



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación superficial del pavimento flexible mediante método
PCI de la vía de acceso a Talara, progresivas 0+000 - 3+700,
Piura, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero civil

AUTORES:

Cotrina Suarez, Yan Carlos (ORCID: 0000-0002-9088-4676)

Paiba Coronado Milagros Del Rosario (ORCID: 0000-0001-9758-9840)

ASESOR:

Ing. Valdiviezo Castillo, Krissia del Fátima (ORCID: 0000-0002-0717-6370)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

Piura – Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios por permitirnos este logro, nuestros padres quienes nos dieron vida, educación, su apoyo y se comprometieron. A nuestros compañeros de clases, a los maestros por cada una de sus enseñanzas los cuales sin su apoyo mutuo no se hubiera logrado. A todos ellos se lo agradecemos desde el fondo del corazón. A todos ellos esta dedicatoria.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por bendecirnos con la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo, fortaleza, y bendición en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres: Carlos y Gladys; María y Jorge, por ser los promotores y motores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestros conocimientos, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEORICO:.....	4
III. MÉTODO.....	28
3.1. Tipo y Diseño de investigación	28
3.2. Variables y operacionalización	28
3.3. Población, muestra y muestreo	29
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.5. Procedimientos	30
3.6. Método de análisis de datos	30
3.7. Aspectos éticos.....	30
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSIÓN.....	47
VI. CONCLUSIONES.....	50
VII. RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS.....	52
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación del estado de conservación según el PCI	23
Tabla 2. <i>Fallas consideradas en PCI: pavimentos flexibles</i>	23
Tabla 3. <i>Tamaño de sección recomendado</i>	24
Tabla 4. Intervención final según el PCI.....	27
Tabla 5. Cuantificación de fallas identificadas – Unidad de muestra U-1 (Progresivas 0+000 -0+050).....	31
Tabla 6: Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-2 (Progresivas 0+300 - 0+350).....	32
Tabla 7: Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-3 (Progresivas 0+600 - 0+650).....	33
Tabla 8: Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-4 (Progresivas 0+900 - 0+950).....	34
Tabla 9: Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-5 (Progresivas 1+200 - 1+250).....	35
Tabla 10: Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-6 (Progresivas 1+500 - 1+550).....	36
Tabla 11: Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-7 (Progresivas 1+800 - 1+850).....	37
Tabla 12: Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-8 (Progresivas 2+100 - 2+150).....	38
Tabla 13: Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-9 (Progresivas 2+400 - 2+450).....	39
Tabla 14: Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-10 (Progresivas 2+700 - 2+750).....	40
Tabla 15: Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-11 (Progresivas 3+000 - 3+050).....	41

Tabla 16: Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-12 (Progresivas 3+300 - 3+350).....	42
Tabla 17: Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-13 (Progresivas 3+600 - 3+650).....	43
Tabla 18: Índice de condición del pavimento y estado de conservación - Vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700	44
Tabla 19: Alternativas de solución para el pavimento flexible según estado de conservación - Vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700.....	46

Índice de gráficos

Figura 1: Tipos de fallas establecidos en los pavimentos flexibles.....	11
Figura 2. Piel de cocodrilo	12
Figura 3. Exudación	12
Figura 4. Fisuras en bloque.....	13
Figura 5. Abultamientos y hundimientos	13
Figura 6. Corrugación.....	14
Figura 7. Depresión.....	14
Figura 8. Fisura de borde	15
Figura 9. Fisuras de reflexión de junta	16
Figura 10. Desnivel carril - berma	16
Figura 11. Fisuras longitudinales y transversales.....	17
Figura 12. Parches	17
Figura 13. Agregado pulido	18
Figura 14. Baches	18
Figura 15. Ahuellamiento	19
Figura 16. Desplazamientos.....	20
Figura 17. Cruce de vía ferrea.....	20
Figura 18. Fisura parabólica o por deslizamiento.....	21
Figura 19. Hinchamiento	21
Figura 20. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	22
<i>Figura 21. Fórmula para determinar el tamaño de la muestra (Fuente: Método PCI)</i>	25
<i>Figura 22. Fórmula intervalo de muestreo (Fuente: Método PCI)</i>	25
<i>Figura 23. Ecuación PCI (Fuente: Método PCI)</i>	26

Figura 24: Densidad total de fallas identificadas – Unidad de muestra U-1 (Progresivas 0+000 -0+050).....	31
Figura 25: Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-2 (Progresivas 0+300 -0+350).....	32
Figura 26: Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-3 (Progresivas 0+600 -0+650).....	33
Figura 27: Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-4 (Progresivas 0+900 -0+950).....	34
Figura 28: Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-5 (Progresivas 1+200 - 1+250).....	35
Figura 29: Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-6 (Progresivas 1+500 - 1+550).....	36
Figura 30: Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-7 (Progresivas 1+800 - 1+850).....	37
Figura 31: Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-8 (Progresivas 2+100 - 2+150).....	38
Figura 32: Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-9 (Progresivas 2+400 - 2+450).....	39
Figura 33: Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-10 (Progresivas 2+700 - 2+750).....	40
Figura 34: Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-11 (Progresivas 3+000 - 3+050).....	41
Figura 35: Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-12 (Progresivas 3+300 - 3+350).....	42
Figura 36: Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-13 (Progresivas 3+600 - 3+650).....	43
Figura 37: Índice de condición del pavimento y estado de conservación - Vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700	44

Figura 38: Frecuencia relativa del estado de conservación - Vía de acceso a Talara,
entre las progresivas 0+000 - 3+700..... 45

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021. Por ello, se planteó un estudio de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y de diseño no experimental, descriptivo y transversal. La población de estudio estuvo conformada por los 3.7 km de longitud que tiene la carretera de acceso a Talara, desde la intercepción “La Campana” hasta “El Avión”. Se empleó la técnica de la observación y como instrumentos se utilizó la ficha de recolección de datos estandarizada del PCI. La información fue procesada con el software EvalPav. Los resultados confirman la presencia de fallas como exudación, grietas de borde, longitudinales y transversales, entre otros, siendo el desprendimiento de agregados la falla más común. Por otro lado, se obtuvo un PCI general de 50.96 que indica que el estado de conservación del pavimento es regular, por lo que la alternativa de solución más adecuada será la rehabilitación. Se concluye que la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara dio como resultado un pavimento en regular condición de conservación.

Palabras clave: Evaluación superficial, Método PCI, pavimentos

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the surface evaluation of the flexible pavement using the PCI method of the access road to Talara, between 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021. Therefore, a quantitative, applied, non-experimental, descriptive and cross-sectional design study was proposed. The study population consisted of the 3.7 km long access road to Talara, from the "La Campana" interception to "El Avión". The observation technique was used and the standardized PCI data collection form was used as an instrument. The information was processed with EvalPav software. The results confirm the presence of failures such as exudation, edge, longitudinal and transverse cracks, among others, with aggregate detachment being the most common failure. On the other hand, an overall PCI of 50.96 was obtained, which indicates that the pavement's state of preservation is fair, so the most appropriate alternative solution will be rehabilitation. It is concluded that the surface evaluation of the flexible pavement using the PCI method of the Talara access road resulted in a pavement in fair condition.

Key words: Surface evaluation, PCI method, pavements.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a nivel mundial los crecimientos de las vías de transporte urbano están siendo muy afectadas, por diferentes factores, ya sea causados por la naturaleza o provocados por el uso inapropiado del hombre. En países de Europa como España, las carreteras están en pésimas condiciones pese a tener una de las redes viales más grandes a nivel global (García, 2017). En países de Latinoamérica como Guatemala y Costa Rica se ha llegado a reportar más del 80% de carreteras en mal estado (Productor Agropecuario, 2017), siendo muy pocos países como México y Chile quienes les dan la importancia debida a mantener las carreteras en buen estado. Se calcula que aproximadamente el 20% de carreteras latinoamericanas están en mal estado (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020). En Perú, las carreteras representan un peligro a la sociedad porque la mayoría están deterioradas, repostándose hasta un 80% de las carreteras que tienen estos problemas, especialmente las del norte del país que sufrieron daños por causa del niño costero (Aldazabal, 2019).

A consecuencia de ello, la población está sufriendo daños provocados por la transpirabilidad de los vehículos, accidentes de tránsito, problemas respiratorios y contaminación del medio ambiente debido a la polución, entre otros. El desarrollo económico, está aumentando de manera muy acelerada, principalmente en la infraestructura vial; ya que facilita la conexión a diferentes lugares tanto en pequeñas zonas rurales, y grandes ciudades. Por ello que, se ven beneficiados, gran parte de la población, y poder trasladar sus diferentes productos, como medicamentos, agricultura, ganadería; ya que en muchos casos son el sustento diario para poder vivir.

El problema principal del pavimento es que no se realiza un mantenimiento adecuado, y obvian el tiempo de vida de la infraestructura, y entonces en muchos casos se evalúa cuando este ya está con problemas graves, logrando que poco a poco reduzca su índice de servicio, como es el caso del pavimento flexible de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 – 3+700 ubicado en el distrito de Pariñas, Provincia de Talara, departamento de Piura donde este presenta diferentes fallas estructurales que afectan el comportamiento vehicular de la zona, por lo que es necesario realizar una evaluación para determinar las condiciones actuales del pavimento y tomar

acciones inmediatas que permitan solucionar esta problemática. Uno de los métodos de evaluación de pavimentos más utilizado en el campo de la Ingeniería Civil debido a su versatilidad, fácil manejo y sobre todo precisión es el método del Índice de Condición del Pavimento o PCI, por lo que para esta investigación se hará uso de la metodología expuesta en este método que está completamente avalado por la ASTM D4366.

Se formula como problema general: ¿Cuál será la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021? Y como problemas específicos: ¿Cuáles serán las fallas que se presentan en el pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021? ¿Cuál será la condición del pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021? ¿Cuáles serán las alternativas de solución para el pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021?

Este proyecto se justifica, ya que una evaluación superficial conlleva un proceso para esclarecer la situación actual de una vía de suma importancia, lo que permitirá conocer el grado de afectación que tiene, la cantidad de fallas que presenta el pavimento; datos que permitirán plantear alternativas de solución basados en el diagnóstico que se realizará, por lo que al dar solución al problema planteado la justificación de este estudio es práctica. Tiene justificación social porque los resultados de este proyecto estarán a disposición de las autoridades competentes para que tomen las acciones necesarias, y al hacerlo se estaría beneficiando a las personas y vehículos que hacen uso de esta importante vía, brindando carreteras en buen estado, seguras, lo que mejorará la calidad de vida, y hará del tráfico algo más ordenado y seguro.

El objetivo principal de este estudio es: Determinar la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021. Los objetivos específicos de este estudio son: Identificar y cuantificar las fallas que se presentan en el pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021, determinar la

condición del pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021, proponer las alternativas de solución para el pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021.

La hipótesis principal de este estudio es: Es posible determinar la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021. Las hipótesis específicas de este estudio son: es posible identificar y cuantificar las fallas que se presentan en el pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021, es posible determinar la condición del pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021, es posible proponer las alternativas de solución para el pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021.

II. MARCO TEORICO:

Antecedentes internacionales:

Mohamed, Rasha y Zainab (2021) en Irak realizaron un estudio con el objetivo de estimar el estado del pavimento flexible a través de la inspección visual utilizando el método del Índice de Estado del Pavimento (PCI). Se estudiaron diez carreteras (8 internas y 2 externas) en la ciudad de Al-Kut, en el centro de Iraq. Los resultados mostraron que tres carreteras están en mal estado, mientras que otras están en estado regular y bueno. 117 tramos de la zona de estudio están en buen estado, mientras que 61 y 65 tramos están en buen y mal estado, respectivamente. Concluyeron que es importante crear un sistema de base de datos sobre el deterioro anual de las carreteras y el consiguiente cambio en los valores del PCI que se produce cada año.

Marcomini et al (2020) en Brasil realizaron un estudio con el objetivo de evaluar evaluaciones objetivas y subjetivas del Índice de Condición del Pavimento (PCI) Paraná (PR), Brasil. Se realizó una evaluación funcional, con identificación de defectos mediante análisis visual utilizando el método PCI. Se realizaron dos tipos de evaluación, objetiva y subjetiva, que se compararon entre sí mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Se observó que el 92,21% de los tramos fueron clasificados como "muy buenos" a "regulares", mientras que el 7,94% fueron clasificados como "malos" o "muy malos". La similitud entre los resultados de las evaluaciones objetivas y subjetivas se pudo comprobar a partir de la correlación de Pearson. El coeficiente dio como resultado 0,95, un valor cercano a 1 que representa una fuerte correlación entre los datos. Concluyeron que el PCI puede determinarse de forma más rápida y sencilla mediante evaluaciones subjetivas.

Muhammad et al (2019) en Pakistán realizaron un estudio con el objetivo de clasificar los tipos comunes de deterioro que existen en la "Autopista Nacional Lakhi Larkana", y estimar el índice de estado del pavimento. A partir de estos datos, se calculó el PCI medio de la sección de la autopista. Para evaluar el rendimiento del pavimento, se reconocieron 10 de los 19 defectos en el pavimento, según el método del PCI. Los resultados indicaron que los tipos de defectos más comunes del pavimento eran las depresiones, el agregado pulido,

el ahuecamiento, los baches, el agrietamiento en bloque y el agrietamiento en cocodrilo.

Baqué (2020) en Ecuador realizaron un estudio con el objetivo de evaluar y tener un diagnóstico del estado actual del pavimento flexible de la carretera conocida como Puerto – Aeropuerto en la ciudad de Manta, Manabí, utilizando el método del Índice de Condición del Pavimento PCI. Evaluaron un tramo de 3.60km de longitud, encontrando que el pavimento tiene al menos 12 tipos de fallas presentes como piel de cocodrilo, desprendimiento, grietas longitudinales, hundimientos, parcheo, entre otros. También se evidenció como resultado un PCI de 49 lo que quiere decir que el estado de conservación es regular, concluyendo que la vía actualmente necesita un mantenimiento urgente.

Antecedentes nacionales:

Panduro (2020) realizó una tesis de ingeniería titulada “Evaluación superficial del pavimento en la Av. Sebastián Lorente, Cercado de Lima, Lima, mediante el método de índice de condición de pavimento (PCI), en el año 2020” con la principal finalidad de evaluar con la aplicación de la metodología del PCI, la superficie del pavimento de la mencionada avenida, para conocer el grado de afectación y estado de conservación de la misma. El estudio fue cuantitativo y descriptivo. El autor encontró que la falla más frecuente presentada en el a lo largo de toda la superficie del pavimento fueron las depresiones, en una severidad baja en la mayoría de las secciones, obteniéndose así un PCI de 74. Concluyó que el estado de conservación de la mencionada avenida es muy bueno.

Benites y Castillo (2020) realizaron una tesis de ingeniería titulada “Investigación del índice de condición de pavimento flexible en la Av. San Luis, distrito de Viru, provincia de Viru - La Libertad 2019” con la principal finalidad de estimar el valor de PCI que dará a conocer el estado de conservación del pavimento de la mencionada avenida, empleando como instrumento la metodología del PCI. El estudio fue cuantitativo y descriptivo. Los autores encontraron que la falla más común presentada en todo el tramo de la vía estudiada fue el desprendimiento de agregados, en una severidad alta lo que dio

como resultado un PCI de 31.17. Llegaron a la conclusión que el pavimento flexible se encuentra en un estado de conservación malo.

Cantuarias y Watanabe (2017) en Trujillo, realizaron una tesis de ingeniería titulada “Aplicación del método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida Camino Real de la urbanización La Rinconada del distrito Trujillo” con la principal finalidad de determinar el estado de conservación del pavimento flexible que conforma la superficie de la mencionada avenida, empleando como instrumento la metodología del PCI. El estudio fue cuantitativo y descriptivo. Los autores encontraron que la falla más común hallada fue el pulimiento de agregados, en una severidad baja y que el valor del PCI fue de 87,52. Llegaron a la conclusión que el estado de conservación del pavimento asfáltico de la avenida Camino Real fue excelente.

