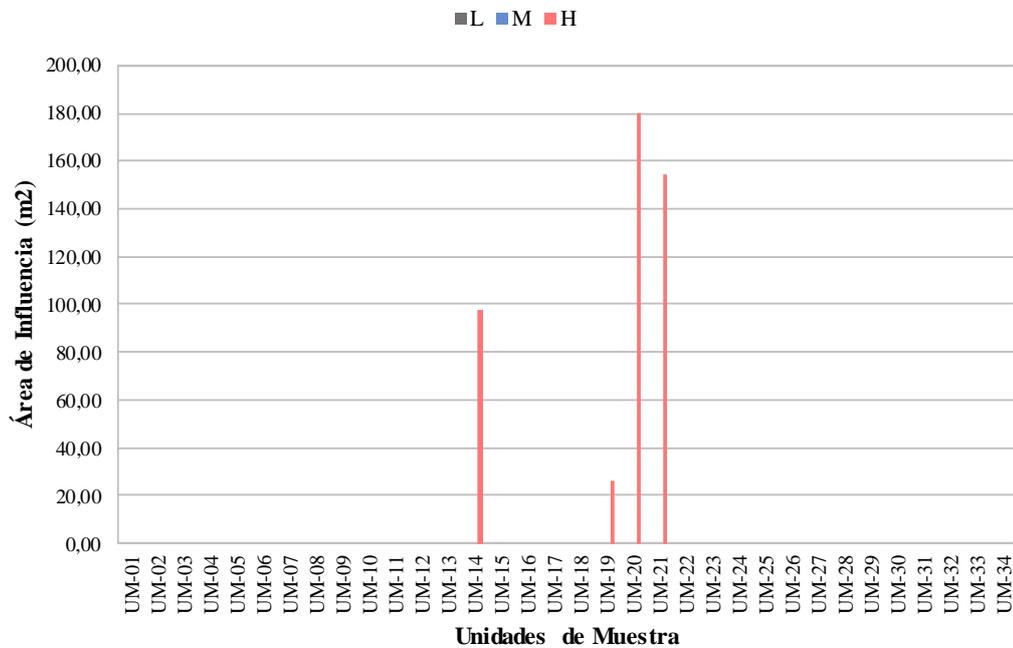
Se han omitido las fallas que no se hayan encontrado durante la evaluación superficial realizada en campo, ya que no contemplan valor alguno en las unidades de muestra, y por ende no requieren mayores trabajos que una limpieza general.

Asimismo, en la Tabla 8 se presenta una síntesis según la incidencia y el grado de severidad para cada tipo de falla.

