



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

**Evaluación superficial del estado actual del  
pavimento flexible de la ruta SM-114, tramo Emp.  
PE-5N (DV. Rioja)-Pósic, L=4.30km, aplicando el  
método índice de condición del pavimento**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**Autores:**

Michael Reyes Rituay

<https://orcid.org/0000-0002-9729-7706>

Edith Jhovani Cunia Santa Cruz

<https://orcid.org/0000-0003-1331-8969>

**Asesor:**

Ing. M. Sc. Máximo Alcibíades Vilca Cotrina

<https://orcid.org/0000-0003-2686-5486>

**Tarapoto, Perú**

**2023**



**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

**Evaluación superficial del estado actual del  
pavimento flexible de la ruta SM-114, tramo Emp.  
PE-5N (DV. Rioja)-Pósic, L=4.30km, aplicando el  
método índice de condición del pavimento**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**Autores:**

Michael Reyes Rituay

Edith Jhovani Cunia Santa Cruz

**Sustentado y aprobado el 31 de marzo del 2023, por los jurados:**

**Presidente de Jurado:**

Ing. M. Sc. Rubén Del Águila  
Panduro

**Vocal de Jurado:**

Ing. M. Sc. Juvenal Vicente Díaz  
Agip

**Secretario de Jurado:**

Ing. M. Sc. Víctor Hugo Sánchez  
Mercado

**Asesor:**

Ing. M. Sc. Máximo Alcibíades Vilca  
Cotrina

**Tarapoto, Perú**

**2023**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA



Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo  
Acta de Sustentación de Trabajo de

Investigación Para título de Ingeniero Civil N° 760

Jurado reconocido con Resolución N° 138 -2021-UNSM/FICA-CF-NLU  
Facultad Ingeniería Civil y Arquitectura  
Escuela profesional de Ingeniería Civil



A las 11.00 horas del día viernes fecha 31 de marzo del 2023, inició al acto público de sustentación del trabajo de investigación "Evaluación Superficial Del Estado Actual Del Pavimento Flexible De La Ruta SM-114, Tramo Emp. PE-5N (DV. Rioja)-Pósic, L=4.30km, Aplicando El Método Índice De Condición Del Pavimento" para optar el título de Ingeniero Civil, presentado por los Bachilleres: Edith Jhovani Cunia Santa Cruz y Michael Reyes Rituay; con la asesoría del Ing. M. Sc. Máximo Alcibiades Vilca Cotrina

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG - CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue QUINCE (15); tal como se deja constar en la siguiente descripción:

De acuerdo con el Artículo 40° del RG - CTI, la nota obtenida es APROBADO y correspondiente a la calificación de 15 (QUINCE). Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo de treinta (30) días calendario.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° 760 De la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del trabajo de investigación en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 12:30 horas del mismo día de sustentación, viernes 31 de marzo del 2023.



Ing. M. Sc. Víctor Hugo Sánchez Mercado  
Secretario del Jurado



Ing. M. Sc. Rubén Del Águila Panduro  
Presidente del Jurado



Ing. M. Sc. Juvenal Vicente Díaz Agip  
Vocal del Jurado



Ing. M. Sc. Máximo Alcibiades Vilca Cotrina  
Asesor

## Declaratoria de autenticidad



**Michael Reyes Rituay**, con el DNI N° 71213870, egresado de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín y **Edith Jhovani Cunia Santa Cruz**, con el DNI N° 73865638, egresada de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, autores del informe de investigación titulado: **Evaluación Superficial Del Estado Actual Del Pavimento Flexible De La Ruta SM-114, Tramo Emp. PE-5N (DV. Rioja)-Pósic, L=4.30km, Aplicando El Método Índice De Condición Del Pavimento.**

Declaramos bajo juramento que:

1. Este informe de investigación está escrito solo por nosotros.
2. El artículo se basa en referencias y citas relevantes de las fuentes bibliográficas utilizadas.
3. No se ha plagiado la información del informe de investigación.
4. La información proporcionada en los resultados es veraz y no ha sido alterada ni reproducida, por lo que la información de este estudio debe entenderse como una contribución a la realidad actual.



Por las razones anteriores, asumimos la responsabilidad de las consecuencias de nuestras acciones y cumplimos con las leyes y reglamentos aplicables de nuestro país y de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 31 de marzo del 2023



**Michael Reyes Rituay**

DNI N° 71213870



**Edith Jhovani Cunia Santa Cruz**

DNI N° 73865638

## Declaración jurada

**Michael Reyes Rituay**, con DNI N° 71213870, con domicilio en Jr. Micaela Bastidas S/N, distrito de Rioja, provincia de Rioja, **Edith Jhovani Cunia Santa Cruz**, con DNI N° 73865638, con domicilio en Prlg. Oscar R. Benavides distrito de Moyobamba, y como asesor el **Ing. M. Sc. Máximo Alcibíades Vilca Cotrina**, con el DNI N° 16448408, para dar cumplimiento a la normativa vigente que rige las carreras y títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, declaramos bajo juramento que todos los documentos, datos e información presentados en este informe han sido investigados y son verdaderos.

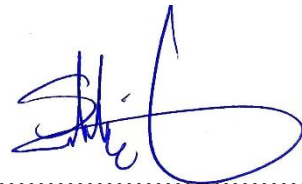
En este sentido, somos responsables en consecuencia de la omisión, falsificación u ocultación de cualquier documento e información proporcionada de acuerdo con las normas académicas de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 31 de marzo del 2023



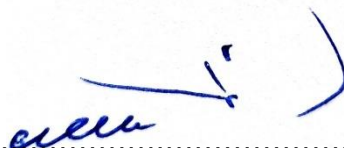
**Michael Reyes Rituay**

DNI N° 71213870



**Edith Jhovani Cunia Santa Cruz**

DNI N° 73865638



**Ing. M. Sc. Máximo Alcibíades Vilca Cotrina**

DNI N° 16448408

## Ficha de identificación

<p><b>Título del Proyecto</b></p> <p>Evaluación Superficial Del Estado Actual Del Pavimento Flexible De La Ruta SM-114, Tramo Emp. PE-5N (DV. Rioja)-Pósic, L=4.30km, Aplicando El Método Índice De Condición Del Pavimento.</p>	<p><b>Área de investigación:</b> Transportes</p> <p><b>Línea de Investigación: Estrategias de tecnología de información y comunicación (TIC) y sistemas constructivos convencionales y no convencionales para el desarrollo sostenible</b></p> <p><b>Sublínea de investigación: Tecnología de materiales de construcción</b></p> <p><b>Grupo de investigación:</b> Resolución N° 158-2021-UNSM/FICA-D-NLU</p> <p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
--	---

<p><b>Autores:</b></p> <p>Michael Reyes Rituay</p> <p>Edith Jhovani Cunia Santa Cruz</p>	<p>Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</p> <p><a href="https://orcid.org/0000-0002-9729-7706">https://orcid.org/0000-0002-9729-7706</a></p> <p><a href="https://orcid.org/0000-0003-1331-8969">https://orcid.org/0000-0003-1331-8969</a></p>
--	---

<p><b>Asesor:</b></p> <p>Ing. M. Sc. Máximo Alcibiades Vilca</p>	<p><b>Dependencia local de soporte:</b></p> <p>Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Civil</p> <p>País: Perú</p> <p><a href="https://orcid.org/0000-0003-2686-5486">https://orcid.org/0000-0003-2686-5486</a></p>
--	--

## **Dedicatoria**

A mis queridos padres, Nicolás Reyes Trujillo y María Alcira Rituay Tafur, quienes son mi gran motivación y mis deseos de superación durante todas las etapas de mi vida, quienes me brindaron su apoyo incondicional para cumplir mi sueño ser un excelente profesional. A mis hermanos Rigoberto Reyes Rituay y Carmen Rosa Reyes Rituay, por su amor y motivación a lo largo de toda mi carrera universitaria para seguir adelante.

### **Michael Reyes Rituay**

A mis padres, Edhita Santa Cruz y Victoriano Cunia, por darme el apoyo incondicional, a mis hermanas quienes me acompañaron, apoyaron y guiado en el proceso, quienes fueron mi fortaleza y han forjado día a día a ser la persona que actualmente soy, y así poder alcanzar este logro en mi vida profesional.

### **Edith Jhovani Cunia Santa Cruz**



## Agradecimiento

Al todo poderoso, por darnos incondicionalmente todo su afecto, también agradecer por la oportunidad que nos dio al convertirnos en un gran ser humano, por habernos guiado en salir triunfante en los retos atravesados en nuestra vida.

Y por su inquebrantable ayuda y serenidad mostrada durante el progreso elaborando este Informe de investigación, agradecer a los mejores padres que pudimos tener; y a los mejores hermanos por su orientación para seguir adelante y a nuestras amistades por la ayuda proporcionada.

Para el asesor Ing. M. Sc. Máximo Alcibíades Vilca Cotrina brindarle nuestras mejores bendiciones en agradecimiento a su orientación y apoyo incondicional para el buen desarrollo del proyecto.

## Índice general

Ficha de identificación .....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimiento.....	8
Índice general.....	9
Índice de tablas .....	11
Índice de figuras .....	12
Índice de planos .....	13
RESUMEN .....	14
ABSTRACT .....	15
CAPITULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN .....	16
1.1. Marco General del Problema .....	16
1.2. Formulación del Problema de investigación .....	17
1.3. Hipótesis de investigación.....	17
1.4. Objetivos.....	17
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	18
2.2. Fundamentos Teóricos .....	19
2.2 Definición De Términos Básicos .....	27
CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....	29
3.1. Ámbitos y condiciones de la Investigación .....	29
3.2. Periodo de ejecución.....	34
3.3. Autorizaciones y permisos .....	35
3.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad.....	36
3.5. Aplicación de principios éticos internacionales.....	36
3.6. Sistema de variables.....	37
3.7. Procedimientos de la Investigación .....	38
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42

	10
4.1. Resultados.....	42
4.2. Discusión de resultados.....	54
CONCLUSIONES.....	57
RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
ANEXOS.....	63

## Índice de tablas

Tabla 1. Fallas del pavimento Flexible y su unidad de medida .....	22
Tabla 2. Longitudes De Unidades De Muestreo.....	24
Tabla 3. Niveles de intervención.....	27
Tabla 4. Matriz de causa-efecto para análisis de impacto ambiental .....	36
Tabla 5. Tipos de fallas encontradas por sección .....	42
Tabla 6. Máximo Valor Deducido Corregido para cada unidad de muestra.....	45
Tabla 7. Índice de condición de pavimento para cada unidad de muestra y sección...	48
Tabla 8. Niveles de intervención por unidad de muestra.....	51

## Índice de figuras

Figura 1. Estructura del pavimento flexible. ....	20
Figura 2. Índice de Condición del Pavimento (PCI) y escala de clasificación. ....	23
Figura 3. Formato de condición de carreteras con superficie asfáltica. ....	24
Figura 4. Formato Para La Obtención Del Máximo Valor Deducido Corregido.....	26
Figura 5. Ubicación Política del proyecto. ....	29
Figura 6. El clima en Rioja año 2022. ....	32

## Índice de planos

Plano U 0 1 :Ubicación de la Progresiva del proyecto (4.30 Km).....	30
Plano U 0 2: Ubicación De Fallas Del Pavimento Flexible de las unidades de muestra U1 y U2 .....	44

## RESUMEN

Evaluación Superficial Del Estado Actual Del Pavimento Flexible De La Ruta SM – 114, Tramo Emp. PE-5N (Dv. Rioja) – Pósic, L=4.30km, Aplicando El Método Índice De Condición Del Pavimento.

La presente tesis tiene como introducción la situación problemática del actual estado del tratamiento superficial del pavimento flexible de la ruta SM – 114, tramo Emp. PE-5N (Dv. Rioja) – Pósic, l=4.30km. la cual se cumplió el objetivo de Evaluar la superficie del pavimento flexible aplicando el método Índice de condición del pavimento para conocer el estado actual de la ruta SM – 114, tramo Emp. PE-5N (Dv. Rioja) – Pósic, l=4.30km, ubicado entre los distritos de Rioja y Pósic, provincia de Rioja, departamento de San Martín. Se evaluó la superficie del pavimento flexible del tramo de la ruta ya mencionada, de la cual se elaboró un formato de recolección de datos en campo de acuerdo al manual ASTM D6433-03, donde se registró todos los tipos de fallas encontradas, pero para ello durante el trabajo de campo se contó con los implementos adecuados de seguridad. Para la evaluación superficial de dicho tramo en estudio, se dividió en un total de 156 unidades de muestreo, de las cuales se representaron en dos secciones. La sección 01 que corresponde del km.00+000 al km.03+500, que fue dividida en 140 unidades, con un ancho de calzada de 6.10 m y una longitud de muestra de 25 m y con un área de unidad de muestreo de 152.50 m<sup>2</sup> cumpliendo el rango de áreas según el manual mencionado. La sección 02 que corresponde del km.03+500 al km.04+300, que fue dividida en 16 unidades, con un ancho de calzada de 5.00 m, una longitud de muestra de 50 m y con un área de unidad de muestreo de 250 m<sup>2</sup> también en el rango permitido. Después de la recolección de datos se siguió el proceso de la aplicación del método índice de condición de pavimento (PCI), de la cual se concluyó que la condición actual del pavimento flexible del tramo en estudio tiene un valor promedio total de PCI de 37% con una clasificación Pobre.

**Palabras clave:** PCI, Evaluación Superficial, unidad de muestreo, tipos de falla, sección.

## ABSTRACT

Surface Evaluation of The Current Condition of Road SM - 114 Flexible Pavement, Section Emp. PE-5N (Dv. Rioja) - Pósic, L=4.30km, applying the Pavement Condition Index Method.

The present thesis has as an introduction the problematic situation of the current state of the surface treatment of the flexible pavement of the route SM - 114, section Emp. PE-5N (Dv. Rioja) – Posic, l=4.30km. which the objective of Evaluating the surface of the flexible pavement was met by applying the Pavement Condition Index method to know the current state of the SM - 114 route, section Emp. PE-5N (Dv. Rioja) – Posic, l=4.30km, located between the districts of Rioja and Posic, province of Rioja, department of San Martin. The surface of the flexible pavement of the section of the aforementioned route was evaluated, from which a data collection format was prepared in the field according to the ASTM D6433-03 manual, where all the types of failures found were recorded, but for this During the field work, the appropriate security implements were available. For the superficial evaluation of said section under study, it was divided into a total of 156 sampling units, of which they were represented in two sections. Section 01 that corresponds to km.00+000 to km.03+500, which was divided into 140 units, with a road width of 6.10 m and a sample length of 25 m and with a sample unit area of 152.50 m<sup>2</sup> complying with the range of areas according to the aforementioned manual. Section 02 that corresponds to km.03+500 to km.04+300, which was divided into 16 units, with a road width of 5.00 m, a sample length of 50 m and a sample unit area of 250 m<sup>2</sup> also in the allowed range. After data collection, the process of applying the pavement condition index (PCI) method was followed, from which it was concluded that the current condition of the flexible pavement of the section under study has a total average PCI value of 37%. with a Poor rating.

**Keywords:** PCI, Surface Evaluation, sampling unit, types of failure, section.





# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Marco General del Problema

El medio de comunicación más antiguo utilizado por el ser humano a lo largo de la historia fue el medio terrestre, logrando así una mejor comunicación entre las poblaciones, convirtiéndose en uno de los principales métodos de comunicación a escala mundial. Debido a esto, el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura vial de la nación es un indicador importante de su progreso actual. Por ello, cada país requiere de la red vial a nivel nacional para garantizar la seguridad y salud de su gente, esto se logra cumpliendo con los requisitos de mantenimiento señalados en la normativa vigente en materia de seguridad vial (BAQUE, 2020; p. 206).

La infraestructura vial juega un papel muy importante en las diversas regiones del desarrollo económico, social y cultural en nuestro país, por lo tanto el pavimento debe ser considerado como la economía más importante del país, el estado de conservación de las vías principales y secundarias en cuanto a competitividad actualmente están por debajo de los estándares necesarios por ende realizar una intervención en las carreteras nacionales se pueden ver beneficiadas reduciendo los costos de operación (Cuba, 2017; p. 15).

Las vías urbanas más importantes del país traen consigo reducir costos y generar beneficios económicos en los costos operativos, ahorra tiempo de viaje a los usuarios, desarrollo de la agricultura, comercio, turismo, ganadería entre otros.; Sin embargo, también produce ventajas sociales como: mejor conectividad e integración entre los pueblos de la zona afectada, mejor comodidad para viajar debido a vías en buen estado, vías más seguras, generan empleos (Pinedo,2017; p.01)

Desde la pavimentación de la carretera tramo Rioja - Pósic, ubicada entre los distritos Rioja y Pósic de la provincia de Rioja del departamento San Martín, mejoró el acceso vial de las empresas ladrilleras, del recreo ecoturístico "Santa Elena" y también de los pobladores de Pósic que se dedican a la agricultura para extraer sus productos agrícolas tales como arroz, café, maíz y cacao. Actualmente el estado del pavimento de esta avenida se encuentra con deterioros en el tratamiento superficial del pavimento flexible en dicho tramo de la carretera Rioja-Pósic; con presencia de baches, rajaduras del pavimento flexible y otros daños superficiales de dicho pavimento flexible por la cual genera molestias al transitar por dicha vía y en algún momento generaría accidentes de

tránsito. Todo esto es resultado de una mala gestión y falta de mantenimiento adecuado de la vía.

A la luz de la problemática circunstancia, es primordial la evaluación del estado actual del tratamiento superficial del pavimento flexible para la carretera tramo Rioja – Pósic que se encuentra ubicada en la jurisdicción provincial de Rioja, región de San Martín donde aplicaremos el método índice de condición de pavimento (PCI) para calcular el índice de condición de tal manera obtener el estado actual del tratamiento superficial y determinar el estado del pavimento bajo el cual está operando.

## **1.2. Formulación del Problema de investigación**

¿En qué estado se encuentra actualmente el pavimento flexible de la ruta SM-114, tramo EMP PE-5N (DV. Rioja) – Pósic, L=4.30km?

## **1.3. Hipótesis de investigación**

Mediante la evaluación del tratamiento superficial del pavimento flexible con la aplicación del método PCI se pudo determinar el estado actual de la ruta SM-114, tramo EMP PE-5N (DV. Rioja) – Pósic, L=4.30km.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivos General**

- Evaluar la superficie del pavimento flexible aplicando el método Índice de condición del pavimento para conocer el estado actual de la ruta SM – 114, tramo EMP. PE-5N (DV. RIOJA) – PÓSIC, L=4.30km.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar los tipos de fallas según el método Índice de condición del pavimento en la ruta SM – 114, tramo EMP. PE-5N (DV. RIOJA) – PÓSIC, L=4.30km.
- Aplicar el método PCI para determinar el índice de condición de pavimento del tramo EMP. PE-5N (DV. RIOJA) – PÓSIC, L=4.30km.
- Determinar las condiciones del pavimento al realizar la evaluación superficial del estado actual del pavimento con tratamiento superficial bicapa de la la ruta SM – 114, tramo EMP. PE-5N (DV. Rioja) – Pósic, L=4.30km.
- Ofrecer soluciones alternativas para la protección de pavimentos flexibles del, tramo EMP. PE-5N (DV. RIOJA) – PÓSIC, L=4.30km.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

##### **2.1.1. Antecedente Internacionales**

Calderón, Cardozo & García (2019), en su trabajo presentado tuvo como objetivo general “La determinación del grado de deterioro que presenta el pavimento flexible en la vía Ibagué – Rovira, del tramo en estudio, con la evaluación estructural y patológica” y concluye que debido a la falta de mantenimiento de la vía presenta excesivas resistencias de infiltración mediante la cual se dan los daños estructurales de la vía percibidos en la falla de la piel de cocodrilo y desprendimientos de la película adhesiva, siendo estos con mayor presencia en cada uno de los 20 fraccionamientos del tramo estudiado (pág. 59).

Riveros & Gaitán (2019), en su Monografía tuvo como objetivo general “Determinar la relación entre CBR y la estructura del pavimento mediante técnicas de auscultación VIZIR y PCI”. (p. 19) Concluyó que “los tipos de daños en las vías de las zonas urbanas ocurren con mayor frecuencia en distancias más cortas, el daño es más severo y las reparaciones ocurren en distancias más cortas, se recomienda el método PCI porque tiene una evaluación más detallada” (pág. 89).

##### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Salazar (2019), en su tesis presentada tuvo como el objetivo general “evaluación del estado de protección superficial de pavimentos flexibles mediante el método PCI según los parámetros de gestión del PMBOK guía de Mejora mantenido por Avenida Independencia, Cajamarca 2017”, concluyó que: “Con base en la investigación sobre la determinación y evaluación del estado del pavimento flexible de la Avenida Independencia, se puede encontrar que el estado de protección es normal, y el peso del IPC es igual a 49.09%” (pág. 53).

Díaz (2018), en su tesis está enfocado a “Evaluación superficial de pavimentos flexibles mediante el método PCI para determinar la protección de la Av. Del Parque, San Juan de Lurigancho -Lima, 2018”, concluye que: “El método PCI es confiable y preciso en la evaluación de superficies de capas bituminosas porque describe en detalle el PCI actual, brindando recomendaciones para la reparación o renovación de pavimentos” (pág. 73).

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

Doria & De la cruz (2016), en su tesis presentada tiene como objetivo general “Con base en la identificación y evaluación de patologías detectables, la determinación del índice del estado del pavimento elástico del Jr. Jorge Chávez en el distrito de Barrio Huayco, distrito de Tarapoto, provincia de San Martín”. (p. 4), concluyó que “De las 36 unidades muestrales examinadas, el 19,44% se encontraban en muy buen estado, el 41,67% en buen estado, el 13,89% regular, el 19,44% en mal estado y el 5,56 % estaban en muy malas condiciones” (pág. 101).

Vinces (2017), en su tesis denominada “Diagnóstico Del Estado Situacional De La Carretera Pe – 5n (Dv) – Sm – 104 (Lamas), Por El Método: Índice De Condición De Pavimentos (PCI)”, Tuvo como objetivo general “Diagnóstico de la situación existente de la carretera PE - 5N (DV) - SM - 104 (Lamas) utilizando el método PCI (Índice de Condición del Pavimento), realizando diagnósticos seguros y ofreciendo solución a los defectos encontrados en la vía”. (pág. 09) concluyó: Los defectos más graves que conducen al deterioro de la condición del pavimento son las abolladuras, los rebordes y las depresiones, así como los lugares de cortes y puntos de utilidad, porque el PCI es deficiente, muy deficiente y dañado, que muestra estos defectos como muy pesados (H) y medios (M) dando como resultado una degradación significativa de la cobertura de la unidad (pág. 193).