Antecedentes locales: realizó una tesis de ingeniería titulado

Suarez (2020) en Piura realizó una tesis de ingeniería titulada “Determinación del estado de deterioro del tramo de Av. Vice en Piura, aplicando el método PCI” con el principal propósito de estudiar el grado de conservación de esta importante avenida de la ciudad, empleando como método de evaluación el PCI. El estudio fue cuantitativo y descriptivo. Este autor encontró que, de acuerdo al seccionamiento o muestreo realizado en la avenida, la muestra 1 tuvo un valor de PCI de 49, o sea una condición regular, y la muestra 2 un valor de PCI de 40, o sea una condición mala, siendo la falla más constante hallada fueron los baches y peladuras en grados de severidad alta. Concluyeron que la avenida se encontró en promedio con un estado de conservación regular.

Cardoza (2020) en Talara realizó una tesis de ingeniería titulada “Evaluación superficial mediante el método del PCI de la Carretera Ruta Nacional PE-1N progresiva 82+000 al 86+000 Talara – Tumbes – Piura 2019” con el principal propósito de evaluar mediante el uso del método del PCI, el estado superficial del pavimento flexible de la mencionada carretera panamericana. El estudio fue cuantitativo y descriptivo. Los autores encontraron que la falla más común hallada en la superficie de la carretera panamericana fueron las fisuras transversales, en un grado de severidad medio y alto, obteniendo un valor de PCI de 69. Concluyó que la condición del pavimento fue regular indicando así

mismo que es necesario complementar con una propuesta técnica y económica para los respectivos trabajos de mantenimiento necesarios.

Correa y Del Carpio (2019) en Piura realizaron una tesis de ingeniería titulado “Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura” con el objetivo de sugerir propuestas de intervención para el pavimento flexible de la mencionada vía, mismo que se encuentra en mal estado, causando increíbles molestias a los transeúntes, tanto conductores y peatones, para lo cual se valió de la metodología del PCI. El estudio fue cuantitativo y descriptivo. Los autores encontraron que, para las unidades de muestra establecidas, la muestra 1 obtuvo un valor de PCI igual a 38 con una propuesta de intervención de rehabilitación, la muestra 2 con un PCI igual a 68 con una propuesta de intervención de mantenimiento habitual y periódico, y la muestra 3 con un PCI de 83 y una propuesta de intervención de mantenimiento habitual. Concluyó que es necesario establecer un plan de mantenimiento periódico considerando la constante renovación de la vía estudiada.

Bases teóricas:

Un pavimento según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2013) es un grupo de distintos materiales, que se encuentran por la parte superior e inferior ubicada en la superficie de rodadura del camino de tierra. Además, su función principal es brindarle una mejor proporción a una superficie de rodadura la cual sea uniforme, teniendo en cuenta su color y la textura adecuada, para que así brindar una mejor resistencia a los efectos del tráfico, la intemperie y otros factores destructivos, y transferir de una manera completa el estrés que genera por la carga sometida por el tráfico al camino de tierra. En otras palabras, la superficie de la carretera es la superestructura de la ingeniería vial, que permite a los vehículos transitar rápidamente de tal manera que estos se vean cómodos, seguros y económicamente resulte muy factible por el bien de la población, la cual ofrece el proyecto.

El pavimento según el material que conforma la capa de rodadura, presenta la siguiente tipología: podrá ser rígido, semirrígido o flexible (Ministerio de Transportes, 2013). Este proyecto se centrará en el análisis de un pavimento flexible.

El pavimento flexible lleva una parte de asfalto en la capa de rodadura, la cual permite mínimas deformaciones de la parte inferior, sin afectar a la estructura. Por otro lado, el pavimento flexible, en lo económico, es más accesible, pues la vida útil de este, varía por los 10 y 15 años, y entre sus desventajas es que requieren de un mantenimiento continuo para que así este complete su vida útil. (Oliviera, 2000).

Coronado (2002) explica que los elementos que conforman un pavimento flexible son principalmente una superficie de rodadura sostenida normalmente con capas no rígidas, la base, sub-base y sub-rasante. La Sub-rasante: Es una capa del terreno de un pavimento que se somete a elementos de las estructuras de un pavimento que se recorre a una altura y profundidad que oportunamente no daña las cargas en los elementos de diseño presenta al tránsito que es previsto. Sub-base: Aquella que los elementos estructurales de pavimento realizada y usada principalmente a soportar cargas, ser transmitidas y distribuidas uniformemente a las cargas que son sometidas a una superficie de rodadura, de esta forma la sub-rasante cumpla la función de estar sometándose a las distintas inherentes a aquel suelo que puedan dañar a la sub-base. La sub-base debe cumplir con controlar los distintos cambios abruptos de volumen y elasticidad los cuales determinarían daños para el pavimento. Además, se emplea en la posición de una capa de drenaje y posible controlador de ascensión a una capilaridad, cuidando responsablemente así a los elementos estructurales de una carretera, por lo que siempre se usan un material granular de buena calidad.

De acuerdo a Montejo (2002), algunas de las características que reúne un pavimento son: Un pavimento tiene que contar con una adecuada función ya que debe reunir distintos requisitos:). Debe tener resistencia y cumplir con su función de resistir cargas sometidas por el mismo tránsito vehicular. Debe ser muy resistente frente a los agentes de intemperismo. Mostrar una mejor textura adaptándose a distintas velocidades posibles de pase de los vehículos. También deberá ser resistente ante los posibles desgastes ocasionados por los efectos impactantes de las ruedas de los vehículos. Deberá cumplir una regularidad en la superficie de rodadura, que lleve al pavimento a una adecuada comodidad al

público en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación. Tener una adecuada durabilidad y buena economía. Debe cumplir condiciones adecuadas de acuerdo a las normas de drenaje. Sonido de rodadura al interno de los medios de tránsito que deterioren al usuario, como también en el exterior, este debe ser adecuadamente moderado.

Menéndez (2003) menciona que los pavimentos tienden a deteriorarse debido a los varios agentes que día a día se vienen acumulando y que actúan sobre esto, ya sea el agua, la complejidad de tráfico, etc. Dichos elementos afectan directamente al pavimento, de una manera, tanto acelerada o paulatinamente y a consecuencia de ello termina en un pavimento de muy baja transpirabilidad. Por lo consiguiente, el mantenimiento de un pavimento, no es algo que se pueda ejecutar en cualquier momento, sino tiene que transcurrir su tiempo de vida y entonces poder prevenir mediante procesos que se adquieran realizar al pavimento y mitigar los daños que se puedan efectuar por diferentes agentes externos. Cabe mencionar que el tiempo de vida de un pavimento tiene cuatro fases, las cuales se describen a continuación:

Fase A: Para que el pavimento se encuentre en sus óptimas condiciones y poder ser utilizado ya sea por el tránsito peatonal o vehicular, pues este debe de construirse de manera sólida y sin ningún defecto constructivo.

Fase B: En esta fase, el pavimento puede aparentar que se encuentra en buen estado, dado que los que la transitan no las perciben, a pesar del incremento acelerado de las pequeñas fallas aisladas; un pavimento se deteriora muy lentamente y es poco visible, con el pasar de los años, este se va desgastando y debilitando, principalmente en la superficie de rodadura; producidos obviamente por el pase de vehículos pesados y livianos que transitan diariamente, así como también puede influir los efectos naturales (lluvias, derrumbes), entre otros.

Fase C: Es aquí donde se nota la presencia de un desgaste muy acelerado del pavimento por su tiempo de vida, la superficie de rodadura y la gran parte del pavimento se están destruyendo, es ahí entonces este entra a un ciclo, en donde resiste menos al tránsito vehicular; por tanto, con el pasar del

tiempo las cargas puntuales se convierten en distribuidas y van dañando toda una estructura del pavimento por completo.

Fase D: Esta fase es la etapa final en donde se ve reflejada, y su tiempo de vida es por muchos años; en este periodo el tránsito vehicular se distorsiona de manera rápida, la aceleración de transpirabilidad baja y la capacidad de dicho pavimento disminuye totalmente a un esquema inusual al original.

Sobre las fallas en el pavimento flexible se puede decir que es el resultado de interacciones complejas de diseño, materiales, construcción, tránsito vehicular y medio ambiente. Hay tipos de falla como las estructurales que son las que se presentan en la carpeta estructural del pavimento, estas pueden ser; en el pavimento, en la base, sub base o terracería; ya que se convertiría en una inestabilidad total para poder soportar cargas sometidas al pavimento. Por otro lado, las fallas funcionales son las que se presentan en la superficie de rodadura, generando una desconfianza y un nivel bajo servicio a todos los usuarios del transporte; ya que pueden ser deformaciones transversales, ondulaciones longitudinales o talvez porcentajes de baches. Cabe mencionar que, si una falla funcional no es atendida a tiempo, pues es muy probable que pase a ser una falla estructural.

Las causas de fallas en el pavimento se deben principalmente a: La fatiga. Esta viene a ser la falla producida por el tránsito pesado, la cual excede con su peso y la circulación continua, provocando el desgaste de la capa de rodadura. Proceso Constructivo. Déficit en la calidad de los materiales empleados en dicho pavimento, malas compactaciones en las capas, así como también no cumpliendo con la dosificación óptima para un buen trabajo, provocando deficiencia en un pavimento. Deficiencias del Proyecto. Deficiencia en los diseños, tanto estructurales como geométricos, no proyectando drenajes pluviales u obras de arte. Factores Climáticos. Estos influyen mucho en el pavimento ya que, con la contaminación ambiental, hace que cada día el nuestro ecosistema tenga cambios bruscos en el ambiente y producir fenómenos que afecten el pavimento.

Entre los métodos para evaluar pavimentos destaca el método PCI. Llamado también índice de condición del pavimento, es un proceso de

inspeccionar visualmente la condición de un pavimento y determinar el tipo, la gravedad y el grado de daño encontrado de una manera fácil de usar. Porque el estado de la carretera se mide indirectamente.

Este método es el medio más completo de evaluación objetiva y control de calidad del pavimento, ampliamente aceptado por organizaciones como el Departamento de Defensa de EE. UU. Y APWA (Asociación Estadounidense de Obras Públicas), y adoptado oficialmente como procedimiento estándar. Publicado por ASTM como método analítico y aplicación (procedimiento estándar ASTM D63303 para probar índices de salud en aceras de estacionamiento y carreteras).

Según el método PCI, las fallas más comunes en pavimentos flexibles son 19 en total. Además, estas se agrupan en 4 categorías, así como podemos ver en el siguiente esquema:

Figura 1

Tipos de fallas establecidos en los pavimentos flexibles (Fuente: Vásquez 2009)



PIEL DE COCODRILO: Es un conjunto de grietas interconectadas que forman un polígono irregular con un lado largo de hasta 0,5 m, una piel de cocodrilo que se da en zonas con cargas repetidas de tráfico como pisadas y neumáticos. Alta tensión y deformación La base de la capa de asfalto, grietas que se producen en la base.

Figura 2

Piel de cocodrilo



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

EXUDACIÓN: El material bituminoso se esparce sobre áreas específicas de la calzada, creando una superficie brillante, resbaladiza y reflectante. A menudo se vuelve pegajoso (en la temporada de calor). Esta falla puede ser causada por una variedad de factores que incluyen demasiado aglomerante bituminoso en la dosificación (mezcla), uso de aglutinantes bituminosos muy suaves, aplicación excesiva de juntas bituminosas y escamas de bajo vacío.

Figura 3

Exudación



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

FISURAS EN BLOQUE: Se trata de fisuras interconectadas que forman piezas rectangulares de varios tamaños desde aproximadamente 0,30 x 0,30 m hasta 3,00 x 3,00 m. Este tipo de daño puede ocurrir en carreteras pavimentadas

largas y áreas de poco tráfico. Es por eso que las grietas grandes no tienen nada que ver con la tensión externa de la carga del vehículo.

Figura 4

Fisuras en bloque



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS: La elevación y el hundimiento son movimientos pequeños y contundentes hacia arriba y hacia abajo del pavimento que distorsionan el contorno de la carretera. El pavimento inestable no es la causa, puede ser el resultado de varios factores, que incluyen: Levantamiento de losas de concreto cubiertas con asfalto. Expansión por congelación (desarrollo de lentes de hielo o suelo congelado). Penetración y acumulación de material en fisuras asociadas a cargas de tráfico. Ampliar subclase. Defectos de drenaje

Figura 5

Abultamientos y hundimientos

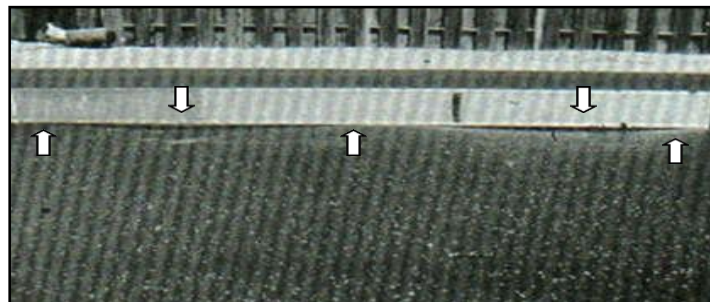


FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

CORRUGACIÓN: Se trata de una serie de tramos sinuosos formados por montañas y depresiones muy próximas entre sí y con bastante regularidad (normalmente menos de 3.00 espaciadas a lo largo del camino. Los vértices son perpendiculares a la dirección circular. Este tipo de hundimiento es causado por los efectos del tráfico de vehículos combinados con la inestabilidad de la superficie o de la calzada.

Figura 6

Corrugación



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

DEPRESIÓN: Una depresión es un área en el pavimento que es un poco más baja que la elevación circundante. Si el agua se estanca después de una lluvia, o si la superficie está seca, es posible que se vean los golpes del charco. : Se producen por construcciones en cascada o por construcción incompleta.

Figura 7

Depresión



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

FISURAS DE BORDE: Las grietas de borde son grietas paralelas al borde exterior de la calzada y de 0,30 a 0,50 m de la superficie de la carretera. Este tipo de daño se debe al aumento de las cargas de tránsito y es causado por el debilitamiento de la cimentación o pavimento en áreas muy cercanas al borde del pavimento debido a las condiciones climáticas o al efecto suavizante de arena suelta en el borde. Esto provoca la descamación de la piel que conduce al colapso.

Figura 8

Fisura de borde



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

FISURAS DE REFLEXIÓN DE JUNTA (DE LOSAS DE CONCRETO LONGITUDINALES O TRANSVERSALES): El agrietamiento por reflexión de las juntas solo ocurre en revestimientos de pisos mixtos. Pavimento asfáltico (flexible) construido sobre losas de hormigón (rigidez). No se tienen en cuenta las fisuras por reflexión en otros sustratos, como sustratos estabilizados con cemento o cal. Estas grietas son causadas por el movimiento de losas de concreto debajo de la superficie del pavimento causado por el calor o la humedad. No tienen nada que ver con el propósito de la carga. Sin embargo, las cargas de tráfico pueden dañar la superficie de asfalto cerca de las grietas.

Figura 9.

Fisuras de reflexión de junta



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

DESNIVEL CARRIL – BERMA: La pendiente de una pista es la diferencia de elevación (nivel) entre el borde de la carretera y el bordillo. Esta falla se debe a la erosión del terraplén. Ajuste de rotación; o coloque una nueva capa (superposición) en la pista sin ajustar completamente el nivel de la berma.

Figura 10.

Desnivel carril - berma



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES: Las fisuras longitudinales son fisuras paralelas al eje de la vía o al sentido de construcción de la vía. Por otro lado, las grietas laterales se ubican perpendiculares al eje de la calzada o al sentido de construcción. Este daño no tiene nada que ver con la carga del vehículo. Esto puede suceder por las siguientes razones: Las juntas de construcción estructural son inadecuadas o faltan juntas. La superficie del hormigón asfáltico se encoge debido a las bajas temperaturas, el endurecimiento del asfalto o las variaciones diarias de temperatura. Grietas reflectantes

causadas por grietas subterráneas, incluidas las grietas en losas de hormigón. Sin embargo, no se debe a las juntas del pavimento duro.

Figura 11

Fisuras longitudinales y transversales



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

PARCHES: Son áreas de pisos que están en malas condiciones y se han reemplazado con material nuevo para reparar pisos existentes. Los adhesivos de corte de utilidad son adhesivos que se colocan cuando se hacen cortes para reparar tuberías de alcantarillado, cableado, teléfonos y otras tareas similares. El parche tiene un servicio vial más bajo porque el rendimiento del área parcheada es menor que el del pavimento original, por lo que incluso el área adyacente al parche no funcionará tan bien como la parte del pavimento original.