***Calzada de salida (CS).***

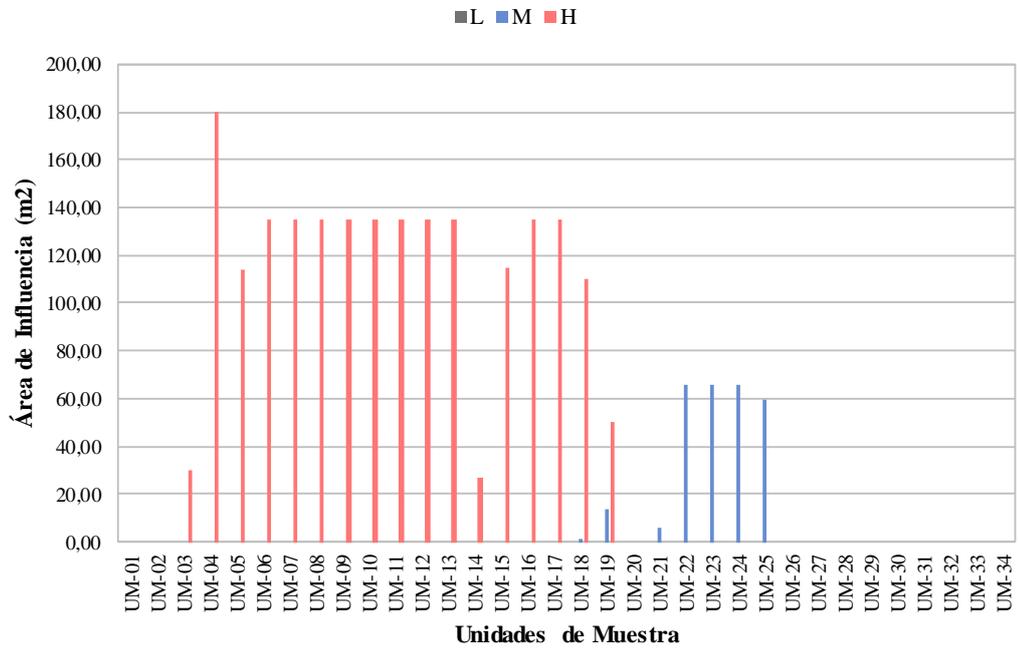
**Figura 8**

*Incidencia en piel de cocodrilo – CS*



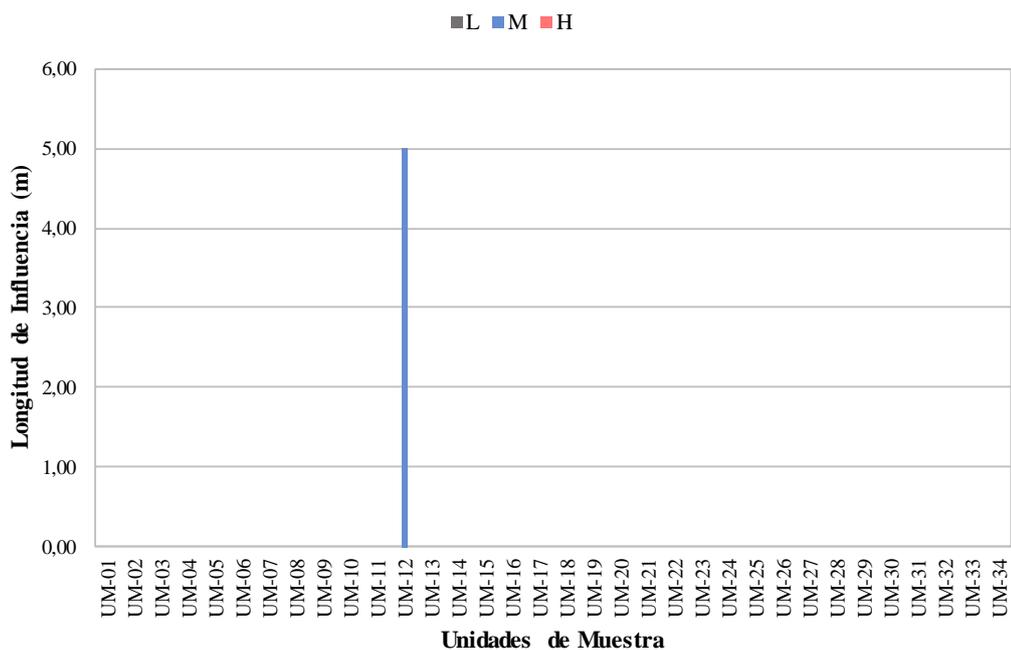
**Figura 9**

*Incidencia en fisura en bloque – CS*



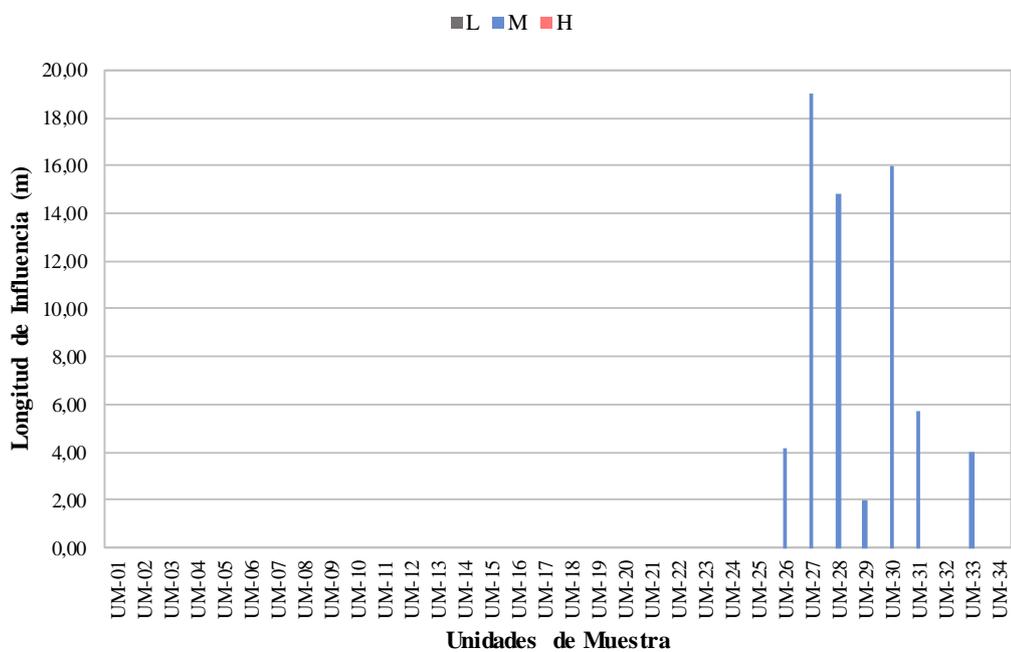
**Figura 10**

*Incidencia en fisura de borde - CS*



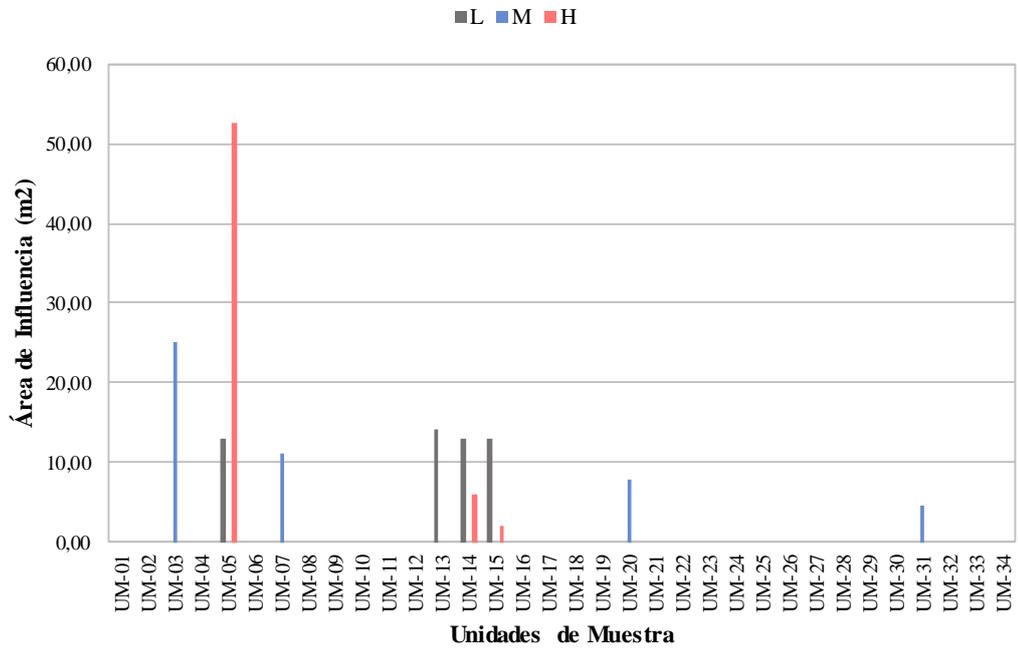
**Figura 11**

*Incidencia en fisura longitudinal y transversal - CS*



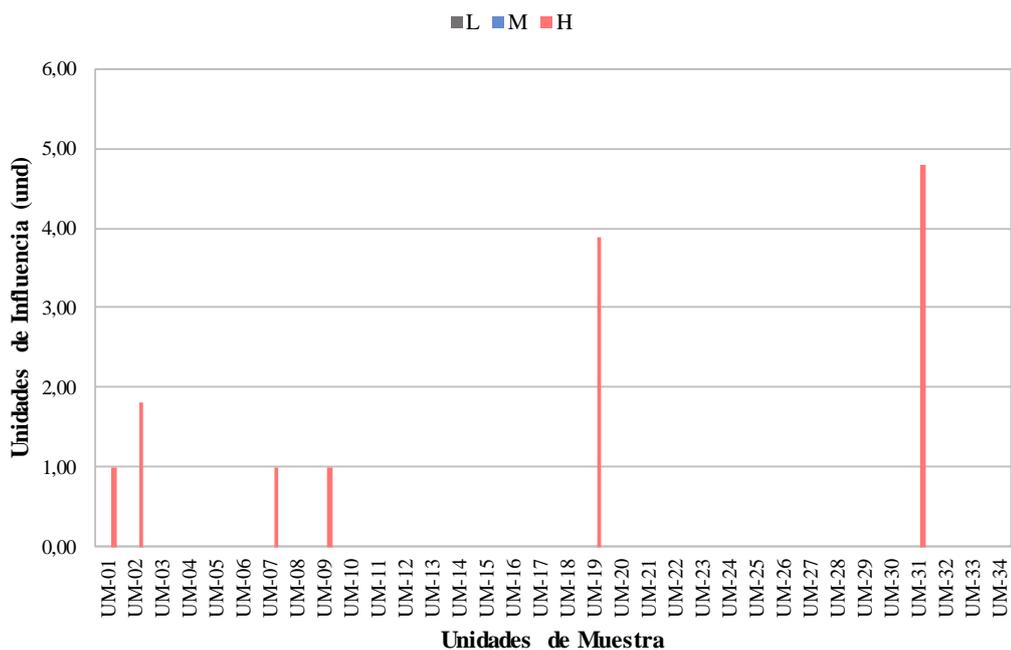
**Figura 12**

*Incidencia en parches - CS*



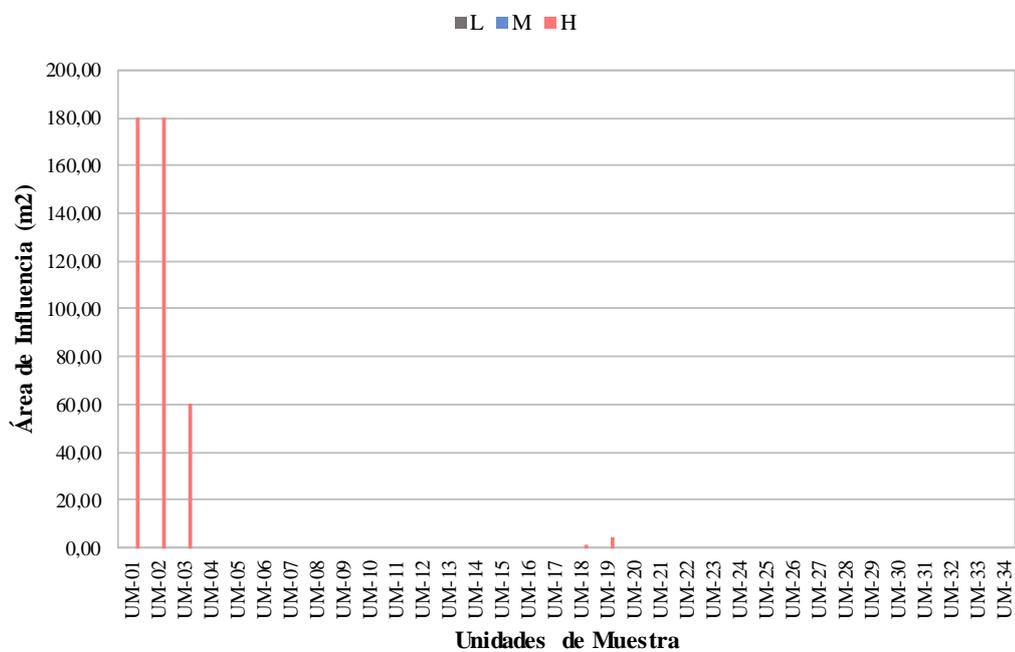
**Figura 13**

*Incidencia en huecos - CS*



**Figura 14**

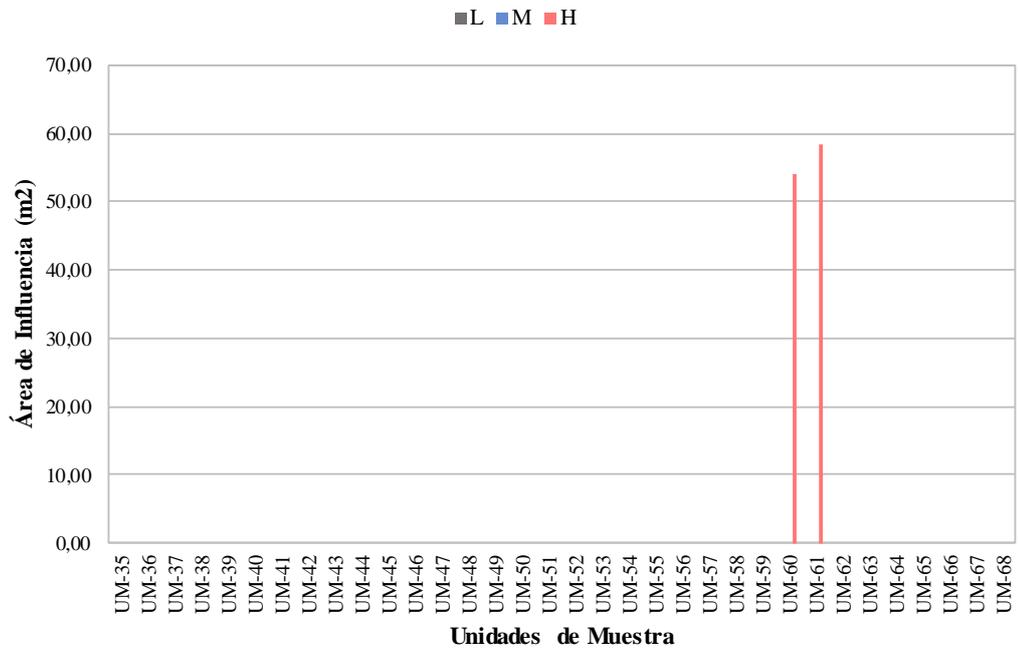
*Incidencia en desprendimiento de agregados - CS*