## **2.2. Fundamentos Teóricos**

### **2.2.1. Pavimento**

El pavimento “es una estructura de varias capas construida en las carreteras para resistir y disipar las fuerzas generadas por los vehículos en movimiento al tiempo que mejora la seguridad y la comodidad del tráfico circundante” MTC, 2014; pág. 21). La capa base, la subcapa y la capa de servicios son las capas más importantes que componen la estructura (Pavimento Flexible

Las capas base y subbase y al menos una capa de asfalto forman la estructura del pavimento flexible o pavimento asfáltico. La capa bituminosa, también conocida como capa de desgaste, la capa intermedia, es la capa superficial del pavimento. “Es una mezcla asfáltica que se pone en una o dos capas” (Leva, 2020; pág. 22).



**Figura 1.** Estructura del pavimento flexible.

Fuente: Rodríguez V. E. D.

Los pavimentos flexibles se clasifican en:

- Base de grano común.
- Base asfáltica de gran resistencia.
- Pisos de profundidad total.
- Pavimentos tratados superficialmente, pueden ser semiduros (UMSS, 2004; p.10).

### **2.2.1.1. Pavimentos con tratamiento superficial**

Según Hernández, Rosales, & Trigueros (2016), definen que “El tratamiento de superficie no tiene propiedades estructurales, sino que se centra en la función. La función principal es proporcionar una superficie antideslizante estable y actuar como una capa de sellado que evita la entrada de agua y protege la capa subyacente”.

### **2.2.2. Tratamiento de superficies**

De acuerdo con la definición de Aguilar (2005): “Los tratamientos de superficie generalmente se usan para proteger la superficie de un sustrato estable de la erosión y el ingreso de agua mientras se intenta brindar durabilidad a la superficie”.

**Finalidades:** La Función principal:

- Como superficie de carretera.
- Garantiza un movimiento más suave y seguro de los vehículos y los mantiene libres de polvo.
- Protege la subestructura de los efectos nocivos del agua penetrante.

**Opciones adicionales:**

- Reparación de revestimientos (desgaste, oxidación, deformaciones, grietas, etc.).

- Consigue una textura antideslizante (UMSS, 2004; p. 71).

### **2.2.3. Mantenimiento de Pavimentos**

#### **2.2.3.1. Mantenimiento rutinario**

El mantenimiento rutinario es una “serie de operaciones que se realizan de forma continua a lo largo de una carretera y se realizan cada día en diferentes tramos de la carretera” (DGCG, 2006; p.08). Su primordial objetivo es proteger los tramos de la carretera con el mínimo de variación o detrimento posible y preservar tanto como sea posible la condición después de la construcción o restauración.

#### **2.2.3.2. Mantenimiento periódico**

Un conjunto de acciones, generalmente tomadas durante un período de más de un año, encaminadas a prevenir la aparición de defectos mayores, preservar las propiedades del pavimento, mantener la integridad de la estructura de la vía y reparar algunos defectos mayores (Ferreira, 2012; p. 33).

#### **2.2.3.3. Rehabilitación**

Esta es una operación necesaria para restaurar la estructura del pavimento a la condición de tensión en la que se construyó originalmente para mantener el estándar de prestación en requisitos de seguridad y bienestar (CUBA, 2017; p.27).

La existencia de problemas en la superficie en la de los campos de la infraestructura vial, en la seguridad, en la estructura y/o función para resolver, mediante la destrucción de estructuras existentes parcialmente o completamente. A diferencia del avance, una rehabilitación no significa aumentar el nivel de la carretera, también tiene en cuenta la mejora o la restauración en la superficie del pavimento y cumplir con el mayor número del futuro tráfico, Asimismo, mejoras en la red viaria (Cuba, 2017; p.27).

### **2.2.4. Clasificación de fallas en pavimentos flexibles**

La calidad de conducción debe evaluarse para medir el alcance de cualquier daño al buscarlo, como corrugaciones y cruces (Vásquez, 2002; pág. 9).

**L: (Low: Bajo).** Según Vásquez (2002), define que “Se pueden sentir las vibraciones del vehículo (p. ej., a través de corrugaciones) pero la desaceleración no es necesariamente cómoda o segura; o Los baches o depresiones individuales harán que el vehículo rebote ligeramente, pero no causarán molestias” (pág. 9).

**M: (Medio: Moderado):** Según Vásquez (2002), definiendo “vehículos que vibran tanto que, Por comodidad y seguridad, es necesario reducir ligeramente la velocidad; o que los golpes o depresiones individuales provocan un retroceso importante, causando incomodidad” (pág. 9).

**H: (Alta: Alta):** De acuerdo con la definición de Vásquez (2002):

“las vibraciones en el vehículo son tan fuertes que por razones de comodidad y seguridad se debe reducir significativamente la velocidad; o impactos o caídas individuales pueden hacer que el vehículo se vuelque. rebotar en exceso, causar molestias graves o podría ser peligroso o causar daños graves al vehículo” (pág. 9).

### 2.2.5. Fallas del pavimento flexible

**Tabla 1**

*Fallas del pavimento Flexible y su unidad de medida*

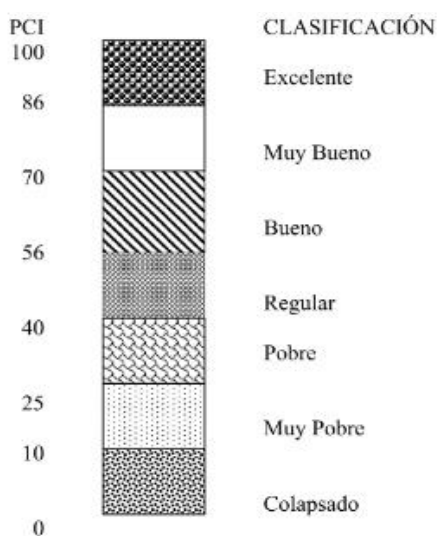
N°	Fallas	Unidad De Medida
01	Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>
02	Exudación	m <sup>2</sup>
03	Fisuras en bloque	m <sup>2</sup>
04	Abultamiento y Hundimiento	ml
05	Corrugación	m <sup>2</sup>
06	Depresión	m <sup>2</sup>
07	Fisura de Borde	m <sup>2</sup>
08	Fisura de Reflexión de Junta	ml
09	Desnivel de Carril - Berma	ml
10	Fisuras longitudinales y transversales	ml
11	Parches	m <sup>2</sup>
12	Agregado Pulido	m <sup>2</sup>
13	Baches	und
14	Cruce de Vía Férrea	m <sup>2</sup>
15	Ahuellamiento	m <sup>2</sup>
16	Desplazamiento	m <sup>2</sup>
17	Fisura Parabólica	m <sup>2</sup>
18	Hinchamiento	m <sup>2</sup>
19	Desprendimiento de Agregados	m <sup>2</sup>

Fuente: ASTM D6433, 2003

### 2.2.6. Índice de condición del pavimento (PCI – Pavement Condition Index)

PCI es un “puntaje numérico que va desde cero (0) (pavimento dañado o en mal estado) hasta cien (100) (pavimento en buen estado)”. Cada área de PCI tiene una descripción cualitativa correspondiente de las condiciones cubiertas (Rodríguez, 2009; p. 29).

Los cálculos de PCI se basan en un examen del estado del pavimento, que determina la extensión, la gravedad y el tamaño de cada daño causado por este. PCI fue creado para medir la salud y la integridad estructural de los pavimentos. “A partir de la información de daños obtenida como parte del inventario, se puede entender claramente la causa del daño y su relación con la carga o el clima” (Vásquez, 2002; pág. 02).



**Figura 2.** Índice de Condición del Pavimento (PCI) y escala de clasificación.

Fuente: ASTM D6433, 2003

### 2.2.7. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento

La inicial fase incumbe al trabajo de campo, donde se determina el daño en relación a su grado, severidad y extensión. Para ello, se captura esta información en un formato adecuado (Vásquez, 2002; pág. 02).



EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA			
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m <sup>2</sup> )				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
INSPECCIONADA POR		FECHA				
<input type="text"/>		<input type="text"/>				
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parqueo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

**Figura 3.** Formato de condición de carreteras con superficie asfáltica.

Fuente: Manual PCI, Vásquez. V. I. R. (2002)

### 2.2.7.1. Unidades de Muestreo

En caminos pavimentados de menos de 7,30 m de ancho: El área de la cámara de muestreo debe ser  $230,0 \pm 93,0$  m<sup>2</sup>. Relación de aspecto para caminos pavimentados se muestran en la Tabla 2 (Vásquez, 2002; pág.3).

**Tabla 2**

*Longitudes De Unidades De Muestreo*

Ancho (m.) de calzada	Longitud (m.) de unidad de muestreo
05.0	046.0
05.5	041.8
06.0	038.3
06.5	035.4
07.3 (máximo)	031.5

Fuente: Manual PCI, Vásquez. V. I. R. (2002)

### 2.2.7.2. Determinación de las unidades de muestreo para evaluación

Todas las unidades deben probarse para la evaluación del programa, pero si esto no es posible, el número mínimo de unidades evaluables incluidas en la muestra debe obtenerse utilizando la Ecuación 1, que proporciona una estimación confiable del IPC medio real  $\pm 5''$ . (95% de confiabilidad) (Vásquez, 2002; pág. 04).

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2} \dots\dots\dots Ecuación (01)$$

Donde denomina que:

n: Mínimo número de UM a evaluar.

N: Número de UMs en la sección de pavimento.

e: Error admisible del estimativo PCI de la sección (e = 5%)

$\sigma$ : Entre las unidades del PCI la Desviación estándar.

### 2.2.7.3. Selección de las unidades de muestreo para inspección

Las celdas seleccionadas se distribuyen por igual en la sección de pavimento y sigue la primera selección aleatoria (aleatorización sistemática) (Vásquez, 2002; pág. 05).

$$i = \frac{N}{n} \dots\dots\dots Ecuación (02)$$

Donde denomina que:

N: Número de UMs disponible.

n: Mínimo número de UM a evaluar.

i: Intervalo de muestreo, redondeando al entero.

### 2.2.7.4. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

#### a. Cálculo del Valor Deducido (VD)

- Recopilar el tipo y la gravedad de cada lesión y registrarlo en la columna de total del formulario PCI. Según el tipo, la lesión puede medirse por área, longitud o número.
- Se divide el número de cada lesión según su gravedad por el área total de la unidad de muestra y el resultado se expresa en porcentaje. Es la densidad de lesiones de cierta gravedad en la unidad de estudio.
- Determinar el deducible para cada tipo de daño y su gravedad de acuerdo al tipo de cobertura utilizando la curva denominada Deducible de Daños adjunta al final de este documento Consultado (Vásquez, 2002; pág. 06).

#### b. Número máximo admisible del Valor Deducido

Se determina el Número Máximo Admisible de cada Valor Deducido (m), con la siguiente Ecuación (Vásquez, 2002; pág. 06).

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) \dots\dots\dots Ecuación (03)$$

Donde denomina que:

*m<sub>i</sub>*: Máximo Número admisible de VD

*HDV<sub>i</sub>*: Para la unidad de muestra toma el Mayor VD individual.

El número de valores derivados individuales simplificadas a m, incluidas las fracciones. Si hay menos VD de cada m, se utilizan todos (Vásquez, 2002; pág. 06).

**c. Valor Deducido Corregido (CDV)**

Se determina máximo CDV con el siguiente procedimiento iterativo (Vásquez, 2002; pág. 37).

Determine:

- 1°) El (q) número de valores inferidos: q > 2.0.
- 2°) El (VDT)“valor deducido total”, la suma TODOS los valores inferidos individuales.
- 3°) El CDV, el q y el VDT proyectando en la curva de corrección perteneciente al tipo de pavimento.
- 4°) Obtener el máx. CDV, tomando el máximo CDV en este procedimiento.

No.	Valores Deducidos										Total	q	CDV
1													
2													
3													
4													

**Figura 4.** Formato Para La Obtención Del Máximo Valor Deducido Corregido.

Fuente: Manual del PCI, Vásquez, 2002.

**d. Determinar el PCI**

Se Calcule el índice numérico de cada unidad restando de 100 el máximo CDV (Vásquez, 2002; pág. 37).

$$PCI = 100 - CDV \dots\dots\dots Ecuación (04)$$

Donde denomina que:

CDV: Es el Máximo valor deducido corregido.








PCI: Es el Índice de Condición del Pavimento.

### 2.2.7.5. Niveles de intervención

De acuerdo al grado de condición de pavimento o rango del PCI, se verifica los siguientes niveles de intervención revelada en la tabla siguiente.

**Tabla 3**

*Niveles de intervención*

Rango del PCI	Color	Tipo de Mantenimiento
[86 – 100] <b>Excelente</b>		Mantenimiento rutinario y preventivo (Sellos de fisuras, parches, lechadas asfálticas)
[71 – 85] <b>Muy Bueno</b>		
[56 – 70] <b>Bueno</b>		Mantenimiento correctivo (reapeo)
[41 – 55] <b>Regular</b>		
[26 – 40] <b>Pobre</b>		Rehabilitación mayor (reemplazo de carpetas asfálticas)
[11 – 25] <b>Muy pobre</b>		
[0 – 10] <b>Colapsado</b>		Reconstrucción (Reemplazo de base granular y carpeta asfáltica)

Fuente: Instituto del Asfalto, 2011.

## 2.2 Definición De Términos Básicos

1) **Ahuellamiento:** Se define como la continua depresión longitudinal según la canalización de la huella del tránsito. Las cargas repetidas provocan que se acumulen permanentes deformaciones en las capas de revestimiento o en la cimentación. La deformación se produce en la capa superior, y cuando el área de la vía tiene un radio de influencia pequeño, suele ir acompañada de deslizamiento del pavimento y levantamiento lateral. Si el radio de influencia es grande, la deformación se produce en las capas inferiores o cimentaciones (MOPC, 2016; p.18).

- 2) Baches (Huecos):** Según el Instituto Nacional de Vías, (2006), define que “Disolución completa de la capa asfáltica, dejando al descubierto el material granular, dando como resultado un aumento de la superficie afectada y un aumento de profundidad por el tráfico” (p. 14)
- 3) Desplazamiento:** Según Vásquez (2002), define que “es el movimiento longitudinal y permanente de un área de pavimento local debido a la carga del tráfico” (p. 39).
- 4) Infiltración:** Según Vásquez (2002), “La filtración es una película delgada de material bituminoso sobre la superficie del pavimento que forma una superficie brillante, cristalina y reflectante, muchas veces viscosa” (p. 12).
- 5) Daños superficiales (daños en el pavimento):** según Muñoz (2018): “Este tipo de daños consiste en daños en el pavimento por daños en la capa asfáltica, independientemente de la estructura del pavimento; Este tipo de daños se pueden detectar con una simple inspección visual para comprobar” (p. 25)
- 6) Evaluación de la Condición del Pavimento:** De acuerdo con la norma ASTM/D6433-03, se define como “Es una descripción verbal de la condición del pavimento en función del valor PCI de emergencia a excelente” (pág. 02).
- 7) Fisuras de bloque:** Según la definición de Barrera (2014), son “Grietas y fisuras que forman polígonos de aristas regulares que parecen bloques con lados casi en ángulo recto; estas grietas se abren menos de 3 mm y tienen más de 15 cm de largo” (pág. 51).
- 8) Grietas de Borde:** Como define Miranda (2010), “Estas fisuras de tendencia longitudinal a semicircular se localizan cerca del borde de la calzada” (pág. 18).
- 9) Parche:** Según Vásquez (2002), “es un área de pavimento que ha sido reemplazada mediante un nuevo material para mantenimiento del pavimento” (pág. 30).
- 10) Piel Cocodrilo:** Según Alzate (2019), “Las grietas conectadas tienen un carácter irregular, generalmente en lugares de carga repetida, y las grietas tienden a iniciarse en la parte inferior de la capa asfáltica, debido a que la fuerza de tracción es mayor en esta zona” (pág.17).

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ámbitos y condiciones de la Investigación

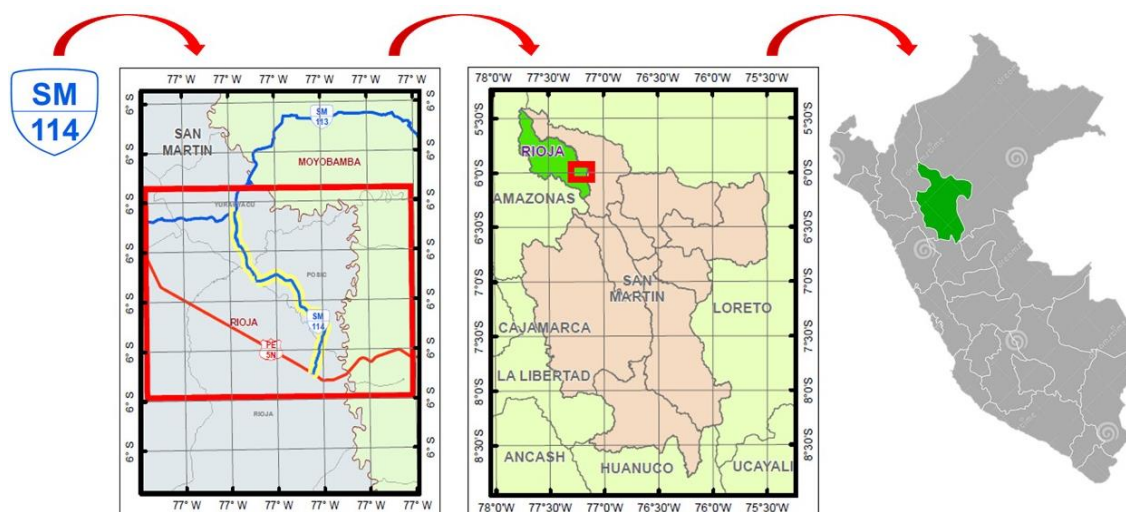
##### 3.1.1. Contexto de la investigación

##### 3.1.1.1. Ubicación geográfica del proyecto

El centro de investigación está situado en la ruta SM-114, con coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator), WGS 1984 – Zona 18S, tramo L=4.30km, el lugar de inicio 0km+000 se encuentra ubicado en Emp. PE-5N (Dv. RIOJA) – Pósic, Sector Las Palmeras, distrito de Rioja, y el lugar de término 4km+300 se encuentra situado en la jurisdicción distrital de Pósic, ambos distritos mencionados se encuentran en la jurisdicción provincial de Rioja, región San Martín.

##### 3.1.1.2. Ubicación política del proyecto

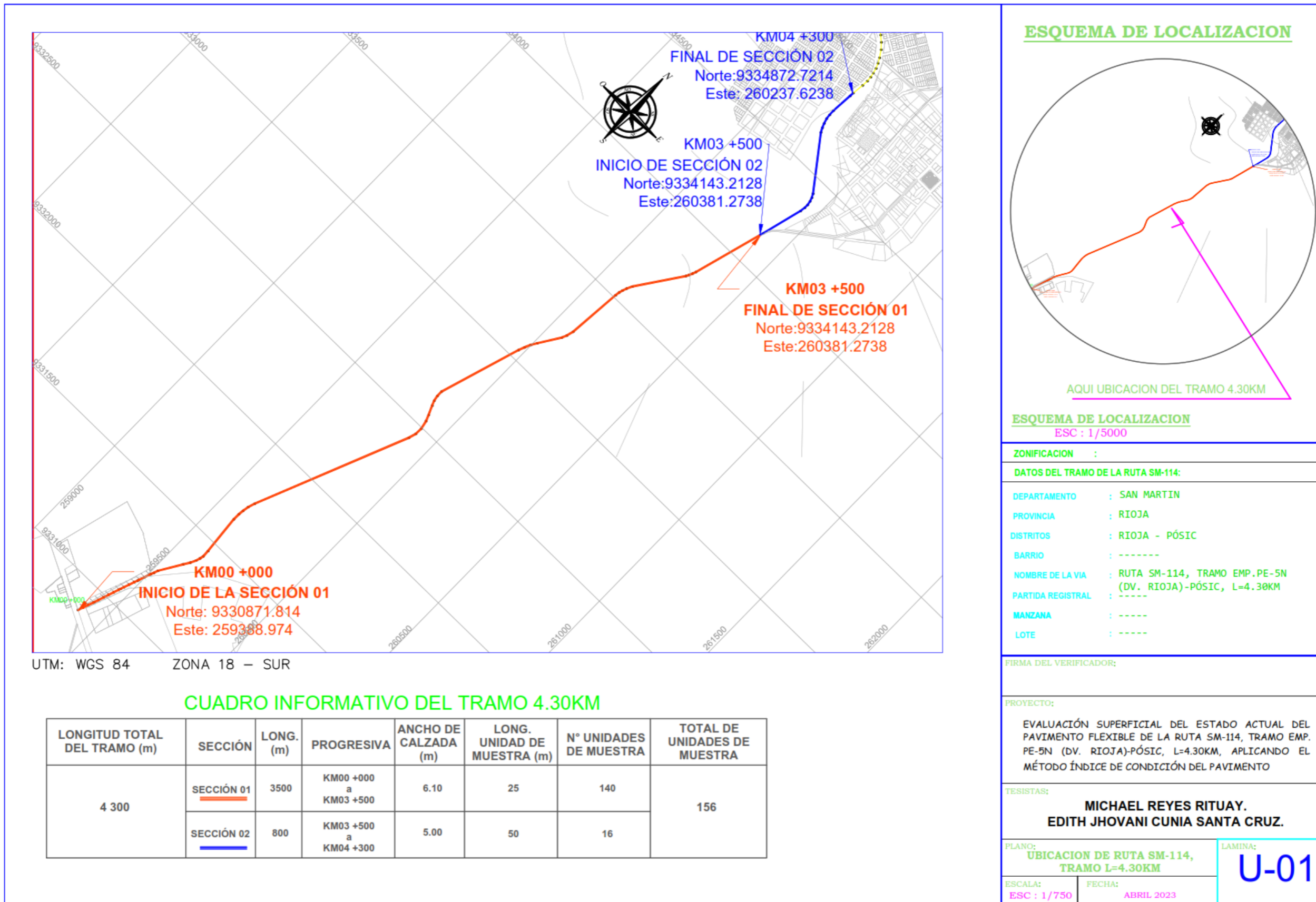
En los distritos de Rioja y Pósic, provincia de Rioja, departamento de San Martín.