Figura 12

Parches



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

AGREGADO PULIDO: El agregado pulido es la pérdida de resistencia al deslizamiento en el piso, que ocurre cuando el agregado de la superficie se vuelve suave al tacto. Las causas de este error son las siguientes: Carga de tráfico repetida. Agregado insuficiente para esparcir sobre el asfalto. Las carreteras no tienen baches ni están estructuradas y no contribuyen a reducir la velocidad. La falta de agregado en las curvas asegura una buena tracción de los neumáticos.

Figura 13

Agregado pulido



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

BACHES: Los hoyos son pequeños orificios (hendiduras) en el pavimento con un diámetro inferior a 750 mm. Tienen bordes afilados y bordes verticales cerca de la parte superior del insecto. Los baches pueden deberse a varios factores. La piel de cocodrilo está muy agrietada. Esto causa fatiga y hace que la superficie de la banda de rodadura se combe. Defectos estructurales. Alcantarillado inadecuado. Diseño de conjunto estructural insuficiente.

Figura 14

Baches



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

AHUELLAMIENTO: Las ranuras son depresiones verticales continuas a lo largo de la trayectoria de un vehículo que provocan deformaciones permanentes en una de las capas de la calzada o cimentación. Vea la Figura 2.16. Este problema puede deberse a una compresión insuficiente de la estructura estructural. Esto hace que las capas (camas, lados) sean inestables y permite que el material se mueva horizontalmente debido a las cargas del tráfico. Las ranuras fuertes pueden causar serios daños estructurales al piso. Otras causas: La mezcla asfáltica es inestable. Exceso de ligante en el agua de riego. Diseño de paquete de textura deficiente: no grueso. Calidad de material inadecuada o control de calidad inadecuado.

Figura 15

Ahuellamiento



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

DESPLAZAMIENTOS: La desviación es la distorsión de la superficie causada por una combinación de diferencias. Se trata de deslizamientos longitudinales y fijos de zonas localizadas de la línea que forman una especie de "cuerda" lateral. Estos puntos de falla se crean por la acción de las cargas de tráfico que empujan la calzada, creando olas cortas y empinadas en la superficie de la carretera. Este tipo de daño generalmente ocurre solo en pavimentos con mezclas asfálticas líquidas inestables (emulsiones).

Figura 16

Desplazamientos



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

CRUCE DE VÍA FÉRREA: Los daños relacionados al cruce de vía férrea, son las depresiones o abultamientos en el plano de contacto con el pavimento y los rieles afectan la calidad del rodaje.

Figura 17

Cruce de vía férrea



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

FISURA PARABÓLICA O POR DESLIZAMIENTO: Las grietas parabólicas o resbaladizas son grietas en forma de media luna que se producen en el costado en relación con la dirección del tráfico. Estas tolerancias ocurren

típicamente en aglomerados o revestimientos bituminosos menos estables cuando la unión entre la capa superficial y la capa inferior del pavimento es débil (débil). Las grietas parabólicas pueden ser causadas por los siguientes factores: El frenado o el giro de las ruedas del vehículo debido al giro provoca un deslizamiento o deformación de la superficie de la carretera. Mala adherencia o polvo en capas superpuestas.

Figura 18

Fisura parabólica o por deslizamiento



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

HINCHAMIENTO: La protuberancia distorsiona la sección transversal de una carretera al inflar o elevar la superficie de la carretera en forma de olas largas y suaves de más de 3,00 m de longitud. Las principales causas de este tipo de daños son la expansión del suelo base (expansión del suelo) y la congelación del material base. La hinchazón puede ir acompañada de grietas superficiales.

Figura 19

Hinchamiento



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

PELADURA POR INTEMPERISMO Y DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS: La descamación debida al mal tiempo es el hundimiento de la

superficie del pavimento debido a la pérdida de ligante bituminoso. Por otro lado, los exfoliantes combinados con piedras se refieren a partículas que se combinan o eliminan de manera suelta. Las principales causas de este tipo de averías son: Cargas especiales de tráfico como el seguimiento de vehículos. Alisado de la superficie y pérdida total debido a derrames de aceite de vehículos. Mezcla de mala calidad con adhesivo inadecuado. Utilice áridos sucios o muy absorbentes. Insuficiente adherencia de los agregados asfálticos por preparaciones externas.

Figura 20

Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados



FUENTE: Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

La evaluación del pavimento se basa en una encuesta preliminar para determinar la estructura y condición del pavimento. Tomar las medidas técnicas oportunas e inmediatas para su conservación, mantenimiento o restauración. En este sentido, para prolongar la vida útil del pavimento es muy importante realizar una valoración objetiva en función de su situación y extensión. La cantidad y el grado de desgaste de la superficie del pavimento. Tomaremos acciones correctivas y lograremos objetivos óptimos de mantenibilidad. La evaluación oportuna reduce los costos de restauración y reconstrucción y extiende su vida útil al evitar costos más altos en el futuro.

Cuando se habla de una evaluación superficial, se está hablando de un procedimiento que cualifica y cuantifica las cantidades y tipos de fallas que

presenta la vía, con la finalidad de recolectar información para poder desarrollar soluciones en las fallas que se obtuvieron. Para ello se emplea la metodología del PCI o Índice de condición del Pavimento. Este es un valor o dato numérico cuyo valor mínimo es 0 y el máximo que se puede obtener es 100 siendo el valor más bajo un resultado negativo y el más alto un resultado positivo, esto quiere decir que mientras menos valor de PCI, en peor estado estará el pavimento y mientras más valor de PCI, el pavimento estará en mejor estado. De acuerdo al valor cuantitativo obtenido, se le hace una determinada calificación cualitativa que varía entre “Colapsado” hasta “Excelente”, como se ve en la tabla:

Tabla 1

Clasificación del estado de conservación según el PCI

PCI	CONDICION
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Pobre
25 - 10	Muy Pobre
10 - 0	Colapsado

Fuente: Método PCI

Este proceso consta de dos etapas. La primera es una evaluación in situ que le permite detectar fallas, siempre teniendo en cuenta el tipo y tipo de fallas.

La segunda fase de la evaluación antes mencionada es el trabajo de oficina, en el que se calcula la información obtenida en campo. Sin embargo, según el manual de PCI, existen 19 tipos de daños en los pisos blandos, por lo que se tiene en cuenta el tipo de daño que se produce en el piso.

Tabla 2

Fallas consideradas en PCI: pavimentos flexibles

FALLA N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1	Piel de Cocodrilo	m ²
2	Exudación	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²
4	Abultamientos y Hundimientos	m
5	Corrugación	m ²

FALLA N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
6	Depresión	m ²
7	Grieta de Borde	m
8	Grieta de reflexión de junta	m
9	Desnivel Carril/berma	m
10	Grietas longitudinales y transversales	m
11	Parcheo	m ²
12	Pulimiento de agregados	N°
13	Huecos	m ²
14 *	Cruce de vía férrea / Rieles (acceso a Puentes, Pontones y Rejillas de Drenaje)	m ²
15	Ahuellamiento	m ²
16	Desplazamiento	m ²
17	Grieta parabólica	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Desprendimiento de agregados	m ²

Fuente: Método PCI

La inspección visual puede aplicarse a toda el área de la superficie asfáltica de la carretera a estudiar, sin embargo, por motivos económicos y de tiempo el método sugiere realizar un muestreo. El muestreo es una técnica probabilística que trabaja una parte de la población, por lo que el tamaño debe ser representativo, esto quiere decir que la muestra debe ser lo suficientemente grande para que sea generalizada. En el método PCI el muestreo está dado por el seccionamiento de la carretera según área y progresivas, siendo los tamaños de la sección de acuerdo a su área considerados ideales, así como máximos y mínimos:

Tabla 3

Tamaño de sección recomendado

Tipo de Pavimento	Tamaño de la sección		
	Ideal	Mínimo	Máximo
Rígidos	20 losas	12 losas	28 losas
Flexible	450 m ²	270 m ²	630 m ²
Mixto			

Fuente: Método PCI

Es necesario realizar una estimación estadística con una confianza del 95% para que el muestreo se considere representativo, por lo que el cálculo del número de secciones (que están representadas por área para pavimentos asfálticos y por losas para pavimentos rígidos) será definido por la siguiente fórmula:

Figura 21

Fórmula para determinar el tamaño de la muestra

$$n = \frac{N \times s^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + s^2}$$

Donde:

e = Error muestral,

e = +/- 5 puntos PCI.

S = Desviación Standard. Se asume 10 para pavimentos flexibles y 15 para rígidos.

N = Total de secciones.

El muestreo del PCI se hace por estimación de intervalos, o sea se calcula cada cuanto deberá ser evaluada una sección. La siguiente fórmula lo estima:

Figura 22

Fórmula intervalo de muestreo (Fuente: Método PCI)

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

N: Total de secciones.

n: Secciones de la muestra.

i: Intervalo de muestreo

Para estimar el valor del PCI, se emplea la siguiente ecuación:

Figura 23

Ecuación PCI

$$PCI = 100 - \left[\sum_{i=j}^P VD(T_i, S_j, D_{ij}) \right] * F \quad (1)$$

Donde:

PCI = Índice de Condición de Pavimento

VD () = Valor deductivo, el cual está en función del tipo de falla (Ti), de su severidad (Sj), y de la densidad de las fallas (Dij) observables en el pavimento.

I = Tipos de falla.

J = Grados de severidad

P = Números de fallas en el pavimento analizado.

Mi = Grados de severidad para la falla "i".

F = Factor de ajuste, en función de la sumatoria total y el número de Valores de deducción mayores que 5.

Una vez obtenido el valor del PCI, es necesario asignar una respectiva acción. Esta acción es para poder recuperar las condiciones iniciales del pavimento, en otras palabras, son las soluciones o medidas que se deberá tomar para solucionar el problema. Basado en el resultado del PCI, se puede asumir que el pavimento necesita un mantenimiento, una rehabilitación o en el peor de sus casos, la reconstrucción completa:

Tabla 4

Intervención final según el PCI

Rango PCI	Intervención
0 - 30	Construcción
31 - 70	Rehabilitación
71 - 100	Mantenimiento

Fuente: Jugo (2005)

Según Jugo (2005), las acciones de mantenimiento son aquellas que se hacen para mantener en buen estado un pavimento y prolongar su vida útil. He de allí la palabra “mantenimiento” de las cualidades del pavimento, el cual debe brindar seguridad y confort a los usuarios. El mantenimiento se usa para corregir ciertas imperfecciones que no requieren una intervención más profunda o para prevenir futuros problemas o aparición de fallas. Las acciones de rehabilitación son aquellas que se hacen para recuperar las condiciones iniciales del pavimento, o sea cuando este se encuentra en una condición “media” que un simple mantenimiento no podría corregir los problemas encontrados, se procede a una rehabilitación. Las acciones de Construcción son aquellas que se hacen cuando una rehabilitación no es suficiente para solucionar el problema, en este caso el pavimento se encuentra tan deteriorado que es necesario sea demolido y reconstruido.

III. MÉTODO

3.1. Tipo y Diseño de investigación

Tipo de investigación: Aplicada (CONCYTEC, 2018)

Diseño de investigación: No experimental, descriptivo, Transeccional (Carrasco, 2005). El esquema de investigación es el siguiente:



Donde:

M= Muestra

O= Observación

A= Análisis

E= Evaluación

R= Resultado

3.2. Variables y operacionalización

Variable Cuantitativa: Evaluación superficial

Conceptualización: Es la evaluación realizada a la superficie del pavimento con el objetivo de determinar las fallas que afectan al pavimento y conocer la condición en que se clasifica. (ASTM D6433-16, 2016).

Operacionalización: Se medirá de acuerdo a las dimensiones: Trabajos de campo y trabajos de gabinete

Indicadores: de la dimensión Trabajos de campo: 1) Identificación y cuantificación de fallas. De la dimensión Trabajos de gabinete: Determinación de la condición y Planteamiento de alternativas de solución.

Variable Cuantitativa: Método del PCI

Conceptualización: Es un método desarrollado para obtener la condición del pavimento a través de una clasificación que puede variar de excelente a colapsado (Papagiannakis & Masad, 2012)

Operacionalización: Se medirá de acuerdo a las dimensiones Identificación de fallas, Cuantificación de fallas, Nivel de severidad, Índice de Condición del Pavimento, Determinación del estado de conservación del pavimento, Intervención al pavimento.

Indicadores: De la dimensión identificación de fallas: 19 tipos de fallas en pavimentos flexibles propuestos en el método PCI. De la dimensión cuantificación de fallas: 19 tipos de fallas en pavimentos flexibles propuestos en el método PCI. De la dimensión nivel de severidad: bajo, Medio, Alto. De la dimensión Índice de condición del pavimento: valores desde el 0 al 100. De la dimensión determinación del estado de conservación del pavimento: Excelente, Muy Bueno, Bueno, Regular, Pobre, Muy Pobre, Colapsado. De la dimensión Intervención al pavimento: Mantenimiento, Rehabilitación, Construcción.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: La población de estudio estará conformada por todos los 3.70km que conforma la carretera de acceso a Talara PI-100, desde la intersección “La Campana” o empalme con panamericana norte PE-1N hasta el sector conocido como la curva del avión.

Muestra: La muestra estuvo basada en el método de muestreo del PCI, de las cuales se obtuvieron 13 secciones de tamaño ideal o unidades de muestra, de 450m² cada una, en intervalos de 300m lineales de la carretera según los resultados del muestreo.

Criterios de inclusión y exclusión: Únicamente se evaluará secciones de pavimento flexible. Se excluirá tramos con pavimento rígido o articulado.

Unidad de análisis: secciones de PCI del pavimento de 450m².

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: Observación. Instrumentos: Ficha de inspección de datos (estandarizada del método PCI). **Validez y confiabilidad:** Este instrumento y método de inspección visual está validado por la ASTM D4366, por lo que es estandarizado, ha sido aplicada en muchas investigaciones y trabajos prácticos arrojando excelentes resultados, por lo que es válido y confiable.

3.5. Procedimientos

El procedimiento para obtener el índice de condición en estado actual en toda la estructura del pavimento y de la condición operacional de la superficie del pavimento, valor que cuantifica el estado actual del pavimento para su respectivo mejoramiento, tratamiento y mantenimiento.

Primero, se realizó el levantamiento geométrico y topográfico de la carretera con la finalidad de poder realizar el muestreo y establecer las unidades de muestra que serán evaluadas, así como los intervalos a cada cuanto deberá considerarse una unidad de muestreo. Posterior a ello se fue a campo a realizar el seccionamiento de la vía empleando yeso, delimitando cada unidad de muestra en donde se procedió a tomar valores como el área total e identificar cada falla presente, así como el grado de deterioro, afectación o severidad que actualmente presenta. La información fue registrada en el instrumento “ficha de recolección de datos estandarizada por el método PCI” con la finalidad de ser procesada en gabinete, lo que dio como resultado el valor del PCI y permitió plantear las mejores alternativas de solución.

3.6. Método de análisis de datos

Para procesar la información, se empleó las fórmulas de procesamiento y cálculo del método PCI. Para ello se empleó el aplicativo EvalPAV que se encuentra basado en este método. Por otro lado, los gráficos y tablas se realizaron en Excel 2016.

3.7. Aspectos éticos

El respeto a todos los aspectos éticos contemplados en la investigación fue un principio que se ha cumplido a cabalidad para este tipo de trabajos. En primer lugar, el contenido de esta tesis es completamente propio, plasmado en la declaratoria de autenticidad de la autora y del asesor que se anexan al presente proyecto. Además, otro aspecto ético importante que se respetará es que cualquier información que sea tomada de libros, artículos, tesis o cualquier otro documento existente (Universidad Cesar Vallejo, 2017).