*Calzada de ingreso (CI).*

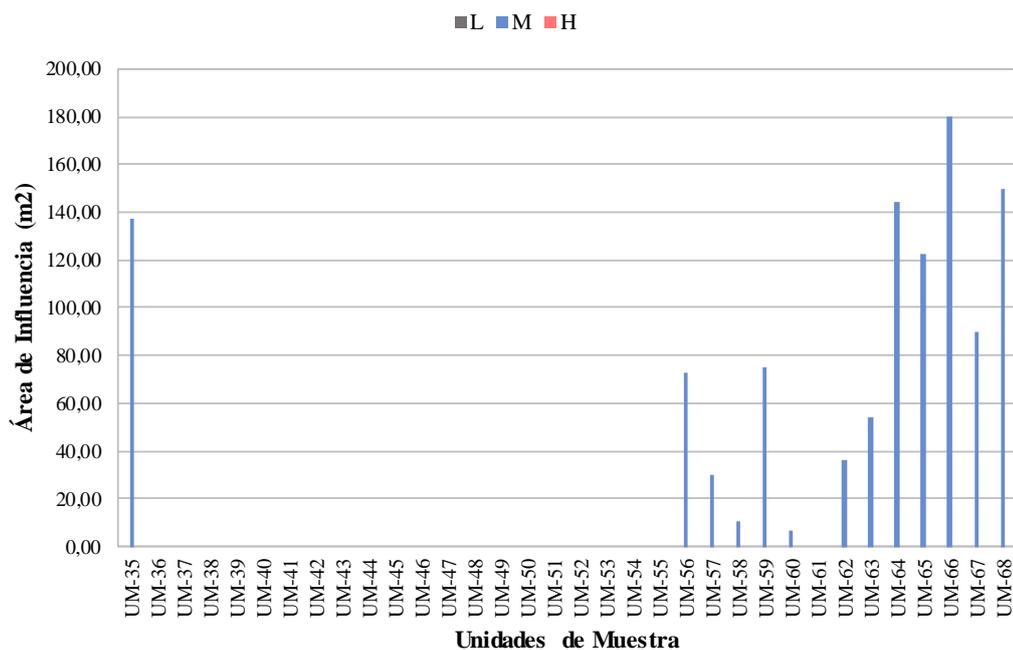
**Figura 15**

*Incidencia en piel de cocodrilo – CI*

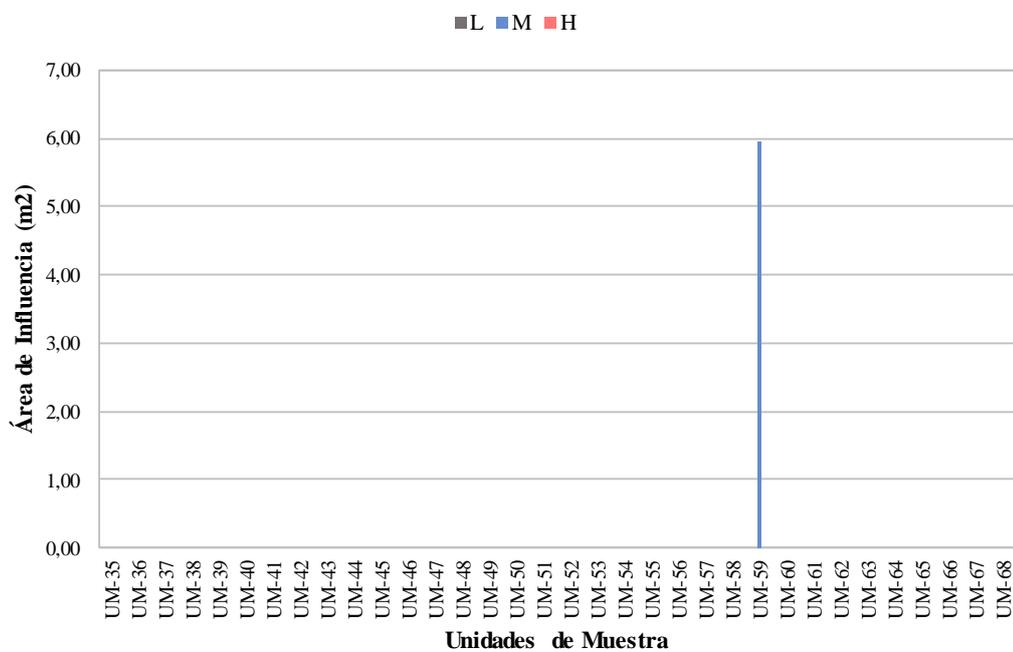


**Figura 16**

*Incidencia en fisura en bloque – CI*

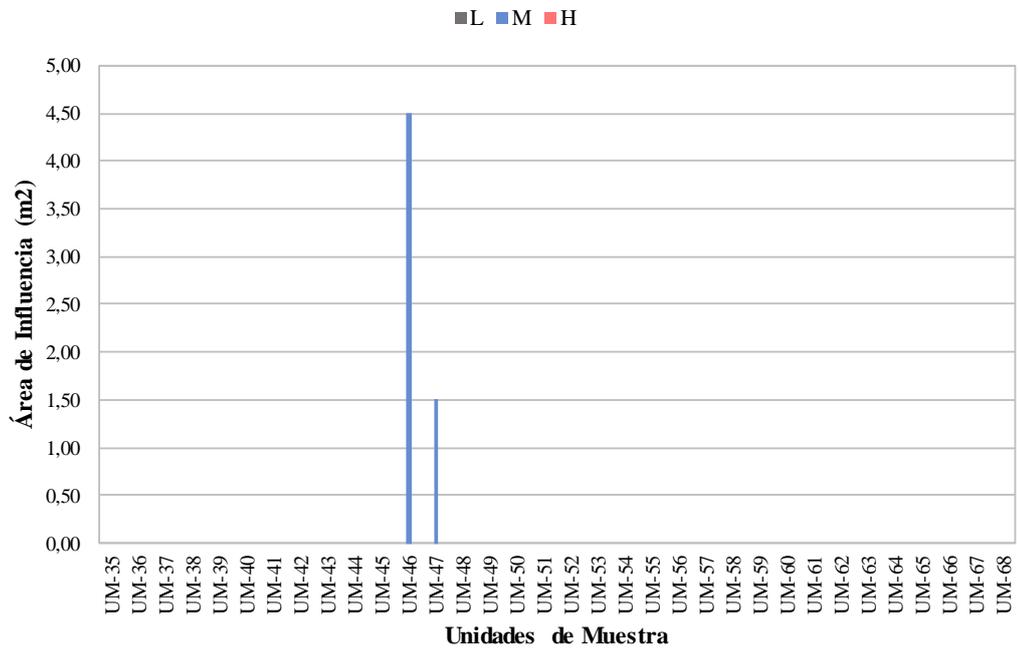


**Figura 17**  
*Incidencia en Abultamientos y Hundimientos - CI*



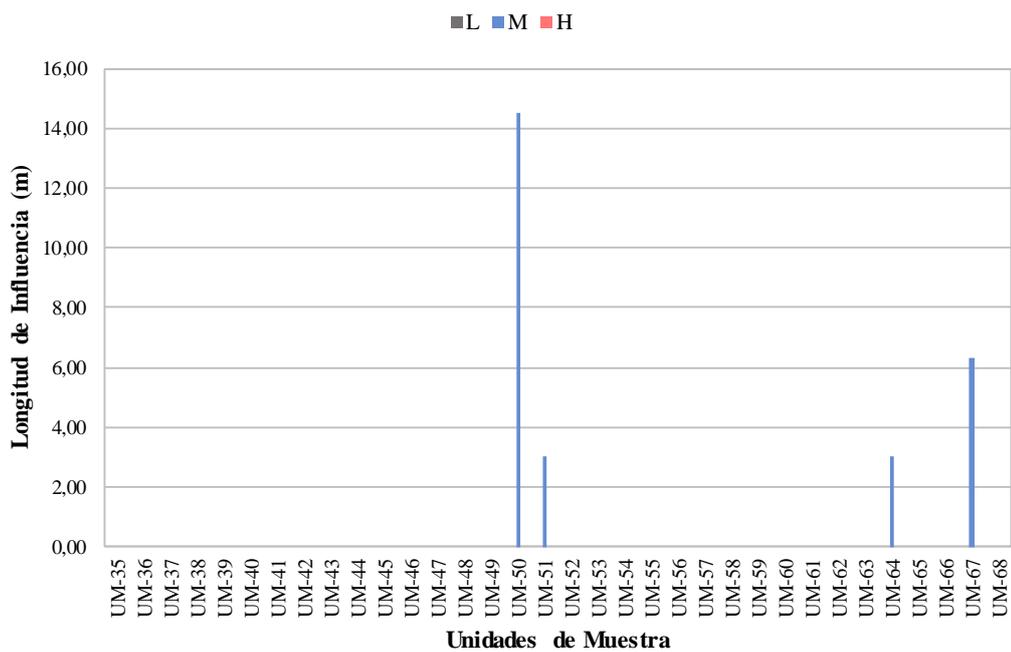
**Figura 18**

*Incidencia en depresión - CI*



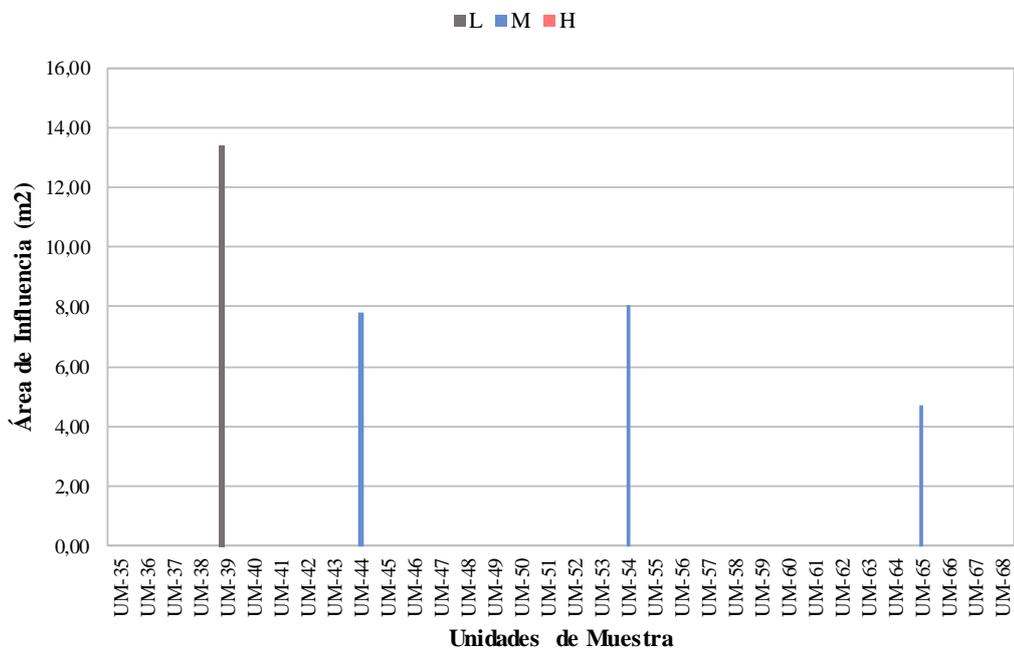
**Figura 19**

*Incidencia en fisura longitudinal y transversal - CI*



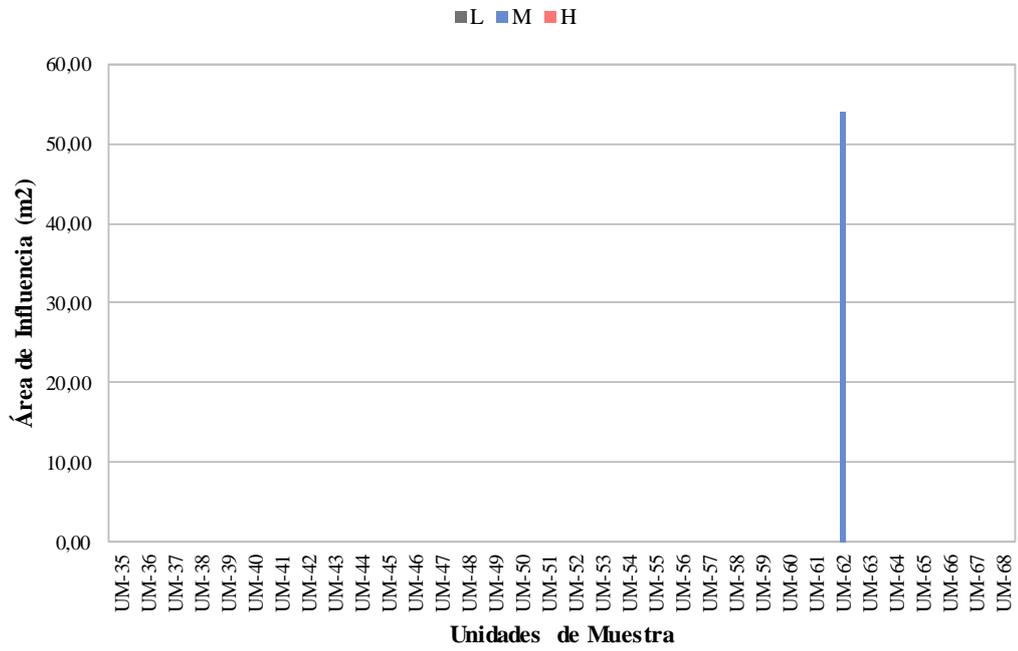
**Figura 20**

*Incidencia en parches - CI*



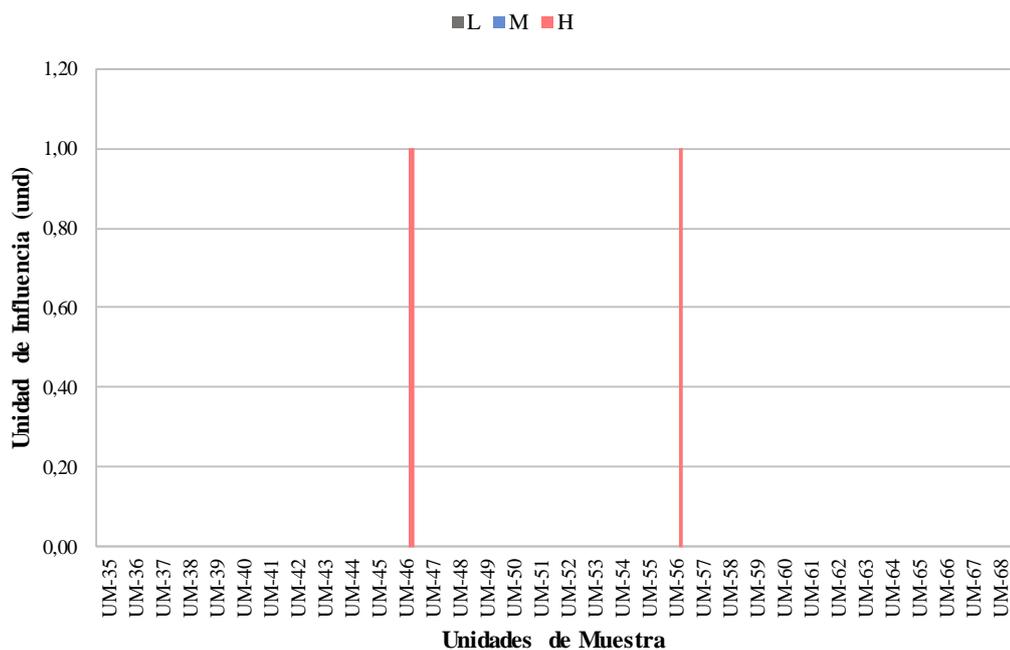
**Figura 21**

*Incidencia en pulimiento de agregados - CI*



**Figura 22**

*Incidencia en huecos – CI*



**Tabla 8**

*Incidencia de fallas según el grado de severidad*

N°	Tipo de falla	Unidad	Grado de severidad	Incidencia	Porcentaje
1	Piel de Cocodrilo	m2	L	-	-
			M	-	-
			H	570,25	7,14%
2	Exudación	m2	No presenta falla		
3	Fisuras en bloque	m2	L	-	-
			M	1 387,73	18,37%
			H	1 976,40	24,49%
4	Abultamientos y Hundimientos	m2	L	-	-
			M	5,94	1,02%
			H	-	-
5	Corrugación	m2	No presenta falla		
6	Depresión	m2	L	-	-
			M	6	2,04%
			H	-	-
7	Fisura de borde	m	L	-	-
			M	5	1,02%
			H	-	-
8	Fisura de reflexión de junta	m	No presenta falla		
9	Desnivel carril - berma	m	No presenta falla		
10	Fisuras long, y trans.	m	L	-	-
			M	92,5	14,29%
			H	-	-

11	Parches	m2	L	66,7	7,14%
			M	69,24	7,14%
			H	60,3	2,04%
12	Pulimiento de agregados	m2	L	-	-
			M	54	1,02%
			H	-	-
13	Huecos	und	L	-	-
			M	-	-
			H	15,48	9,18%
14	Cruce de vía férrea	m2	No presenta falla		
15	Ahuellamiento	m2	No presenta falla		
16	Desplazamiento	m2	No presenta falla		
17	Fisura parabólica	m2	No presenta falla		
18	Hinchamiento	m2	No presenta falla		
19	Desprendimiento de agregados	m2	L	-	-
			M	-	-