**Figura 5.** Ubicación Política del proyecto.

Fuente: DGCF, 2017.

Plano U 0 1 :Ubicación de la Progresiva del proyecto (4.30 Km).

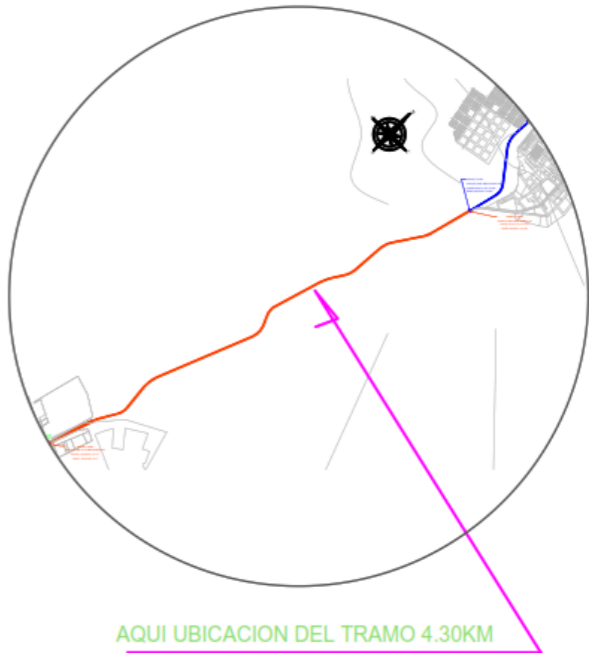


UTM: WGS 84 ZONA 18 – SUR

CUADRO INFORMATIVO DEL TRAMO 4.30KM

LONGITUD TOTAL DEL TRAMO (m)	SECCIÓN	LONG. (m)	PROGRESIVA	ANCHO DE CALZADA (m)	LONG. UNIDAD DE MUESTRA (m)	N° UNIDADES DE MUESTRA	TOTAL DE UNIDADES DE MUESTRA
4 300	SECCIÓN 01	3500	KM00 +000 a KM03 +500	6.10	25	140	156
	SECCIÓN 02	800	KM03 +500 a KM04 +300	5.00	50	16	

**ESQUEMA DE LOCALIZACION**



AQUI UBICACION DEL TRAMO 4.30KM

**ESQUEMA DE LOCALIZACION**  
ESC : 1/5000

ZONIFICACION :

DATOS DEL TRAMO DE LA RUTA SM-114:

DEPARTAMENTO	: SAN MARTIN
PROVINCIA	: RIOJA
DISTRITOS	: RIOJA - PÓSIC
BARRIO	: -----
NOMBRE DE LA VIA	: RUTA SM-114, TRAMO EMP. PE-5N (DV. RIOJA)-PÓSIC, L=4.30KM
PARTIDA REGISTRAL	: -----
MANZANA	: -----
LOTE	: -----

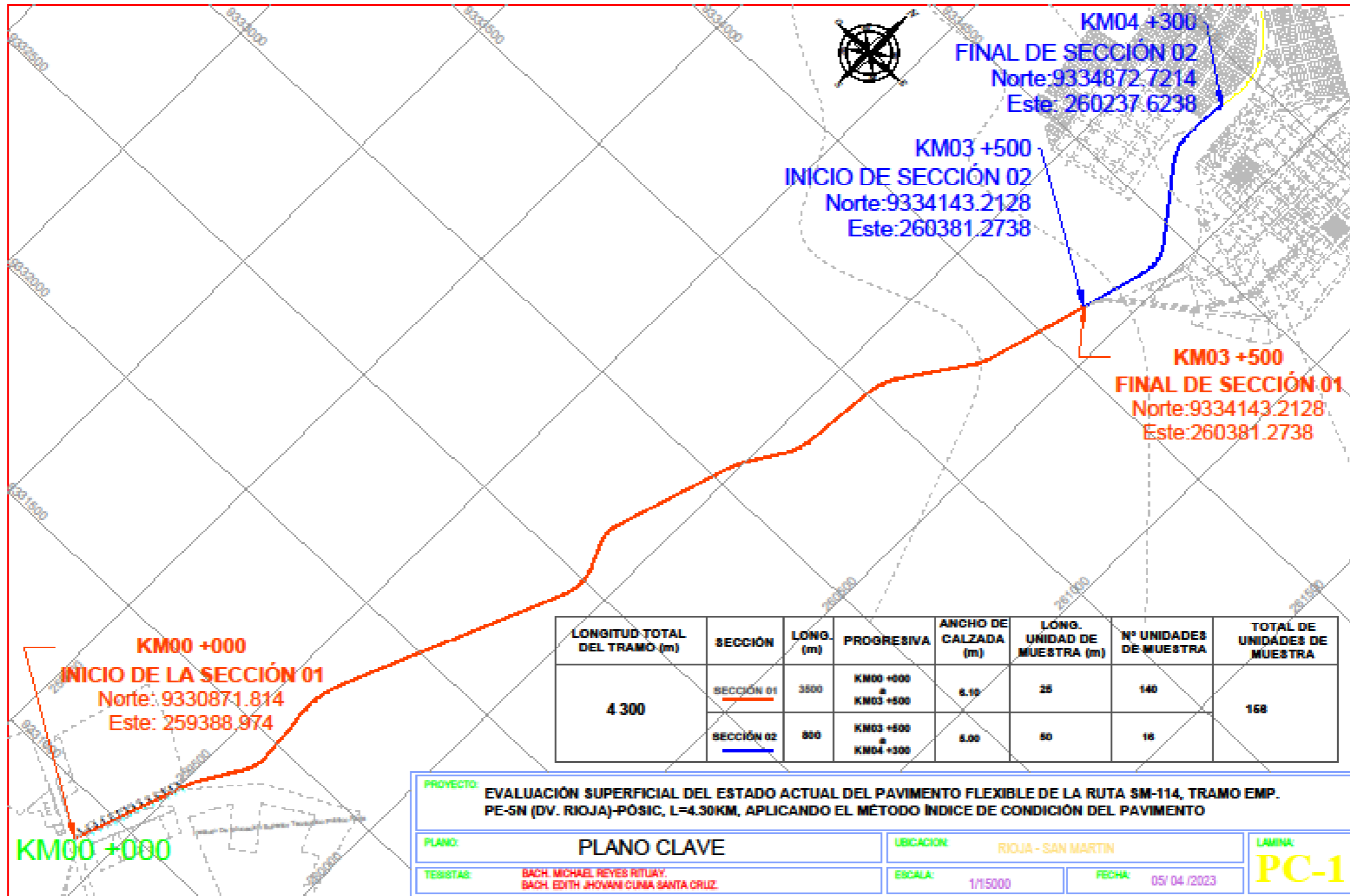
FIRMA DEL VERIFICADOR:

PROYECTO:  
EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA RUTA SM-114, TRAMO EMP. PE-5N (DV. RIOJA)-PÓSIC, L=4.30KM, APLICANDO EL MÉTODO ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

TESISTAS:  
**MICHAEL REYES RITUAY.**  
**EDITH JHOVANI CUNIA SANTA CRUZ.**

PLANO: **UBICACION DE RUTA SM-114, TRAMO L=4.30KM** LAMINA: **U-01**

ESCALA: ESC : 1/750 FECHA: ABRIL 2023





### 3.1.1.3. Accesibilidad

**Vía Terrestre:** Para llegar al Tramo en estudio se tiene 2 opciones.

Opción 01: Partiendo de la capital: Lima-Chiclayo-Olmos-Bagua Grande-Pedro Ruiz – Rioja, tomando la Carretera Panamericana Norte y carretera Fernando Belaunde Terry obtenemos un recorrido de 1497 Km. en toda su trayectoria asfaltada, con un tiempo de 26 a 28 horas aproximadamente en Bus.

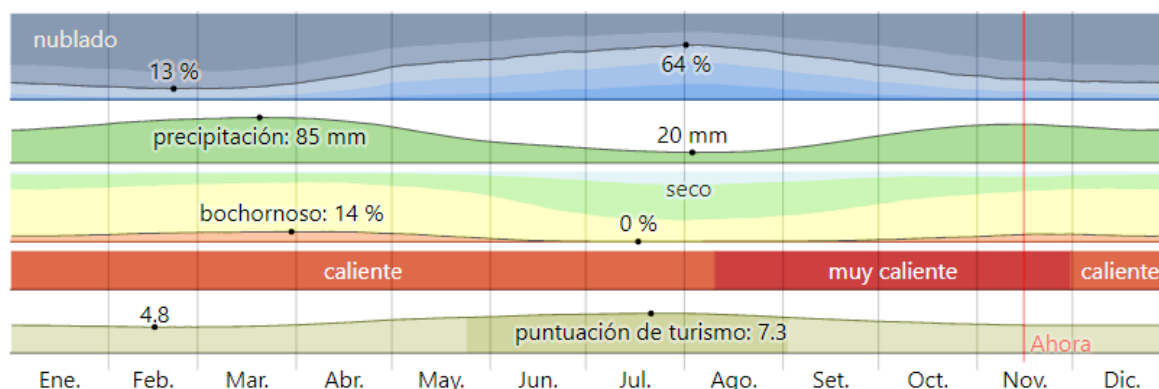
Opción 02: Partiendo de la capital: Lima-Huánuco-Tingo María-Juanjuí-Tarapoto-Moyobamba-Rioja, tomado la Carretera Central y carretera Fernando Belaunde Terry obtenemos un recorrido de 1083 Km. en toda su trayectoria asfaltada, con un tiempo de 22 a 24 horas aproximadamente en Bus.

#### Vía Aérea:

Para llegar al Tramo en estudio se tiene 1 opción mixta, Primero tomando avión Lima-Tarapoto nos deja en el Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del castillo Paredes Tarapoto, con tiempo de vuelo aproximado de 1 hora, y a continuación tomando la carretera Fernando Belaunde Terry tramo Tarapoto-Moyobamba-Rioja obtenemos un recorrido de un tiempo de 2 a 3 horas aproximadamente.

### 3.1.1.4. Clima

En la provincia de Rioja, la estación de verano es corto, cálido y en gran medida nublado y la estación de invierno es largo, favorable y en parte nublado. La temperatura anual en 2022 suele estar entre 18°C y 31°C, y es difícil que sea inferior a 17°C o superior a 33°C (Weather Spark, 2022).



**Figura 6.** El clima en Rioja año 2022.

Fuente: El clima y el tiempo promedio en todo el año en Rioja Perú, Weather Spark.

### **3.1.1.5. Temperatura**

En la provincia de Rioja, las épocas de verano tienen una duración de 1.9 meses, del 24 de agosto al 22 de octubre, y el valor máximo de la temperatura promedio diaria es más de 30 °C. El mes más caluroso del año en Rioja es Setiembre, con un valor promediado de máxima temperatura de 30 °C y una mínima de 20 °C. La época fresca tiene una durabilidad de 4.1 meses, del 15 de marzo al 17 de julio, y un valor promediado de temperatura máxima diaria es menor de 28 °C. De todo el año, el mes que presenta una temperatura más baja en Rioja es junio, con un valor promedio de temperatura mínima es de 19 °C y máxima de 28 °C (Weather Spark, 2022).

### **3.1.1.6. Precipitaciones**

La época más lluviosa tiene una duración 7.5 meses, de 30 de setiembre hasta 13 de mayo, con una posibilidad de más del 27% de que cierto día será con presencia precipitaciones. Marzo es el mes con más días que presenta precipitaciones en Rioja, con un valor promediado de 12.6 días con un valor mínimo de 1 milímetro de precipitación. La época más seca tiene una duración de 4.6 meses, del 13 de mayo al 30 de setiembre. Agosto, mes que tiene menos días lluviosos en Rioja, con 4.2 días promediados con el valor mínimo de 1 milímetro de precipitación (Weather Spark, 2022).

### **3.1.1.7. Topografía**

La provincia de Rioja se encuentra ubicada a la altitud promedio de 842 msnm. En la sección de estudio ruta SM - 114 La ubicación del km 0 +000, se encuentra a una altitud de 826 m.s.n.m. y la ubicación del término del tramo km 04 +300, se encuentra a una altitud de 824 msnm. (Google Earth, 2022).

### **3.1.1.8. Hidrografía**

Mediante una inspección visual en todo el tramo de estudio de la ruta SM – 114, se verifica que, existe drenaje pluvial, tanto drenaje longitudinal como drenaje transversal. En el drenaje longitudinal se encuentra cunetas y en el drenaje transversal se encuentra alcantarillas y el respectivo bombeo del pavimento flexible.

### **3.1.1.9. Contexto Histórico**

Historia del tramo L=4,30 km de la actual ruta SM-114, antes conocida como camino vecinal Rioja-Pósic, donde se realizó la primera línea para la habilitación de un camino peatonal, donde apoyó la Junta de Obras Públicas (JOB), que servía de unión del distrito

de Pósic al distrito de Rioja. Encargado de realizar el mejoramiento de la vía vecinal Rioja-Pósic de 1975 a 1980, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones trabajó con la Empresa Bion Selva hasta 2012, año en que se iniciaron los estudios para el mejoramiento de la vía vecinal SM - 502, Tramo EMP. PE-5N (Dv. Rioja)-Pósic, Provincia Rioja, Región San Martín, donde el Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM) actuó como unidad organizadora y ejecutora (Macedo V, 2014, p. 20).

Según DIARIO VOCES, (2014):

“La carretera asfaltada Pósic – Rioja fue inaugurada el sábado 21 de junio del 2014 en la plaza principal del distrito Pósic, fue liderado por el presidente regional, Prof. Javier Ocampo Ruiz, y la disposición de autoridades regionales como el gerente general del PEAM Ing. Oswaldo Jiménez Salas, alcaldesa de Rioja, Mercedes Torres Chávez, autoridades locales, entre ellos, el alcalde del distrito Francisco Guevara Cachay”.

Este proyecto, con una inversión de 8 millones 600 mil soles, que benefició a más de 50.000 habitantes de Moyobamba y Rioja, incluyó la pavimentación asfáltica básica de 6 kilómetros de vías de 5,50 metros de ancho, bermas de 0,50 metros y mejoras hasta el nivel de bicapa; también construcción de drenaje, arte y señalización.

### **3.1.1.10. Contexto Jurídico**

El tema de estudio se encuentra en el contexto de evaluación de pavimentos flexibles por lo tanto se dirige jurídicamente al manual del PCI (índice de condición de pavimento) de pavimentos flexibles según Norma ASTM D6433-03, para su respectiva evaluación.

## **3.2. Periodo de ejecución**

El proceso de realización de la investigación, titulado “Evaluación Superficial Del Estado Actual Del Pavimento Flexible De La Ruta SM–114, Tramo Emp. PE-5N (DV. Rioja)–Pósic, L=4.30km, Aplicando El Método Índice De Condición Del Pavimento”, se autoriza el 30 de diciembre del 2021 (Ver Anexo 01).

Después de que solicitaron el permiso a la Oficina Zonal de Transportes y Comunicaciones- Alto Mayo- OZTCAM en enero del 2022, la respuesta que obtuvieron de dicha Oficina Zonal antes mencionada, autorizaron la ejecución del proyecto el 21 de febrero del 2022. (Ver Anexo 02).

La ejecución del trabajo de investigación ya mencionado, se inició el 05 de marzo del 2022, debido a la disponibilidad de ambos tesis. Realizaron un reconocimiento de todo el tramo Emp. PE-5N (DV. Rioja)–Pósic, L=4.30km, de la ruta SM – 114, mediante una inspección visual verificaron las zonas que presentan fallas en el pavimento flexible, el mismo día iniciaron con la medición de fallas de la primera Unidad de Muestreo, el registro de fallas encontradas fueron tomadas en el formato de tablas de acuerdo al manual PCI según la norma ASTM D6433-03 ; el material, herramientas y la utilización equipos para la recolección de datos fueron, dos winchas de 08 metros, una wincha de 50 metros, una regla de madera de 2.5 metros, dos escobas, medio litro de pintura esmalte rojo, seis cajas de tizas blancas y diez conos de tránsito. La recolección de datos en campo de todo el tramo en estudio fue dividida en 156 Unidades de Muestreo, culminaron el 09 de abril del 2022, y de las cuales completaron 30 días laborables de trabajo.

A partir del lunes 11 de abril del 2022, realizaron la digitalización de datos obtenidos en campo, el cálculo del PCI (índice de condición de pavimento) para cada Unidad de Muestreo, y por último en el mes de agosto obtuvieron la propuesta de solución según el estado actual del pavimento flexible del tramo en estudio, la cual culminaron el 30 de agosto del 2022, el mes de noviembre se redactó el informe de tesis y en el mes de diciembre se realizaron las correcciones de acuerdo al reglamento de investigación. Se presentó el informe de investigación a la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura el día 23 de diciembre.

### **3.3. Autorizaciones y permisos**

La Universidad Nacional de San Martín expidió la Resolución N° 158-2021-UNSM/FICA-D-NLU, (Ver Anexo 01), el 30 de diciembre del 2021, indicando en el artículo 01 de la Resolución mencionada, la autorización de ejecutar el trabajo de investigación titulado “Evaluación Superficial Del Estado Actual Del Pavimento Flexible De La Ruta SM–114, Tramo Emp. PE-5N (DV. Rioja)–Pósic, L=4.30km, Aplicando El Método Índice De Condición Del Pavimento”, en el artículo 02 menciona que “Tienen un plazo de dos (02) años para culminar el desarrollo y sustentar su Proyecto de Tesis”.

La oficina Zonal de Transportes y Comunicaciones Alto Mayo expidió la autorización de recolección de datos para desarrollo de tesis en la ruta SM – 114, tramo Emp. PE-5N (DV. Rioja)–Pósic, l=4.30km. (Ver Anexo 02), el 21 de febrero del 2022, mediante el documento identificado “CARTA M. N°001-2022-GRSM/DRTC-OZTCAM”, en la cual brinda un plazo según la duración de tiempo que tome los trabajos de campo.

### 3.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

Las carreteras nuevas y/o mejoradas se convierten en un factor importante del progreso, ya que proporcionan el acceso a los mercados, suministran una fuente de empleo y aumentan el acceso a enseñanza y salubridad. Además, es posible agilizar el viaje mejorando las características de la vía, al mismo tiempo que se reducen los costes de explotación del vehículo. No obstante, los proyectos de construcción o mejora de carreteras pueden tener secuelas ambientales y sociales negativas al causar daños a los ecosistemas, como la pérdida de áreas de producción agrícola, el desplazamiento local, la interrupción permanente o temporal de ciertas actividades económicas y la cultura local, lo que resulta en la despoblación. Versátil y ligero. introducción de la enfermedad (DGASA-MTC,2005; p.22)

En la tabla siguiente se analizó los efectos consecuentes a las actividades en la investigación.

**Tabla 4**

*Matriz de causa-efecto para análisis de impacto ambiental*

<b>ACTIVIDADES</b>	<b>Agua</b>	<b>Suelo</b>	<b>Aire</b>	<b>Flora</b>	<b>Fauna</b>	<b>Paisaje</b>	<b>Socio Económicos Culturales</b>
Inspección visual del área de estudio.	No Afecta	No Afecta	No Afecta	No Afecta	No Afecta	No Afecta	No Afecta
Inspección detallada de la superficie del pavimento	No Afecta	No Afecta	Presencia temporal de polvareda	No Afecta	No Afecta	No Afecta	Interrupción parcial temporal del tránsito

Fuente: Elaboración Propia, 2022

### 3.5. Aplicación de principios éticos internacionales

Los investigadores afirman que su intervención se adhirió a los estándares éticos generales para la investigación, especialmente cuando examinaron cuidadosamente la superficie del pavimento utilizando el PCI (método del índice de condición del pavimento), se llegó a un compromiso con la oficina zonal de transportes y comunicaciones Alto Mayo (ver anexo 02), que mediante la recolección de datos los trabajos no perturben las actividades de los transportistas y usuarios que dan uso de la vía.

### 3.6. Sistema de variables

#### 3.6.1. Variables principales

Objetivo específico N° 1: Determinar los tipos de fallas según el método Índice de condición del pavimento en la ruta SM – 114, tramo EMP. PE-5N (DV. RIOJA) – PÓSIC, L=4.30km.

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Falla del pavimento flexible	Tipo de falla (Tipo de deterioro)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formato de condición de carreteras con superficie asfáltica.</li> <li>• Grado de severidad: Alto (H), Medio (M), Leve (L)</li> </ul>	Unidad (Und), Metros cuadrados (m <sup>2</sup> ), Metros lineales (ml)

Objetivo específico N° 2: Aplicar el método PCI para determinar el índice de condición de pavimento del tramo EMP. PE-5N (DV. RIOJA) – PÓSIC, L=4.30km.

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Valor deducido	Valor deducido corregido	Formato Para La Obtención Del Máximo Valor Deducido Corregido	Porcentaje (%)

Objetivo específico N° 3: Determinar las condiciones del pavimento al realizar la evaluación superficial del estado actual del pavimento con tratamiento superficial bicapa de la ruta SM – 114, tramo EMP. PE-5N (DV. Rioja) – Pósic, L=4.30km.

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Estado actual del pavimento flexible	PCI	Cálculo del PCI: Índice de Condición del Pavimento (PCI) y escala de clasificación	Porcentaje (%)

---

Objetivo específico N° 4: Plantear alternativas de solución para la preservación del pavimento flexible del, tramo EMP. PE-5N (DV. RIOJA) – PÓSIC, L=4.30km.

---

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Tipo de mantenimiento	Preservación del pavimento flexible	Niveles de intervención	Porcentaje (%)

---

### 3.6.2. Variables secundarias

#### Precipitación

Se presentaron precipitaciones constantes durante el periodo de recolección de datos, impidiendo la medición correcta para el estudio de las fallas encontradas del pavimento. Para una correcta evaluación de la superficie del pavimento flexible en estudio y cuidado de herramientas, se evitó trabajar en periodo de precipitaciones constantes.