IV. RESULTADOS

Con respecto al primer objetivo específico: Identificar y cuantificar las fallas que se presentan en el pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021. Estos fueron los resultados:

Tabla 5

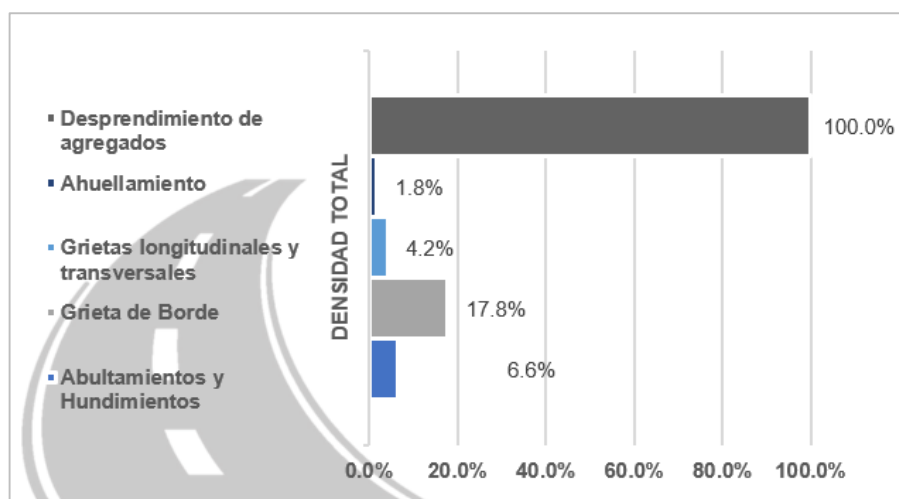
Cuantificación de fallas identificadas – Unidad de muestra U-1 (Progresivas 0+000 -0+050)

Falla identificada	Und	Nivel de severidad	Metrado		Densidad Total (%)
			Carril Izq.	Carril Der.	
Abultamientos y Hundimientos	ml	M	12.45	17.2	6.6%
Grieta de Borde	ml	H	43.2	37.05	17.8%
Grietas longitudinales y transversales	ml	M	13.55	5.25	4.2%
Ahuellamiento	m2	L	3.25	4.9	1.8%
Desprendimiento de agregados	m2	L	225	225	100.0%

Fuente: Evaluación del PCI

Figura 24

Densidad total de fallas identificadas – Unidad de muestra U-1 (Progresivas 0+000 -0+050)



Se observa en la Tabla 5 y Figura 24, que la falla con mayor presencia en la unidad de muestra U-1 es el desprendimiento de agregados con un 100% de

afectación al pavimento en un nivel de severidad leve, mientras que la falla con menor presencia es el ahuellamiento con un 1.8% de afectación en un nivel de severidad leve.

Tabla 6

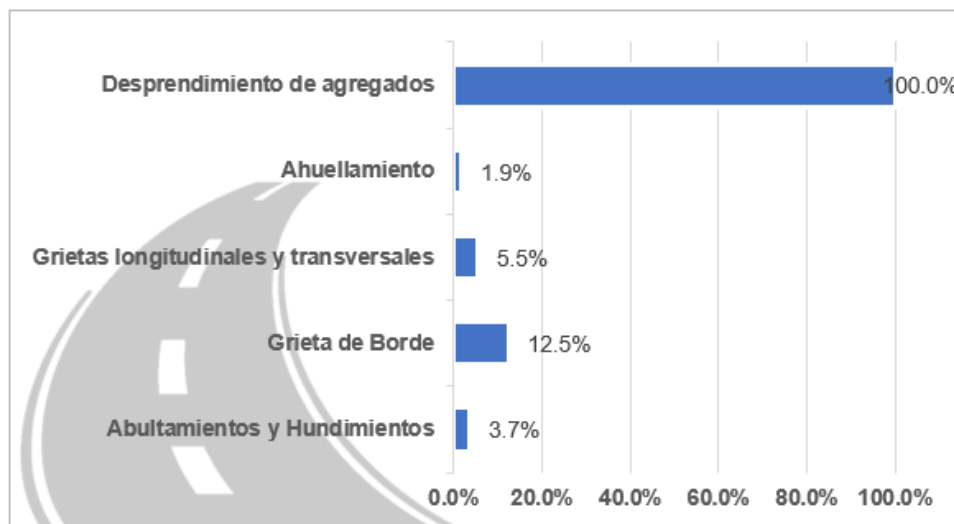
Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-2 (Progresivas 0+300 -0+350)

Falla identificada	Und	Nivel de severidad	Metrado		Densidad Total (%)
			Carril Izq.	Carril Der.	
Exudación	m2	L	12.35	15.55	6.2%
Abultamientos y Hundimientos	ml	M	7.35	9.1	3.7%
Grieta de Borde	ml	L	23.4	32.75	12.5%
Grietas longitudinales y transversales	ml	M	17.2	7.45	5.5%
Ahuellamiento	m2	L	2.7	5.65	1.9%
Desprendimiento de agregados	m2	L	225	225	100.0%

Fuente: Evaluación del PCI

Figura 25

Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-2 (Progresivas 0+300 -0+350)



Se observa en la Tabla 6 y Figura 25, que la falla con mayor presencia en la unidad de muestra U-2 es el desprendimiento de agregados con un 100% de afectación al pavimento en un nivel de severidad leve, mientras que la falla con

menor presencia es el ahuellamiento, con un 1.9% de afectación al pavimento en un nivel de severidad leve.

Tabla 7

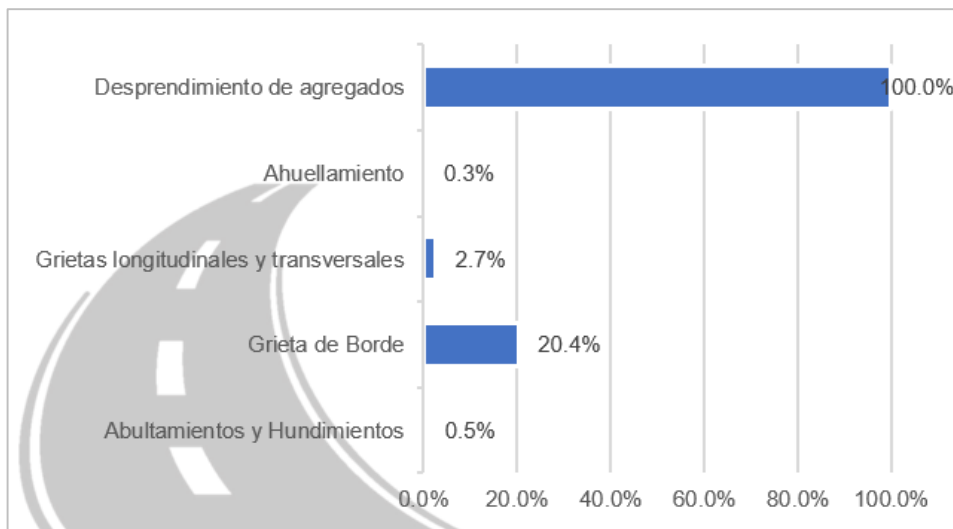
Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-3 (Progresivas 0+600 -0+650)

Falla identificada	Und	Nivel de severidad	Metrado		Densidad Total (%)
			Carril Izq.	Carril Der.	
Abultamientos y Hundimientos	ml	H	2.35	0	0.5%
Grieta de Borde	ml	M	41.65	49.95	20.4%
Grietas longitudinales y transversales	ml	M	10	2.35	2.7%
Ahuellamiento	m2	L	0	1.25	0.3%
Desprendimiento de agregados	m2	L	225	225	100.0%

Fuente: Evaluación del PCI

Figura 26

Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-3 (Progresivas 0+600 -0+650)



Se observa en la Tabla 7 y Figura 26, que la falla con mayor presencia en la unidad de muestra U-3 es el desprendimiento de agregados con un 100% de afectación al pavimento en un nivel de severidad leve, mientras que la falla con menor presencia es el ahuellamiento, con un 0.3% de afectación al pavimento en un nivel de severidad leve.

Tabla 8

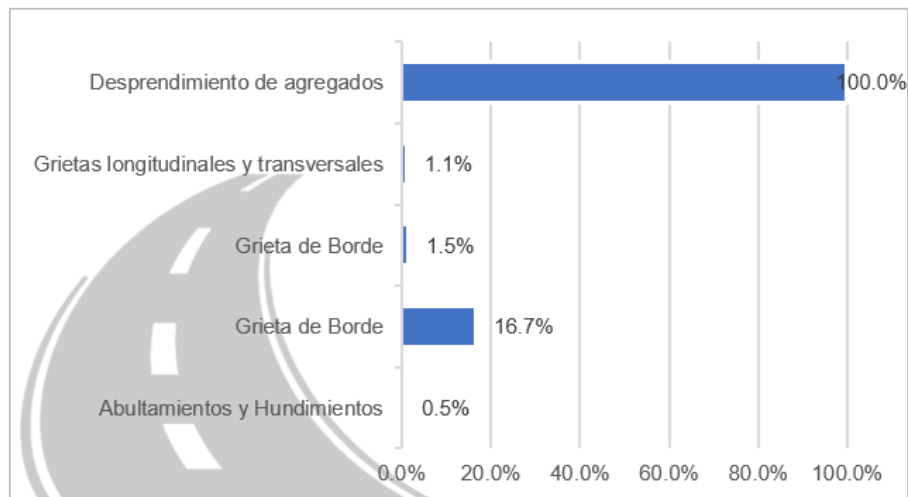
Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-4 (Progresivas 0+900 -0+950)

Falla identificada	Und	Nivel de severidad	Metrado		Densidad Total (%)
			Carril Izq.	Carril Der.	
Abultamientos y Hundimientos	ml	L	2.25	0	0.5%
Grieta de Borde	ml	M	34.95	40.05	16.7%
Grieta de Borde	ml	H	2.75	4.15	1.5%
Grietas longitudinales y transversales	ml	L	4.85	0	1.1%
Desprendimiento de agregados	m2	M	225	225	100.0%

Fuente: Evaluación del PCI

Figura 27

Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-4 (Progresivas 0+900 -0+950)



Se observa en la Tabla 8 y Figura 27, que la falla con mayor presencia en la unidad de muestra U-4 es el desprendimiento de agregados con un 100% de afectación al pavimento en un nivel de severidad moderado, mientras que la falla con menor presencia es abultamientos y hundimientos, con un 0.5% de afectación al pavimento en un nivel de severidad leve.

Tabla 9

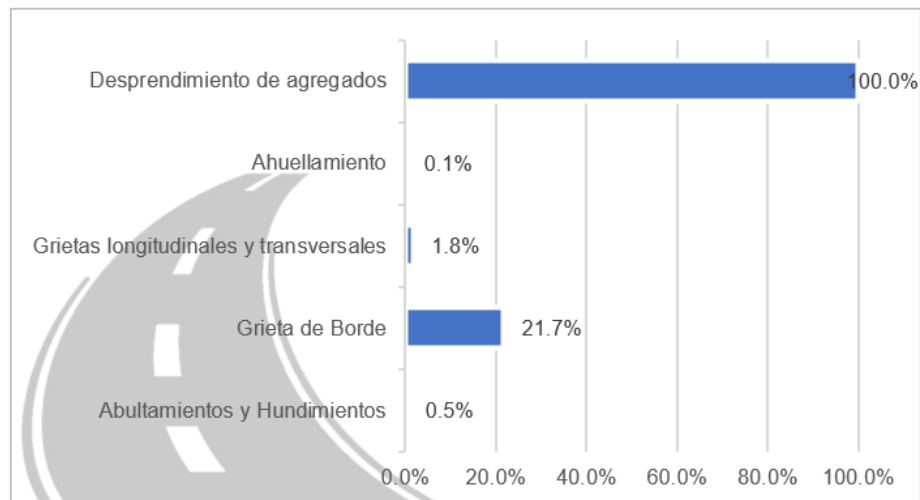
Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-5 (Progresivas 1+200 -1+250)

Falla identificada	Und	Nivel de severidad	Metrado		Densidad Total (%)
			Carril Izq.	Carril Der.	
Abultamientos y Hundimientos	ml	L	0	2.05	0.5%
Grieta de Borde	ml	L	47.75	50	21.7%
Grietas longitudinales y transversales	ml	L	6.55	1.45	1.8%
Ahuellamiento	m2	M	0.65	0	0.1%
Desprendimiento de agregados	m2	M	225	225	100.0%

Fuente: Evaluación del PCI

Figura 28

Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-5 (Progresivas 1+200 - 1+250)



Se observa en la Tabla 9 y Figura 28, que la falla con mayor presencia en la unidad de muestra U-5 es el desprendimiento de agregados con un 100% de afectación al pavimento en un nivel de severidad moderado, mientras que la falla con menor presencia es el ahuellamiento, con un 0.1% de afectación al pavimento en un nivel de severidad moderado.

Tabla 10

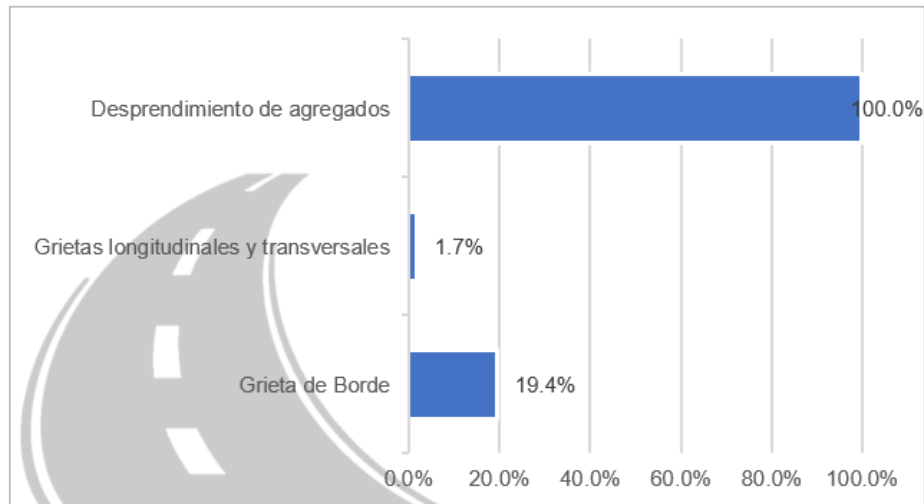
Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-6 (Progresivas 1+500 -1+550)

Falla identificada	Und	Nivel de severidad	Metrado		Densidad Total (%)
			Carril Izq.	Carril Der.	
Grieta de Borde	ml	M	47.45	39.75	19.4%
Grietas longitudinales y transversales	ml	L	2	5.65	1.7%
Desprendimiento de agregados	m2	M	225	225	100.0%

Fuente: Evaluación del PCI

Figura 29

Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-6 (Progresivas 1+500 - 1+550)



Se observa en la Tabla 10 y Figura 29, que la falla con mayor presencia en la unidad de muestra U-6 es el desprendimiento de agregados con un 100% de afectación al pavimento en un nivel de severidad moderado, mientras que la falla con menor presencia son grietas longitudinales y transversales, con un 1.7% de afectación al pavimento en un nivel de severidad leve.

Tabla 11

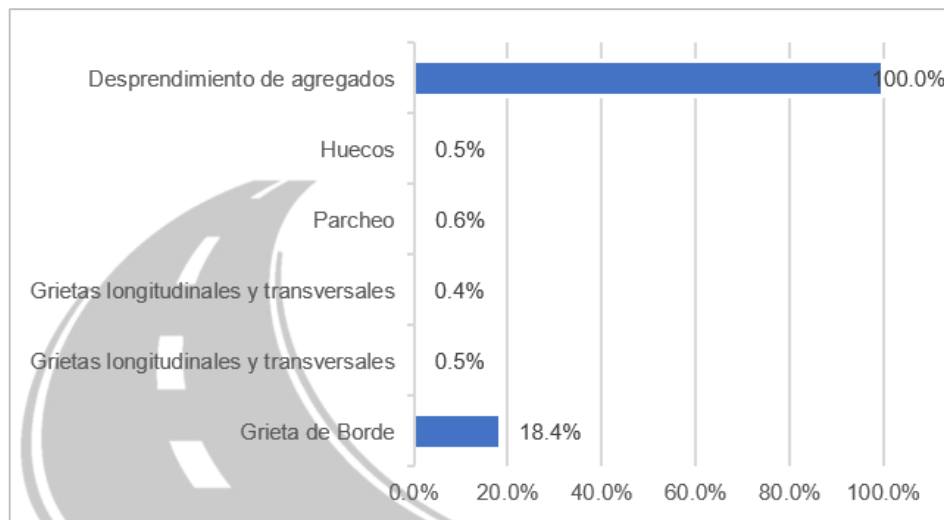
Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-7 (Progresivas 1+800 -1+850)

Falla identificada	Und	Nivel de severidad	Metrado		Densidad Total (%)
			Carril Izq.	Carril Der.	
Grieta de Borde	ml	L	44.95	37.85	18.4%
Grietas longitudinales y transversales	ml	M	2.05	0	0.5%
Grietas longitudinales y transversales	ml	L	0	1.7	0.4%
Parcheo	m2	L	2.55	0	0.6%
Huecos	m2	M	1.35	1.05	0.5%
Desprendimiento de agregados	m2	M	225	225	100.0%

Fuente: Evaluación del PCI

Figura 30

Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-7 (Progresivas 1+800 - 1+850)



Se observa en la Tabla 11 y Figura 30, que la falla con mayor presencia en la unidad de muestra U-7 es el desprendimiento de agregados con un 100% de afectación al pavimento en un nivel de severidad moderado, mientras que la falla con menor presencia son huecos y grietas longitudinales transversales, con un 0.5% de afectación al pavimento ambas fallas y niveles de severidad moderado y leve respectivamente.