			H	425,5	5,10%

**Estado de la carpeta asfáltica.** Para cada unidad de muestra se ha determinado según el método PCI una clasificación acorde a la incidencia de fallas presentes en cada una.

**Tabla 9**

*Estado de la carpeta asfáltica en la calzada de salida*

Unidad de muestra	Progresiva	Clasificación PCI	
UM-01	km 0+000 @ km 0+030	20,27	Grave
UM-02	km 0+030 @ km 0+060	14,81	Grave
UM-03	km 0+060 @ km 0+090	29,65	Muy pobre
UM-04	km 0+090 @ km 0+120	27,90	Muy pobre
UM-05	km 0+120 @ km 0+150	20,02	Grave
UM-06	km 0+150 @ km 0+180	35,69	Muy pobre
UM-07	km 0+180 @ km 0+210	22,55	Grave
UM-08	km 0+210 @ km 0+240	35,69	Muy pobre
UM-09	km 0+240 @ km 0+270	26,95	Muy pobre
UM-10	km 0+270 @ km 0+300	35,69	Muy pobre
UM-11	km 0+300 @ km 0+330	35,69	Muy pobre
UM-12	km 0+330 @ km 0+360	33,69	Muy pobre
UM-13	km 0+360 @ km 0+390	33,69	Muy pobre
UM-14	km 0+390 @ km 0+420	11,50	Grave
UM-15	km 0+420 @ km 0+450	35,68	Muy pobre
UM-16	km 0+450 @ km 0+480	35,69	Muy pobre
UM-17	km 0+480 @ km 0+510	35,69	Muy pobre
UM-18	km 0+510 @ km 0+540	38,65	Muy pobre
UM-19	km 0+540 @ km 0+570	7,33	Deteriorado

UM-20	km 0+570 @ km 0+600	7,46	Deteriorado
UM-21	km 0+600 @ km 0+630	9,57	Deteriorado
UM-22	km 0+630 @ km 0+660	70,81	Satisfactorio
UM-23	km 0+660 @ km 0+690	70,81	Satisfactorio
UM-24	km 0+690 @ km 0+720	70,81	Satisfactorio
UM-25	km 0+720 @ km 0+750	71,82	Satisfactorio
UM-26	km 0+750 @ km 0+780	95,05	Bueno
UM-27	km 0+780 @ km 0+810	82,01	Satisfactorio
UM-28	km 0+810 @ km 0+840	84,82	Satisfactorio
UM-29	km 0+840 @ km 0+870	97,54	Bueno
UM-30	km 0+870 @ km 0+900	83,93	Satisfactorio
UM-31	km 0+900 @ km 0+930	24,90	Grave
UM-32	km 0+930 @ km 0+960	100	Bueno
UM-33	km 0+960 @ km 0+990	95,28	Bueno
UM-34	km 0+990 @ km 1+020	100	Bueno

El valor del PCI total para la calzada de salida es de **47,11** siendo considerado en función a la Figura 3, como **POBRE**.