#### Tráfico

A pesar de contar con la debida implementación necesaria de seguridad durante el periodo de evaluación superficial del pavimento en el lugar de investigación, estuvieron en riesgo la seguridad de los tesisas y apoyos ante el tráfico de dicho tramo en estudio, por la cual la medición de fallas del pavimento lo hicimos con la debida precaución necesaria.

### 3.7. Procedimientos de la Investigación

La población para la investigación estuvo limitada a la evaluación superficial del pavimento flexible de la Ruta SM – 114, tramo Emp. PE-5N (DV. Rioja) – Pósic, L=4.30km, jurisdicción provincial de Rioja, Región San Martín. La ubicación específica del punto inicial 0km +000 está en PE-5N (DV. Rioja), Sector Las Palmeras, Rioja. La ubicación del punto final de tramo en estudio 4km +300, distrito de Pósic.

A continuación, se muestra datos sobre el pavimento flexible de la ruta SM – 114, tramo Emp. PE-5N (DV. Rioja) – Pósic, L=4.30km:

- Ancho de la calzada: del Sector 01, tramo (0km +000 – 3km +500), mide 6.10m y Sector 02, tramo (3km +500 – 4km +300) mide 5.00m.
- Superficie de rodadura: Son 4300 metros lineales de pavimento flexible.

- Número de carriles: 02 carriles en ambos sentidos.
- Área de la vía:  $(3500 * 6.1) + (800 * 5) = 21\ 350 + 4000 = 25\ 350\ m^2$

### 3.7.1. Objetivo específico 1

#### Muestra de la determinación de tipos de fallas según el método índice de condición de pavimento.

Se comenzó dividiendo la vía en unidades de muestreo, donde se multiplicó la Longitud de unidad de muestreo por el ancho de calzada donde el área cumplió con el rango de 135 a 315 metros cuadrados establecido.

#### Sector 01

- Longitud total: 3500 m.
- Ancho de calzada (AC): 6.10 m
- Longitud de unidad de muestreo (LM): 25 m (dato asumido)

#### Cálculo de área de unidad de muestreo del Sector 01.

$$\text{Área de UM} = \text{AC} \times \text{LM} = 6.10 \times 25 = 152.5\ m^2$$

$135 < 152.5\ m^2 < 315 \rightarrow$  Si cumple según norma ASTM D6433 -03.

#### Cálculo del N° de Unidades de Muestra.

$$\text{N° Unidades de Muestra} = \frac{\text{Longitud Total del Sector 01}}{\text{Longitud de unidad muestreo}}$$

$$\text{N° UM (UMS01)} = \frac{3500\ m}{25\ m} = 140$$

#### Sector 02

- Longitud total: 800 m.
- Ancho de calzada (AC): 5.00 m
- Longitud de unidad de muestreo (LM): 50 m (dato asumido)

#### Cálculo de área de unidad de muestreo del Sector 01.

$$\text{Área de Unidad de Muestreo} = \text{AC} \times \text{LM} = 5.00 \times 50 = 250.00\ m^2$$

$135 < 250\ m^2 < 315 \rightarrow$  Si cumple según la norma ASTM D6433 -03.



### **Cálculo del N° de Unidades de Muestra.**

$$\text{N° Unidades de Muestra} = \frac{\text{Longitud Total del Sector 01}}{\text{Longitud de unidad muestreo}}$$

$$\text{N° Unidades de Muestra (UMS02)} = \frac{800 \text{ m}}{50 \text{ m}} = 16$$

**Unidades de Muestra Total** = UMS01 + UMS02 = 156 Unidades de Muestra.

Después que se realizó estos cálculos, posteriormente se trabajó en campo, en la cual mediante una inspección visual se identificó y se midió las fallas del pavimento flexible teniendo en cuenta su clase, su extensión y las severidades; Alto (H), Medio (M) y Ligerero (L), esta información se registra en el formato de prueba de pavimento asfáltico apropiado (ver fig.03).

### **3.7.2. Objetivo específico 2**

#### **Aplicación del método PCI para determinar el índice de condición del pavimento.**

Después de Inspeccionar los daños del pavimento flexible implemento todas las precauciones de seguridad para una debida circulación, se procedió a medir y registrarlos en el formato de la unidad de muestreo correspondiente según su tipo, su extensión y nivel respectivo de severidad. Al culminar con la inspección a las 156 UM, en cada UM la información de las fallas del pavimento flexible se utilizó para calcular las cantidades parciales de cada falla de acuerdo a su severidad, y con la relación de severidad/densidad obtuvieron el valor deducido según los diagramas del Manual ASTM D6433-03; posteriormente se calculó el ( $m_i$ ) máximo número de valores deducidos con la fórmula:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 95) = 1.46$$

Donde: ( $HDV_i$ ) en el valor deducido más alto = 95, donde obtuvieron número máximo de valores deducidos( $m_i$ ) de 1.46, finalmente usando la (Figura 4) obtenemos el Máximo Valor Deducido Corregido tomando el mayor de los valores obtenidos, tomando como ejemplo la primera UM (U1), donde se obtuvo Máx VDC(U1) = 97. Dichos cálculos se realizaron con ayuda del programa Excel.

### **3.7.3. Objetivo específico 3**

#### **Determinación del índice de condición del pavimento.**

Para la obtención del PCI en cada una de las 156 unidades de muestra, usamos el valor Máximo Valor Deducido Corregido (Máx VDC) obtenido en cada una de ellas, usando la formula

$$PCI = 100 - Máx VDC = 100 - 97 = 3 \%$$

Según (figura 2) corresponde a un Pavimento en estado COLAPSADO; Dichos cálculos se realizaron con ayuda del programa Excel.

### **3.7.4. Objetivo específico 4**

#### **Alternativas de solución para la preservación del pavimento flexible**

Respecto al promedio del PCI de cada UM se verifico los niveles de intervención según (Tabla 3). Ejem: SECCION 01 tiene un PCI de 38% con clasificación POBRE entonces se recomienda un tipo de mantenimiento de REHABILITACIÓN MAYOR (Reemplazo de carpeta asfáltica).

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

La investigación cumplió con los objetivos predeterminados con la utilización de formatos respectivos con apoyo del software Microsoft – Excel donde se evaluó los datos obtenidos en campo con respecto a los parámetros de estudio y procedimientos de cálculo.

##### 4.1.1. Resultado específico 1

Para la determinación de fallas, se elaboró el formato de fallas superficiales para pavimento flexible según el manual de daños (ASTM D6433-03) para concreto asfáltico, posteriormente se utilizó para el registro de datos en campo, midiendo la magnitud y severidad del daño de cada unidad de prueba y cada sección, como también se dibujó los esquemas de ubicación de fallas por cada UM. La sección 01 correspondiente a 140 unidades de muestreo de la progresiva 0km +000 al 3km +500, con un ancho de calzada de 6.10 m, y las 16 unidades de muestras restantes correspondientes a la sección 02 de la progresiva 3km +500 al 4km +300, con un ancho de calzada de 5.00 m.

A continuación, se muestra los tipos de fallas encontradas en las secciones.

**Tabla 5**

*Tipos de fallas encontradas por sección*

SECCIONES	TIPOS DE FALLA ENCONTRADAS	NIVELES DE SEVERIDAD
SECCIÓN 01	Piel de cocodrilo.	ALTO, MODERADO, LEVE
	Agrietamiento en bloque.	MODERADO, LEVE
	Abultamientos y hundimientos.	ALTO, MODERADO, LEVE
	Depresión.	MODERADO, LEVE
	Grieta de borde.	ALTO, MODERADO, LEVE
	Grietas long y transversal.	MODERADO, LEVE
	Parqueo.	ALTO, MODERADO, LEVE
	Pulimento de agregados.	LEVE
	Huecos.	ALTO, MODERADO, LEVE
	Ahuellamiento.	MODERADO, LEVE
	Grieta parabólica (slippage)	MODERADO
	Desprendimiento de agregados.	ALTO, MODERADO, LEVE

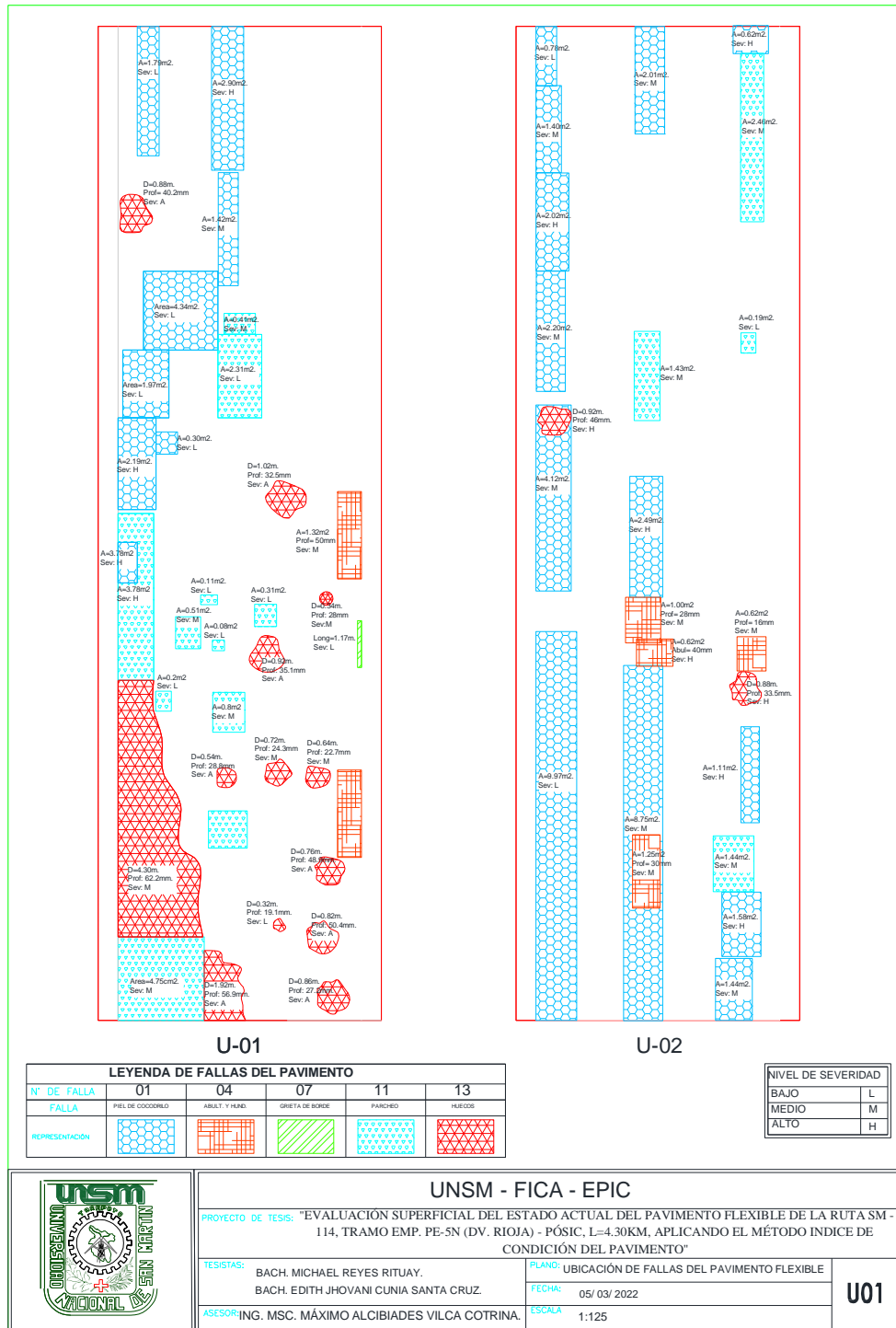
SECCIONES	TIPOS DE FALLA ENCONTRADAS	NIVELES DE SEVERIDAD
SECCIÓN 02	Piel de cocodrilo.	MODERADO, LEVE
	Agrietamiento en bloque.	LEVE
	Abultamientos y hundimientos.	ALTO, MODERADO, LEVE
	Grieta de borde.	ALTO, MODERADO, LEVE
	Grietas long y transversal.	ALTO, MODERADO, LEVE
	Parcheo.	MODERADO, LEVE
	Pulimento de agregados.	LEVE
	Huecos.	ALTO, MODERADO, LEVE
	Desprendimiento de agregados.	ALTO, MODERADO, LEVE

Fuente: Elaboración propia, 2022

Los diagramas de las ubicaciones de los Número de errores por unidad de muestra están vinculados a continuación.

Ver esquema de fallas de las 156 UM en el siguiente link:  
[https://drive.google.com/file/d/1n3Ah3GmSf4yC2k2WT6kbF2WSwyZIL5Da/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1n3Ah3GmSf4yC2k2WT6kbF2WSwyZIL5Da/view?usp=share_link)

Plano U 0 2: Ubicación De Fallas Del Pavimento Flexible de las unidades de muestra U1 y U2



Fuente: Elaboración propia, 2022

#### 4.1.2. Resultado específico 2

Después de como cada unidad de muestreo se haya registrado los distintos tipos de fallas y por cada sección, se calculó el total de cantidades parciales y su respectiva densidad, continuando, utilizaron los diagramas de fallas obtuvieron el valor deducido, y finalmente utilizando la (tabla 6) consiguieron determinar el Máximo valor deducido corregido (Máx VDC) en las 156 unidades de muestreo del tramo en estudio.

**Tabla 6**

*Máximo Valor Deducido Corregido para cada unidad de muestra*

SECCIÓN	UNIDAD DE MUESTRA	mi	Max VDC
SECCIÓN 01	1	1.5	97
	2	4.9	97
	3	6.1	88
	4	7.7	46
	5	9.4	17
	6	7.4	39
	7	8.0	33
	8	0.0	9
	9	6.1	70
	10	6.0	71
	11	4.1	97
	12	7.9	44
	13	6.9	67
	14	4.0	100
	15	3.5	98
	16	4.9	91
	17	1.5	97
	18	1.3	99
	19	1.6	95
	20	4.1	91
	21	4.9	92
	22	4.1	74
	23	6.8	74
	24	4.9	93
	25	7.2	46
	26	8.2	29
	27	8.1	25
	28	6.1	51
	29	8.5	23
	30	7.5	39
	31	6.4	45
	32	6.1	52
	33	8.9	21
	34	8.8	17
	35	9.4	13
	36	6.1	53
	37	7.8	45
	38	5.2	92
	39	6.1	76
	40	5.0	64
	41	7.2	41

SECCIÓN	UNIDAD DE MUESTRA	mi	Max VDC
SECCIÓN 01	42	7.2	55
	43	6.0	71
	44	5.5	89
	45	6.4	62
	46	7.2	36
	47	6.1	72
	48	7.0	64
	49	7.7	31
	50	6.7	52
	51	7.4	48
	52	6.1	80
	53	7.1	66
	54	4.9	86
	55	6.1	51
	56	7.8	39
	57	7.5	40
	58	6.1	69
	59	6.8	53
	60	6.7	51
	61	7.3	50
	62	7.0	51
	63	7.1	64
	64	4.1	98
	65	0.0	34
	66	2.3	90
	67	6.1	56
	68	6.9	54
	69	8.0	26
	70	4.1	73
	71	3.0	82
	72	3.0	100
	73	3.0	87
	74	9.3	16
	75	6.1	69
	76	5.4	88
	77	6.1	62
	78	6.7	66
	79	6.1	85
	80	7.7	50
	81	6.1	64
	82	4.9	74
	83	6.1	55
	84	6.1	57
	85	4.9	65
	86	4.9	88
	87	7.2	62
	88	4.9	74
	89	8.0	42
	90	6.1	55
	91	3.0	87
	92	3.5	87
	93	6.1	70
	94	7.9	41
	95	8.0	35
	96	3.5	87
	97	6.1	71
	98	4.1	86
	99	4.1	75

SECCIÓN	UNIDAD DE MUESTRA	mi	Max VDC
<b>SECCIÓN 01</b>	100	5.6	80
	101	8.9	23
	102	6.1	64
	103	6.1	70
	104	4.9	82
	105	6.1	81
	106	4.1	98
	107	4.9	93
	108	6.1	79
	109	5.5	61
	110	6.1	78
	111	9.3	12
	112	0.0	8
	113	8.9	23
	114	5.9	55
	115	6.7	55
	116	7.5	36
	117	8.4	28
	118	6.1	79
	119	4.9	83
	120	8.4	27
	121	9.1	14
	122	8.9	20
	123	8.0	28
	124	9.1	27
	125	4.9	89
	126	5.8	60
	127	6.9	57
	128	6.5	48
	129	6.9	62
	130	7.2	36
	131	6.8	51
	132	6.1	61
	133	6.1	84
	134	5.0	83
	135	5.0	60
	136	4.6	84
	137	4.1	98
	138	2.5	100
	139	1.0	100
140	2.9	100	
<b>SECCIÓN 02</b>	141	4.4	97
	142	3.8	97
	143	3.1	100
	144	4.6	98
	145	5.3	93
	146	6.1	64
	147	0.0	34
	148	0.0	0
	149	5.0	95
	150	6.9	56
	151	7.9	37
	152	7.9	29
	153	2.8	87
	154	2.8	84
	155	5.8	58
	156	6.0	90



### 4.1.3. Resultado específico 3

Después de hallar el Máx VDC en las 156 UMs, calcularon el PCI.

Se promedió el PCI para ambas secciones obteniendo un promedio final de PCI=37%.

**Tabla 7**

*Índice de condición de pavimento para cada unidad de muestra y sección*

SECCIÓN	UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
SECCIÓN 01	1	3	Colapsado
	2	3	Colapsado
	3	12	Muy Pobre
	4	54	Regular
	5	83	Muy Bueno
	6	61	Bueno
	7	67	Bueno
	8	91	Excelente
	9	30	Pobre
	10	29	Pobre
	11	3	Colapsado
	12	56	Bueno
	13	33	Pobre
	14	0	Colapsado
	15	2	Colapsado
	16	9	Colapsado
	17	3	Colapsado
	18	1	Colapsado
	19	5	Colapsado
	20	9	Colapsado
	21	8	Colapsado
	22	26	Pobre
	23	26	Pobre
	24	7	Colapsado
	25	54	Regular
	26	71	Muy Bueno
	27	75	Muy Bueno
	28	49	Regular
	29	77	Muy Bueno
	30	61	Bueno
	31	55	Bueno
	32	48	Regular
	33	79	Muy Bueno
	34	83	Muy Bueno
	35	87	Excelente
	36	47	Regular
	37	55	Bueno
	38	8	Colapsado
	39	24	Muy Pobre
	40	36	Pobre
	41	59	Bueno
	42	45	Regular
	43	29	Pobre
	44	11	Muy Pobre
	45	38	Pobre
	46	64	Bueno
	47	28	Pobre
	48	36	Pobre
	49	69	Bueno

SECCIÓN	UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
SECCIÓN 01	50	48	Regular
	51	52	Regular
	52	20	Muy Pobre
	53	34	Pobre
	54	14	Muy Pobre
	55	49	Regular
	56	61	Bueno
	57	60	Bueno
	58	31	Pobre
	59	47	Regular
	60	49	Regular
	61	50	Regular
	62	49	Regular
	63	36	Pobre
	64	2	Colapsado
	65	66	Bueno
	66	10	Muy Pobre
	67	44	Regular
	68	46	Regular
	69	74	Muy Bueno
	70	27	Pobre
	71	18	Muy Pobre
	72	0	Colapsado
	73	13	Muy Pobre
	74	84	Muy Bueno
	75	31	Pobre
	76	12	Muy Pobre
	77	38	Pobre
	78	34	Pobre
	79	15	Muy Pobre
	80	50	Regular
	81	36	Pobre
	82	26	Pobre
	83	45	Regular
	84	43	Regular
	85	35	Pobre
	86	12	Muy Pobre
	87	38	Pobre
	88	26	Pobre
	89	58	Bueno
90	45	Regular	
91	13	Muy Pobre	
92	13	Muy Pobre	
93	30	Pobre	
94	59	Bueno	
95	65	Bueno	
96	13	Muy Pobre	
97	29	Pobre	
98	14	Muy Pobre	
99	25	Pobre	
100	20	Muy Pobre	
101	77	Muy Bueno	
102	36	Pobre	
103	30	Pobre	
104	18	Muy Pobre	
105	19	Muy Pobre	
106	2	Colapsado	
107	7	Colapsado	

SECCIÓN	UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CLASIFICACION
SECCIÓN 01	108	21	Muy Pobre
	109	39	Pobre
	110	22	Muy Pobre
	111	88	Excelente
	112	92	Excelente
	113	77	Muy Bueno
	114	45	Regular
	115	45	Regular
	116	64	Bueno
	117	72	Muy Bueno
	118	21	Muy Pobre
	119	17	Muy Pobre
	120	73	Muy Bueno
	121	86	Excelente
	122	80	Muy Bueno
	123	72	Muy Bueno
	124	73	Muy Bueno
	125	11	Muy Pobre
	126	40	Regular
	127	43	Regular
128	52	Regular	
129	38	Pobre	
130	64	Bueno	
131	49	Regular	
132	39	Pobre	
133	16	Muy Pobre	
134	17	Muy Pobre	
135	40	Regular	
136	16	Muy Pobre	
137	2	Colapsado	
138	0	Colapsado	
139	0	Colapsado	
140	0	Colapsado	
<b>Promedio de PCI Sección 01</b>		<b>38</b>	<b>Pobre</b>
SECCIÓN 02	141	3	Colapsado
	142	3	Colapsado
	143	0	Colapsado
	144	2	Colapsado
	145	7	Colapsado
	146	36	Pobre
	147	66	Bueno
	148	100	Excelente
	149	5	Colapsado
	150	44	Regular
	151	63	Bueno
	152	71	Muy Bueno
	153	13	Muy Pobre
	154	16	Muy Pobre
	155	42	Regular
	156	10	Muy Pobre
	<b>Promedio de PCI Sección 02</b>		<b>30</b>
<b>Promedio total de PCI</b>		<b>37</b>	<b>Pobre</b>

Fuente: Elaboración propia, 2022.

#### 4.1.4. Resultado específico 4

Para la preservación del pavimento del flexible, se plantea las siguientes alternativas de solución de acuerdo a los resultados alcanzados del cálculo del PCI.