Tabla 12

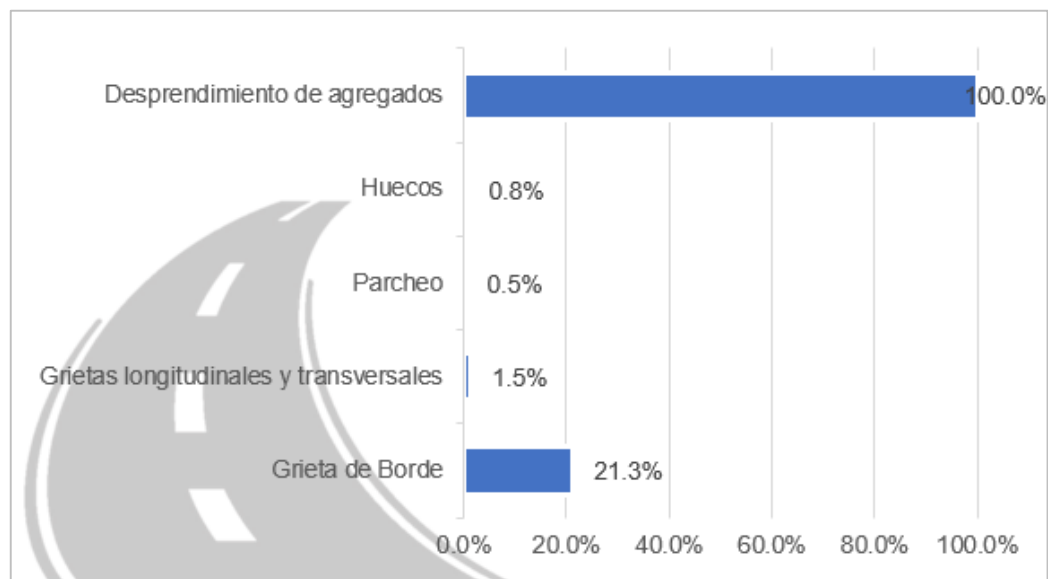
Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-8 (Progresivas 2+100 -2+150)

Falla identificada	Und	Nivel de severidad	Metrado		Densidad Total (%)
			Carril Izq.	Carril Der.	
Grieta de Borde	ml	L	46.95	48.95	21.3%
Grietas longitudinales y transversales	ml	M	4.1	2.55	1.5%
Parcheo	m2	L	1.45	0.75	0.5%
Huecos	m2	M	2.35	1.35	0.8%
Desprendimiento de agregados	m2	M	225	225	100.0%

Fuente: Evaluación del PCI

Figura 31

Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-8 (Progresivas 2+100 - 2+150)



Se observa en la Tabla 12 y Figura 31, que la falla con mayor presencia en la unidad de muestra U-8 es el desprendimiento de agregados con un 100% de afectación al pavimento en un nivel de severidad moderado, mientras que la falla con menor presencia fue el parcheo, con un 0.5% de afectación al pavimento y nivel de severidad leve.

Tabla 13

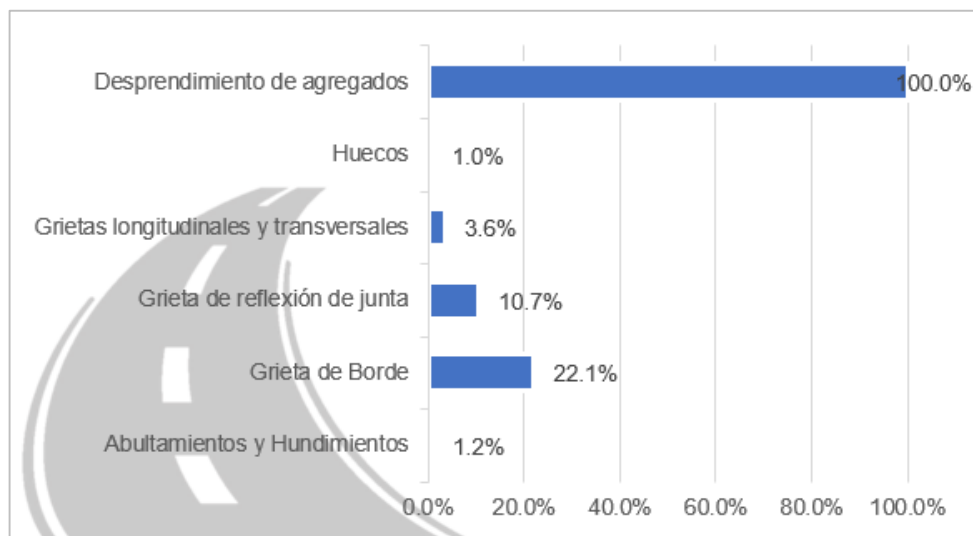
Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-9 (Progresivas 2+400 -2+450)

Falla identificada	Und	Nivel de severidad	Metrado		Densidad Total (%)
			Carril Izq.	Carril Der.	
Abultamientos y Hundimientos	ml	L	3.05	2.15	1.2%
Grieta de Borde	ml	L	49.5	50	22.1%
Grieta de reflexión de junta	ml	H	24	24	10.7%
Grietas longitudinales y transversales	ml	M	6.7	9.45	3.6%
Huecos	m2	M	2.65	1.8	1.0%
Desprendimiento de agregados	m2	M	225	225	100.0%

Fuente: Evaluación del PCI

Figura 32

Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-9 (Progresivas 2+400 - 2+450)



Se observa en la Tabla 13 y Figura 32, que la falla con mayor presencia en la unidad de muestra U-9 es el desprendimiento de agregados con un 100% de afectación al pavimento en un nivel de severidad moderado, mientras que la falla con menor presencia fue huecos, con un 1.0% de afectación al pavimento y nivel de severidad moderado.

Tabla 14

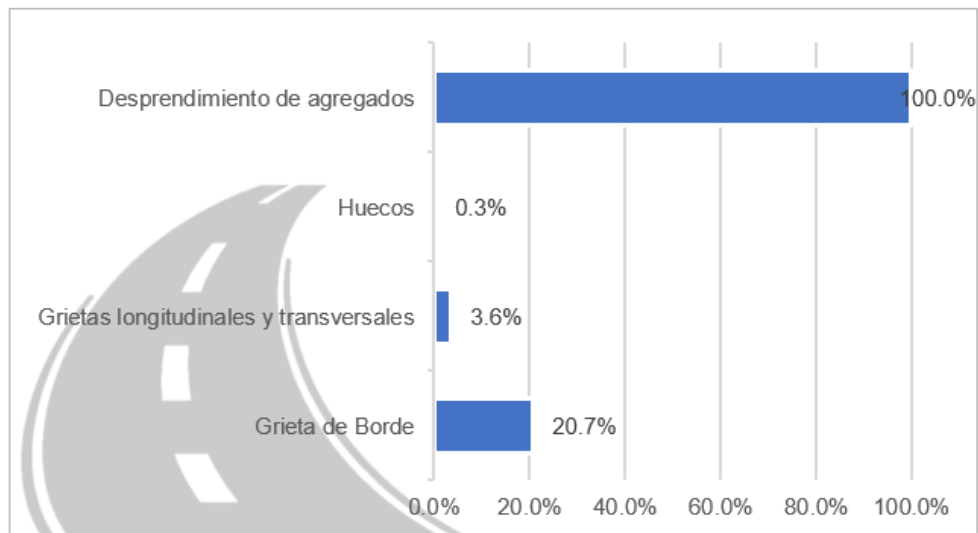
Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-10 (Progresivas 2+700 -2+750)

Falla identificada	Und	Nivel de severidad	Metrado		Densidad Total (%)
			Carril Izq.	Carril Der.	
Grieta de Borde	ml	L	49.45	43.65	20.7%
Grietas longitudinales y transversales	ml	L	12.55	3.54	3.6%
Huecos	m2	M	1.05	0.45	0.3%
Desprendimiento de agregados	m2	M	225	225	100.0%

Fuente: Evaluación del PCI

Figura 33

Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-10 (Progresivas 2+700 - 2+750)



Se observa en la Tabla 14 y Figura 33, que la falla con mayor presencia en la unidad de muestra U-10 es el desprendimiento de agregados con un 100% de afectación al pavimento en un nivel de severidad moderado, mientras que la falla con menor presencia fue huecos, con un 0.30% de afectación al pavimento y nivel de severidad moderado.

Tabla 15

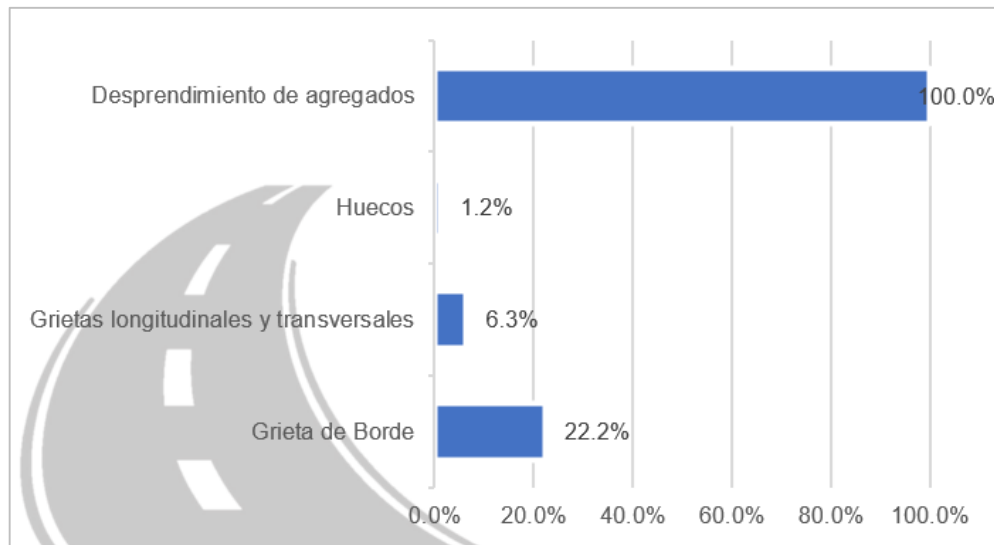
Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-11 (Progresivas 3+000 -3+050)

Falla identificada	Und	Nivel de severidad	Metrado		Densidad Total (%)
			Carril Izq.	Carril Der.	
Grieta de Borde	ml	L	50	50	22.2%
Grietas longitudinales y transversales	ml	L	12.8	15.75	6.3%
Huecos	m2	M	3.75	1.6	1.2%
Desprendimiento de agregados	m2	M	225	225	100.0%

Fuente: Evaluación del PCI

Figura 34

Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-11 (Progresivas 3+000 - 3+050)



Se observa en la Tabla 15 y Figura 34, que la falla con mayor presencia en la unidad de muestra U-11 es el desprendimiento de agregados con un 100% de afectación al pavimento en un nivel de severidad moderado, mientras que la falla con menor presencia fue huecos, con un 1.20% de afectación al pavimento y nivel de severidad moderado.

Tabla 16

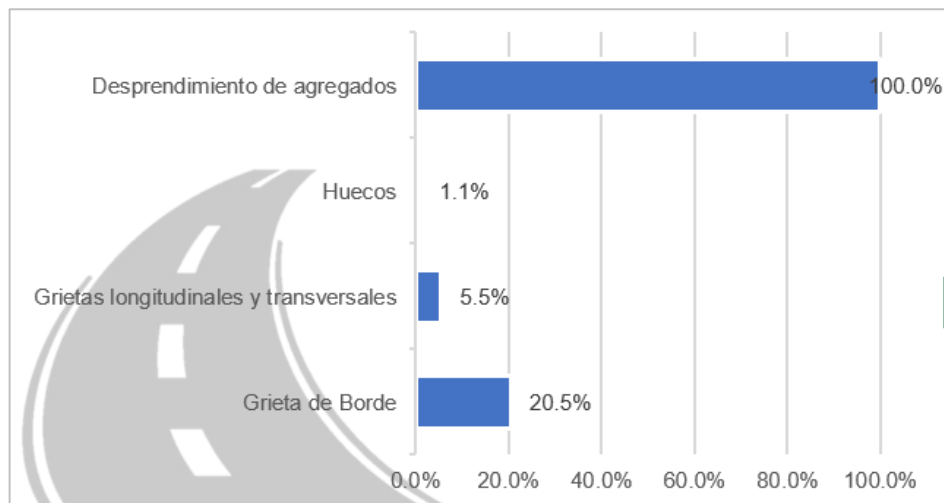
Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-12 (Progresivas 3+300 -3+350)

Falla identificada	Und	Nivel de severidad	Metrado		Densidad Total (%)
			Carril Izq.	Carril Der.	
Grieta de Borde	ml	L	49.35	42.8	20.5%
Grietas longitudinales y transversales	ml	L	10.05	14.85	5.5%
Huecos	m2	L	2.05	3	1.1%
Desprendimiento de agregados	m2	M	225	225	100.0%

Fuente: Evaluación del PCI

Figura 35

Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-12 (Progresivas 3+300 - 3+350)



Se observa en la Tabla 16 y Figura 35, que la falla con mayor presencia en la unidad de muestra U-12 es el desprendimiento de agregados con un 100% de afectación al pavimento en un nivel de severidad moderado, mientras que la falla con menor presencia fue huecos, con un 1.1% de afectación al pavimento y nivel de severidad leve.

Tabla 17

Cuantificación de fallas – Unidad de muestra U-13 (Progresivas 3+600 -3+650)

Falla identificada	Und	Nivel de severidad	Metrado		Densidad Total (%)
			Carril Izq.	Carril Der.	
Abultamientos y Hundimientos	ml	M	4.05	3.1	1.6%
Grieta de Borde	ml	L	50	50	22.2%
Grietas longitudinales y transversales	ml	L	17.1	13.25	6.7%
Desprendimiento de agregados	m2	M	225	225	100.0%

Fuente: Evaluación del PCI

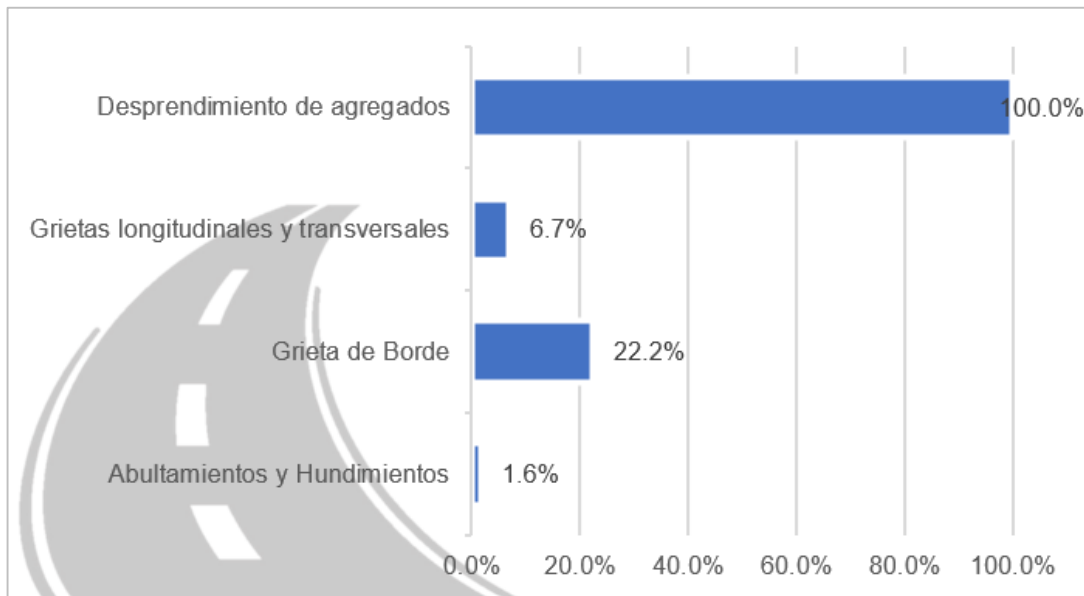


Figura 36: Distribución porcentual de fallas identificadas – Unidad de muestra U-13 (Progresivas 3+600 - 3+650)

Se observa en la Tabla 17 y Figura 17, que la falla con mayor presencia en la unidad de muestra U-13 es el desprendimiento de agregados con un 100% de afectación al pavimento en un nivel de severidad moderado, mientras que la falla con menor presencia fue abultamientos y hundimientos, con un 1.6% de afectación al pavimento y nivel de severidad moderado.