**Tabla 10**

*Estado de la carpeta asfáltica en la calzada de ingreso*

Unidad de muestra	Progresiva	Clasificación PCI	
UM - 35	km 0+000 @ km 0+030	100	Bueno
UM - 36	km 0+030 @ km 0+060	100	Bueno
UM - 37	km 0+060 @ km 0+090	100	Bueno
UM - 38	km 0+090 @ km 0+120	100	Bueno
UM - 39	km 0+120 @ km 0+150	79,32	Satisfactorio
UM - 40	km 0+150 @ km 0+180	100	Bueno
UM - 41	km 0+180 @ km 0+210	100	Bueno
UM - 42	km 0+210 @ km 0+240	100	Bueno
UM - 43	km 0+240 @ km 0+270	100	Bueno
UM - 44	km 0+270 @ km 0+300	80,22	Satisfactorio
UM - 45	km 0+300 @ km 0+330	100	Bueno
UM - 46	km 0+330 @ km 0+360	62,17	Regular
UM - 47	km 0+360 @ km 0+390	91,85	Bueno
UM - 48	km 0+390 @ km 0+420	100	Bueno
UM - 49	km 0+420 @ km 0+450	100	Bueno
UM - 50	km 0+450 @ km 0+480	85,38	Bueno
UM - 51	km 0+480 @ km 0+510	96,52	Bueno
UM - 52	km 0+510 @ km 0+540	100	Bueno
UM - 53	km 0+540 @ km 0+570	100	Bueno
UM - 54	km 0+570 @ km 0+600	79,90	Satisfactorio

UM - 55	km 0+600 @ km 0+630	100	Bueno
UM - 56	km 0+630 @ km 0+660	49,52	Pobre
UM - 57	km 0+660 @ km 0+690	80,70	Satisfactorio
UM - 58	km 0+690 @ km 0+720	88,59	Bueno
UM - 59	km 0+720 @ km 0+750	61,60	Regular
UM - 60	km 0+750 @ km 0+780	23,89	Grave
UM - 61	km 0+780 @ km 0+810	24,68	Grave
UM - 62	km 0+810 @ km 0+840	76,54	Satisfactorio
UM - 63	km 0+840 @ km 0+870	73,50	Satisfactorio
UM - 64	km 0+870 @ km 0+900	60,05	Regular
UM - 65	km 0+900 @ km 0+930	61,90	Regular
UM - 66	km 0+930 @ km 0+960	59,36	Regular
UM - 67	km 0+960 @ km 0+990	65,61	Regular
UM - 68	km 0+990 @ km 1+020	61,56	Regular

El valor del PCI total para la calzada de ingreso es de **81,26** siendo considerado en función a la Figura 3, como **SATISFACTORIO**.

#### 4.1.2 Soluciones propuestas

**Tabla 11**

*Soluciones propuestas en la CS – UM-01 a UM-17*

Código de falla	N° de falla	Grado de severidad	Propuesta de solución	Unidad de muestra	Progresivas
F-01	19	H	Reconstrucción	UM-01	km 0+000 @ km 0+030
F-02	13	H	Reconstrucción	UM-01	km 0+006 @ km 0+007
F-03	19	H	Reconstrucción	UM-02	km 0+030 @ km 0+060
F-04	13	H	Reconstrucción	UM-02	km 0+046 @ km 0+047
F-05	19	H	Reconstrucción	UM-03	km 0+060 @ km 0+070
F-06	11	L	Reconstrucción	UM-03	km 0+070 @ km 0+088
F-07	3	H	Reconstrucción	UM-03	km 0+085 @ km 0+090
F-08	3	H	Reconstrucción	UM-04	km 0+090 @ km 0+120
F-09	3	H	Reconstrucción	UM-05	km 0+120 @ km 0+136
F-10	11	M	Reconstrucción	UM-05	km 0+133 @ km 0+144
F-11	11	L	Reconstrucción	UM-05	km 0+144 @ km 0+146
F-12	3	H	Reconstrucción	UM-05	km 0+146 @ km 0+150
F-13	3	H	Reconstrucción	UM-06	km 0+150 @ km 0+180
F-14	3	H	Reconstrucción	UM-07	km 0+180 @ km 0+210
F-15	11	M	Reconstrucción	UM-07	km 0+183 @ km 0+188
F-16	13	H	Reconstrucción	UM-07	km 0+183 @ km 0+184

F-17	3	H	Reconstrucción	UM-08	km 0+210 @ km 0+240
F-18	3	H	Reconstrucción	UM-09	km 0+240 @ km 0+270
F-19	13	H	Reconstrucción	UM-09	km 0+242 @ km 0+243
F-20	3	H	Reconstrucción	UM-10	km 0+270 @ km 0+300
F-21	3	H	Reconstrucción	UM-11	km 0+300 @ km 0+330
F-22	3	H	Reconstrucción	UM-12	km 0+330 @ km 0+360
F-23	7	M	Reconstrucción	UM-12	km 0+335 @ km 0+340
F-24	3	H	Reconstrucción	UM-13	km 0+360 @ km 0+390
F-25	11	L	Reconstrucción	UM-13	km 0+364 @ km 0+374
F-26	11	L	Reconstrucción	UM-13	km 0+380 @ km 0+383
F-27	3	H	Reconstrucción	UM-14	km 0+390 @ km 0+396
F-28	1	H	Reconstrucción	UM-14	km 0+396 @ km 0+416
F-29	11	H	Reconstrucción	UM-14	km 0+411 @ km 0+420
F-30	11	L	Reconstrucción	UM-14	km 0+416 @ km 0+420
F-31	11	H	Reconstrucción	UM-15	km 0+420 @ km 0+423
F-32	11	L	Reconstrucción	UM-15	km 0+420 @ km 0+425
F-33	3	H	Reconstrucción	UM-15	km 0+425 @ km 0+450
F-34	3	H	Reconstrucción	UM-16	km 0+450 @ km 0+480
F-35	3	H	Reconstrucción	UM-17	km 0+480 @ km 0+510

**Tabla 12**

*Soluciones propuestas en la CS – UM-18 a UM-34*

<b>Código de falla</b>	<b>N° de falla</b>	<b>Grado de severidad</b>	<b>Propuesta de solución</b>	<b>Unidad de muestra</b>	<b>Progresivas</b>
F-36	3	H	Reconstrucción	UM-18	km 0+510 @ km 0+535
F-37	3	M	Reconstrucción	UM-18	km 0+539 @ km 0+540
F-38	19	H	Reconstrucción	UM-18	km 0+539 @ km 0+540
F-39	3	M	Reconstrucción	UM-19	km 0+540 @ km 0+549
F-40	19	H	Reconstrucción	UM-19	km 0+540 @ km 0+544
F-41	13	H	Reconstrucción	UM-19	km 0+552 @ km 0+554
F-42	3	H	Reconstrucción	UM-19	km 0+544 @ km 0+565
F-43	13	H	Reconstrucción	UM-19	km 0+563 @ km 0+564
F-44	1	H	Reconstrucción	UM-19	km 0+566 @ km 0+570
F-45	1	H	Reconstrucción	UM-20	km 0+570 @ km 0+592
F-46	11	M	Reconstrucción	UM-20	km 0+592 @ km 0+593
F-47	1	H	Reconstrucción	UM-20	km 0+593 @ km 0+600
F-48	1	H	Reconstrucción	UM-21	km 0+600 @ km 0+628
F-49	3	M	Reconstrucción	UM-21	km 0+628 @ km 0+630
F-50	3	M	Parchado superficial	UM-22	km 0+630 @ km 0+660
F-51	3	M	Parchado superficial	UM-23	km 0+660 @ km 0+690

F-52	3	M	Parchado superficial	UM-24	km 0+690 @ km 0+720
F-53	3	M	Parchado superficial	UM-25	km 0+720 @ km 0+747
F-54	10	M	Sellado de fisuras	UM-26	km 0+759 @ km 0+763
F-55	10	M	Sellado de fisuras	UM-27	km 0+791 @ km 0+810
F-56	10	M	Sellado de fisuras	UM-28	km 0+810 @ km 0+813
F-57	10	M	Sellado de fisuras	UM-28	km 0+818 @ km 0+830
F-58	10	M	Sellado de fisuras	UM-29	km 0+845 @ km 0+847
F-59	10	M	Sellado de fisuras	UM-30	km 0+877 @ km 0+893
F-60	11	M	Parchado profundo	UM-31	km 0+914 @ km 0+915
F-61	13	H	Parchado profundo	UM-31	km 0+917 @ km 0+918
F-62	10	M	Sellado de fisuras	UM-31	km 0+921 @ km 0+924
F-63	10	M	Sellado de fisuras	UM-31	km 0+925
F-64	10	M	Sellado de fisuras	UM-33	km 0+977 @ km 0+981