**Tabla 8**

*Niveles de intervención por unidad de muestra*

Sección	Unidad de muestra	PCI	Clasificación	Intervención
SECCIÓN 01	1	3	Colapsado	Reconstrucción
	2	3	Colapsado	Reconstrucción
	3	12	Muy Pobre	Reconstrucción
	4	54	Regular	Mantenimiento Correctivo
	5	83	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo
	6	61	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	7	67	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	8	91	Excelente	Mantenimiento Rutinario y Preventivo
	9	30	Pobre	Rehabilitación Mayor
	10	29	Pobre	Rehabilitación Mayor
	11	3	Colapsado	Reconstrucción
	12	56	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	13	33	Pobre	Rehabilitación Mayor
	14	0	Colapsado	Reconstrucción
	15	2	Colapsado	Reconstrucción
	16	9	Colapsado	Reconstrucción
	17	3	Colapsado	Reconstrucción
	18	1	Colapsado	Reconstrucción
	19	5	Colapsado	Reconstrucción
	20	9	Colapsado	Reconstrucción
	21	8	Colapsado	Reconstrucción
	22	26	Pobre	Rehabilitación Mayor
	23	26	Pobre	Rehabilitación Mayor
	24	7	Colapsado	Reconstrucción
	25	54	Regular	Mantenimiento Correctivo
	26	71	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo
	27	75	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo
	28	49	Regular	Mantenimiento Correctivo
	29	77	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo
	30	61	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	31	55	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	32	48	Regular	Mantenimiento Correctivo
	33	79	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo
	34	83	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo
	35	87	Excelente	Mantenimiento Rutinario y Preventivo
	36	47	Regular	Mantenimiento Correctivo

Sección	Unidad de muestra	PCI	Clasificación	Intervención
SECCIÓN 01	37	55	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	38	8	Colapsado	Reconstrucción
	39	24	Muy Pobre	Reconstrucción
	40	36	Pobre	Rehabilitación Mayor
	41	59	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	42	45	Regular	Mantenimiento Correctivo
	43	29	Pobre	Rehabilitación Mayor
	44	11	Muy Pobre	Reconstrucción
	45	38	Pobre	Rehabilitación Mayor
	46	64	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	47	28	Pobre	Rehabilitación Mayor
	48	36	Pobre	Rehabilitación Mayor
	49	69	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	50	48	Regular	Mantenimiento Correctivo
	51	52	Regular	Mantenimiento Correctivo
	52	20	Muy Pobre	Reconstrucción
	53	34	Pobre	Rehabilitación Mayor
	54	14	Muy Pobre	Reconstrucción
	55	49	Regular	Mantenimiento Correctivo
	56	61	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	57	60	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	58	31	Pobre	Rehabilitación Mayor
	59	47	Regular	Mantenimiento Correctivo
	60	49	Regular	Mantenimiento Correctivo
	61	50	Regular	Mantenimiento Correctivo
	62	49	Regular	Mantenimiento Correctivo
	63	36	Pobre	Rehabilitación Mayor
	64	2	Colapsado	Reconstrucción
	65	66	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	66	10	Muy Pobre	Reconstrucción
	67	44	Regular	Mantenimiento Correctivo
	68	46	Regular	Mantenimiento Correctivo
	69	74	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo
	70	27	Pobre	Rehabilitación Mayor
	71	18	Muy Pobre	Reconstrucción
72	0	Colapsado	Reconstrucción	
73	13	Muy Pobre	Reconstrucción	
74	84	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo	
75	31	Pobre	Rehabilitación Mayor	
76	12	Muy Pobre	Reconstrucción	
77	38	Pobre	Rehabilitación Mayor	
78	34	Pobre	Rehabilitación Mayor	
79	15	Muy Pobre	Reconstrucción	
80	50	Regular	Mantenimiento Correctivo	
81	36	Pobre	Rehabilitación Mayor	
82	26	Pobre	Rehabilitación Mayor	
83	45	Regular	Mantenimiento Correctivo	
84	43	Regular	Mantenimiento Correctivo	
85	35	Pobre	Rehabilitación Mayor	

Sección	Unidad de muestra	PCI	Clasificación	Intervención
SECCIÓN 01	86	12	Muy Pobre	Reconstrucción
	87	38	Pobre	Rehabilitación Mayor
	88	26	Pobre	Rehabilitación Mayor
	89	58	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	90	45	Regular	Mantenimiento Correctivo
	91	13	Muy Pobre	Reconstrucción
	92	13	Muy Pobre	Reconstrucción
	93	30	Pobre	Rehabilitación Mayor
	94	59	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	95	65	Bueno	Mantenimiento Correctivo
	96	13	Muy Pobre	Reconstrucción
	97	29	Pobre	Rehabilitación Mayor
	98	14	Muy Pobre	Reconstrucción
	99	25	Pobre	Rehabilitación Mayor
	100	20	Muy Pobre	Reconstrucción
	101	77	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo
	102	36	Pobre	Rehabilitación Mayor
	103	30	Pobre	Rehabilitación Mayor
	104	18	Muy Pobre	Reconstrucción
	105	19	Muy Pobre	Reconstrucción
	106	2	Colapsado	Reconstrucción
	107	7	Colapsado	Reconstrucción
	108	21	Muy Pobre	Reconstrucción
	109	39	Pobre	Rehabilitación Mayor
	110	22	Muy Pobre	Reconstrucción
	111	88	Excelente	Mantenimiento Rutinario y Preventivo
	112	92	Excelente	Mantenimiento Rutinario y Preventivo
	113	77	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo
114	45	Regular	Mantenimiento Correctivo	
115	45	Regular	Mantenimiento Correctivo	
116	64	Bueno	Mantenimiento Correctivo	
117	72	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo	
118	21	Muy Pobre	Reconstrucción	
119	17	Muy Pobre	Reconstrucción	
120	73	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo	
121	86	Excelente	Mantenimiento Rutinario y Preventivo	
122	80	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo	
123	72	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo	
124	73	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo	
125	11	Muy Pobre	Reconstrucción	
126	40	Regular	Mantenimiento Correctivo	
127	43	Regular	Mantenimiento Correctivo	
128	52	Regular	Mantenimiento Correctivo	

Sección	Unidad de muestra	PCI	Clasificación	Intervención	
SECCIÓN 01	129	38	Pobre	Rehabilitación Mayor	
	130	64	Bueno	Mantenimiento Correctivo	
	131	49	Regular	Mantenimiento Correctivo	
	132	39	Pobre	Rehabilitación Mayor	
	133	16	Muy Pobre	Reconstrucción	
	134	17	Muy Pobre	Reconstrucción	
	135	40	Regular	Mantenimiento Correctivo	
	136	16	Muy Pobre	Reconstrucción	
	137	2	Colapsado	Reconstrucción	
	138	0	Colapsado	Reconstrucción	
	139	0	Colapsado	Reconstrucción	
	140	0	Colapsado	Reconstrucción	
	SECCIÓN 02	141	3	Colapsado	Reconstrucción
		142	3	Colapsado	Reconstrucción
143		0	Colapsado	Reconstrucción	
144		2	Colapsado	Reconstrucción	
145		7	Colapsado	Reconstrucción	
146		36	Pobre	Rehabilitación Mayor	
147		66	Bueno	Mantenimiento Correctivo	
148		100	Excelente	Mantenimiento Rutinario y Preventivo	
149		5	Colapsado	Reconstrucción	
150		44	Regular	Mantenimiento Correctivo	
151		63	Bueno	Mantenimiento Correctivo	
152		71	Muy Bueno	Mantenimiento Rutinario y Preventivo	
153		13	Muy Pobre	Reconstrucción	
154		16	Muy Pobre	Reconstrucción	
155		42	Regular	Mantenimiento Correctivo	
156		10	Muy Pobre	Reconstrucción	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

## 4.2. Discusión de resultados

Al aplicar el método PCI a pavimentos flexibles, recopilar información de campo y diferenciar los tipos de daños según el tamaño y la gravedad de los daños, se puede determinar la condición actual del pavimento flexible a las 156 UM trabajando en la ruta de estudio, confirmando así la hipótesis planteada.

### 4.2.1. Discusión de resultado específico 1

En conformidad con los resultados y el manual (ASTM D6433-03), se determinaron los modos de falla de pavimentos flexibles de la vía, en dos secciones. La sección 01 con un ancho de calzada de 6.10 m, abarcó desde la progresiva 0km +000 al 3km +500, existiendo 3500 metros lineales, dividida en 140 unidades de muestreo con longitud de 25 ml. y un área de 152.5 m<sup>2</sup>; El área especificado está contenido dentro de las áreas

mencionados en el rango de la unidad de muestra; la sección 02 con un ancho de calzada de 5.00 m, abarcó desde la progresiva 3km +500 al 4km +300, existiendo 800 metros lineales, dividida en 16 unidades de muestreo con longitud de 50 ml. y un área de 250 m<sup>2</sup>; Dicha área de unidad de muestra está dentro del rango definido.

De acuerdo con los tipos de daño definidos del pavimento flexible, la Sección 01 registra 12 tipos de daño: piel de cocodrilo, grietas en bloque, levantamiento y asentamiento, depresiones, grietas en los bordes, grietas longitudinales y transversales, placas, pulido de agregados, hoyos o agujeros, ranuras. , fisuras parabólicas y separación de áridos; Se fijaron un total de 9 puestos en la sección de 02 registros, a saber: piel de cocodrilo, grietas masivas, levantamiento y descenso, grietas de borde, grietas verticales y horizontales, reparación, trituración de material mineral, vacíos de agregados eliminados y caídas. Modos de falla de pavimentos flexibles

#### **4.2.2. Discusión de resultado específico 2**

Se aplicó correctamente los métodos de cálculo del PCI de acuerdo al manual ASTM D6433-03 para el cálculo de valores deducidos y densidades respectivas; donde con el uso del software Microsoft Excel obtuvieron el Máx VDC de cada una de las UMs.

#### **4.2.3. Discusión de resultado específico 3**

En concordancia los resultados obtenidos, el manual ASTM D6433-03 describe la clasificación de las condiciones del pavimento, donde de 0%-10% corresponde a Colapsado, de 10% - 25% muy pobre, de 25% - 40% pobre, de 40% - 56% Regular, de 56% - 70% Bueno, de 70% - 86% Muy Bueno, de 86% - 100% Excelente, Se determina el estado actual de la manta resiliente en todas las unidades de muestreo de cada tramo de vía. En el lote 01: 21 unidades de muestreo en estado colapsado, 26 unidades de muestreo en muy mal estado, 30 unidades de muestreo en mal estado, 26 unidades de muestreo en estado normal, 17 unidades de muestreo en buen estado, 15 unidades de muestreo Las unidades están en muy buen estado condición. con 05 unidades de muestra en buen estado. En la sección 02: 06 unidades de muestreo en condición Colapsado, 03 unidades de muestreo en condición Muy Pobre, 01 unidad de muestreo en condición Pobre, 02 unidades de muestreo en condición Regular, 02 unidades de muestreo en condición Bueno, 01 unidades de muestreo en condición Muy Bueno y 01 unidades de muestreo en condición Excelente.

Obtuvimos 04 tramos críticos en condición colapsado (ver anexo 06). El tramo 01 corresponde (U-1 a U-2) km.00+000 al km. 00 +050, ubicado en el inicio de la ruta SM-



114 frente a un centro de establecimiento de gasolina, distrito de Rioja. El tramo 02 corresponde (U-14 a U-21) km.00 +325 a 00km +525, correspondiente a 200 metros lineales, ubicado frente al Instituto de Educación Superior tecnológico Público Rioja, distrito de Rioja. El tramo 03 corresponde del (U-106 a U-107) km.02+625 al km.02+675 correspondiente a 50 metros lineales, ubicado a 100 metros de “Villa Hacienda Restaurante”. El tramo 04 corresponde del (U-137 a U-145) km.03+400 al km.03+750 correspondiente a 350 metros lineales, ubicado frente a la entrada de las Fábricas de Ladrillos y Cruce a la urbanización del distrito de Pósic.

#### 4.2.4. Discusión de resultado 4

En conformidad con el resultado y el Instituto de Asfalto (2011), se plantea las alternativas de solución para la preservación del pavimento flexible. A partir de los resultados obtenidos de la clasificación, se verifica los correspondientes niveles de intervención. En la sección 01 que consta de 140 unidades de muestreo, se planteó como solución en; 47 unidades de muestreo una **Reconstrucción** requiere reemplazo de base granular y carpeta asfáltica (tratamiento superficial bicapa), 30 unidades de muestreo una **Rehabilitación Mayor** requiere solo reemplazo de carpeta asfáltica (tratamiento superficial bicapa), 43 unidades de muestreo un **Mantenimiento Correctivo** requiere repapeo, 20 unidades de muestreo un **Mantenimiento Rutinario y Preventivo** requiere el sellado de las fisuras, los parches con el uso de lechadas asfálticas. En la sección 02 que consta de 16 unidades de muestreo, se planteó como solución en; 09 unidades de muestreo una **Reconstrucción** reemplazo de base granular y carpeta asfáltica (tratamiento superficial bicapa), 01 unidad de muestreo una **Rehabilitación Mayor** requiere solo reemplazo de carpeta asfáltica (tratamiento superficial bicapa), 04 unidades de muestreo un **Mantenimiento Correctivo** requiere repapeo, 02 unidades de muestreo un **Mantenimiento Rutinario y Preventivo** requiere el sellado de las fisuras, los parches con el uso de lechadas asfálticas.

## CONCLUSIONES

Al evaluar la superficie del pavimento flexible de la ruta SM – 114, tramo Emp. PE-5N (DV. Rioja) – Pósic, L=4.30km, aplicando el índice de condición de pavimento, se concluye que:

1. Existen 4 fallas superficiales encontradas con mayor presencia en sus 3 niveles de severidad (L, M, H): piel de cocodrilo, grietas de borde, huecos y parches; las mismas que definieron los tramos críticos.
2. Con el apoyo de los diagramas de fallas para obtención de valores deducidos, en las unidades de muestreo de cada sección se obtuvo un 44.2% del total de unidades de muestra que superan el valor de Máx VDC =70%.
3. Se determinó un índice de condición de pavimento (PCI) con un valor de 37%, con el cual se determina según la clasificación como Pobre.
4. De acuerdo a la clasificación del PCI total como Pobre proponiendo como alternativa de solución una Rehabilitación Mayor, la cual requiere solo recapeo de la carpeta asfáltica, siendo el caso, recapeo del tratamiento superficial bicapa.

## RECOMENDACIONES

1. Elaborar un formato de tipos de fallas de acuerdo al manual ASTM D6433-03, donde se facilite el registro de sus datos en campo obtenidos en el momento de la evaluación superficial, se aconseja implementar las medidas de seguridad necesarias para la población y para su persona.
2. Para determinar los valores deducidos aplicando el método del PCI y al evaluar gran magnitud de progresiva, apoyarse del programa Microsoft – Excel, el cual les permitirá realizar con mayor rapidez los cálculos respectivos.
3. Para realizar la evaluación de superficies de pavimento flexible donde determinarán las condiciones de la vía a estudiar, seguir paso a paso el proceso de cálculo determinado por el ASTM D6433-03 para así llegar al valor promedio del PCI, verificando la condición total del estado actual de la vía a estudiar.
4. Identificar el tipo de vía en estudio, para la correcta aplicación de los niveles de intervención, ya que tienen diferentes rangos para su tipo de mantenimiento o planteamiento de solución preservación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Callan J. C. (2005), *Mejoramiento de la carretera Vinzos-Chuquicara a nivel de tratamiento superficial bicapa*, tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Alzate Zuluaga S., (2019), *Sistema de clasificación de severidad de daños en pavimentos flexibles para determinar posibles intervenciones*, Tesis de grado para optar al título de ingeniería civil, Universidad EIA, Envigado, Colombia.
- ASTM D6433, (2003), *Procedimiento Estándar para la inspección del Índice de Condición del pavimento en caminos y Estacionamiento*, Sub-Comité E17.41, Gerencia de Pavimentos.
- Baque. S. B. S, (2020), *Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí* artículo de investigación, Ecuador.
- Barrera Gómez J.P., (2014), *Fallas En Pavimentos Flexibles: Causas, Efectos Y Soluciones*, Trabajo de graduación para optar el título de Ingeniero Civil, Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Calderón. A. H.S, Cardozo. S. C. D & García. J. B. A. (2019). *Evaluación De Patologías En Pavimentos Flexibles Del Tramo Comprendido Entre El K6+000 Hasta El K7+000 De La Vía Ibagué – Rovira, Departamento Del Tolima*. Trabajo presentado como requisito para optar al título de Profesional en ingeniería Civil, Colombia.
- Cuba. A. W. I. (2017). *Evaluación Superficial del Pavimento Flexible Aplicando el Método del PCI en un tramo de la Av. República de Polonia – Distrito de San Juan de Lurigancho* tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, UCV, Lima, Perú.
- DIARIO VOCES, (2014), Inauguran carretera asfaltada Pósic–Rioja, Perú, obtenido de: <https://diariovoces.com.pe/19711/inauguran-carretera-asfaltada-posic-rioja>

- Díaz. D. J. (2018). *Evaluación superficial del pavimento flexible mediante método PCI para determinar el estado de conservación en la Av. Del Parque, 2018* tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Dirección General De Asuntos Socio-Ambientales, (2005), *Manual de Gestión Socio Ambiental Para Proyectos Viales Departamentales*, Ministerio de transportes y comunicaciones, Lima, Perú.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, (2006), *Manual Técnico De Mantenimiento Rutinario Para La Red Vial Departamental No Pavimentada.*, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, (2017), *Em p. PE-5N (Dv. Rioja) - Pósis - Santa Elena - Dv. Tambo — Em p. SM-113 (Dv. Yuracyacu).*, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú.
- Doria. D. Z. D. M & De La Cruz. O. J. B. (2016). *Cálculo Del Índice De Condición Aplicado Al Pavimento Flexible, En El Jr. Jorge Chávez En La Ciudad De Tarapoto - Barrio Huayco, Provincia De San Martín, Departamento De San Martín Y Propuesta De Solución* tesis presentada para optar el título profesional de ingeniero civil, San Martín, Perú.
- Ferreya Pereyra J, (2012), *Actividades de mantenimiento rutinario y periódico en una carretera del Perú*, Tesis de Master en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura, Lima, Perú.
- Hernández J, Rosales K. & Trigueros W, (2016). *Metodología para el diseño y construcción de tratamientos superficiales dobles para caminos de bajo volumen de tránsito mediante los métodos de la dimensión mínima promedio y Texas DOT en el Salvador*, tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, Universidad del Salvador, El Salvador.
- Instituto del Asfalto. (2011). MS-16s *El Asfalto En La Preservation y El Mantenimiento de Pavimentos.*
- Instituto Nacional de Vías, (2006), *Estudio E Investigación Del Estado Actual De Las Obras De La Red Nacional De Carreteras*, Manual Para La Inspección Visual De Pavimentos Flexibles, convenio Interadministrativo de Ministerio Transportes con la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

- Leva Quispe K. R, (2020), *Determinación del estado de conservación del pavimento flexible aplicando la metodología índice de condición del pavimento (PCI) en la Vía Nazca - Cusco en tramos con climas diferentes en el año 2019*, Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.
- Macedo Vásquez F. M, (2014), *Diseño Estructural del Pavimento Flexible en el Mejoramiento del Camino Vecinal Rioja – Pósic, utilizando el Método NAASRA, tramo km. 00 +000 al km. 6+090, distrito y provincia de Rioja, región de San Martín*, tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad Nacional de San Martín, Perú.
- Ministerio de Obras Publicas Y Comunicaciones, (2016), *Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación, catálogo de fallas*, Republica Dominicana.
- Ministerio de transportes y comunicaciones (2014). *Manual de carreteras: suelos geología, geotecnia y pavimentos*, Lima, Perú.
- Miranda Rebolledo R.J., (2010), *Deterioros en Pavimento flexibles y rígidos*, Tesis para optar el título de ingeniero constructor, Facultad De Ciencias De La Ingeniería, Universidad Austral De Chile, Chile.
- Muñoz S. L. A. (2018), *Evaluación Superficial Del Pavimento Flexible Del Tramo 3 De La Carretera Interoceánica Norte Perú – Brasil Aplicando El Método PCI* Modalidad de Suficiencia Profesional para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada del Norte, Lima, Perú.
- Pinedo V. J. C. (2017), *Evaluación superficial de la avenida la cultura en el distrito de wanchaq-cusco a través del método del PCI* tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Riveros. T. L. P. & Gaitán. V. J. S, (2019), *Determinar el deterioro del pavimento flexible mediante metodología de auscultación Vizir y PCI con relación al CBR y la estructura de pavimento* monografía para optar al título de ingeniero civil, Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá, Colombia.
- Rodríguez Velásquez E. D., (2009), *Cálculo Del Índice De Condición Del Pavimento Flexible En La Av. Luis Montero, Distrito De Castilla*, Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Facultad De Ingeniería, Universidad De Piura, Perú.

Salazar. T. C. E (2019). *Evaluación Superficial Del Pavimento Flexible Utilizando El Método PCI Contrastado Con La Guía Pmbok En La Avenida Independencia, Cajamarca 2017* tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

Universidad Mayor de San Simón, (2004), *texto guía pavimentos*, Facultad de Ciencias y Tecnología, departamento de Cochabamba, Bolivia.

Vásquez. V. L. E, (2002), *Manual Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*, Universidad de Colombia, Colombia.

Vinces. M. M. A, (2017), *Diagnóstico del Estado Situacional de la Carretera Pe – 5n (DV) – Sm – 104 (Lamas)*, por el Método: Índice De Condición De Pavimentos (PCI) tesis presentada para optar el título profesional de ingeniero civil, San Martín, Perú.

Weather Spark, (2022) *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Rioja Perú*

## ANEXOS

### Anexo N° 1. Resolución de la ejecución del trabajo de investigación.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
 Ciudad Universitaria-Distrito de Morales-Teléfono: 521402-Anexo 122  
 Email: [fica@unsm.edu.pe](mailto:fica@unsm.edu.pe)  
**NUEVA LEY UNIVERSITARIA N°30220**



**Resolución N° 158-2021-UNSM/FICA-D-NLU**  
 Morales, 29 de diciembre de 2021

Que, en uso de las atribuciones conferidas por la Resolución N° 012-2021-UNSM/AU-R, la Nueva Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

#### SE RESUELVE:

**Artículo 1°.** – Aprobar el proyecto de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, “EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL ESTADO ACTUAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA RUTA SM – 114, TRAMO EMP. PE-5N (DV. RIOJA)–PÓSIC, L=4.30KM, APLICANDO EL MÉTODO ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO” presentado por los Bachilleres MICHAEL REYES RITUAY y EDITH JHOVANI CUNIA SANTA CRUZ, teniendo como asesor al Ing. M.Sc. Máximo Alcibiades Vilca Cotrina; cuyo Jurado Evaluador aprobado se detalla:

Presidente: Ing. M. Sc. RUBÉN DEL ÁGUILA PANDURO  
 Secretario: Ing. M. Sc. VÍCTOR HUGO SÁNCHEZ MERCADO  
 Vocal: Ing. M. Sc. JUVENAL VICENTE DÍAZ AGIP

**Artículo 2°.** – Los Bachilleres, MICHAEL REYES RITUAY y EDITH JHOVANI CUNIA SANTA CRUZ, tendrá un plazo de dos (02) años para culminar el desarrollo y sustentar su Proyecto de Tesis, contados a partir del 30 de diciembre del 2021 y que vence el 30 de diciembre del 2023.