Con respecto al segundo objetivo específico: Determinar la condición del pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021. Estos fueron los resultados:

Tabla 18

Índice de condición del pavimento y estado de conservación - Vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700

SECCIÓN	PROGRESIVAS	PCI		PROMEDIO	ESTADO DE CONSERVACIÓN
		CARRIL IZQUIERDO	CARRIL DERECHO		
U-1	0+000 -0+050	58	54	56	BUENO
U-2	0+300 -0+350	60	57	58.5	BUENO
U-3	0+600 -0+650	56	70	63	BUENO
U-4	0+900 -0+950	51	53	52	REGULAR
U-5	1+200 -1+250	51	53	52	REGULAR
U-6	1+500 -1+550	53	54	53.5	REGULAR
U-7	1+800 -1+850	51	55	53	REGULAR
U-8	2+100 -2+150	44	50	47	REGULAR
U-9	2+400 -2+450	30	34	32	POBRE
U-10	2+700 -2+750	51	53	52	REGULAR
U-11	3+000 -3+050	36	49	42.5	REGULAR
U-12	3+300 -3+350	51	49	50	REGULAR
U-13	3+600 -3+650	51	51	51	REGULAR

Fuente: Evaluación del PCI

Figura 37

Índice de condición del pavimento y estado de conservación - Vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700

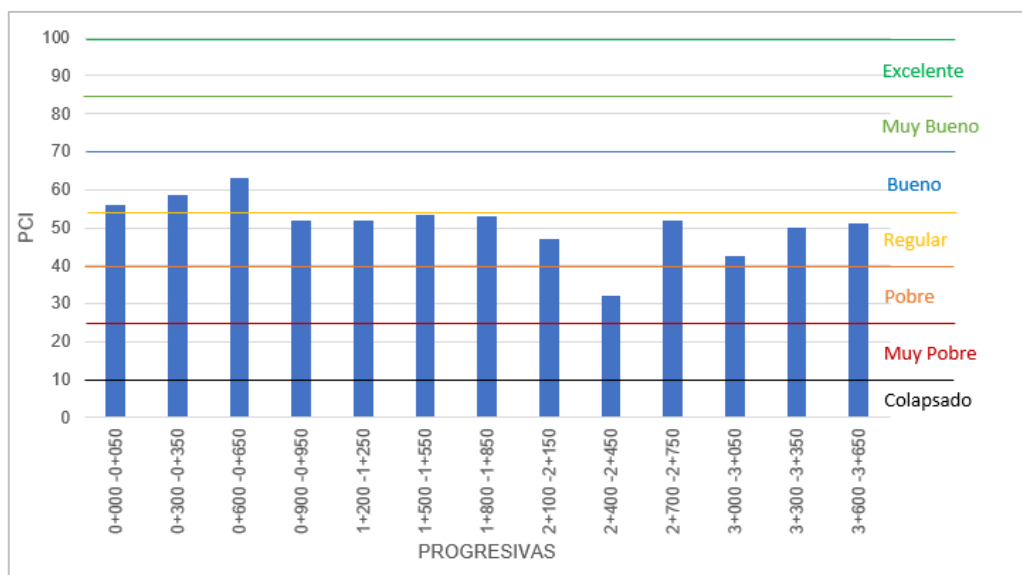
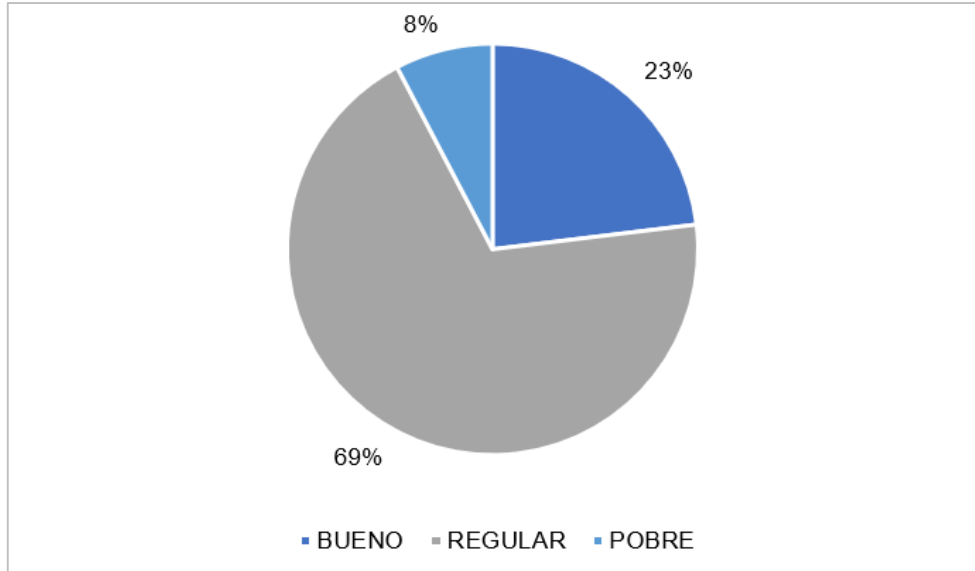


Figura 38

Frecuencia relativa del estado de conservación - Vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700



Como se observa en la Tabla 18 y Figura 37, el valor del PCI se encuentra entre los intervalos "Pobre" a "Bueno", siendo el menor valor obtenido de 32 que corresponde a un estado de conservación "pobre" y el mayor valor obtenido de 63, que corresponde a un estado de conservación "bueno". De la Figura 38 también se puede ver que el 23% del pavimento evaluado se encuentra en buen estado, el 69% del pavimento se encuentra en regular estado y el 8% del pavimento se encuentra en estado pobre. El estado de conservación que predomina es el estado regular.

Con respecto al tercer objetivo específico: Proponer las alternativas de solución para el pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021. Estos fueron los resultados:

Tabla 19

Alternativas de solución para el pavimento flexible según estado de conservación - Vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700

SECCIÓN	PROGRESIVAS	PCI	ESTADO DE CONSERVACIÓN	INTERVENCIÓN
U-1	0+000 -0+050	56	BUENO	REHABILITACIÓN
U-2	0+300 -0+350	58.5	BUENO	REHABILITACIÓN
U-3	0+600 -0+650	63	BUENO	REHABILITACIÓN
U-4	0+900 -0+950	52	REGULAR	REHABILITACIÓN
U-5	1+200 -1+250	52	REGULAR	REHABILITACIÓN
U-6	1+500 -1+550	53.5	REGULAR	REHABILITACIÓN
U-7	1+800 -1+850	53	REGULAR	REHABILITACIÓN
U-8	2+100 -2+150	47	REGULAR	REHABILITACIÓN
U-9	2+400 -2+450	32	POBRE	REHABILITACIÓN
U-10	2+700 -2+750	52	REGULAR	REHABILITACIÓN
U-11	3+000 -3+050	42.5	REGULAR	REHABILITACIÓN
U-12	3+300 -3+350	50	REGULAR	REHABILITACIÓN
U-13	3+600 -3+650	51	REGULAR	REHABILITACIÓN

Fuente: Evaluación del PCI

Como se observa en la Tabla 19, según los resultados obtenidos del PCI todas las muestras evaluadas se encuentran entre el rango de 30 a 71, lo que quiere decir que la intervención que se deberá considerar en la vía de acceso a Talara es la rehabilitación.

V. DISCUSIÓN

Esta investigación permitió evaluar la superficie del pavimento flexible mediante el método PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700, Talara, Piura, 2021. En las visitas de campo se pudo constatar que el pavimento presenta varias deficiencias en su carpeta asfáltica, y no solamente eso; pues también se corroboró una falta de mantenimiento total a la vía ya que esta no se encuentra tampoco señalizada correctamente. Las marcas en el pavimento son imperceptibles, están borrosas, además que no se cuenta con señalización vertical lo que, sumado a las fallas encontradas en el pavimento, dificulta en gran medida la circulación vehicular y aumenta el riesgo de accidentes, representando un peligro mortal para los conductores y usuarios de la misma. El análisis de la vía se realizó con una muestra de 13 unidades de sección de pavimento.

Respecto al primer objetivo específico, durante la ejecución del proyecto de investigación se pudo corroborar la presencia de varios tipos de fallas, siendo el desprendimiento de agregados la falla más frecuente, misma que se extiende hasta en el 100% del pavimento, con severidades que en la mayoría de muestras evaluadas alcanzan un nivel moderado. Por otra parte, se evidenciaron otros tipos de fallas como ahuellamiento, abultamientos y hundimientos, grietas longitudinales y transversales, huecos y parcheo, con severidades que van de lo leve a lo moderado. De manera similar a estos resultados, Benites y Castillo (2020) en su estudio encontraron que la falla más común presentada en todo el tramo de su vía estudiada fue el desprendimiento de agregados, en una severidad alta.

Otro estudio realizado en la ciudad de Talara fue el de Cardoza (2020) quien de manera similar estudió la superficie de la Carretera Panamericana Norte, encontrando que la falla más común hallada en la superficie asfáltica fueron las fisuras transversales, en un grado de severidad medio y alto concluyendo que la condición del pavimento fue regular indicando así mismo que es necesario complementar con una propuesta técnica y económica para los respectivos trabajos de mantenimiento necesarios. Muhammad et al (2019) también identificó como defectos más comunes del pavimento a las depresiones, el agregado pulido, el ahuecamiento, los baches, el agrietamiento en bloque y el

agrietamiento en cocodrilo. El constante tráfico vehicular va debilitando la capa superior del pavimento hasta que esta pierde su propiedad cementante y por ende el agregado que conforma a la carpeta asfáltica comienza a desprenderse y se va desgastando; considerando también que durante la visita de campo se constató que en la vía circulan vehículos pesados provenientes de las zonas industriales que caracterizan a la ciudad de Talara. Es importante mantener la calidad de la superficie asfáltica con procesos de recapado para restaurar las condiciones iniciales y óptimas de circulación.

Respecto al segundo objetivo específico, durante la ejecución del proyecto de investigación se pudo corroborar que el valor del PCI de la vía de acceso a Talara, entre las progresivas 0+000 - 3+700 se encontró entre los intervalos "Pobre" a "Bueno", siendo el menor valor obtenido de 32 que corresponde a un estado de conservación "pobre" y el mayor valor obtenido de 63, que corresponde a un estado de conservación "bueno". El estado de conservación que predomina es el estado regular. Por otro lado, Baqué (2020) también comprobó un resultado de un PCI de 49 en la vía que estudió, indicando un estado de conservación regular, y recomendando un mantenimiento urgente.

El valor del PCI está condicionado a como se le realizan mantenimientos periódicos al pavimento; un pavimento que es correctamente atendido, que cumple con sus mantenimientos estará mejor conservado y mantendrá niveles de PCI altos, a diferencia de pavimentos que no reciben la atención que se debería para que puedan llegar a cumplir con su vida útil dentro de lo pronosticado. Esta puede ser la razón por la cual Panduro (2020) obtuvo resultados que difieren de los obtenidos en este estudio, siendo un PCI de 74 que indica un estado de conservación muy bueno; sin embargo, la jurisdicción en donde realizó su estudio fue en la ciudad de Lima donde se sabe que existe mejor control preventivo sobre sus vías. De igual modo Cantuarias y Watanabe (2017) en Trujillo, obtuvieron un estado de conservación excelente del pavimento asfáltico de la avenida Camino Real. Por otro lado Correa y Del Carpio (2019) quienes también hicieron un estudio en Piura indican la importancia de realizar un plan de mantenimiento periódico considerando la constante renovación de la vía.

Respecto al tercer objetivo específico, todas las muestras evaluadas se encuentran entre el rango de intervención 30 a 71, lo que quiere decir que la intervención recomendada según la metodología propuesta en el PCI que se deberá realizar en la vía de acceso a Talara es la rehabilitación. Suarez (2020) indicó que cuando el pavimento se encuentra en deplorables condiciones, es necesario tomar acciones más profundas, dado que obtuvo en su evaluación que la avenida Vice de Piura está en conservación regular. Estos análisis superficiales de pavimentos pueden servir para crear una base de datos que permita llevar un mejor control sobre la calidad de sus superficie de rodadura, y detectar fallas inmediatas que tengan que ser atendidas lo más pronto posible para no afectar la circulación vehicular; del mismo modo lo mencionan Mohamed, Rasha y Zainab (2021) quienes indicaron la importancia de crear un sistema de base de datos sobre el deterioro anual de las carreteras y el consiguiente cambio en los valores del PCI que se produce cada año.

VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye de acuerdo a los resultados obtenidos en primer objetivo específico, que la falla más frecuente fue el desprendimiento de agregados, que afecta hasta en un 100% el área del pavimento en un nivel de severidad leve. Otras fallas encontradas en las muestras evaluadas fueron ahuellamiento, abultamientos y hundimientos, grietas longitudinales y transversales, huecos y parcheo, con severidades que van de lo leve a lo moderado.
2. Se concluye de acuerdo a los resultados obtenidos en segundo objetivo específico, el valor del PCI se encuentra entre los intervalos “Pobre” a “Bueno”, siendo el menor valor obtenido de 32 que corresponde a un estado de conservación “pobre” y el mayor valor obtenido de 63, que corresponde a un estado de conservación “bueno”. En promedio, el estado de conservación que predomina es el estado regular.
3. Se concluye de acuerdo a los resultados obtenidos en tercer objetivo específico, que todas las muestras evaluadas se encuentran entre el rango de intervención 30 a 71, lo que quiere decir que la intervención que se deberá considerar en la vía de acceso a Talara es la rehabilitación.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda tomar a las acciones inmediatas a LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE TALARA, y en la especialidad al área de INFRAESTRUCTURA VIAL en cuanto a la rehabilitación de la vía de acceso a la ciudad de Talara, considerando la importancia de esta misma ya que es el punto de entrada y salida principal de la ciudad, y conecta a la carretera panamericana.
2. Se recomienda a PROVIAS NACIONAL DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES que la rehabilitación debe incluir el pintado de las demarcaciones en el pavimento como las líneas de separación de carriles, ya que actualmente estas pintas no son perceptibles sobre todo en las noches. También se debe considerar la inclusión de señalización vertical.
3. Se recomienda a LOS FUTUROS INVESTIGADORES emplear el método PCI para realizar evaluaciones de pavimentos, sobre todo de vías importantes como lo es el acceso a la ciudad de Talara ya que es importante conservar en buen estado a las mismas y por consiguiente evitar desgracias como accidentes que las fallas presentes en un pavimento podrían generar.