**Tabla 13**

*Soluciones propuestas en la CI – UM-35 a UM-68*

<b>Código de falla</b>	<b>Nº de falla</b>	<b>Grado de severidad</b>	<b>Propuesta de solución</b>	<b>Unidad de muestra</b>	<b>Progresivas</b>
F-65	11	L	-	UM-39	km 0+144 @ km 0+146
F-66	11	M	Parchado superficial	UM-44	km 0+294 @ km 0+295
F-67	13	H	Parchado profundo	UM-46	km 0+353 @ km 0+354
F-68	6	M	Parchado superficial	UM-46	km 0+353 @ km 0+360
F-69	6	M	Parchado superficial	UM-47	km 0+360 @ km 0+363
F-70	10	M	Sellado de fisuras	UM-50	km 0+465 @ km 0+475
F-71	10	M	Sellado de fisuras	UM-50	km 0+476 @ km 0+480
F-72	10	M	Sellado de fisuras	UM-51	km 0+480 @ km 0+483
F-73	11	M	Parchado superficial	UM-54	km 0+592 @ km 0+593
F-74	3	M	Parchado profundo	UM-56	km 0+636 @ km 0+646
F-75	13	H	Parchado profundo	UM-56	km 0+645 @ km 0+646
F-76	3	M	Parchado superficial	UM-56	km 0+647 @ km 0+660
F-77	3	M	Parchado superficial	UM-57	km 0+660 @ km 0+669
F-78	3	M	Parchado superficial	UM-58	km 0+694 @ km 0+696
F-79	3	M	Parchado superficial	UM-58	km 0+718 @ km 0+720
F-80	3	M	Parchado superficial	UM-59	km 0+720 @ km 0+724
F-81	4	M	Parchado superficial	UM-59	km 0+724 @ km 0+737
F-82	3	M	Parchado superficial	UM-59	km 0+732 @ km 0+750
F-83	3	M	Parchado superficial	UM-60	km 0+750 @ km 0+752

F-84	1	H	Parchado profundo	UM-60	km 0+762 @ km 0+780
F-85	1	H	Parchado profundo	UM-61	km 0+780 @ km 0+800
F-86	3	M	Parchado superficial	UM-62	km 0+810 @ km 0+822
F-87	12	M	Parchado superficial	UM-62	km 0+822 @ km 0+840
F-88	3	M	Parchado superficial	UM-63	km 0+853 @ km 0+870
F-89	3	M	Parchado superficial	UM-64	km 0+870 @ km 0+871
F-90	10	M	Parchado superficial	UM-64	km 0+871 @ km 0+874
F-91	3	M	Parchado superficial	UM-64	km 0+879 @ km 0+900
F-92	3	M	Parchado superficial	UM-65	km 0+900 @ km 0+914
F-93	11	M	Parchado superficial	UM-65	km 0+914 @ km 0+915
F-94	3	M	Parchado superficial	UM-65	km 0+926 @ km 0+930
F-95	3	M	Parchado superficial	UM-66	km 0+930 @ km 0+960
F-96	10	M	Sellado de fisuras	UM-67	km 0+964
F-97	3	M	Sellado de fisuras	UM-67	km 0+972 @ km 0+990
F-98	3	M	Sellado de fisuras	UM-68	km 0+990 @ km 1+020

Para cada solución propuesta se ha establecido un código, cuya síntesis y ubicación de cada una se encuentra plasmada en los planos que se muestran en la Figura D6 y Figura D7.

#### 4.1.3 Presupuesto

El presupuesto obtenido según las soluciones propuestas para cada tipo de falla equivale a un total de 1 349 866,74 Soles, el cual se desarrolla en el Apéndice G.

**Tabla 14**

*Pie de Presupuesto de la Propuesta de Rehabilitación*

<b>Pie de presupuesto</b>	<b>S/.</b>
Costo directo	1 101 932,04
Gastos generales (11%)	121 212,52
Gastos de supervisión (5%)	55 096,6
Gastos de administración (4%)	44 077,28
Gastos de liquidación (2%)	22 038,64
Gastos de difusión (0.50%)	5 509,66
<b>Presupuesto Total</b>	<b>1 349 866,74</b>

#### 4.2 Contratación de hipótesis

Primero se debe analizar si nuestros datos para cada hipótesis planteada tienen una distribución normal, para ello INCADEM (2021) hace mención que:

Se debe realizar la prueba de normalidad de Kolmogorov – Smirnov para muestras mayores a 30 o la prueba de Shapiro – Wilks para muestras menores a 30, por ende, nos planteamos las siguientes hipótesis para cada conjunto de datos.

**H<sub>0</sub>:** Los datos tienen una distribución normal.

**H<sub>1</sub>:** Los datos no tienen una distribución normal.

Si el valor de significancia “**p**” es mayor a **0,05** se aceptará la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) y se tendrá que utilizar pruebas de estadística paramétricas, pero si **p** es menor a **0,05** se rechazará la hipótesis nula y se utilizará pruebas de estadística no paramétricas. (9m13s).

#### **4.2.1 Hipótesis Específicas**

##### **Primera Hipótesis Específica.**

**H<sub>0</sub>:** El estado de la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua tiene un deterioro del 50%.

**H<sub>1</sub>:** El estado de la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua no tiene un deterioro del 50%.

##### ***Prueba de normalidad.***

**Tabla 15**

*Prueba de normalidad para valores según Clasificación PCI*

---

---

<b>Kolmogorov-Smirnov</b>
---------------------------

---

---

Parámetros	Clasificación PCI - CS	Clasificación PCI - CI
N	34	34
Estadístico	0,263	0,217
Sig.	< 0,001	< 0,001
Media	47,107	81,261
Desv. Estándar	30,600	21,749
Mínimo	7,33	23,89
Máximo	100	100

El valor de significancia para ambas calzadas es menor a 0,05 por ende se rechazará la hipótesis nula, es decir los datos obtenidos para la Clasificación del PCI según las unidades de muestra no pertenecen a una distribución normal.

Utilizaremos la prueba estadística no paramétrica Chi-cuadrado empleando el software IBM SPSS Statistics, para ello se desglosará la primera hipótesis específica de la siguiente manera.

#### ***Análisis estadístico para la Calzada de Salida.***

**H<sub>0</sub>:** El estado de la carpeta asfáltica en la calzada de salida de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua tiene un deterioro del 50%.

**H<sub>1</sub>:** El estado de la carpeta asfáltica en la calzada de salida de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua no tiene un deterioro del 50%.

Para el contraste de hipótesis se utilizará la siguiente condición para el valor de significancia “p → Sig. Asin.”, en la cual el  $\alpha$  elegido comúnmente es 0.05 (nivel de confianza del 95%).

Si  $p \leq \alpha$  elegido, se rechaza la H<sub>0</sub> y se acepta la H<sub>1</sub>

Si  $p > \alpha$  elegido, se acepta la H<sub>0</sub> y se rechaza la H<sub>1</sub>

Categorizamos los datos ya que se espera que por lo menos 17 (50%) de las 34 (100%) muestras se encuentren en estado de deterioro.

**Tabla 16**

*Frecuencias para la Clasificación PCI – CS*

<b>Clasificación PCI</b>	<b>N observado</b>	<b>N esperada</b>	<b>Residuo</b>
Deteriorado	3	17,0	-14,0
Grave	6	4,3	1,8
Muy pobre	13	4,3	8,8
Satisfactorio	7	4,3	2,8
Bueno	5	4,3	0,8
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>		

**Tabla 17**

*Estadísticos de prueba para la Clasificación PCI – CS*

<b>Estadístico</b>	
Chi-cuadrado	32.176 <sup>a</sup>
g.l.	4
Sig. asin.	< 0,001

El valor experimental del estadístico de contraste de Chi-cuadrado es igual a 32,176 y el valor de p es menor a 0,001, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta que “El estado de la carpeta asfáltica en la calzada de salida no tiene un deterioro del 50%”.

***Análisis estadístico para la Calzada de Ingreso.***

**H<sub>0</sub>:** El estado de la carpeta asfáltica en la calzada de ingreso de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua tiene un deterioro del 50%.

**H<sub>1</sub>:** El estado de la carpeta asfáltica en la calzada de ingreso de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua no tiene un deterioro del 50%.

Para el contraste de hipótesis se utilizará la siguiente condición:

Si  $p \leq \alpha$  elegido, se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$

Si  $p > \alpha$  elegido, se acepta la  $H_0$  y se rechaza la  $H_1$

**Tabla 18**

*Frecuencias para la Clasificación PCI – CI*

<b>Clasificación PCI</b>	<b>N observado</b>	<b>N esperada</b>	<b>Residuo</b>
Grave	2	6,8	-4,8
Pobre	1	6,8	-5,8
Regular	7	6,8	0,2
Satisfactorio	6	6,8	-0,8
Bueno	18	6,8	11,2
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>		

**Tabla 19**

*Estadísticos de prueba para la Clasificación PCI – CI*

<b>Estadístico</b>	
Chi-cuadrado	26.882 <sup>a</sup>
g.l.	4
Sig. asin.	< 0,001

El valor experimental del estadístico de contraste de Chi-cuadrado es igual a 26,882 y el valor de  $p$  es menor a 0,001, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta que “El estado de la carpeta asfáltica en la calzada de ingreso no tiene un deterioro del 50%”.

### **Segunda Hipótesis Específica.**

**H<sub>0</sub>:** La propuesta de solución comprende un 25% de fallas que necesitan sellado de fisuras, 60% que necesitan parchados profundos y 15% que necesitan parchado superficial en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.

**H<sub>1</sub>:** La propuesta de solución no comprende un 25% de fallas que necesitan sellado de fisuras, 60% que necesitan parchados profundos y 15% que

necesitan parchado superficial en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.