Regístrese, Comuníquese y Archívese



Ing. Mtro. RICARDO CASTAÑEDA CABANILLAS  
 Decano(e) de la FICA



Lic. M.Sc. Luis Alberto Gálvez Moncada  
 Secretario Académico de la FICA

Fuente: Universidad Nacional de San Martín, 2021.



Anexo N° 2. Carta de autorización de uso parcial de vía para la ejecución del trabajo de investigación.



DIRECCIÓN REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - SM  
**OFICINA ZONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES ALTO MAYO**  
**"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"**

Moyobamba, 21 de Febrero del 2022

**CARTA M. N° 001-2022-GRSM/DRTC-OZTCAM**

**Sres.** : **Edith Jhovani Cunia Santa Cruz**  
**Michael Reyes Rituay.**  
 Estudiantes de Pre Grado EPIC-UNSM.  
 Jr. Benavides 134-Moyobamba, Jr. Micaela Bastidas S/N-Rioja.

**REF.** : a) SOLICITUD S/N – EXP. 015-2022209975  
 b) Resolución de Aprob. de Proyecto de Tesis N° 158-2021-UNSM/FICA-D-NLU

**ASUNTO** : **AUTORIZACION DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA DESARROLLO DE TESIS EN RUTA SM-114, TRAMO EMP. PE-5N (DV RIOJA)-POSIC, L=4.30 KM.**

De mi especial consideración;

Tengo el agrado de dirigirme a ustedes para expresarle mi saludo cordial y al mismo tiempo en relación al documento de la referencia a.), le comunicamos que su solicitud fue atendida y se les hace llegar el presente documento con la Autorización para la recolección de datos con fines de desarrollar el Proyecto de Tesis en la Ruta SM-114, Tramo Emp. PE-5N (DV Rioja)-Posic, L=4.30 Km.

En tal sentido, se procede a alcanzarles el documento Oficial como señal de conformidad y a su vez esperando que los trabajos se realicen sin perturbar las actividades de los transportistas y usuarios de la vía, además se le recomienda utilizar la debida implementación necesaria de seguridad durante el tiempo de trabajo en campo.

Asimismo, a la espera del cumplimiento a carta cabal del compromiso de su parte en cuanto al alcanzar a ésta Jefatura la información obtenida de su proyecto de Tesis, las mismas que serán de mucha utilidad para la Entidad en futuras intervenciones.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

EXP. 015-2022430234  
 CC.  
 Archival/OZTCAM



GOBIERNO REGIONAL SAN MARTÍN  
 Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones S.M.  
 Ing. Mg. Robinson Vázquez Riva  
 JEFE OFICINA ZONAL ALTO MAYO - MOYOBAMBA

| DRTC SM. | AV. GRAU N° 757 MOYOBAMBA | Telf. 042 561119 |  
[www.drctsanmartin.gob.pe](http://www.drctsanmartin.gob.pe)

Fuente: Oficina Zonal de Transportes y comunicaciones Alto Mayo, 2021.

Anexo N° 3. Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACION		METODOLOGIA
			VARIABLES	INDICADORES	
<p><b>1.2. Formulación del Problema de investigación:</b> ¿En qué estado se encuentra actualmente el pavimento flexible de la ruta SM-114, tramo EMP PE-5N (DV. Rioja) – Pósic, L=4.30km?</p>	<p><b>1.4.1. Objetivos General:</b> Evaluar la superficie del pavimento flexible aplicando el método Índice de condición del pavimento para conocer el estado actual de la ruta SM – 114, tramo EMP. PE-5N (DV. RIOJA) – PÓSIC, L=4.30km.</p> <p><b>1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar los tipos de fallas según el método Índice de condición del pavimento en la ruta SM – 114, tramo EMP. PE-5N (DV. RIOJA) – PÓSIC, L=4.30km.</li> <li>• Aplicar el método PCI para determinar el índice de condición de pavimento del tramo EMP. PE-5N (DV. RIOJA) – PÓSIC, L=4.30km.</li> <li>• Determinar las condiciones del pavimento al realizar la evaluación superficial del estado actual del pavimento con tratamiento superficial bicapa de la la ruta SM – 114, tramo EMP. PE-5N (DV. Rioja) – Pósic, L=4.30km.</li> <li>• Plantear alternativas de solución para la preservación del pavimento flexible del, tramo EMP. PE-5N (DV. RIOJA) – PÓSIC, L=4.30km.</li> </ul>	<p><b>1.3. Hipótesis de investigación:</b> Mediante la evaluación del tratamiento superficial del pavimento flexible con la aplicación del método PCI se pudo determinar el estado actual de la ruta SM-114, tramo EMP PE-5N (DV. Rioja) – Pósic, L=4.30km.</p>	<p><b>3.2.1. Variable independiente:</b> Método de índice de condición del pavimento PCI.</p> <p><b>3.2.2. Variable dependiente:</b> Evaluación del estado actual del tratamiento superficial del pavimento flexible del tramo Rioja - Pósic</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• clase de pavimento.</li> <li>• nivel de severidad.</li> <li>• cantidad de fallas.</li> <li>• Determinar PCI</li> <li>• Nivel de condición del pavimento.</li> <li>• Intervención en pavimento.</li> <li>• Información general.</li> <li>• Progresiva de las fallas.</li> <li>• Clasificación de las fallas.</li> <li>• Recolección de datos.</li> </ul>	<p><b>3.5.1. Tipo de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigación aplicada, porque evaluamos la superficie del pavimento flexible del tramo Rioja – Pósic, aplicando el método PCI, basada en el Manual ASTM D6433-03.</li> </ul> <p><b>3.5.2. Nivel de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El nivel de investigación es Descriptivo porque se describió todas las fallas encontradas de la superficie del pavimento flexible del tramo Rioja – Pósic, basada en el Manual ASTM D6433-03.</li> </ul> <p><b>3.5.3. Diseño de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño <b>no experimental.</b></li> </ul> <p><b>Población</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Constituida por <b>la carretera EMP.PE – 5N(DV) – SM – 114 (RIOJA)</b></li> </ul> <p><b>MUESTRA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Constituida por el tramo Rioja – Pósic, L=4.30km, provincia de Rioja, departamento de San Martín.</li> </ul> <p><b>Métodos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aplicación del método PCI.</b></li> </ul>

## Anexo N° 4. Formato de recolección de datos utilizado en campo.

INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO									
PCI-01. CARRTERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.									
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO								ESQUEMA	
ZONA		ABSCISA INICIAL			UNIDAD DE MUESTREO			Ver Anexo 4.	
RUTA SM-114		Km 0 + 000			U1				
CODIGO VIA		ABSCISA FINAL			ÁREA MUESTREO (m <sup>2</sup> )				
TRAMO EMP-5M		Km 0 + 025			152.5				
INSPECCIONADA POR		FECHA							
Bach. Edith Jhovani Cunia Santa Cruz y Bach. Michael Reyes Rituaay		05/03/2022							
No.	Daño	UND	No.	Daño	UND				
1	Piel de cocodrilo.	m2	11	Parqueo.	m2				
2	Exudación.	m2	12	Pulimento de agregados.	m2				
3	Agrietamiento en bloque.	m2	13	Huecos.	und				
4	Abultamientos y hundimientos.	ml	14	Cruce de vía férrea.	m2				
5	Corrugación.	m2	15	Ahuellamiento.	m2				
6	Depresión.	m2	16	Desplazamiento.	m2				
7	Grieta de borde.	ml	17	Grieta parabólica (slippage)	m2				
8	Grieta de reflexión de junta.	ml	18	Hinchamiento.	m2				
9	Desnivel carril / berma.	ml	19	Desprendimiento de agregados	m2				
10	Grietas long y transversal.	ml							
NIVELES DE SEVERIDAD:		(H) ALTO		(M) MODERADO		(L) LEVE			
No. de Daño	Severidad	UND	UBICACIÓN		AREA / LONGITUD / UNIDAD			Cantidades Parciales	TOTAL
			X (m)	Y (m)	L (m)	A (m)	Und		
13	H	UND	3.2	0.88	--	--	1	1.00	14.00
13	H	UND	1.6	2.75	--	--	1	1.00	
13	H	UND			--	--	1	1.00	
13	H	UND			--	--	7	7.00	
13	M	UND			--	--	3	3.00	
13	L	UND			--	--	1	1.00	
11	H	M2	0.45	10.65	0.9	4.2	--	3.78	12.05
11	M	M2	1.05	1	2.16	2.2	--	4.75	
11	M	M2	1.76	9.75	0.63	0.81	--	0.51	
11	M	M2	2.48	7.75	0.8	1	--	0.80	
11	M	M2	3.05	17.52	0.78	0.52	--	0.41	
11	L	M2	2.75	4.8	0.97	0.93	--	0.90	
11	L	M2	1.14	8.03	0.4	0.5	--	0.20	
11	L	M2	2.52	9.43	0.3	0.27	--	0.08	
11	L	M2	2.28	10.58	0.42	0.25	--	0.11	
11	L	M2	3.7	10.19	0.55	0.56	--	0.31	
11	L	M2	3.05	16.2	0.1	2.1	--	0.21	
7	L	ML	6	8.8	1.17	--	--	1.17	1.17
4	M	ML	5.8	5.8	0.6	2.2	--	1.32	1.32
1	H	M2	0.48	14	0.95	2.3	--	2.19	20.72
1	H	M2	2.75	23.19	0.8	3.62	--	2.90	
1	M	M2	2.76	19.9	0.5	2.84	--	1.42	
1	M	M2	5.74	12.17	0.72	0.5	--	0.36	
1	M	M2	5.45	16.67	1.31	3.66	--	4.79	
1	L	M2	0.7	15.93	1.15	1.86	--	2.14	
1	L	M2	1.57	17.85	2.02	2.15	--	4.34	
1	L	M2	0.76	23.4	0.55	3.25	--	1.79	
1	L	M2	5.86	11.52	0.48	1.02	--	0.49	
1	L	M2	4.95	14.52	0.54	0.56	--	0.30	

Fuente: Elaboración propia en base al manual ASTM D6433-03, 2022

Anexo N° 5. Formato de Análisis de fallas para el cálculo del PCI

**INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO  
PCI-01. CARRTERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.**

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO									
ZONA		ABSCISA INICIAL				UNIDAD DE MUESTREO			
RUTA SM-114		Km 0 + 000				U1			
CODIGO VIA		ABSCISA FINAL				ÁREA MUESTREO (m²)			
TRAMO EMP-5M		Km 0 + 025				152.5			
INSPECCIONADA POR						FECHA			
Bach. Edith Jhovani Cunia Santa Cruz y Bach. Michael Reyes Rituary						05/03/2022			
No.	Daño			No.	Daño				
1	Piel de cocodrilo.			11	Parcheo.				
2	Exudación.			12	Pulimento de agregados.				
3	Agrietamiento en bloque.			13	Huecos.				
4	Abultamientos y hundimientos.			14	Cruce de vía férrea.				
5	Corrugación.			15	Ahuellamiento.				
6	Depresión.			16	Desplazamiento.				
7	Grieta de borde.			17	Grieta parabólica (slippage)				
8	Grieta de reflexión de junta.			18	Hinchariento.				
9	Desnivel carril / berma.			19	Desprendimiento de agregados.				
10	Grietas long y transversal.								

Daño	Severidad	Cantidades Parciales						Total	Densidad (%)	Valor deducido		
13	H	1.00	1.00	1.00	7.00			10.00	6.56	95.00		
13	M	3.00							3.00	1.97	45.00	
13	L	1.00							1.00	0.66	14.00	
11	H	2.19	2.90						5.08	3.33	27.00	
11	M	4.75	0.51	0.80	0.41		6.47		4.24	21.00		
11	L	0.90	0.20	0.08	0.11	0.31	0.21	1.81	1.18	5.00		
7	L	1.17							1.17	0.77	1.00	
4	M	1.32							1.32	0.87	10.00	
1	H	2.19	2.90						5.08	3.33	48.00	
1	M	1.42	0.36	4.79						6.57	4.31	37.00
1	L	2.14	4.34	1.79	0.49	0.30		9.06	5.94	25		

TOTAL VD = 328

NÚMERO DE VALORES DEDUCIDOS >2 (q) = 11

VALOR DEDUCIDO MÁS ALTO (HVDi) = 95

NÚMERO máx DE VALORES DEDUCIDOS (mi) = 1.46 USANDO FORMULA ---->  $m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$

#	VALOR DEDUCIDO						VDT	q	CDV
1	95.00	22.04					117.0408163	2	81
2	95.00	2.00					97	1	97
								<b>MAX VDC =</b>	<b>97</b>

$PCI = 100 - MAX VDC$

PCI = 3 % ----> CLASIFICACIÓN = COLAPSADO

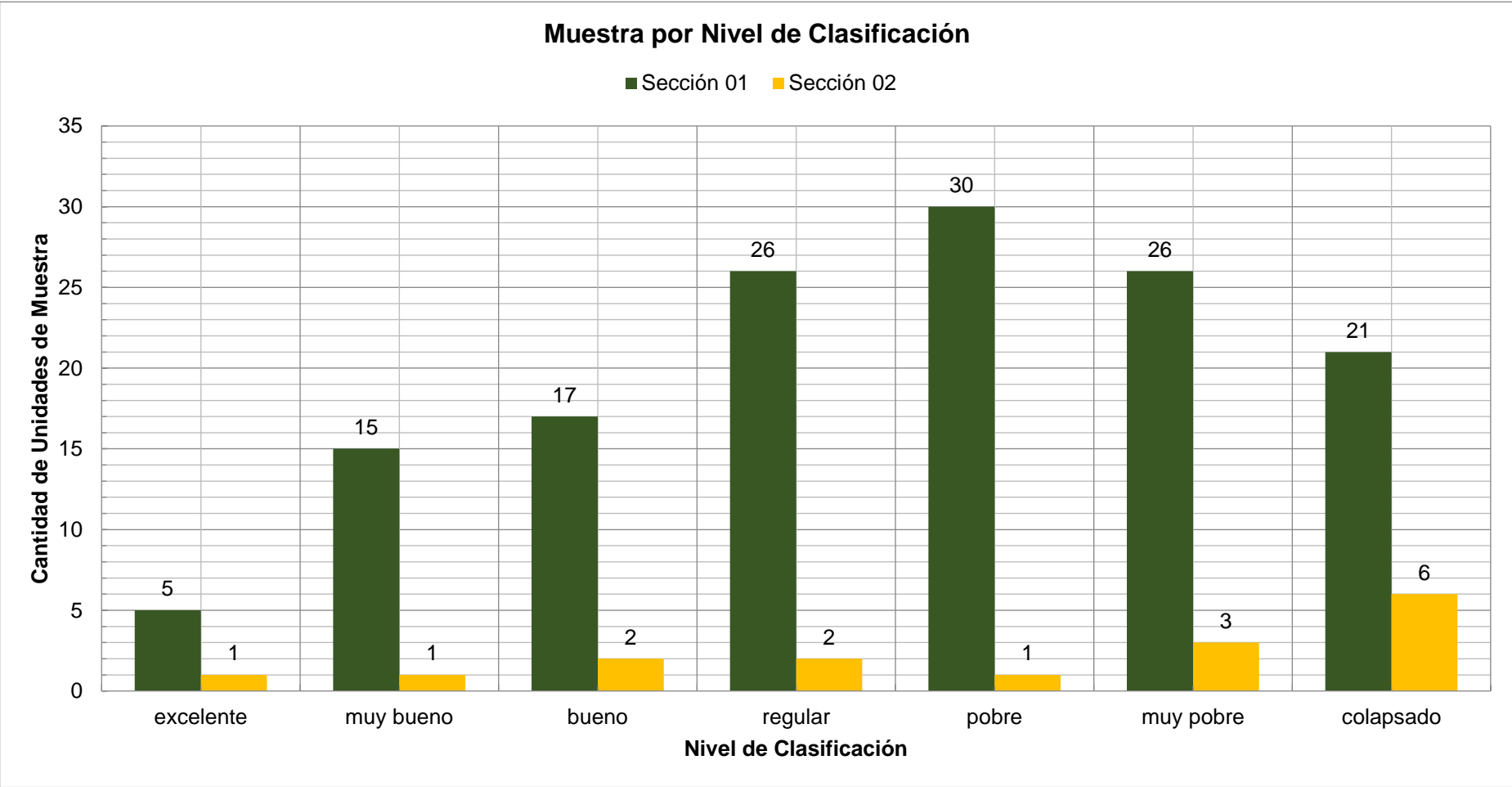
Fuente: Elaboración propia en base al manual ASTM D6433-03, 2022.

Ver cálculo de las 156 Unidades de muestra en el siguiente link:

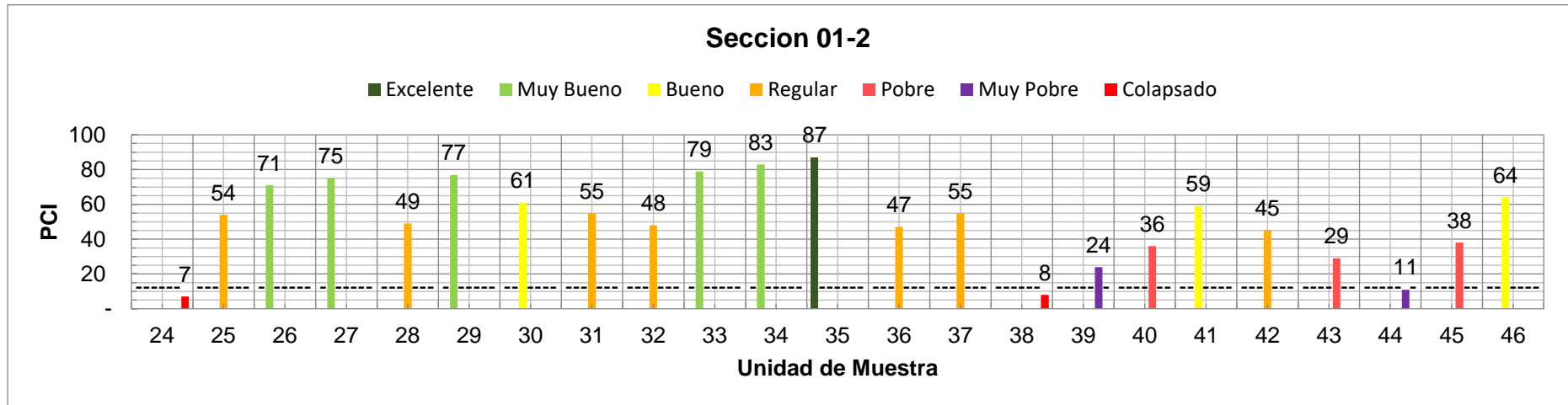
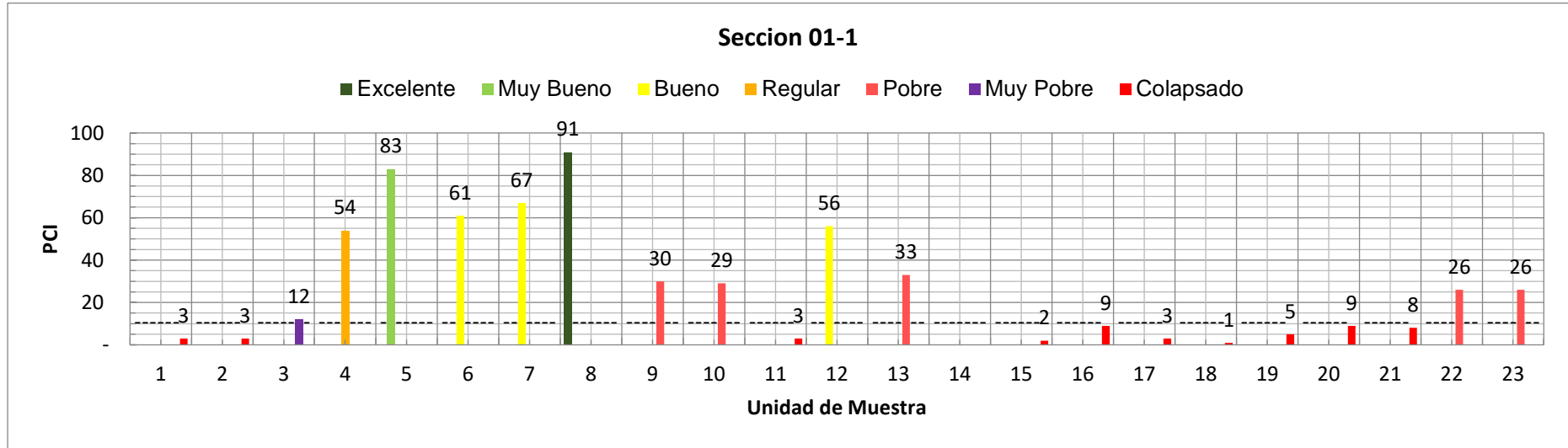
[https://drive.google.com/file/d/1Z5FWulqyM6fRvYT3Z3xsjKUQB1dq1Cem/view?usp=s\\_haring](https://drive.google.com/file/d/1Z5FWulqyM6fRvYT3Z3xsjKUQB1dq1Cem/view?usp=s_haring) ; Para el Valor deducido.

[https://drive.google.com/file/d/1JxRQ84jbxzbCDtZJHpl16\\_5NEZ882byT/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1JxRQ84jbxzbCDtZJHpl16_5NEZ882byT/view?usp=sharing) ; Para el PCI.