REFERENCIAS

- Baque, S. (2020). Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí. *Dominio de las ciencias*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i2.1163>
- Benites, D., & Castillo, A. (2020). *Investigación del índice de condición de pavimento flexible en la Av. San Luis, distrito de Viru, provincia de Viru - La Libertad 2019*. [Tesis de pregrado. Universidad Privada Antenor Orrego]. Obtenido de https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/7232/1/REP_INCI_DEYVER.BENITES_ANTONY.CASTILLO_INVESTIGACION.%C3%93N.%C3%8DNDICE.CONDICI%C3%93N.PAVIMENTO.FLEXIBLE.AV.SAN.LUIS.VIRU.%C3%9A.LA.LIBERTAD.2019.pdf
- Cantuarias, L., & Watanabe, J. (2017). *Aplicación del método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida Camino Real de la urbanización La Rinconada del distrito Trujillo*. [Tesis de grado. Universidad Privada Antenor Orrego]. Obtenido de <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3589>
- Cardoza, W. (2020). *Evaluación superficial mediante el método del PCI de la Carretera Ruta Nacional PE-1N progresiva 82+000 al 86+000 Talara – Tumbes – Piura 2019*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/50803>
- Carrasco, S. (2005). *Metodología de la investigación científica* (1ra ed.). Editorial San Marcos.
- CONCYTEC. (2018). *Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del SINACYT*. Recuperado el 20 de setiembre de 2020, de <https://portal.concytec.gob.pe>
- Correa, M., & Del Carpio, L. (2019). *Evaluación PCI y propuesta de intervención para el pavimento flexible del jirón Los Incas de Piura*. [Tesis de grado, Universidad de Piura]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/4162>

- Jugo, A. (2005). *Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles*. Venezuela.
- Marcomini, J., Luiz, M., Sereni, J., Regina, G., & D'arce, C. (2020). Evaluation of pavement condition index by different methods: Case study of Maringá, Brazil. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100100>
- Ministerio de Transportes. (2013). *Manual de Carreteras: Suelos geología, geotécnica y pavimentos*. Lima. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
- Mohammed, A., Rasha, H., & Zainab, J. (2021). Evaluation of Pavement Condition Index for Roads of Al-Kut City. *International Journal of Current Engineering and Technology*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/328611822_Evaluation_of_Pavement_Condition_Index_for_Roads_of_Al-Kut_City
- Muhammad, Z., Syed, R., Muhammad, M., Touqeer, R., & Muhammad, S. (2019). Condition Survey for Evaluation of Pavement Condition Index of a Highway. *Civil Engineering Journal*. doi:10.28991/cej-2019-03091338
- Panduro. (2020). "Evaluación superficial del pavimento en la Av. Sebastián Lorente, Cercado de Lima, Lima, mediante el método de índice de condición de pavimento (PCI), en el año 2020". [Tesis de pregrado. Universidad Tecnológica del Perú]. Obtenido de https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3339/Cristhian%20Panduro_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Suarez, C. (2020). *Determinación del estado de deterioro del tramo de Av. Vice en Piura, aplicando el método PCI*. [Tesis de grado. Universidad de Piura]. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4394>
- Universidad Cesar Vallejo. (2017). *Código de ética en investigación*. Trujillo. Obtenido de <https://www.ucv.edu.pe/datafiles/C%C3%93DIGO%20DE%20%C3%89TICA.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD (AUTORES)

ANEXO 2

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD (ASESOR)

ANEXO 3

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
V1: Evaluación superficial	Es la evaluación realizada a la superficie del pavimento con el objetivo de determinar las fallas que afectan al pavimento y conocer la condición en que se clasifica. (ASTM D6433-16, 2016, p. 2)	Para esta variable se aplican un método sencillo que no requieren de equipos costosos, se realiza inspeccionando detalladamente las fallas presentadas en la superficie del pavimento flexible, guiándonos de la norma ASTM D6433-16	Trabajos de campo	Identificación de fallas	Nominal
				Cuantificación de fallas	Ordinal
			Trabajos de gabinete	Determinación de la condición	Nominal
				Planteamiento de Alternativas de solución	Nominal
V2: Método del PCI	Es un método desarrollado para obtener la condición del pavimento a través de una clasificación que puede variar de excelente hasta colapsado (Papagiannakis & Masad, 2012, p.14).	Es una metodología que está direccionada a la evaluación y calificación del pavimento flexible por medio de resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecieron clase, severidad y cantidad de cada daño presente.	Identificación de fallas	19 fallas clasificadas en pavimentos flexibles	Nominal
			Cuantificación de fallas	19 fallas clasificadas en pavimentos flexibles	Ordinal

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
			Nivel de severidad	Alto Medio Bajo	Nominal
			Indice de Condición del Pavimento	100 - 85 85 - 70 70 - 55 55 - 40 40 - 25 25 - 10 10 - 0	Ordinal
			Determinación del estado de conservación del pavimento	Excelente Muy Bueno Bueno Regular Pobre Muy Pobre Colapsado	Nominal
			Intervención al pavimento	Construcción Rehabilitación Mantenimiento	Nominal

ANEXO 5

CÁLCULO DE TAMAÑO DE MUESTRA

CÁLCULO DE LA MUESTRA DEL PCI

Cuadro para tamaño de la sección

Tipo de Pavimento	Tamaño de la Sección		
	Ideal	Minimo	Máximo
Rígidos	20 losas	12 losas	28 losas
Flexible	450 m2	270 m2	630 m2
Mixto			

1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA VIA

Longitud de la calzada:	3700 m
Ancho de la calzada:	9.00 m
Tamaño de sección (Flexible):	450 m2 (Tamaño ideal)
Total de secciones:	74 Secciones

1.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA

$$n = \frac{N \times s^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + s^2}$$

Donde:

- e = Error aceptable en estimación del PCI en la sección, comúnmente e = +/- 5 puntos PCI.
- S = Desviación Standard del PCI de una unidad de muestra, a otra dentro de la sección. Cuando es la primera evaluación. Asumir 10 para pavimentos flexibles y 15 para rígidos.
- N = Número total de unidades de muestra en la sección.

Nº Secciones a evaluar:

n=	13	secciones
----	----	-----------

1.3. INTERVALO DE EVALUACIÓN

$$i = \frac{N}{n}$$

Intervalo:

5

CALCULO DE LA MUESTRA DEL PCI

1.4. DETALLE DE PROGRESIVAS

SECCIÓN	MUESTRA	PROG. INICIO	PROG. FINAL	LONGITUD	AREA (M2)
1	U-1	0+0.00	0+50.00	50.00	450
2		0+50.00	0+100.00	50.00	450
3		0+100.00	0+150.00	50.00	450
4		0+150.00	0+200.00	50.00	450
5		0+200.00	0+250.00	50.00	450
6		0+250.00	0+300.00	50.00	450
7	U-2	0+300.00	0+350.00	50.00	450
8		0+350.00	0+400.00	50.00	450
9		0+400.00	0+450.00	50.00	450
10		0+450.00	0+500.00	50.00	450
11		0+500.00	0+550.00	50.00	450
12		0+550.00	0+600.00	50.00	450
13	U-3	0+600.00	0+650.00	50.00	450
14		0+650.00	0+700.00	50.00	450
15		0+700.00	0+750.00	50.00	450
16		0+750.00	0+800.00	50.00	450
17		0+800.00	0+850.00	50.00	450
18		0+850.00	0+900.00	50.00	450
19	U-4	0+900.00	0+950.00	50.00	450
20		0+950.00	1+000.00	50.00	450
21		1+000.00	1+050.00	50.00	450
22		1+050.00	1+100.00	50.00	450
23		1+100.00	1+150.00	50.00	450
24		1+150.00	1+200.00	50.00	450
25	U-5	1+200.00	1+250.00	50.00	450
26		1+250.00	1+300.00	50.00	450
27		1+300.00	1+350.00	50.00	450
28		1+350.00	1+400.00	50.00	450
29		1+400.00	1+450.00	50.00	450
30		1+450.00	1+500.00	50.00	450
31	U-6	1+500.00	1+550.00	50.00	450
32		1+550.00	1+600.00	50.00	450
33		1+600.00	1+650.00	50.00	450
34		1+650.00	1+700.00	50.00	450
35		1+700.00	1+750.00	50.00	450
36		1+750.00	1+800.00	50.00	450
37	U-7	1+800.00	1+850.00	50.00	450
38		1+850.00	1+900.00	50.00	450
39		1+900.00	1+950.00	50.00	450
40		1+950.00	2+000.00	50.00	450
41		2+000.00	2+050.00	50.00	450
42		2+050.00	2+100.00	50.00	450
43	U-8	2+100.00	2+150.00	50.00	450
44		2+150.00	2+200.00	50.00	450
45		2+200.00	2+250.00	50.00	450
46		2+250.00	2+300.00	50.00	450
47		2+300.00	2+350.00	50.00	450
48		2+350.00	2+400.00	50.00	450

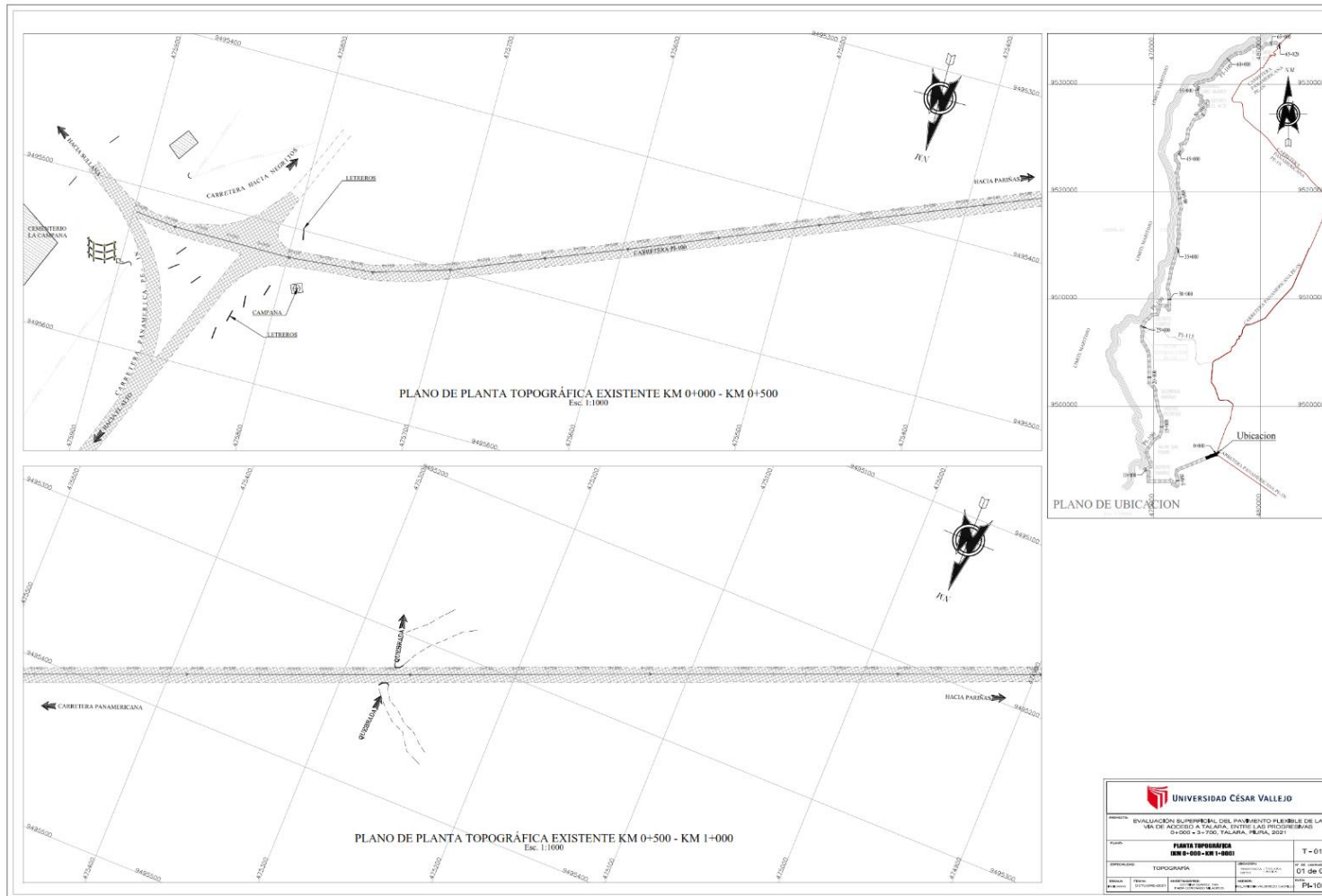
CALCULO DE LA MUESTRA DEL PCI

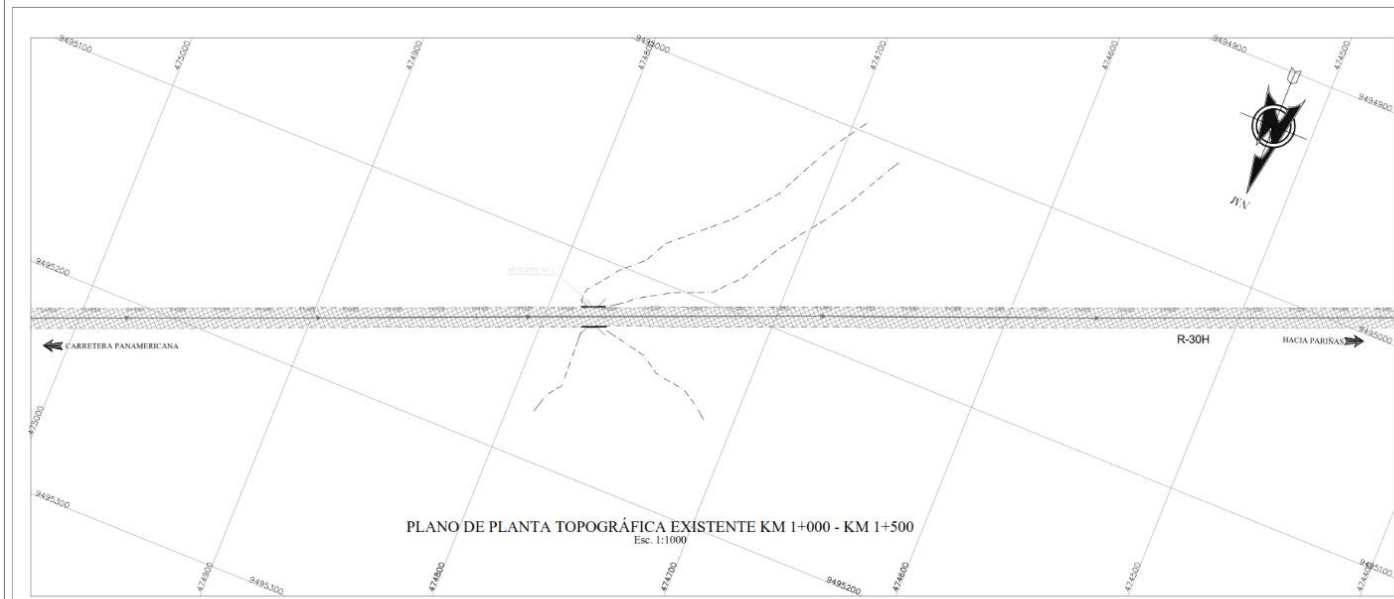
1.4. DETALLE DE PROGRESIVAS

SECCIÓN	MUESTRA	PROG. INICIO	PROG. FINAL	LONGITUD	AREA (M2)
49	U-9	2+400.00	2+450.00	50.00	450
50		2+450.00	2+500.00	50.00	450
51		2+500.00	2+550.00	50.00	450
52		2+550.00	2+600.00	50.00	450
53		2+600.00	2+650.00	50.00	450
54		2+650.00	2+700.00	50.00	450
55	U-10	2+700.00	2+750.00	50.00	450
56		2+750.00	2+800.00	50.00	450
57		2+800.00	2+850.00	50.00	450
58		2+850.00	2+900.00	50.00	450
59		2+900.00	2+950.00	50.00	450
60		2+950.00	3+000.00	50.00	450
61	U-11	3+000.00	3+050.00	50.00	450
62		3+050.00	3+100.00	50.00	450
63		3+100.00	3+150.00	50.00	450
64		3+150.00	3+200.00	50.00	450
65		3+200.00	3+250.00	50.00	450
66		3+250.00	3+300.00	50.00	450
67	U-12	3+300.00	3+350.00	50.00	450
68		3+350.00	3+400.00	50.00	450
69		3+400.00	3+450.00	50.00	450
70		3+450.00	3+500.00	50.00	450
71		3+500.00	3+550.00	50.00	450
72		3+550.00	3+600.00	50.00	450
73	U-13	3+600.00	3+650.00	50.00	450
74		3+650.00	3+700.00	50.00	450