**Prueba de normalidad.** Para poder analizar adecuadamente las diferentes soluciones propuestas se asignará un valor para cada una de ellas, es decir el valor de 1 para sellado de fisuras, 2 para parchado superficial, 3 para parchado profundo, 4 para reconstrucción y 5 sin tratamiento.

**Tabla 20**

*Prueba de normalidad para soluciones propuestas*

<b>Kolmogorov-Smirnov</b>	
<b>Parámetros</b>	<b>Soluciones Propuestas</b>
N	98
Estadístico	0,320
Sig.	< 0,001

El valor de significancia para las soluciones propuestas es menor a 0,05 por ende se rechazará la hipótesis nula, es decir las soluciones propuestas para las fallas no pertenecen a una distribución normal.

Utilizaremos la prueba estadística no paramétrica Chi-cuadrado empleando el software IBM SPSS Statistics.

Para el contraste de hipótesis se utilizará la siguiente condición para el valor de significancia “ $p \rightarrow \text{Sig. Asin.}$ ”, en la cual el  $\alpha$  elegido comúnmente es 0.05 (nivel de confianza del 95%).

Si  $p \leq \alpha$  elegido, se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$

Si  $p > \alpha$  elegido, se acepta la  $H_0$  y se rechaza la  $H_1$

Categorizamos los datos ya que se espera que el 25% de las 98 fallas sean sellado de fisuras, el 60% sean parchado profundo y el 15% sean parchado superficial.

**Tabla 21**

*Frecuencias para soluciones propuestas*

<b>Clasificación PCI</b>	<b>N observado</b>	<b>% observado</b>	<b>% esperada</b>
Sellado de fisuras	15	15,31	25
Parchado superficial	26	26,53	15
Parchado profundo	7	7,14	60
Reconstrucción	49	50	0
Sin tratamiento	1	1,02	0
<b>TOTAL</b>	<b>98</b>		

**Tabla 22**

*Estadísticos de prueba para soluciones propuestas*

<b>Estadístico</b>	
Chi-cuadrado	24 020 007,02 <sup>a</sup>
g.l.	4
Sig. asin.	< 0,001

El valor experimental del estadístico de contraste de Chi-cuadrado es igual a 24 020 007,02 y el valor de p es menor a 0,001, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta que “La propuesta de solución no comprende un 25% de fallas que necesitan sellado de fisuras, 60% que necesitan parchados profundos y 15% que necesitan parchado superficial en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua”.

### **Tercera Hipótesis Específica.**

**H<sub>0</sub>:** El presupuesto necesario oscila entre 100 000,00 y 500 000,00 soles para desarrollar las soluciones propuestas en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.

**H<sub>1</sub>:** El presupuesto necesario no oscila entre 100 000,00 y 500 000,00 soles para desarrollar las soluciones propuestas en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.

Para el contraste de esta hipótesis utilizaremos el presupuesto elaborado según las soluciones propuestas para las fallas encontradas durante la evaluación superficial de la Vía MO-602, el cual asciende a un costo total de 1 349 866,74 soles, cuyo valor no está dentro del rango esperado; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta que “El presupuesto necesario no oscila entre 100 000,00 y 500 000,00 soles para desarrollar las soluciones propuestas en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua”.

#### ***4.2.2 Hipótesis General***

**H<sub>0</sub>:** La propuesta de rehabilitación permitirá conservar la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.

**H<sub>1</sub>:** La propuesta de rehabilitación permitirá conservar la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.

Para poder contrastar la hipótesis general se debe interpretar los resultados por calzada.

#### ***Análisis para la Calzada de Salida.***

**H<sub>0</sub>:** La propuesta de rehabilitación permitirá conservar la carpeta asfáltica en la calzada de salida de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.

**H<sub>1</sub>:** La propuesta de rehabilitación no permitirá conservar la carpeta asfáltica en la calzada de salida de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.

La calzada de salida tiene un área de 6 630,00m<sup>2</sup> de la cual 4 545,78m<sup>2</sup> requieren una intervención que permitirá su conservación mediante soluciones de reconstrucción, parchado superficial, parchado profundo y sellado de fisuras, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

#### ***Análisis para la Calzada de Ingreso.***

**H<sub>0</sub>:** La propuesta de rehabilitación permitirá conservar la carpeta asfáltica en la calzada de ingreso de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.

**H<sub>1</sub>:** La propuesta de rehabilitación no permitirá conservar la carpeta asfáltica en la calzada de ingreso de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.

La calzada de ingreso tiene un área de 6 834,00m<sup>2</sup> de la cual 1 001,22m<sup>2</sup> requieren una intervención que permitirá su conservación mediante soluciones de parchado superficial, parchado profundo y sellado de fisuras, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

### **4.3 Discusión de resultados**

#### ***4.3.1 Objetivos específicos***

**Primer objetivo específico.** Este plantea evaluar el estado de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la vía MO-602 del distrito de Moquegua, para ello la ASTM International (2018) por medio del Standard Practice for Roads and

Parking Lots Pavement Condition Index Surveys sostiene que el estado de una vía se puede clasificar numéricamente de 0 a 100, (0 significa que el tramo a evaluar se encuentra en un estado de deterioro mientras que 100 significa que se encuentra en óptimas condiciones).

Los resultados obtenidos demuestran que la carpeta asfáltica en la calzada de salida tiene una clasificación del PCI de 47,11 y siguiendo el mismo precepto la calzada de ingreso tiene una clasificación del PCI de 81,26 concluyendo que la calzada de salida presenta un deterioro significativo en comparación con la calzada de ingreso.

Los resultados de la investigación guardan relación con los obtenidos por Zapata (2020), quien en su evaluación superficial mediante el método PCI pudo determinar la clasificación y por consecuencia el estado del pavimento en sus diferentes unidades de muestra, teniendo como resultado que para el tramo I recibe una clasificación del PCI de 69,321 y para el tramo II una clasificación del PCI de 64,825.

Si bien es cierto los resultados guardan relación con la clasificación según el método PCI y los diferentes tipos de fallas, no obstante, los resultados no coinciden, ya que las muestras corresponden a vías diferentes y a periodos de tiempo distintos, por lo que las fallas encontradas difieren en cantidad, frecuencia y severidad afectando la clasificación de la vía evaluada.

**Segundo objetivo específico.** Este busca proponer una solución a cada falla existente en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua, para

ello el MTC (2016) a través del Manual de carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, establece posibles soluciones a las diferentes fallas presentes en la carpeta asfáltica.

Los resultados propuestos a las diferentes fallas encontradas en la Vía MO-602 están comprendidos entre sellado de fisuras, parchado superficial, parchado profundo y reconstrucción, de los cuales las primeras tres soluciones corresponden a un mantenimiento rutinario.

Los resultados de la investigación guardan relación con los obtenidos por Correa y Del Carpio (2019), los cuales establecen que en el sector uno requiere una rehabilitación mientras que en sector dos y tres un mantenimiento rutinario, este mantenimiento rutinario involucra actividades de parchado profundo, parchado superficial, sellado de fisuras, entre otros.

A pesar de que existan diferencias en los diferentes tipos de falla encontrados en cada evaluación, los resultados coinciden con las diferentes soluciones propuestas, ya que el método PCI ha determinado las posibles soluciones para cada tipo de falla, esto no limita a que sean las únicas posibles soluciones.

**Tercer objetivo específico.** Este busca determinar el presupuesto necesario para que se pueda desarrollar las soluciones propuestas en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602, para ello PlanRadar (2022), define que el presupuesto es la estimación del costo real que se requiere para realizar actividades en un periodo de tiempo en el cual se especifica el valor de los recursos y los materiales a utilizar.

El resultado obtenido se basa en un presupuesto cuyas partidas se desglosan según las soluciones propuestas a cada una de las diferentes fallas, el monto total asciende a 1 349 866,74 soles.

El resultado de la presente investigación guarda relación con el que obtuvo Correa y Del Carpio (2019), el cual corresponde a 140 342,44 soles para su propuesta de intervención de la vía Jr. Los Incas.

A pesar de que existe una diferencia en el monto total, estos resultados coinciden en el tipo de moneda y la manera de formular el presupuesto, ya que ambos calculan un presupuesto acorde a los precios del mercado y a las fallas presentes según el método PCI, no obstante, esta diferencia se debe a que el grado de severidad de las fallas no es tan alto en la vía Jr. Los Incas.

#### ***4.3.2 Objetivo general***

Como objetivo general se considera elaborar una propuesta de rehabilitación para la conservación de la carpeta asfáltica en la Vía MO-602 del distrito de Moquegua, por ello el MTC (2016) en el Manual de carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, establece que la conservación vial es un conjunto de actividades a realizar en las vías de manera periódica o rutinaria para prevenir daños que puedan agravar el estado de estas.

Los objetivos específicos son determinantes para poder argumentar que son necesarios todos los trabajos de cada solución desarrollada en el presupuesto, estableciendo así una propuesta de rehabilitación que intervendrá adecuadamente el deterioro existente en la vía MO-602.

El resultado de la investigación guarda relación con el de Chuyes (2021), el cual determina que la alternativa propuesta basada en el empleo de la técnica Slurry Seal extenderá la vida útil de la vía en estudio.

A pesar de que los resultados guarden relación estos se diferencian ya que las propuestas de rehabilitación para conservar la carpeta asfáltica difieren en el tipo de solución propuesta.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

**Primera.** En esta tesis se evaluó el estado de la carpeta asfáltica mediante el método PCI obteniendo como resultado que la calzada de salida se encuentra en un estado Pobre con un valor total del PCI de 47,11 mientras que la calzada de ingreso se encuentra en un estado Satisfactorio con un valor total del PCI de 81,26 en la vía MO-602 del distrito de Moquegua.