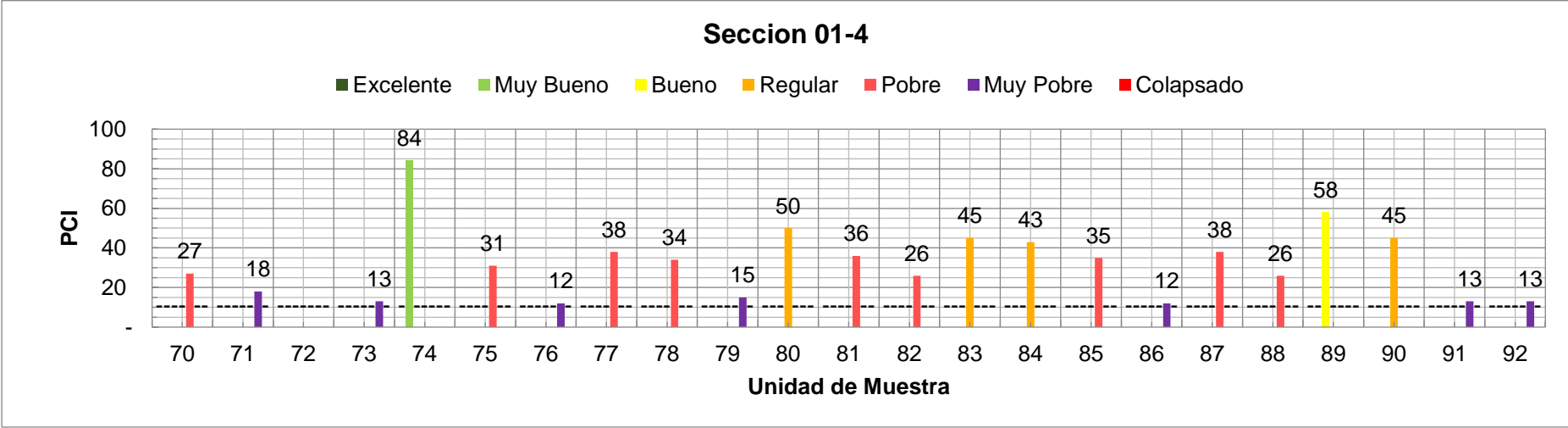
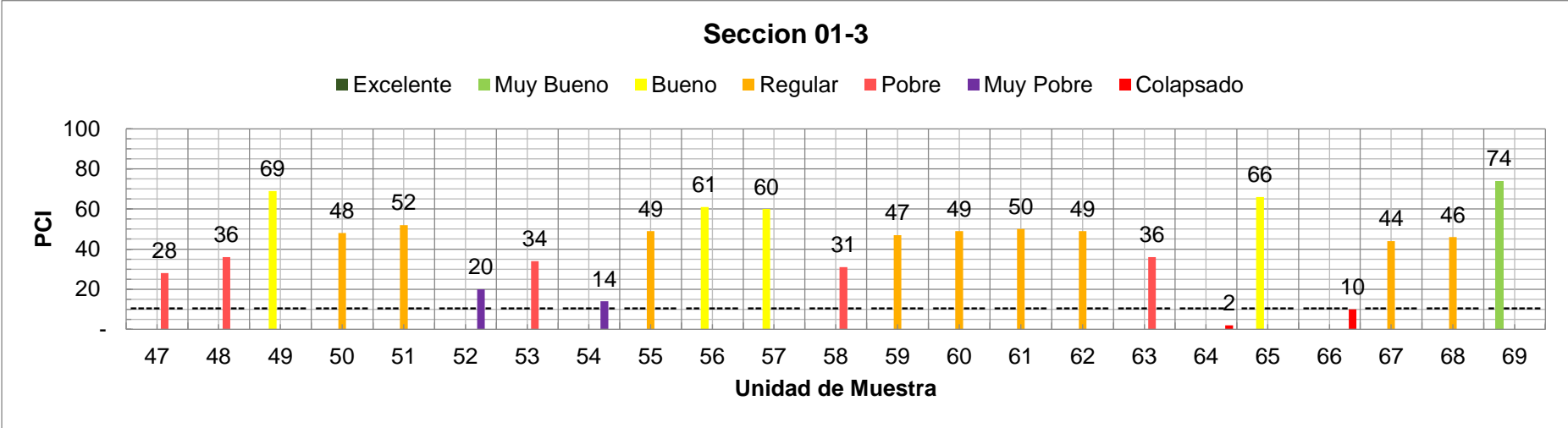
Anexo N° 6. Gráfico PCI-Unidades de Muestra



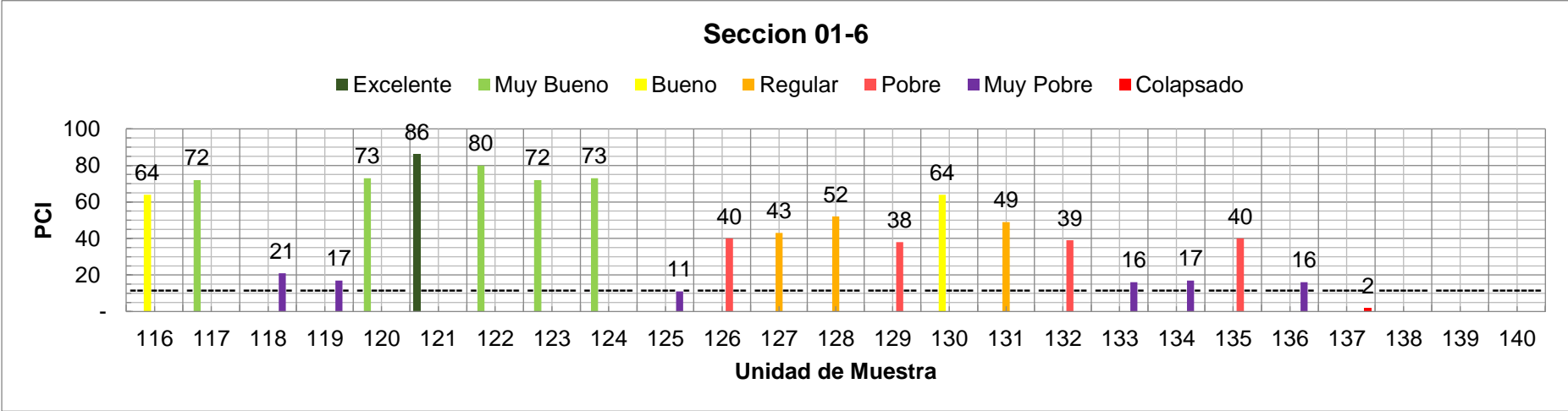
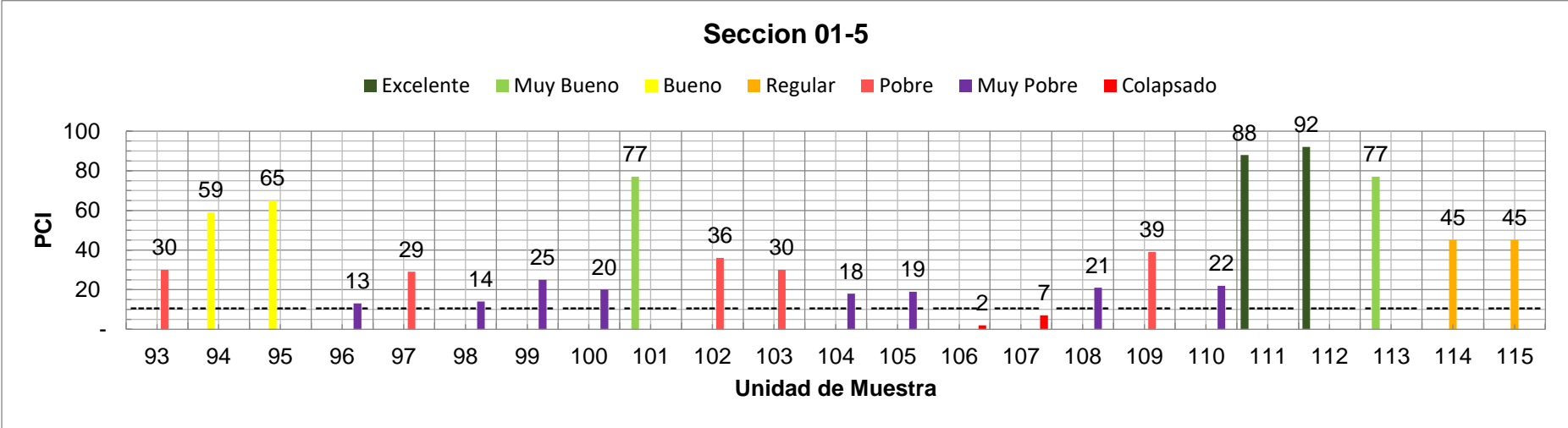
Fuente: Elaboración propia, 2022.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

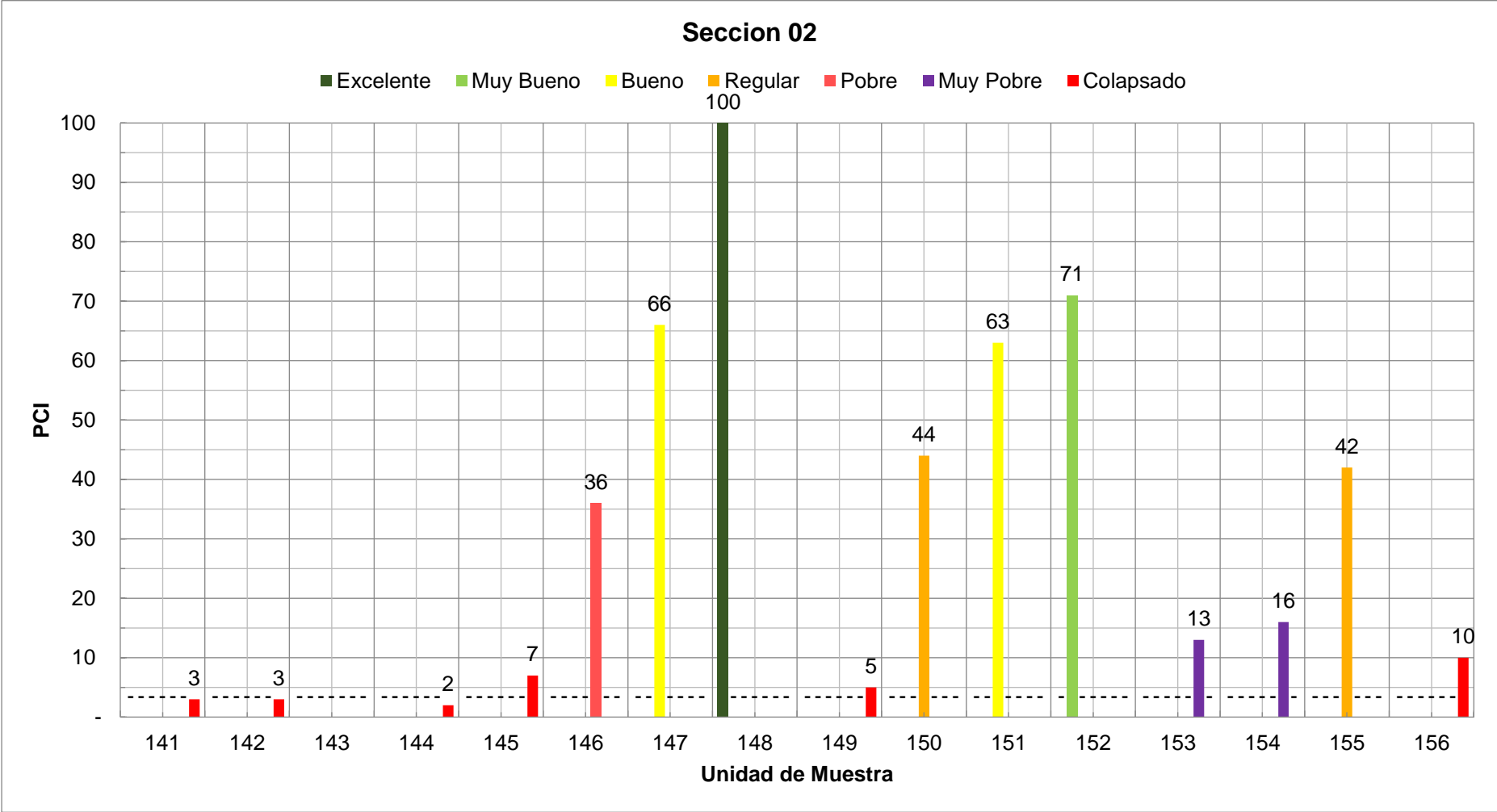


Fuente: Elaboración propia, 2022.



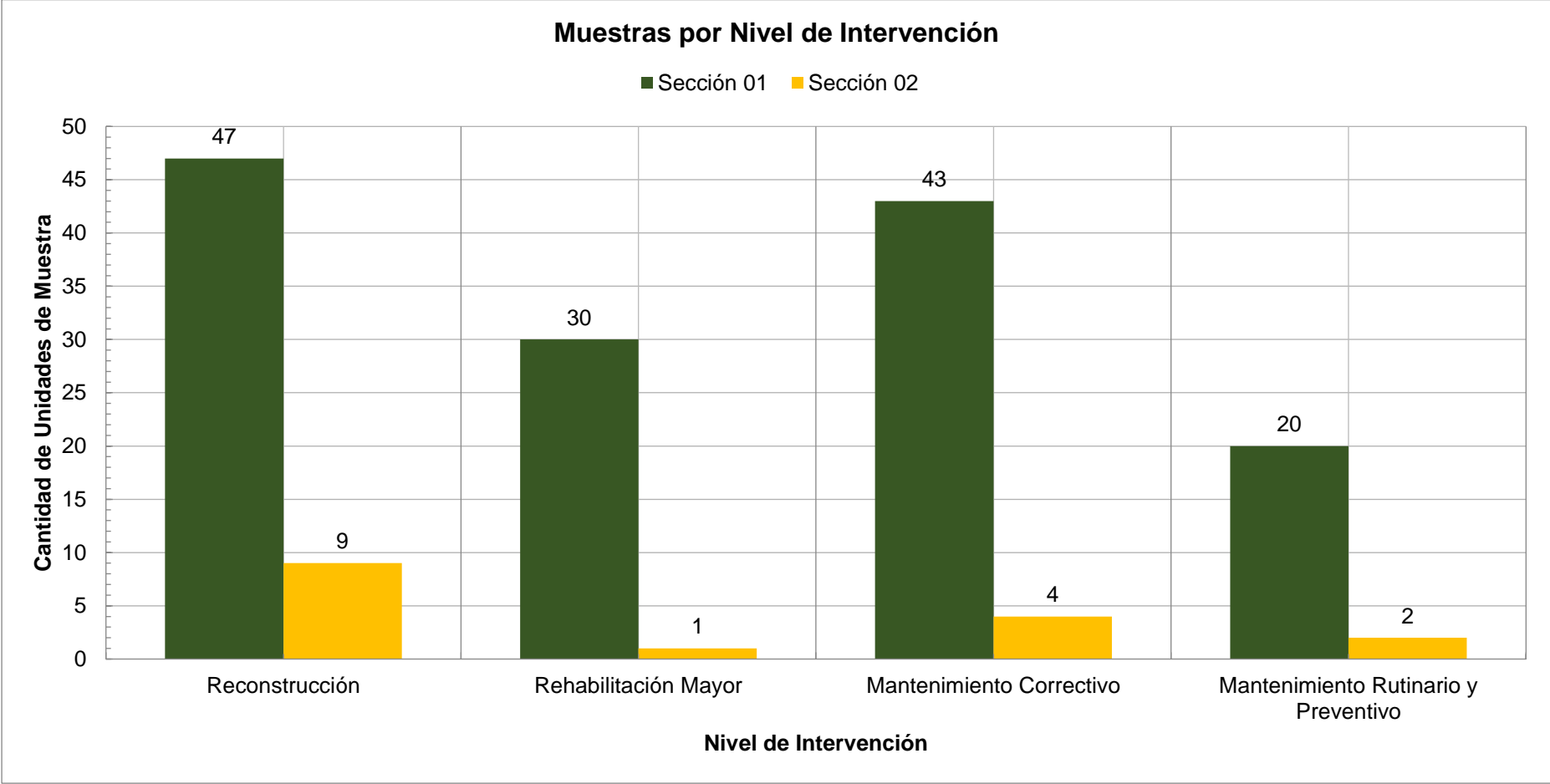
Fuente: Elaboración propia, 2022.



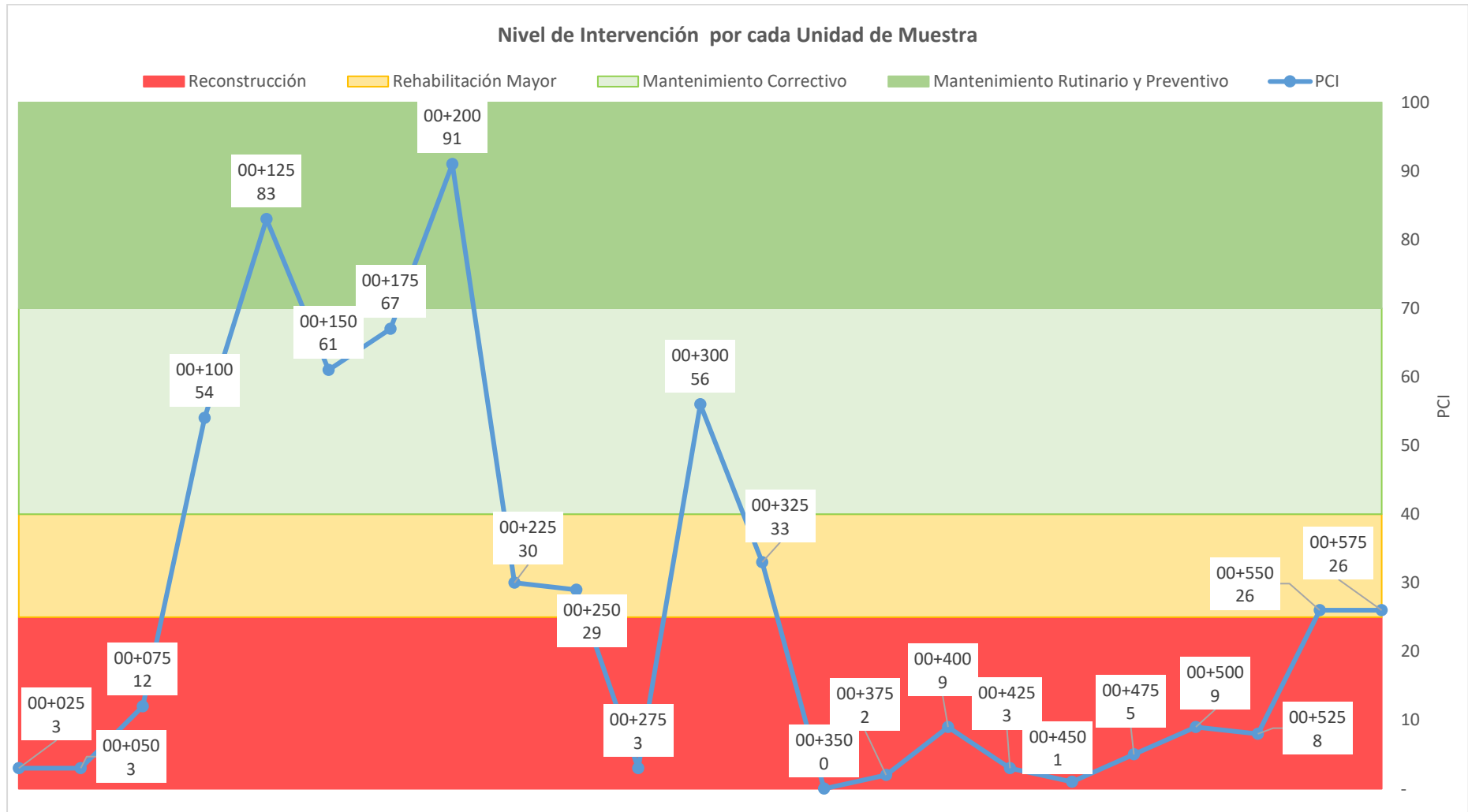


Fuente: Elaboración propia, 2022.