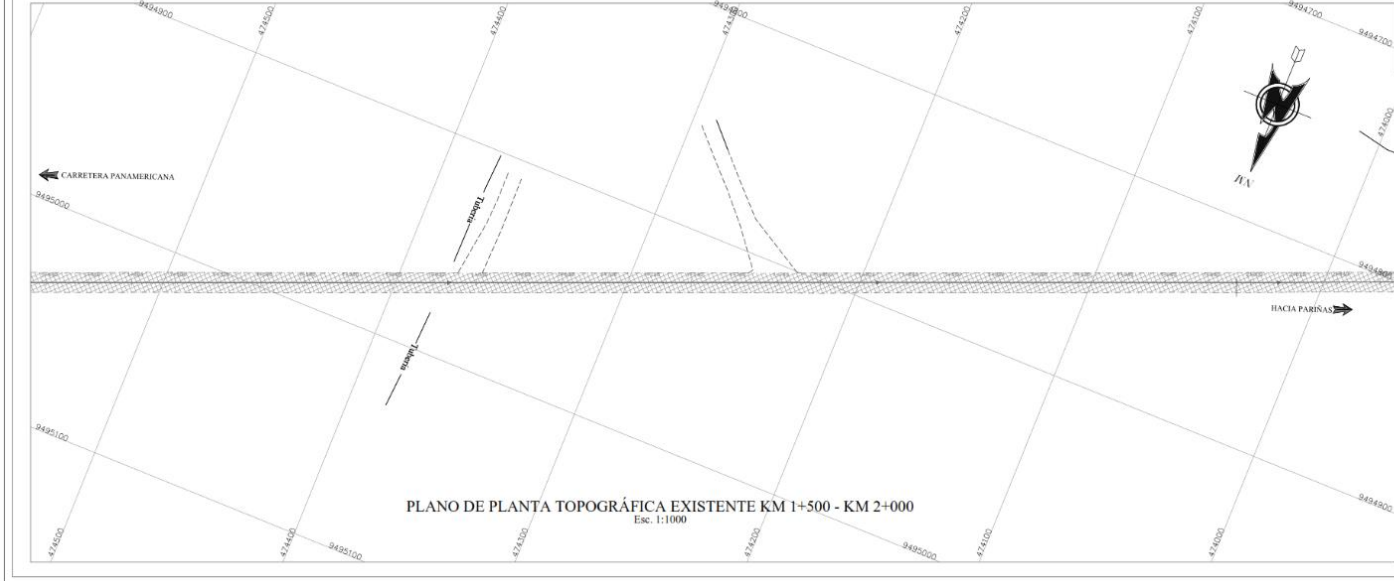
ANEXO 6

PLANOS DE LA CARRETERA DE ACCESO

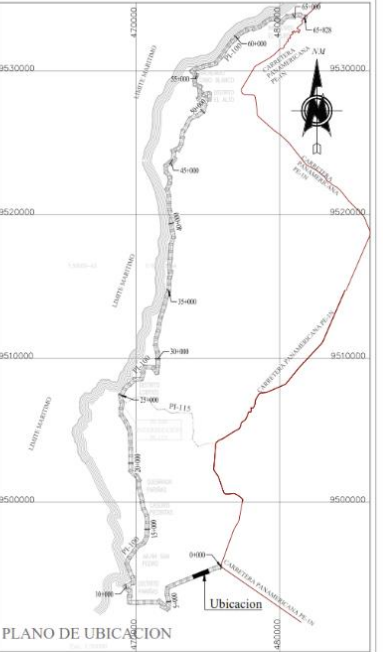




PLANO DE PLANTA TOPOGRÁFICA EXISTENTE KM 1+000 - KM 1+500
Esc. 1:1000

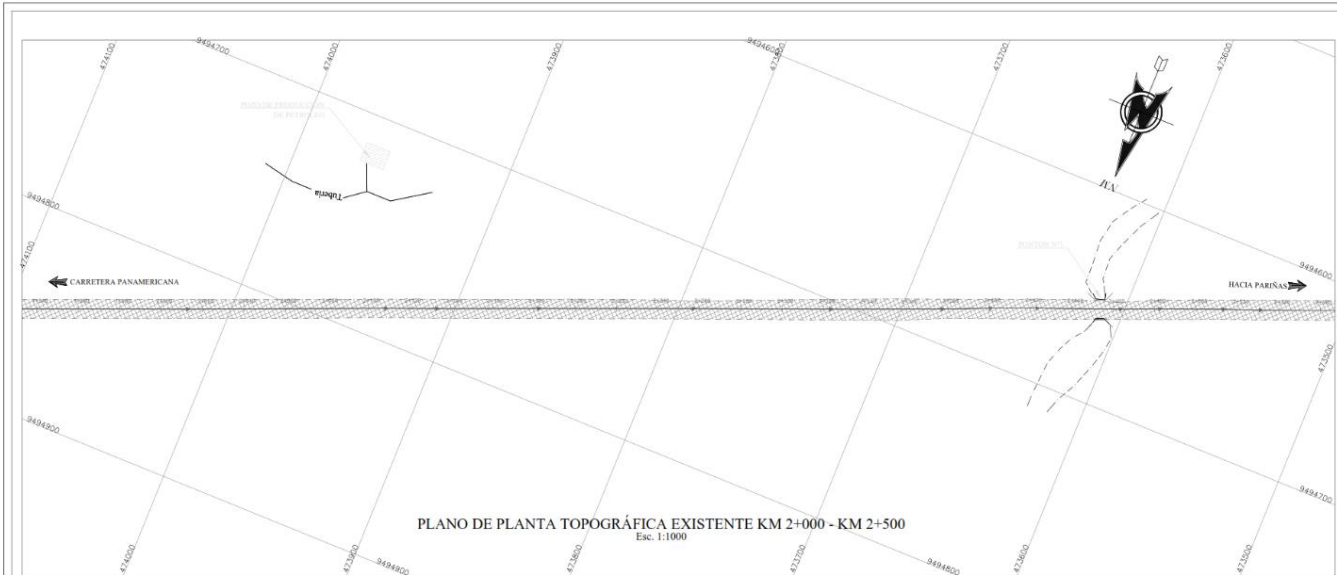


PLANO DE PLANTA TOPOGRÁFICA EXISTENTE KM 1+500 - KM 2+000
Esc. 1:1000

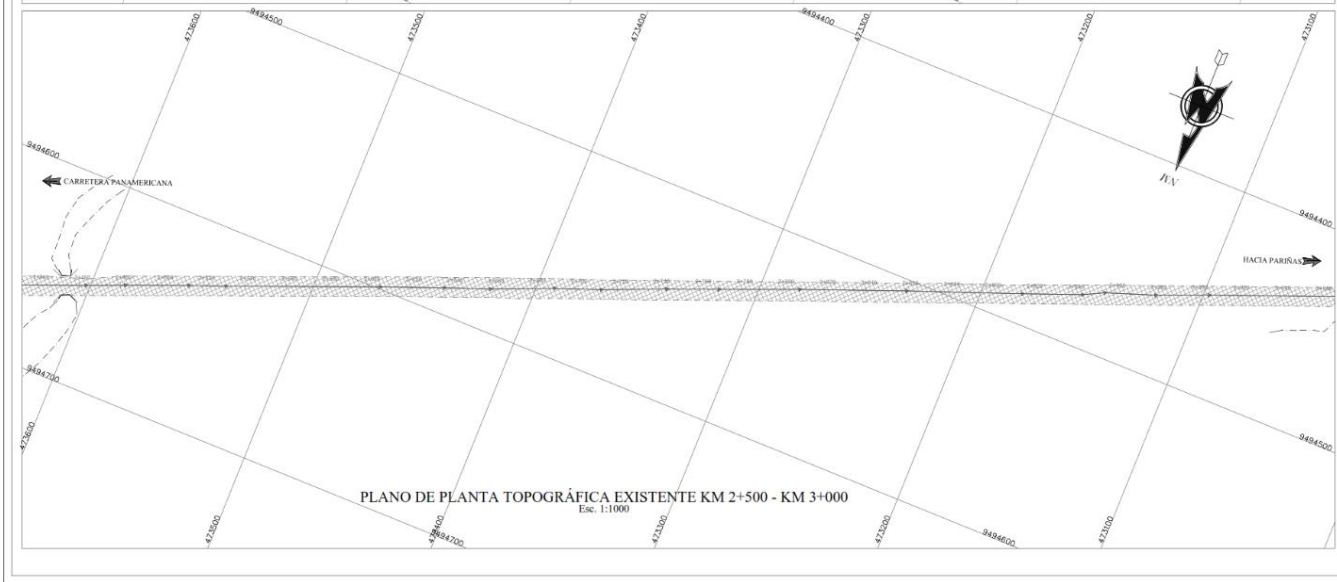


PLANO DE UBICACION

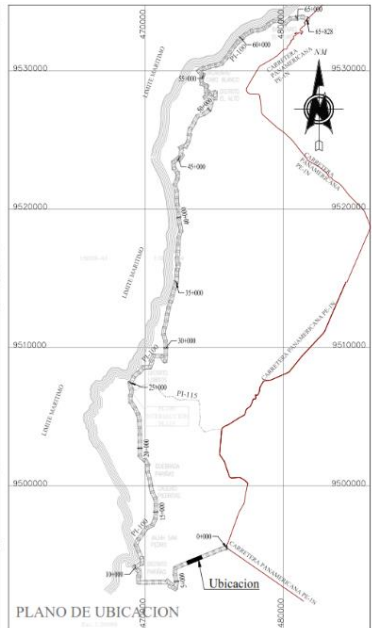
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			
PROYECTO: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA DE ACCESO A TALAÑA, ENTRE LAS PROGRESIVAS 0+000 + 0+700, TALAÑA, PIURA, 2021			
PLANO:	PLANTA TOPOGRÁFICA (KM 1+000 - KM 2+000)		T - 02
ESPECIALIDAD:	TOPOGRAFÍA		02 de 04
FECHA:	ELABORADO:	REVISADO:	FECHA:
02/11/2021	02/11/2021	02/11/2021	02/11/2021
AUTOR: INGENIERO CIVIL EN TOPOGRAFÍA		PROFESOR INGENIERO CIVIL	
NOMBRE: DAVID GARCÍA		ID: 10000000000000	
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL EN TOPOGRAFÍA		PL-100	



PLANO DE PLANTA TOPOGRÁFICA EXISTENTE KM 2+000 - KM 2+500
Esc. 1:1000

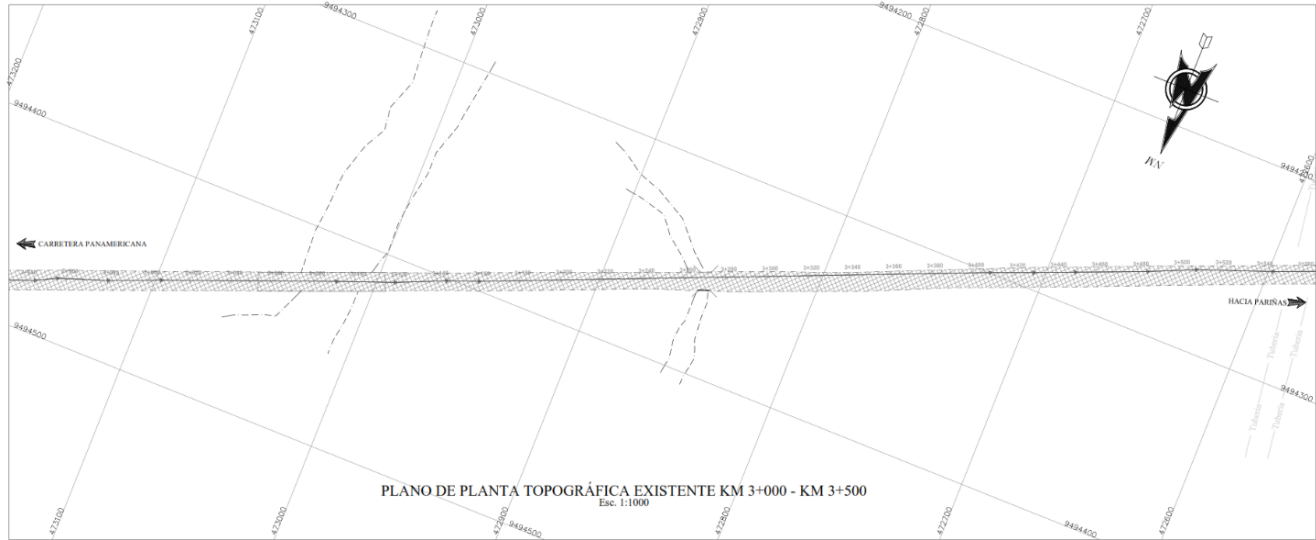


PLANO DE PLANTA TOPOGRÁFICA EXISTENTE KM 2+500 - KM 3+000
Esc. 1:1000

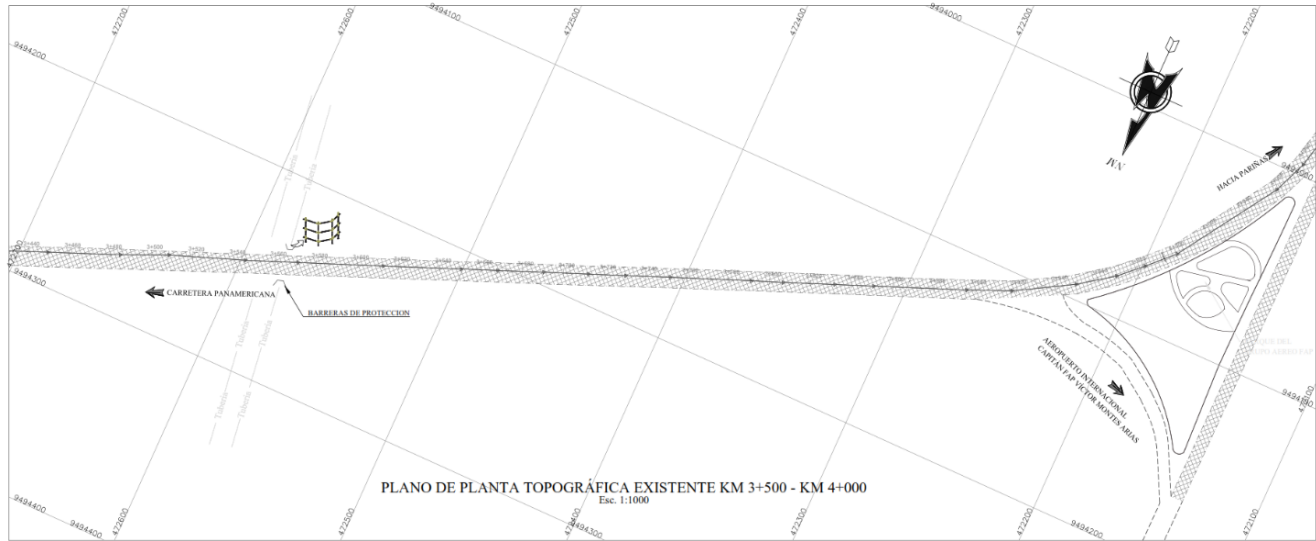


PLANO DE UBICACION

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			
PROYECTO: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA DE ACCESO A TALARA, ENTRE LAS PROGRESAS			
PLAN: Planta Topográfica (KM 2+000 - KM 3+000)		T - 03	
ESPECIALIDAD: TOPOGRAFIA	FECHA: 2023-11-22	N.º DE LÁMINA: 03 de 04	
PROFESOR: [Nombre]	ALUMNO: [Nombre]	TÍTULO: PI-100	



PLANO DE PLANTA TOPOGRÁFICA EXISTENTE KM 3+000 - KM 3+500
Esc. 1:1000



PLANO DE PLANTA TOPOGRÁFICA EXISTENTE KM 3+500 - KM 4+000
Esc. 1:1000



PLANO DE UBICACION

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			
PROYECTO: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA DE ACCESO A TALARIA, ENTRE LAS PROGRESIVAS 0+000 - 0+700, TALARIA, PIURA, 2021			
PLANO:	PLANTA TOPOGRÁFICA		T - 04
ESPECIALIDAD:	TOPOGRAFIA	SEMESTRE:	04 de 04
FECHA:	02/09/2021	ELABORADO:	PAULINA
PROFESOR:	ING. EDUARDO VASQUEZ	REVISADO:	ING. EDUARDO VASQUEZ
		APROBADO:	ING. EDUARDO VASQUEZ

ANEXO 6. PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Evaluación del pavimento de la via de acceso a Talara.



Fotografía 2. Evaluación del pavimento de la via de acceso a Talara.



Fotografía 3. Evaluación del pavimento de la via de acceso a Talara.



Fotografía 4. Evaluación del pavimento de la via de acceso a Talara.



Fotografía 5. Evaluación del pavimento de la vía de acceso a Talara.

Turnitin ?			
Titulo del trabajo	Cargado	Nota	Similitud
Evaluación superficial del pavimento flexible mediante método PCI de la vía de acceso a Talara, progresivas 0+000 - 3+700, Piura, 2021	22 Dic 2021 20:06 -05	--	18%