**Segunda.** En esta tesis se propuso que la solución a cada falla existente dependería del grado de severidad de cada una de estas, concluyendo que un 15,31% de las fallas recibirán tratamiento mediante sellado de fisuras, el 26,53% parchado superficial, 7,14% parchado profundo, el 50% reconstrucción y un 1,02% no recibirá tratamiento en la vía MO-602.

**Tercera.** En esta tesis se determinó un presupuesto de 1 349 866,74 soles, para desarrollar las soluciones propuestas en la carpeta asfáltica de la Vía MO-602 del distrito de Moquegua.

**Cuarta.** En esta tesis se elaboró una propuesta de rehabilitación contemplando todas las actividades necesarias para lograr conservar la carpeta asfáltica de la vía MO-602.

## **5.2 Recomendaciones**

**Primera.** Se recomienda evaluar estructuralmente la carpeta asfáltica en la Vía MO-602 utilizando ensayos que permitan determinar la funcionalidad y el nivel de servicio de la vía en estudio.

**Segunda.** Se recomienda no solo guiarse por las soluciones propuestas a cada falla, ya que pueden presentarse situaciones que involucren trabajos diferentes por la cercanía de las fallas y se debe discernir con criterio cual es la mejor forma de abordarlo.

**Tercera.** Se recomienda tener experiencia en el proceso constructivo que implica cada solución propuesta para poder estimar con mayor certeza el rendimiento por partida y de las maquinarias a utilizar.

**Cuarta.** Se recomienda realizar una propuesta de rehabilitación rutinaria considerando un estudio de tráfico ya que la vía presenta una gran cantidad de fallas que no han sido tratadas por un largo periodo de tiempo ocasionando un deterioro progresivo por el aumento de la cantidad de vehículos que transitan por la vía.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society for Testing and Materials [ASTM International]. (2018). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys (ASTM D6433 – 18)*. <https://www.doc88.com/p-1983809382873.html>
- Arias, F.G. (2012). *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica* (6ta ed.). Editorial Episteme, C.A. <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Arias, J. L. y Covinos, M. (2021). *Diseño y Metodología de la Investigación*. Enfoques Consulting EIRL. <http://hdl.handle.net/20.500.12390/2260>
- Cancapa, M. (7 de abril de 2020). *PCI – Índice de Condición de pavimento* [Archivo de Video]. YouTube. <https://youtu.be/hPfQHUrHNQ4>
- Chávez, O. A. y Rondan, M. A. (2021). *Estudio comparativo entre pavimento rígido y pavimento flexible, en el tramo Cambio Puente - Chimbote - 2021* [Tesis Pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87905>
- Chuyes, E. E. (2021). *Evaluación del pavimento flexible aplicando las metodologías PCI y VIZIR para la rehabilitación de la Av. Ramón Castilla, distrito de Marcavelica-Piura* [Tesis Pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75711>

- Correa, M. A. y Del Carpio, L. G. (2019). *Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura* [Tesis Pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio UDEP. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4162>
- Elhadidy, A., Badawy, S., & Elbeltagi, E. (2019). A simplified pavement condition index regression model for pavement evaluation. *International Journal of Pavement Engineering*, 45, 1-8. <https://doi.org/10.1080/10298436.2019.1633579>
- González, D. E. (2018). *Metodologías de reparación para pavimentos flexible de mediano y bajo tránsito* [Tesis de Pregrado, Universidad Andrés Bello]. Core. <https://core.ac.uk/download/288910557.pdf>
- Grupo Bitafal. (27 de mayo de 2020). *Fallas más comunes en los pavimentos de la región*. <https://bitafal.com.uy/deterioro-pavimentos/#:~:text=El%20deterioro%20superficial%20del%20pavimento,constituyen%20la%20capa%20de%20rodadura>.
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación, las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill. <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>
- HOB Consultores S.A. (2018). *Estudio de Factibilidad y Definitivo del Proyecto: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera EMP.PE-1NJ (Dv. Huancabamba) Buenos Aires – Salitral - Dv. Canchaque - EMP.PE-3N - Huancabamba, Tramo: 71+600 – Huancabamba* (Informe N°07). [http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2018/Obra\\_Bs%20colgandoueno](http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2018/Obra_Bs%20colgandoueno)

sAires\_Salitral\_Canchaque/06.-

%20Metrados,%20APUS,%20Planos%20y%20CIRA/46%20Plan%20de  
%20Mantenimiento.pdf

Hurtado, J. (13 de junio de 2016). *La investigación proyectiva*. Mis investigaciones en Arquitectura. <http://tiarq-a.blogspot.com/2016/06/la-investigacion-proyectiva.html>

IngeCivil. (11 de agosto de 2018). *¿Qué es la imprimación asfáltica?*  
<https://www.ingecivil.net/2018/08/11/que-es-la-imprimacion-asfaltica/>

Laboratorio Vial. (s.f.). *Medición de rugosidad*.  
<https://www.fceia.unr.edu.ar/laboratoriovial/ensayos.php?frm=pavimentos>

Leguía, P. B. y Pacheco, H. F. (2016). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)* [Tesis Pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio USMP.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12727/2311>

INCADEM. (29 de junio de 2021). *¿Cómo compruebo estadísticamente mi hipótesis?* [Archivo de Video]. YouTube. [https://youtu.be/an3Y\\_ZW--vI?si=WIUwbqvw5tXrzyRZ](https://youtu.be/an3Y_ZW--vI?si=WIUwbqvw5tXrzyRZ)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2014). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos* (2da ed.). Servicios Gráficos Squadrito EIRL.

[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2016). *Manual de carreteras Mantenimiento o Conservación Vial* (3ra ed.). Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_9%20MCV-2014\\_2016.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_9%20MCV-2014_2016.pdf)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (2018). “*Glosario de Términos*” de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial (4ta ed.). Ministerio de Transportes y Comunicaciones.  
[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_4032.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. (10 de enero de 2021). *Provias contra la corrupción*.  
<https://www.pvn.gob.pe/noticias/alcazaremos-el-86-de-vias-pavimentadas-en-la-rvn-este-ano/>

Multinsa. (s.f.). *¿Qué es la carpeta asfáltica?* <https://www.multinsa.com/que-es-la-carpeta-asfaltica/>

Pallasco, J. L. (2018). *Evaluación y propuesta de mantenimiento del pavimento flexible de la Avenida Quevedo en Santo Domingo de los Tsáchilas* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio PUCE. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2971418>

Pavimentos Flexibles. (28 de octubre de 2013). Ingeniero Civil Dopedia.  
<http://civilingeniero.blogspot.com/2013/10/pavimentos-flexibles.html>

- PlanRadar. (18 de octubre de 2022). *Como hacer un presupuesto de obra – Principios básicos*. <https://www.planradar.com/es/presupuestos-obra/#:~:text=Un%20presupuesto%20de%20obra%20es,los%20presupuestos%20de%20nuestra%20competencia>.
- Restrepo, H. A. y Stephens, S. A. (2015). *Reciclaje de pavimentos: estudio de las ventajas económicas del reciclaje en frío in situ de pavimentos asfálticos* [Trabajo de Grado, Universidad de Medellín]. Repositorio UdeM. <http://hdl.handle.net/11407/2163>
- Scholichin, I. y Utomo, N. (2018). Evaluation and Maintance of Road Damage In Sidotopo Surabaya Road Using Pavement Condition Index (PCI) Method. *International Conference on Science and Technology (ICST 2018)*, 1, 311-315. <https://dx.doi.org/10.2991/icst-18.2018.66>
- Sistema Nacional de Inversión Pública [SNIP]. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras* (1ra ed.). Servicios Gráficos JMD S.R.L. [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas\\_Pavimentos.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf)
- Skrzypczak, I., Radwański, W., y Pytlowany, T. (2018). Durability vs technical - the usage properties of road pavements. *E3S Web of Conferences*, 45, 1-8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184500082>
- Tacza, E. B. y Rodríguez, B. O. (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la*

*condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado* [Tesis Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio UPC. <http://hdl.handle.net/10757/624556>

Torres, P. V., González, C. S., Aciar, S., & Rodríguez, G. (2018). Methodology for systematic literature review applied to engineering and education. *IEEE Global engineering education conference (EDUCON)*. 1364-1373. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363388>

WISE. (2 de octubre de 2018). *¿Cómo funcionan las concesiones carreteras?* <https://blog.wise.com.mx/como-funcionan-las-concesiones-carreteras#:~:text=Una%20concesi%C3%B3n%20es%20un%20contrato,b%20rindar%20servicios%20para%20los%20usuarios>.

Yarango, E. M. (2014). *Rehabilitación de la carretera de acceso a la Sociedad Minera Cerro Verde (S.M.C.V) desde la Prog. Km 0+000 hasta el km 1+900, en el Distrito de Uchumayo, Arequipa, Arequipa. Empleando el Sistema Bitufor para reducir la reflexión de grietas y prolongar la vida útil del pavimento* [Tesis Pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/421>

Zapata, G. A. (2019). *Diagnóstico de pavimentos flexibles en las vías arteriales de la ciudad de Moquegua, 2019* [Tesis Pregrado, Universidad José Carlos Mariátegui]. Repositorio UJCM. <https://hdl.handle.net/20.500.12819/1021>

Zela, M. J. (2021). *Evaluación superficial del pavimento flexible para el mantenimiento de la Av. Santa Fortunata del C.P.M. San Antonio, distrito*

*de Moquegua* [Tesis Pregrado, Universidad José Carlos Mariátegui].

Repositorio UJCM. <https://hdl.handle.net/20.500.12819/1325>