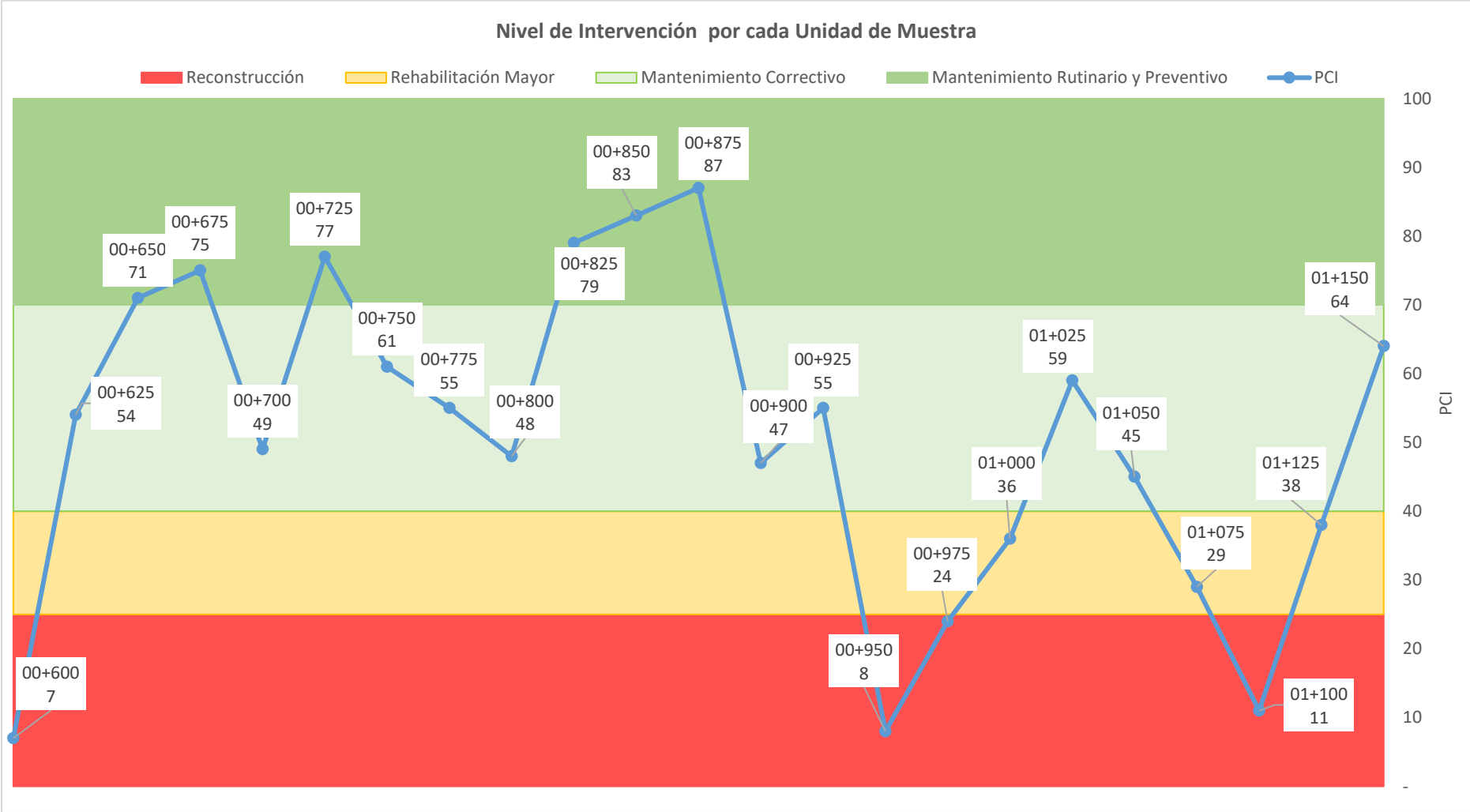
Anexo N° 7. Gráfico de Niveles de Intervención



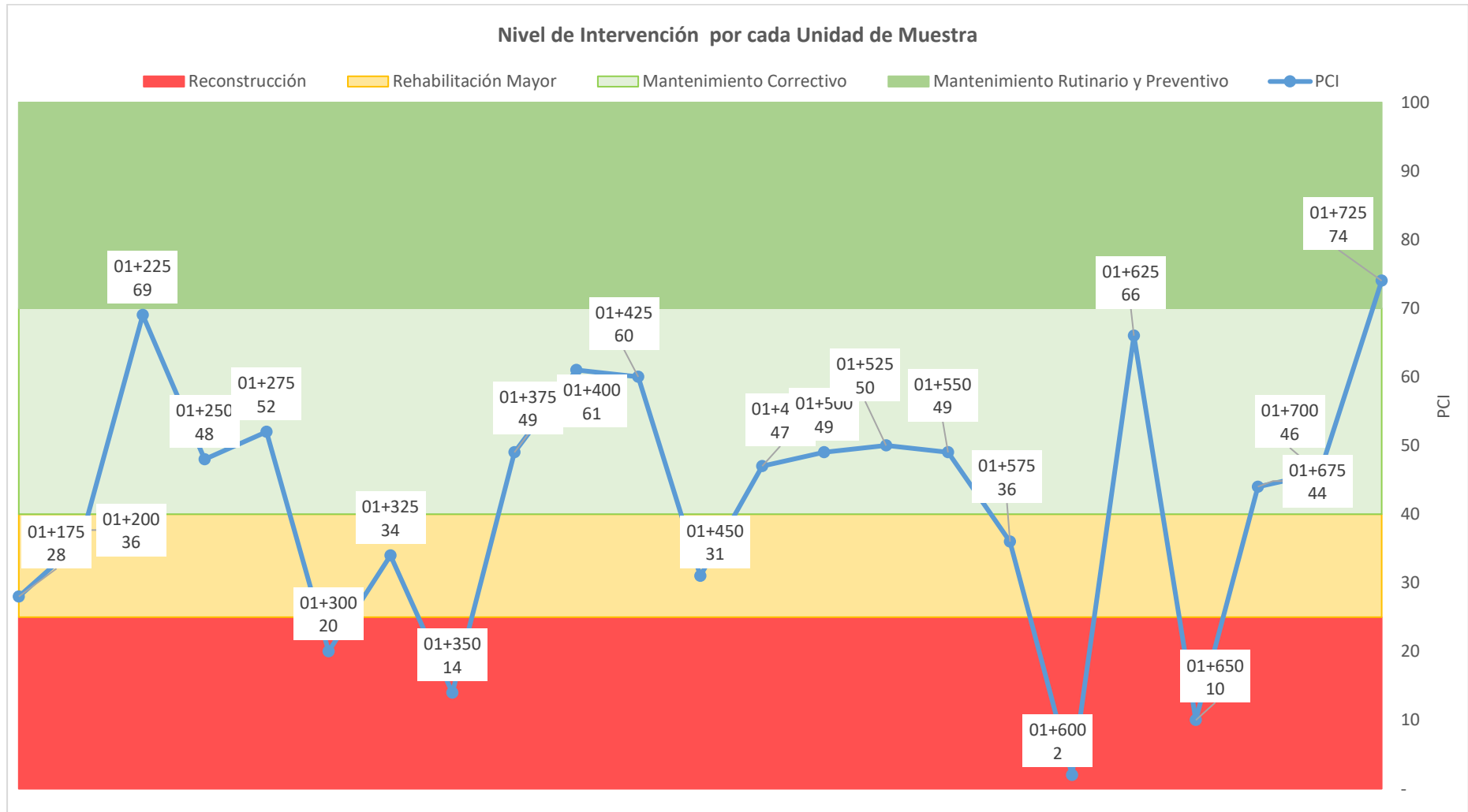
Fuente: Elaboración propia, 2022.



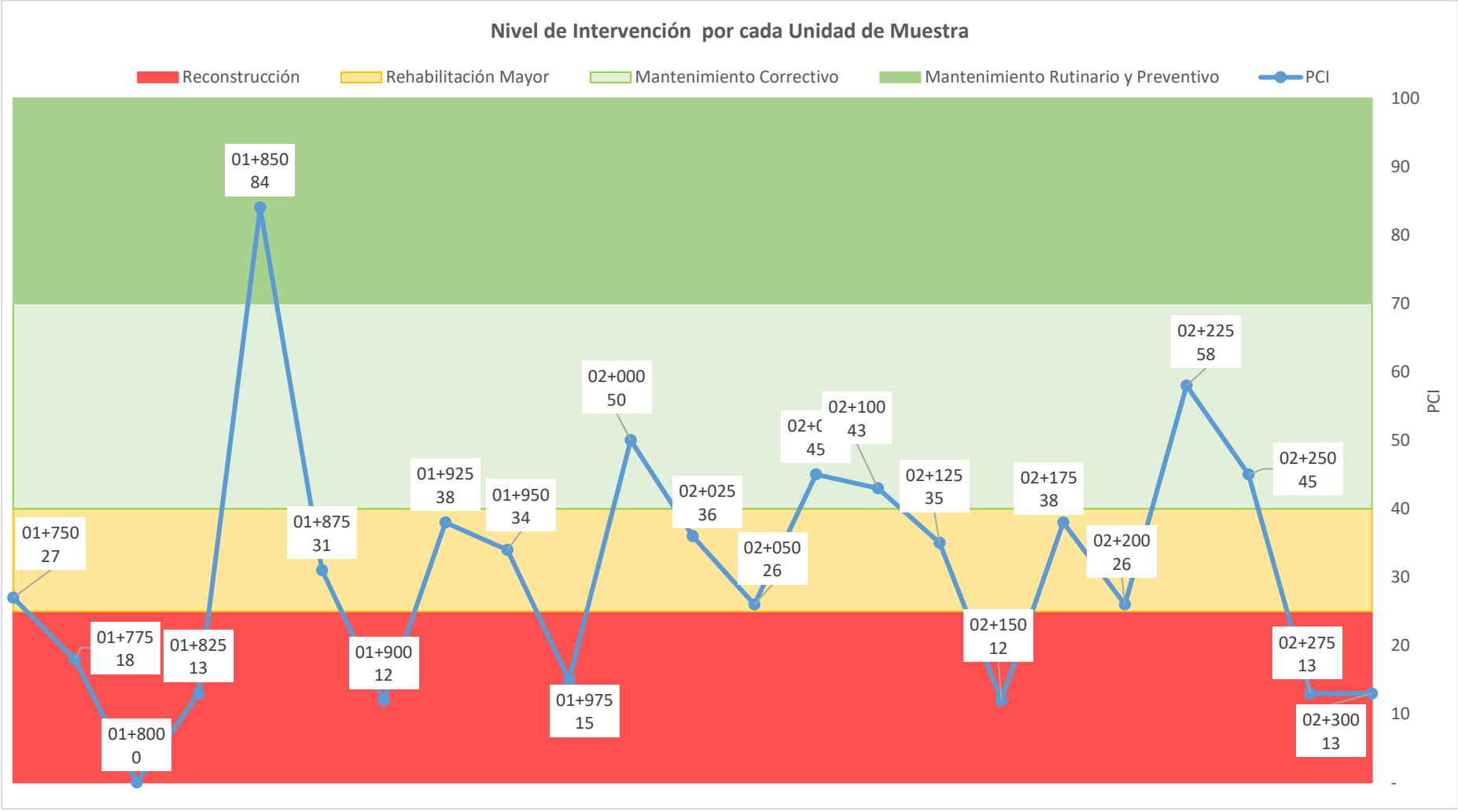
Fuente: Elaboración propia, 2022.



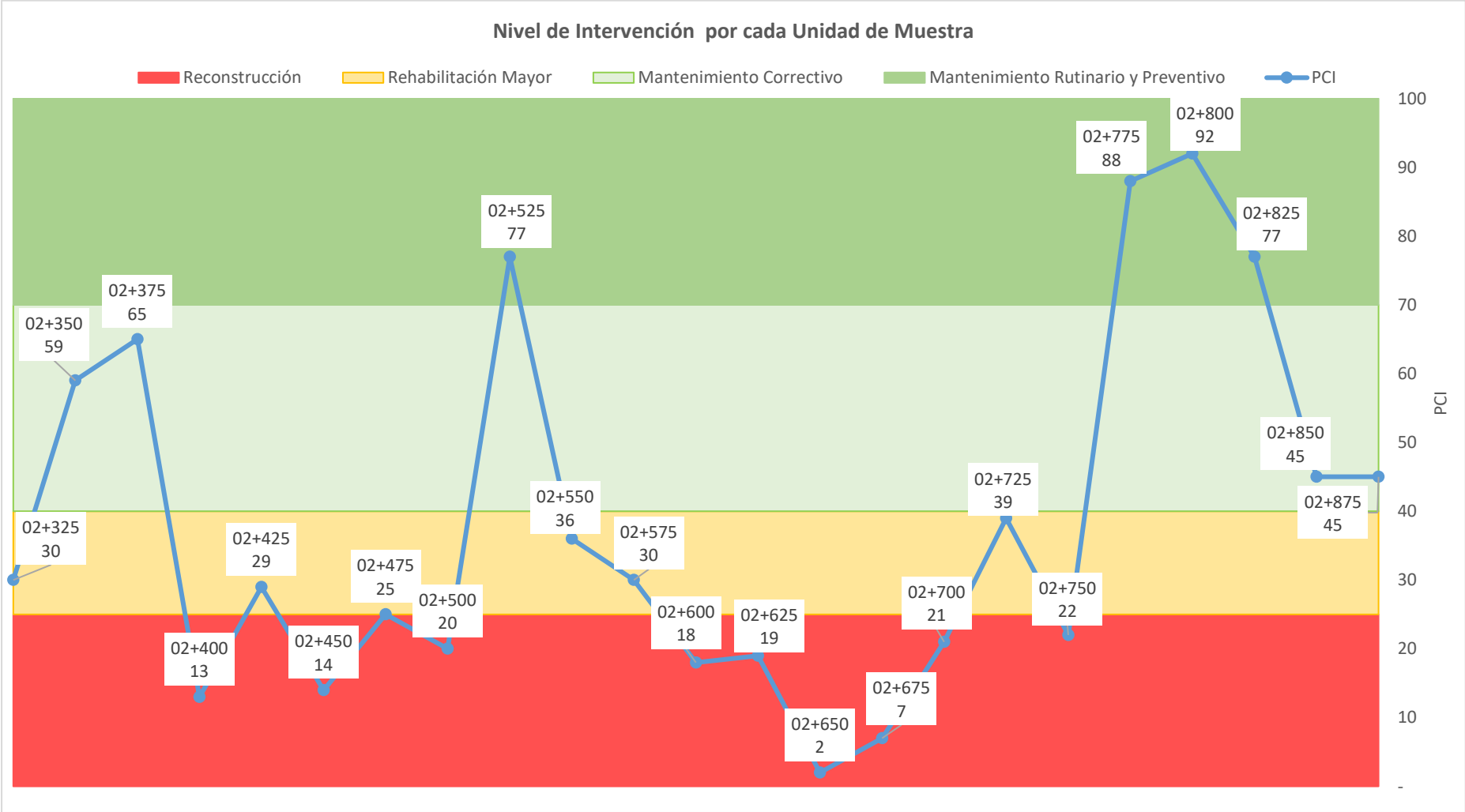
Fuente: Elaboración propia, 2022.



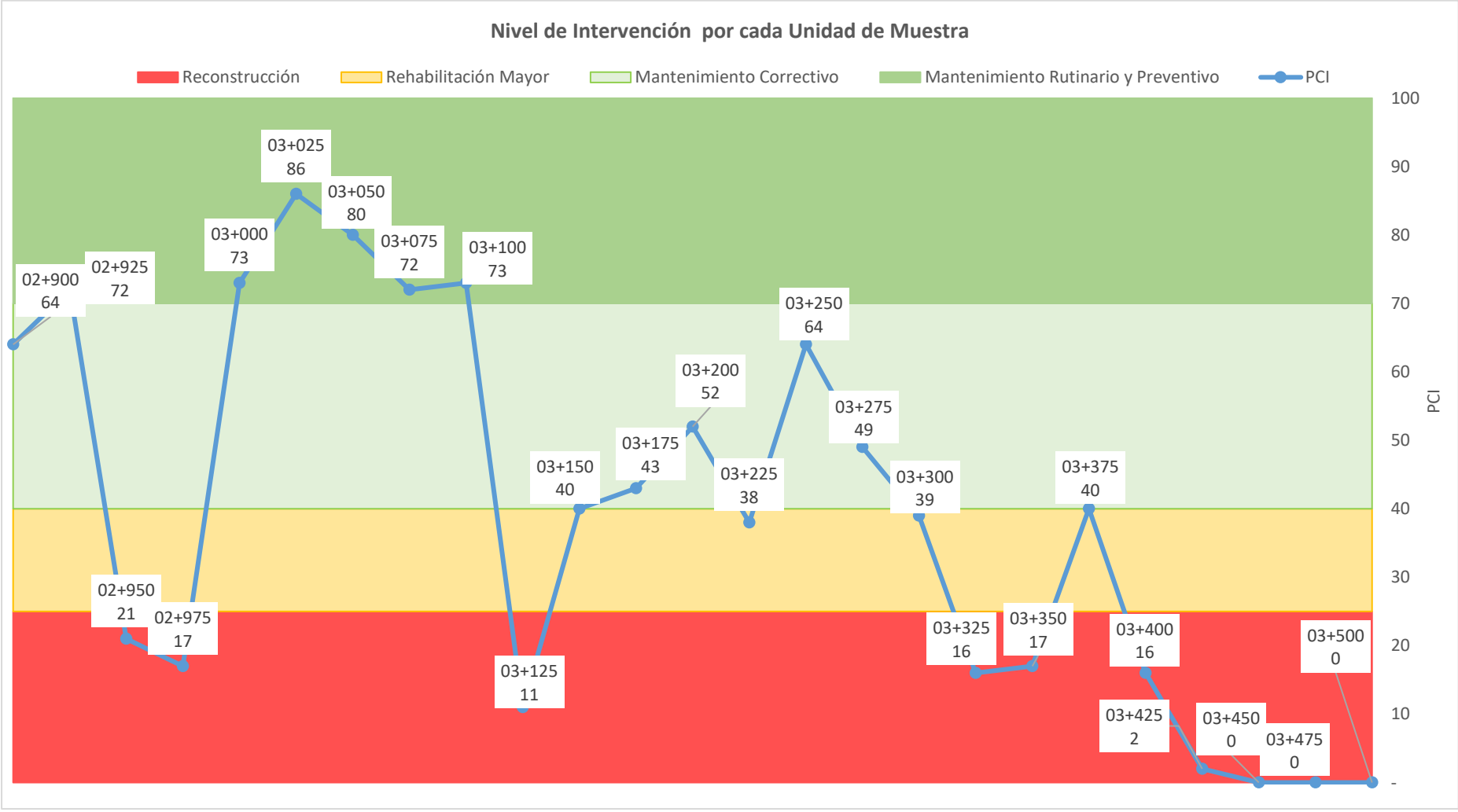
Fuente: Elaboración propia, 2022.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

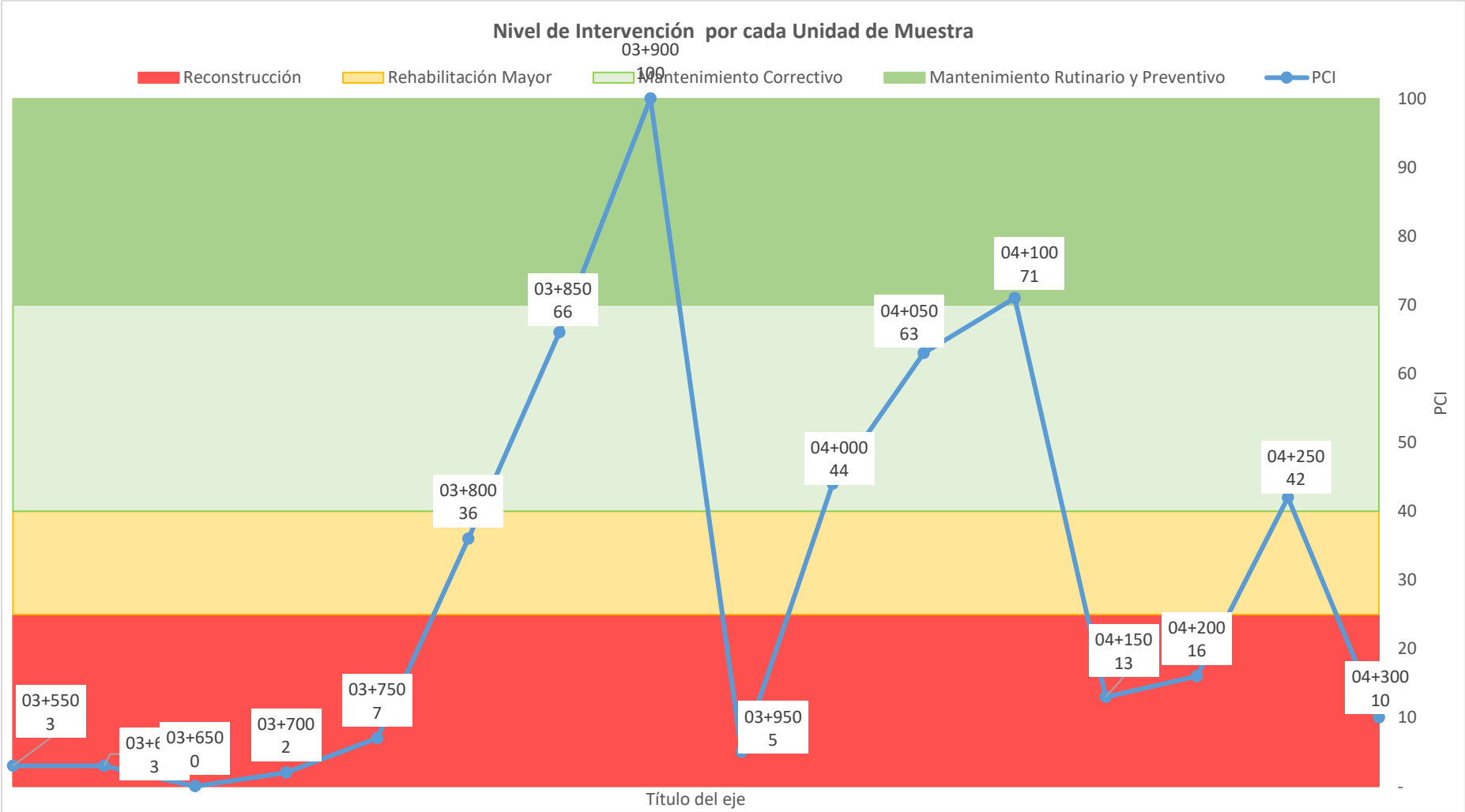


Fuente: Elaboración propia, 2022.



Fuente: Elaboración propia, 2022.





Fuente: Elaboración propia, 2022.

## Anexo N° 8. Panel Fotográfico



Figura 7. Fotos donde marcamos y medimos las unidades de muestra.

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 8. Foto donde se realiza la identificación y registro de fallas encontradas.

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 9. Foto de grieta de borde, desprendimiento de agregados, parche, grieta transversal y hueco (Bache).

Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 10. Foto de Falla que más predomina en la ruta: Piel de cocodrilo es sus diferentes severidades L, M, H.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

# Evaluación superficial del estado actual del pavimento flexible de la ruta SM-114, tramo Emp. PE-5N (DV. Rioja)-Pósic, L=4.30km, aplicando el método índice de condición del pavimento

*por* Michael Reyes Rituay/ Edith Jhovani Cunia Santa Cruz

---

Fecha de entrega: 12-abr-2023 08:35a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2062509372

Nombre del archivo: INFORME\_DE\_TESIS-EDITH-CUNIA-REYES\_-\_levant\_obs\_similitud.docx (25.26M)

Total de palabras: 13098

Total de caracteres: 68653

Evaluación superficial del estado actual del pavimento flexible de la ruta SM-114, tramo Emp. PE-5N (DV. Rioja)–Pósic, L=4.30km, aplicando el método índice de condición del pavimento

---

INFORME DE ORIGINALIDAD

---

<b>21</b> %	<b>21</b> %	<b>2</b> %	<b>10</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

FUENTES PRIMARIAS

---

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5</b> %
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3</b> %
<b>3</b>	<b>repositorio.unsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional de San Martín</b> Trabajo del estudiante	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>regionsanmartin.org</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>6</b>	<b>dspace.ucuenca.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>7</b>	<b>repositorio.uta.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %

---

Submitted to Universidad Alas Peruanas